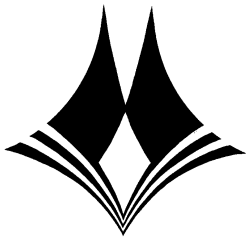
ГОДИШНИК
НА
МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ
“СВ. ИВАН РИЛСКИ” - СОФИЯ
Том 54

СВИТЪК III: МЕХАНИЗАЦИЯ, ЕЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ НА МИНИТЕ

ANNUAL
OF
UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY
“ST. IVAN RILSKI” – SOFIA
Volume 54

PART III: MECHANIZATION, ELECTRIFICATION AND AUTOMATIZATION IN MINE



Издателска къща “Св. Иван Рилски”
Publishing House “St. Ivan Rilski”
София, 2011
Sofia, 2011

ISSN 1312-1820

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

доц. д-р Венцислав Иванов – главен редактор
доц. д-р Вяра Пожидаева – председател на редакционен съвет
доц. д-р Страшимир Страшимиров – зам. главен редактор
доц. дгн Руслан Костов - председател на редакционен съвет
проф. д-р Кръстю Дерменджиев - председател на редакционен съвет
доц. д-р Десислава Костова - председател на редакционен съвет
гл.ас.д-р Теодора Христова - секретар

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ
на Свитък III – Механизация, електрификация и автоматизация на мините

доц. д-р Вяра Пожидаева – председател
проф. д-р Георги Фетваджиев
проф. д-р Евтим Кърцелин
проф. д-р Васил Ангелов
доц. д-р Здравко Илиев
доц. д-р Ангел Зъбчев
доц. д-р Петко Лалов

С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е

Евтим Кърцелин **Живко Илиев** **Илия Йочев** **Калин Радлов**	НАПРАВЛЯВАЩИ УСТРОЙСТВА НА ПОДЕМНИ СЪДОВЕ ЗА РУДНИЧНИ ПОДЕМНИ УРЕДБИ	**9**
Евтим Кърцелин **Александър Владимиров** **Йоана Младенова**	ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЧЕСТОТНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗА ОЦЕНКА НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ И ОТКРИВАНЕ НА ДЕФЕКТИ В СИЛОВИ ТРАНСФОРМАТОРИ	**17**
Красимир Велинов	МОДЕРНИЗАЦИЯ НА ГОНИОФОТОМЕТЪР С ГОЛЯМ БРОЙ ЦИФРОВИ ФОТОСЕНЗОРИ	**22**
Красимир Велинов **Ради Пипев**	ВЪЗМОЖНОСТИ НА КОНЦЕПЦИЯТА ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ГИС ПРИ УПРАВЛЕНИЕ И ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА УЛИЧНОТО ОСВЕТЛЕНИЕ	**29**
Румен Исталиянов **Георги Велев**	ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПЛАВАЩА ПОМПЕНА УРЕДБА „БЕНКОВСКИ №3 НА „ЕЛАЦИТЕ-МЕД” АД	**34**
Гоце Стефанов, **Люпчо Карацинов** **Добри Чундев**	ОЦЕНКА НА ЗАГУБИ ОТ ВКЛЮЧВАНЕ НА IGBT МОСТЕН КОНВЕРТОР	**38**
Николай Минеков	ОПТИМИЗАЦИЯ НА ВЪЗБУЖДАНЕТО НА ГРУПА СИНХРОННИ ДВИГАТЕЛИ	**44**
Кристинел Ракоцеану **Емил Каталин Шиопу**	АНАЛИЗ НА ТОПЛИННИЯ БАЛАНС НА ПАРНИ КОТЛИ С ЛИГНИТНО ГОРИВО	**49**
Кристинел Ракоцеану **Люминита Попеску**	ПРОУЧВАНЕ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ВЪЗОБНОВЯЕМИ ЕНЕРГИЙНИ ИЗТОЧНИЦИ	**53**
Стефан Стефанов **Теодора Христова**	СЪВРЕМЕННИ ИЗИСКВАНИЯ, НА КОИТО ТРЯБВА ДА ОТГОВАРЯ УРЕДБА ЗА КАТОДНА ЗАЩИТА НА ПОДЗЕМНИ МЕТАЛНИ СЪОРЪЖЕНИЯ И КАБЕЛИ	**57**
Мила Илиева **Теодора Христова**	ПРОЕКТИРАНЕ НА БАЗА ДАННИ ЗА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА КАТОДНА ЗАЩИТА	**63**
Ромео Александров	ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПАРАМЕТРИ НА СИЛОВ ПРЕОБРАЗУВАТЕЛ ЗА МАГНИТЕН СЕПАРАТОР С РАЗМАГНИТВАЩА ФУНКЦИЯ	**69**
Здравко Илиев **Диана Дечева** **Николай Иванов** **Тихомир Тодоров**	АНАЛИЗ НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ И ЕКСПЛОАТАЦИОННИТЕ РЕЖИМИ НА БАГЕР ERS-710 БАЗИРАН НА КОЛЕБАНИЯТА В МЕТАЛНАТА МУ КОНСТРУКЦИЯ	**73**
Венелин Тасев	ЯКОСТНО ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ВЪНШНАТА ГРИВНА НА ЦЕНТРОБЕЖНИТЕ САЧМЕНИ СЪЕДИНИТЕЛИ	**79**
Венелин Тасев	ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСНОВНИТЕ ГЕОМЕТРИЧНИ РАЗМЕРИ НА ЦЕНТРОБЕЖНИТЕ САЧМЕНИ СЪЕДИНИТЕЛИ С ВОДЕЩ ШЕСТЛОПАТЕН РОТОР	**82**

Драган Живкович **Вяра Пожидаева** **Милан Велич** **Звонко Сайферт**	ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЗАВИСИМОСТТА МЕЖДУ РАЗХОДИТЕ ЗА ВЪТРЕШЕН ТРАНСПОРТ В ПРОИЗВОДСТВЕНО ПРЕДПРИЯТИЕ И СТЕПЕНТА НА АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ОБОРУДВАНЕТО ЗА ПРОИЗВОДСТВО, ЧРЕЗ ТЕОРИЯ НА СЪОТВЕТСТВИЕТО.	**86**
Иван Минин **Петко Недялков** **Антоанета Янева**	МНОГОЦЕЛЕВА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПРОЦЕСА СМИЛАНЕ В БАРАБАННА ТОПКОВА МЕЛНИЦА ПО ОБОБЩЕНА ФУНКЦИЯ НА ПОЛЕЗНОСТ	**92**
Иван Минин **Антоанета Янева** **Петко Недялков**	ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗНОСВАНЕТО НА ОБЛИЦОВКИТЕ НА БАРАБАННИ ТОПКОВИ МЕЛНИЦИ	**99**
Юлиян Димитров **Кристиян Цветков**	ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФОРМАТА НА ОТРАЗЕНИЯ ИМПУЛС ПРИ ЧУКА НА ШМИД	**104**
Юлиян Димитров	АНАЛИТИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА МЕХАНИЧНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ТРИЕЩА СЕ ПОВЪРХНОСТ	**108**
Г. А. Колодняков **С. И. Фомин**	МЕТОД ЗА АНАЛИЗ НА РИСКА В ПРОЕКТИ ЗА ОТКРИТИ РУДНИЦИ	**114**
Михаил Петров **Радостин Паздеров**	СЪВРЕМЕННИ СКАЛНИ СТРОИТЕЛНИ МАТЕРИАЛИ	**116**
Петко Лалов **Тихомир Благоев**	ПРЕДСТАВЯНЕ И СОРТИРАНЕ НА ДАННИ ЧРЕЗ ДВОИЧНИ ДЪРВЕТА	**124**
Николай Янев	ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА СЪВРЕМЕННИ XML БАЗИРАНИ ТЕХНОЛОГИИ В МИННАТА ПРОМИШЛЕНОСТ	**127**
Николай Янев **Вера Харитонова**	РАЗРАБОТВАНЕ НА МОДУЛ „МАГИСТЪРСКИ ТЕЗИ” КЪМ САЙТА НА МГУ „СВ. ИВАН РИЛСКИ”	**132**
Веселин Христов	ИЗСЛЕДВАНЕ НА БИТОВАТА КОНСУМАЦИЯ НА ПРИРОДЕН ГАЗ В БЪЛГАРИЯ СПОРЕД ВИДА И ПЛОЩТА НА ЖИЛИЩАТА	**135**
Веселин Колев **Стефан Димитров** **Николай Николов** **Георги Найденов**	РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПРОТОКОЛ IPv6 В УНИВЕРСИТЕТСКА МРЕЖА	**139**
Даниела Чиртина **Рамона Митран**	ВЛИЯНИЕ НА АНТРОПОГЕННАТА ДЕЙНОСТ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА В ОБЛАСТТА НА ПЛАНИНАТА СТРАЯ	**143**
Рамона Митран **Даниела Чиртина**	ВЛИЯНИЕ НА ТЕЦ РОВИНАРИ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА	**147**

Петър Петров **Георги Велев**	НОВ МЕТОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ СТЕПЕНТА НА КОРОЗИЯ НА СТОМАНЕНИ ЗАЗЕМИТЕЛИ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИНДУКТИВНИ ДАТЧИЦИ	**151**
Георги Велев **Петър Петров**	ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ОПРЕДЕЛЯНЕ СПЕЦИФИЧНОТО ОБЕМНО СЪПРОТИВЛЕНИЕ НА ПОЧВЕНИТЕ СЛОЕВЕ В ДЪЛБОЧИНА ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЕТАЛОНЕН ЕЛЕКТРОД	**154**

C O N T E N T S

Evtim Kartzelin **Zhivko Iliev** **Ilia Yochev** **Kalin Radlov**	DIRECTIVE DEVICES OF WINDING VESSELS OF MINING WINDERS	**9**
Evtim Kartzelin **Aleksandar Vladimirov** **Joana Mladenova**	APPLICATION OF SWEEP FREQUENCY RESPONSE ANALYSIS FOR EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION AND FAULT DETECTION IN POWER TRANSFORMERS	**17**
Krasimir Velinov	GONIOPHOTOMETER MODERNIZATION WITH LARGE NUMBER OF DIGITAL PHOTO SENSORS	**22**
Krassimir Velinov **Radi Pipev**	POSSIBILITIES OF THE CONCEPT OF THE USE OF GIS FOR MANAGEMENT AND OPERATION OF STREET LIGHTING	**29**
Rumen Istalianov **Georgi Velev**	EXPERIMENTAL STUDY OF FLOATING PUMP SYSTEM "BENKOVSKI № 3 OF"ELATSITE-MED"Ltd	**34**
Goce Stefanov **Ljupco Karacinov** **Dobri Cundev**	ESTIMATION ON THE SWITCHING LOSSES AT IGBT BRIDGES POWER CONVERTER	**38**
Nikolai Minekov	OPTIMIZATION OF GROUP SYNCHRONOUS MOTORS EXCITATION	**44**
Cristinel Racoceanu **Emil Cătălin Şchiopu**	BALANCE ANALYSIS FOR THERMAL STEAM BOILERS OPERATED LIGNITE	**49**
Cristinel Racoceanu **Luminiţa Popescu**	STUDY ON THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES	**53**
Stefan Stefanov **Teodora Hristova**	CONTEMPORARY REQUIREMENTS TO DEVICE FOR CATHODE PROTECTION OF UNDERGROUND METAL EQUIPMENTS AND CABELS	**57**
Mila Ilieva **Teodora Hristova**	DESIGN OF DATABASE MANAGEMENT SYSTEM CATHODIC PROTECTION	**63**
Romeo Alexandrov	ELECTRICAL PARAMETERS OF POWER CONVERTER FOR MAGNETIC SEPARATORS WITH DEMAGNETIZATION FUNCTION	**69**
Zdravko Iliev **Diana Decheva** **Nikolai Ivanov** **Tihomir Todorov**	ANALYSIS OF THE TECHNICAL AND OPERATING CONDITIONS OF EXCAVATOR ERS-710 BASED ON FLUCTUATIONS OF HIS METAL CONSTRUCTION	**73**
Venelin Tasev	MANTLE DESIGN OF CENTRIFUGAL BALL JOINTS	**79**
Venelin Tasev	DETERMINATION OF FUNDAMENTAL GEOMETRICAL DIMENSIONS OF CENTRIFUGAL BALL JOINTS WITH SIX PADDLE LEADING ROTOR	**82**
DraganZhivkovich **Vyara Pozhidaeva** **Milan Veljich**	APPLYING THE CORRELATION THEORY IN DETERMINING THE INTERDEPENDENCE BETWEEN INSIDE TRANSPORTATION COST AND	**86**

Zvonko Sajfert	AUTOMATION LEVEL OF PRODUCTION EQUIPMENT	
Ivan Minin **Petko Nedyalkov** **Antoaneta Yaneva**	MULTIPURPOSE OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF GRINDING IN A DRUM BALL MILL SUMMARIZED IN THE UTILITY FUNCTION	**92**
Ivan Minin **Antoaneta Yaneva** **Petko Nedyalkov**	EXPERIMENTAL STUDY OF THE WEAR OF DRUM BALL MILLS LININGS	**99**
Julian Dimitrov **Kristian Tsvetkov**	STUDY OF THE FORM OF THE REFLECTED PULSE AT SCHMIDT HAMMER	**104**
Julian Dimitrov	ANALYTICAL STUDY OF MECHANICAL PARAMETERS OF FRICTIONAL SURFICE	**108**
Kholodnjakov G.A. **Fomin S.I.**	RISK ANALYSIS METHOD FOR OPENCAST MINING PROJECTS	**114**
Mihail Petrov **Radostin Pazderov**	CONTEMPORARY ROCK MATERIALS FOR BUILDING	**116**
Petko Lalov **Tihomir Blagoev**	BINARY TREES REPRESENTATION AND SORTING OF DATA	**124**
Nikolay Yanev	OPPORTUNITIES FOR IMPLEMENTATION OF MODERN XML BASED TECHNOLOGIES IN THE MINING INDUSTRY	**127**
Nikolay Yanev **Vera Haritonova**	DEVELOPMENT OF THE "MASTER DEGREE THESES" MODULE TO WEBSITE OF THE UNIVERSITY FOR MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI"	**132**
Veselin Christov	DOMESTIC CONSUMPTION STUDY OF NATURAL GAS IN BULGARIA, ACCORDING TO THE HOUSING TYPE AND SIZE	**135**
Vesselin Kolev **Stefan Dimitrov** **Nikolay Nikolov** **Georgi Naydenov**	IMPLEMENTATION OF IPv6 PROTOCOL IN A UNIVERSITY NETWORK	**139**
Daniela Cirtina **Ramona Violeta Mitran**	CONSIDERATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT CAUSED BY ANTHROPOGENIC ACTIVITY IN THE MOUNTAIN AREA STRAJA	**143**
Ramona Violeta Mitran **Daniela Cirtina**	IMPACTS OF ENVIRONMENTAL PRODUCTS THE THERMOELECTRIC POWER PLANT ROVINARI	**147**

Petar Petrov **Georgi Velev**	A NEW METHOD FOR DETERMINATION OF THE RATE OF CORROSION FOR STEEL GROUNDING ELECTRODES BY MEANS OF INDUCTIVE SENSORS	**151**
Georgi Velev **Petar Petrov[2]**	EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SOIL LAYERS' RESISTIVITY IN DEPTH BY MEANS OF A STANDARD MASTER ELECTRODE	**154**

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

НАПРАВЛЯВАЩИ УСТРОЙСТВА НА ПОДЕМНИ СЪДОВЕ ЗА РУДНИЧНИ ПОДЕМНИ УРЕДБИ

Евтим Кърцелин[1], Живко Илиев[1], Илия Йочев[2], Калин Радлов[3]

[1.]Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail halkopirit@mail.bg
[2.]Рудметал АД. 4960 гр. Рудозем
[3.]Университет по Архитектура,Строителство и Геодезия 1046 София

РЕЗЮМЕ. Обобщени са основни конструктивни решения за направляващи устройстtва на подемни съдове на руднични подемни уредби. Направена е кратка оценка за предимствата и недостатъците на отделните конструктивни решения. Обобщени са причините са ниската надежностна направляваяите устройства в процеса на тяхната експлоатация
Ключови думи: Направляващо устройство, подемен съд, руднична подемна уредба, ролкови направляващи устройства

DIRECTIVE DEVICES OF WINDING VESSELS OF MINING WINDERS

Evtim Kartcelin[1],Zhivko Iliev[1], Ilia Iochev[2]Kalin Radlov[3],
[1.]University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, E - mail halkopirit@mail.bg
[2] Rudmetal AD 4960 c. Rudozem, Bulgaria
[3.]University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy –,1046 Sofia

ABSTRACT: Are summarized main constructive solutions of directive devices of winding vessels. Has been made short assessment of advantages and shortcomings separet consrtuction decisions
KEY WORDS:Directive device, mining winder, roll directive devices

Въведение

Развитието на минната промишленост през XXI, включително и на технологиите за подземен добив на полезни изкопаеми ще бъде подчинено на основните закони на пазарната икономика, което се обобщава в следните най-общи показатели: минимум разходи на енергия ;на материални, трудови и финансови ресурси, осигуряване на висока ефективност и конкурентоспособност на всяко минно предприятие за добив и преработка на полезни изкопаеми. Ето защо за проектирането на нови и за осигуряване на перспективно развитие на предприятията в експлоатация е необходимо да се премине от количествени показатели към показатели за качество и ефективност. Рудничните подемни уредби са основно звено в технологичната верига за подземен добив на полезни изкопаеми. От тяхната надеждна работа зависят не само икономическите показатели, но и осигуряват безопасни условия за провеждането на всички технологични процеси на предприятията за подземен добив на полезни изкопаеми.

В резултат на развитието на технологията на промишлените технологии в края на XX век за рудничните подемни уредби се постигнаха следните основни показатели : височина на едностепенен подем до 1500m; скорост на движение на подемните съдове до 15 m/s, товароподемност – 50t.

Резултатите от многогодишната експлоатация на РПУ у нас и в чужбина показват, че независимо от техните безспорни предимства в сравнение с другите видове технически средства за вертикален транспорт при подземен добив на полезни изкопаеми на голями дълбочини, тяхната работа е съпроводена с редица недостатъци. Тези недостатъци от една страна ограничават постигането на проектната производителност и ефективност на минното предприятие, а от друга страна се явяват причини за възникването на аварии и катастрофи с изключително тежки последици.

Една от причините за ограничаване на производителността на рудничните подемни комплекси е свързана с ниската надеждност и необоснования избор на направляващи устройства за подемните съдове на рудничните подемни уредби.

В доклада са обобщени и представени основните конструктивни решения за направляващи устройства на подемни съдове, представени са изискванията на нормативните документи към този елемент на РПУ, показани са някои решения за направляващите устройства на подемни съдове за РПУ в работа, и резултатите от тяхната експлоатация; формулирани са задачи за изследване и решаване, с цел повишаване надеждността на направляващите устройства. Основни конструктивни решения за направляващи устройства на подемни съдове.

Направляващите устройства за предназначени за осигуряване на нормално и безопасно движение на подемния съд по водачите от армировката на вертикална шахта.

Разработването на едни или други конструктивни решения на направляващи устройства се базира преди всичко на резултатите от изследване на процесите за динамическото взаимодействие на движещ се подемен съд с водачите от армировката на шахтата и с отчитането на следните параметри: якостни свойства на армировката; вид, конструкция и коравина подемния съд, а също така и зададения режим за неговото движение.

Изследванията за динамика на системата "подемен съд-армировка"[7,8,35] показват, че работоспособността й се определя преди всичко от таково съчетаване на конструктивните параметри на армировката подемния съд, на направляващите устройства и режима на движение, който осигуряват динамическа устойчивост при нормирани амплитуди на параметричните колебания на подемния съд. При взаимодействието му с водачите. В зависимост от принципа на кинематичното взаимодействие между направляващите устройства и водачите, направляващите устройства се делят на две основни групи:

- Плъзгащи направляващи устройства
- Ролкови направляващи устройства
- Специални направляващи устройства

В зависимост от начина на монтаж към подемния съд направляващите устройства се разделят на неподвижни и подвижни. В зависимост от изменението на техните параметри и характеристики НУ се разделя на:

- НУ с постоянни параметри и характеристики(към тях се отнасят плъзгащите НУ)
- НУ с променливи параметри(към тях се отнасят ролкови НУ с еластичен елемент и специалните НУ)

По предназначение НУ за метални и дървени водачи се разделят на:

- Работни – НУ, осигуряващи насоченото движение на подемния съд при нормален подемен цикъл по основните водачи от армировката на шахтата;
- Предпазни – това са неподвижно монтирани към подемния съд плъзгащи се НУ с „П- образна форма", които ограничават напречните колебания на подемния съд спрямо основните водачи и осигуряват гарантираната безопасност при възникване на отказ в работните направляващи устройства (всички видове ролкови направляващи устройства се осигуряват задължително с П-образни НУ)
- Допълнителни НУ – това са неподвижно или подвижно монтирани към подемния съд допълнителни НУ и предназначени да ограничават деформацията (огъване) на конструкцията на подемни съдове с голяма дължина, а също така и ограничаване допирането на подемния съд до водачите;
- Спомагателни – това са НУ, които са монтирани на подемния съд и са предназначени за реализирането на насочено движение на подемния съд по спомагателни водачи, когато е необходимо да се реализира и фиксират специални движения на подемния съд.

На фигура 1 са представени схеми на направляващите устройства за подемни съдове: а) – отворени П – образни НУ за двустранно разположение водачи; б- затворени П – образни НУ за двустранно и диагонално разположени водачи; в – затворени П – образни Ну за едностранно разположение водачи; г- непрекъснати П- образни НУ за двустранно разположение водачи; д- ролкови направляващи устройства за двустранно разположени водачи

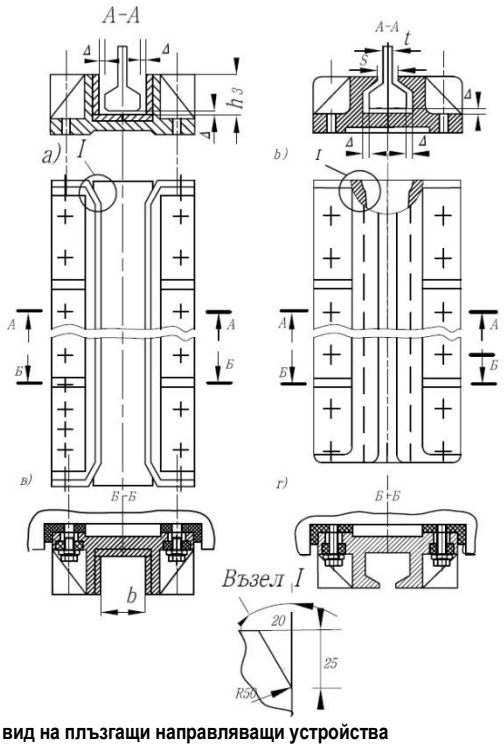
Плъзгащи направляващи устройства

В зависимост от типа и разположението на водачите се различават следните видове конструкции на направляващи устройства, показани на фиг.3: къси направляващи устройства с П – образна форма (открити, отворени) и с П – образна форма полузакрити;

Направляващите устройства с П – образна форма (НУ с ПОФ) е допустимо да се монтират на всички видове подемни съдове, различни по предназначение и товароподемност.

НУ с ПОФ – открит тип се използват в случаите при които водачите от армировката са разположение от двете страни на подемния съд, а НУ с ПОФ затворен тип, се използват само при едностранно разположение на релсови водачи спрямо подемния съд.

Непрекъснати направляващи устройства с ПОФ – отворен тип фиг. 2 са приложими за всички видове подемни съдове, различни по предназначение и товароподемност, при двустранно разположени водачи спрямо подемния съд. В този случай водачите са с правоъгълно сечение дървесина или от друг вид неметални материали. Този тип НУ са приложими и при неметални водачи. За намаляване на скоростта на абразивно износване на водачите и НУ, работните повърхности се облицоват със специално дървена



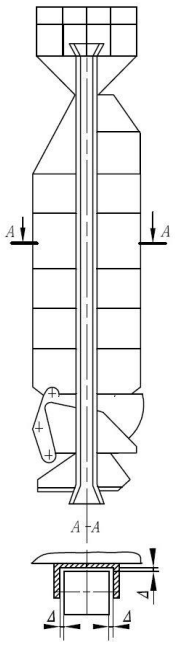
Фиг.1 Общ вид на плъзгащи направляващи устройства

футеровка, устойчива на само запалване или с други материали, имащи същите свойства. Ролковите направляващи устройства се използват по правило при всички видове водачи(дървени или метални) с правоъгълно сечение и скорост на движение на подемния съд над 5 m/s.

Област на приложение :

Направляващите устройства с П – образна форма (НУ с ПОФ) е допустимо да се монтират на всички видове подемни съдове, различни по предназначение и товароподемност.

НУ с ПОФ – открит тип се използват в случаите при които водачите от армировката са разположение от двете страни на подемния съд, а НУ с ПОФ затворен тип, се използват само при едностранно разположение на релсови водачи спрямо подемния съд.



Фиг.2. Схема на конструкцията на скип с непрекъснати коритообразни плъзгащи направляващи устройства за дървени водачи

Непрекъснати направляващи устройства с ПОФ – отворен тип (фиг. 2) са приложими за всички видове подемни съдове, различни по предназначение и товароподемност, при двустранно разположени водачи спрямо подемния съд. В този случай водачите са с правоъгълно сечение дървесина или от друг вид неметални материали. Този тип НУ са приложими и при неметални водачи. За намаляване на скоростта на абразивно износване на водачите и НУ, работните повърхности се облицоват със специално дървена футеровка, устойчива на само запалване или с други материали, имащи същите свойства. Ролковите направляващи устройства се използват по правило при всички видове водачи(дървени или метални) с правоъгълно сечение и скорост на движение на подемния съд над 5 m/s.

Предимства и недостатъци на направляващите Устройства с П- образна форма: Благодарение на простата си конструкция и висока надеждност в работата този тип направляващи устройства са получили най-широко приложение през първата половина на XX век при обзавеждането на РПУ. Заедно с това те притежават и един съществен недостатък наличието на механично на механическо износване от триене както на работните повърхности на направляващите устройства, така и на работните повърхности на водачите. В резултат на това износване се увеличава хлабината между водачите и направляващите устройства, което води до влошаване динамическата на взаимодействие между подемния съд и водачите от армировката на шахтата. Резките удари между направляващите устройства и водачите, които възникват в резултат на принудените хоризонтални колебания на подемния съд, породени от неизбежните деформации на водачите и периодически изменяща се коравина на водачите. При подемни уредби с висока интензивност, водят до преждевременно влошаване експлоатационното състояние на системата.

Посочените недостатъци налагат ограничения за използване на П –образни НУ като работни – допустимо е използването им при РПУ с малка скорост на движение и малка товароподемност на подемния съд.

В същото време, благодарение на простата им конструкция и високата надеждност този тип НУ (НУ с ПОФ) успешно изпълняват функциите на предпазни, допълнителни и спомагателни НУ. Продължителността на взаимодействие на този тип НУ с водачите е твърде кратка, износването е малко, което не оказва влияние на динамическото взаимодействие на подемния съд с водачите.

Ролкови направляващи устройства

Необходимостта от използването на ролкови направляващи устройства подемни съдове вместо НУ с ПОФ е продиктувано от стремежа за защита на работните повърхности на водачите при подемни уредби с висока интензивност, респективно за повишаване надеждността и ефективността на подемния комплекс.(фиг. 3)

Общата тенденция за усъвършенстване направляващите устройства на подемните съдове за вискоскоростни подемни уредби се свежда не само до замяна на кинематичната двойка с плъзгане чрез кинематична двойка с въртящи се ролки, и към стремежа да се подобри динамиката „подемен съд –армировка" с помощта на специални амортизиращи(еластични) елементи или с използването на еластична футеровка на ролките. С ролкови направляващи устройства е възможно да се обзавеждат всички видове подемни съдове в шахти с двустранно разположени водачи с правоъгълно сечение.

Поради специфичния профил на работната част на релсовите водачи, опитите за използването на ролкови направляващи устройства не дава положителни резултати[17]. По тази причина този тип НУ не са намерили практическо приложение.

Основен и най-перспективен тип ролкови направляващи устройства се явява конструкцията с триролков блок, ролките на които се допират и движат по трите работни страни(повърхности) на водачите с правоъгълно сечение[5]. При това са възможни три

принципни схеми за окачване(монтаж) на ролките към подемния съд:

- Осите на ролките са монтирани неподвижно към подемния съд
- Всяка ролка има независимо окачване чрез амортизация
- Всички оси на ролките са монтирани неподвижно една спрямо друга, а блокът е свързан с подемния съд чрез амортизиращо окачване, осигуряващо възможно преместване на цялата конструкция само в две взаимно перпендикулярни посоки-в посока, определена от равнината на водачите и в перпендикулярна посока.(в челна и странична посока спрямо водачите).

Първата и втората схема широко се използват в практиката, а третият се намира в етап на разработване. Предимствата на ролковите НУ:

- Осигуряват благоприятни условия за динамическото взаимодействие между повърхността на ролките и водачите, тъй като при такава схема на окачване се изключва напречното преместване на ролките по водача, както това е възможно при използването на независимо податливо окачване на ролките.

Използването на ролкови НУ с бандажно покритие от гума практически изключва механичното износване на водачите(ако динамическите характеристики на конструкцията са избрани правилно т.е. избрани са така, че предпазните НУ с ПОФ да не встъпват в контакт с водачите).

Това предимство се осигурява от този факт, че ролковите направляващи устройства се явяват единствено целесъобразни за осигуряване насоченото движение на подемен съд с висока скорост по кутиеобразни(съставни) водачи от тънкостенен профил.

Основното изискване към РНУ е свързано с осигуряването на плавно, безударно движение на подемния съд. Критерии за плавност се явява такъв режим на движение, при който предпазните НУ с ПОП в процеса на нормален работен подемен цикъл не влизат в контакт с водачите. На първо място това изискване не може да се осигури само с правилното определяне параметрите на конструкцията за окачване, които определят коравината на техните характеристики, работния ход, предварителното натоварване(свиване) на еластичния елемент) и др.

Следователно, съвкупността от конструктивни параметри на РПУ трябва да се намират в определено съответствие с параметрите, характеризиращи режима на работа на подемната уредба, конструкцията на армировката на шахтата и подемния съд,като еластично тяло с маса.

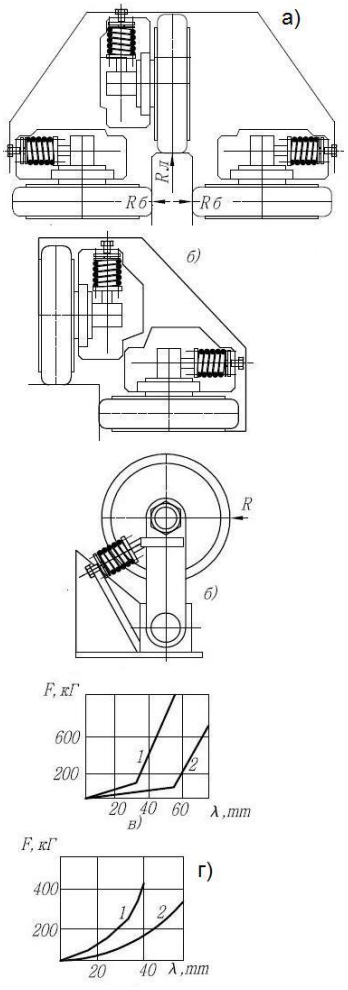
Вторият важен фактор определящ плавността на движение на подемния съд, се явява експлоатационото състояние на работните профили на водачите – степен за тяхната праволинейност.

По такъв начин, условията за приложение и конструктивни особености на РНУ се определят от редица важни изисквания, от които тяхното техническо съвършенство и експлоатационна надеждност.

Ефективна продължителна и нормална експлоатация на РНУ е възможно да се осигури само при условията на правилен монтаж и в съчетание с използването на НУ с ПОФ, правилна центровка и окачване на подемния съд, когато вертикално монтираните водачи не се натоварват от статичната съставяща на масата на подемния съд в резултат на неговото изместване при окачването или при грешки в размерите на конструкцията.

Най-благоприятни показатели за динамиката на системата „подемен съд армировка" се получава при нелинейна характеристика на еластичната връзка между подемен съд и водач. Ето защо едно от най-използваните решения е свързано с използването в системата за окачване на РНУ на амортизатори с нелинейна характеристика.

Номиналният диаметър на ролките на работната повърхност трябва да определя от условието, при което оборотите на въртене при максимална скорост за движение на подемния съд да не превишава 1000 об/мин; а като за предпочитане са 750 об/мин.



Фиг. 3. Триролкови направляващи устройства за водачи с правоъгълно сечение

РНУ със специален амортисьорен елемент се монтират на подемния съд при спазването на едно от основните изисквания, а именно равенство на луфтовете

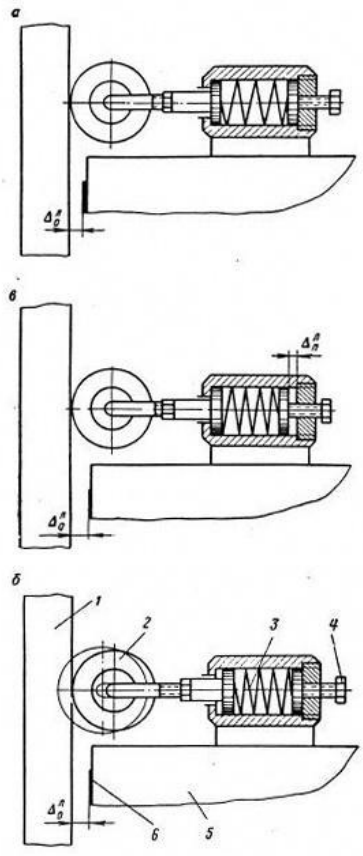
(разстоянията) между предпазните НУ с ПОФ на подемния съд и вертикалните водачи по един от следните варианти:

- Контактуване (допиране) между ролката на НУ и водача без усилие(фиг. 4,а);
- Контактуване с предварително натоварване (свиване) на еластичния елемент на ролката от страна на ролката на разстояние, определено по изчисления(фиг.4.б)
- Контактуване с предварително натоварване (свиване) на еластичния елемент на РНУ с помощта на специално регулиращо устройство, при което ролката контактува с водача без предварително усилие(фиг. 4. в)

На фиг. 5 е представена схема на едноролково направляващо устройство за релсови водачи с еластично окачване на ролковата ос.

Смяната на водачи от армировката на вертикалната шахта в експлоатация е изключително сложна и с висока стойност операция

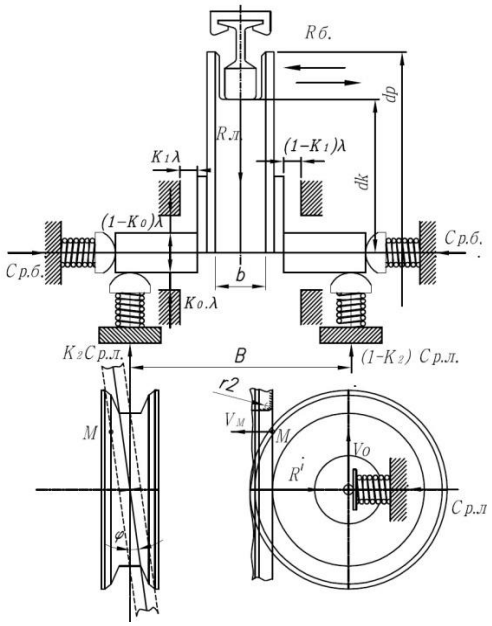
В последните години са предложени принципно нови направляващи устройства, с които се изключва непосредствения контакт и взаимодействието в кинематичната двойка „направляващо устройство-водач".



Фиг. 4. Принципни схеми за монтаж на ролкови направляващи устройства с еластичен елемент.

Специални направляващи устройства.

Едно от тези предложения се свързано със създаването на магнитна възглавница между направляващите устройства и водачите[1,2]. Направляващите устройства в този случай представляват постоянни магнити, а водачите се покриват с наферомагнитен електропроводящ материал. При движението на подемния съд между водачите и направляващите устройства се създава левитационни (отблъскващи) сили, които удържат подемния съд на определено разстояние от водачите. Практическото изпълнение на водачи от цветни метали днес е икономически неоправдано, но изследванията в това направление продължават и представляват актуална научна задача.[14].

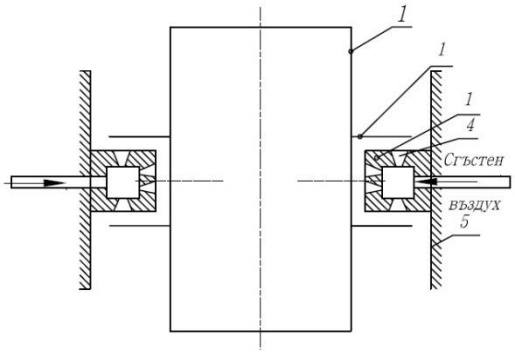


Фиг. 5. Едноролково направляващо устройство за релсови водачи

Вторият път за създаването на безконтактни направляващи устройства се основава на използването на принципа на въздушната възглавница в кинематичната двойка „направляващо устройство -водач". С отчитането на факта, че водачите от армировката на вертикална шахта представляват идеален път за апаратите на въздушна възглавница(АВВ), това технически решение е възможно да получи практическа реализация в близките години.

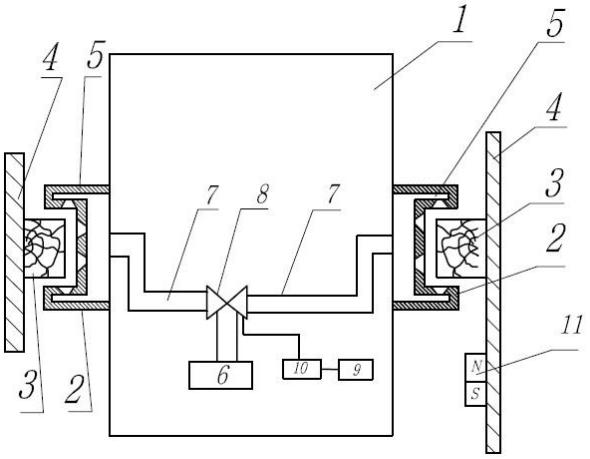
Въздушната възглавница в системата „подемен съд - армировка " е възможно да се получи по два метода. [3,4]. В първия случай фиг. 6. се ползват кутиеобразни водачи с правоъгълно сечение. По цялата дължина на водача, по неговите работни повърхности (една челна и две странични) се пробиват в шахматен ред отвори с формата на дюза(сопло) с разширение в посока на външната повърхност на водача. От повърхността на шахтата или от междинни хоризонти с компресор се подава сгъстен въздух във вътрешността на кутиеобразния водач.

Въздухът, излизайки от дюзите, непрекъснато въздейства на П – образните направляващи устройства. Този тип направляващи устройства се монтират по цялата височина на подемния съд и съответстват на профила на водачите. Въздушният поток с определени параметри създава въздушна възглавница между водачите и направляващото устройство и изключва прекия контакт и взаимодействие между тях [3,5]. Въздухът, постъпващ по дълбочината на шахтата от перфорираните водачи се смесва с основния въздушен поток, с който се проветрява подземния рудник.



Фиг. 6 Направляващо устройство за подемен съд на въздушна въглавница с перфорирани водачи

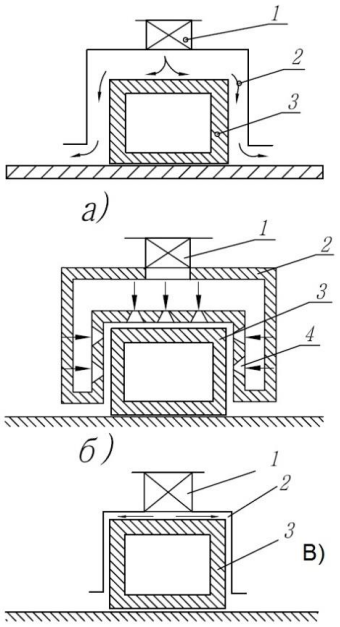
Във вторият случай подемния съд се представя като несамоходно средство на въздушна възглавница със собствен източник на сгъстен въздух.



Фиг.7. Подемна уредба с направляващо устройство на подемен съд на въздушна възглавница и източник на сгъстен въздух на подемния съд

Принципната схема на такава подемна уредба е представена фиг.7 [4,6]. Направляващите въздушни устройства 2 на подемния съд 1 се изпълняват като кухи елементи с П-образна форма и с дължина, покриваща цялата дължина на подемния съд. На работните повърхности на направляващите устройства (обърнати към водачите) се монтират тези устройства. Сгъстеният въздух от компресора през тръбопровода 7 и електромагнитния вентил 8 постъпва в П –образните направляващи устройства и излиза през дюзите 5, като създава въздушна възглавница между водачите 3 и направляващите устройства на подемния съд 2. За управление разхода на сгъстен въздух се използва системата, състояща се от източник на електроенергия 10, херкона 9 и постоянния магнит 11. При спиране на подемния съд на зададен хоризонт постоянния магнит 11 въздейства на херкона, който изключва електромагнитния вентил 8 от захранващия електроизточник 10. Електромагнитния вентил прекъсва подаването на сгъстен въздух от компресора 6 в направляващите устройства 2.

На фиг. 8 са показани три основни принципа за създаване на въздушна възглавница.



Фиг. 8 Въздушна възглавница при движение на АБП по водачи от армировката

В камерната схема (фиг. 8, а) въздух под налягане се подава в пространството между водачите и направляващите устройства. Реактивната съставяща на подемната сила е възможно в разглеждания случай да се пренебрегне. За създаването на камерна схема на въздушна възглавница е необходимо да се използва компресор с голяма производителност. Това ограничава приложението на този принцип.

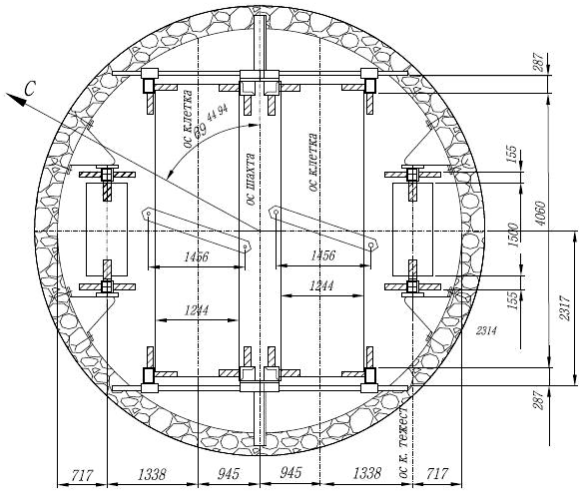
Схемата на дюзите (фиг. 8,б) е широко разпространена в конструкцията на различни транспортни средства на въздушна възглавница, насочена към отстраняване на недостатъците на камерната схема. При този вариант пространството с повишеното налягане се ограничава от въздушна завеса, която ограничава изтичането на сгъстен въздух от пространството на въздушна възглавница и е разположена по периметъра на апарата. Освен това при високи скорости, изтичането на въздух във въздушната завеса е твърде голямо и реактивната съставяща на еластичните сили. Ето защо схемата с дюзи се явява по-икономична в сравнение с камерната и дава възможност опората да се повдига на по-голяма височина при една и съща мощност на източника.Схемата на въздушно смазване (8,в) се използва при апарати за въздушна възглавница(АВВ) с високо налягане при преместването на тежки товари по предварително подготвен път и във влаковете на въздушна възглавница. При тази схема подемната сила се създава за сметка визкозитета на въздуха който при високо налягане се подава към центъра на апарата между дъното и опорната повърхност и изтича навън през образувания между тях процеп. Налягането плавно се намалява до атмосферното при изтичането от камерата. Въздухът в този случай играе ролята на въздушна смазка между двете повърхности. Големината на луфта, през който изтича въздуха е твърде малък и не превишава един милиметър. Всичките тези схеми имат своите предимства и недостатъци и използването на която и да е от тях не винаги се решава еднозначно.

Резултати от експлоатацията на ролкови направляващи устройства на подемни уредби в експлоатация

За сравнителна оценка са приети резултатите от експлоатациата на дев подемни уредби с ролкови направляващи устройства: В рудодобивната промишленост: на шахта „Рудозем", „Рудметал" АД, гр. Рудозем, се експлоатира подемен съд с двустранно разположени водачи и триролков блок за направляващи устройства. Ролките към всеки блок са с независимо окачване, свързани към една обща рама. Последната се монтира неподвижна към подемния съд. На всеки подемен съд са монтирани по четири ролкови блока (апарата), монтирани съответно в горната и долната част на подемния съд.

Във въглищната промишленост на Централна клеткова шахта в рудник „Бабино", Мини „Бобов дол", се експлоатират подемни съдове с двуролкови направляващи устройства, монтирани на четирите ъгъла на клетката. Ролките към всеки блок са монтирани на обща основа с независимо окачване. На всеки подемен съд са монтирани по 8 броя двуролкови направляващи устройства.

На фиг.9 е показана схемата за разположение на подемните съдове и противотежестите в сечението на шахтата и разположението на двуролковите направляващи устройства спрямо водачите



Централна клеткова шахта М1:50

Фиг. 9. Схема за разположение на подемните съдове с двуролкови направляващи устройства за подмна уредба на ЦКШ в рудник „Бабино"

В съответствие с изискванията на нормативните документи[15,16], подемни съдове, комплектовани с ролкови направляващи устройства, задължително трябва да имат предпазни П- образни направляващи устройства от плъзгащ се тип., които ограничават еластичните колебания на подемния съд[9].

Внедряването на ролкови направляващи устройства се оценява като значителна стъпка за подобряване на работоспособността на системата"подемен съд - армировка". Но както показват опитът и резултатите от екплоатацията, и този тип направляващи устройства имат своите недостатъци. Имат твърде ограничен срок на експлоатация (за Бобов дол и за Горубсо–Рудозем). Най-слабите елементи на ролковите направляващи устройства се явяват: демпферните елементи, бандажното покритие на ролките(гума) и на сачмените лагери.

В процеса на експлоатация е необходимо периодично регулиране на демпферните елементи, което е свързано с престои на подемната уредба и загуби от непроизведена продукция.

Предложението за използване на ролкови направляващи устройства за релсови водачи не е намерило широко приложение[17], поради някои съществени недостатъци.

Резултати от преустройството на направляващите устройства на подемен съд с едно странно разположени водачи са представени в [11]. Важно е да се отбележи, че докато в [17] се обобщава, че използването на двуролкови направляващи устройства за релсови водачи е малко ефективно, то в [11] се дава положителна оценка.

Заключение

Трябва да се очаква, че преминаването към съставни метални водачи с правоъгълно сечение и обзавеждане на подемните съдове с ролкови направляващи устройства, имащи еластичен елемент, ще води до подобряване на динамическото взаимодействие между армировката и подемния съд, повишаване на надеждността и ефективността на подемния комплекс.

Отрицателните резултати от експлоатацията на съвременни подемни комплекси, в които са реализирани тези решения, са доказателство за наличието на неизследвани и нерешени проблеми. Следователно, необоснования избор на параметрите на ролковите направляващи устройства с еластичен елемент не винаги осигуряват удовлетворителни условия за работа на подемния комплекс.

Всичко това определя актуалността на задачата за теоретично и експериментално изследване на системата „подемен съд - армировка" и разработването на методика за избирането на рационални характеристики на ролковите направляващи устройства с еластични елементи при отчитане на особеностите в конструкцията на армировката и подемния съд.

Литература

1. А.С. 663654(СССР) Шахтньй подъемник (А.П. Несторов,О.Г. Мостовой). БИ №19,1979г.
2. А.С. 960647(СССР). Устройство для ориентации подьемньіх сосудов в стволе шахт (Б.Я. Хейфиц). Б.И. № 30,1980.
3. А.С. 673578(СССР) Направляющее устройство подьемной установки(А.И. Брохович,А. П. Балянов, Б.А. Брохович, И. Н. Латьіпов). Б.И. № 26/1979г.
4. А.С. 1459256 (СССР) Подьемнащ установка(А.И. Брохович, Б.А. Брохович, А. П. Балянов) Б.И. №27,1989г.
5. Борохович А.И., Борохович Б.А., Балянов А.П., Латьіпов И. Н. Ефективност движения подьемньіх сосудов в вертикальньіх стволов шахт по проводникам на

воздушносй подушке. Механизация работ на рудниках. Кемерово,КузПИ,1982г.
6. Борохович А.И., Балянов А.П., Латыпов И. Н., Борохович Б.А., Стабилизирующие направяюсуие устройства на въздушной подушке для шахтныіх подьемныіх сосудов. Електропривод, средства автоматики и електрификация горныx предприятем, Свердлоск, СГИ, 1984г.
7. Баклашов И.В. Расчет, конструирование и монтаж армировки стволов шахт. М., Недра 1973г.
8. Глабаданидис Т.П. Теория на динамичните процеси в системата „подемен съд-шахтна армировка". Год. На ВМГИ, Том XXV(1978-1979), св. 1, стр. 115-124.
9. Гаркуша Н. Г., Дворников В. И., Чирков Я. В. Уравнения движения сосуда шахтного подьемного сосуда с упругоми направляющими устройствами Сб. Трудов ИГМК им. М.М. Федоров, Горная механика, №28-29, Донец,1971г.
10. Йочев. И. Щ. Изследване на състоянието и избор на решение за модернизация на рудничните подемни уредби в мини „Горубсо".Автореферат за получаване на образователна и научна степен „Доктор",2002
11. Йочев И.Щ., Янева А. Някои проблеми при подем с триеща шайба и едностранно водене на основния подемен съд при експлоатацията на руднична подемна уредба на шахта „Голям – Палас - Север", рудник „Димов дол", Год. На МГУ „Св. Иван Рилски", том 49, св. III, 2006г.
12. Ковачев В. Руднични подемни уредби. С., Техника 1990г.
13. Кърцелин Е. Р. Математически модели на руднични подемни уредби. Монография Изд. Къща „Св. Иван Рилски", 2010г.
14. Мостовой О. Г. Стабилизирущие магнитныe устройства для шахтныіх подьемныіх сосудов ВНТК „Прогресивнье методы разработки"
15. Правилник по безопасността на труда при разработване на рудни и нерудни находища по подземен начин. С., Д.И. „Техника" 1971г.
16. Правилник по безопасността на труда в подземни въглищни рудници(В–01–01–01). София., 1992. Том 1 и Том 2.
17. Стационарние установки шахт. Под общей редакций Б. Ф. Братченко. М., Недра,1977г.
18. Техническа маркшайдерска инструкция за извършване на измервателните маркшайдерски работи при проучването, строителството и разработването на находища на полезни изкопаеми С. Техника 1989г

Препоръчана за публикуване от катедра „Електрификация на минното производство", МЕМФ

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЧЕСТОТНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗА ОЦЕНКА НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ И ОТКРИВАНЕ НА ДЕФЕКТИ В СИЛОВИ ТРАНСФОРМАТОРИ

Евтим Кърцелин, Александър Владимиров, Йоана Младенова

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски", София 1700, avladimirov@hhi-co.bg

РЕЗЮМЕ: Показана е приложимостта на честотните характеристики за оценка състоянието на силовите трансформатори

APPLICATION OF SWEEP FREQUENCY RESPONSE ANALYSIS FOR EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION AND FAULT DETECTION IN POWER TRANSFORMERS

Evtim Kartzelin, Aleksandar Vladimirov, Joana Mladenova
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, avladimirov@hhi-co.bg

ABSTARCT: Presented is method for evaluation of the technical condition of power transformers trough sweep frequency response analysis

1. Въведение

В последните години се развиха крупни аварии в енергийните системи на промишлено най-развитите страни в света. Независимо от вековния опит в разработването, производството и експлоатацията на мощни енергийни системи, за чието управление и контрол се използват върховите постижения в областта на промишлените технологии и изчислителната техника, възникването на такива крупни аварии в електроенергийните системи на тези държави са доказателство, че в тази област на науката има сериозни проблеми и нерешени задачи.

Силовите трансформатори са едни от най-скъпите съоръжения използвани при изграждането на електро-снабдителната система. Те се явяват основно звено в технологичната верига за пренасяне на електрическа енергия на големи разстояния с минимални загуби. Основен елемент са както на енергийната система на отделно взета страна, така и на съвместно работещи две и повече енергийни системи. Ето защо от надеждната работа на силовите трансформатори и качеството на преобразуване на електрическата енергия в тях зависи надеждността на енергийната система на всяка страна, качеството на електроснабдяване на различните категории потребители и ефективността на нейното преобразуване и пренасяне.

Работата на силовите трансформатори и днес е съпроводена с редица специфични особености:

- силовите трансформатори се явяват източници на висши хармоници;
- силовите трансформатори са основен източник на технологични загуби при преобразуване и пренасяне на електрическата енергия. Тези загуби нарастват с увеличаване на срока на експлоатацията, след протичането на различни аварийни режими при къси съединения, атмосферни и комутационни пренапрежения, след изпълнението на определен вид ремонти работи и др.;
- възникване на големи стойности на тока при включване на силовите трансформатори на празен ход. Тези стойности са съизмерими с токовете на късо съединение;
- изменение на електрическите и магнитни показатели и параметри в процеса на експлоатация на силовите трансформатори.

На 43та научна сесия на СИГРЕ, проведена на 22-27 август 2010 г. в гр. Париж, е приет стратегически план за развитие на научните изследвания в областта на силовите трансформатори, в които са включени следните въпроси и задачи за изследване:

- методи за мониторинг и диагностика;
- методи за оценка на остатъчния ресурс;
- повишаване на безопасността при експлоатация;
- нови технологии за проектиране, производство и изпитване ;
- електромагнитна съвместимост.

За осигуряване на висока експлоатационна надеждност на силовите трансформатори се извършва задължителен обем измервания през целият им жизнен цикъл:

- в процеса на тяхното производство;
- в процеса на тяхната експлоатация;
- след протичане на тежки аварийни режими в резултат

на къси съединения, на атмосферни и комутационни пренапрежения и др.
- след провеждане на ремонтни работи по тях.

Определянето на обема, избора на методите, техническите средства и периодичността на изпитване и проверка на силовите трансформатори през целият им жизнен цикъл представлява една незавършена и актуална задача за изследване.

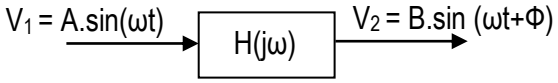
Например голяма част от дефектите в силовите трансформатори е възможно да бъде открити чрез провеждане на хроматографски анализ на разтворените газове в трансформаторното масло. Периодичният контрол на трансформаторното масло не винаги гарантира отсъствието на условия за развитието на дефекти през времето между две последователни пробни изпитания.

За диагностика на механични деформации в намотките на силовите трансформатори днес се използват слените основни методи:
- измерване на импеданса на късо съединение Z_k (или индуктивността L_k);
- метод на нисковолтовите импулси [7];
- анализ на честотните характеристики.

Първият метод е най-разпространен, вторият се използва само в някои страни, а третият е сравнително нов и се явява един от най-чувствителните към изменение на геометричните размери на намотките на силовите трансформатори.

2. Честотни характеристики на силов трансформатор

За определяне връзката между входната и изходната величина на RLC верига се използва предавателната и функция. Предавателната функция е фундаментална характеристики на една електрическа верига и е един от основните методи за моделиране подобни системи. С нейна помощ могат да бъдат получени, както големината на затихването на сигнала, така и фазовото му изместване.



Фиг. 1 Предавателна функция на изпитвания обект

Предавателната функция на един обект за изследване (фиг.1) се дефинира с:

$$H(j\omega)=\frac{V_2(j\omega)}{V_1(j\omega)}, \qquad (1)$$

където:

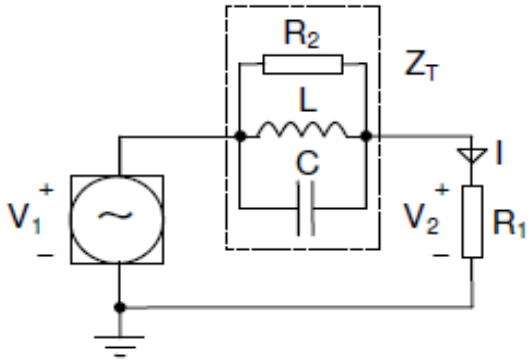
V_1 – хармоничен сигнал подаден на входа на обекта;

V_2 – хармоничен сигнал измерен на изхода;

$\omega = 2\pi f$.

За получаване на предавателната функция се разглежда електрическата схема представена на фиг. 2. Отношението между двете напрежения се представя с израза:

$$V_2(j\omega)=V_1(j\omega).\frac{R_1}{R_1+\dfrac{1}{\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{j\omega L}+j\omega C}} \qquad (2)$$



Фиг. 2 RLC Верига и шунтиращ резистор.

От определението за предавателната функция се получава:

$$H(j\omega)=\frac{V_2(j\omega)}{V_1(j\omega)}=\frac{R_1}{R_1+\dfrac{1}{\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{j\omega L}+j\omega C}}=$$

$$=\frac{R_1\left(\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{j\omega L}+j\omega C\right)}{R_1\left(\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{j\omega L}+j\omega C\right)+1}\cdot\frac{j\omega L}{j\omega L}=\frac{R_1(j\omega\frac{L}{R_2}+1-\omega^2LC)}{R_1(j\omega\frac{L}{R_2}+1-\omega^2LC)+j\omega L} \qquad (3)$$

Ако се приравни R_2 на нула, от уравнението ще отпадне члена $j\omega\frac{L}{R}$. При това условие се определя мястото за възникване на резонанс. При изпълнение на условието $1-\omega^2LC=0\Rightarrow\omega_r=\frac{1}{\sqrt{LC}}$, се получава безкрайно затихване, което показва, че L и C са паралелно свързани. При резонансна честота предавателната функция придобива следния вид:

$$H(j\omega)=\frac{R_1(j\frac{L}{R_2\sqrt{LC}}+1-1)}{R_1(j\frac{L}{R_2\sqrt{LC}}+1-1)+j\frac{L}{\sqrt{LC}}}=\frac{\frac{R_1}{R_2}}{\frac{R_1}{R_2}+1}=\frac{R_1}{R_1+R_2} \qquad (4)$$

Когато предавателна функция се сведе до най-простата си форма, тя представлява отношение на два полинома. Основните и характеристики, резонанса и граничните честоти, се явяват като корени на тези полиноми. Корените на числителя обикновено се наричат „нули“, а корените на знаменателя - „полюси“. Нулите предизвикват нарастване на усилването, докато полюсите предизвикват затихване на сигнала. Тъй като R, L и C параметрите на трансформатора са точно зададени при неговото производството, корените на полиномите ще се появяват на едно и също място на

графиката на ЧХ в случай, че няма външно въздействие върху някой от тях, винаги ще има повторяемост на резултатите от измерването независимо от мястото и времето на извършване на оценката на техническото състояние.

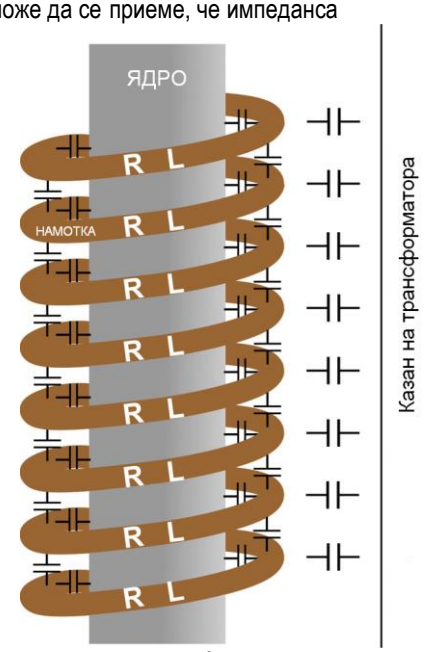
3. Приложение на честотните характеристики за оценка техническото състояние на силови трансформатори

На Фиг. 4 е представена схемата за заснемане на АЧХ и ФЧХ на силов трансформатор. През трансформатора се пропуска сигнал с ниско напрежение и променяща се честота, като се следи, какво е затихването на този сигнал на изхода. Затихването на сигнала е пропорционално на импеданса на съответната намотка зависещ от капацитетите и индуктивностите и, който пък са тясно свързани с геометричните размери на системата намотка, магнитопровод, казан на трансформатора (Фиг. 3). Промяната в амплитудно честотната и фазочестотната характеристики (по нататък АЧХ и ФЧХ) е информация и доказателство за настъпили промени в геометричните и електромагнитни параметри на трансформатора. Причините за тези промени трябва да бъдат изследвани допълнително. Съществуват два момента от време, в които е желателно да се извърши снемането на ЧХ. В завода производител, по време на заводските изпитания, при което се получава така наречената еталонна характеристика на трансформатора, и на обекта, където ще бъде монтиран трансформатора. Заводските данни се използват като основна характеристика и след това всички следващи измервания се сравняват с нея.

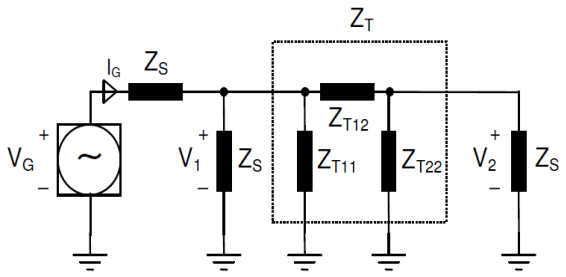
Записването на ЧХ се осъществява, от източник на напрежение със синусоидална форма, с възможност за промяна на честотата се подава напрежение на един от изводите на трансформатора. Стойността на това напрежение се записва, от друг извод на същата намотка като изходящ сигнал. Напрежението на входящия сигнал служи за еталонно и с него се сравнява напрежението на изходящия сигнал. Разликата се записва във векторна форма със амплитуда и фазово изместване.

На Фиг. 4 е показана схемата за измерване на АЧХ и ФЧХ. С V_G е означен подавания от източника сигнал, V_1 е измереното еталонно напрежение, V_2 е измереното изходящо напрежение, Z_S е импеданса на измервателния инструмент, а Z_T е импеданса на трансформатора. Той може да бъде представен като последователно и/или паралелно свързани RLC вериги.

Разликата между стойностите на V_2 (изхода) и V_1 (входа) е предизвикана от стойността на Z_T. Импедансът Z_T съдържа индуктивност, капацитет и активно съпротивление и следователно е честотно зависим. Както се вижда на фигурата Z_T съдържа и два импеданса свързани към земя. Тук трансформатора е представен с П-образна заместваща схема, като стойността на импеданса между двете заземителни вериги в рамките на Z_T в идеалния случай е равен на нула. Импедансът Z_{T12} представлява импеданса на намотката, въпреки че включва и други електрически свързани части по пътя между входа и изхода, може да се приеме, че импеданса



Фиг. 3 Физически модел на трансформатора



Фиг. 4 Основна измервателна схема за снемане на АЧХ

на намотката е доминиращ. Импедансите Z_{T11} и Z_{T12} представляват импедансите на изолацията на намотката и изолаторите към земя. Ако Z_{T11} и Z_{T12} по някаква причина се променят, това ще рефлектира върху резултата от измерването. Поради тази причина е необходимо трансформатора, измервателния инструмент, екрана на кабелите и основата на изолаторите да бъдат възможно най-добре заземени.

Разликата между V_1 и V_2, се явява като промяна в амплитудата и фазово изместване. Големината на затихването на изходния сигнал спрямо входния се дава в децибели:

$$A_{db} = 20.\log_{10}\left(\frac{V_2}{V_1}\right). \quad (5)$$

Фазовото изместване може да се запише като:

$$\varphi = \angle\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \quad (6)$$

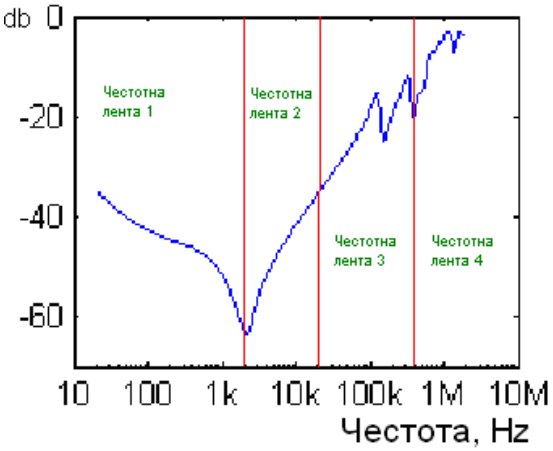
Обикновено се измерват по 200 точки за декада (логаритмично) в честотен диапазон от 20 Hz до 2 MHz. След това се изчертават две криви във функция от

честотата, една за големината на затихването и една за фазовото изместване. Повечето трансформатори изпадат в резонанс в този честотен диапазон.

4. Прилагане на метода „анализ на ЧХ" върху реален трансформатор

На фиг.5 е представена ЧХ на реален силов трансформатор получена в резултат на проведено измерване. Графиката може да бъде разделена на няколко честотни ленти, като всяка от тях дава информация за различни елементи на трансформатора. Честотните ленти са представени в таблица 1. Като пример за оценка на чувствителността на метода ще се използва ЧХ на фиг. 6. На нея са изчертани две криви. Крива номер "1" е записана при наличие на дефект трансформатора, преди неговото отстраняване, а крива номер "2" след отстраняване на проблема в трансформатора. Този потенциален проблем е оставил своя отпечатък в честотната област от 1 kHz до 10 kHz, а също така и в областта от 10 kHz до 200 kHz. Възникналият дефект се изразява в това, че магнитопровода не е заземен от производителя на електрическата машина.

Откриването на дефекти с ЧХ, когато са с близки по стойности криви е много трудна задача. За това в практиката се използва метода корелационно регресионен анализ [8].



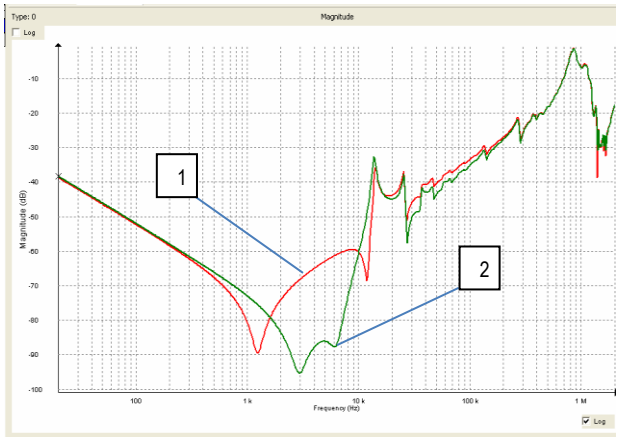
Фиг. 5 Честотни ленти в АЧХ на трансформатор

Разглеждат се две групи ЧХ: една която е еталонна заснета след окончателното завършване на всички операции по производството и изпитването на един нов трансформатор, и втора група ЧХ , заснети в момента на провеждането на дефектографията за откриването на възникнали дефекти в трансформатора. Ако получените при измерването на ЧХ, се припокриват перфектно или са много близки по стойност, ще имат коефициент на корелация близък до 1,0. Ако двете ЧХ са абсолютно независими, то стойността на корелационния коефициент ρ_{xy} ще бъде равен на 0,0. При определени случаи е възможно да се получи резултат, при който ρ_{xy}= -1.0. Отрицателните стойности на коефициента на корелация са недопустими.

Коефициентът на корелация, се изчислява по формулата [8]:

$$\rho_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X}_i)(Y_i - \overline{Y}_i)}{\sqrt{\sum(X_i - \overline{X}_i)^2} * \sqrt{\sum(Y_i - \overline{Y}_i)^2}}, \quad (7)$$

където X_i и Y_i са стойностите на поредицата от данни, които ще сравняваме, а $\overline{X}$ и $\overline{Y}$ са средните им стойности. В таблици 2, 3 и 4 са дадени стойностите на коефициента на корелация и границите, в които той може да се намира в зависимост от това какви ЧХ сравняваме.



Фиг 6. Изследване на реален трансформатор

Таблица 1
Честотни ленти и елементи от трансформатора, които те представляват

Честотна лента	Честота	Елемент от трансформатора	Чувствителност към повреда
1	< 2 kHz	Ядро на магнито-провода, индукти-вност на намо-тката	Деформация на ядрото на магнитопро-вода, отворена верига, късосъединени навивки и остатъчно намагнитване
2	От 2 kHz до 20 kHz	Притегателна система, паралелни импеданси	Изместване на притегателната система и/или намотките
3	От 20 kHz до 400 kHz	Основни намотки	Деформация на основни или регулационни намотки
4	От 400 kHz до ~ 1 MHz	Основни намотки, регулационни намотки, вътрешни проводници	Изместване на основна или регулационна намотка, промяна на заземителните импеданси

Таблица 2
Примерни варианти за ρ_{xy}

Резултат от сравнението	ρ_{xy}
Добро съвпадение	0,95-1,0
Близко съвпадение	0,90-0,94
Лошо съвпадение	<0,89
Никакво или лошо съвпадение	≤0

Таблица 3
Сравняване на фаза А и С или една и съща фаза от еднотипни трансформатори

Резултат от сравнението	ρ_{xy}
Добро съвпадение	0,95-1,0
Близко съвпадение	0,90-0,94
Да се разследва	<0,90

Таблица 4
Сравняване на заводска ЧХ и ЧХ записана след време за един и същ трансформатор

Резултат от сравнението	ρ_{xy}
Добро съвпадение	0,98-1,0
Близко съвпадение	0,96-0,97
Да се разследва	<0,96

Заключение

Метода, основан на сравняване на ЧХ може да бъде незаменим инструмент за оценка на техническото състояние на силови трансформатори и ранно откриване на потенциално опасни проблеми и дефекти. С негова помощ могат да се откриват изменения в механичната цялост на трансформатора, а също така възникнали изменения в електромагнитните му параметри в следствие на външни въздействия. При добро изпълнение на измервателната схема, винаги ще се получава повторяемост на резултатите от измерването, независимо от периода от време, който е изминал между измерванията, ако трансформатора не е претърпял инцидент. Предстой стандартизиране на метода в организациите IEC и IEEE. Няколко големи производителя на измервателна апаратура имат търговско достъпни автоматизирани измервателни системи за ЧХ. Препоръчва се задължително записване на ЧХ по време на заводските изпитания на трансформатора с цел да се осигури една еталонна ЧХ, която да послужи за основа на бъдещи ревизии на състоянието на му.

Препоръчана за публикуване от катедра „Електрификация на минното производство", МЕМФ

Литература

[1] A. Kraetge, M. Krüger, J. L. Velásquez, OMICRON electronics GmbH Austria, H. Viljoen, A. Dierks, Alectrix (Pty) Ltd, South Africa, 2009,
Aspects of the Practical Application of Sweep Frequency Response Analysis (SFRA) on Power Transformers, *CIGRE 2009, 6'th Southern Africa Regional Conference*
[2] Claes Bergman, 2006.
THESIS, SFRA – An application that creates customer value? *http://www.paxdiagnostics.com/6.html.*
[3] Charles Sweetser, B.Sc., M.Sc, Dr. Tony McGrail, B. Sc., M.Sc., 2004.
Sweep Frequency Response Analysis Transformer Applications, *A Technical Paper from Doble Engineering, version 1.0.*
[4] G. M. Kennedy, A J McGrail and J A Lapworth, Doble Engineering, 2007.
Transformer sweep frequency response analysis (SFRA), *Energize* 28-33 p.
[5] Pax Diagnistics, 2007.
Testing of power transformers using Frequency Response Analysis (FRA), *http://www.paxdiagnostics.com/6.html.*
[6] United Stares Department of the Interior, Bureau of Reclamation, June, 2003.
Transformer Diagnostics, Facilities Instructions, Standards and Techniques, volume 3-31, 20-23 p
[7] W. Lech and L. Tyminski, 1966, Electric. Review, no. 18, ERA, UK.
Detecting transformer winding damage - the low voltage impulse method
[8] Георгиев И.А., Приложение на математическата статистика в машиностроенето. Д И „Техника", София, 1982
[9] Наредба №3 за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии (Обн. в ДВ бр. 90 и 91 от 2004 г.)
[10] Dr. W. H. Tang, Prof. Dr. Q. H. Wu, Springer-Verlag London Limited 2011,
Condition Monitoring and Assessment of Power Transformers Using Computational Intelligence 163-194 p.

МОДЕРНИЗАЦИЯ НА ГОНИОФОТОМЕТЪР С ГОЛЯМ БРОЙ ЦИФРОВИ ФОТОСЕНЗОРИ

Красимир Велинов

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: ***candela@mail.bg*** *,* ***http://lighting-bg.eu/***

РЕЗЮМЕ. В доклада се описват уред за измерване светлоразпределението на осветители, който е построен в МГУ "Св. Иван Рилски като се използват 39 цифрови фотоприемника, инсталирани на стената и тавана на фотометричните лаборатория. Сензорите са микропроцесорни устройства с вградени 16-битови. Конструкцията позволява измерване на разпределение на светлината, за да се направи в по-малко от 30 минути при стъпка на ъглите на измерване съответно 2,5 и 5 градуса. Комплект включва многоканална система за измерване на температурата на осветителното тяло и измерване на цветната температура и цветните координати на светлината. Към системата е включен измервател на мощност НМ8115-2. Разработен е специализиран софтуер под DELPHI, който управлява измервателната система и генерира протоколи от измерванията.

GONIOPHOTOMETER MODERNIZATION WITH LARGE NUMBER OF DIGITAL PHOTO SENSORS.

Krasimir Velinov

University of mining and geology "ST. IVAN RILSKI" E-mail: ***candela@mail.bg*** *,* ***http://lighting-bg.eu/***

ABSTRACT. The report describes goniophotometer measurement of light distribution which is constructed in UMG "St. Ivan Rilski. There are used many photo sensors installed on the wall and ceiling on the photometric laboratory in MGU. The sensors are Microprocessor devices with embedded 16-bit ADC discharge. Each of the photosensors is individually calibrated. The design allows the measurement of the light distribution to be done in less than 30 minutes in step of measuring the angles of respectively 2.5 and 5 degree. The kit includes a multichannel system for measuring the temperature of the luminaire.

Keywords: goniophotometer, LED, luminaire, TSL2561, DS1820, light distribution

ВЪВЕДЕНИЕ

За да може да се проектира една осветителна уредба е необходимо светлоразпределението на осветителите да бъде точно измерено. За заснемане на светлоразпределението обикновенно се използват гониофотометри управлявани от компютър. Процесът е трудоемък, бавен и изискващ квалифициран персонал. В [1] е описан гониофотометър изработен през 2010 г. в лабораторията по осветителна техника към МГУ „Св. Иван Рилски". Едногодишният опит от експлоатация на този уред показа възможности за неговото усъвършенстване изразяващо се в следното:

1. Преработка на системата за управление;
2. Увеличаване на броя на фотоприемниците;
3. Включване на сензор за измерване на цветна температура и цветни координати на светлината;
4. Включване на програмно управляван измервател на мощност HAMEG 8115-2;
5. Модернизация на софтуера.

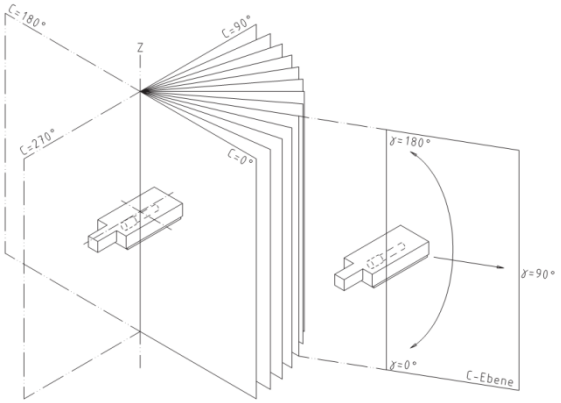
ВИДОВЕ ГОНИОФОТОМЕТРИ

Измерването на пространственото разпределение на интензитета на светлината може да се извърши по три схеми. Най-разпространено в практиката е заснемането на светлоразпределението в **γ-C** равнинна система (Фиг. 1) [1]

За да бъде измерването с минимална грешка (< 1%) трябва да се спазват следните условия: [2]

Измервателно разстояние	Дължина на осветителя
5 м	0.3 м
10 м	1.3 м
15 м	1.6 м

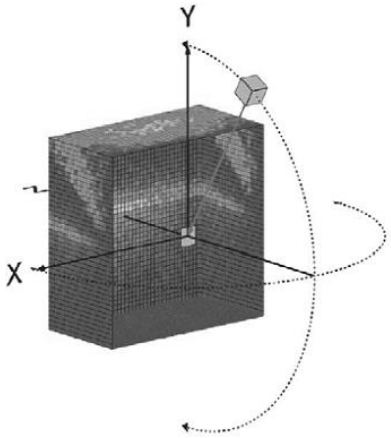
Таблица 1 минимално фотометрично разстояние.



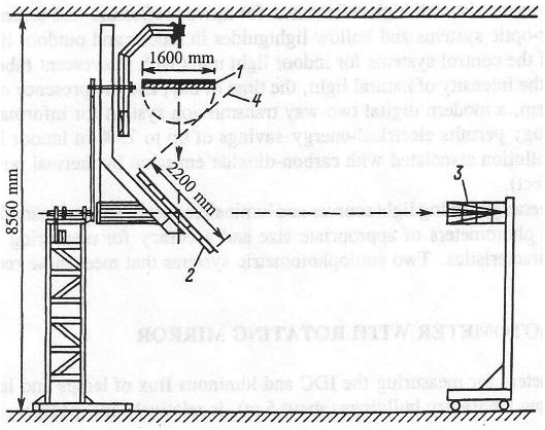
Фиг. 1. γ-C равнинна система

Принципът на измерване е показан на фиг. 2. Осветителят се поставя в центъра на координатната система, като има възможност да се завърта на ъгъл C, а фотоприемникът се монтира на подвижно рамо и се

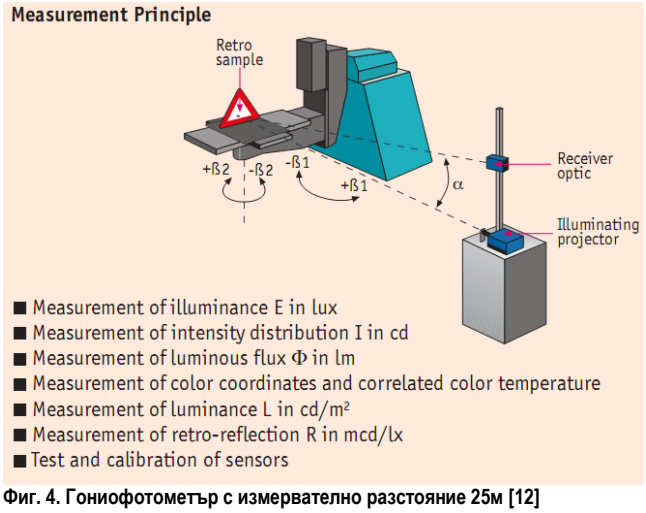
завърта по ъгъл γ. (Фиг. 2). По тази схема е трудно да се постигнат посочените измервателни разстояния. За да се реши проблема се монтира допълнително въртящо се наклонено огледало (Фиг. 3) [3,4] или гониофотометърът е така конструиран, че да може едновременно да завърта осветителя по ъгъл в **γ** и **C**-равнините (Фиг. 4). Последният модел позволява измерване и на отражателни характеристики на материали.



Фиг. 2. Принцип на измерване



Фиг. 3. Огледален гониофотометър



Фиг. 4. Гониофотометър с измервателно разстояние 25м [12]

Съгласно [5] измерването на осветителите се разделя на четири класа:

Клас L – уреди с най-висока точност;

Клас A – уреди с висока точност;

Клас B – уреди със средна точност ;

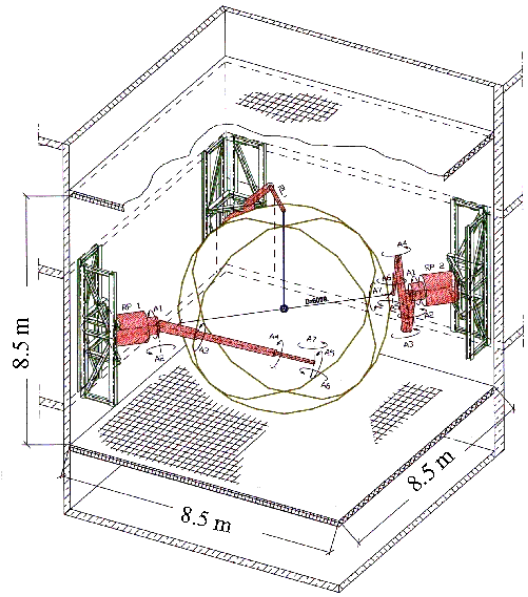
Клас C – уреди с ниска точност;

В зависимост от класа на уреда се допускат следните грешки при измерването на отделните параметри:

Таблица 2 максимална грешка за уреди измерващи интензитет на светлината

величина	L	A	B	C
V(λ) корекция	1.5%	3%	6%	9%
Cos-корекция	-	1.5%	3%	6%
Грешка на измервателния уред	0.2%	3%	4.5%	7.5%
Температурен коефициент	0.1%/K	0.2%/K	1%/K	2%/K

Към клас L може да причислим гониофотометрите за възпроизвеждане на еталона за светлинен поток. Пример за такъв е гониофотометърът на PTB – германския център по метрология (Фиг. 5) [6] и новият гониофотометър на центърът по метрология на България (Фиг. 6)

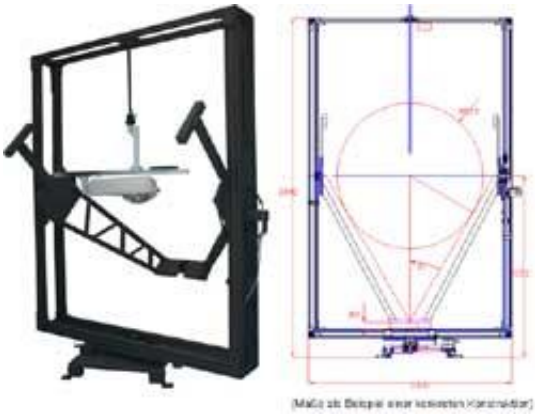


Фиг. 5. Гониофотометър за измерване на светлинен пото кна PTB [6]

Фиг. 6. Гониофотометър за измерване на светлинен поток на НЦМ-България

И двата типа гониофотометри са тип „късо рамо" на което е закрепен фотоприемника и въртенето на рамото осъществява заснемането на светлоразпределението по

ъгъл **γ**. В много случаи такива гониофотометри се използват и за заснемане на светлоразпределението на осветители (Фиг. 7) [7], но в този случай грешката при измерване еголяма, поради по-малкото измервателно разстояние.



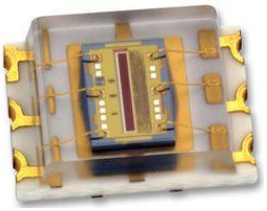
Фиг. 7. Гониофотометър с късо рамо [7].

Основният недостатък на изброените до тук гониофотометри е голямото време за извършване на едно измерване. Причина за това е крайната скорост с която трябва да се върти рамото с фотоприемника или огледалото. Проблемът не е механичен – големият въртящ момент може да се преодолее с по-мощен двигател. Ограниченията идват от захранването на осветителите с променливо напрежение и честота 50Hz. Минималното време за измерване в една точка трябва да продължи най-малко два полупериода – 20 милисекунди. За да се повиши точността на измерването се практикува за всяка точка да се направят 10 измервания, което съответства на 0.2 сек. Ако рамото или огледалото на гониофотометъра се движи равномерно, би трябвало ъгловата му скорост да не е по-висока от 0.5°/sec. При измерване през 5° в С-равнината, времето за измерване е от порядъка на 8 часа. За да се съкрати това време се практикува захранването на светлоизточника с постоянен ток. Такъв е случаят при възпроизвеждането на еталона за светлинен поток. Освен това в гониофотометъра на PTB [6] се използват два фотоприемника всеки монтиран на отделно рамо(Фиг. 5).

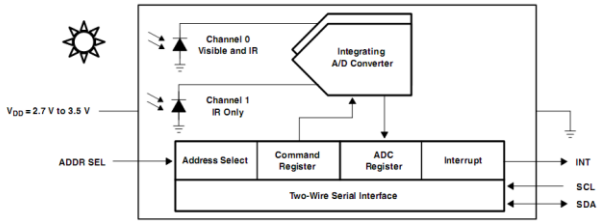
ОПИСАНИЕ НА РЕКОНСТРУИРАНИЯТ ФОТОМЕТЪР

Логическо продължение на тази идея е да се използват не два, а голям брой фотоприемници монтирани на подходящо разстояние.

В настоящият доклад е описан именно такъв гониофотометър. Той е монтиран в лабораторията “Осветителна техника” при МГУ „св. Иван Рилски” и е предназначен за бързо заснемане на светлоразпределение на светодиодни осветители. Използвани са 39 броя оптични сензори, монтирани по стената и тавана на фотометричната лаборатория. Сензорите представляват микропроцесорни прибори с вградени 16 разрядни АЦП [8] (Фиг. 8).

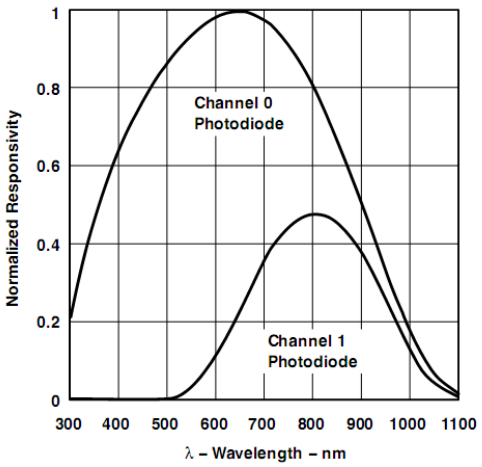


Фиг. 8а. Външен вид на фотоприемника



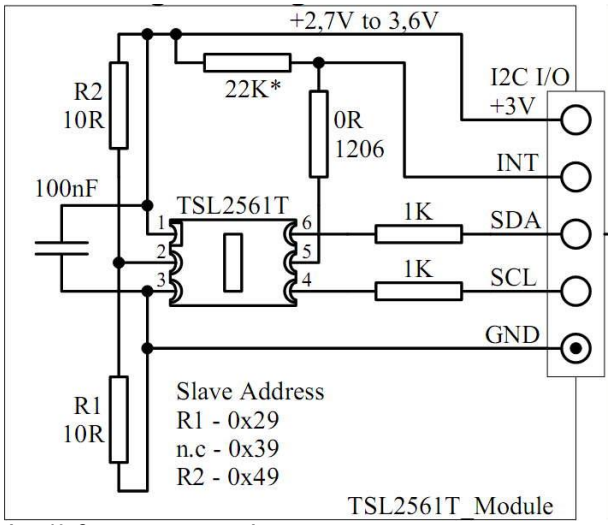
Фиг. 8б. Вътрешна структура на фотоприемника

Всеки сензор за осветеност съдържа два канала с аналогово-цифров преобразувател, който интегрира тока от два фотодиода. Комуникацията с устройството се осъществява чрез стандартна, двупроводна линия по I^2C серийна шина. Всяко устройство съчетава един фотодиод с широк спектрален диапазон (видима плюс инфрачервена светлина) и един инфрачервен фотодиод върху CMOS интегрална схема способни да осигурят спектрална чувствителност близка до човешкото око с ефективен 20-битов динамичен обхват (16-битова резолюция) (фиг. 9). От тези два цифрови сигнала може да се получи осветеността в лук сове чрез емпирична формула, която осигурява спектрална чувствителност близка до тази на човешкото око.



Фиг. 9. Спектрална чувствителност за всеки от двата канала.

На фиг. 10 е показана принципна схема на модула с фотосензора [9].



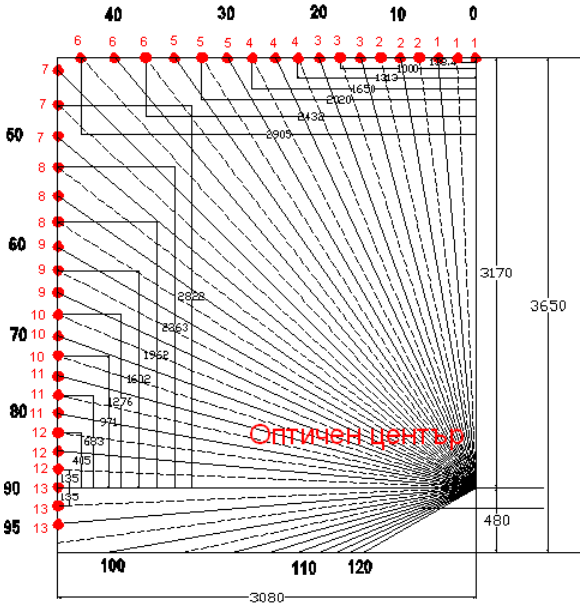
Фиг. 10. Схема на модула с фотосензора.

Фиг. 11а. Стойка на гониофотометъра с махнат капак.

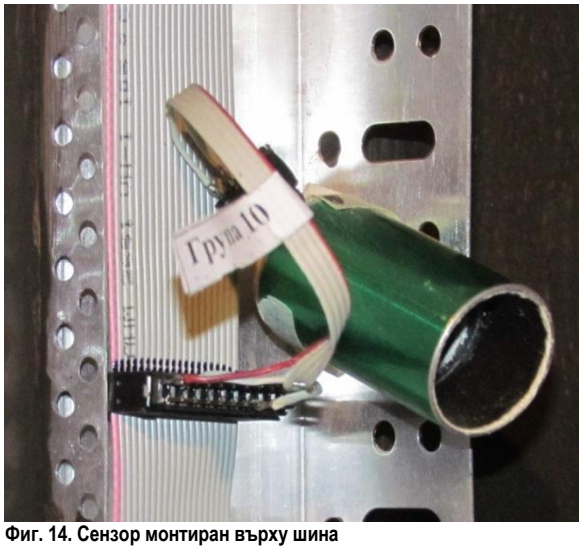
Фиг. 11б. Работно положение.

Самият гониофотометър представлява масичка, която може да се върти около вертикалната си ос (фиг. 11). Масичката е закрепена за редуктор с голямо преводно отношение и минимален луфт. Въртенето се осъществява от стъпков двигател. (фиг. 11).

Осветителят, чието светлоразпределение се заснема, се полага на масичката върху закрепващи монтажни елементи. Сензорите са монтирани върху шина закачена за стената и тавана на помещението. Същата се използва и като кабелен канал за да се положат информационните проводници. Самото помещение е с височина 3.75м. Минималното фотометрично разстояние е по-голямо от 3м, което е достатъчно за измерване на осветители с размер под 60см. Приемниците са така разположени, че позволяват в равнината **γ** измерването да се извършва със стъпка 2.5° (фиг. 14). Продължителността на едно измерване е 0.402 sec. Фотосензорите са разделени на 13 групи по 3 в група. Измерването в С-равниите се извършва чрез завъртане на масичката на определен ъгъл.

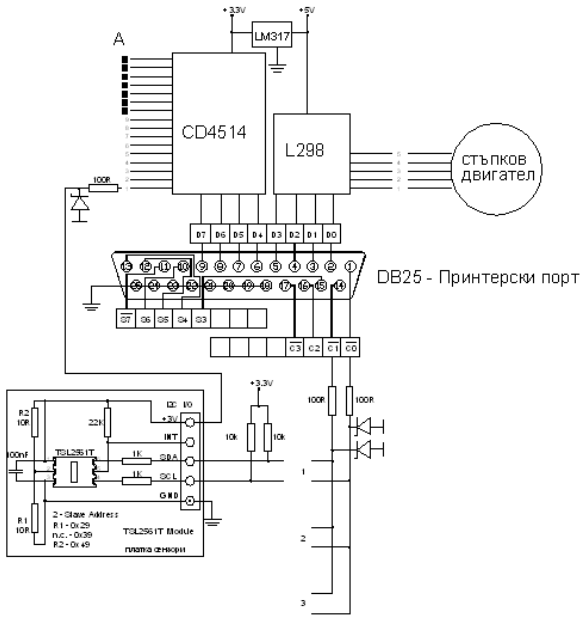


Фиг. 14. Схема на монтаж на фотоприемниците.



Фиг. 14. Сензор монтиран върху шина

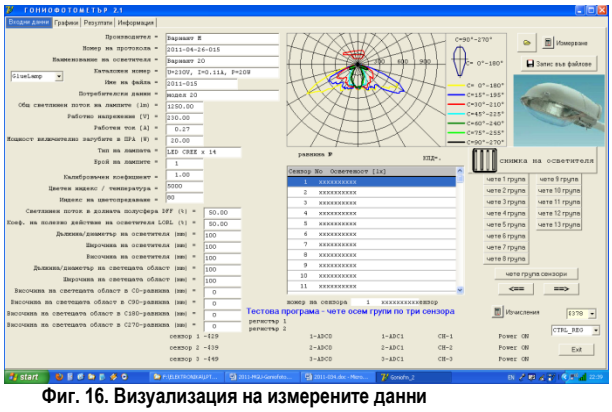
Схемата за управление е показана на фиг. 15. Тя е максимално опростена чрез използване на паралелния порт на компютъра.



Фиг. 15. Принципна електрическа схема.

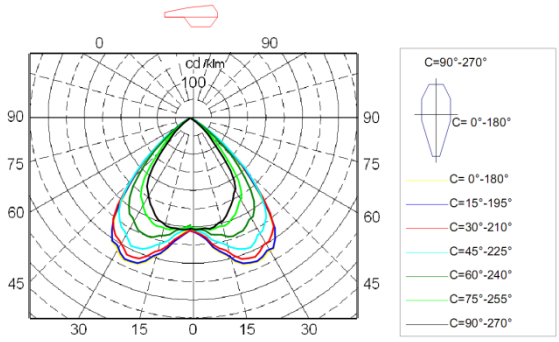
Горната конструкция позволява измерването на светлоразпределението на осветител да се извърши за по-малко от 30 минути при стъпка на ъглите на измерване съответно 2.5 по **γ** и 5 градус по **C**.

За провеждане на измерванията и обработката на измерените стойности е създаден подходящ софтуер. Програмите са написани на DELPHI. На фиг. 16. е показан един от екраните за измерване на осветителите.

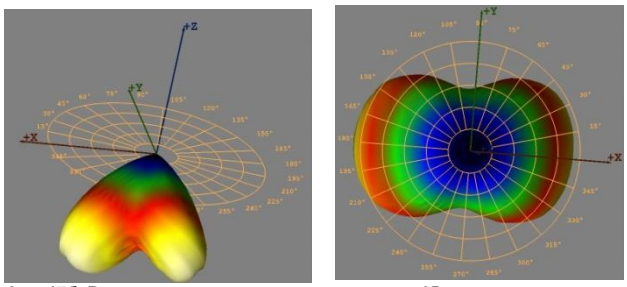


Фиг. 16. Визуализация на измерените данни

Измереното светлоразпределение се записва в текстов файл в стандартен формат. Данните се визуализират и в полярна диаграма(фиг. 17).



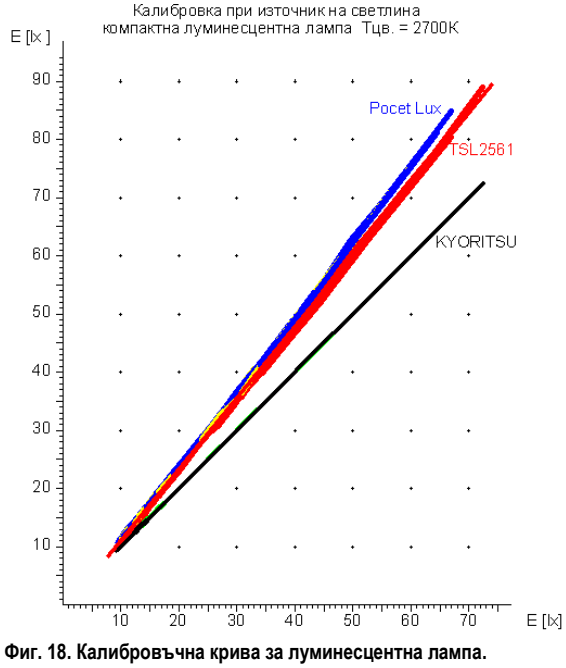
Фиг. 17а. Светлоразпределение в полярни координати



Фиг. 17б. Визуализация на измерените данни в 3D

След приключване на измерването програмата може да генерира протокол с резултати от изпитванията.

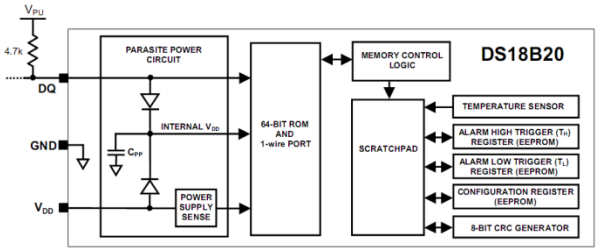
Конструирането на гониофотометър с голям брой приемници има и своите неудобства – всеки фотоприемник трябва да се калибрира индивидуално. За да се изследва как зависи чувствителността на цифровите фотоприемници в зависимост от различните източници на светлина е направено съответно изследване. За луминесцентна лампа с цветна температура 2700K, резултатите за 5 сензора са показани на фиг. 18. Забелязва се много добра линейност и съвпадение на резултатите с луксметъра PocetLux, за който има калибировъчно свидетелство. Аналогични изследвания са проведени за още 5 източника на светлина. От голям брой изследвани сензори се установява много добра повтаряемост на измерените стойности. Изследвано е и влиянието на температурата върху точността на измерванията като сензорите са изпитвани при 0°C и 30°C. Установено е че показанията не се влияят от промяна на външната температура в тези граници. От получените резултати за всеки сензор е съставена калибровъчен коефициент записан в програмата за управление.



Фиг. 18. Калибровъчна крива за луминесцентна лампа.

Всеки осветител е конструиран да подържа определена температура в отделни точки на корпуса. При луминесцентните лампи светлинния поток се задава при температура на луминофора 25°C или 35°C. Контролирането на температурата е особено необходимо при измерване на светодиодни осветители, тъй-като живота на

светодиодите и светлинния им поток зависят силно от температурата на прехода. Индиректно тази температура се контролира чрез измерване на температурата на осветителя в определени точки. В настоящият гонио-фотометър е изградена система за многоканално измерване на температурата. Използвани са сензори тип DS18B20. Широко разпространената микросхема на цифров термометър [10] осигурява измерване на температурата в диапазона -55 ÷ +125°C с точност 0.5°C. С помощта на софтуерна интерполация точността може да се подобри на 0.1°C. Най-голямото предимство на този сензор е че той е заводски калибриран и е гарантирана точност ±0.5°C в диапазона –10 ÷ +85°C. Вътрешната структура на сензора е показана на фиг. 19. Сензорът е монтиран в корпус TO-92.

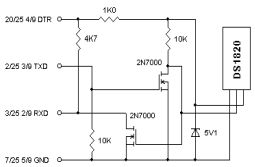


Фиг. 19. Вътрешна структура на термосензора

Всеки сензор тип DS18B20 има уникален 64-битов номер, записан с помощта на лазер в процеса на производството.

Предаването на данните се извършва с помощта на 1-проводен интерфейс (1-Wire™) на фирмата DALLAS. На базата на този интерфейс фирата е създала мрежа наречена microLAN (или µLAN) [11].

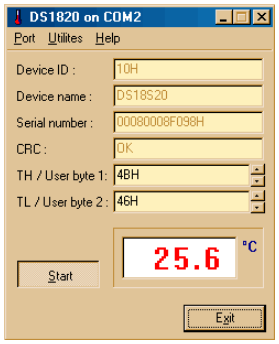
Включването на сензорите се извършва по магистрала към серийния порт на компютъра с помощта на адаптор (фиг. 20).



Фиг. 20. Външен вид и схема на адаптора

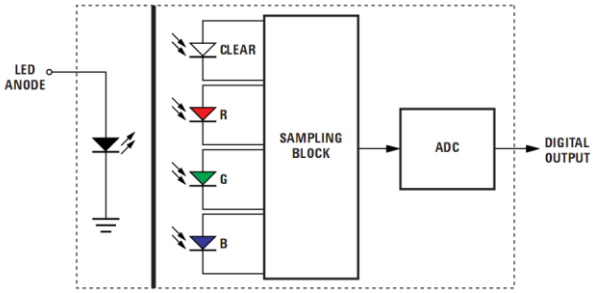
От изхода на адаптора по една и съща магистрала от 3 (2) проводника могат да се свържат голям брой такива температурни сензори. Разпознаването на всеки сензор се извършва софтуерно по неговия сериен номер (фиг. 21).

Визуализацията на температурата от всеки датчик е показана на фиг. 21. За получаването и обработката на измерените стойности е създаден подходящ софтуер написани на DELPHI и интегриран с процедурите за измерване на интензитет на светлината..

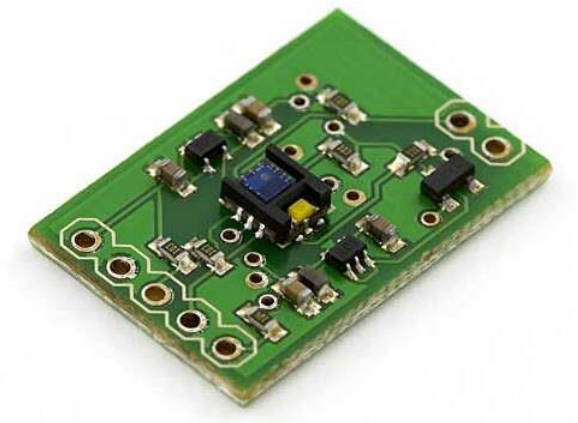


Фиг. 21. Показания на отделните температурни сензори.

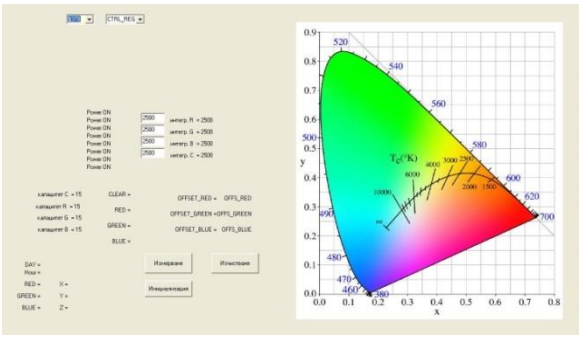
Цветните координати и цветната температура на излъчената от осветителя светлина е параметър, който също трябва да се измерва. До скоро за тази цел се използваха скъпи и сложни уреди. Развитието на технологиите позволи създаването на сензор за различаване на цветове и ниво на осветеност. Такъв сензор е ADJD-S371 [13]. Той долавя и най-малките разлики между различните цветове. Състои се от четири фотоприемника с различна спектрална чувствителност и аналого-цифров преобразувател (фиг. 22а). На фиг. 22б е показана платката на сензора. Комуникацията с устройството се осъществява чрез стандартна, двупроводна линия по I²C серийна шина. Изходният сигнал е в цветната система RGB. Преобразуването в цветната X Y координатна система се извършва чрез преобразуванията на CIE 1934. За управление и четене на RGB сензора беше разработен програмен модул към програмата на гониофотометъра. На фиг. 23 е показан екрана визуализиращ цветните координати.



Фиг. 22а. Вътрешна структура на RGB сензора ADJD-S371



Фиг. 22б. Външен вид и платка на RGB сензора



Фиг. 23. Екран визуализиращ цветните координати

За да се контролират електрическите параметри на осветителите по време на измерването се използва лабораторния измервател на мощност НМ-8115-2 (фиг.

24). Той позволява измерването на напрежение, ток, активна и реактивна мощност, като управлението на уреда може да се извърши от компютър и резултатите да се получат по вградения интерфейс [14].

За четене на горните параметри беше разработен програмен модул към програмата на гониофотометъра. Измерването на електрическите величини се извършва за всеки ъгъл в C-равнината. По принцип би трябвало тези параметри да не се променят, но е възможно захранващото напрежение да се разколебае или да не е преминъл преходния процес по влизането в установения топлинен режим на осветителя. Ако има големи отклонения от средните стойности, то това е индикация че осветителят трябва да се измери още веднъж.

Фиг. 24. Измервател на мощност HM-8115-2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Създаденият в лабораторията "Осветителна техника" при МГУ „Св. Иван Рилски" гониофотометър е предназначен за бързо заснемане на светлоразпределение на светодиодни осветители, както и осветители с линейни размери по-малки от 60 сантиметра.

Използваният принцип на заснемане на светлоразпределението в равнината **γ** чрез едновременната работа на 39 светлинни сензора позволява експресно заснемане на светлоразпределението на осветителя за време около 40 минути при стъпка на ъглите на измерване съответно 2.5 градуса в **γ**-равнината и 5 градуса за **C**-равнината.

Гониофотометърът може да се монтира в помещение с малки размери.

За включване на външните устройства – фото и топлинни сензори не се изисква допълнителен хардуер. Използва се паралелния и серийния порт на компютъра.

Разработен е софтуер, който упправлява и чете всички сензори и устройства. Резултатите се визуализират веднага под форма на графики или графични изображения. След измерването се генерира автоматично протокол от изпитанията.

Всичко това е възможно чрез използване на съвременни високотехнологични сензори включващи в себе си 16 разрядни аналого-цифрови преобразуватели и вградени интерфейсни схеми за комуникация по стандартен протокол.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Велинов К. Гониофотометър за експресно измерване на светодиодни осветители, XIV Национална конференция с международно участие BulLight / България Светлина 2010,10 – 12 Юни 2010, Варна, България.

[2] БДС EN 13032-1,2:2005, Светлина и осветление. Измерване и представяне на фотометрични данни на лампи и осветители.

[3] Peter Marx, Neue Goniophotometer für lichttechnische Laboratorien, LICHT 7-8, 97.

[4] Marx P u. Strung K.: Ein modernes computergesteuertes Drehspiegel-System, LICHT 11/81.

[5] DIN 5032-7, Klassenleitung von Beleuchtungsstarke und Leuchtdichtemessgeraten, Lichtmessung, 1999

[6] http://www.ptb.de/de/publikationen/jahresberichte/jb2001/bilder/04_3_Goniophotometer.gif

[7] http://www.technoteam.de/products/near_field_goniophotometer/index_eng.html

[8] Texas Advanced Optoelectronic Solutions Inc., TSL2561, LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER

[9] http://lz4gv.my.contact.bg/Module_TSL2561T_files/TSL2561_sch.pdf

[10] Dalas semiconductor, MAXIM, DS18B20, Programmable Resolution, 1-Wire Digital Termometer.

[11] Dalas semiconductor, MAXIM, Руководство по применению AN155

[12] http://www.optronik.de/Goniophotometer.pdf

[13] ADJD-S371-QR999 Miniature Surface-Mount RGB Digital Color Sensor Module, www.avagotech.com

[14] Hameg HM8115-2, Programmable AC Power Meter, http://www.testequipmentdepot.com/hameg/powersupplies/hm81152.htm

Препоръчана за публикуване от катедра „Електрификация на минното производство", МЕМФ

ВЪЗМОЖНОСТИ НА КОНЦЕПЦИЯТА ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ГИС ПРИ УПРАВЛЕНИЕ И ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА УЛИЧНОТО ОСВЕТЛЕНИЕ

Красимир Велинов[1], Ради Пипев[2]

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София
[1] candela@mail.bg
[2] radi.pipev@mail.bg

РЕЗЮМЕ. В доклада е разгледана възможността за експлоатация на уличното осветление да се използва географска информационна система.

POSSIBILITIES OF THE CONCEPT OF THE USE OF GIS FOR MANAGEMENT AND OPERATION OF STREET LIGHTING

Krassimir Velinov [1], Radi Pipev [2]
[1] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia,candela@mail.bg
[2] Faculty of Mining Electro-mechanics, Department of Electrification of Mining Production,radi.pipev@mail.bg

ABSTRACT: The report examined the possibility of operating streetlights to use geographic information system

ВЪВЕДЕНИЕ

Основна задача на проектиране и експлоатацията на уличните осветителни уредби (УОУ) е осигуряването на заложените проектни показатели за целия период на експлоатация. По този начин чрез светлината се гарантира за всеки момент от времето на работа на УОУ необходимата безопасност на движението на превозните средства и комфорт на пешеходците За да се осъществи тази задача трябва да се изпълнят следните условия:

1. Правилно проектиране на УОУ;
2. Грамотно изпълнение, отговарящо на проектирането и заложените елементи;
3. Добра и ефективна експлоатация.

Всяка от тези задачи сама по себе си е сложна, изисква време и ресурси за нейното решаване.

По-долу ще се разгледат проблемите и пътищата за решаване на горните задачи.

ПРОЕКТИРАНЕ

Правилната проектирана УОУ е предпоставка за последващите добро изпълнение на тази уредба и удобната й експлоатация.

За да бъде една УОУ проектирана правилно, по време на проектирането следва да се изисква:

- УОУ да отговаря на действащите българска нормативна уредба и европейски директиви;
- УОУ да отговаря на действащите основни стандарти в областта на външното осветление – БДС EN 13201:2005 – Части 1 и 2, както и БДС EN 12464:2007 – Част 2 и на някои основни публикации на МКО (CIE) в областта на УО – CIE 115:2010, CIE 136:2000 и CIE 154:2003;
- Да се съблюдават принципите за енергийна ефективност в областта на УО, заложени в проектостандарта prEN 13201 – Част 5;
- Да се прилагат доказали се добри практики в областта на УО;
- Да се следват съвременните тенденции на развитие в областта на УО;
- Използване на утвърдени и постоянно развиващи се софтуерни продукти за светлотехнически изчисления;
- Използване на съвременни ГИС с възможности за проектиране на УОУ.

ИЗПЪЛНЕНИЕ

Изграждането на една нова улична осветителна уредба обикновено е свързано със следните операции:

- Трасиране на кабелната мрежа и местата на стълбовете;
- Изправяне на стълбове;
- Направа на изкопи за тръбната мрежа;

- Направа на шахти;
- Направа на тръбна мрежа и полагане на кабели;
- Извършване на изпитания и съставяне на протоколи и актове;
- Изготвяне на наряди и разходни норми;
- Вписване на направените промени в кадастъра.

Както в процеса на проектиране, така и при монтажните работи се сблъскваме със следния проблем: В условията на градската среда трасето на мрежата за улично осветление се пресича с останалите подземни съоръжения – водопровод, канализация, мрежа на електрозахранването, газификация, съобщителни кабели, топлофикация и др. Въпреки че съответните съоръжения минават по определени трасета на различни отстояния и дълбочина на полагане по улицата, при промяна на градоустройствените планове и преместване оста на улицата много често се случва някои от тези съоръжения да минават в непозволени за тях зони. Изход от това положение е съоръженията на всяко ведомство да бъдат маркирани с техните геодезични координати и вписани в подземния кадастър. Актуалното състояние на тези данни трябва да бъдат предоставени на останалите ведомства, изграждащи и поддържащи подземните съоръжения. В момента има нежелание тази информация да бъде достъпна за други. Причина за това са криворазбрана защита на ведомствените интереси, нежелание да се видят от всички грешките в монтажа на съоръженията и не на последно място желанието от страна на чиновниците да монополизират тази информация с произтичащите от това облаги.

Изход от това състояние е регламентиране на държавно ниво в паспорта на подземните съоръжения да се вписват техните геодезични координати и те да се съхраняват и в подземния кадастър на населеното място. Тези данни да бъдат достъпни за всички участници в инвестиционния процес. От друга страна съответните организации трябва да въведат такива мерки, че да използват кадастралните данни в своята ежедневна работа. Докато не стане това ще бъдем свидетели как примерно при разкопки за ремонт на пробит водопровод се късат кабели или обратното.

ЕКСПЛОАТАЦИЯ

Основните задачи при експлоатация на уличните осветителни уредби (УОУ) са следните [8]:

– Поддържане на светлотехническите показатели на УОУ чрез своевременната подмяна на дефектиралите елементи и чрез редовно почистване на осветителите;

– Осигуряване на точното време за включване и изключване на уличното осветление;

– Изпълнение на неотложни работи по ликвидиране на внезапни аварии;

– Ежемесечно отчитане и анализ на разходите за електроенергия и реализиране на програми за икономия на електроенергия от УОУ;

– Реконструкция на морално и физически остарели УОУ;

– Периодическо измерване на нивото на напрежение и токовете в характерни контролни точки.

– Приемане и въвеждане в експлоатация на нови УОУ;

– Утилизация на излизащите от употреба компоненти – лампи, ПРА, осветителни тела и др.

В момента при експлоатацията на уличното осветление се използват системи със сравнително ограничени възможности. Най-добрите от тях позволяват включването и изключването на осветлението да се извършва чрез GPRS връзка. Някои от тях каквито са системите в градовете Кьолн и Осло позволяват да се получи и обратната информация за състоянието на осветителната уредба [10]. Горните системи обаче не ползват геодезически координати на съоръженията. Те не дават и препоръки по какъв начин да се експлоатира осветителната уредба, така че експлоатационните разходи да бъдат минимални.

СЕГАШНО СЪСТОЯНИЕ

Захранването на уличното осветление (УО) в България се осъществява от мрежа отделна от комуналната, захранвана от отделни табла за УО (Т-УО). Самите Т-УО се захранват от близки трафопостове. От всяко Т-УО излизат няколко клонове /токови кръга/ за УО. Един средно голям град има около 100÷150 Т-УО захранващи 3000÷4000 улични осветители и експлоатацията на УО изисква значителни усилия, ако се използват традиционните средства.

В момента в България има монтирани около 1 млн осветители, захранвани от приблизително 50 хил. касетки. Инсталираната мощност на УОУ е 100 MW. Годишният разход на електроенергия е от порядъка на 420 хил. MWh. Разходите на годишна база за електроенергия на уличното осветление за страната са в размер на 60 – 80 млн. лева.

Управлението на уличното осветление в гр. София е изградено на базата на радиоканално управление. С помощта на един или няколко предавателя се излъчват управляващи кодове, които се приемат от радиоприемници в таблата за улично осветление. От около общо 1900 касетки, 500 са снабдени с радиоприемници. Връзката при тази система е еднопосочна – от предавателя към приемниците. При нея не може да се получи информация за състоянието на елементите захранвани от съответната касетка. Тази система е в действие от 80-те години на миналия век. За времето си тя е била съвременна, но сега технологиите са се придвижили доста напред и дават нови възможности.

Изхождайки от горните изисквания, програмен колектив в състав доценти, докторанти и студенти от Технически университет – София, МГУ „Св. Иван Рилски“ и фирма „УНИКОМ МИКРОСИСТЕМИ“ ЕООД, създаде съвместна система за управление и експлоатация на УОУ.

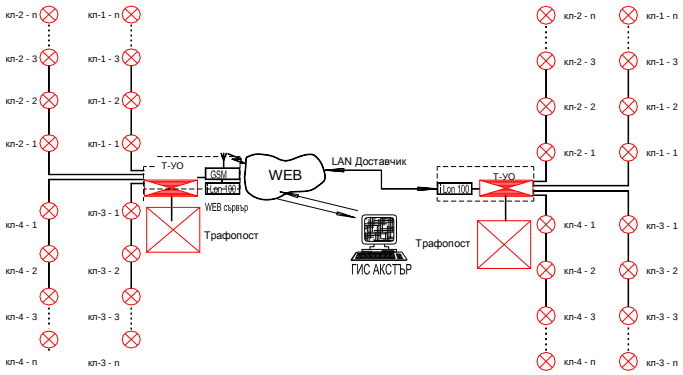
Тя представлява съвкупност от географска информационна система и набор от хардуерни средства – WEB контролери, GSM модеми и електромери, монтирани

в Т-УО. Чрез нея могат да се управляват ежедневно протичащите технологични процеси и да се облекчи и автоматизира труда на специалистите по експлоатацията на УОУ [1-7].

НОВА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА УПРАВЛЕНИЕ, КОНТРОЛ И ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА УЛИЧНОТО ОСВЕТЛЕНИЕ

В конкретния случай се използва система за командване на УО и събиране на информация за състоянието на режима на работа на отделните клонове за УО чрез WEB контролери монтирани в Т-УО и свързани към GSM/GPRS устройства. Всеки контролер може да командва самостоятелно по зададена програма или по сигнал от диспечерски пункт включването на отделните клонове в Т-УО и да получава информация чрез токови измерватели за състоянието на съоръженията. Записват се товарите в отделните клонове и информацията се предава обратно в диспечерския пункт чрез GSM/GPRS устройства. Текущата информацията може да сигнализира за повреди в електрическата инсталация или за кражби на електроенергия.

На фиг. 1. е показано схематично управлението и контрола на уличното осветление захранвано от две Табла-УО. Командването на Т-УО се извършва от контролер чрез управлението на контакторите в съществуващото Т-УО.



Фиг. 1. Предаване на данни и команди чрез GSM и LAN връзка

За предаването на данни се използва стандартен за Internet средата TCP/IP протокол. Връзката на контролера с Internet може да се осъществи по два начина:

- чрез специализиран модул за системата LonWorks, представляващ GSM със стандартна SIM карта;

- чрез съществуваща в града LAN мрежа.

ВЪЗМОЖНОСТИ НА ГИС „АКСТЪР - УЛИЧНО ОСВЕТЛЕНИЕ”

Предлаганата софтуерна система ГИС **„АКСТЪР - Улично осветление”** осигурява следните възможности**:**

1. Потребителят получава лицензно чист програмен продукт - геоинформационна система, която позволява да се въведат и пространствено да се привържат данните за характеристиките на проводите и съоръженията на обслужващото предприятие за улично осветление. Кадастъра на населеното място трябва да бъде във векторен формат, но може да се работи и върху растерен формат.

2. С нейна помощ потребителят може да създаде цифров модел на елементите на уличното осветление и подземен кадастър на кабелната мрежа.

3. Програмната система е отворена и може да бъде свързвана с други аналогични системи или да бъдат добавяни нови функции, даващи възможност за допълнителни справки, изчисления или функции за диспечеризиране.

4. Програмните модули могат да бъдат използвани за анализи и вземане на управленчески решения, както и за очитане и контрол на изпълнение на тези решения.

5. Комуникира във Internet среда по TCP/IP протокол с контролерите монтирани в Табло-УО като изпраща команди за включване и изключване на отделни клонове от осветители захранвани от Табло-УО, получава обратна информация за натоварването на отделните клонове, товаров график за всеки клон в Табло-УО, като алармира за изгорели лампи, аварийни състояния в електрическата мрежа или опити за кражба на ел. енергия.

По-важни задачи, които системата за управление решава са:

– Поддържане на необходимия набор от линейни и точкови условни знаци за визуализация на елементите и съоръженията на уличното осветление.

– Поддържане на база данни за характеристики и паспорти на горните съоръжения.

– Извеждане на планове с означения на трасетата на кабелната мрежа и елементите и в съответния мащаб.

– Извеждане на списък с определени данни на група от елементи на кабелната мрежа.

– Изчислява загубите на напрежение в нормален и авариен режим.

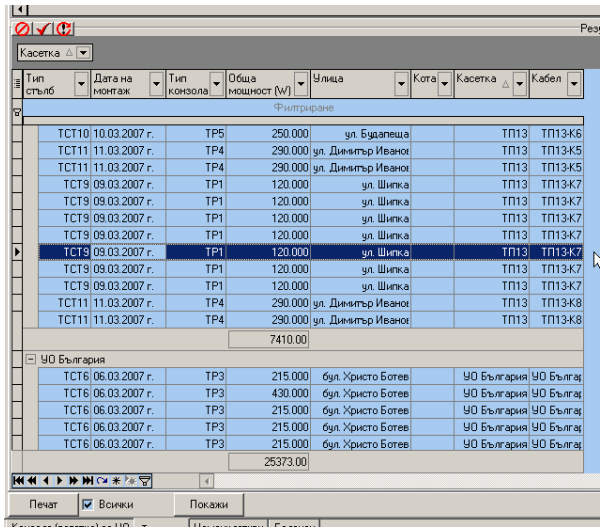
– Изчислява разпределението на яркостта в зоната на посочено Т-УО.

– Посочва състоянието на осветителите и напомня за подмяна на лампите.

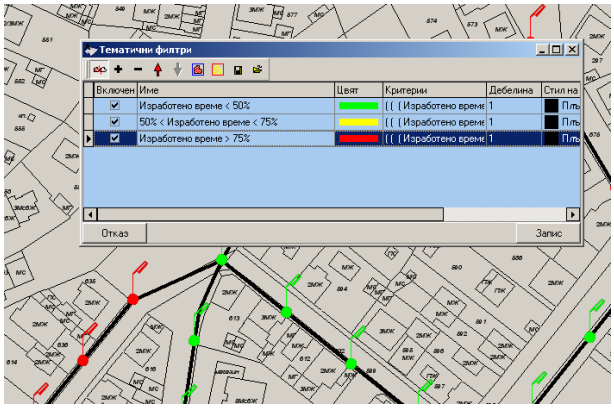
– Отчита разхода на енергия, анализира включената мощност и сигнализира за изгорели лампи, частично късо или непозволени присъединявания на консуматори.

На фигури 2÷5 са показани чрез снимка на екрана на компютъра типични моменти от работата с програмния продукт АКСТЪР- УО, илюстриращи горните възможности.

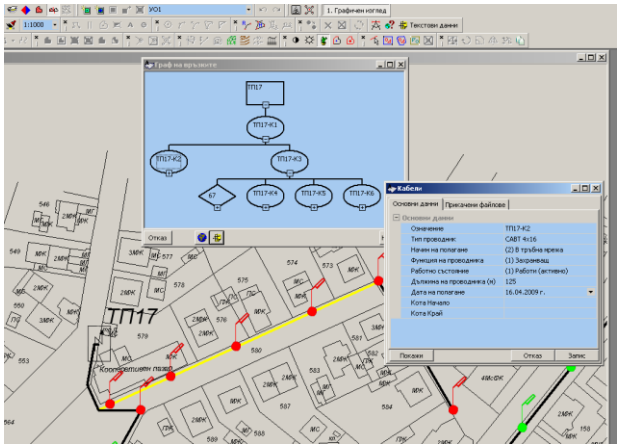
Системата работи под Windows. За обработка кадастралните данни за голям град е необходимо използването на процесор с тактова честота > 1GHz. Обема на съответните данни е от порядъка на 100 MB.



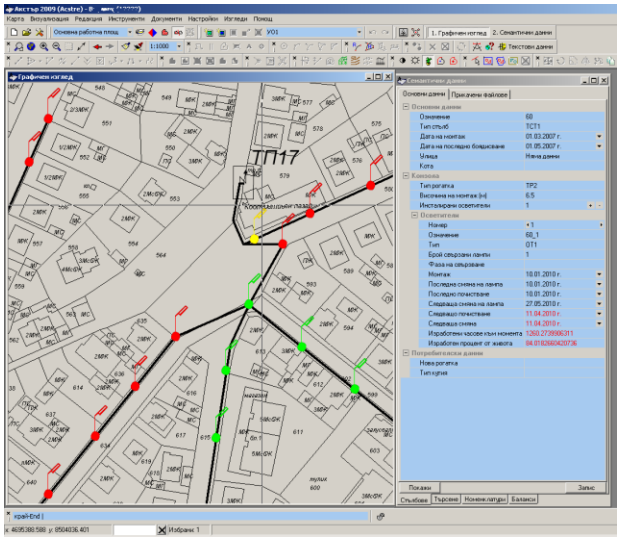
Фиг. 2. Данни за група Табло-УО (касетки)



Фиг. 3. Справка за времето на светене на група осветители



Фиг. 4. Структура на кабелното захранване



Фиг. 5. Справка за посочен стълб и осветител

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблемите по проектиране, управление, контрол и експлоатация на уличното осветление е целесъобразно да се решава чрез приложения реализирани на базата на географска информационна система. Предлаганата ГИС АКСТЪР- УО представлява съвкупност от географска информационна система и набор от хардуерни средства – WEB контролери, GSM модеми и електромери, монтирани в таблата за улично осветление. Тя решава успешно разглежданите проблеми

ЛИТЕРАТУРА

[1] Велинов Кр., М. Аладжем, Компютърно проектиране на улични осветителни уредби, Сборник с доклади на Първа Балканска конференция по осветление BALKANLIGHT'99 "Енергийно-ефективно, екологично и ергономично осветление" 6-8 Октомври 1999 год. МДУ"Ф.Ж.Кюри", Св.Св. Константин и Елена, Варна, стр. 71-76.

[2] Велинов Кр., Н. Сахатчиев "Приложение на географска информационна система АКСТЪР за проектиране на улично осветление", Сборник с доклади на I-ва Балканска младежка конференция по осветление

Balkan Light Junior 2000, 15-16 Юни, МДУ “Ф. Ж. Кюри”, Курорт “Св. Св. Константин и Елена” , стр. 85-94.

[3] Аладжем М., Красимир Велинов, Възможности на ГИС АКСТЪР в експлоатация на електрическите съоръжения. “Европейска мрежа за интеграция на възобновяеми енергийни източници и разпределено енергопроизводство” - Национален семинар, 29.04.04

[4] Велинов Кр. М. Маринов, Н. Тасев, П. Капраляков, ВЪЗМОЖНОСТИ НА ГИС АКСТЪР В ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА УЛИЧНОТО ОСВЕТЛЕНИЕ Сборник с доклади на XII Национална конференция по осветление с международно участие Осветление’2004, 15 – 17 Юни 2004, Международен дом на учените „Ф. Ж. Кюри", Варна, България, стр. 67

[5] Велинов Кр., О. Кишкилов, Приложение на технологията LONWORKS за управление и контрол на осветителни уредби, Сборник с доклади на XIII Национална конференция по осветление с международно участие Осветление’2007, 10 – 12 Юни 2007, Международен дом на учените „Ф. Ж. Кюри", Варна, България, стр. 73-78.

[6] Велинов Кр., Я. Рубенов, Приложение на ГИС АКСТЪР в експлоатация на уличното осветление на гр. Благоевград, Сборник с доклади на XIII Национална конференция по осветление с международно участие Осветление’2007, 10 – 12 Юни 2007, Международен дом на учените „Ф. Ж. Кюри", Варна, България.

[7] Velinov Kr. Pipev R. Rubenov Y. Maintenance, management and control of Street-lighting systems with ACSTRE Street-Lighting Geographic Information System, LuxJunior 2009, 9. Internationales Forum fur den lichttechnischen Nachwuchs 25 bis 27.09.2009, Dornfeld/Ilmenau.

[8] Василев Хр., Кр. Велинов, Оптимално проектиране и експлоатация на улични осветителни уредби по критерий нетна сегашна стойност сп. Пътища 2/2008 г.

[9] Велинов Кр., Р. Пипев, О. Кишкилов, Я. Рубенов. Нова система за управление и експлоатация на уличното осветление. Сборник с доклади от XIV Национална конференция с международно участие BulLight/БългарияСветлина 2010, 10-12 Юни 2010, МДУ „Фр. Ж. Кюри“, к.к. „Св. Св. Константин и Елена“, гр. Варна, България.

[10] Пипев Р., Велинов К. ‚АНАЛИЗ НА СИСТЕМИТЕ ЗА УПРАВЛЕНИЕ И ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА УЛИЧНИТЕ ОСВЕТИТЕЛНИ УРЕДБИ (СУЕ-УОУ). Годишник на МГУ “Св. Иван Рилски”, 2010 г. том 53, свитък III : Механизация, електрификация и автоматизация на мините

Препоръчана за публикуване от катедра „Електрификация на минното производство”, МЕМФ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПЛАВАЩА ПОМПЕНА УРЕДБА „БЕНКОВСКИ №3 НА „ЕЛАЦИТЕ-МЕД” АД

Румен Исталиянов[1], Георги Велев[2]

[1] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail rgi@mgu.bg
[2]Технически университет, Габрово

РЕЗЮМЕ. В доклада са показани резултати от експериментално изследване на плаваща помпена уредба на открит рудник в експлоатация.

EXPERIMENTAL STUDY OF FLOATING PUMP SYSTEM "BENKOVSKI № 3 OF"Elatsite-MED"Ltd

Rumen Istalianov [1], Georgi Velev

[1] University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1700 Sofia, e-mail rgi@mgu.bg
[2]TU-Gabrovo

ABSTRACT. The publication contains results of experimental study having object the main floating pump system in open pit mine in exploitation.
Keywords: main pump installation, open pit mine, experimental study, energy efficiency.

Въведение

Конструктивно плаващата помпена уредба представлява понтона система, която е закотвена до брега.. Над понтона е изградена метална сграда в която е разположена помпената уредба. “ППУ” изпомпва водата от хвостохранилището за повторното и използване в технологичния процес на обогатителната фабрика. Диаметърът на напорния тръбопровод е 1000 mm, дължина 200 m и излива водата в водонапорна кула. От водонапорната кула водата по гравитационен път се влива в басейн с обем 2000 m^3 за оборотна вода на помпена станция „Мирково” .

Плаваща помпена уредба „Бенковски №3 е оборудвана с три броя помпи и един напорен тръбопровод. Основните технически данни на уредбата са показани в таблица 1,2,3.

таблица 1

Помпа, тип	300 LNE-550B
Мощност, kW	550
Напор, m	93
Дебит, m^3/h	1900
К.п.д., %	71
Честота на въртене, n^{-1}	1475
Двигател, тип	A400-Y-A
Мощност, kW	630
Напрежение, kV	6
Ток, A	73,5
Фактор на мощност	0,87
К.п.д., %	94,9

таблица 2

№	Наименование на изходните данни	Означение	Числена стойност
1	Напор	$H_г$	90 m
2	Необходимото количество вода за обогатителния процес	$Q_{нор.}$	2200 m^3/h
3	Минимално количество вода за обогатителния процес	$Q_{max.}$	1600 m^3/h
4	Обемно тегло на рудничната вода	ρ	1010 kg/m^3
5	Работни дни в годината	T	365
6.	Режим на работа	3 смени	8 часа

таблица 3

Елементи	Брой, дължина 6 m
Смукателен тръбопровод	
вътрешен диаметър	800
външен диаметър	816
дебелина на стената	8
Смукателна решетка	1
Конусен преходник	1
Ъглови колена (45^0)	2
Закръглени колена (90^0)	1

Нагнетателен тръбопровод	6 m
вътрешен диаметър	400
външен диаметър	420
дебелина на стената	10
Спирателни кранове с електрозадвижване	1
Обратни клапани	1
Ъглови колена (45⁰)	2
Закръглени колена (90⁰)	2
Конусен преходник	1
Нагнетателен тръбопровод	22 m
вътрешен диаметър	600
външен диаметър	620
дебелина на стената	10
Спирателни кранове с електрозадвижване	1
Ъглови колена (45⁰)	2
Закръглени колена (90⁰)	1
Тройник (при право движение)	1
Тройник (в отклонение)	1
Конусен преходник	1
Нагнетателен тръбопровод	200 m
вътрешен диаметър	1000
външен диаметър	1020
дебелина на стената	10
Закръглени колена (90⁰)	2
Тройник (в отклонение)	1
Конусен преходник	1

Теоретично определяне на производителността и напора на помпата

За теоретичното определяне на производителността и напора създаван от помпата е използвана методиката описана в[1,4].

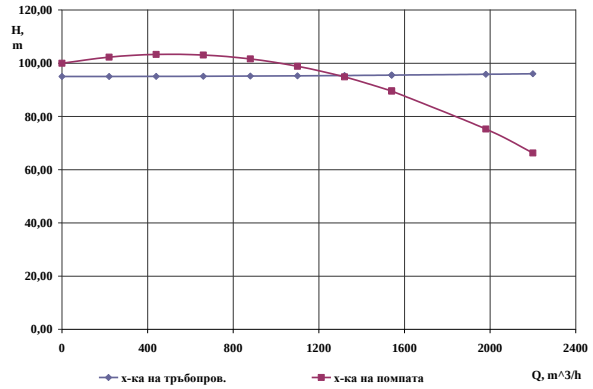
Резултатите от изчисленията

Характеристиките на тръбопровода и помпата са показана в табл. 4.

таблица 4

Q	(m^3/h)	0,0	220	660	880
$H_{тр}$	m	95,0	95,0	95,1	95,2
$H_{п}$	m	100,0	102,3	103,1	101,6
Q	1320	1540	1540	1980	2200
$H_{тр}$	95,4	95,5	95,5	95,8	96,0
$H_{п}$	94,8	89,6	89,6	75,3	66,2

Графичното представяне характеристиките на помпата и тръбопровода са са показани на фиг. 1
Теоретичният напор и производителност на помпата са:
$Q_{дейст.}$=1295 m^3/h;
$H_{дейст.}$=95,4 m
кпд на тръбопровода - ***$\eta_{тр}$=0,98***
кпд на помпата - ***$\eta_{па}$=0,72***
теоретична мощност - ***$P_{дв.}$=498 kW***



фиг.1

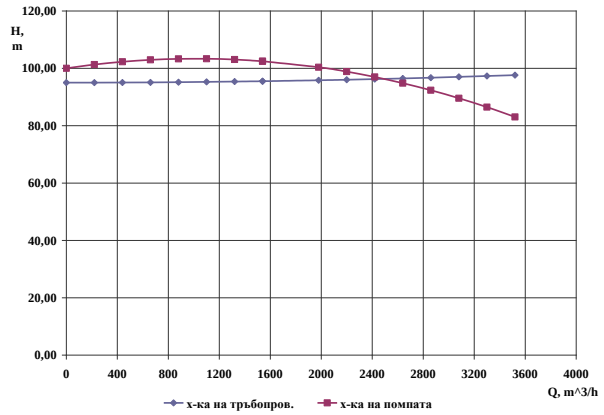
При работа на две паралелно включени помпи:
Характеристиката на помпата е показана в табл. 5
таблица 5

Q	(m^3/h)	0	220	660	880
$H_{тр}$	m	95,0	95,0	95,1	95,2
$H_{п}$	m	100	101	102	103
Q	1320	1540	1540	1980	2200
$H_{тр}$	95,4	95,5	95,5	95,8	96,0
$H_{п}$	103,1	102,5	102,5	100,4	98,8

Графичното представяне на характеристиките на помпите и тръбопровода са показани на фиг. 2

Теоретичният напор и производителност на помпата са:
$Q_{дейст.}$=2492 m^3/h;
$H_{дейст.}$=96,3 m
кпд на тръбопровода ***$\eta_{тр}$=0,98***
кпд на помпата ***$\eta_{па}$=0,71***
теоретична мощност ***$P_{дв.}$=996 kW***

С експлоатацията на хвостохранилището геодезическата височина се е променила и към момента на измерванията е 48 m.



фиг. 2

Характеристиките на тръбопровода и помпата работеща с пълната си производителност при тази геодезическата височина е показана на фигура 3.

Пресечната точка на двете характеристики е при напор ***53,3 m***, производителност ***2470 m³/h*** и кпд ***0,6***. Електрическата мощност е ***655 kW***.

Резултати от измерванията

За измерванията на електрическите величини е използван MULTIVER 3SN.

За измерване на неелектрическите величини напор, вакуум и дебит са използвани:

Манометър тип ВО 1227, обхват 0-10 MPa, клас на точност - ±0,3%

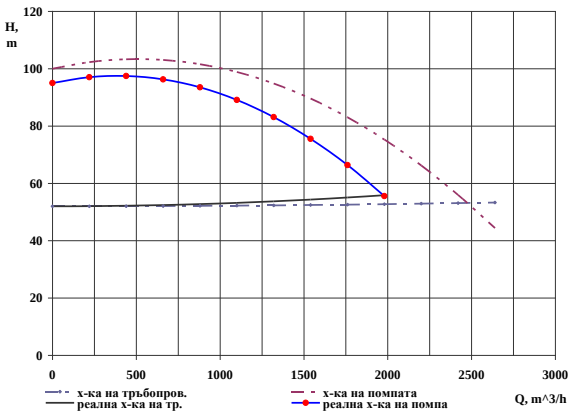
Електромагнитна потопяема сонда (е.п.с.) тип Aqua Probe MK2+ Aqua Master-S за измерване разхода на помпи, клас на точност-±2,0%. За присъединяването и е необходимо да се разполага с прав участък от напорния тръбопровод с дължина минимум 20 D. За присъединяване на е.п.с. е необходимо на напорния тръбопровод да бъде поставен сферичен кран 1".

Към момента на измерванията в непрекъсната работа са две помпи – една работеща с напълно отворен шибър и една с частично затворен шибър.

Характеристиката на помпата работеща с пълната си производителност при тази геодезическата височина (48 m) е показана на фигура 3.

Пресечната точка на двете характеристики е при напор 61 m, производителност 1950 m³/h. Електрическата мощност е 652 kW.

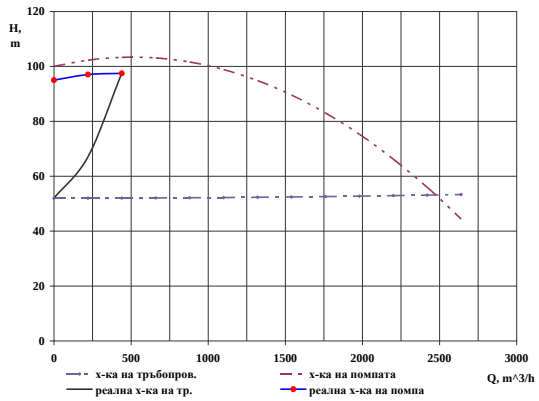
Характеристиката на помпата работеща с намалена производителност при тази геодезическата височина е показана на фигура 4.



Фиг. 3

Пресечната точка на двете характеристики е при напор 94 m, производителност 442 m³/h. Електрическата мощност е 348 kW.

На практика тази помпа добавя количеството вода до необходимото за технологичния процес т .е. 2200 m³/h – 1950 m³/h = 250 m³/h.



Фиг. 4

Действителният напор и производителност на помпите са показани в табл. 6

Табл. 6

показател	Една помпа		Две помпи	
	Теорет.	Действ.	№1	№2
Q, m³/h	***2470***	***1950***	***1950***	***442***
H, m	***53,3***	***61***	***61***	***94***
$\eta_{пу}$,	***0,55***	***0,41***	***0,41***	***0,18***
$\eta_{тр}$,	***0,98***	***0,82***	***0,82***	***0,53***
$\eta_{мр}$	***0,99***	***0,99***	***0,99***	***0,99***
$\eta_{дв}$	***0,94***	***0,94***	***0,94***	***0,8***
$\eta_{па}$,	***0,6***	***0,53***	***0,53***	***0,43***
$P_{изм}$, ***kW***	***655***	***652***	***652***	***348***
$Q_{ден}$, m^3	***52800***	***46800***	***46800***	***6000***
$T_{раб.ден}$, ***h***	***21,4***	***24***	***24***	***13,6***
E, kWh	***14063***	***15648***	***15648***	***4732***
№1+№2			***20380***	
$W_{деист}^{ел}$, ***Wh/m⁴***	***4,96***	***5,84***	***5,84***	***8,37***

Изводи

1. Изменението на характеристиката на центробежна помпа ***H=f(Q)*** и ***η=f(Q)*** в процеса на експлоатация се явяват една от основните причини за влошаване икономическите показатели на помпените уредби. Този отрицателен резултат поставя задачата за осигуряване на периодичен контрол на техническото състояние на помпените агрегати [2].

2. Основна част от помпените уредби, който се намират в експлоатация на минната промишленост не са обзаведени с контролно-измервателни прибори който да осигуряват информация за техническото състояние на помпените агрегати и приближаването на границата на допустимата област за икономична и ефективна работа [5].

3. В резултат на изпълнените измервания и получените резултати е установено, че ако се остави в експлоатация същото обзавеждане и не се замени с ново, имащо характеристики, близки до паспортните, то годишният

преразход на електроенергия на тази помпена уредба ще бъде повече от 2 мил.квтч.

4. Частично намаляване разхода на електроенергия може да се получи и при създаване на рационален график на работа без дроселно регулиране на втората помпа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исталиянов Р.Г., *Повишаване енергийната ефективност на помпени уредби в минната промишленост*, Дисерт. за получаване на образ. и научна степен „Доктор", 2010 г.
2. *Данаилов Д., Рационално използване на електроенергията в минните предприятия*, София, Техника, 1985
3. *Наредба № 3 за устройството на електрическите уредби и електро-проводните линии,* обнародвана в ДВ, бр. 90 и 91 от 2004 г.
4. Цветанов Цв., *Руднични вентилаторни и водоотливни уредби*, София, Авангард Прима, 2005.
5. Кърцелин Е.Р. и др., *Оценка на възможностите за повишаване енергийната ефективност на главни водоотливни уредби за подземни рудници*, Год. на МГУ „Св. Ив. Рилски", Том 49, св. III, 2006 г., стр. 143-148.

Препоръчана за публикуване от катедра „Електрификация на минното производство", МЕМФ

ESTIMATION ON THE SWITCHING LOSSES AT IGBT BRIDGES POWER CONVERTER

Goce Stefanov [1], Ljupco Karacinov[2] Dobri Cundev [1],

[1] *University Goce Delcev, Faculty of Electrical Engineering, 22 Octomber bb., Radovis, R. Macedonia, goce.stefanov@ugd.edu.mk, dobri.cundev@ugd.edu.mk*
[2] *University Sts. Cyril and Methodius, Faculty of Electrical Engineering, Karpos 2 bb., P. O. Box 574*, Skopje, *R. Macedonia, L.Karadzinov@ukim.edu.mk*

ABSTRACT. In the paper estimation on the switching losses at IGBT bridge converter with the output serial resonant load is given. The converter works on frequency higher than resonant frequency and supports the work of IGBT transistors in the bridge with zero voltage turn on. In the analysis of the converter, PowerSim and SemiSiel simulation programs is used. The results to the switching losses estimated by simulation are compared with the results in a practical realized converter.

Keywords: switching losses, IGBT transistors, full bridge converter.

ОЦЕНКА НА ЗАГУБИ ОД ВКЛЮЧВАНЕ НА IGBT МОСТЕН КОНВЕРТОР

Гоце Стефанов [1], Љупчо Карацинов[2] Добри Чундев[1]

[1] *Универзитет Гоце Делчев-Штип, e-mail goce.stefanov@ugd.edu.mk, dobri.cundev@ugd.edu.mk*

[2] *Универзитет Св.Кирил и Методиј-Скопје, e-mail L.Karadzinov@ukim.edu.mk*

РЕЗЮМЕ. В статията оценка на превключване загуби на IGBT мостен преобразувател с изходно сериен резонансен натоварване е дадено. Конверторът работи на честота по-висока от резонансната честота и подкрепя работата на IGBT транзистори в мост с нулево напрежение включите. В анализа на преобразувателя, PowerSim и SemiSiel симулационни програми, се използва. Резултатите на превключване загуби оценява чрез симулация се сравняват с резултатите на практика реализира конвертор.

.

1. Introduction

Generally, semiconductor switching devices operate in Hard Switch Mode in various types of PWM DC-DC converters and DC-AC inverter topology employed in a power system, [1], [2], [3]. In this mode, a specific current is turned on or off at a specific level of voltage whenever switching occurs, as shown in Fig. 1, [3].

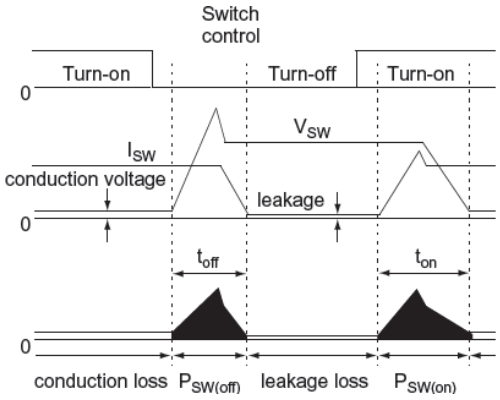


Fig. 1. Wave forms of a semiconductor switching device

This process results in switching loss. The higher the frequency the more the switching loss, which obstructs efforts o raise the frequency. Switching loss can be calculated in a simple way as:

$$P_{sw} = \frac{1}{2} V_{sw} I_{sw} f_s (t_{on} + t_{off}) \quad (1)$$

where,

P_{sw} - switching loss [W]
V_{sw} - switching voltage [V]
I_{sw} - switching current [A]
f_s - switching frequency [Hz]
t_{on} - switch turn-on time [s]
t_{off} - switch turn-off time [s]

Switching also causes an EMI problem, because a large amount of di/dt and dv/dt is generated in the process.

By raising the switching frequency, can reduce the size of a transformer and filter, which helps build a smaller and lighter converter with high power density, [3], [4], [5] [6], [7], [8]. But as presented earlier, switching loss undermines the efficiency of the entire power system in converting energy, as more losses are generated at a higher frequency. Switching loss can be partly avoided by connecting a simple snubber circuit parallel to the switching circuit. However, the total amount of switching loss generated in the system remains the same.

The loss avoided, has in fact, just moved to the snubber circuit. Higher energy conversion efficiency at high frequency switching can be obtained by manipulating the voltage or current at the moment of switching to become zero. This is called “Soft Switching”, which can be subcategorized into two methods: Zero-voltage switching and Zero-current switching. Zero-voltage switching refers to eliminating the turn-on switching loss by having the voltage of the switching circuit set to zero right before the circuit is turned on. Zero-current switching is to avoid the turn-off switching loss by allowing no current to flow through the circuit right before turning it off. The voltage or current administered to the switching circuit can be made zero by using the resonance created by an L-C resonant circuit. This topology is named a “resonant converter.” In Zero-current switching, the existing inductance is absorbed into the resonant circuit, eliminating the surge in voltage in a turn-off situation. A voltage surge resulting from an electric discharge of junction capacitance, which occurs upon turning on the switching circuit, cannot be avoided. This method has a defect of causing switching loss ($0.5CV^2f$). In full bridge serial resonant converter with switching frequency under resonant frequency the output current leads in terms of the output voltage, and this converter support operating of the switches with Zero-current switching (Zero-current turn off). But the transistor in one half bridge turn on in conditions when parallel diode of the other transistor in the same half is turn on. At this moment has stored charge of the diode. And this transistor turn on with a voltage, (non Zero-voltage turn on). Transistor turn-on transition is identical to hard switched, and switching loss occurs.

In full bridge serial resonant converter with switching frequency over resonant frequency the output current lagging in terms of the output voltage, and this converter support operating of the switches with Zero-voltage switching (Zero-voltage turn on). Zero-voltage switching, is free from such a defect by making both the existing inductance and capacitance to be absorbed by the resonant circuit. This eliminates any chance of causing a surge in current both at turn-off (caused by inductance) or turn-on (by capacitance) conditions. Zero-voltage switching enables switching with less loss while substantially reducing the problem of EMI at high frequency. This difference in features make Zero-voltage switching more desirable than Zero-current switching. This is reason for using the series resonant converter at work of the converter on the frequency over resonant frequency. And this topology support work of converter in mode of induction heating.

2. Estimation of the switching losses at power converter

A. Estimation of the switching losses in PowerSim program

To estimation in the switching losses of the semiconductor switches used topology on the full bridge IGBT converter with serial resonant circuit in PowerSim simulation program [9]. On the Fig. 2 a topology of the serial resonant converter is given. This converter work on switching frequency f_{sw}=6150Hz over resonant frequency f_0=6000Hz, [10]. That is ensure work in the switches in converter in conditions of Zero-voltage turn on, ZVS.

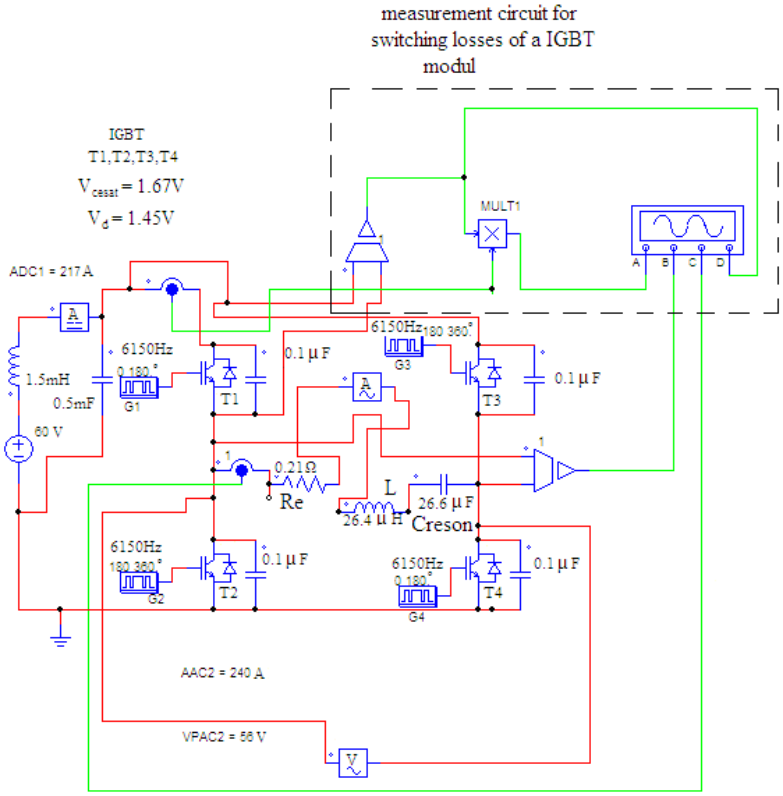


Fig. 2. Simulation circuit of the full bridge serial resonant power converter and circuit to mesaurement of the switching losses of a IGBT transistor in PowerSim simulation program

The values of the elements in the RCL circuit for resonant frequency is given in the Table 1, [10].

Table 1: Values of the elements in the RCL circuit for resonant frequency 6000Hz.

L (μH)	C_{reson} (μF)	$\|Z\|$ (Ω)	$I_m(Z)$ (Ω)	$R_e(Zind)$ (Ω)	f_o (kHz)
26.4	26.6	1.02	0.98	0.21	6

Also, in the Fig. 2 is given circuit for measurement of the switching losses of a IGBT transistor in the converter.

The work on the converter is simulation with IGBT transistor by V_{cesat}=1.67V and diode voltage V_F=1.45V. An IGBT consists of a transistor in anti-parallel with a diode. It is turned on when the gating is high and the switch is positively biased. It is turned off when the gating is low or the current drops to zero. In PowerSim program is not used system for cooling of the IGBT modules.

In the Fig. 3 is given the wave forms on the output voltage $u_{out}(t)$ and th output current $i_{out}(t)$ on the power converter to work over the resonance frequency. Fig. 3 shows that the output voltage lead before the output current to angle φ=3.5°.

In the Fig. 4 is given the wave forms on the voltage collector – emiter $U_{ce}(t)$, the collector current $i_c(t)$ and the power losses P_{Tz} on an IGBT transistor in the converter.

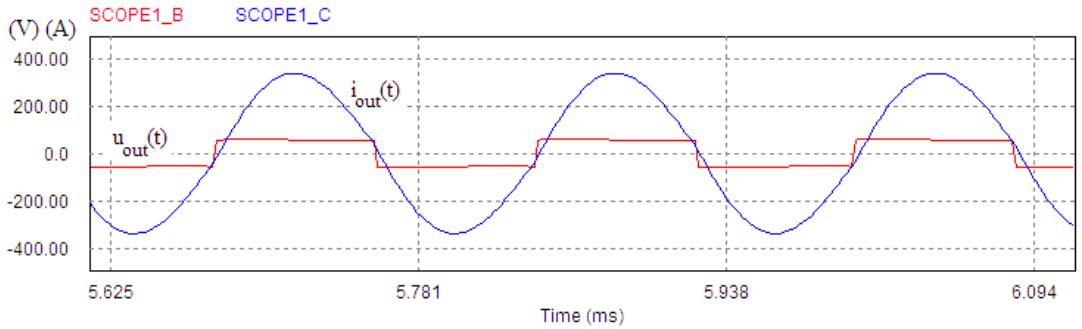


Fig. 3. Wave forms on the output voltage $u_{out}(t)$ and output current $i_{out}(t)$ for work of the power converter over resonant frequency

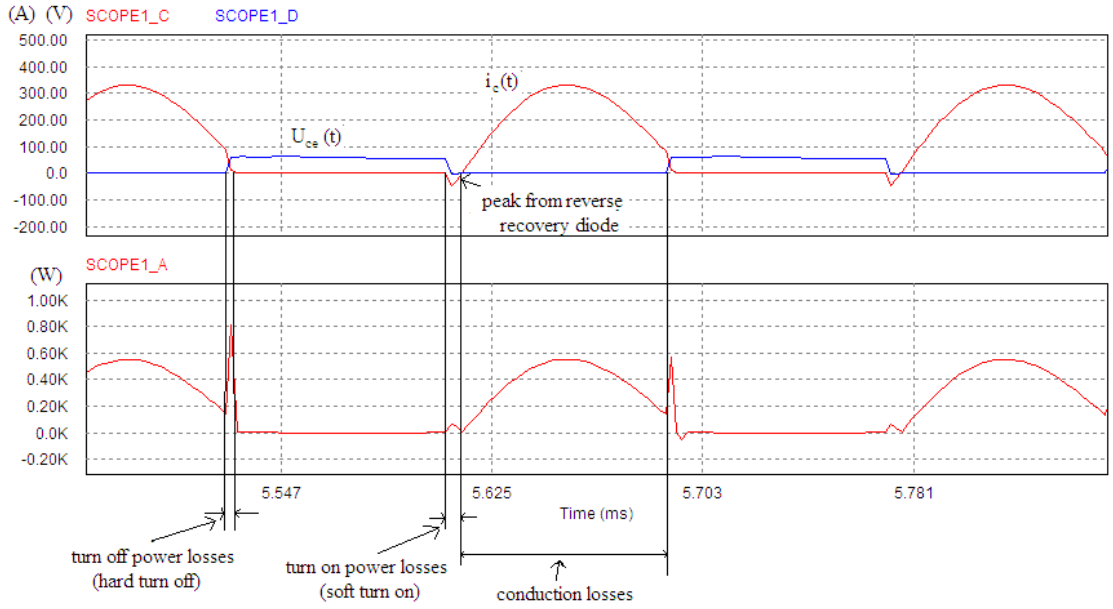


Fig. 4. Wave forms on the voltage collector – emiter $U_{ce}(t)$, the collector current $i_c(t)$ and the power losses P_{Tz} on an IGBT transistor in the converter

The Fig. 4 shows that the transistor is exposed to stress due the switching mode on work. Turn on power losses are insignificant. Turn off power loss are greater. Turn on is soft (transistor turn on when his parallel diode is turn on, and voltage on it is small). Due to reverse recovery diode (in turn on, the current is transferred from the diode to transistor) peak is occurs.

Transistor turn off hard (current flowing through it in the time of turn off). Also on the Fig. 4 are shows and conduction losses of the transistor.

Based to Fig. 4, in the Table 2 is given the semiconductor stress of who is exposed one of the transistors, power losses and switching power losses in a IGBT transistor.

Table 2: Semiconductor stress, power losses and switching power losses in a IGBT transistor

$U_{CE}(t)$ (V)		$i_c(t)$ (A)		P_{T_z} (W)		P_{Tsw} (W)	
max	average value	max	average value	max	average value	max	average value
62	35	330	104	800	195	750	10

From Table 2 is concludes:

- maximum transistor voltage collector emiter is 62V,
- maximum transistor collector current is 330A,
- the power losses to transistor module P_{T_Z} (transistor and diode) are 195W,
- total power losses on four IGBT transistor module in the converter (switching power losses and conduction losses) is 4x195=780W,
- switching power losses of a transistor (transistor and diode) P_{Tsw} is 10W. This power losses obtained from waves forms in the Fig. 4 when the voltage colector emiter into turn on state is 0V.

In the Table 3 is given the value on the magnitudes of the converter, obtained with simulation on the circuit in Fig. 2 in PowerSim program.

Table 3: Value on the parameters of the converter, obtained with simulation in PowerSim program

L (μH)	C_{reson} (μF)	R_e(Z) (Ω)	I_{outrms} (A)	U_{outrms} (V)	$S_{conv.}$ (kVA)	I_{DC} (A)	U_{DC} (V)	P_{DC} (kW)	P_R (kW)	$\eta_{conv.}$ (%)	P_{cz} (kW)
26.4	26.6	0.21	241	56.4	13.6	217	60	13.02	12.2	93	0.820

In the Table 3 the magnitudes is:

- $U_{outrms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u_{out}{}^2(t)dt} = U_{DC} - 2V_{cesatIGBT} =$, $= 60 - 3.34 = 56.4V$
- $P_R = I_{outrms}^2 R_e$ power on resistor load R_e,
- $P_{DC} = U_{DC} I_{DC}$ power on the DClink circuit,
- $\eta_{conv} = \frac{P_R}{P_{DC}} 100\%$ efficiency on the converter,
- $P_{cz} = P_{DC} - P_R$ total power losses of the converter.
- $P_{cz} / 4 = P_{T_Z} = 820/4 = 205W$ power losses to transistor module P_{Tz} (transistor and diode)

The values on the switching power losses in Table 2 are obtained by reading in the diagram of the wave form of the losses of Fig. 4. The values of the power losses in Table 3 are obtained by simulation in the circuit in Fig. 2. Can be concluded that the relative error in the difference of the estimation of the losses in both cases is:

$$\xi = \frac{|820 - 780|}{820} 100\% = 4.9\% \quad (2)$$

Dependence of losses of IGBT module with changing to the inductance

In the Table 4 is shows changes on the value of the inductance and the power losses in the converter, obtained with simulations.

Table 4: Change on the power losses to transistor module with changes of the inductance

$\frac{L}{L_{eo}}$	$L_{eo}(\mu H)$	$P_{T_{Z0}}(W)$	$\frac{P_{T_Z}}{P_{T_{Z0}}} 100\%$	$f_0(Hz)$	$\frac{f_o}{f_{eo}} 100\%$
1	26.4	195	100	6150	100
1.1	29	183	94	5863	95
1.2	31.7	173	89	5615	91
1.3	34.3	167	86	5403	88
1.4	37	158	81.5	5197	84.5
1.5	39.6	152	78.6	5027	82

Based on the results of the Table 4 may be the draft diagrams of the dependence of the frequency of changes on the inductance $f = F(L)$ and dependence of the power losses of IGBT module of the frequency $P_{Tz} = F(f)$. On the Fig. 5 a is given dependence on $f = F(L)$.

The Fig. 5 a shows that the change frequency is proportional to $\approx 1/L^{1/2}$.

On the Fig. 5 b is given relative change of the power losses of IGBT module of the change frequency. The Fig. 5 b shows that with increasing on the switching frequency power losses of IGBT module increases linearly.

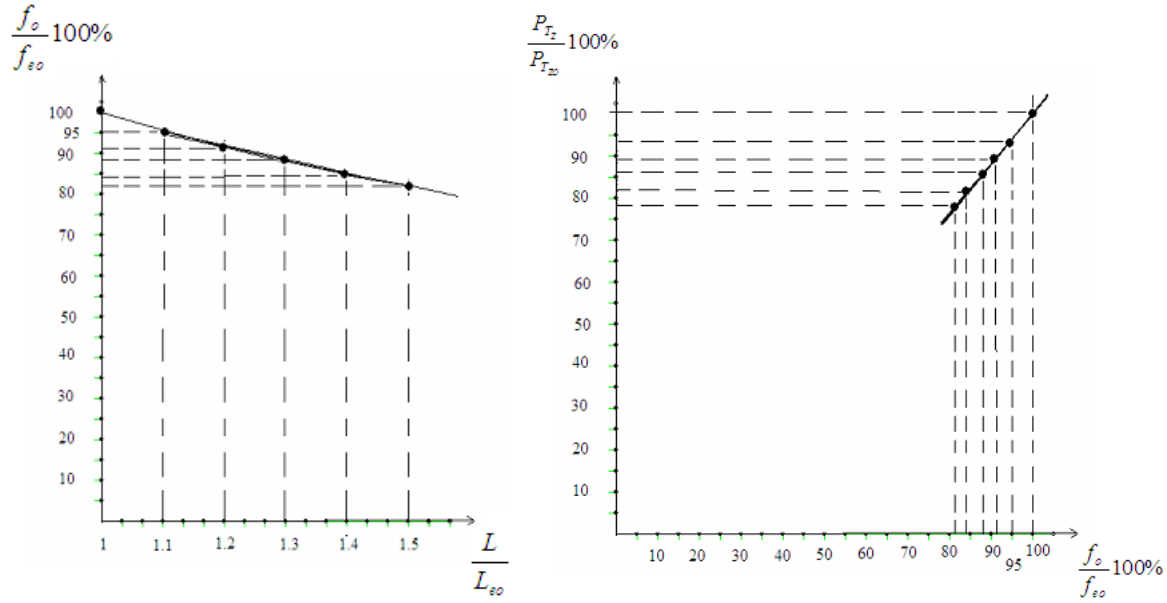


Fig. 5. Relative change: a) dependence of the change frequency of changes on the inductance $f = F(L)$, b) dependence of the power losses of IGBT module of the change frequency $P_{Tz} = F(f)$.

B. *Estimation of the switching losses in Semisiel program*

Based on the defined power, voltage and frequency in SemiSiel simulation program defines the topology of the converter with choice on the transistors modules, [11]. We choose semiconductor IGBT module SKM195GB066D with V_{cesat}=1.67V and diode voltage V_F=1.45V. Also, consider two topologies: cooling air with flow 80m³/h and cooling water with flow 6 l/min. In the Table 5 shows the losses of power by semiconductor module for two proposed topologies obtained in SemiSiel simulation program.

Table 5: Power losses

	SKM195GB066D air cooling 80 m³/h current	SKM195GB066D water cooling 6 l/min current
$P_{cond\ tr}$	92 W	88 W
$P_{sw\ tr}$	4.82 W	3.90 W
P_{tr}	96 W	92 W
$P_{cond\ d}$	0.00 W	0.00 W
$P_{sw\ d}$	0.94 W	0.51 W
P_d	0.94 W	0.51 W
P_{tot}	778 W	737 W

$P_{coundtr}$, P_{swtr}, P_{tr} is conduction power losses, switching power losses and total power losses on the transistor in IGBT module.

P_{coundd}, P_{swd}, P_d is conduction power losses, switching power losses and total power losses on the diode in the IGBT module.

$P_{tot} = P_{cz}$ is total power losses on the converter.

Table 5 shows that:

- Switching power losses $P_{swtr}+P_{swd}$ on IGBT transistor module (for system with cooling) are smaller of those obtained in Table 2, (P_{Tsw}),
- Total power losses decrease in topology with water cooling to 5%.
- Total power losses is a sum of the switching losses and conduction losses on the transistor and the diode.

Used on system with water cooling, total power losses are the decrease. IGBT module SKM195GB066 has positive temperature coefficient, for the voltage colector emiter [7]. The voltage colector emiter in turn on state is V_{cesat} = 1.45V on junction temperature T_j = 25ºC, and V_{cesat} = 1.7V on junction temperature T_j = 150ºC. Because the power losses in turn on state dependent from voltage $V_{cesat,}$, this means that of higher operating temperature power losses are higher. So, system with water cooling reducing the junction temperature and reduces power losses.

C. *Experimental results*

Here us interested total power losses in a practical realized power converter obtained with measurement.. Topology of full IGBT bridge power converter with serial resonant load by values of the magnitudes as in the Table 1 and 3, is used for controlling of induction heating device. The induction heating device is used for melting on the work piece copper with mass 6kg. The metal piece acts as a secondary transformer winding and load at the same time and can be modelled as series resonant *RLC* circuit, [5]. This resonant output load changes during the metal treatment and has a dynamics that depends and affect the operation of the resonant converter. With such loads, output power of the converter depends not only on the voltage rms value, but on the frequency as well. The dynamics of the induction heating process is affected by the values of the primary inductance *L* and the resonant load. As the resonant frequency is determined by *L* and *C*, the operating frequency has to be changed to maintain the constant output power. With

such loads it is necessary to constantly regulate the output power by adjusting the operating frequency.

The Table 6 is shows values of the magnitudes obtained with measurement in practical realized power converter.

Table 6: Power losses in a practical realized power converter in mode of induction heating device obtained with measurement

I_{DClink} (A)	U_{DClink} (V)	P_{DC} (kW)	I_{outrms} (A)	U_{outrms} (V)	$S_{out} \approx P_{out}$ (kVA)	η_{conv} $(\%)$
220	60	13.2	225	55	12.38	93

Table 6 shows that:

- $P_{DC} = I_{DClink} U_{DClink}$ is the power on the DClink circuit, this is input power in the converter,
- $S_{out} \approx P_{out} = I_{outrms} U_{outrms}$ is the apparent output power on the converter, because converter work close to resonance frequency, apparent output power is close to the active power,
- $P_{DC} - P_{out} = 820W$ is total power losses on the converter, and she is close to total power losses in the Table II, III and V,
- $\frac{P_{out}}{P_{DC}} = \eta_{conv} = 93.8\%$ is efficiency on the power converter.

3. Conclusion

In the paper the researching for estimation on the switching losses to IGBT bridge converter with the output serial resonant load is given. The results to the switching losses, estimated by simulation are compared with the results in a practical realized converter. The results from the researching shows that the estimation on the total switching power losses obtain with simulation are almost identical with the same in an practical realized converter. Also, the researching shows that the switching power losses is frequency depend, and they is increased with increasing to the frequency. The work of the resonant converter on frequency higher than resonant frequency ensure the switching of IGBT transistors in the bridge with zero voltage turn on (ZVS). Turn on of IGBT transistors in conditions on ZVS reduces the switching power losses. The results in this paper are go399od basis for determining on the switching power losses and can be used for optimal design of the power converter.

Recommended for publication
of Editorial board

References

W. B. Williams, *Principles and Element s of Power Electronics*, University of Strathclyde, Glasgow, 2006.

R. W. Ericison, *Fundamentals of Power Electonics,* Kluwer, 2002.

AN9012: *Induction Heating System Topology Review*, Fairchild, July, 2000.

Jang Y. and Jovanovic M. M., *A new PWM ZVS full-bridge converter*, IEEE Trans. Power Electron., vol. 22, no. 3, pp. 987–994, May 2007.

G.Stefanov, L.Karadzinov, T.Czekov,, *Design of an IGBT Bridge Converter for Serial Resonant Load* 1 4th International Power Electronics and Motion Control Conference, EPE-PEMC 2010, 978-1-4244-7854-5/10/$26.00 ©2010 IEEE, T9 19 – 26, Ohrid, R.Macedonia

M.Orban, M.Orban, K.Ianakiev, E.Kartzelin, Static converters and thir application, St. "Ivan Rilski" Publishing house, University of mining and geology, Sofia, 2002

"SEMIKRON *Power Electronics News 2008*".

Viriya Pichetjamroen,. Naras Yongyuth, and Kouki Matsuse, *Analysis of Two Continuous Control Regions of Conventional Phase Shift And Transition Phase Shift for Induction Heating Inverter under ZVS and NON-ZVS Operation,* IEEE, 2008.

PowerSim 8.0.5 *simulation program.*

G. Stefanov, L.Karadzinov, N. Mojsoska, *Calculation of Induction Device with Simulation Methods*, MGU International Scientific Conference, Sofia, VOL. 53, pp. 160-165, 19-20.10.2010.

SEMISEL Thermal calculator & simulator, www.semikron.com, semisel.semikron.com

ОПТИМИЗАЦИЯ НА ВЪЗБУЖДАНЕТО НА ГРУПА СИНХРОННИ ДВИГАТЕЛИ

Николай Минеков
Асарел - Медет" АД, гр. Панагюрище

РЕЗЮМЕ. Представен е метод за оптимизация на възбуждането на група мощни синхронни двигатели.
Ключови думи: Синхронни двигатели, оптимизация на възбуждането, компенсация на реактивни товари.

OPTIMIZATION OF GROUP SYNCHRONOUS MOTORS EXCITATION

Nikolai Minekov
„Asarel-Medet" AD, Panaguriste

ABSTRACT. A method of group powerful synchronous motor excitation optimization is presented in the paper.
***KEY WORDS**: excitation optimization, reactive load compensation, synchronous motors*

Въведение

В редица промишлени предприятия (обогатителни фабрики, циментови заводи и други) се намират в експлоатация по няколко групи разнотипни синхронни двигатели. Елементите на загубите A и B, зависещи от реактивната мощност, за тези двигатели са съществено различни. Ето защо за компенсацията на една обща стойност на реактивен товар на предприятието Q_k е необходимо да се определи икономически най-целесъобразното разпределение между отделните синхронни двигатели.

Практически дадената задача се решава чрез определянето на оптимален вариант за възбуждане на синхронните двигатели, участващи в компенсацията.

Под оптимален вариант за режима на възбуждане на синхронните двигатели следва да се разбира такова разпределение на реактивния товар Q_k между отделните двигатели, при които сумарните загуби на активна мощност P_p, зависещи от произведената и разпределена реактивна мощност, да бъдат минимални. При това следва да се отчете, че за големината на възбудителния ток на синхронния двигател се налагат ограничения, определени по условието за устойчива работа на двигателя и по условието за допустимо нагряване на възбудителната намотка.

Метод на относителното нарастване на загубата на активна мощност.

За определяне на оптималния режим на възбуждане на синхронните двигатели се разглежда метода на относителните нараствания. За определяне на относителните нараствания се определя първата производна на израза за активните загуби P_p, зависещи от реактивната мощност, т.е.:

$$\delta = \frac{dP_p}{dQ} \qquad (1)$$

За синхронни двигатели изразът (1) има следното представяне:

$$\delta = \frac{dP_p}{dQ} = \frac{2AQ}{Q_н^2} + \frac{B}{Q_н}. \qquad (2)$$

Загубата на активна мощност, зависеща от реактивната, се определят по израза:

$$P_p = A\alpha^2 + B\alpha, \qquad (3)$$

където

$$A = P_{сн}\sin^2\varphi_н + \left(\frac{1-k_{f1}}{\alpha'}\right)^2 P_{fн}, \qquad (4)$$

$$B = \frac{2P_{fн}k_{f1}\left(1-k_{f1}\right)}{\alpha'} \qquad (5)$$

Стойността на коефициента k_f се определя с израза:

$$k_{f1} = \frac{I_{f1}}{I_{fн}} = \sqrt{\frac{1+\beta^2 x_{*d}^2\cos^2\varphi_н}{1+x_{*d}^2+2x_{*d}\sin\varphi_н}}. \qquad (6)$$

Относителното натоварване на статора на синхронния двигател по реактивна мощност се определя по израза:

$$\alpha' = \frac{\sqrt{1 + 2x_{*d}\sin\varphi_н + x_{*d}^2\left(1 - \beta^2\cos^2\varphi_н\right)} - 1}{x_{*d}\sin\varphi_н}, \qquad (7)$$

където

$\beta = \frac{P}{P_н}$ - относително натоварване на статора по активна мощност.

Поставя се задачата: Да се построи графическа зависимост $\delta = f\left(Q/Q_н\right)$ при работа с товар $\beta = 0{,}5$; 1; $1{,}5$ за синхронен двигател със следните технически данни:

$S_н = 14000кVA$ - пълна мощността на синхронен двигател;

$Q_н = 7380\ kVAr$ - номинална реактивна мощност;

$\cos\varphi_н = 0{,}85$ - номинален фактор на мощността;

$x_d = 0{,}7$ - синхронно индуктивно съпротивление по надлъжната ос на двигателя;

$P_{CH} = 84{,}2\ кW$ - загуби в намотките на статора при номинален възбудителен ток I_{fH};

$P_{fн} = 86{,}5\ кW$.- загуба на мощност във възбудителната намотка при номинален режим на работа.

Резултатите от изчислението на коефициентите K_f, α', A и B са представени в Таблица 1

Таблица 1:

β	K_f (6)	α' (7)	A [kW] (4)	B [kW] (5)
0,5	0,7	1,24	28,1	29,2
1,0	0,775	1	27,4	30
1,5	0,9	0,54	26,2	29

За определяне относителното нарастване на загубата на активна мощност при работа на синхронния двигател с товар β=0,5;1;1,5 се получават изразите:

$$\delta = \frac{2AQ}{Q_H^2} + \frac{B}{Q_H}.$$

$$\delta_{0,5} = \frac{2.28{,}1}{7380}\cdot\frac{Q}{Q_H} + \frac{29{,}2}{7380} = 0{,}00776\frac{Q}{Q_H} + 0{,}00396;$$

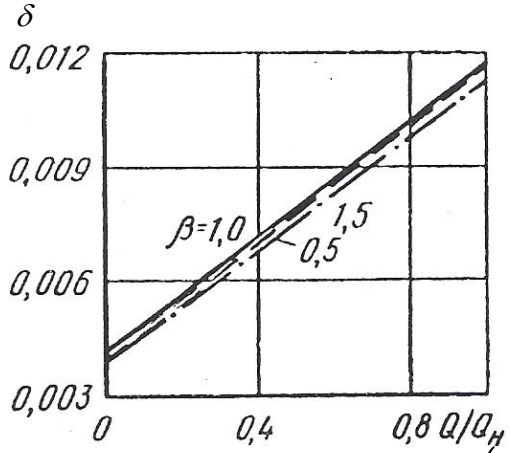
$$\delta_{1,0} = \frac{2.27{,}4}{7380}\cdot\frac{Q}{Q_H} + \frac{30}{7380} = 0{,}00762\frac{Q}{Q_H} + 0{,}00406;$$

$$\delta_{1,5} = \frac{2.26{,}2}{7380}\cdot\frac{Q}{Q_H} + \frac{29}{7380} = 0{,}00738\frac{Q}{Q_H} + 0{,}00394.$$

На фиг.1 са построени графическите зависимости $\delta = f\left(Q/Q_н\right)$ за синхронен двигател с мощност $S_н = 14000кVA$, $U_н = 6кV$ при работа с различно натоварване β (β=0,5;1;1,5).

От получените зависимости $\delta = f\left(Q/Q_н\right)$ за различни стойности на β, показани на фиг.1 следва, че в работния диапазон за изменение натоварването на двигателя, големината на δ практически не зависи от натоварването.

Този извод е валиден за всички типове синхронни двигатели.



Фиг.1. Графическо представяне на зависимостта $\delta = f\left(Q/Q_н\right)$ за синхронен двигател с мощност $S_н = 14000кVA, U_н = 6кV$ при работа с разлино натоварване.

Приложение на метода за относителните нараствания за група синхронни двигатели.

Общата за компенсиране реактивна мощност на едно предприятие Q_k трябва да се раздели между два източника, относителното нарастване на които има линейна зависимост от реактивните товари и аналитично се записва по следния начин:

$$\delta_1 = d_1Q_1,$$
$$\delta_2 = d_2Q_2,$$
$$Q_1 + Q_2 = Q_k.$$

Общите загуби на активна мощност P_p за производство на реактивна мощност Q_k се определят с израза:

$$P_p = \delta_1Q_1 + \delta_2Q_2 = d_1Q_1^2 + d_2Q_2^2 = d_1Q_1^2 + d_2\left(Q_k - Q_1\right)^2 =$$
$$= Q_1^2\left(d_1 + d_2\right) + d_2Q_k^2 - 2d_2Q_kQ_1. \qquad (8)$$

За определяне минималната стойност на загубите трябва да се получи първата производна на P_p по Q, по израза (8):

$$\frac{dP_p}{dQ} = 2Q_1\left(d_1 + d_2\right) - 2d_2Q_k = 0. \qquad (9)$$

Втората производна на функцията $P_p = f\left(Q\right)$:

$$2\left(d_1 + d_2\right) > 0,$$

е показател, че тя действително има минимум.

От израза (9) се получават следните зависимости:

$$Q_1 = \frac{d_2}{d_1 + d_2} Q_k ,$$

$$Q_2 = Q_1 - Q_k = \frac{d_1}{d_1 + d_2} Q_k ,$$

$$\delta_1 = d_1 Q_1 = \frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2} Q_k ,$$

$$\delta_2 = d_2 Q_2 = \frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2} Q_k ,$$

от които следва, че:

$$\delta_1 = \delta_2 ,$$

т.е. минимум загуби на активна мощност се получава при изпълнение на условието: равенство на относителните нараствания на загубите на активна мощност на двата източника.

Полученият извод може да се разпространи и за произволен брой източници на реактивна мощност. Следователно, за група, състояща се от n синхронни двигатели, икономически най-изгодно разпределение на реактивното натоварване между тях се получава при изпълнение на условието за равенство на относителните нараствания на активните загуби на всичките *n* двигатели, т.е. ако:

$$Q_k = Q_1 + Q_2 + \ldots\ldots\ldots + Q_i + \ldots\ldots\ldots + Q_n ,$$

то загубите P_p са минимални при изпълнението на условията

$$\delta_1 = \delta_2 = \ldots\ldots\ldots = \delta_i = \ldots\ldots\ldots = \delta_n ,$$

където: Q_1, Q_2, Q_i, Q_n, $\delta_1, \delta_2, \delta_i, \delta_n$ - съответно частта на реактивна мощност и относителното нарастване на всеки един от n-те синхронни двигатели, участващи в компенсацията.

Всяко друго разпределение на общата реактивна мощност Q_k в предприятието ще води до увеличаване на октивните загуби P_p.

Сравнителна оценка на използвани методи за разпределение на реактивната мощност за компенсиране между група синхронни двигатели в експлоатация.

На практика, при експлоатационни условия, най-често реактивната мощност на синхронните двигатели се разпределя пропорционално или на тяхната пълна мощност $S_н$, или на тяхната номинална реактивна мощност $Q_н$. С числен пример, ще се покаже как се изменят общите загуби на активна мощност P_p при разпределението на общата реактивна мощност между група синхронни по един от следните методи: вариант I - разпределение, пропорционално на пълната мощност на двигателя; вариант II - разпределение, пропорционално на реактивната мощност на двигателя; вариант III – равенство на относителното нарастване на активните загуби на синхронните двигатели.

Реактивният товар на цехова подстанция на шини $6kV$ е $Q_k = 20000kVAr$ и трябва да се разпредели между три синхронни двигателя с технически данни приведени в Таблица 2.

Таблица 2

Параметър на синхронните двигатели	Двигател №1	Двигател №2	Двигател №3
1.Пълна мощност, $S_н$, $кVA$ 2.Реактивна мощност, $Qн$, $кVAr$ 3. Коефициент А 4. Коефициент В	$S_{н1} = 17000$ $Q_{н1} = 10200$ $A_1 = 49,6$ $B_1 = 35,8$	$S_{н2} = 14000$ $Q_{н2} = 7380$ $A_2 = 27,4$ $B_2 = 30,0$	$S_{н3} = 13300$ $Q_{н3} = 7980$ $A_3 = 43,8$ $B_3 = 31,3$

Разпределението на зададения реактивен товар за компенсиране ще се изпълни по следните три варианта:

1. Разпределение на зададения реактивен товар за компенсиране пропорционално на пълната мощност $S_н$ на синхронните двигатели;
2. Разпределение на зададения реактивен товар за компенсиране пропорционално на реактивната мощност $Q_н$ на синхронните двигатели;
3. Разпределение на зададения реактивен товар за компенсиране по метода на относителното нарастване на загубите на реактивна мощност.

Вариант I:

1. Определяне на реактивния товар на всеки синхронен двигател по формулата:

$$Q_i = \frac{Q_k S_{нi}}{S_{н1} + S_{н2} + S_{н3}} \quad ; \; i = 1,2,3 ;$$

2. Определяне на загубите на активна мощност в синхронните двигатели по израза:

$$P_{pi} = \frac{A_i Q_i^2}{Q_{нi}^2} + \frac{B_i Q_i}{Q_{нi}} \quad ; \; i = 1,2,3 ;$$

3. Определяне на сумарните загуби на активна мощност в синхронните двигатели по израза:

$$\Sigma P_p = 55,3 + 46,0 + 48,3 = 149,6 \; кW .$$

Вариант II:

1. Определяне реактивния товар за всеки двигател по формулата:

$$Q_i = \frac{Q_k Q_{нi}}{Q_{н1} + Q_{н2} + Q_{н3}} \quad ; \; i = 1,2,3 ;$$

2. Определяне загубите на активна мощност в синхронните двигатели по израза:

$$P_{pi} = \frac{A_i.Q_i^2}{Q_{ni}^2} + \frac{B_i.Q_i}{Q_{ni}} = 58{,}6\ \kappa W \quad ; \ i = 1,2,3 ;$$

3. Определяне на сумарните активни загуби в синхронните двигателипо израза:

$$\Sigma P_p = 58{,}6 + 40{,}3 + 51{,}4 = 150{,}3\ \kappa W .$$

Вариант III:

1. За определяне на реактивното натоварване на всеки синхронен двигател се съставя следната система уравнения:

$$Q_k = Q_1 + Q_2 + Q_3 ;$$
$$\delta_1 = \frac{2A_1.Q_1}{Q_{H1}^2} + \frac{B_1}{Q_{H1}} ; \delta_2 = \frac{2.A_2.Q_2}{Q_{H2}^2} + \frac{B_2}{Q_{H2}} ;$$
$$\delta_3 = \frac{2.A_3.Q_3}{Q_{H3}^2} + \frac{B_3}{Q_{H3}} .$$

2. От решаване на получената система се получават следните стойности за реактивното натоварване на всеки синхронен двигател:

$$Q_1 = \frac{Q_k \left[\frac{\left(\frac{B_1}{Q_{H1}} - \frac{B_2}{Q_{H2}} \right) Q_{H2}^2}{2A_2} + \frac{\left(\frac{B_1}{Q_{H1}} - \frac{B_3}{Q_{H3}} \right) Q_{H3}^2}{2A_3} \right]}{1 + \frac{A_1 Q_{H2}^2}{A_2 Q_{H1}^2} + \frac{A_1 Q_{H3}^2}{A_3 Q_{H1}^2}}$$

$$Q_2 = \frac{\left(\frac{2A_1 Q_1}{Q_{H1}^2} + \frac{B_1}{Q_{H1}} - \frac{B_2}{Q_{H2}} \right) Q_{H2}^2}{2A_2}$$

$$Q_3 = \frac{\left(\frac{2A_1 Q_1}{Q_{H1}^2} + \frac{B_1}{Q_{H1}} - \frac{B_3}{Q_{H3}} \right) Q_{H3}^2}{2A_3}$$

3. Определяне загубите на активна мощност в синхронните двигатели:

$$P_{pi} = \frac{A_i Q_i^2}{Q_{ni}^2} + \frac{B_i Q_i}{Q_{ni}} \quad ; \ i = 1,2,3 ;$$

4. Определяне на сумарните загуби на активна мощност в синхронните двигатели:

$$\Sigma P_p = 57{,}0 + 52{,}2 + 38{,}9 = 148{,}1\ \kappa W .$$

Числените стойности за реактивното натоварване на всеки синхронен двигател и на актиените загуби в него за трите варианта са представени в Таблица 3 и Таблица 4.

Таблица 3:

метод		Пълна мощност на синхронен двигател			Общи загуби на мощност
		S_{H1}	S_{H2}	S_{H3}	
Вариант I	Реактивен товар на синхронен двигател Q [kVAr]	7680	6320	6000	20000
	Загуби на активна мощност в синхронен двигател P_P [kW]	55,3	46,0	48,3	149,6
Вариант II	Реактивен товар на синхронен двигател Q [kVAr]	7980	5760	6250	20000
	Загуби на активна мощност в синхронен двигател P_P [kW]	58,6	40,3	51,4	150,3
Вариант III	Реактивен товар на синхронен двигател Q [kVAr]	7880	6920	5200	20000
	Загуби на активна мощност в синхронен двигател P_P [kW]	57,0	52,2	38,9	148,1

Таблица 4:

Показател	Вариант № 1	Вариант № 2	Вариант № 3
Сумарни загуби на мощност в синхронните двигатели, κW	149,6	150,3	148,10

Получените резултати, представени в Таблица4, потвърждават, че разпределението на реактивните товари на основата за равенство на относителното нарастване на загубите на реактивна мощност дава минимална стойност на загубите на активна мощност, зависещи от реактивната.

В най-общият случай при икономично разпределение на реактивното натоварване между *n* броя синхронни двигатели по метода на относителното нарастване загубите на активна мощност се получава следната система уравнения:

$$\left.\begin{aligned} &Q_k = Q_1 + Q_2 + Q_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots Q_n = \sum_{i=1}^{n} Q_i ; \\ &\delta_1 = \frac{2A_1Q_1}{Q_{H1}^2} + \frac{B_1}{Q_{H1}} ; \\ &\delta_2 = \frac{2A_2Q_2}{Q_{H2}^2} + \frac{B_2}{Q_{H2}} ; \delta_3 = \frac{2A_3Q_3}{Q_{H3}^2} + \frac{B_3}{Q_{H3}} ; \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &\delta_n = \frac{2A_nQ_n}{Q_{Hn}^2} + \frac{B_n}{Q_{Hn}} , \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

където

Q_i - част от реактивното натоварване, което се пада на i -я синхронен двигател.

От решаването на системата (10) спрямо Q_i се получава следния израз:

$$\left.\begin{aligned} &Q_1 = \frac{Q_k - \left(\frac{b_1 - b_2}{a_2} + \frac{b_1 - b_3}{a_3} + \ldots\ldots + \frac{b_1 - b_n}{a_n} \right)}{1 + \frac{a_1}{a_2} + \frac{a_1}{a_3} + \ldots\ldots\ldots + \frac{a_1}{a_n}} ; \\ &Q_2 = \frac{a_1Q_1 + b_1 - b_2}{a_2} ; Q_3 = \frac{a_1Q_1 + b_1 - b_3}{a_3} ; \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &Q_n = \frac{a_1Q_1 + b_1 - b_n}{a_n} , \end{aligned}\right\} \quad (11)$$

където

$$a_1 = \frac{2A_i}{Q_{Hi}^2} \quad ; \quad b_i = \frac{B_i}{Q_{Hi}} \ .$$

Препоръчана за публикуване от катедра „Електрификация на минното производство", МЕМФ

Предаването на генерираната от синхронните двигатели реактивна мощност е свързано с определени активни загуби в захранващия двигателя фидер. Тези загуби са пропорционални на квадрата на пренасяната реактивна мощност, т.е.:

$$P_{P.K} = \frac{Q_i^2 r_{\phi i}}{U_H^2} , \quad (12)$$

а относителното нарастване на загубите се определя по израз (2):

$$\delta_{cp} = \frac{2Q_i r_{\phi i}}{U_H^2} , \quad (13)$$

където r_ϕ - активното съпротивление на фидера.

Сумарното относително нарастване на i -я синхронен двигател ще се определя по израза:

$$\delta_\Sigma = \frac{2A_iQ_i}{Q_{Hi}^2} + \frac{B}{Q_{Hi}} + \frac{2r_{\phi i}Q_i}{U_H^2} = c_iQ_i + b_i , \quad (14)$$

където

$$c_i = 2\left(\frac{A_i}{Q_{Hi}^2} + \frac{r_{\phi i}}{U_H^2} \right) \quad (15)$$

За определянето на най-икономичния режим за разпределение на реактивното натоварване е възможно да се използва израза (11), заменяйки a_i с c_i .

Литература

1. Кърцелин Е., Минеков Н., Повишаване енергийната ефективност на промишлени предприятия. Оптимизация възбуждането на група мощни синхронни двигатели, С., изд. къща „Св. Ив. Рилски", 2010.
2. Петелин Д.М., Динамика синхронного привода пршневых конпресорных установок, М., Машиностр., 1976.
3. Данаилов Д., Оптимално използване на електроенергията в минните предприятия, С., Техника, 1985.

BALANCE ANALYSIS FOR THERMAL STEAM BOILERS OPERATED LIGNITE

Cristinel Racoceanu [1] Emil Cătălin Şchiopu [2]

[1] University "Constantin Brâncuşi" of Târgu Jiu, Romania, cristi@utgjiu.ro
[2] University "Constantin Brâncuşi" of Târgu Jiu, Romania, schiopu_catalin81@yahoo.com

ABSTRACT. This work is based on a case study on thermal balance analysis of a steam boiler of 1035 t / h, which works with lignite. To achieve thermal balance measurements were performed with specialized equipment in boiler No. 4 of the energy group of 330 MW thermal power plant thermal balance Turceni provides information on the operation of steam boiler. Based on this information can establish the necessary technical measures to increase efficiency of operation of steam boiler

АНАЛИЗ НА ТОПЛИННИЯ БАЛАНС НА ПАРНИ КОТЛИ С ЛИГНИТНО ГОРИВО

Кристинел Ракоцеану[1], Емил Каталин Шиопу [2]
[1] Университет "Константин Бранкуш", Таргу Жиу, Румъния, cristi@utgjiu.ro
[2] Университет "Константин Бранкуш", Таргу Жиу, Румъния, schiopu_catalin81@yahoo.com

РЕЗЮМЕ. Настоящата разработка се основава на експериментално проучване на топлинния баланс на парен котел с капацитет 1035 т/ч, който работи с лигнитни въглища. При постигане на топлинен баланс на котел № 4 от енергийна група с мощност 330MW в топлоелектроцентрала Търсени са извършени измервания със специализирана апаратура, които осигуряват информация за работата на котлите. На базата на тази информация може да се определят необходимите технически мерки за повишаване ефективността на работа на парните котли.

Introduction

By highlighting the energy balance is defined in table form, chart or other form of equality between the quantity of energy introduced into a given system and useful amounts of energy lost and out of the outline scheme. In developing the energy balance must take into account all phases and processes of extraction yields, processing, transport, distribution and proper use of all forms and energy carriers considered as inputs and outputs of the contour system. CTE is a central condensing Turceni equipped with energy blocks of 330 MW, designed as a basic central energy system, with a regimen of continuous operation and long-term maximum uniform loads.

The plant was carried out in two stages:

- Phase I - with an installed capacity of 1320 MW consisting of blocks 1 to 4 gradually put into operation during 1978-1982;;
- Phase II - the original one installed power of 1320 MW consisting of blocks 5-8

Each block is equipped with:

- un cazan de abur de 1035 t/h, 192 bar, 540/540 ^{o}C tip turn, cu circulaţie forţată (tip Benson);
- a steam turbine of 330 MW, 182 bar, 535/535 ° C;
- an electric generator 330 MW/388 MVA, 24 kV, 50 Hz;
- a transformer of 400 MVA, 24/400 kV.

Basic fuel is lignite coal basin Oltenia - extracted mainly from mines stall and Peşteana - lower calorific value of 1400 - 1800 kcal / kg

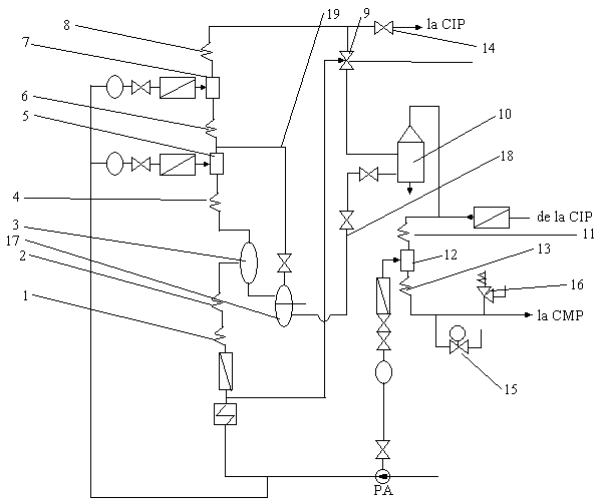
Boiler steam energy group 330 MW

Steam boiler 1035 t / h, shown in Figure 1, fitted energy group no. 4 of 330 MW power plants Turceni. In the steam boiler thermal balance was achieved.

The boiler of 1035 t / h boiler is a unique type forced cross the Benson and aims to produce steam at subcritical pressure. Heat exchange surfaces of the boiler - the high-pressure - are in series, water circulation pumps made with power. The economizer feedwater heating occurs with flue gas temperature at economizer exit temperature reaching a value close to saturation. The boiler is the turn with a single path of flue gases.

Steam boiler works with lignite. Lignite is extracted from coal basin Oltenia. Steam boiler is designed for operation with fuel oil. Burning coal dust burners is 16 slots.

Preparation of lignite is made with 6 fan hammer mills. The grinding mills and drying fan is dust.



.Fig.1 Scheme boiler 1035 t / h
1 - saver, 2 - evaporator, 3 - separator drops, 4 - superheater IP1, 5 – No 1 injection. , 6 - IP2 superheater 7 – No 2 injection. , 8 - IP superheater 3, 9 - by-pass IP 10 - power expander, 11 - No intermediate superheater. 1, 12 - shot no. 3, 13 - No 2 intermediate superheater. , 14 - valve line, 15 - valve eşapare intermediate, 16 - safety valve pressure on average, 17 - start container, 18 - piping hot start in state, 19 - Start of the container vent pipe

Thermal balance of the steam boiler - experimental results

Thermal balance has been prepared for three tasks: 306 MW, 250 MW and 220 MW. The technical characteristics of the steam boiler are presented in Table 1.

Meters used
In order to achieve the steam boiler measurements were used following meters:
- Static pressure transducers;
- Differential pressure transducers;
- Digital thermometers;
- Infrared thermometers;
- Flue gas analyzer TESTO 350 XL type;
- Alumel thermocouples Cromel-different lengths;
- Ultrasonic flowmeter.

General conditions for making measurements
Measurements were made according to the charging turbine, respectively, across the power generator, thus obtaining the following test loads:
- Sample no. 1-306 MW;
- Sample no. 2-250 MW;
- Sample no. 3-220 MW

Appropriate powers for the boiler were obtained following charges:
- Sample no. 1-920 t / h (88.88% Dn);
- Sample no. 2-840 t / h (81.16% Dn);
- Sample no. 300-800 t / h (77.10% Dn).

Boiler load (steam flow) is the result of achieving load turbo generator;

1. Solid fuel calorific value was in the range 1700 kcal / kg - 1980 kcal / kg;
2. High pressure heats have been in operation;
3. Heaters did not work;
4. Fans have provided a working gas with depression in center;
5. All samples were in use two gas burners;;
6. Auger speed was virtually flat, it is not possible to set
7. Mills were available, to test a boiler operated with 5 mills (1/2/3/5/6) to sample 2 boiler operated with 5 mills (1/2/3/5/6) in sample 3 boiler operated with 4 (2/3/5/6)..

Table 1. Specifications steam boiler

Nr	Parametru		U.M.	Valoare
1.	High pressure steam	flow	t/h	1035
		temperature	oC	540
		pressure		191
2.	Medium pressure steam	flow	t/h	974
		Temperature entering SI	oC	348
		Temperature exit SI	oC	540
		Pressure entering SI	bar	49,2
		Pressure exit SI	bar	47,2
3.	Water supply	Temperature entering ECO	oC	260
		Pressure entering ECO	oC	245
4.	Flue gas temperature after PAR		oC	160
6.	Yield		%	85,9

Boiler efficiency calculation of 1035 t / h
Real thermal balance of a boiler can run through two methods: direct, indirect.
The direct method involves direct measurement of all parameters which allow calculation of quantities of heat in, respectively out of balance sheet accounts.
The amount of heat inside, Qi, consists of:
- Chemical heat of the fuel, Qch;
- Heat sensitive fuel, Qf, CB;
- Heat sensitive water supply, Qa;
- Sensible heat of the air in the boiler, Qf, A.

The amount of heat out, QE, includes:
- Heat useful, Qu;
- Heat lost through the flue gas sensible heat, Qga;
- Heat lost through chemical combustion incomplete Qga, ch;
- Heat lost through incomplete combustion machine, Qga, m;
- Heat lost by radiation and convection environment, Qcv;
- Heat sensitive heat lost through the slag, Qzg;
- Heat lost by water purged, QP;
- Heat lost through cooling water recovered, QR.

Heat balance general equation is:

$$Q_i = Q_e \text{ [kW]} \quad \text{sau} \quad \text{[kJ/h]} \qquad (1.1)$$

or

$$Q_{ch} + Q_{f,cb} + Q_a + Q_{fa} = Q_u + Q_{ga} + Q_{ga,ch} + Q_{ga,m} + Q_{cv} + Q_{zg} + Q_p + Q_R \qquad (1.2)$$

The various components can be calculated as follows:
all the heat-sensitive determination reported:

$$Q_f = D \cdot c \cdot t \quad \text{[kW]} \quad \text{sau [kJ/h]} \qquad (1.3)$$

where D is the agent flow in kg / s or m3N / s, c - specific heat of the agent, in kJ / kgoC or kJ/m3N ° C, t - medium temperature in oC.
-all chemical heats determined by the relationship:

$$Q_{ch} = DH_i \quad \text{[kW] sau [kJ/h]} \quad (1.4)$$

where D is the agent flow in kg / s or m3N / s Hi - lower calorific agent, kJ / kg or kJ/m3N.

Gross thermal efficiency of the boiler is determined by the relationship :

$$\eta_{tb} = \frac{Q_u - Q_a + Q_p}{Q_i - \left(Q_a + Q_{fa} + Q_{f,cb}\right)} \quad (1.5)$$

Indirect method allows calculation of boiler gross thermal efficiency at a stabilized state without having to measure the flow of steam and water supply.

The method involves determining heat loss and the relationship to determine the gross thermal efficiency is:

:

$$\eta_{cazan} = 100 - \left(q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6\right) \quad (1.6)$$

where:

q2 - loss of heat from the flue gas exhaust stack;

q3 - loss of heat by burning chemical incomplete;

q4 - heat loss through mechanical unburned;

q5 - heat loss by radiation and convection in the environment;

q6 - loss of solid waste heat discharged from the boiler.

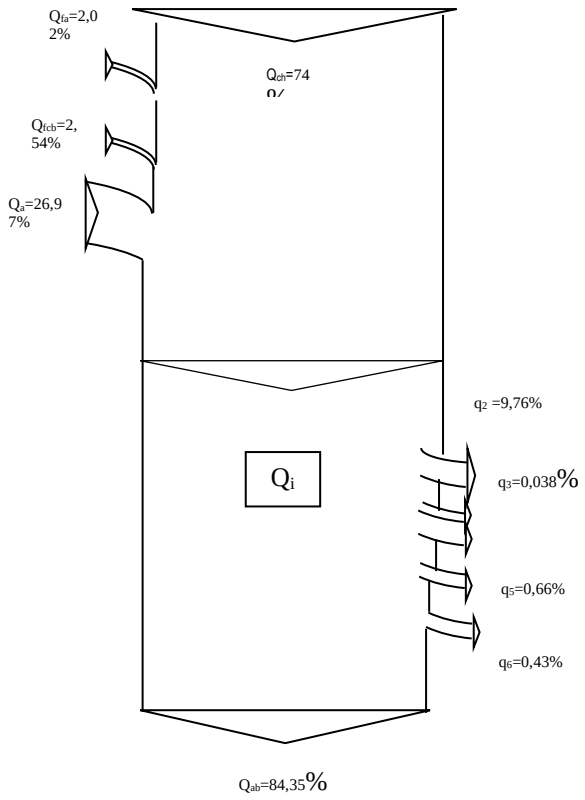


Fig.2 Sankey diagram – No 4 steam boiler power block

Table 2. Real thermal balance result

No	Parameter	Symbol	Proba nr. 1	
			Value	
			x10^{6}kJ/h	%
1.	The amount of heat resulting from the combustion	Q_{ch}	3182,182	74
2.	Physical heat of fuel	$Q_{f,cb}$	109,33	2,54
3.	Physical heat of combustion air	$Q_{f,a}$	87,19	2,02
4.	Physical heat of water	Q_a	921,84	26,97
5.	Total heat	Q_i	4300,54	100
6.	Useful heat	Q_u	3627,54	84,35
7.	Heat loss in flue gas discharged from exhaust flue chimney flue	q_2	419,73	9,76
8.	Heat loss by incomplete combustion of chemically	q_3	1,63	0,038
9.	Heat loss by incomplete combustion of mechanically	q_4	172,88	4,02
10.	Heat loss through radiation and convection in the environmen	q_5	28,38	0,66
11.	Loss of solid waste heat discharged from the boiler	q_6	18,49	0,43
12.	Total heat out of the contour	Q_e	4268,65	100
13.	boiler efficiency	η_{caz}	85,1%	

CONCLUSIONS

Analyzing the operation of steam generator and thermal balance actual results shows that:

1. amount of flue gas temperature after air heater is high, ranging between 170 ^{0} C - 175 ^{0} C;
2. produced live steam boiler temperature is close to the nominal value (535 ^{0}C);
3. supply water temperature was within normal limits ranging between 234 ^{0}C-245 ^{0}C;
4. solid fuel use is relatively low calorific value, the same for all three samples.

For optimum balance preparing to propose the following measures:

- Reducing the oxygen content in flue gases after preîncălzitorul air;
- Reduce flue gas temperature after air heater to 170 ^{0}C - 175 ^{0}C to 160 ^{0}C - 162 ^{0}C;
- Reduce excess air coefficient;
- Operation parameters as close to nominal values

.

References

1. **Racoceanu C,** Şchiopu C. – *Tehnologii de protecţie şi depoluare a aerului*, Editura Academica Brâncuşi; Târgu Jiu, , ISBN 978-973-144-346-1 , 2010.

2. Berinde, T., *Întocmirea şi analiza bilanţurilor energetice, vol. I şi II,* Editura Tehnică, Bucureşti, 1974.
3. Neaga, C: *Indrumar. Calculul termic al generatoarelor de abur*, Editura Tehnică, 1988.
4. Racoceanu, C., Popescu C. *Analiza impactului complexelor energetice asupra mediului*, Editura Sitech, Craiova, ISBN 978-973-746-679-2, 2007 .
5. Popescu, C. **Racoceanu, C.** *Eficientizarea activităţii termocentralelor în condiţii de protecţia mediului*, Editura Sitech, ISBN 973-746-380-3, ISBN 978-973-746-380-7, 2006 , cod CNCSIS 170.
6. Racoceanu C. - *Studiul de audit al centralelor termoelectrice.* Editura Sitech, Craiova, ISBN 973-746-163-0, 2006 , cod CNCSIS 170.
7. Racoceanu C., Popescu C. **–** *Evaluarea emisiilor poluante rezultate prin arderea lignitului în CTE de mare putere,* Editura Sitech, Craiova, ISBN 973-746-211-4, 2006, cod CNCSIS 170.
8. Racoceanu C., Căpăţînă C.- *Emisiile de noxe ale centralelor termoelectrice*. Editura Matrix Rom, Bucureşti, ISBN973-685-882-0, 2005 , cod CNCSIS 39.
9. Racoceanu C. - *Impactul centralelor termoelectrice asupra mediului*. Editura Focus, Petroşani, ISBN 973-8367-12-3, 2001, cod CNCSIS 4.
10. Pănoiu, N: *Cazane de abur*, EDP, 1982.
11. Gorun, A., Popescu, L.G., Gorun, H.T., Cruceru M., *Sustainable Energetic Development Strategy of Gorj, County*, 2nd INEEE Conference: ENERGY, ENVIRONMENT, DEVICES, SYSTEMS, COMMUNICATIONS, COMPUTERS, Venice, February, 8-10 2011,
12. Gorun, A., Popescu, L.G., Gorun, H.T., Mihai Cruceru, *The impact of Globalization on the Development of Rural communities from Romania. Case study: The main social problems generated by degradation of the environment in the rural communities from Gorj County, 6th* IASME/WSEAS International Conference in the University on Energy & Environment, Published by WSEAS Press ISSN: 1790-5095, Cambridge, February 23-25, 2011.
13. Cruceru M., Diaconu, B., Popescu L. G., *Self oxidation of romanian lignite during storage*, *6th* IASME/WSEAS International Conference in the University on Energy & Environment, Published by WSEAS Press ISSN: 1790-5095, Cambridge, February 23-25, 2011.
14. Huidu, E., Mining monograph of Oltenia. Vol. I , Basin Rovinari 1950-2000, Ed Foundation „Constantin Brâncuşi" Târgu Jiu 2000.

Recommended for publication
of Editorial board

STUDY ON THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

Cristinel Racoceanu [1], Luminiţa Popescu [2]

[1] University "Constantin Brâncuşii"of Târgu Jiu, Romania, cristi@utgjiu.ro
[2] University "Constantin Brâncuşii"of Târgu Jiu, Romania, luminita@utgjiu.ro

ABSTRACT. This paper examines the possibilities of producing electricity and heat using renewable energy in Romania. Total energy demand in 2030 will be around 50% higher than in 2003 and oil will be around 46% higher. Known oil reserves could sustain current levels of consumption only until 2040, and the natural gas until 2070, while world coal reserves provide a period of more than 200 years even in an increase in operating . European Commission (EC) considered essential for the EU to promote a common energy policy based on energy security, sustainable development and competitiveness.

ПРОУЧВАНЕ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ВЪЗОБНОВЯЕМИ ЕНЕРГИЙНИ ИЗТОЧНИЦИ

Кристинел Ракоцеану [1], Люминита Попеску [2]
[1] Университет "Константин Бранкуш", Таргу Жиу, Румъния, cristi@utgjiu.ro
[2] Университет "Константин Бранкуш" Таргу Жиу, Румъния, luminita@utgjiu.ro

РЕЗЮМЕ. В този доклад е извършено проучване на възможностите за производство на електрическа и топлинна енергия от възобновяеми енергийни източници в Румъния. Общото търсене на енергия през 2030 година ще бъде с около 50% по-високо от потреблението през 2003 година, а потреблението на нефт с около 46% по-високо. При известните нефтени запаси съществуващата степен на консумация може да се поддържа само до 2040 г., а на природен газ до 2070 година, докато запасите от въглища са осигурени за период от повече от 200 години, дори при увеличаване на добива. Европейската Комисия поддържа позицията, че насърчаването на обща енергийна политика на базата на енергийната сигурност, устойчивото развитие и конкурентоспособността е съществено за целия Европейски съюз.

INTRODUCTION

In accordance with the new energy policy the European Union (EU) developed in 2007, the energy is an essential element of development of the Union. But equally a challenge in the energy sector impacts on climate change, increasing dependence on imported energy and increasing energy prices. To overcome these challenges, the European Commission (EC) considers that the EU should promote a common energy policy based on energy security, sustainable development and competitiveness.

With regard to energy supply security, the EU expects natural gas import dependence will increase from 57% currently to 84% in 2030, and for oil from 82% to 93% for the same period.

Regarding sustainable development, should be noted that, in 2007, was the energy sector at EU level, one of the leading producers of greenhouse gases. In case of failure to adopt drastic measures at EU level, at the current rate of evolution of energy consumption and taking into account existing technologies, emissions of greenhouse gases in the EU will increase by about 5% and 55% globally 2030. Nuclear power is now in Europe one of the largest energy resources without CO2 emissions.

European Commission proposes a set of documents that are new EU energy policy following objectives:

- reducing greenhouse gas emissions by 20% by 2020 compared with 1990.
- increasing the share of renewables in total energy production from more than 7% in 2006 to 20% of its energy sources by 2020;
- increasing the share of biofuels to at least 10% of total fuel use by 2020;
- reduce global primary energy consumption by 20% by 2020.

STATE ENERGY SYSTEM IN ROMANIA

Romania's energy strategy objectives are:

1. Energy security

- Increasing energy security by ensuring the energy needs and limiting dependence on imported energy resources,
- Raising adequate national transport networks for electricity, natural gas and oil,
- Critical Infrastructure Protection.

2. Sustainable development

- energy efficiency improving,
- promoting energy production based on renewable resources,
- promoting the production of electricity and heat in cogeneration plants, including high efficiency cogeneration plants,
- support research and development and dissemination of research results applicable,
- reducing the negative impact of the energy sector on the environmen.

3. Competitiveness

- developing competitive markets for electricity, natural gas, green certificates, emissions trading greenhouse gas and energy services,
- liberalization of energy transit and permanent and non-discriminatory access of market participants to transmission, distribution and international interconnections,
- further restructuring, reorganization in the sectors electricity, heat and gas,
- further restructuring, reorganization, for the lignite industry in order to increase profitability and capital market access.

Hydrocarbon deposits are limited, due to a decline in domestic production and provided that no new deposits have been identified with significant potential. Current oil reserves are estimated at 73.7 million tons.

Natural gas deposits are also limited, and after 1990, domestic production is declining. Current reserves are estimated at 184.9 gas mld.m3. Annual production of natural gas was 12.3 mld.m3 in 2009, which represented 69% of total annual national consumption of natural gas.

Romania's coal resources are 755 million tons known from exploiting in premises leased 105 million tons. Lignite resources in Romania are estimated at mil.tone 1490, in premises leased from exploiting the 445 million tons. Resources located in premises we are concessional 1.045 billion tons. 1.045 billion tons of lignite reserves in the mining basin of Oltenia, 820 million tonnes of perimeters we are located in leased perimeters continuity presenting the most favorable conditions for recovery by extending concessions.

Because of Oltenia lignite deposit consists of 1-8 layers of exploitable coal, turning their upper urgently requires the adoption of regulations to ensure safe operation of the rational, total (minimal) and in terms of efficiency.

Exploitable ore reserves available and the demand for natural uranium to the level of 2017 for operating two nuclear units at the site of Cernavoda.

Potential new perimeters of uranium ore deposits can not significantly change this situation, which requires specific measures to ensure the resources necessary result of natural uranium as nuclear energy development program.

RENEWABLE ENERGY RESOURCES

Table 1 Renewable hydropower potential of Romania

Source	Annual potential	Aplication
Solar energy	60 PJ/an= 16,67 TWh 1,2 TWh	Heat Electricity
Wind power (potential theory)	23 TWh	Electricity
Hydropower, of which less than 10 MW	36 TWh 3,6 TWh	Electricity
Biomass and biogas	318 PJ= 88,34 TWh	Heat Electricity
Hydropower, of which less than 10 MW	7 PJ= 1,94 TWh	Heat

Regarding the costs and benefits, excluding large hydropower plants, the costs of producing electricity using renewable units are now higher than for fossil fuel use, according to the European Commission Communication on the promotion of renewable energy, published in December 2005. Promote the use of these sources and to attract investment in energy facilities that use renewable sources of support mechanisms is done in accordance with European practice.

Electricity from renewable sources to gain additional benefit represented by green certificates. A green certificate is a title that certifies renewable energy production of 1 MWh of electricity. Green certificates can be traded separately from the amount of electricity that they represent, on an organized market, under the law. To promote electricity production from renewable energy sources that the system of mandatory quotas combined with green certificates trading.

Electricity from renewable sources receive:

a) a green certificate for each 1 MWh produced and delivered to the electricity grid of hydroelectric stations / groups or new hydroelectric stations / groups of up to 10 MW, refurbished;

b) a green certificate for each MWh delivered two electricity network with an installed hydropower plants between 1 and 10 MW, which do not meet the conditions set out in point. a);

c) two green certificates for every 1 MWh of electricity delivered to the network of hydroelectric plants with an installed capacity of up to 1 MW / unit;

d) two green certificates in 2015, and a green certificate since 2016, for every 1 MWh of electricity delivered to the network of electricity from wind energy;

e) three green certificates for every 1 MWh of electricity delivered to the network of electricity from biomass, biogas, bioliquid, landfill gas, geothermal energy and associated fuel gases;

f) four green certificates for every 1 MWh of electricity delivered to the network of electricity from solar energy.

For the period 2008-2014 the value of trading green certificates range from a minimum of 27 trading euro / certificate and a maximum of 55 trading euro / certificate. RON value will be calculated at the average exchange rate set by the National Bank of Romania set for December of last year.

Renewable energy has a significant impact on national power system, are necessary::

- impact studies conducted takeover electricity with wind turbines, micro hydro and cogeneration using biomass, electricity transmission and distribution network (110 kV and above), in different scenarios, in areas with high potential;
- *development of transport networks and distributed smart grid concept;*
- develop capabilities to counter market and / or limit the negative effects of uncontrollable variability of wind energy.
- The most affordable renewable resources (depending on costs and volume of resource use) are used for SHP electricity production, wind turbines and cogeneration power plants that use biomass to produce heat and are biomass and solar energy.

Possibilities of producing energy from renewable source

Both rural and urban areas are mainly a variety of forms of renewable energy that can be used to power their:

- *Biomass fuel is the main area is used mostly for space and water heating and cooking. Biomass represents 7% of primary energy demand and 50% of Romania's renewable resource potential. All fossil fuels from biomass and biomass can be so easily converted into solid, liquid or gaseous carbon-based. In future, large quantities of biomass fuels may be converted to more convenient. Biogas, with (60-70)% methane, animal manure is produced either directly from landfills can be used to generate electricity for cooking or lighting. Fermentatoarelor the biogas residue is an excellent agricultural fertilize*.
- Hydropower. Micro - hydro may be an option to supply the rural areas not connected to networks. To guarantee a continuous and constant food supply inlet must be protected.
- *Wind. Romania has the highest potential in southeastern Europe in wind energy, Southeast Dobrogea even placing it second place in the entire continent. Romania's wind potential is estimated at 14,000 MW installed capacity, but current technical capacity of the network allows to connect up to 4000 MW*.
- Geothermal energy is suitable for space heating and water. Due to location, the main potential use is in rural areas - housing, greenhouses, aquaculture, pasteurization of milk - at distances of up to 35 km from the place of extraction.
- Solar energy is suitable for water heating and thus reduce CO2 emissions. Because solar energy is in competition with biomass, the main demand of hot water is heated by solar energy in urban areas. Photovoltaic panels are also used mostly in remote, difficult access to transport infrastructure and electricity distribution.

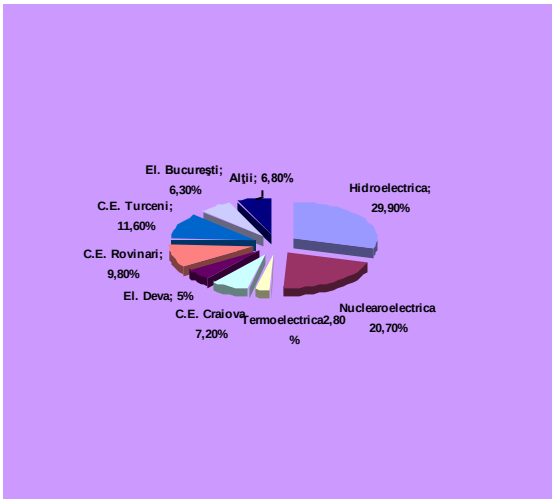


Fig.1 Participation rates for electricity supplied by the manufacturers of networking dispatchable units in 2010

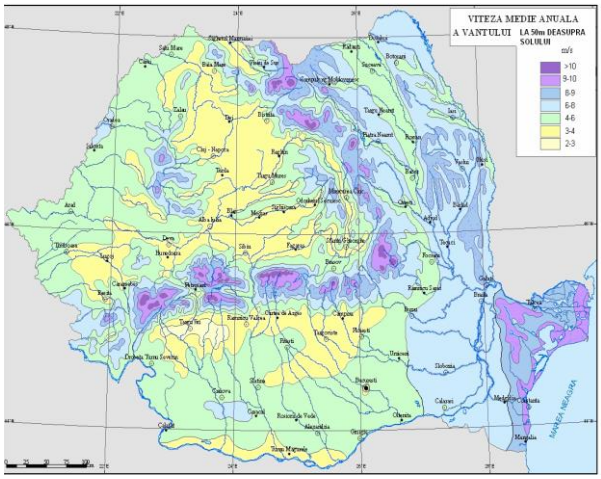


Fig.2 Annual average wind speed distribution for a height of 50 m in Romania

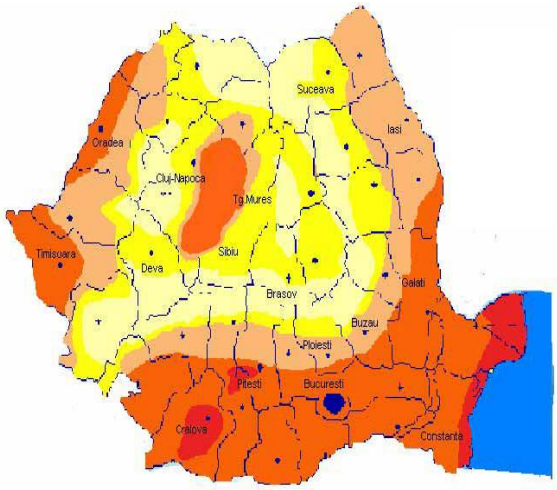


Fig.3 Distribution of solar radiation in Romania

Conclusions

The priority objectives of energy sector development in Romania are:

1.*Securitatea supply*

2. *Sustainable Development*

- Promoting energy production based on renewable resources, so that electricity consumption derived from renewable power to represent 33% of gross domestic electricity consumption of 2010, 35% in 2015 and 38% in 2020.

- Stimulating investment in energy efficiency throughout the chain: resource-production - transport - distribution - consumption;

- Promoting liquid biofuels, biogas and geothermal energy;

- Supporting research and development and dissemination of research results applicable;

- Reducing the negative impact of the energy sector on the environment by using clean technologies.

3. *Competitiveness*

Lines of action of Romania's energy strategy, converging with the EU energy policy are:

- Increasing security of energy supply both in terms of fuel mix and network infrastructure;

- Choosing a balanced energy mix, with emphasis on the use of coal, nuclear energy and renewable energy resources, including untapped hydro potential of using that energy sector competitiveness and provide security of supply;

- Not enough coal and uranium mainly from domestic production and diversification of supply uranium by combining rational exploitation of national resources by the import of uranium;

- The efficient and rational use of safe exhaustible primary energy resources in Romania and maintaining an acceptable level, the economic base, the import of primary energy resources (limited dependence / control);

- Increasing the competitiveness of electricity markets and gas and active participation in the formation of the internal energy market of the European Union and developing cross-border trade with consideration of consumer interests in Romania and Romanian companies;

- Increasing energy efficiency throughout the chain resources, production, transmission, distribution, consumption;

- Promoting use of renewable energy resources;

- Ensuring investment to increase capacity for innovation and technological development;

Recommended for publication
of Editorial board

- The objectives of environmental protection and reduction of greenhouse gas.

References

1. Popescu, L., Cruceru, M. *Strategia energetică a judeţului Gorj,* Târgu Jiu, 2010.
2· Sârbu I., Kalmar F. – *Optimizarea energetică*, Editura Matrix Rom, Bucureşti, 2002
3. World Energy Council – *Survey of Energy Resources*, 2001
4. Lucrările celui de-al XVIII-lea Congres Mondial al Energiei, Buenos Aires 2001
5. www.greenpeace.ro – *Energie curată pentru România*
6. Directiva 77/2001/CE a Parlamentului European
7. *Surse regenerabile de energie* - Monografie realizată de S.C.CHIMINFORM DATA S.A.,Bucureşti,2004 în cadrul proiectului „BEST RESULT" - Building and Energy Sistem and Technologies in Renewable Energy Sources Update and Linked Trainig
9. GIEC *WG III Climate change:mitigation ,* Cambridge University Press, 2001
10. ADEME *Les enjeux de long terme de la maîtrise de l`énergie*, Paris 2003-05-11
11. ADEME *Les enjeux « renouvelable » du débat national sur l`énergie*, Paris, 2003.
12. Bauquis, P.R., *Un point de vue sur les besoins et les approvisionnements en énergie a l`horizons 2050*, Revue de l`Energie, nr.509, 1999.

СЪВРЕМЕННИ ИЗИСКВАНИЯ, НА КОИТО ТРЯБВА ДА ОТГОВАРЯ УРЕДБА ЗА КАТОДНА ЗАЩИТА НА ПОДЗЕМНИ МЕТАЛНИ СЪОРЪЖЕНИЯ И КАБЕЛИ

Стефан Стефанов[1], Теодора Христова[1]

[1] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail teodora@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. В статията е направен обзор на станциите за катодна защита и методите на управлението им. Въз основа на този обзор са дефинирани критерии, на които трябва да отговаря една съвременна катодна станция. Предложена е катодна станция, която покрива голяма част от критериите за съвременна катодна станция. Предложена е схема на автоматично устройство, което работи в импулсен режим.

CONTEMPORARY REQUIREMENTS TO DEVICE FOR CATHODE PROTECTION OF UNDERGROUND METAL EQUIPMENTS AND CABELS

Stefan Stefanov [1], Teodora Hristova [2]

[1] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail teodora@mgu.bg

ABSTRACT. The article presents a survey of stations for cathode protection and the methods for their control. On the base of the survey are defined criteria, in parallel with which has to be constructed any contemporary cathode protection. The author suggests cathodic station that fulfils the most of the criteria for such kind of temporary cathode protection. A scheme of automatic device, working in impulse regime, is applied too.

Въведение

Станцията за катодна защита е едно от ефикасните средства за защита от електрохимична и почвена корозия на металните съоръжения, комуникации, тръбопроводи и газопроводи в зоната на повишена киселинност и влажност на почвата, а също в местата на пресичането им с пътя на електрифициран транспорт. С необходимостта от такава защита се сблъскват предприятията на нефтената, газовата, химическата промишленост, енергетичните комплекси, разполагащи мрежи от тръбопроводи, подземни метални съоръжения и комуникации; предприятията на комуналното стопанство, обслужващи градските тръбопроводи, силовите и информационни кабели с метална обвивка, градските служби на електростопанството и електротранспорта, селскостопанските предприятия, имащи метални съоръжения и комуникации в почви с повишена агресивност или в зоната на действие на блуждаещи токове.

Номенклатурата на действащите на обектите понастоящем (у нас и в чужбина) станции за катодна защита е много широка. Една от друга станциите се различават с голямо разнообразие по принципа на регулиране на изходната мощност и конструктивното изпълнение.

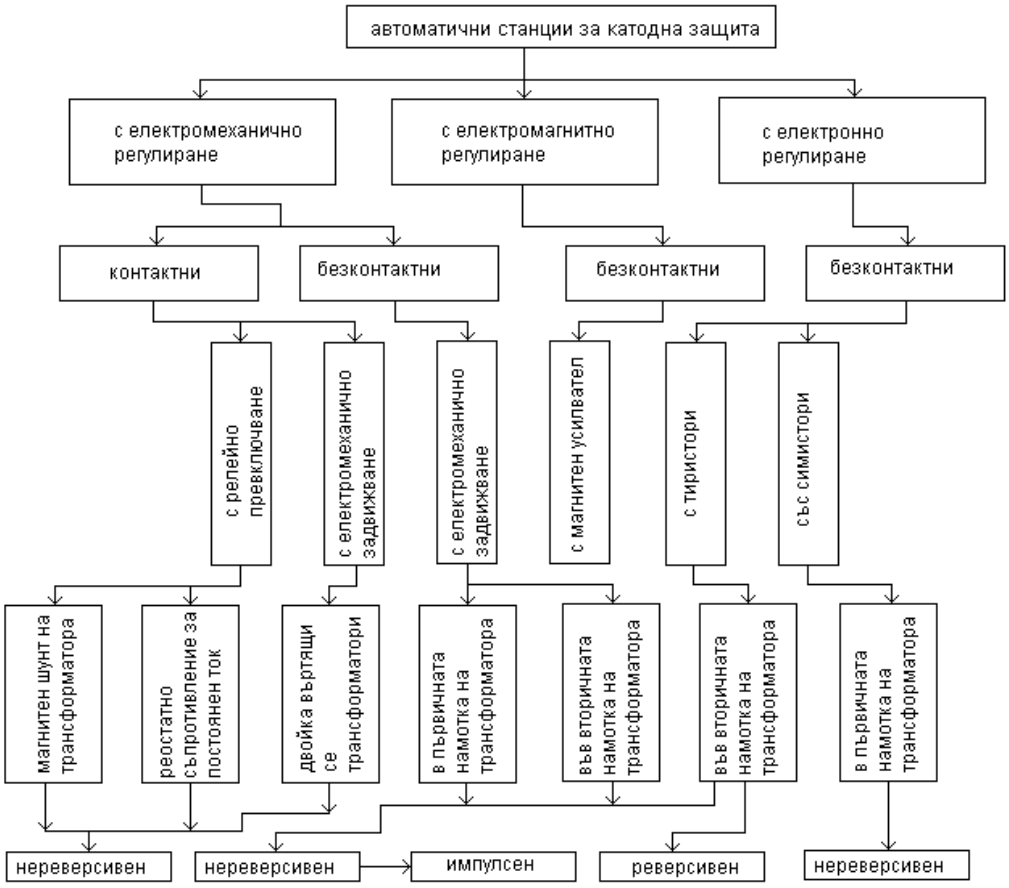
Класификация, предимства и недостатъци

Производството на катодни станции е добре развит отрасъл в Русия, Европа и САЩ. По вида на регулиращия орган автоматичните станции за катодна защита на подземни комуникации (АСКЗ) се класифицират в съответствие с фиг.1.

Автоматичните регулатори на потенциалната разлика „подземно съоръжение-земя", включени във веригата на променливия ток са статични. Те се състоят от устройства за установяване на зададената стойност на потенциалната разлика (задаващи устройства), устройства за измерване на фактическата потенциална разлика (измервателни устройства със стационарен медносулфатен електрод за сравнение), усилватели на мощност, изпълнителен орган, изменящ силата на тока във веригата на СКЗ.

Стационарният неполяризиращ медносулфатен електрод за сравнение е неотделима част от датчика за потенциала, както в автоматичните станции за катодна и дренажна защита, така и при телеконтрол на потенциала на подземните съоръжения.

Понастоящем болшинството от работещите станции са изпълнени или на изправители с директно изменение на изходното напрежение по пътя на превключване на коефициента на трансформация на силовия трансформатор, или във вид на тиристорно регулиране на изправителя със схема на стабилизация на изходния ток или напрежение. Двата вида станции съдържат голям понижаващ трансформатор, работещ на промишлена честота.



фиг.1. класификация на видовете катодни станции

Към станциите от първия тип (станции от ранно поколение) се отнасят (Бекман, 1984; Притула, 1996; Никитенко Е. А. ,1976; Волков Б. Г., 1975; Стрижевский И. В., 1968; Мелютин А. А., ,2001; Фрейман Л. И., 1999; Палашов В. В., 1998):

1. АСКЗ с релейно превключване на тока

В схемата на такава станция се използва релеен блок, който автоматично я изключва при определена потенциална разлика на съоръжението, превишаваща допустимата стойност [-(1,3-1,5)V], по медносулфатния електрод за сравнение и я включва при неголеми отрицателни [-(0,5-0,6)V] и положителни потенциални разлики (Никитенко Е. А. ,1976). Горната и долна граници на потенциалната разлика „подземно съоръжение-земя" се установява с контактен волтметър.

2. АСКЗ с електромагнитно задвижване на регулиращия орган.

Тук се отнасят станциите с:

а) магнитен шунт на трансформатора;

б) с въртящи се трансформатори;

в) с реостатно съпротивление във веригата на изправения ток.

И в трите случая преместването (на шунта на трансформатора, завъртането на двойката трансформатори и изместването на плъзгача на реостатното съпротивление) се осъществява с помоща на електродвигател, който се включва при крайните стойности на тока на СКЗ, съответстващи на диапазона на регулиране.

3. АСКЗ с магнитен усилвател.

В този случай предназначението на електромагнитното устройство е да регулира променливия ток със значителна мощност, с помощта на постоянен ток с малка мощност, тъй като с изменение на стойността на потенциалната разлика „тръба-земя" се изменя големината на постоянния ток в управляващата намотка на усилвателя.

Силовата намотка на магнитния усилвател може да бъде включена в първичната или вторичната намотка на трансформатора. Вторият вариант е по-рационален.

Станциите от първия тип не могат да осигурят стабилност на защитния потенциал на съоръжението при изменение на проводимостта на почвата, при позиционно регулиране на СКЗ в зона на блуждаещи токове. В този случай се забелязва неустойчива работа на поляризованото реле за постоянен ток, изискващо фина регулировка, причиняващо трептене и нагар на контактите и свързани с това откази в работата. Затова способства малкият диапазон на регулировка на релето (по-малък от 1 V). Това е причина блока за автоматизация на СКЗ с релейно превключване да има ограничено разпространение.

При регулиране на изправения ток на АСКЗ с помоща на реостатно съпротивление възникват загуби на електроенергия в реостата и се изменя общото съпротивление във веригата на АСКЗ. Катодната станция,

приведена в автоматично регулиране, работи със завишена мощност.

Магнитните усилватели с постоянен ток на изхода, могат да се използват в схемите за АСКЗ със средна мощност. С увеличаване на на изходната мощност на СКЗ с магнитни усилватели забележимо отстъпват на тиристорните по редица енергийни и експлоатационни параметри. Например, к.п.д. на двутактен магнитен усилвател с постоянен ток на изхода е примерно 17% (Никитенко Е. А. ,1976). 3]. Това означава, че за осигуряване на товара на мощност 1 kW, реверсивна АСКЗ трябва да съдържа два магнитни усилвателия с мощност примерно 6 kW и силов трансформатор със същата мощност. Това изисква увеличаване на габаритните размери и маса на уредите до граници, изключващи възможността от тяхното използване в качествено СКЗ.

Трябва да се отбележи обаче, че регулатор с реостатно съпротивление във веригата за постоянен ток може да бъде монтиран на катодна мрежова станция от всякакъв тип. При АСКЗ с магнитен усилвател отсъстват движещи се части, надеждни са и при работа продължително време, нечувствителни са към претоварване.

Анализът на АСКЗ на подземни комуникации по принципа на регулиране позволява да се открият някои общи тенденции на автоматизацията и преди всичко отдаване в товара на значителна мощност, при неголеми габаритни размери на станциите, добри енергийни показатели и висока надеждност. Тези изисквания са продиктувани от условията за експлоатация на устройствата за защита от корозия. Особено актуални са те понастоящем във връзка със значителния ръст на дължината на магистралните газопроводи и други подземни съоръжения, развитие на много тръбопроводни системи, а също и стареенето на изолационните покрития.

Увеличаването на изходната мощност на СКЗ при ограничаване на габаритните им размери и маса неизбежно води до използването в силовите блокове на полупроводникови елементи. Експлоатационните и технически параметри на съвременните управляеми изправители са на такова ниво, което позволява с успех използването им в АСКЗ, създавайки висока надеждност, дълъг живот, удобство при експлоатация и сравнително не скъпи устройства. Те се използват в схемите на АСКЗ с предпочитание, пред електроконтактната силова апаратура. Това са СКЗ от втория тип т.е. от по-късното поколение. Те допускат работа в автоматичен режим и могат да осигурят достатъчна стабилност на защитния потенциал даже на силно изменяща се във времето агресивност на почвата или при въздействие на блуждаещи токове. Към тези станции се отнасят:

1. АСКЗ с електронно регулиране. В качеството на регулиращ орган се използват управляеми полупроводникови изправители – тиристори. Включването на тиристора се извършва с помощта на сигнал за управление, подаван от управляващия електрод. При изменение на полярността на външното напрежение тиристорът може да се превключва от запушено състояние в отпушено и обратно. Изключването се извършва с премахването на положителната потенциална разлика на главните електроди на тиристора. В някои АСКЗ като регулатор вместо тиристори се използват симистори.

2. Реверсивни АСКЗ. Тяхното създаване е във връзка с особеностите на корозията на оловото и алуминия. Но реверсивните АСКЗ са универсални и намират приложение и при защита от електрокорозия на стоманени съоръжения. Създаването на реверсивни АСКЗ, отговарящи на съвременните е чрез използването на тиристорите.

3. АСКЗ от импулсен тип. Едно от направленията за повишаване на икономическата ефективност на катодната станция е използването на метода на прекъсната катодна поляризация и понижаване на разхода на електроенергия. Ако при действието на непрекъсната катодна защита стойността на защитния потенциал на подземното съоръжение се осигурява с постоянна плътност на тока, то методът на прекъсната защита се състои в това, че АСКЗ периодично се изключва с автоматично устройство – електронно реле за време.

От направения анализ като недостатъци на съществуващите станции за катодна защита могат да се посочат:

- нисък к.п.д;
- големи габарити и маса;
- ограничен диапазон на изменение на входното напрежение, чрез което се осигуряват основните технически параметри на станцията;
- нисък коефициент на използване на мощност на входа, при което той значително намалява при понижаване на натоварването на станцията.

Съвременните катодни станции трябва да осигуряват възможност за работа в два режима:

- автоматично пъддържане на зададената стойност на защитния потенциал на защитаваното съоръжение;
- стабилизация на напрежението на изходните клеми на станцията.

Съвременната станция за катодна защита трябва да притежава редица качества, отличаващи я от станциите на предишните поколения, а именно:

- висок коефициент на използване по мощност на входа, което ще намали енергопотреблението на станцията;
- основните електрически параметри да се запазват в широк диапазон на изменение на напрежението на захранващата електрическа схема;
- станцията да съдържа елементи, предотвратяващи излизането от строя на нейни възли при атмосферни пренапрежения и мощни електромагнитни смущения, както във веригата на мрежовото напрежение, така и във веригата на товара;
- да съдържа устройство за защита, изключващо силовите преобразуватели при продължително претоварване във веригата на защитния ток, което предотвратява нарушаването на топлинния режим на елементите на станцията;
- станцията да може да работи в режим на късо съединение на товара без ограничения във времето и

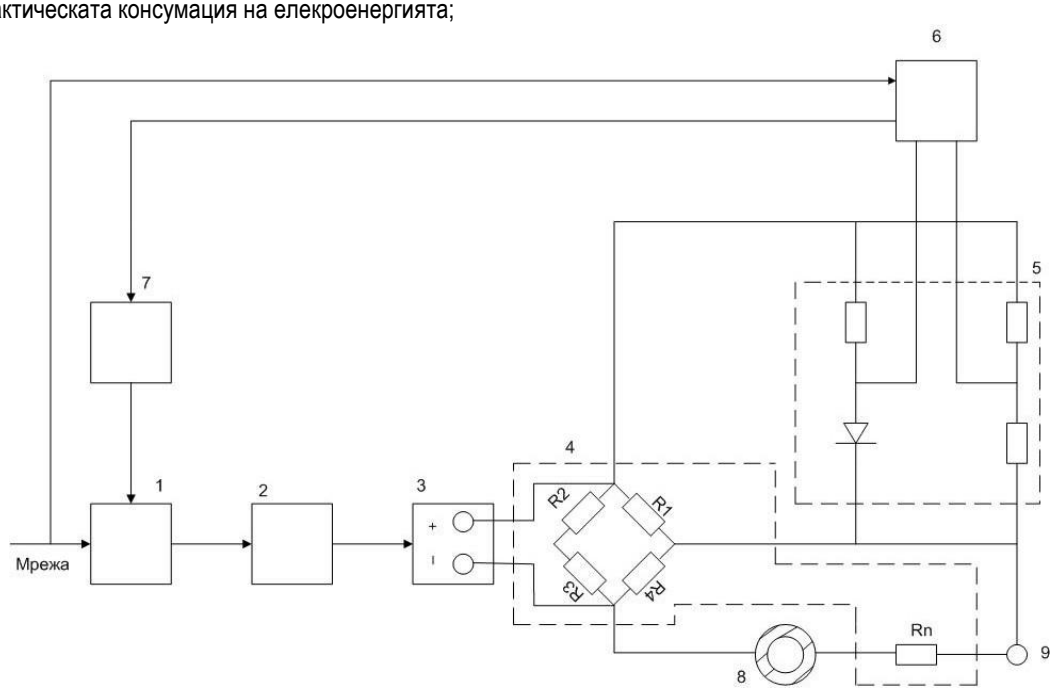
автоматично да влиза в зададения режим на работа след отстраняване на късото съединение на товара;

- да осигурява автоматично включване в работа в зададения режим при възстановяване на захранващото напрежение в случай на прекъсване на електроснабдяването;
- станцията да съдържа вграден термоизлъчвател, изключващ силовата част на електромрежата в случай на превишаване на температурата на въздуха в корпуса по-висока от прието ниво (например +80^{0}C), при това да се осигури нейното автоматично включване на работа в зададения режим при нейното автоматично включване при спадане на температурата на въздуха по-ниска от прието ниво (например +40^{0}C);
- да осигурява отвеждане на блуждаещите токове от захранващото съоръжение към анодния заземител при отсъствие на захранващо напрежение на станцията;
- станцията да е снабдена с измервателни уреди, позволяващи измерване на напрежението на изходните й клеми, на защитния потенциал на съоръжението по отношение на електрода за сравнение и на защитния ток;
- станцията да е комплектована с електромер, с помощта на който потребителят да заплаща електроенергията не по номинална мощност на устройството, а за фактическата консумация на елекроенергията;
- станцията да може да се комплектова със степенно режимно устройство за превключване на изходния ток, което допълнително ще позволи икономия на консумираната електроенергия;
- Станцията да е с възможности за включване на устройство за дистанционно задаване, регулиране и контрол на режима на работа на параметрите.

Автоматична катодна станция

В статията се предлага схема на автоматична катодна станция с уравновесяване на измервателен мост чрез съпротивлението на почвата, включено в едно от раменатa на моста.

На фиг. 2 е дадена схема на АСКЗ, където: 1 е регулатор на напрежение; 2-трансформатор; 3 - изправителен мост; 4 - уравновесен мост, състоящ се от съпротивленията R_1, R_2, R_3, R_4 и $R_п$ (съпротивление на почвата); 5 – блок за сравнение; 6 - усилвател; 7 - блок за управление на тиристор; 8 - защитавано съоръжение; 9 - анодно заземление.



фиг.2. Автоматична станция за катодна защита

АСКЗ работи по следния начин. При включване в мрежата на регулатора на напрежение 1, регулируемото напрежение постъпва в понижаващия трансформатор 2, който понижава и галванично разделя пониженото напрежение от мрежата. Изправителният мост (по схемата на Грец) 3, преобразува вторичното напрежение в постоянно, с което се захранва мостът 4. Последният се уравновесява при ефективна защита с участието на съпротивлението на почвата $R_п$. В блока за сравнение 5 постъпва сигнал, само в случай, когато уравновесеният мост се разбалансира. Това става под въздействието на промяна на съпротивлението на почвата $R_п$, независимо от това, от кого е предизвикано (почвени, атмосферни, топлинни, подводни и други смущаващи фактори). В едно от раменатa на моста са включени последователно анодното заземление, съпротивлението на почвата $R_п$ и защититаваното съоръжение. Това рамо е свързано паралелно със съпротивлението R_4. Посредством кабел, анодното заземление 9 е свързано с плюсовата клема на изправителя, а защитното съоръжение – към минусовата.

Сигналът на изхода на измервателния мост се съгласува със стойността на съпротивлението на почвата. При неговото намаляване сигналът нараства, при увеличаване – намалява. По такъв начин, всяко изменение на съпротивлението на почвата във веригата на катодната

защита, шунтиращо едно от рамената на измервателния мост, предизвиква неговото разбалансиране, при което сигналът постъпва в блока за управление 5 на усилвателя 6, блока за управление на тиристора 7, който въвежда регулатора на напрежение 1 в необходимия режим.

Така, в зависимост от съпротивлението на почвата, катодната станция работи в автоматичен режим.

В разгледаните по-преди АСКЗ автоматичното поддържане на катодната защита се осъществява, като сигналът за обратна връзка се избира по потенциала на медносулфатния електрод за сравнение, намиращ се в контакт с корозионната среда. Това е трудно изпълнимо в условията на почва и водна среда, не е удобно в работата. При това не се достига напълно стойността на потенциала за катодна защита, доколкото ефективно действие на електрическия ток във веригата на катодната станция не може да бъде съгласувано. Причината за това е, че $I = \frac{U}{Z}$ е токът във веригата на катодната станция, а $I = \delta.dS$ е токът в почвата. Токът I е скаларна величина, а плътността на тока δ - векторна величина. Затова при един и същи ток I във веригата на катодната защита, неговата ефективност на действие във фазата „почва" зависи от вектора на плътността на тока и може рязко да се изменя при различните измервания в зависимост от почвените и атмосферни условия. Така, при един и същи ток или напрежение на катодната защита, ефективната стойност на тока в почвата за различни почвени и атмосферни условия ще е различно, макар потенциалът на защитаваното съоръжение да е съхранен.

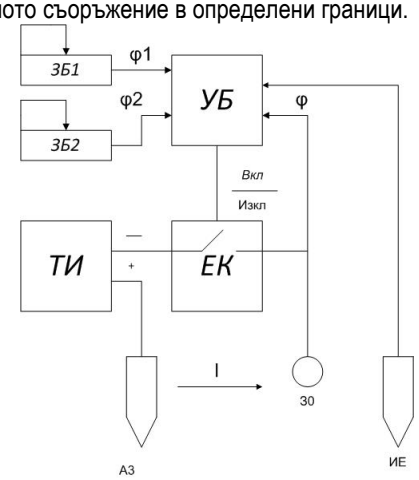
Предложената схема на АСКЗ, работеща със стабилизация посредстом съпротивлението на почвата, не отговаря на всички изисквания на една съвременна катодна станция, но тя има следните предимства пред някои от съществуващите:

1. Просто устройство;
2. Безконтактен начин на регулиране на управляващия сигнал;
3. Липсва медносулфатен датчик за сравнение, поставен в почвения електролит, работата на който може да се прекъсне заради разкопка на почвата, или да се наруши точността поради изменение на концентрация в самия медносулфатен електрод;
4. Представената катодна станция е с възможност и за контрол на изменението на омическото съпротивление на защитаваното съоръжение, придизвикващо електрохимичната корозия.

Посочените предимства показват перспективност и ефективност на предложената схема за автоматична катодна станция със стабилизация посредством съпротивлението на почвата.

Катодна защита с прекъснато подаване на тока

За осигуряване на импулсно подаване на ток на защитаваното подземно метално съоръжение се предлага устройство, което може да се монтира във всяка станция за катодна защита. Схемата на автоматизираната система за регулиране режима на работа на катодната станция чрез контрол върху големината на защитния потенциал на защитаваното подземно съоръжение е дадена на фиг.3, където: ТИ е токоизправител; ЗС – защитавано съоръжение; ИЕ – измервателен електрод за сравнение); ЕК – електронен ключ; УБ – управляващ блок; ЗБ1 и ЗБ2 - задаващи блокове за поддържане на потенциала на защитаваното съоръжение в определени граници.



фиг.3. Автоматично устройство с прекъснато действие

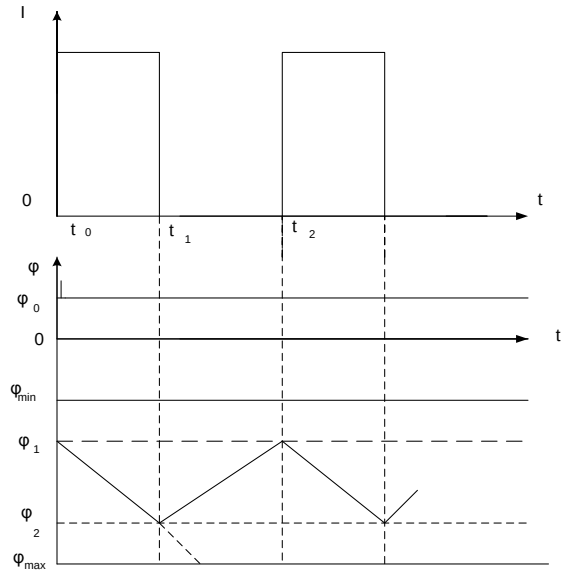
Токоизправителят ТИ е свързан с плюсовия си извод към анодния заземител АЗ, а с минусовия – през електронния ключ ЕК към защитаваното съоръжение ЗС. Електронният ключ се управлява от управляващия блок УБ, който следи потенциала φ на защитаваното съоръжение, измерван с помощта на измервателния електрод ИЕ. Чрез блоковете ЗБ1 и ЗБ2 се задават границите φ_1 и φ_2, в които трябва да се поддържа големината на потенциала φ на защитаваното съоръжение.

При затворен ЕК протича ток по веригата: плюсов извод на ТИ, АЗ, ЗС, ЕК, минусов извод на ТИ. При това потенциалът φ на ЗС спрямо земя е отрицателен и нараства по абсолютна стойност до φ_2 (фиг.4) в интервала от време t_0 до времето t_1. Ако токът I е достатъчно голям и не се прекъсва, потенциалът φ може да стане по-голям от максималнодопустимия φ_{max}, при който започва разрушаване на антикорозионното покритие на защитаваното съоръжение. При $\varphi = \varphi_2$ чрез УБ се задейства ЕК и се прекъсва веригата на тока. Защитният потенциал започва да намалява по абсолютна стойност от горната зададена граница φ_2 до долната φ_1 в интервала от време от t_1 до време t_2. При $\varphi = \varphi_1$ чрез УБ се задейства ЕК и отново се възстановява веригата на тока I и т.н. процесът се повтаря. Ако в момента от време t_2 не се възстанови веригата на тока I потенциалът φ на ЗС продължава да намалява под долния защитен минимум φ_{min} до нула и се стреми към φ_0, т.е. защитаваното съоръжение добива положителен потенциал, какъвто би имало ако липсваше катодна защита.

Продължителността на превключванията зависи от параметрите на системата „подземно съоръжение-земя".

В морска вода процесът на изменение на потенциала става много бавно и може да продължи няколко часа. В почва понижаването на потенциала след изключване на защитата става сравнително бързо, в някои случаи може

да се измерва в минути. Съотношението между първия стадий на процеса - времето на поляризацията на подземното съоръжение $T_П$ (АСКЗ е включена и $I'_{АСКЗ}= I_П$) и втория стадий – времето на неговата деполяризация $T_Д$)АСКЗ е изключена и $I''_{АСКЗ}=0$) характеризира ефекта на метода. Практически $T_П/ T_Д=0,1÷0,9$ (Никитенко Е. А. ,1976).



Фиг.4. времедиаграма на работа на импулсното устройство

На стойността на $T_Д$ значително влияние оказва състоянието на изолацията на съоръжението и природата на почвата. Настройката на АСКЗ се извършва по данни от експериментални включвания на конкретен участък по трасето на защитаваното съоръжение.

Изводи:

1. Предложена е автоматизирана система за регулиране на работата на катодна станция, при което големината по абсолютна стойност на защитния потенциал φ на защитаваното съоръжение автоматично се поддържа в границите $\varphi_1 > \varphi_{min}$ до $\varphi_2 < \varphi_{max}$.

2. Превключваното се извършва по безконтактен начин от електронен ключ, който се управлява от управляващ блок. При съществуващи катодни станции превключванията се извършват от волтметрово реле (контактен волтметър), а времето се отчита от реле за време.

3. При повреда в изолацията на съоръжението цикличността на работа на катодната станция се променя. По такъв начин, изменението на цикличността на работа на импулсната катодна защита представлява допълнителен контрол за състоянието на изолацията на подземното съоръжение.

4. Системата с прекъснат режим на работа по ток, осигурява по-висок к.п.д на катодната станция по отношение на катодните станции работещи при непрекъснат режим.

5. Подобен режим на работа на катодната станция увеличава не само икономията на електроенергия, но и срока на служба на анодните заземители и позволява сравнително бързо да се изкупят допълнителните капиталови разходи.

Литература

Бекман В, Швенк К, „Катодная защита от коррозии", Москва, изд. Металургия, 1984г

Притула "Перспективы развития и совершенствования в России электрохимической защиты стальных трубопроводов и резервуаров от почвенной коррозии" – Защита металлов, 1996, том 32, №4 с. 406-411

Никитенко Е. А. „Автоматизация и телеконтроль электрохимической защиты магистралных газопроводов", М. Недра, 1976

Волков Б. Г., Н. И. Тесов, В. В. Шуванов, „Справочник по защите подземных металлических сооружений от коррозии", Л., Недра, 1975г.

Стрижевский И. В., В.М. Левин, М. В. Тарнижевский „Методы борьбы с электрокорризией городских трубопроводов", М., 1968

Мелютин А. А., А. А. Метельский, В.П. Алявден, Б.А. Тоболтанев „Система катодной защиты магистралных трубопроводов от коррозии", RU 02161663,2001

Фрейман Л. И., Ремезкова Л. В., Кузнецова Е. Г., Солодченко Н. М., RU 214107 "Устройство для контроля степени локальной коррозии металлических сооружений" публ. 20.12.1999г.

Палашов В. В., Светлов А.Н., RU 2102532, "Автоматическая катодная станция" публ. 20.01.1998г.

Препоръчана за публикуване от
Катедра „Електротехника", МЕМФ

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

ПРОЕКТИРАНЕ НА БАЗА ДАННИ ЗА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА КАТОДНА ЗАЩИТА

Мила Илиева[1],Теодора Христова[1]

[1]Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, e-mail teodora@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Въз основа на вече определени обекти и функции на обектите от системата за катодна защита са определени атрибутите, необходими за изграждането на база данни за управление на процесите по защита от корозия.

DESIGN OF DATABASE MANAGEMENT SYSTEM CATHODIC PROTECTION

Mila Ilieva[1] , Teodora Hristova[1]
Mining and Geology University "St. Iv. Rilski", 1700, Sofia, e-mail teodora@mgu.bg

ABSTRACT. On the basis of certain objects and features of the objects of cathodic protection system defined attributes necessary to build a database for managing processes on corrosion protection.

Въведение

В съвременните условия на развитие на информационните услуги е препоръчително изграждането на единни системи за управление и контрол на обектите. Това включва не само техническото обслужване на системата, но и определянето на икономическите параметри, възприети като политика на фирмата. Съвременните производители предлагат пълно техническо оборудване за защита на газопроводите от корозия и следене на нужните параметри. Тенденциите са насочени към развиване на дистанционни информационни мрежи и бази данни за следене на характеристиките на защитата, като има само един диспечерски пункт, от който тя се управлява. За постигане на ефективност на процесите е необходимо да се изгради обща система за наблюдение и контрол на параметрите на цялата тръбопроводна мрежа, както и да се отчете ефективността от приложените превантивни мерки. Една такава система трябва да включва в себе си не само технически, но и икономически параметри като брой работници, цена на поддръжката, планови ремонти и други. Данните от тази система се записват в база данни. Въз основа на история на процесите, запазени в базата, чрез управляващ алгоритъм или мениджърско решение се изработват управляващи въздействия.

Методология

1. Разработване на поект

За постигане на независимост на данните при обработка, търсене и обновяване на данните към СУБД се налагат следните изисквания:

- разделяне на описанието на данните от тяхната обработка
- логическа и физическа независимост
- минимално излишество на данни в БД
- удобен и мощен интерфейс
- ефективна обработка на заявките
- осигуряване на цялостността на данните т.е. логическа непротиворечивост и секретност на данните на отделните потребители.

В една база данни основното понятие е обект. Като обект може да се определи всяко множество с общ набор от характерни свойства, които го представят достатъчно точно. Прието е множествата от еднотипни обекти да се наричат *класове от обекти*, а свойствата които ги характеризират – *атрибути*. Всеки атрибут е величина, която е определена от име и множество от допустими стойности или, както по-често се нарича, *област на атрибута*. Допустимо е различни атрибути да имат една и съща област. За всеки клас от обекти може да бъде определен един или група от няколко атрибута, които еднозначно идентифицират всеки обект от класа. Този атрибут или група от атрибути се нарича *ключ за класа от обекти*. Всеки клас от обекти има поне един ключ. Това следва от факта, че в класовете от обекти се съдържат само различни помежду си обекти.

За създаването на база данни, обслужваща системата „катодна защита", първо се определят класовете управлявани обекти :(УО) за участниците, обекта на управление и начина на управление. Участниците са: Мениджър Катодна защита – УО **ManagerCP** и Изпълнител Катодна защита – УО **EmployeeCP**. Обект на управлението са: катодна защита – УО **Cathode Protection**, мениджър Катодна защита и изпълнител Катодна защита. Параметрите на обектите за управление се задават чрез профил – УО **Profile**. Елементите на управлението се

изразяват чрез функционалните области: УО **Configuration**, УО **Maintenance**, УО **Security**, УО **Accounting** и УО **Performance (**Илиева-Обретенова, М., Христова, Т).

Проектирането на базата данни (Ернандес, Майкъл Х,2007) е свързано със създаването на проект т.е. на определен модел на структуриране на данните. Етап от този процес е изборът на класове от обекти, съответните им набори от атрибути, както и отношенията и връзките, които съществуват между обектите на различните класове. Утвърдили са се три модела данни в съвременната теория и практика на бази данни:

1. Релационен модел, основаващ се на понятието отношение или релация.
2. Мрежов модел, основаващ се на ориентираните графи.
3. Йерархичен модел, ползващ "гори" от дървовидни структури.

За постигане на ефективност на работа на системата за управление на катодната защита и проектираната към нея база данни е избран релационен модел.

2. Избор на език за бази данни

Изборът на език за описание на данните зависи от различни величини – атрибути, логически записи и файлове, релации, честота на обновяване на данните.

SQL включва в себе си голям брой оператори за достъп и дефиниция на данните в базата. Има възможност чрез операторите си и променливите на обкръжаващия го главен език да предава данни в собствените си отношения (релации). Най-новите бази данни с графичен интерфейс са MS ACCESS, Oracle и други. Недостатък на Access е, че при по-големи бази данни се наблюдава значително забавяне на програмата.

Програмата FoxPro позволява да се извлича информация за определени записи от различните таблици в базите данни, чрез заявки. Тази форма позволява и сортиране и извличане на исканите записи според подбран от нас принцип, аритметични действия с цифровите записи и др. Базата дава възможност за оформянето на отчети.

При необходимост от голям брой записи в таблиците и релации тип 1:n и n:m обикновено се използват комерсиални бази данни като ORACLE, SYBASE или свободни разработки - POSTGRESQL, MYSQL.

За разработване на база данни за обслужване на системата на катодна защита се избира език java, който е обектно-ориентиран. Негова основна концепция са класовете, които се дефинират чрез свойствата (атрибутите) и поведението (методите) на обектите. Това прави този език подходящ за обслужването на информационните потноци при управлението на катодната защита. Няма глобални променливи и функции – всичко се дефинира в класове. За разлика от C++, където има множествено наследяване, в java то е заместено от интерфейси. Синтаксисът на java е сходен с този на C++ и преминаването от този език към java е лесно. На java се разработва изключително разнообразен софтуер: офис приложения, уеб приложения, настолни приложения, приложения за мобилни телефони, игри и много други.

Кодът, написан за java не се компилира до машинен код за определен процесор, а до специфичен за езика код, наречен байт код. Поради това за изпълнението на програма, написана на java, е необходима т. нар. Виртуална машина. Подобна реализация има своите предимства и недостатъци. Сред главните предимства са:

- Лесна преносимост между различните платформи (софтуерни или хардуерни) – веднъж написана и компилирана, една java програма може да бъде стартирана на компютри независимо от архитектурата или от операционната им система. За целта е необходимо само да се инсталира виртуална машина за съответната платформа;
- Допълнителни действия, извършвани от виртуалната машина са: освобождаване на паметта от обекти (класове), които не се използват, проверка за размерността на масивите и др.
- Възможности за контрол на правата на потребителя на ниво виртуална машина;
- Първоначално заделяне на heap, част от паметта, резервирана за java;
- Висока степен на сигурност поради факта, че програмистите не работят директно с паметта.

Главен недостатък е необходимостта от допълнителни ресурси (под формата на процесорно време и памет) за изпълнението на самата виртуална машина.

При създаването на информационна система е необходио да се определят приоритетите на достъп и да се осигури защита. Контролът на данните е вграден в описанието на защитата на базата от нерегламентиран достъп. Администраторът на създадената база данни трябва да има следните функции:

- следене за правилното поддържане на данните и недопускането на конфликтни точки между различните групи потребители;
- определяне на паролната дума, позволяваща пълния достъп до всички релации в базата данни, в документацията на системата, като изрично обяви, че използването й крие опасност за нарушаване целостта на данните;
- смяна на паролните думи при необходимост или при желание на възложителя, без да злоупотребява с това;
- защита на данните, която да осигури максимална ефективност при използването им от различните групи потребители;
- следене на работата на крайните потребители, за да установи реалните им изисквания към базата данни;
- архивиране и възстановяване на базата от данни.

Резултати

В този параграф са описани класове управлявани обекти с атрибути и операции – права за достъп на действащите лица. Представени са функционални области: Поддържане на катодна защита (Edwards, Anthony V., Robert J. Whitaker, 2008), Технически характеристики на катодна защита (Baggiolini, Vitto,2008) и Достъп на изпълнител до системата (Ford, David,2003).

Таблица 1.
Класове управлявани обекти за Поддържане на катодна защита

Обект	CPMaintenance – Поддържане на катодна защита
Атрибути	CPMaintenanceId – Идентификатор на поддържане на катодна защита EMaintenanceIdList – Списък с идентификатори на Поддържане от служител
Бележки	CPMaintenanceId се чете от мениджъра. EMaintenanceIdList съдържа списък с идентификаторите на задълженията на различните служители за безотказна работа на системата. Списъкът се попълва от мениджъра, а всеки служител чете своите задължения.

Обект	PreventiveFunction – Превантивна функция, която се стартира през определени интервали от време
Атрибути	PreventiveFunctionId – Идентификатор на превантивна функция FunctionDescription – Описание на превантивната функция, кои елементи наблюдава и какво наблюдава AggregationFrequence – Интервал от време (честота), през който се стартира функцията AvailabilityTime – Време за изпълнение на функцията WorkLoad – Работно натоварване по време на изпълнение на функцията PossibleMonitoring – Възможно наблюдение по време на изпълнение на функцията
Бележки	PreventiveFunctionId и FunctionDescription, AvailabilityTime, PossibleMonitoring се четат и попълват от мениджъра. AggregationFrequence се избира от мениджъра. WorkLoad се записва автоматично в момента на стартиране на функцията.

Обект	Result – Резултат след стартирането на превантивната функция
Атрибути	ResultId – Идентификатор на резултат ResultDescription – Описание на резултата
Бележки	ResultId се чете от мениджъра и служителя. ResultDescription се попълва автоматично от системата. Съобщението може да бъде “Всички елементи са в изправност” или “Открит е проблем в участък ... . Стартирай тестваща функция!” и се чете от мениджъра.

Обект	TestingFunction – Тестваща функция
Атрибути	TestingFunctionId – Идентификатор на тестваща функция TestingInstance – Реализация на тестването: съдържа обекта на тестващата функция, кой елемент се тества
Бележки	TestingFunctionId – се чете от мениджъра и служителя. TestingInstance може да се попълва автоматично от системата, когато се тестват няколко елемента последователно, или се попълва от мениджъра, когато се тества само един елемент

Обект	Localization – Локализация на повреда
Атрибути	LocalizationId – Идентификатор на локализация LocalizationDescription – Описание на елемента, в който е открита повреда: номер, име и местоположение FaultInfoId – Идентификатор на повреда
Бележки	LocalizationId и FaultInfoId се четат от мениджъра и изпълнителя. LocalizationDescription се попълва автоматично от системата.
Обект	AlarmLog – Журнал Аларми, В него се записват аларми за повреди, които не са открити от превантивната функция
Атрибути	AlarmLogId – Идентификатор на журнал Аларми NumberOfRecords – Брой записи
Бележки	AlarmLogId и NumberOfRecords се четат от мениджъра и изпълнителя.

Обект	AlarmRecord – Запис Аларма, аларма за повреда, която не е открита от превантивната функция
Атрибути	AlarmRecordId – Идентификатор на запис Аларма PerceivedSeverity – Приоритет ListOfSuspectObjects – Списък на заподозрените обекти MessageText – Текст на съобщението RepairAction – Действие по възстановяването MonitoredAttributes – Наблюдавани атрибути/величини BackupStatus – Статус на запомняне FaultInfoId – Идентификатор на повреда
Бележки	Атрибутите се четат от мениджъра

Обект	HandLog – Журнал Ръчно открити повреди
Атрибути	HandLogId – Идентификатор на журнал Ръчно открити повреди NumberOfRecords – Брой записи FaultId – Идентификатор на повреда, открита ръчно
Бележки	Атрибутите се четат от мениджъра

Обект	EMaintenance – Поддържане от изпълнител, съдържа задълженията на изпълнителя
Атрибути	EMaintenanceId – Идентификатор на поддържане от изпълнител
Бележки	Атрибутът се попълва от мениджъра, а се чете от изпълнителя

Обект	FaultInfo – Информация за повреда за специфичен изпълнител
Атрибути	FaultInfoId – Идентификатор на информация за повреда ErrorCount – Брояч на повреди Date - Дата OperationUnits – Видове използвани елементи за отстраняване на повредата VolumeOfUsedUnits – брой използвани елементи
Бележки	FaultInfoId, OperationUnits, VolumeOfUsedUnits се попълват от мениджъра, а се четат от изпълнителя. ErrorCount и Date се попълват автоматично от системата и се четат от изпълнителя.

Обект	Fault – Повреда, открита ръчно
Атрибути	FaultId – Идентификатор на повреда, открита ръчно FaultList – Списък на повреди, които могат да се откриват ръчно
Бележки	FaultId се попълва от мениджъра, а се попълва от изпълнителя. FaultList се попълва от мениджъра, а се чете от изпълнителя. Могат да се добавят нови повреди или да се изтриват такива, които вече се откриват автоматизирано.

Таблица2.
Класове управлявани обекти за Технически характеристики на катодна защита

Обект	CPPerformance – Технически характеристики на катодна защита
Атрибути	CPPerformanceId – Идентификатор на технически характеристики на катодна защита EPerformanceId – Идентификатор на технически характеристики за изпълнител
Бележки	Атрибутите се попълват и се четат от мениджъра.

Обект	CPOperationLog – Журнал Технически характеристики на катодна защита
Атрибути	CPOperationLogId – Идентификатор на журнал Технически характеристики на катодна защита NumberOfRecords – Брой записи
Бележки	Атрибутите се четат и попълват от мениджъра.

Обект	ElementOperationLog – Журнал Наблюдение на елемент
Атрибути	ElementOperationLogId – Идентификатор на журнал Наблюдение на елемент NumberOfRecords – Брой записи ElementId – Идентификатор на елемент EOperationId – Идентификатор на намесата на изпълнител за коригиране на параметрите на елемент при установяване на отклонение.
Бележки	ElementOperationLogId, NumberOfRecords и ElementId се четат и попълват от мениджъра. EOperationId се чете и попълва от мениджъра и се чете от изпълнителя.

Обект	CPStatusReport – Рапорт за статус на катодна защита
Атрибути	CPStatusReportId – Идентификатор на рапорт за статус на катодна защита QosInfoId – Идентификатор на параметрите, които трябва да следи един изпълнител MediaOfReport – Медия на рапорта: хартия или електронен вид SecurityRights – Права за достъп LastDate – Дата ListOfParameters – Списък на параметрите, които следят всички изпълнители NumberOfRecords – Брой записи Employee – Име на служител, който следи даден параметър Functions – Допълнителни функции за мениджъра
Бележки	Атрибутите се четат и попълват от мениджъра. MediaOfReport може да се избира от мениджъра. ListOfParameters – Мениджърът може да избира кои параметри да се включат в рапорта.

Обект	EPerformance – Параметри на техническите характеристики, които трябва да следи един изпълнител
Атрибути	EPerformanceId – Идентификатор на параметрите на техническите характеристики, които трябва да следи един изпълнител
Бележки	Атрибутът се попълва от мениджъра, а се чете от изпълнителя.

Обект	QoSInfo – Информация за параметрите, които трябва да следи един изпълнител
Атрибути	EPot1 – Потенциална разлика „съоръжение-земя” EPot2 – Потенциал електрод-земята ECur – Защитен ток $EPot3_{1-n}$ – Защитен потенциал по дължина на съоръжението за конкретната точка на измерване
Бележки	Атрибутите се четат от изпълнителя, стойностите им се записват в системата. Граничните стойности се определят от мениджъра.

Обект	ESetting – Намеса на изпълнител за коригиране на параметрите на системата за катодна защита
Атрибути	ESen1 – Пробив в стената на тръбопровода ESen2 – Прекъсване на електрода ELev – Ниво на корозия на тръбопровода E Sen2 – Състоянието на изолацията
Бележки	Атрибутите се четат от изпълнителя, стойностите им се записват в системата. Граничните стойности се определят от мениджъра. При достигане на стойностите на атрибутите близки до граничните или при сигнал ESen2 и ESen1 се изпълнява алгоритъм от процедура AlarmRecord.

Обект	EOperation – Намеса на изпълнител за коригиране на параметрите на елемент
Атрибути	EOperationId – Идентификатор на намеса на изпълнител за коригиране на параметрите на елемент QoSOfOperation – Вид намеса, начин на извършване
Бележки	Атрибутите се попълват от мениджъра, а се четат от изпълнителя.

Таблица3.
Класове управлявани обекти за Достъп на изпълнител до системата за управление на катодна защита

Обект	EmployeeProfile – Профил на служител, съдържа цялата информация за наблюдение и контрол, свързана с един потребител
Атрибути	EmployeeProfileId – Идентификатор на профил на служител SecurityAccess – Достъп до защита
Бележки	Мениджърът попълва атрибутите, изпълнителят чете и пише в тях.

Обект	EConfiguration – Информация за конфигурация на системата
Атрибути	EConfigurationId – Идентификатор на информация за конфигурация на системата
Бележки	Мениджърът попълва атрибута, изпълнителят го чете.

Обект	RoutInfo – Географска карта с местоположението на датчиците
Атрибути	RoutInfoId – Идентификатор на географската карта с местоположението на датчиците
Бележки	Мениджърът попълва атрибута, изпълнителят го чете.

Обект	NPlan – План, съдържа данни за датчиците
Атрибути	NPlanId – Идентификатор на план с данни за датчиците Number – Номер Name – Име Location - Местоположение
Бележки	Мениджърът попълва атрибутите, изпълнителят ги чете.

Обект	EMaintenance – Поддържане от изпълнител, съдържа задълженията на изпълнителя
Атрибути	EMaintenanceId – Идентификатор на поддържане от изпълнител
Бележки	Атрибутът се попълва от мениджъра, а се чете от изпълнителя

Обект	FaultInfo – Информация за повреда за специфичен изпълнител
Атрибути	FaultInfoId – Идентификатор на информация за повреда ErrorCount – Брояч на повреди Date - Дата OperationUnits – Видове използвани елементи за отстраняване на повредата VolumeOfUsedUnits – брой използвани елементи
Бележки	FaultInfoId, OperationUnits, VolumeOfUsedUnits се попълват от мениджъра, а се четат от изпълнителя. ErrorCount и Date се попълват автоматично от системата и се четат от изпълнителя.

Обект	Fault – Повреда, открита ръчно
Атрибути	FaultId – Идентификатор на повреда, открита ръчно FaultList – Списък на повреди, които могат да се откриват ръчно
Бележки	FaultId се попълва от мениджъра, а се попълва от изпълнителя. FaultList се попълва от мениджъра, а се чете от изпълнителя. Могат да се добавят нови повреди или да се изтриват такива, които вече се откриват автоматизирано.

Обект	EPerformance – Параметри на техническите характеристики, които трябва да следи един изпълнител
Атрибути	EPerformanceId – Идентификатор на параметрите на техническите характеристики, които трябва да следи един изпълнител
Бележки	Атрибутът се попълва от мениджъра, а се чете от изпълнителя.

Обект	QoSInfo – Информация за параметрите, които трябва да следи един изпълнител
Атрибути	EPot1 – Потенциална разлика „съоръжение-земя” EPot2 – Потенциал електрод-земя ECur – Защитен ток $EPot3_{1-n}$ – Защитен потенциал по дължина на съоръжението за конкретната точка на измерване
Бележки	Атрибутите се четат от изпълнителя, стойностите им се записват в системата. Граничните стойности се определят от мениджъра.

Обект	ESetting – Намеса на изпълнител за коригиране на параметрите на системата за катодна защита
Атрибути	ESen1 – Пробив в стената на тръбопровода ESen2 – Прекъсване на електрода ELev – Ниво на корозия на тръбопровода E Sen2 – Състоянието на изолацията
Бележки	Атрибутите се четат от изпълнителя, стойностите им се записват в системата. Граничните стойности се определят от мениджъра. При достигане на стойностите на атрибутите близки до граничните или при сигнал ESen2 и ESen1 се изпълнява алгоритъм от процедура AlarmRecord.

Обект	EOperation – Намеса на изпълнител за коригиране на параметрите на елемент
Атрибути	EOperationId – Идентификатор на намеса на изпълнител за коригиране на параметрите на елемент QoSOfOperation – Вид намеса, начин на извършване
Бележки	Атрибутите се попълват от мениджъра, а се четат от изпълнителя.

Обект	ESecurity – Защита на системата, задължения на изпълнителя за защита на системата
Атрибути	ESecurityId – Идентификатор на защита на системата
Бележки	Атрибутът се попълва от мениджъра, а се чете от изпълнителя.

Обект	EAuthoriz – Оторизация на изпълнител, задължения
Атрибути	EAutrorizId – Идентификатор на оторизация на изпълнител EGroup – Група изпълнители AuthorizationType – Вид оторизация (задължения) Access – Достъп (парола) ObjectAttributeList – Списък с атрибути на обекта
Бележки	Атрибутите се попълват от мениджъра, а се четат от изпълнителя.

Обект	EAccounting – Осчетоводяване на изпълнител
Атрибути	EAccountingId – Идентификатор на осчетоводяване на изпълнител
Бележки	Атрибутът се попълва от мениджъра, а се чете от изпълнителя.

Обект	Remind – Напомняне за извършване на плащане
Атрибути	RemindId – Идентификатор на напомняне DateDue – Падеж Credit – Кредит Options – Опции за наказание SuggestedPayment – Предложение за плащане (краен срок) MediaOfReminder – Медия на напомнянето: хартия или електронен вид Notarisation - Заверка
Бележки	Атрибутите се попълват от мениджъра, а се четат от изпълнителя.

Обект	FinInfo – Съдържа данни за създаване на различни справки
Атрибути	FinInfoId – Идентификатор на справка MediaOfReport – Медия на справката: хартия или електронен вид DateDue – Дата ReportAttributeList – Списък с атрибути на рапорта
Бележки	Справките най-често се правят за изпълнител, за да се види неговото финансово състояние. За мениджъра е полезно да види финансовото състояние и натоварването на всеки от изпълнителите, участващи в обслужването. Мениджърът и изпълнителят могат да четат и попълват атрибутите. MediaOfReport, DateDue, ReportAttributeList могат да се избират от заявителя.

Обект	Invoice - Фактура
Атрибути	InvoiceId – Идентификатор на фактура MediaOfInvoice – Медия на фактура: хартия или електронен вид TypeOfBill – Вид фактура (данъчна или обикновена) Notarisation - Заверка
Бележки	Атрибутите се попълват от мениджъра, а се четат от изпълнителя.

Обект	Payment - Плащане
Атрибути	PaymentId – Идентификатор на плащане PaymentOptions – Опции на плащане PaymentVerification – Заверка PaymentFrequence – Честота на плащане
Бележки	Атрибутите се попълват от мениджъра, а се четат от изпълнителя.

Обект	Salary - Заплата
Атрибути	SalaryId – Идентификатор на заплата Currency – Валута, брой PaymentOptions – Опции на плащане CreditLimit – Лимит на кредит Taxes - Данъци
Бележки	Атрибутите се попълват от мениджъра, а се четат от изпълнителя. PaymentOptions, CreditLimit могат да се избират от мениджъра.

Обект	Limit – Лимит по финансови средства
Атрибути	LimitId – Идентификатор на лимит TotalLimit – Общ лимит (бюджет) PeriodLimit – Лимит за даден период ProductLimit – Лимит за даден продукт
Бележки	Атрибутите се попълват от мениджъра, а се четат от изпълнителя.

Обект	PayMode – Начин на плащане (в случай на съфинансиране и гъвкаво финансиране)
Атрибути	PayModeId – Идентификатор на начин на плащане CoFin – Съфинансиране FlexibleFin – Гъвкаво финансиране
Бележки	Атрибутите се попълват от мениджъра, а се четат от изпълнителя.

Изводи

- На базата на синтезираните изисквания за управление на катодна защита са описани класове управлявани обекти, които поддържат информационните модели, съответстващи на функционалните области. В статията са представени обектите за области: Поддържане на катодна защита, Технически характеристики на катодна защита и Достъп на изпълнител до системата за управление.
- Класовете обекти представят управляваните ресурси на катодната защита и действащите лица: Мениджър катодна защита и Изпълнител
- Класовете управлявани обекти са описани чрез атрибути и операции. Атрибутите характеризират обектите и отчитат корелацията между тях. Операциите представят правата за достъп на потребителите.
- На следващия етап се предвижда реализация на информационната система за управление на катодна защита.

Литература

Ернандес, Майкъл Х., "Проектиране на бази от данни", СофтПрес ООД, 2007

Илиева-Обретенова, М., Христова, Т., "Проектиране на информационен модел за управление на катодна защита", под печат

Baggiolini, Vitto, Jurgen Harms, "Towards Automatik Run-time Fault Management for Component-Based Applications", http://www.springerlink. com/content/k238r03325284t25/, 2008

Edwards, Anthony V., Robert J. Whitaker, "Fault Management: A Functional View of Root Cause Analysis and Correlation", http://www.tavve.com/EV_White_paper.pdf, 2008, pp. 90-101

Ford, David, Lars Erik-Gadde, Hakan Hakansson, Ivan Snehota, "Managing Business Relationships", 2nd ed., Wiley, Chichester, 2003, pp.15-30

Препоръчана за публикуване от катедра „Електротехника", МЕМФ

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПАРАМЕТРИ НА СИЛОВ ПРЕОБРАЗУВАТЕЛ ЗА МАГНИТЕН СЕПАРАТОР С РАЗМАГНИТВАЩА ФУНКЦИЯ

Ромео Александров

Минно-Геоложки Университет "Св. Иван Рилски" – София 1700 България

РЕЗЮМЕ. Предлага се електрическа схема за импулсно управление на магнитен сепаратор, позволяваща създаването на променливо магнитно поле с постепенно намаляващ интензитет, чрез включване на допълнителен затихващ колебателен контур. Схемата се базира на транзисторен прав импулсен преобразувател, като са добавени допълнителни пасивни и комутиращи полупроводникови елементи.

ELECTRICAL PARAMETERS OF POWER CONVERTER FOR MAGNETIC SEPARATORS WITH DEMAGNETIZATION FUNCTION

Romeo Alexandrov

University of Mining and Geology "st. Ivan Rilski" – Sofia 1700 Bulgaria

ABSTRACT. An electrical circuit for impulse control of a magnetic separator is proposed. That one enables formation of an alternating magnetic field with gradually diminishing intensity through adding of an extra attenuating oscillations circuit. It is based on a direct transistor impulse converter by means of some passive and commutating semiconductor elements.

Въведение

Различните магнитни свойства на минералите са в основата на сепарацията чрез магнитно поле. Магнитните свойства на веществата се характеризират с магнитна възприемчивост k_v и относителна магнитна възприемчивост χ в отношение $\chi=k_v/\delta$, където δ е плътност на веществото. Магнитната сила F_{magn} действаща на минерална частица с маса m поместена в магнитно поле се определя от зависимостта,

$$F_{magn} = m\mu_0 \chi H grad H$$

Магнитната сила F'_{magn} възникваща в силно магнитните минерали трябва да бъде равна или по-голяма от равнодействащата на всички механични сили F'_{meh}, действащи на тези минерали в направление противоположно на магнитната сила. $F'_{magn} \geq F'_{meh}$. От друга страна магнитната сила F''_{magn} възникваща в слабо магнитните минерали трябва да бъде по-малка от равнодействащата на всички механични сили F''_{meh} действащи на тези минерали. $F''_{magn} < F''_{meh}$. Относителна магнитна възприемчивост на силно магнитните минерали χ' е по-голяма от тази на по-слабо магнитните минерали χ", от което следва, че при еднаква сила на магнитното поле $F'_{magn} > F''_{magn}$.

В променливо магнитно поле магнитните частици, периодически се пренамагнитват и се ориентират, следвайки характера на полето. Ако интензитетът на магнитното поле е значително по-голям от стойността на коерцитивната сила на силно магнитните частици $H >> H_C$, последните се привличат към полюсите на магнитното система и образуват агрегати, както в постоянно магнитно поле, с тази само разлика, че частиците вибрират. Образува се "кипящ слой" от магнитна фракция. Зависимостта на интензивността на кипене от честотата на полето се определя по опитен път. Оптималната честота се движи от 15 до 20 *Hz*. Получените вибрации на частичките предават кинетична енергия на полепналите скални частици и увеличават големината на действащите върху тях механически сили F''_{meh}, без да се увеличава стойността на F'_{meh}.

Големината на вибрациите е по-голяма при частици с по-висока стойност на коерцитивната сила и се увеличава с намаляване на интензивността на полето. Когато интензитетът на магнитното поле е около два пъти по-малък от коерцитивната сила на магнитните частици те вече не се привличат към полюсите на магнита, а се отблъскват от тях. (Клисуранов Г., 1989)

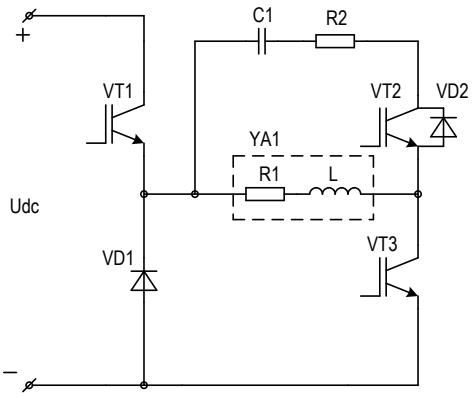
Предлага се електрическа схема за импулсно управление на магнитен сепаратор с възможност за създаване на променливо магнитно поле с постепенно намаляващ интензитет. Ако материалът е магнитно по-мек основният ефект ще се състой в размагнитването на частиците по

време на самата им обработка в активната зона на сепаратора. Размагнитването се прави с цел да се разрушат флокулите и така да се отделят механично включените немагнитни частици, които влошават качеството на магнитния продукт. Освен това флокулите задържат повече вода и се повишава влажността на филтрувания концентрат. (Ковачев К., Г. Клисуранов, 1987) При класическата технология процесът на размагнитване се извършва в отделни размагнитващи апарати. Размагнитването се извършва чрез многократно циклично пренамагнитване в променливо магнитно поле с постепенно намаляващ интензитет. Предполага се че при работа с магнитно твърд материал в края на всеки импулс феромагнитните частици ще преминават през различните етапи на въздействие върху тях. Първият е с получаване на интензивно кипящ слой от магнитна фракция, но привличащ се към електромагнитните полюси, когато интензитета на променливото магнитно поле е значително по-голям от стойността на коерцитивната сила на частиците. Плавно преминаване към следващите етапи – увеличаване на вибрациите, отблъскване и размагнитване в определена степен.

Схемата се базира на транзисторен прав импулсен преобразувател, като са добавени допълнителни пасивни и комутиращи полупроводникови елементи. Те осигуряват конфигурацията на схемата, както при работа за създаване на импулсно магнитно поле за отклоняване на силно магнитните частици, така и работа за размагнитването им чрез включване на допълнителен затихващ колебателен контур. Електромагнитния процес в колебателния контур създава променлив, постепенно намаляващ ток в електромагнитите на магнитния сепаратор. Развитието му е за сметка на запасената електромагнитна енергия в бобините на сепаратора. (Александров Р.)

Принцип и действие на схемата

На фиг. 1 е показана принципната електрическа схема за импулсно управление на магнитен сепаратор с допълнителна функция за размагнитване на феромагнитните частици. Електромагнитите YA1 от електромагнитната система на сепаратора на схемата са представени опростено чрез заместваща схема от линейни активно съпротивление R1 и индуктивност L.



Фиг. 1.

Създаването на токов импулс в електромагнитната система на сепаратора за придърпване на силно магнитните частици става чрез едновременното отпушване на транзисторите VT1 и VT3. Тогава токът протича от положителната точка на постояннотоковата шина през транзистора VT1 електромагнитите YA1 и транзистора VT3 към отрицателния полюс. Чрез допълнителни превключвания на VT1 по време на самия импулс, токът може да се управлява на принципа на импулсната модулация. Транзисторът VT3, по това време остава непрекъснато отпушен, като осигурява верига за тока на бобините и през диода VD1 при запушен VT1. Токовият импулс за отклоняване на силно магнитните частици завършва със запушването на двата транзистора VT1 и VT3. Едновременно с това се отпушва транзисторът VT2 снаден с паралелен диод VD2 за обратна проводимост. Този двупосочен електронен ключ осигурява протичане на затихващ променлив ток през бобините на електромагнитите, кондензатора C1 и допълнителния демпфериращ резистор R2. Включването на тази размагнитваща конфигурация на схемата става, когато токът през индуктивността има значителна стойност. Първата част на вълна на тока до спадането му до нула преминава през диода VD2, а отрицателната през отпушения транзистор VT2. Стойността на активното съпротивление във веригата е определяща за степента на намаляване на амплитудата на променливия ток. Следователно за времетраенето на размагнитващия процес. Съпротивлението на електромагнитната система е най-голямото от естествените активни съпротивления в колебателния контур. Във веригата е предвиден и допълнителен резистор R2 за настройване на параметрите на процеса. Особено за времетраенето му.

Определяне на тока в колебателния контур

Анализира се преходният процес в схемата след запушването на транзисторите VT1 и VT3 и отпушването на транзистора VT2. Активното съпротивление и индуктивността са известни. Доколкото електромагнитната система на сепаратора е определена по технологични съображения свързани с основната част на технологичния процес, а именно да се създава магнитно поле с определена сила за разделянето на минералните частици. Остава да се дадат зависимости за допълнителния резистор R2 кондензатора C1. Освен това трябва да се държи сметка за напреженията възникващи в схемата, на които са подложени не само елементите на разглеждания контур, но и другите елементи от схемата. За решаването на тази задача е удобно първо да се намери токът в колебателния контур на схемата.

По втори закон на Кирхоф се записва

$$Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C}\int_0^t i(t)dt + u_c(0) = 0 \qquad (1)$$

Началните условия са: $u_C(0) = 0$; $i(0) = I_0$, където I_0 е токът в момента на запушването на транзисторите VT1 и VT3, $R1 + R2 = R$ е общото активно съпротивление, а с C е означен капацитетът на кондензатора C1.

След диференциране по времето *t* се получава следното хомогенно линейно диференциално уравнение от втори ред с постоянни коефициенти.

$$L\frac{d^2i}{dt^2}+R\frac{di}{dt}+\frac{1}{C}i=0 \quad (2)$$

Решението му е

$$i(t)=K_1e^{\rho_1 t}+K_2e^{\rho_2 t} \quad (3)$$

където ρ_1 и ρ_2 са корените на характеристичното уравнение,

$$\rho_{1;2}=\frac{-R\pm\sqrt{R^2-4\frac{L}{C}}}{2L} \quad (4)$$

След което изразът за преходния процес на тока го записваме по следния начин,

$$i(t)=e^{-\frac{R}{2L}t}\left(K_1e^{\frac{\sqrt{R^2-4\frac{L}{C}}}{2L}t}+K_2e^{-\frac{\sqrt{R^2-4\frac{L}{C}}}{2L}t}\right) \quad (5)$$

По условие задачата е да се създаде колебателен преходен процес. Тогава корените на характеристичното уравнение ρ_1 и ρ_2 са комплексни числа.

$$R^2-4\frac{L}{C}<0 \quad (6)$$

Степенният показател в скобите го записваме, като

$$j\varphi=\frac{\sqrt{R^2-4\frac{L}{C}}}{2L} \quad (7)$$

След заместванията се получава аналитичния израз за тока по време на преходния процес

$$i(t)=e^{-\frac{R}{2L}t}K\sin(\varphi t+\alpha) \quad (8)$$

където α началната фаза.

За да се намерят интеграционните константи K и α е необходимо второ уравнение, което да не е линейно зависимо от първото. За целта уравнение (8) се диференцира

$$i'(t)=Ke^{-\frac{R}{2L}t}\left[\varphi\cos(\varphi t+\alpha)-\frac{R}{2L}\sin(\varphi t+\alpha)\right] \quad (9)$$

и заместваме *t=0* при $i'(t)_{t=0}=\frac{-Ri(0)}{L}$

$$tg\alpha=\frac{2L\varphi}{-R} \quad (10)$$

Като се вземе предвид (7), ъгловата честота на затихващото трептение е

$$\varphi=\frac{\sqrt{4\frac{L}{C}-R^2}}{2L} \quad (11)$$

за началната фаза α се получава

$$\alpha=\pi-arctg\frac{\sqrt{4\frac{L}{C}-R^2}}{R} \quad (12)$$

Заместваме в (8), отново *t=0* и $i(t)_{t=0}=I_0$. За K получаваме,

$$K=\frac{I_0}{\sin\alpha} \quad (13)$$

Заключение

На практика началната фаза α има стойности близки до 90°ел. Тогава $K\approx I_0$, а $\sin(\varphi t+\alpha)\approx\cos\varphi t$., което на практика е достатъчно да се определи допълнителното съпротивление във веригата R2 според израза

$$R=R_1+R_2=-\frac{2L}{t}\ln\frac{I_m(t)}{I_0} \quad (14)$$

Задават се времето *t* и амплитудна стойност на тока, до която да се достигне за това време. Тази стойности се задават по технологични съображения във връзка с казаното във въведението. Например ако тока трябва да намалее десетократно – от начална стойност I_0*=10A* до *1A* за време *t=0,2s* и при известни параметри на електромагнитната система R_1*=3,6*Ω *; L= 0,8H* . За допълнителния резистор R_2 се получава *14,8*Ω .

Капацитетът на кондензатора C1 се определя според израза

$$C=\frac{4L}{4L^2\varphi^2-R^2} \quad (15)$$

Ако зададем за ъглова честота на колебанията φ*=125s*$^{-1}$, което отговаря на честота малко под *20Hz*. За капацитетът на кондензатора C_1 се получава *80μF*

Литература

Александров, Р., Изследване на схема с повишено бързодействие за електромагнитна сепарация с импулсно магнитно поле. Годишник на МГУ "Св. Иван Рилски" том 52 свитък III, София, 2009. 137-140 с.

Клисуранов Г., 1989. Магнитни и специални методи на обогатяване, София, 113-114 с.

Ковачев К., Г. Клисуранов, 1987. Обогатяване на полезни изкопаеми, "Техника", София, 382-383 с.

Препоръчана за публикуване от
Катедра „Автоматизация на минното производство, МЕМФ

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

АНАЛИЗ НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ И ЕКСПЛОАТАЦИОННИТЕ РЕЖИМИ НА БАГЕР ERS-710 БАЗИРАН НА КОЛЕБАНИЯТА В МЕТАЛНАТА МУ КОНСТРУКЦИЯ

Здравко Илиев [1], Диана Дечева [2], Николай Иванов [3],Тихомир Тодоров [4]

[1] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail iliev@mgu.bg
[2] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail diana_detcheva@abv.bg
[3] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail ivanov_mgu@abv.bg
[4] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail tiho_2003@abv.bg

РЕЗЮМЕ: Изследвани са възможностите за оценка на условията в които работи багер ERs-710 чрез използване на статистически и честотен анализ на колебанията, възникващи в металната му конструкция.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL AND OPERATING CONDITIONS OF EXCAVATOR ERS-710 BASED ON FLUCTUATIONS OF HIS METAL CONSTRUCTION

Zdravko Iliev [1], Diana Decheva[2], Nikolai Ivanov [3], Tihomir Todorov [4]

[1] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", E-mail iliev@mgu.bg
[2] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", E-mail diana_detcheva@abv.bg
[3] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", E-mail ivanov_mgu@abv.bg
[4] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", E-mail tiho_2003@abv.bg

ABSTRACT: An estimate was made based on using statistical and frequency analysis of the fluctuations occurring in the metal structure of the excavator ERs-710 for assessment of his technical and operating conditions..

Увод

Работата на добивните минни машини е съпроводена с вибрации на механичната им конструкция. При повишено натоварване или при поява на проблеми от механичен характер се появяват хармонични съставни, които могат да бъдат:

- с продължителна проява в честотна област и/или с амплитуда, нетипични за колебанията, регистрирани при нормална работа на машината;

- асинхронни във времето колебателни преходни процеси, предизвикани най-често от кратковременно ударно натоварване на механичната конструкция.

Установяването, оценката и анализа на тези хармонични сигнали с различна продължителност и честотни характеристики е важна предпоставка за своевременно откриване на недопустими режими на работа, предаварийни и аварийни ситуации.

Цел и обхват на експерименталните изследвания

Експерименталните изследвания бяха проведени на верижен многокофов багер ERs-710, работещ в добивен въглищен участък в Мини "Марица-изток". Чрез специализиран прибор за трикоординатни акселерометрични измервания (Илиев З., Д. Дечева, Булкамк'11) бяха извършени записи на ускоренията, възникващи в три точки от металната конструкция на багера:

1. Мачта на багера - върхът на централната колона около която се въртят разтоварна стрела и горния строеж на багера.

2. А-фермата, на която са захванати полиспастите на звената за подема на кофовата верига.

3. Централната колона, в близост до 3-те опорни лагера на въртенето на горна багерна част, разтоварната стрела и рицел-валовете на редукторите за въртене на горна багерна част.

Целта на проведените изследвания беше да се установи:

1. Диапазонът на възникващите ускорения при нормална работа на багера.

2. Честотата и интензитета на ускоренията, съществено различаващи се от тези при нормална работа.

3. Дали съществуват “типични” хармоници, характеризиращи колебанията, които възникват при нормалната работа на багера и по възможност да се определят техните честоти и амплитуди.

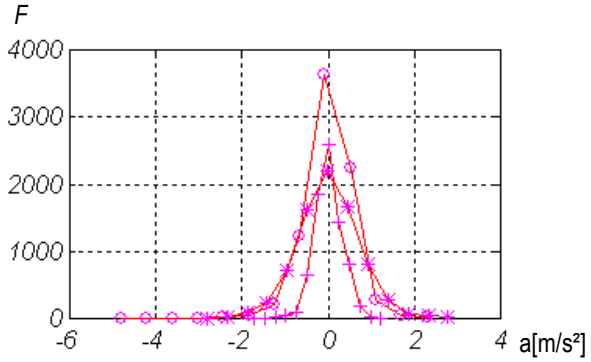
4. Доколко честотният анализ на колебанията в металната конструкция на багера може да се използва като информационен базис в системите за диагностика.

Резултати от проведените експериментални изследвания

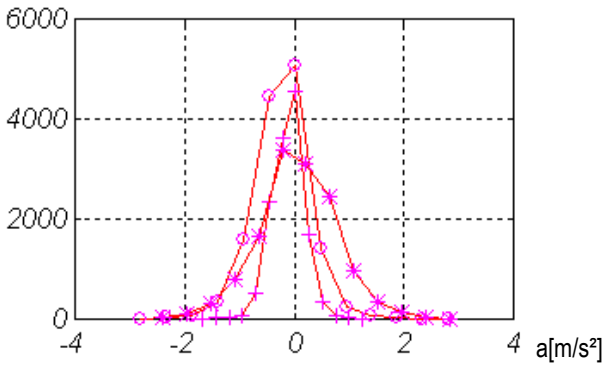
На база на експерименталните данни са определени функциите на разпределение на ускоренията, възникващи по трите оси. На фиг. 1, 2, 3 и 4 са представени хистограмите за измервателна точка 2 при покой на багера и работа в различни режими.

С “o” е означена графиката, съответстваща на измерените ускорения по ос X, с “+” – по ос Y, а с “*” – по ос Z. От получените резултати може да се направи извода, че ускоренията при работа и в покой могат да се отнесат към стохастичните процеси с нормално разпределение.

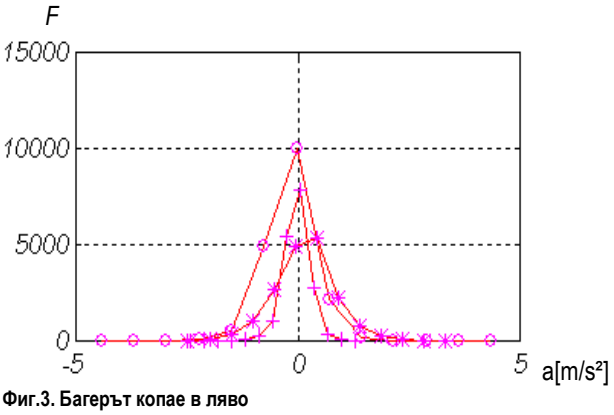
В таблица 1 са представени резултатите от статистическа обработка на данните за всички измервателни точки и определените допустими интервали на изменение на ускоренията при нормална работа на багера. Графично тези интервали са представени на фиг. 5.



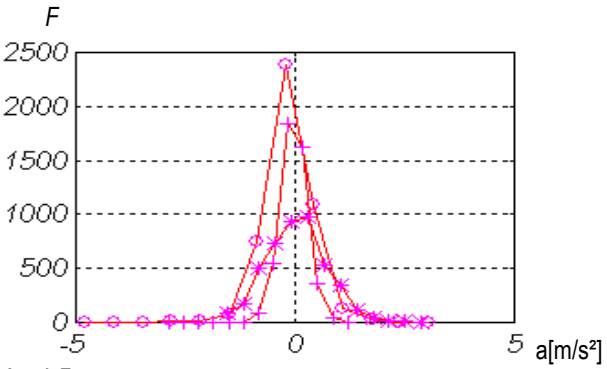
Фиг.1. Багерът е в покой.



Фиг.2. Багерът копае в дясно

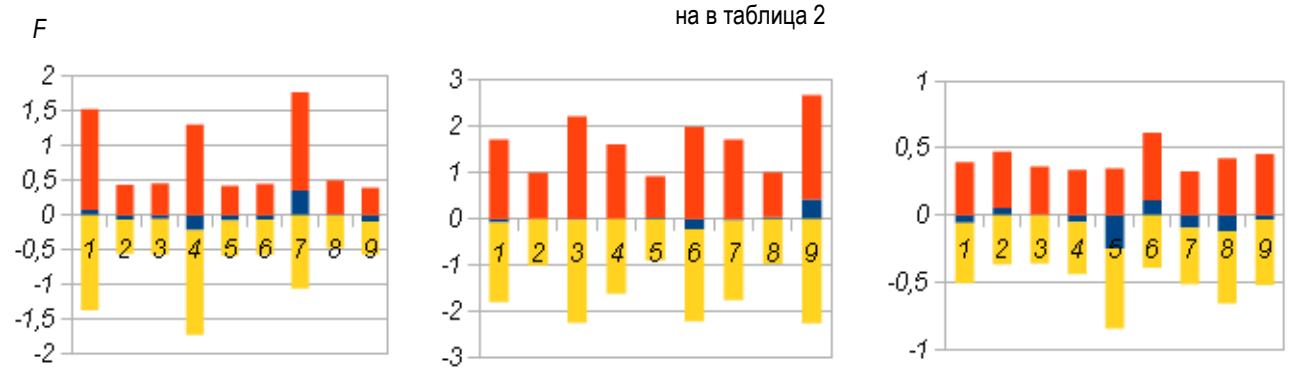


Фиг.3. Багерът копае в ляво



Фиг.4. Багерът копае в дясно с лек товар

На нея с най-тъмен цвят е показана стойността на математическото очакване - μ. Величината, изобразена посредством стълбчета с номера от 1 до 9 е представена на в таблица 2



Фиг. 5. Допустими интервали на изменение на ускоренията

Таблица 1.

Точка	Функция	При покой			При копаене в дясно			При копаене в ляво		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	μ	0.0777	-0.0614	-0.057	-0.2127	-0.0801	-0.0602	0.3543	0.0149	-0.091
	σ	0.4831	0.1646	0.1720	0.5040	0.1667	0.1694	0.4711	0.1615	0.1606
	$3.\sigma$	1.4493	0.4938	0.5161	1.5122	0.5002	0.5082	1.4130	0.4846	0.4818
	$\mu+3.\sigma$	1.5270	0.4324	0.4591	1.2995	0.4201	0.4480	1.7678	0.4995	0.3908
	$\mu-3.\sigma$	-1.3716	-0.5552	-0.5731	-1.7249	-0.5803	-0.5684	-1.0592	-0.4697	-0.5728
2	μ	-0.0763	-0.0032	-0.019	0.0009	0.0264	-0.2185	-0.0302	0.0404	0.4238
	σ	0.5964	0.3342	0.7451	0.5372	0.2998	0.7352	0.5829	0.3220	0.7487
	$3.\sigma$	1.7894	1.0026	2.2353	1.6116	0.8995	2.2057	1.7487	0.9660	2.2461
	$\mu+3.\sigma$	1.7131	0.9994	2.2163	1.6125	0.9259	1.9872	1.7185	1.0064	2.6699
	$\mu-3.\sigma$	-1.7894	-1.0026	-2.235	-1.6116	-0.8995	-2.2057	-1.7487	-0.9660	-2.2462
3	μ	-0.0562	0.0538	0.0018	-0.05	-0.2483	0.1104	-0.0931	-0.1175	-0.0323
	σ	0.1503	0.1407	0.12	0.13	0.1989	0.1682	0.14	0.1805	0.1634
	$3.\sigma$	0.4509	0.4221	0.36	0.39	0.5969	0.5046	0.42	0.5416	0.4902
	$\mu+3.\sigma$	0.3947	0.4759	0.3618	0.34	0.3486	0.6150	0.3269	0.4241	0.4579
	$\mu-3.\sigma$	-0.5071	-0.3683	-0.3582	-0.44	-0.8452	-0.3942	-0.5131	-0.6591	-0.5225

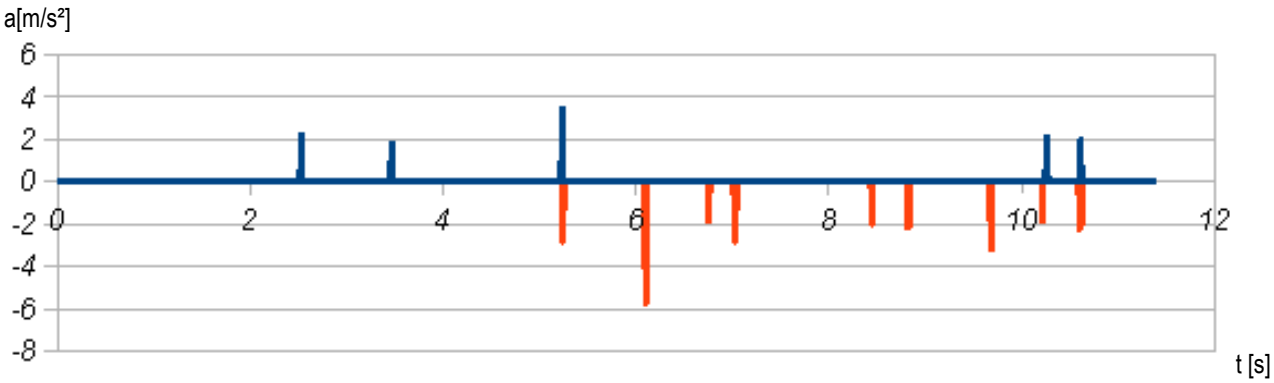
Таблица 2.

Стълбче №	Режим	Ускорения, измерени по ос
1	покой	X
2	покой	Y
3	покой	Z
4	багерът копае надясно	X
5	багерът копае надясно	Y
6	багерът копае надясно	Z
7	багерът копае наляво	X
8	багерът копае наляво	Y
9	багерът копае наляво	Z

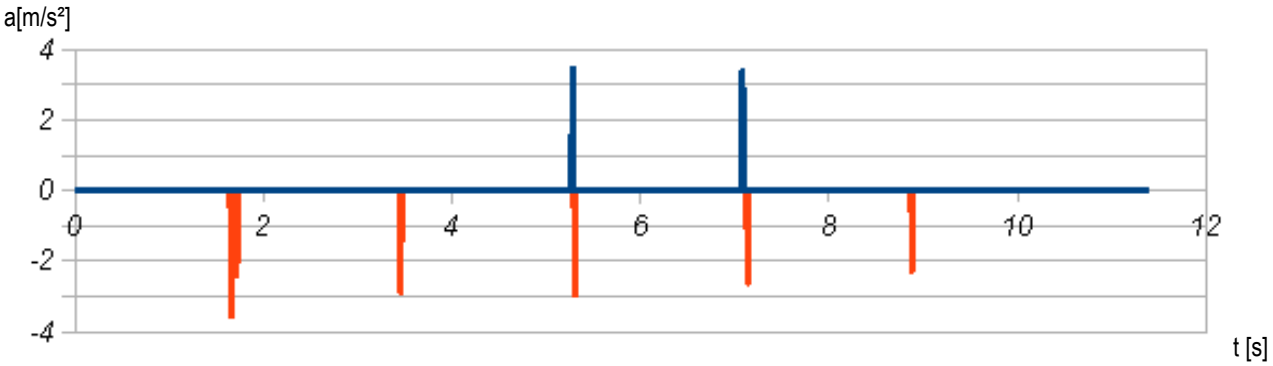
Анализът на получените резултати показва, че изменението на ускорението във всички режими на работа при липса на на ударни натоварвания варират в интервала ±1,7 m/s^2 за измервателна точка 1, ±2,5 m/s^2 за измервателна точка 2 и ±0,8 m/s^2 за измервателна точка 3.

Използвайки тези данни, лесно могат да се определят ситуациите и моментите от време в които се появяват ударни натотоварвания на металната конструкция, характеризиращи се с поява на ускорения извън определения диапазон.

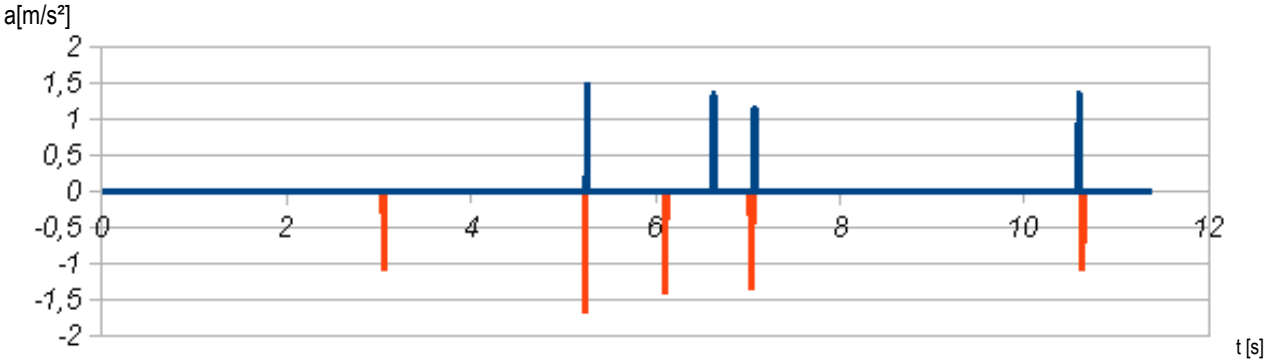
На фигури 6, 7 и 8 за измервателна точка 2 са представени регистрираните ударни натоварвания, които са регистрирани в рамките на 12s по оси съответно X, Y и Z при копаене на багера наляво.



Фиг.6. Ударни натоварвания по ос X



Фиг.7. Ударни натоварвания по ос Y



Фиг.8. Ударни натоварвания по ос Z

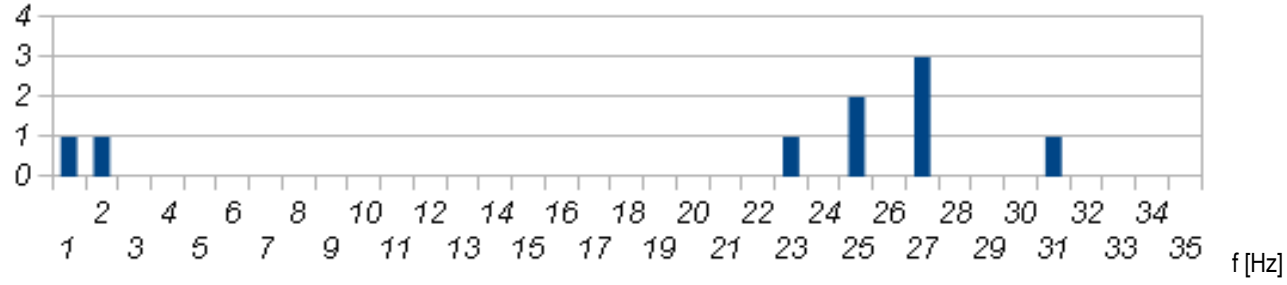
Докато ударните ускорения, регистрирани по оси X и Z имат случаен характер, и може да се предположи, че те се дължат на условията на работа на багера, то по ос Y определено пиковите натоварвания са периодични, което може да се дължи както на спецификата на работа на багера, така и на наличие на механичен проблем. Сравняването на трите графики дава информация и за наличието на колебания едновременно и по трите оси. Приблизително в 5,2 и 7,2 секунда от записа, ускоренията и по трите оси са надвишили стойностите с които се характеризира нормалната работа на багера.

Извършен е честотен анализ на получените данни от измерванията. Целта е намиране честотите и амплитудите на "типичните" хармонични изменения на ускоренията при покой и работата на верижния багер. Обработката на данните е извършена с програма за спектрален анализ, позволяваща минимизиране на ефекта "изтичане на честоти" [Vidolov, Y., "Hybrid frequency estimation method"]. Използването и позволява по-точно определяне на доминиращите честоти, в сравнение със стандартните програмни продукти, особено в условията на зашуменост на сигнала, какъвто е конкретния случай.

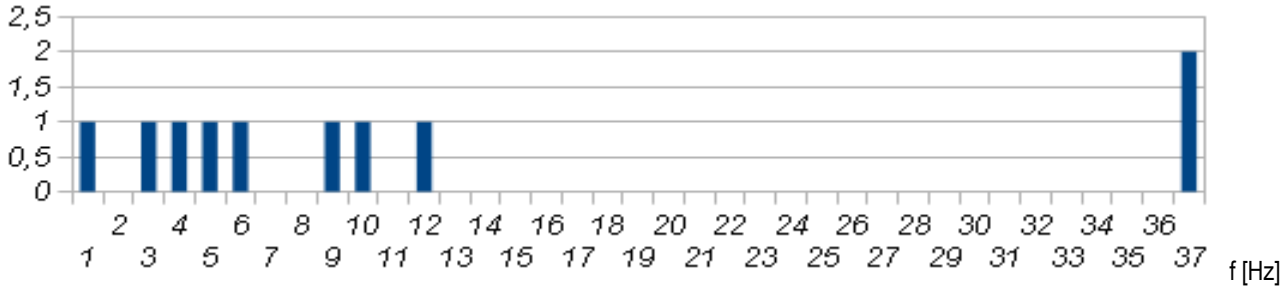
Резултатите от работата на програмата са представени в таблица 3. В нея доминиращите честоти и тяхните амплитуди са представени в низходящ ред на амплитудата.

Анализът на получените резултати позволява да се направи заключението, че амплитудите на хармоничните съставни в измерваните сигнали са сравнително малки и много рядко надвишават 0,2 m/s^2. При амплитуди на типично срещаните ускорения в металната конструкция на багера в трите измервателни точки от порядъка на ±1,7, ±2,5 и ±0,8 m/s^2 става ясно, че хармоничните трептения не отразяват съществено процесите, протичащи при копаене.

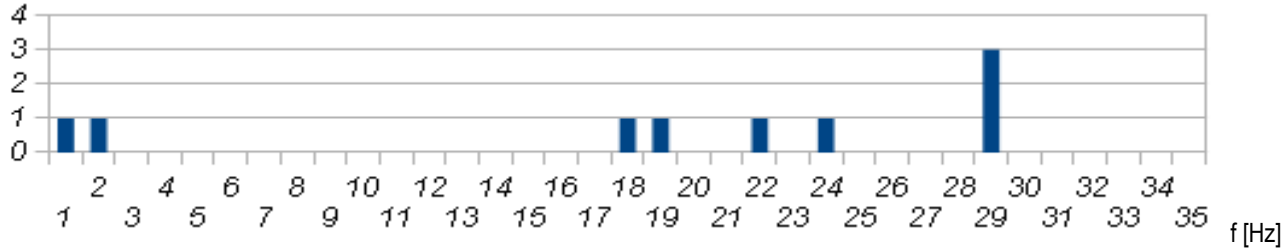
Разпределението на честотите с най-голяма амплитуда за измервателна точка 2 е показано на фигури 9, 10 и 11.



Фиг. 9. Доминиращи честоти по ос X за всички режими.



Фиг. 10. Доминиращи честоти по ос Y за всички режими.

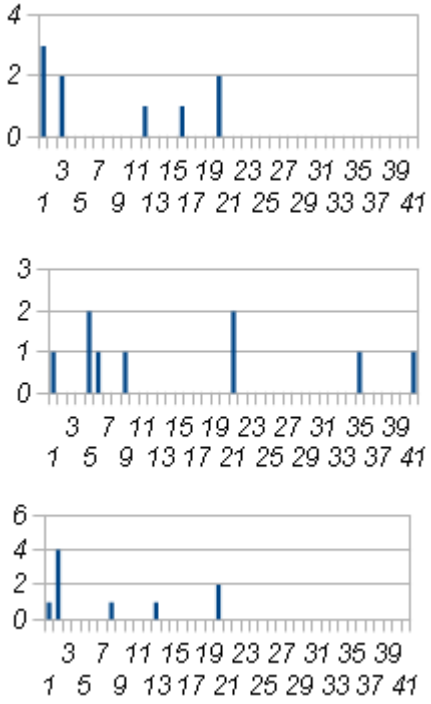


Фиг. 11. Доминиращи честоти по ос Z за всички режими.

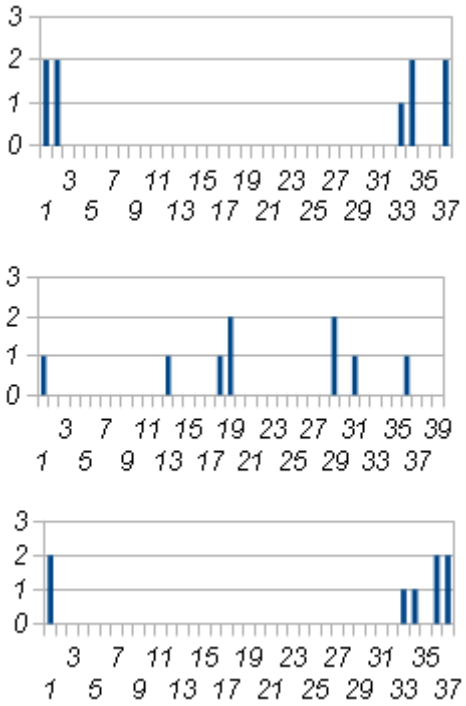
Таблица 3

Точка	Състояние на багера	Ос	Амплитуда m/s^2	Честота Hz	Амплитуда m/s^2	Честота Hz	Амплитуда m/s^2	Честота Hz
1	покой	X	0.0410	0.88	0.0290	5.94	0.0230	2.82
		Y	0.0410	0.91	0.0240	5.02	0.0230	8.67
		Z	0.0185	7.80	0.0175	23.77	0.0170	20.47
	копае на ляво	X	0.3300	19.79	0.0220	24.47	0.0900	28.62
		Y	0.0680	20.33	0.0450	4.42	0.0280	34.83
		Z	0.0750	4.52	0.0610	1.89	0.0590	19.80
	копае на дясно	X	0.3400	19.72	0.2000	28.32	0.1100	26.35
		Y	0.0860	20.44	0.0380	4.25	0.0320	40.28
		Z	0.0840	1.56	0.0680	19.74	0.0470	4.55
2	покой	X	0.0250	0.35	0.0230	11.77	0.0190	3.84
		Y	0.0310	0.72	0.0220	2.74	0.0180	11.54
		Z	0.0152	1.40	0.0139	12.33	0.0137	3.94
	копае на ляво	X	0.1150	36.99	0.0700	26.13	0.0630	15.22
		Y	0.1100	3.53	0.0890	36.63	0.0800	9.20
		Z	0.1700	36.77	0.1230	39.20	0.0750	1.64
	копае на дясно	X	0.0820	37.00	0.0770	28.25	0.0750	45.92
		Y	0.1150	4.12	0.0900	36.58	0.0630	8.48
		Z	0.1400	0.14	0.1300	36.70	0.0900	39.03
3	покой	X	0.0340	37.37	0.0290	0.43	0.0280	32.22
		Y	0.0310	37.35	0.0280	30.77	0.0250	32.83
		Z	0.0260	25.45	0.0230	30.69	0.0225	37.58
	копае на ляво	X	0.1100	2.26	0.0220	5.62	0.0210	4.25
		Y	0.1000	30.03	0.0600	20.23	0.0400	2.40
		Z	0.1100	2.25	0.0800	30.04	0.0300	40.74
	копае на дясно	X	0.0480	40.29	0.0380	2.05	0.0330	4.28
		Y	0.0820	20.57	0.0780	19.48	0.0690	14.73
		Z	0.0760	30.44	0.0520	19.60	0.0400	40.33

Както се вижда от графиките за всяка от осите съществуват две обособено области, които условно могат да се разделят на ниско и високочестотна. Докато за оси X и Z те приблизително се припокриват, то за ос Y нискочестотната е значително по-голяма. Това най-вероятно се дължи на естеството на работа на багера при движението му встрани в режим на копаене на въглища.



Фиг.12. Измервателна точка 1



Фиг.13. Измервателна точка 3.

За останалите измервателни точки съществува аналогична зависимост. Колебанията по оси X и Z имат приблизително еднакво разпределение, а при координата Y се срещат и честоти, които са извън диапазона на другите координати (фигури 12 и 13, като последователно отгоре – надолу са представени графиките съответстващи на измервания по оси X, Y и Z).

Изводи

Проведените експериментални изследвания и получените резултати позволяват да се твърди, че ускоренията в металната конструкция на багера са параметър, който успешно може да бъде използван при оценка на условията на работа на багера е диагностика на техническото му състояние. Чрез тях лесно могат да се установят както възникването на периодични и непериодични ударни натоварвания, така и появата на колебания, които не са характерни за нито един от нормалните режими на работа.

Интересен момент представлява възможността за обработка на данните в реално време при която хармоничните колебания могат да бъдат извадени от общия сигнал и резултата да бъде анализиран за поява на периодични удари, който са ясен белег за възникнал механичен проблем.

Литература

1. Vidolov, Y., “Hybrid frequency estimation method”, Information Technologies And Control Journal, Issue.4, 2011, ISSN 1312-2622.
2. Илиев З.,Д. Дечева, Н. Иванов, Т. Тодоров, “Изследване на колебанията в металната конструкция при работа на багер ERS-710, Национална научно-техническа конференция с международно участие “Автоматизация в минната индустрия и металургията” БУЛКАМК’11,София, 2011

Препоръчана за публикуване от катедра „Автоматизация на минното производство ”, МЕМФ

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

ЯКОСТНО ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ВЪНШНАТА ГРИВНА НА ЦЕНТРОБЕЖНИТЕ САЧМЕНИ СЪЕДИНИТЕЛИ

Венелин Тасев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, nrbmo94@gmail.com

РЕЗЮМЕ Външната гривна на центробежните сачмени съединители е най-натоварена в якостно отношение елемент. Освен това тя участва непосредствено в топлобмена при преходните процеси. Нейната маса е определяща за общия инерционен момент на центробежните сачмени съединители и оказва влияние върху параметрите на пусковия процес. Изведени са зависимости за якостно пресмятане на външната гривна при всички натоварвания и влиянието й върху параметрите на центробежните сачмени съединители.

MANTLE DESIGN OF CENTRIFUGAL BALL JOINTS

Venelin Tasev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia,nrbmo94@gmail.com

ABSTRACT. The mantle of centrifugal ball joints is the most loaded item. It participates directly in heat transfer in transitional processes. Its mass is decisive for the total moment of inertia of the centrifugal ball joints and influences the parameters of the starting process. Dependencies are derived for the strength calculation of the mantle at all loads and its influence on the parameters of centrifugal ball joints.

Въведение

Центробежните сачмени съединители (ЦСС) са фрикционни механизми, които се управляват от центробежните сили действащи на свободно насипан сачмен пълнеж, които се притиска към външната гривна на ЦСС (виж фиг.1). При условията на работа на ЦСС, създадените центробежни сили (N) достигат стойности до десетки, даже стотици килонютона. Фрикционният контакт се осъществява между отделните сачми и вътрешната повърхност на гривната, като в зависимост от условията на контактуване контактното налягане (p_o) достига стойности до 1-2 GPa.

В пусковите процеси в ЦСС се отделя топлина, чиято стойност се определя от мощността на задвижващия двигател и динамиката на пусковия процес. Сравнително малките размери на ЦСС създават условия за получаване на топлинни потоци със стойности до 2-4 MW/m^2 .Те предизвикват интензивно загряване, като създават значителни термични напрежения. Гривната трябва да има значителна износоустойчивост тъй като се явява основния елемент, които определя ресурса на ЦСС. В статията се посочва методика за пресмятането, като е отчетен опита в конструирането и експлоатацията на ЦСС за различни условия и мощности.

Изложение

Оразмеряване на опън

Центробежните сили на сачмения пълнеж създават опънови напрежения във външната гривна, които могат да се определят по уравнението на Лаплас (Кисьов 1979):

$$\sigma_o = \frac{p_o R_a}{\delta}, Pa; \qquad (1)$$

където: p_o - е налягането, което е създадено в гривната от центробежните сили, Pa;

R_a - активния радиус, m;

δ – дебелината на гривната, m;

Налягането p_o се определя по зависимостта (Тасев 2010):

$$p_o = \omega^2 \rho \psi R_a^2 \left[\frac{1}{3}\left(1 - K_2^3\right) - \frac{3K_1}{2\pi}\left(1 - K_2^2\right) \right], Pa; \qquad (2)$$

където:

ω - ъгловата скорост, rad/s;

ρ - плътността сачмата, kg/m^3;

ψ - коефициент на запълване на сачмения пълнеж – 0,5÷0,55;

R_k - активния радиус на ризата, m;

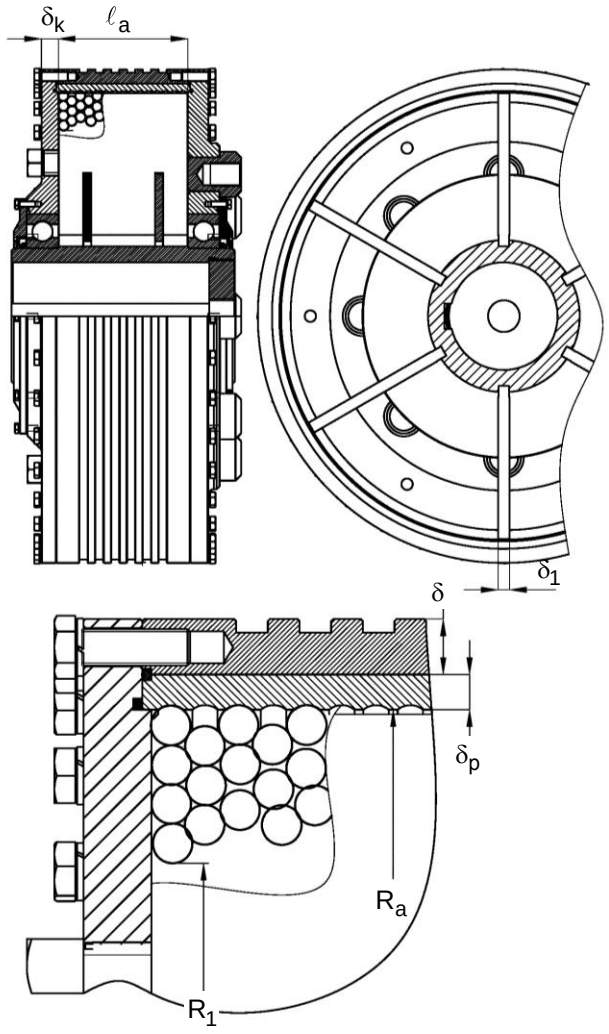
$K_2 = \frac{R_1}{R_a}$ - коефициентът;

R_1 - е радиусът на свободната повърхност на сачмения пълнеж, m;

$K_1 = \frac{b}{R_a}$, където b е дебелината на лопатката, m.

От зависимост 1 и 2 получаваме необходимата дебелина на външната гривна:

$$\delta = \frac{\omega^2 \rho \psi R_a^3}{\sigma_{доп}} \left[\frac{1}{3}\left(1 - K_2^3\right) - \frac{3K_1}{2\pi}\left(1 - K_2^2\right) \right], \text{ m;} \qquad (3)$$



Фиг. 1

За да отговори на противоречивите изисквания на различните натоварвания външната гривна се прави двуслойна – от две гривни. Външната (кожух) която приема опънови натоварвания и вътрешна (риза) (виж фиг. 1), която е закалена и издържа на високите контактни напрежения и термични натоварвания. Двете гривни са набити пресово така, че да може да се предава въртящия момент.

Получената по зависимост 3 дебелина втулката определя размера на „кожуха". Якостните качества на „ризата" се пренебрегват, от една страна за повишаване на сигурността, а от друга – да може да се поеме натоварването в случай на разрушаване на „ризата".

За материал на ризата се избира мека конструктивна стомана от типа на Ст 20, като допустимото напрежение $\sigma_{доп} \leq 80$ MPa.

При определяне на дебелината δ винаги трябва да се има предвид и размера на отворите за болтовете на капаците.

Термично оразмеряване

В периода на ускоряване на работната машина в ЦСС се отделя значително количество топлина, което се определя от относителното преместване на сачмения пълнеж спрямо външната гривна. Максималното количество топлина Q_{max} се отделя в момента когато двигателят е достигнал номиналната си скорост, а работната машина все още не е потеглила. В този момент цялата мощност на двигателя се превръща в топлина, която загрява ЦСС.

$$Q_{max} = M_c \omega_н, W; \qquad (4)$$

където: M_c е моментът развиван от ЦСС, Nm;

Топлинният поток q през гривната се определя от отделената топлинна мощност Q, повърхността на гривната S и коефициента на потокоразпределение на топлината $\alpha_{тп}$ между повърхността и сачмения пълнеж:

$$q = \alpha_{тп} \frac{Q}{S}, W/m^2; \qquad (5)$$

$$q_{max} = \alpha_{тп} \frac{M_c \omega_n}{2\pi R_a \ell_a}, W/m^2; \qquad (6)$$

Напрежението $\sigma_т$, което създава този поток в „ризата" на ЦСС се определя по израза (Тасев 1987):

$$\sigma_т = \frac{q_{max}}{2} \delta_p \frac{E\alpha}{\lambda} \frac{1}{1-\mu}, Pa; \qquad (7)$$

където: δ_p - дебелината на ризата, m;

E – модул на еластичност, Pa.

α - коефициент на линейно разширение, 1/K˚

$\alpha = 12*10^6$ 1/K˚

μ - коефициент на Пуансон;

λ - коефициент на топлопроводимост, W/mK˚

Необходимата дебелина на ризата се получава:

$$\delta_p = \frac{2\sigma_{доп}}{q_{max}} \delta_p \frac{\lambda}{E\alpha} \frac{1}{1-\mu}, m; \qquad (8)$$

За материал на ризата се използват високолегирани стомани за които $\sigma_{доп} \approx 120$ MPa.

Оразмеряване по контактно натоварване

Дискретният контакт на сачмите с ризата, при сравнително високите натискови сили и относително малката площ на контактуване създават значителни контактни напрежения. За да се осигури работоспособност на конструкцията ризата се термообработва и в нея се изработват жлебове с радиус близък до този на сачмите. По този начин се създава необходимата устойчивост и намалява в

приемлива стойност контактното налягане, което съгласно теорията на Херу е равно на

$$p_k = \frac{1.5}{\pi n_o n_b}\sqrt[3]{N_c \frac{E^2 \Sigma\rho^2}{9}}, Pa; \quad (9)$$

където: n_o и n_b са таблични величини;

$\Sigma\rho$ - кривините в контакта, 1/m;

N_c - силата, която действа върху една сачма, N;

Изследванията на автора са показали, че контактното налягане може да се определи по формулата:

$$p_k = 0.3(\beta - 1)^{0.184}\sqrt[3]{(R_a \omega E)^2 \rho\psi\left(1 - K_2^3\right)}, Pa; \quad (10)$$

където: β е отношението между радиусът на жлеба $r_ж$ и радиусът на сачмата r_c $\beta = \frac{r_ж}{r_c} \approx 1.01 \div 1.001$

Заключение

Контактното налягане има голямо значение за ресурса и работоспособността на ЦСС. Неговата стойност зависи много от вида на използваната стомана и нейната термообработка. За условията на ЦСС ризата може да се изработва от високолегирана стомана от типа на 40Х, 45 ,40ХН, 45 ХН ШХ15 и други подобни.

Термообработката също е от голяма значение. Нетермообработени стомана са практически неработоспособни. Лабораторните изследвания и натрупания опит в експлоатацията на ЦСС е показал, че минималната твърдост, по която „ризата" става работоспособна е 35÷40 HRC.

Колкото контактното налягане е по-голямо толкова по-твърдо закалена трябва да е ризата. Точна зависимост между контактното налягане и твърдостта на термообработката не е изведена. Стойността на контактното налягане не трябва да бъде p_k = 500-1000 MPa, като на по-високите стойности съответства по-висока твърдост на термообработката. При конструирането трябва се има предвид:

1. Термообработка на твърдост по-висока от 50 HRC за условията на ЦСС не се допуска, тъй като има опасност от разрушаване на ризата.
2. По-високата твърдост на термообработката изисква специализирани машини за обработка на ризата.
3. По-високата твърдост на термообработката намалява размерите на ЦСС и удължава експлоатационния срок.

Литература

Кисьов И.Д. 1979. *Наръчник на инженера – част2* С., Техника

Тасев В.Л. 1990. *Възможности за приложение на центробежните сачмени съединители с водещ шестлопатен ротор в задвижванията на минно добивния отрасъл.* Дисертационен труд, ВМГИ,

Тасев В.Л. 2010. Напрежения във външната гривна на ЦСС Варна, *ТУ-Варна Механика на машините г.19 к.2*

Тасев В.Л. 1987. Нов начин за определяне момента на ЦСС С., *Годишник ВМГИ*

Препоръчана за публикуване от катедра „Механизация на мините", МЕМФ

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСНОВНИТЕ ГЕОМЕТРИЧНИ РАЗМЕРИ НА ЦЕНТРОБЕЖНИТЕ САЧМЕНИ СЪЕДИНИТЕЛИ С ВОДЕЩ ШЕСТЛОПАТЕН РОТОР

Венелин Тасев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, nrbmo94@gmail.com

РЕЗЮМЕ В статията се разглеждат възможностите за определяне основните геометрични размери на центробежните сачмени съединители в зависимост от изходните параметри на съединителя, неговата маса и тегло, условия на протичане на пусковия процес, нагряване на отделните елементи, якостни качества на използваните материали.Изведени са зависимости удобни за конструиране на центробежните сачмени съединители.

DETERMINATION OF FUNDAMENTAL GEOMETRICAL DIMENSIONS OF CENTRIFUGAL BALL JOINTS WITH SIX PADDLE LEADING ROTOR

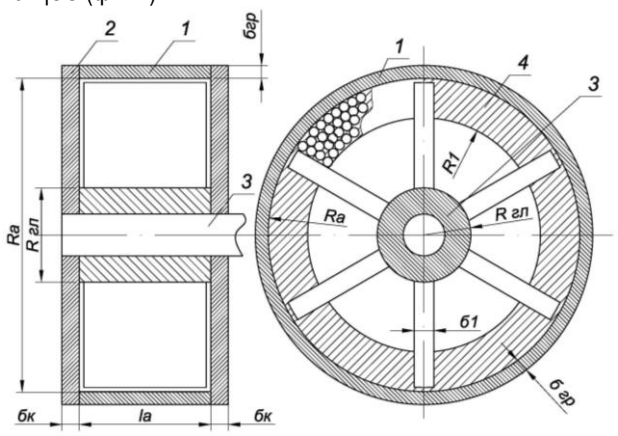
Venelin Tasev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, nrbmo94@gmail.com

ABSTRACT. The article discusses the possibilities for calculating the basic geometric dimensions of the centrifugal ball joints depending on output parameters of the clutch, its mass and weight, terms and conditions of the starting process, heating of the components, strength of used materials. Relationships derived are suitable for designing centrifugal ball joints.

Въведение

Центробежните сачмени съединители (ЦСС) са фрикционни механизми със свободно насипан сачмен пълнеж и водещ шестлопатен ротор. Фрикционните сили се формират на границата на контакта на сачмите с вътрешните повърхнини на ЦСС. Тези повърхнини са вътрешната цилиндрична повърхност на ЦСС и частта от страничните капаци покрити със сачми. Тези повърхнини се наричат активни, а техните размери основни геометрични размери на ЦСС (фиг.1)



Фиг. 1

Основни геометрични размери на центробежните сачмени съединители (ЦСС) са неговият активен радиус Ra и активната широчина ℓ_a. Активният радиус е този, вътрешната цилиндрична повърхност. Активна широчина е широчината на цилиндричната повърхност. Това са размерите, които определят размера на изходния въртящ момент и от които зависи напрегнатото и топлинно състояние на ЦСС.

Правилно конструирания и оразмерен съединител трябва да отговаря на редица изисквания, като – сигурност, дълготрайност, малогабаритност, ниска цена, стабилни характеристики и др.

За оразмеряването на ЦСС са необходими следните изходни данни:

1. Изходен въртящ момент – M_c, Nm
2. Номинална честота на въртене - $\omega_н$, rad/s;
3. Време за ускоряване на работната машина– $t_п$, s
4. Брой на включванията та машината - $n_в$.

При определяне на основните геометрични размери се използват следните коефициенти:

$k_1 = \frac{b_a}{R_a}$, където b_a - дебелината на лопатката;

$k_2 = \frac{R_1}{R_a}$, където R_1 е радиусът на свободната повърхност на сачмения пълнеж (фиг.1);

$k_5 = \frac{\ell_a}{R_a}$,

$\beta = \frac{r_ж}{r_c}$, където $r_ж$ е радиусът на жлеба, в който се движат сачмите, m;

r_c – радиусът на сачмите, m;

K_k –коефициент, отчитащ момента създаван от капаците на ЦСС.

Водещ параметър, за определяне на основните геометрични размери на ЦСС, е изходния въртящ момент M_c. В много случаи се поставят и допълни условия, които също оказват влияние върху размерите на ЦСС. Това са изискванията за:

- минимални тегло и цена;
- технологичност;
- брои на включванията за определен период.

В зависимост от преобладаващите изисквания към ЦСС в статията се предлагат различни методики за оптимално определяне на основните геометрични размери.

Изложение

Класически метод

Методът се основава на предварително определяне на размерите на ЦСС, след което се извършват необходимите проверки за якостни и топлинни натоварвания.

Моментът развиван от ЦСС се определя (Тасев,В 1994) от зависимостта:

$$M_c = \frac{2\pi}{3} k_k R_a^4 \ell_a . \omega_н^2 . f . \rho . \psi_п \left(1 - k_2^3\right) , \text{ Nm} \qquad (1)$$

Където $\omega_н$ е номиналната ъглова скорост, rad/s;

f – коефициентът на триене между активните повърхности f=0.03÷0.04;

ρ - плътност на стоманата, kg/m^3; $\rho \approx 7800$ kg/m^3;

$\psi_п$ - коефициент на плътността на сачмения пълнеж.

От (1) се определя активния радиус:

$$R_a = \sqrt[5]{\frac{M_c}{\frac{2\pi}{3} k_k k_5 . \omega_н^2 . f . \rho . \psi_п \left(1 - k_2^3\right)}} , \text{ m} \qquad (2)$$

Коефициентът K_5 се избира в границите от 1.2 до 0.6, като по-големите стойности са за по-бързооборотните съединители.

Коефициентът K_K – отчитащ моментът предаван чрез страничните капаци се определя по формулата:

$$K_K = 0.67 - 0.13\left(K_1 K_5\right) \qquad (3)$$

Стойността на K_1 предварително се приема от 0.05 до 0.1.

Коефициентът K_2 отчита напълването на камерите със сачми, като се приема в границите от 0.7 до 0.5, като по-големите стойности са за по-бързообортните ЦСС.

След пресмятане на R_a се определя и активната ширана:

$$\ell_a = K_5 R_a \qquad (4)$$

Метод на минимално тегло

За големите ЦСС с предавана мощност над 500 kW, при ниски обороти, теглото и цената имат първостепенно значение. Изследванията на автора са показали, че с нарастването на активния радиус R_a и респективно намаляване на ширината на ЦСС теглото намалява.

Радиусът при който ЦСС има минимално тегло се определя по зависимостта [4]:

$$R_{amin} = \sqrt[4]{\frac{3A + C + D}{B}} , \text{ m} \qquad (5)$$

където:

$$A = \frac{3 M_c \delta_{гр}}{\omega^2 \psi f \left(1 - K_2^3\right)} \qquad (6)$$

$$B = 2\pi\rho\delta_k \qquad (7)$$

$$C = \frac{3 M_c \left[K_4 \pi + 6 K_1 \left(1 - K_4\right)\right]}{2\pi\omega^2 f \left(1 - K_2^3\right)} \qquad (8)$$

$$D = \frac{3 M_c \left(1 - K_2^2\right)}{2\omega^2 \psi f \left(1 - K_2^3\right)} \qquad (9)$$

$\delta_{гр}$ – дебелина на гривната ,m;

$\delta_к$ – дебелина на капака ,m;

$$K_4 = \frac{R_{гл}}{R_a} \approx 0.4 \div 0.45;$$

Ψ=0.55;

Стойността на коефициента K_2 като начало се приема 0.5

Дебелината на капаците и гривната при това пресмятане се приемат за равни и се определя по имперична зависимост:

$$\delta_k = \delta_m = 0.01 + 0.05 P_H 10^{-6}; \text{m} \qquad (10)$$

След като се определи активния радиус R_a се пресмята активната ширина ℓ_a на ЦСС:

$$\ell_a = \frac{3 M_c}{2\pi\rho\psi K_k \omega^2 f R_a^4 \left(1 - K_2^3\right)}, \text{m} \qquad (11)$$

Метод на по-добра технологичност

Най-тежкият за изработване и най-отговорният детайл в ЦСС е ризата по-която се трият сачмите.Тя се термообработва. В нея се изработват жлебове с определени размери, зададени точност и грапавост.

За да може детайлът да се обработва на универсални машини, се поставя условието твърдостта на термообработката да не надвишава 35 HRC. Лабораторните изследвания и опитът в експлоатацията е показал, че ЦСС с та-

кава термообработка имат задоволителен ресурс при контактни налягания $p_к$ по-малки от 300 MPa. В този случай за определящо основните геометрични размери се явява контактното налягане.

Изследванията на автора (Тасев, В. 1989 г.) са показали, че максималното контактно налягане в условията на работа на ЦСС се определя по зависимостта:

$$p_k = 0.214(\beta-1)^{0.184}\sqrt[3]{\frac{M_c E^2}{R_a^2 \ell_a f K_k}}, Pa; \qquad (12)$$

където: E е модулът на еластичност на стоманата,Pa;

β – заема стойност от 1.05 до 1.005.

За активния радиус и активната ширина съответно се получава:

$$R_a = 0.214(\beta-1)^{0.184}\frac{1}{p_k}\sqrt[3]{\frac{M_c E^2}{f K_k K_5}}, m; \qquad (14)$$

$$\ell_a = k_5 . R_a \ , \ m \qquad (14a)$$

При така определените основни геометрични размери, трябва да се провери стойността на максималното контактно налягане p_o (Тасев, В. 1989 г.):

$$p_o = 0,214\left(\beta-1\right)^{0,184^3}\cdot\sqrt{\frac{M_c . E^2}{R_a^2 . \ell_a . f . k_k}} \ , \ Pa \qquad (15)$$

където E – моделът на еластичност;

β=1,05÷1,005.

Метод за голям ресурс

Увеличаването на ресурса при ЦСС се търси основно по два начина:

- увеличаване на твърдостта на вътрешната риза;
- намаляване на контактното налягане.

Максималната твърдост на ризата може да бъде 50 HRC. Използването на по-висока твърдост на ризата крие риск от разрушаването на ризата.Контактното налягане е желателно да бъде по-малко от 300 MPa.Пресмятането на основните геометрични размери е като в предишния метод.Тук е желателно жлебовете в ризата да се изработят с необходимата прецизност и на ротора да се поставят сегменти, които да ограничават достъпа на сачмите със страничните капаци.

Метод на топлинното натоварване

В пусковия процес, в ЦСС се отделя топлинна, която го нагрява. Нормална работа на ЦСС е възможна до определени стойност на среднообемната им температура $T_{ср}$, която не надхвърля 180 ˚C (Тасев В. 1990 г.).

В зависимост от изискванията на задвижването и технологичния процес машините към които е куплиран ЦСС могат условно да бъдат разделени на две групи:

- машини с тежък пуск, които се включват сравнително рядко;
- машини с чести включвания, с повече от едно на час.

В първия случай температурата в ЦСС се определя изключително от неговата маса и отделената в пуска топлина, като отделянето на топлина в околното пространство се пренебрегва (Тасев В. 1990):

$$T_{ср} = T_o + \frac{W_n}{\sum_i^n m_i c_i}, K \qquad (16)$$

където: W_n е отделената в пусковия процес топлина, J;

m_i и c_i - са съответно масите и специфичната им топлоемкост, kg и J/kgK˚;

Отделената в пусковия процес топлина зависи от параметрите на динамичната система и е подробно изследвана от автора. За Различни начини на изменение на статичния съпротивителен момент са изведени съответните зависимости (Тасев В. 1990 г.).С първо приближение тук ще се приеме, че статични съпротивителен момент остава постоянен в целия пусков период.

В този случай отделената топлина може да се представи със зависимостта:

$$W_n = \frac{1}{2} t_n M_c \omega, J; \qquad (17)$$

където t_n е времетраенето на пусковия процес

Масата на съединителя, като начално пресмятане, може да се представи (Тасев,В 1994):

$$m_c = \pi\rho\ell_a R_a^2\left[\psi_c + \psi_n\left(1+K_2^2\right)\right], kg; \qquad (18)$$

където: ψ_c е плътността на ЦСС, $\psi_c = 0.8 \div 1.1$

След заместване и преобразуване за среднообемната температура се получава:

$$T_{ср} = \frac{t_n \omega^3}{3c}\frac{R_a^2 . f . \psi_п\left(1-k_2^3\right)}{\psi_c + \psi_п\left(1-k_2^2\right)}, K^o \qquad (19)$$

От тук се определя необходимия активен радиус:

$$R_a = \sqrt{\frac{3T_{доп} c\left[\psi_c + \psi_п\left(1-K_2^2\right)\right]}{t_n \omega^3 f . \psi_п\left(1-k_2^3\right)}}, m \qquad (20)$$

Активната ширина се определя по израза:

$$\ell_a = \frac{3M_c}{2\pi\rho\psi_n\omega^2 f R_a^4\left(1-K_2^3\right)}, m \qquad (21)$$

При машини с чести включвания среднообемнита температура се определя от топлинния баланс на ЦСС по зависимост (Тасев В. 1990 г.):

$$T_{ср} = T_o + \frac{W_n}{\sum m_i c_i} \exp\left(-\frac{S\alpha}{\sum mc} t_{охл}\right), K^o \qquad (22)$$

където: S е външната повърхност на ЦСС, m^2;

α - коефициент на външно топлоотдаване

$t_{охл}$ - времето за охлаждане ,s;

За условията на работа на ЦСС (Тасев В. 1990 г.):

$$T_{ср} \approx T_o + \frac{W_n}{\alpha S} t_{охл}, K^o \qquad (23)$$

откъдето необходимото време за охлаждане между отделните пускове:

$$t_{охл} = \frac{W_n}{\alpha S T_{доп}}, s; \qquad (24)$$

Външната повърхност на ЦСС с първо приближение може да се приеме, че е равна:

$$S = 2\pi R_a^2 + 2\pi R_a \ell_a = 2\pi R_a^2 (1 + K_5), m^2; \qquad (25)$$

Коефициентът на външно топлоотделяне α се определя империчен израз (Тасев В. 1990 г.):

$$\alpha = 1.85 \sqrt[4]{\frac{T}{R_a}}, \frac{W}{m^2 K}; \qquad (26)$$

След съответните замествания на 1, 17, 25 и 26 и преобразуване за $t_{охл}$ се получава:

$$t_{охл} = \frac{0.09}{\left(\frac{1}{K_5} + 1\right) T^{1.25}} t_n \omega^3 R_a^{3.25} f \rho \psi_n \left(1 - K_2^3\right), s; \qquad (27)$$

откъдето необходимият радиус при зададено време за охлаждане и допустима температура се получава:

$$R_a = \left[\frac{11.1 t_{охл} T_{доп}^{1.25} \left(1 + \frac{1}{K_5}\right)}{t_n \omega^3 f . \rho \psi_n \left(1 - k_2^3\right)}\right]^{\frac{1}{3.25}}, m \qquad (28)$$

$$\ell_a = \frac{3M_c}{2\pi \rho \psi_n \omega^2 f R_a^4 \left(1 - K_2^3\right)}, m \qquad (29)$$

Заключение

След окончателното приемане на Ra се приема и окончателната активна широчина ℓ_a, която се определя от шахматното подреждане на сачмите; като първо се определя броя на редовете:

$$n_p = \frac{1{,}1.k_5.R_k}{\sqrt{3} r_c}, \text{ бр.} \qquad (30)$$

където r_c е радиусът на сачмите $r_c . \frac{R_a}{20 \div 40}$.

$$\ell_a = 2r_c + \sqrt{3}.r_c \left(n_p - 1\right), m \qquad (31)$$

Определя се коефициентът k2

$$k_2 = \sqrt[3]{1 - \frac{3M_c}{2\pi . k_k . \rho . \psi_n . \ell_a . R_a^4}} \qquad (32)$$

и количеството сачми във всяка камера $q_{кам}$:

$$q_{кам} = \frac{\pi}{6} \rho . \psi_n \ell_a . R_a^2 \left[\left(1 - k_2^2\right) - k_1 \left(1 - k_c\right)\right], kg \qquad (33)$$

Проверява се моментът, развиван от съединителя:

$$M_c = 6\omega_н^2 . \rho . \psi_n f . \ell . R_a^4 . k_k \left[\frac{\pi}{9}\left(1 - k_2^3\right) - \frac{k_1}{2}\left(1 - k_2^2\right)\right], Nm \qquad (34)$$

И контактното налягане

$$p_o = 1{,}75.10^{-2} \left(\beta - 1\right)^{0{,}185} \left(\omega_н R_a\right)^{0{,}667} \left(1 - k_2^3\right), Pa \qquad (35)$$

Полученият момент Мс трябва да бъде равен на зададените. Ако се получи отклонение трябва да се промени k_2 и изчисленията да се повтарят. Контактното налягане трябва да бъде по-малко от 500 MPa. Ако това не е спазено се налага да се увеличи R_a и да се извършат нови пресмятания.Предложената методика за определяне на основните геометрични размери на ЦСС е използвана за конструиране на редица съединители.

Литература

Тасев,В 1994. Олекотяване на центробежните сачмени съединители. С., *Годишник на МГУ Т.40 св.III..*

Тасев, В. 1989. Някои въпроси по оразмеряване на центробежни сачмени съединители С., *Годишник ВМГИ, св.IV*.

Тасев В. 1990. Възможности за приложение на центробежните сачмени съединители с водещ шестлопатен ротор в задвижванията на минно добивния отрасъл. Дисертационен труд, ВМГИ,

Тасев, В.Тасев, Л. 2010. Определяне на допустимата работна температура в центробежен сачмен съединител С.*Годишник МГУ том.53.*

Препоръчана за публикуване от катедра „Механизация на мините", МЕМФ

APPLYING THE CORRELATION THEORY IN DETERMINING THE INTERDEPENDENCE BETWEEN INSIDE TRANSPORTATION COST AND AUTOMATION LEVEL OF PRODUCTION EQUIPMENT

Dragan Zhivkovich[1], Vyara Pozhidaeva[2], Milan Veljich[3], Zvonko Sajfert[4],

[1]High technical school Belgrade, Serbia,
[2]University of Mining & Geology "St.Ivan Rilski" Bulgaria,
[3]Faculty of mechanical engineering, Belgrade, Serbia,
[4]Technical Faculty "Mihajlo Pupin, Zrenjanin, Serbia,

Abstract: By analyzing the operation of transport system it was concluded that certain dependence exists between the inside transport and the automation level of production equipment being superintended by observed transport device. The results obtained in one our metalworking factory, in which were analyzed parameters of transport systems in dependence on automation level of production equipment were presented in the work. The obtained results show the existence of certain dependence between certain parameters of inside transport and automation level of production equipment but only in this part where automation is founded on joining of certain production operations. Applying the correlation theory defines the interdependence of the automation level of production equipment and inside transport costs.
Key words: *inside transport, automation level, production equipment, queuing theory, Correlation theory*

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЗАВИСИМОСТТА МЕЖДУ РАЗХОДИТЕ ЗА ВЪТРЕШЕН ТРАНСПОРТ В ПРОИЗВОДСТВЕНО ПРЕДПРИЯТИЕ И СТЕПЕНТА НА АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ОБОРУДВАНЕТО ЗА ПРОИЗВОДСТВО, ЧРЕЗ ТЕОРИЯ НА СЪОТВЕТСТВИЕТО.

Драган Живкович[1], Вяра Пожидаева[2], Милан Велич[3], Звонко Сайфертt[4],
[1]Висше техническо училище, Белград, Сърбия, [2]Минно-геоложки университет "Св. Ив. Рилски", България,
[3]Факултет по машинно инженерство, Белград, Сърбия,
[4]Технически факултет "Михайло Пупин", Зренянин, Сърбия.

Резюме: Чрез анализ на дейността на заводска транспортна система, е установена зависимост между вътрешния транспорт и нивото на автоматизация на производственото оборудване. В работата са представени резултатите от направения с помощта на теорията на съответствието анализ в едно металообработващо предприятие. Получените резултати показват наличието на зависимост между определени параметри на вътрешнозаводския транспорт и степента на автоматизация на производственото оборудване. Прилагането на теорията съответствието определя взаимната зависимост на нивото на автоматизация на производственото оборудване и разходите за вътрешен транспорт.
Ключови думи: вътрешно заводски транспорт, ниво на автоматизация, производство на оборудване, корелационна теория

I. INTRODUCTION

Automation level of the production equipment and inside transport are two variable values, which are very often met in the production practice and even the economy of the production process very often depends on their correct defining. Starting from the hypothesis that between the automation level of the production equipment and inside transport exist one relation it is necessary to be determined the shape and direction of their correlation as well as the strength of their interdependence. It is of the great practical importance to be determined an analytic connection between automation level of the production equipment and inside transport so that the values of one characteristic can be evaluated on the base of another characteristic. By applying the correlation theory it is possible to determine a desired link between the automation level of production equipment and inside transport.

II. SOME PREVIOUS EXPERIENCE

Optimization of the automation level is an interesting question for everyone who is in industrial engineering, projecting of production and transportation systems, selection and optimization of production and transportation equipment or production economics. Optimization of production equipment as a function of internal transport is a narrower field. Here the problem of optimization automation level of production equipment is analyzed regarding inside transport and the path of material in the production process.

The automation level of production equipment and the influence which the level of automation of production equipment has on the production process has been reviewed in the following papers of [1], [2], [3]

Professor Groover [2] divides production equipment into ten levels:

1. Specialization of operations,

2. Combined operations,
3. Simultaneous operations,
4. Integration of operations,
5. Increase flexibility,
6. Improved material handling and storage,
7. On-line inspection,
8. Process control and optimization
9. Plant operations control,
10. Computer- integrated manufacturing.

Professor Bright [3] divides production equipment into 17 levels:

1. Hand.
2. Hand tool.
3. Powered hand tool.
4. Power tool, hand control.
5. Power tool, fixed cycle (single function).
6. Power tool, program control (functions sequence).
7. Power tool, system, remote controlled.
8. Actuated by introduction of work-piece or material.
9. Measures characteristic of work.
10. Signals preselected values of measurement (including error detection).
11. Records performance.
12. Changes speed, position, direction according to measurement signal.
13. Segregates or rejects according to measurement.
14. Identifies and selects appropriate set of actions.
15. Corrects performance after operating.
16. Corrects performance while operating.
17. Anticipates action required and adjusts to provide it.

Professor Bright commented upon the validity of his mechanization levels in the following way:

"These levels cannot be defended too vigorously. Examples can be cited that would somehow confound this classification. Whether one level is truly mechanically "higher" than another is, perhaps, open to argument. Obviously, the moves from one level to the next are not equally important, useful, technically difficult, or economically valuable. Their importance varies from plant to plant, and industry too industry. Doubtless, additional subdivisions could be defined, and one might argue for levels.

Some of these levels are occasionally entangled with much lower levels. The recording of performance, for instance, often can be found on Level 3. Frequently, machines on Level 5 or 6 employ higher levels for part of their operation. So this system of levels should not be considered as a completely rigorous classification. However, it does explain degrees of mechanical maturity. It attempts to lend order and understanding to the increasing refinement in the performance of more highly automatic machinery." [3]

When the objectives in matters of system productivity are achieved, the next objective is of financial nature. That is primarily achieved through replacement of equipment with cheaper equipment. That leads to a compromise between price and production performance without decrease in demanded productivity of equipment [4]. Costs as the criteria for selection of CNC machines of different levels, is also reviewed in [5].

III. AUTOMATIZATION LEVEL OF THE PRODUCTION EQUIPMENT

Automation of the production equipment i.e. of production system has the task:

- to reduce physical effort of a man,
- to increase productivity,
- to increase product quality,
- to increase economical efficiency.

As a measure of automation for production equipment-machine, production process i.e. production system most frequently is used one measure named: level of automation. The automation level represents the relation of the number of automated functions to total number of functions and can be determined by means of the formula [6], [7], [8], [9]:

$$A^0 = A_f / A_u \qquad (1)$$

where:

A° - automation level,
A^f - number of automated functions,
A_u - total number of functions.

Since nowadays is present a great number of different production equipment having available quite considerable variety of construction and technological characteristics it is therefore very difficult to make comparisons between them. In order to determine the number of automated functions and their comparing the sorting of their single characteristics can be done in different ways. One of them, neither the only one nor the final, is as the following [10], [11]:

1. Type of the equipment drive: manual, mechanical.
2. Method of managing the machine cycle: manual, manual-mechanical, automated, numerical controlled, adaptive control, computer aided.
3. Way of workpiece changing: manual, manual-mechanical, automated, without human assistance.
4. Way of clamping for workpiece: manual, manual-mechanical, automated, without human assistance.
5. Number of working axes: one, two, three, four ($4x90^o$), four ($360x1^o$), more than four.
6. Way of checking for machine piece: manual, manual-mechanical, automated, without human assistance.
7. Way of cutting tool change: manual, automated.
8. Way of adjustment and correction for tool in relation to machine: manual, by pattern, automatic adjustment and correction.
9. Sawdust removal: manual, manual-mechanical, automated.
10. Number of working spindles: one spindle, two spindles, more than two spindles.
11. Transport of workpiece from machine to machine: manual, manual-mechanical, automated, without human assistance.

By using of listed eleven criterions with forty one parameter it can be estimated the level of automation for production equipment. The automation level of one machining system, which means automation level of the production equipment, is determined by the following function: [9]

$A^0 = f\,(K_1 - K_{11}\,;\, P_1 - P_{42})$ (2)

The minimal automation level refers to the production equipment with manual machining and the maximum automation level to the computer integrated production equipment with automatic designing of product, technology and planning (CIM).

Based on such classified characteristics of the production equipment it can be made the evaluation of the automation of their functions and, at extreme case, it can be determined even the automation level of the production equipment. [12], [13]

The automation level is one relative measure of the automation which shows the development phase of managing information to which all changes are automated. For example: the automation level would be as follows: for a radial drill 0,12 for a radial drill with a circular table 0,15, for a horizontal drilling and milling machine 0,17, for a machining centre 0,48.

IV. INTERNAL TRANSPORT

When planning and projecting internal transport a care must be taken to an influence which transport has on designing of production/technological process and their interdependence. It is impossible to be projected any system of internal transport without simultaneous project of the production technological process or vice versa, it is impossible to be projected one technological process and made a choice for some technological equipment, determined the optimal level of its automation without simultaneous project of the internal transport. [14]

When selecting production and transportation equipment there should be saved as much time and money as possible, the same tame decrease the amortization period, increase profit and productivity, and decrease maintenance and exploitation cost. Factors that affect working costs of production or transportation equipment are numerous. To make the right choice, it is necessary to make detailed analysis of all the relevant factors, which build the exploitation price of the selected production and transportation equipment.

The basic structure of costs of production and transportation equipment (invested equipment) is as follows:

1. Working equipment costs,
   - 1.1 cost of amortization,
   - 1.2 maintenance costs,
   - 1.3 cost of tools and accessories,

2. Energy costs,
   - 2.1 costs of fuel and energy used,
   - 2.2 cost of lubricants etc,
3. Costs of foreign services,
4. Costs of interest rates and assurance,
5. Cost of labourers,
6. Cost of working space.

Analyzing a transport system which attends all requests connected to the production equipment appeared during the time and according to the FIFO principle (the first request for attendance first arrived and attended at first). Any machine tool (production equipment) can send a request for attendance at any time *t* and the number of requests which can be released will be endless. Let us assume that the intensity of an attendance request is λ and the intensity of attendance is μ. When an attendance request is sent by some production equipment one transport device (there are S transport devices) will proceed, if free, to the attendance [15], [16], [17].

Analyzing the exploitation costs for particular types of transportation equipment, which is a function of the intensity of demand for manipulating lambda and the length of the transport way L = 200 m we get results which are shown in Figs 1-4.

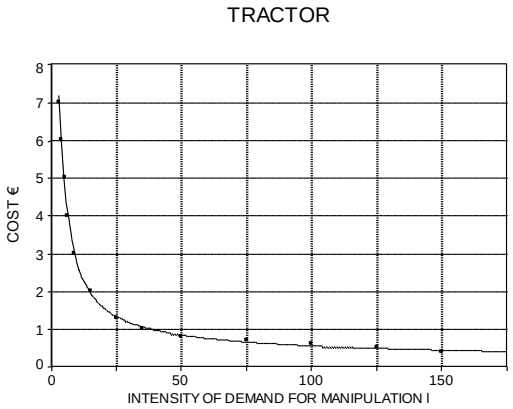


Fig. 1: Exploitation cost of a tractor as a function of intensity of demand for manipulation

The relation between the transportation costs of a tractor and the intensity of demand for manipulation λ can be approximated by the following equation:

$$T = a + b\,L + cL^2\,\ln L + d\,\ln L + f\,/L^2 \quad (3)$$

where:

$$a = 5.7646;\ b = 0.03577;\ c = -2.03398e^{-05};$$
$$d = -1.7;\ f = 56.7978$$

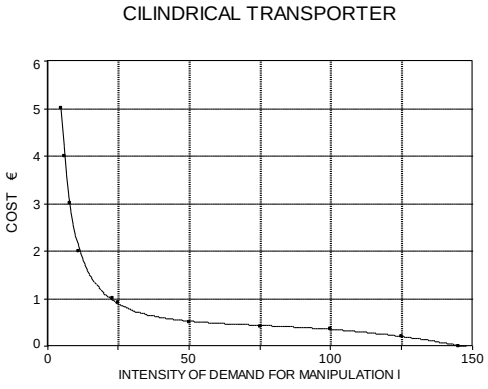


Fig. 2: Exploitation cost of a cylindrical transporter as a function of intensity of demand for manipulation

The relation between the transportation costs of a cylindrical transporter and the intensity of demand for manipulation λ can be approximated by the following equation:

$$T = a + b\,L + cL^3 + d\,/\,L^{0,5} + f\,\ln L\,/L \quad (4)$$

where:

$$a = -3.1945;\ b = 0.01777;\ c = -4.07775e^{-07};$$
$$d = 29.3766;\ f = -17.21088$$

FORK LIFTER

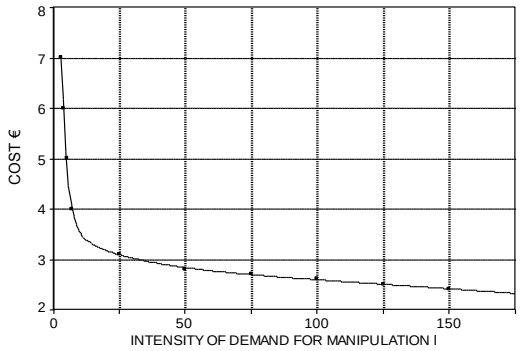


Fig. 3: Exploitation cost of a fork lifter as a function of intensity of demand for manipulation

The relation between the transportation costs of a fork lifter and the intensity of demand for manipulation λ can be approximated by the following equation:

$$T = a + b\,L + cL\,/\ln L + d\,/L^{0,5} + f\,e^{-L} \quad (5)$$

where:

$$a = 1.1563;\ b = -0.02647;\ c = 0.1563;$$
$$d = 6.66103;\ f = 146.215$$

FLOOR CONVEYER

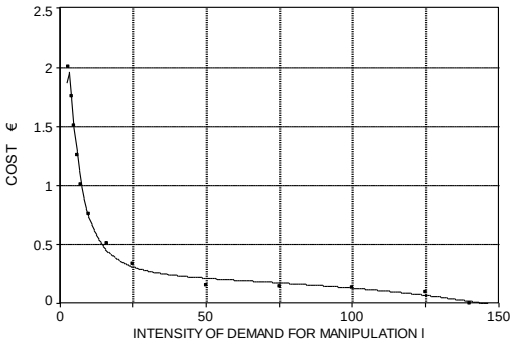


Fig. 4: Exploitation cost of a floor conveyer as a function of intensity of demand for manipulation

The relation between the transportation costs of a floor conveyer and the intensity of demand for manipulation λ can be approximated by the following equation:

$$T = a + b\,L + cL^{2,5} + dL^{0,5}\ln L + f\,/L^{1,5}, \quad (6)$$

where:

$$a = 0.8529;\ b = 0.05376;\ c = -6.0348e^{-06};$$
$$d = -0.1193;\ f = 7.4646$$

V. THE INSIDE TRANSPORT COST AS A FUNCTION AUTOMATIZATION LEVEL OF PRODUCTION EQUIPMENT

We have conducted an analysis of 41 technologies, divided into 5 groups (group technology). Reviewed were the inside transport cost (electric fork lifter) as a function of the automation level of production equipment which this transport is supplying. The cost is shown by working time; the results are shown in table 1.

Table 1: Average value of inside transportation cost as a function of automation level of production equipment

No. of technologies	Automation level of production equipment			
	0,12	0,15	0,17	0,48
1	2,436	0,812	0,609	0,609
8	0,609	0,203	0.150	0.150
9	1,218	0,406	0,3045	0,304
10	0,815	0,27	0,203	0,203
13	1,05	0,35	0,260	0,260
Σ 41	1,017	0.3386	0,2529	0,252
Average value of inside transportation cost as a function of automation level of production equipment is calculated with the following formula: $T_{SR} = \Sigma\, T_i\, n_i\ /\ \Sigma\, n_i$ (€ / part)				

The diagram in Fig. 5 shows the relation between the automation level and the inside transportation costs.

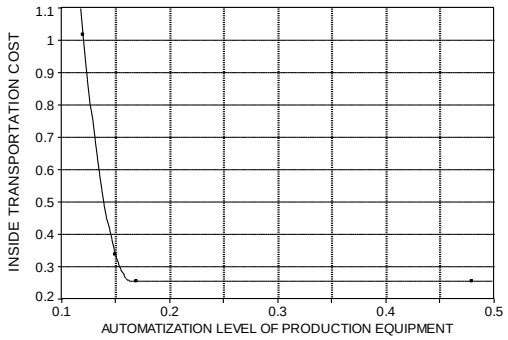


Fig. 5: Diagram of the relation between the automation level and the inside transportation costs.

The diagram shows that the resulting characteristic, the points on the diagram are approximately exponential and can be approximated with the following equation:

$$y = ab^x \quad (7)$$

it is necessary to determine the coefficients a and b so that the sum of quadratic deviations stays on a minimum. If we write down the previous equation in the following form:

$$\log y = \log a + x \log b \quad (8)$$

and introduce the following replacements:

$$a_0 = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i)(\sum x_i y_i)}{n\,x_i^2 - (\sum x_i)^2},$$

$\log y = Y$; $\log a = a_0$;
$\log b = a_1$; $x = X$

we get a linear equation as follows:

$$Y = a_0 + a_1 X \quad (9)$$

coefficient a_0 is:

$$a_0 = \frac{(-1.6047)(0.2928) - (0.92)(-0.44609)}{4(0.2928) - (0.92)^2}$$

$a_0 = -0.183$ (10)

coefficient a_1 is:

$$a_1 = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2},$$

$$a_1 = \frac{4(-0.44609) - (0.92)(-1.6047)}{4(0.2928) - (0.92)^2},$$

$a_1 = -0.948$ (11)

we get a linear relation:

$Y = -0.183 - 0.948\,X$ (12)

Because it is:

$a_0 = -0.183 = \log a$

it implies that
$a = 10^{-0.183} = 0.656$
$a_1 = -0.948 = \log b$

it implies that
$b = 10^{-0.948} = 0.113$

Therefore the form of relation between automation level of production equipment and the cost of inside transportation can be described as follows:

$Y = 0.656 \cdot 0.113^X$ (13)

To determine the correlation level of the automation level of production equipment and the inside transportation cost, it is necessary to determine the correlation coefficient.

So we get the following result for the correlation coefficient:

$$r = \sqrt{\frac{\left(\sum (x_i - x^s)(y_i - y^s)\right)^2}{\sum (x_i - x^s)^2 \sum (y_i - y^s)^2}} = \frac{\sum X_i Y_i}{\sqrt{(\sum X_i^2)(\sum Y_i^2)}}$$

$$r = \frac{-0.0909}{\sqrt{(0.0846)(0.4106)}}$$

$r = -0.487$ (14)

The resulting correlation between automation level of production equipment and inside transportation costs is a result of a calculation for the combine factory "Zmaj«, and it verifies the hypothesis that there is a relation between automation level of production equipment and inside transportation.

If we test the correlation level, to determine how sure we can be when saying that the correlation level between automation level of production equipment and inside transportation cost is a function of the correlation coefficient.

If we make a basic hypothesis:

N_0 ($\varphi_0 = 0.58$),

that the inside transportation cost is a function of the automation level of production equipment and an alternative hypothesis:

N_1 ($\varphi > 0.58$)

When we use the hypothesis ($\varphi = \varphi_0$ ¹ $\neq 0$) for $n^3 \geq 30$ specimens, we can use the Fisher transformation:

$z = 0.5 \ln [(1+r) / (1-r)]$ (15)

this has approximately a normal distribution:

$N (0.5 \ln [(1+\varphi_0)/ (1-\varphi_0)] ; 1/ (n-3)^{1/2})$ (16)

If we change from natural to common logarithm (1/2 ln a = 1.1513 log a) the z has a normal distribution:

$N (1.1513 \log [(1+\varphi_0)/ (1-\varphi_0)]$ (17)

and we get that:
$z = 1.1513 \log [(1+r)/ (1-r)]$
$z = 1.1513 \log [(1+0.437)/ (1-0.437)]$
$z = 0.3567$ (18)

$\mu_z = 1.1513 \log [(1+\varphi)/ (1- \varphi)]$
$\mu_z = 1.1513 \log [(1+0.58)/ (1-0.58)]$
$\mu_z = 0.6625$ (19)

$\sigma_z = 1/ (n-3)^{1/2} = 1/ (41-3)^{1/2} = 0.162$ (20)

because:
$|t| < t_{0.05}$ (21)

and
$1.88745 < t_{0.05} = 1.96$ (22)

so we can accept with a 95 % probability the basic hypothesis.
For $\varphi = 0.59$ we get:
$z = 0.3567$,
$\mu_z = 0.6777$,
$\sigma_z = 0.162$,
$t = -1.9816$
and:
$1.9816 > t_{0.05} = 1.96$ (23)

We can be 95 % sure that there exists some relation between inside transportation cost and automation level of production equipment.

VI. CONCLUSION

From the described research, in using modern methods in projecting production and transportation systems we can see that there exists a certain degree of relation between inside transportation and automation level of production equipment and that this correlation is not a strong one. The correlation shows in the part where the automation level is based on the aggregation of single production operations. Where the automation level is a result of the automation of control operations this correlation is very weak. By defining this correlation we make possible a more economical choice of technological operations and the choice of an optimum automation level of production equipment.

REFERENCES

[1] Browne J., Dubais D., Classification on flexible manufacturing systems, *The Magazine FMS*, 1984, pp.114-117.

[2] Groover Mikell, Automation, production systems and computer integrated manufacturing, *Prentice-hall INC, Englewood Cliffs, New Jersey*, 1987.

[3] Nilsson N. Fiagarma-fully integrated garment manufacture an extension of the concept of flexible manufacturing systems*, Proceedings of the 2nd European conference on automated manufacturing*, Birmingham 1983, pp 189-211.

[4] Mellichamp M. J., Kwon O-Joung, Wahab Ahmed, FMS designer: an expert system for flexible manufacturing system design, *International journal of production research*, Vol. 28, Number 11, 1990. pp. 2013-2024.

[5] Wee E.H.T., Nee A.Y.C., Goh T.N. OFF - Line adaptive optimization of CNC lathe turning, *International journal of production research*, Vol.28, Number 12, 1990, pp. 2157-2170.

[6] Zivkovic, D. Dependence analyze for some parameters of transport system in dependence on automation level of equipment being superintended, *XV ECPD International conference on material handling and warehousing*, Belgrade, 1998, pp 2.7-2.11.

[7] Živković, D. Zrnić, Đ: The manipulation factor as criterion of dependence between automation level of production equipment and internal transport, *The fourth international conference Heavi Machinery HM 2002*, 2002, p.p. A.77-A.80.

[8] Živković, D: Productivity as one of the criteria for selection of automation level of production equipment, *3rd International conference Research and Development in Mechanical Industry-RaDMI 2003*, H.Novi, 2003, p.p.1148-1153.

[9] Živković, D. Dašić, P: contribution to determing the dependence of productibility on the automation level of production equipment, *10th International Scientific Conference AKADEMICKA DUBNICA-2004, Slovak University of Technology Bratislava, Faculty of Materials Science and Tecchnology in Trnave,* Dubnica (Slovakia), 2004, pp 671-679.

[10] Živković, D. Dašić, P: A Contribution to Determation of Automatization Level of Production Equipment, *4rd International Conference Research and Development in Mechanical Industry-RaDMI 2004, Faculty of Mechanical Engineering of Kraljevo,* Zlatibor, 2004, pp 575-582.

[11]Živković,D. Zrnić,Đ. Economy as One Criterion for the Selection of the Automation Level of Production Equipment, *The Fifth International Conference Heavy Machinery-HM-2005,Faculty of Mechanical Engineering Kraljevo, University of Kragujevac, 2005,* Kraljevo, pp.IIA.51- IIA.55.

[12]Živković, D. Bukumirovć, M: A contribution to the dependence of conveyor transport on automation level of manufacturing equipment, *Scientific technical review, Military technical institute of yugoslav army,* Belgrade, Vol.LII, No.5-6, 2002, pp:86-90.

[13]Stefanek, M. Zivkovic, D. Dasic, P. Veljovic,A. Influence of Automatization Level of Production Equipment on the Capacity of Internal Transport, *Internet Journal, Faculty of Materials Science and Technology in Trnava, University of Technology in Bratislava,* Volume 6, No. 1, 2006. (http://web.mtf.stuba.sk /en /casopis /archiv/2006/1)

[14]Bugaric, U. Vukovic, J. Petrovic D. Optimiyation of the unloading bridge working cycle, *Journal of Mechanical Engineering,* 2009, Vol 55, No.2, p.55-63.

[15] Cooper, R. Introduction to Queuing Theory, *Elsevier North Holland Ing, New York*.1981.

[16] Murdoch J. Queuing theory-worked examples and problems, *The Macmillan press ltd., London - New York*, 1978.

[17]Marvin, R. Arnljot, H. System Reliability Theory: Models, statistical methods and applications, *Wiley Publisher, New York*, 2004.

LIST OF USED SIGNS:

A°	- automation level,
A^{f}	- number of automated functions,
A_u	- total number of functions,
λ	- arrival rate,
μ	- service rate,
ρ	- offered load by server,
r	- correlation coefficient,
φ	- linear correlation coefficient,
μ_z ; σ_z	- normal distribution,
z	- Fisher transformation,
n	- size specimen

Recommended for publication
of Editorial board

МНОГОЦЕЛЕВА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПРОЦЕСА СМИЛАНЕ В БАРАБАННА ТОПКОВА МЕЛНИЦА ПО ОБОБЩЕНА ФУНКЦИЯ НА ПОЛЕЗНОСТ

Иван Минин[1], Петко Недялков[2] ,Антоанета Янева[3]

[1]Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: minin@dir.bg
[2]Технически университет, 1000 София, E-mail: nedpetko@tu-sofia.bg
[3]Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: antoaneta.yaneva@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Работата представя продължение на изследването на барабанни топкови мелници. На базата на проведен пасивен факторен експеримент в обогатителна фабрика за медни руди и на получени три целеви функции е избрана обобщена функция на полезност. Резултатите от експеримента са подложени на статистически анализ посредством програмата Statgraphics. Получен е адекватен модел на обобщената функция на полезност. Намерени са оптималните стойности на управляващите фактори, действащи на процеса смилане и графично е показано тяхното влиянието върху стойностите на обобщената функция на полезност.

MULTIPURPOSE OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF GRINDING IN A DRUM BALL MILL SUMMARIZED IN THE UTILITY FUNCTION

Ivan Minin[1], Petko Nedyalkov[2], Antoaneta Yaneva,
[1]University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, E-mail: minin@dir.bg
[2]Technical University, 1000 Sofia, E-mail: nedpetko@tu-sofia.bg
[3]University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, E-mail: antoaneta.yaneva@gmail.com

ABSTRACT. The work presents prolongation of drum ball mills examination. A summary function of utility is selected on the base of conducted passive factor experiment in a concentration plant, processing copper ore, and the three obtained functions. The results of the experiment are subjected to statistical analysis using the program Statgraphics. An adequate model of the summary function of utility is received. Optimal values of the governing factors are found and their influence on the summary function of the utility is graphically shown. The most important practical conclusions are systematized.

1. Теоретична постановка

Качеството на функциониране на един обект или система е комплексен показател, съставен от множество целеви параметри /1/. Всеки от тях има определено значение, но не е достатъчен за оптимално управление на обекта. Оптималните стойности на различните целеви параметри обикновено се получават при различни стойности на множество управляващи параметри, а оптимизацията само по един критерий не винаги е най-доброто решение. В действителност реалните технологични оптимизационни задачи винаги са многоцелеви.

Някои от многоцелевите задачи могат да се сведат до един основен параметър, а останалите да играят ролята на областни ограничения. Такова разделяне обаче не винаги е възможно.

Множеството целеви параметри

$$Q(x) = [Q_1(x), Q_2(x) ..... Q_m(x)] \quad (1.1)$$

носи названието векторен критерий. Оптимизационната задача при векторен критерий изисква намирането на x^*, при който множеството целеви параметри $Q_j(x), j = 1,2,....m$ ще удовлетвори комплекс от компромисни изисквания.

Съществуват различни концепции за решаване на оптимизационните задачи с няколко критерия за оптималност.

Предложените методи могат да се разделят главно на две групи:

1.Методи за намиране на множеството Парето-оптимални решения (множество на неподобряващи се точки).

2.Методи на скаларизацията и компромисните решения.

В задачите за векторна оптимизация се е наложила концепцията за Парето-оптималност съгласно принципа, предложен от Парето /1/. Парето-оптималното управление е такова, че всяко отклонение от него води до влошаване

на поне един от разглежданите критерии. Или управление $x^* \in \Gamma_x$ е Парето-оптимално, ако не съществува друго решение x^o в допустимата област Γ_x така, че

$$Q_j(x^o) \geq Q_j(x^*), j = 1,2,....m \qquad (1.2)$$

като неравенството се спазва строго поне за един от критериите. Посоката на неравенството е съобразена с изискването за максимизация на всеки от критериите. Характерно за Парето-оптимални решения е това, че в допустимата област не съществува друго решение, при което всички компоненти на векторния критерий $Q_j(x),(j = 1,2,....m)$ да имат по-добри стойност от Парето-оптималните решения.

При методите за скаларизация и компромисни решения в зависимост от приетата схема за компромис се препоръчва една оптимална точка, която максимално да удовлетворява обобщаващия скаларен критерий (максимум полезност, минимум загуби от утопично решение и др.).

В задачите за многокритериална оптимизация основен проблем е „взимането на решение" коя точка от компромисната област да бъде избрана за оптимална. Това решение трябва да бъде максимално подпомогнато от избрания метод за многоцелева оптимизация. Избраният метод в настоящата разработка е този на многоцелева оптимизация по обобщена функция на полезност. При него много- целевата оптимизация се свежда към едноцелева, като множеството критерии се привеждат към един. Ако всички критерии имат една и съща дименсия, обобщената целева функция се получава чрез просто сумиране на критериите, умножени на техните тегловни коефициенти W_j:

$$Q(x) = \sum_{j=1}^{m} Q_j(x) \bullet W_j \qquad (1.3)$$

На практика много рядко се случва всички целеви функции да са с еднаква дименсия и тогава критерият (1.3) не може да се състави. Тогава целевите параметри трябва да се приведат към еднаква скала на измерение и след това да се състави обобщен критерий. За такава скала се използува полезността на получените резултати за целевите параметри при различни стойности на X. Според теорията на полезност на всяко явление, събитие или целеви параметър може да се постави съответствие с положително число от 0 до +1, което да изразява полезността му.

Целевият параметър $Q_j(x^{(u)})$ в условията u за x се трансформира в коефициент на полезност $\eta_j(x^{(u)})$ по формулата:

$$\eta_j(x^{(u)}) = \frac{k_j[Q_j(x^{(u)}) - Q_{cj}]}{Q_{max\,j} - Q_{min\,j}}, j = 1,2,...m, \qquad (1.4)$$

където:

$k_j = +1$, когато повишението на Q_j е полезно, и $k_j = -1$, намаляването на Q_j е полезно;

Q_{cj} е най-безполезният резултат за целевия параметър, зададен по стандарт, отраслова нормала и др. или получен в границите на допустимото пространство. Ако вземем първоначално минималните стойности на този параметър, в последствие ще ги повишаваме, за да свием областта на изследването;

$Q_{max\,j}$ и $Q_{min\,j}$ са границите на полезност, т. е. максималната и минималната стойност на $Q_j(x)$. Избирането на границите на полезност се прави по предварително зададени изисквания или по най-добрия и най-лошия резултат, получени за $Q_j(x)$ в областта $x \in \Gamma_x$.

2. Избор на обобщена функция на полезност, описваща процеса смилане в БТМ за условията на фабрика „Елаците"

От формула (1.4) всеки целеви параметър Q_j ще се трансформира в коефициент на полезност η_j в границите от 0 за най-безполезния до +1 за най-полезният резултат. Ако в допустимото пространство $x \in \Gamma_x$ има резултати за Q_j, по-лоши от най-безполезния Q_{Cj}, при прилагане на формула (1.4) те се приемат за равни на Q_{Cj}.

След трансформирането на физическите параметри в безразмерни полезности се съставя обобщената функция на полезност. Тя може да бъде:

1. Средноаритметична обобщена функция на полезност без тегловни коефициенти.

$$\phi_a(x) = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} \eta_j(x) \qquad (2.1)$$

2. Средноаритметична обобщена функция на полезност с наличие на теглови коефициенти

$$\phi_a(x) = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} \eta_j(x) \bullet W_j \qquad (2.2)$$

3. Средно геометрична обобщена функция на полезност

$$\phi_a(x) = \sqrt[m]{\eta_1(x) \bullet \eta_2(x) \bullet \eta_m(x)} \qquad (2.3)$$

За описание на процеса смилане в барабанни топкови мелници (БТМ) избираме средноаритметична обобщена функция на полезност без тегловни коефициенти, защото качествена оценка на тегловните коефициенти не може да бъде формулирана в рамките на направените изследвания. От друга страна средногеометричната обобщена

функция на полезност се използва при технологични процеси, за които продуктът не се приема за годен, ако дори един от целевите параметри не отговаря на изискванията за границите на полезност. Освен това използването на средно геометричната обобщена функция на полезност води до натрупване на грешки.

В таблица 1 са показани изчислените стойностите на коефициентите на полезност η_E, η_q, η_k спрямо целевите функции:

1. Относителният енергоразход:

$$E = 0,146218 \bullet D_Б \bullet D_Б \bullet L_Б + \\ +0,0424305 \bullet M_T - \\ -0,0611135 \bullet Q, kWh / t$$

2. Относителната производителност:

$$q = -3,27 \bullet 10^{-2} D_Б \bullet D_Б \bullet L_Б + \\ +2,124 \bullet 10^{-2} \bullet M_T + \\ +6,74 \bullet 10^{-3} \bullet Q, \frac{t}{h \bullet m^3}$$

*3.*Добивът на разчетна класа:

$$k_{-0,08} = 9,08.10^{-2} \bullet Q + \\ +0,124 \bullet (k_{-15} - k_Ш) + \\ +0,247 \bullet M_T, \%$$

Трите целеви параметъра са получени след статистически анализ на резултатите от пасивния факторен експеримент, проведен във фабрика „Елаците". В същата таблица са показани и трите възможни обобщени функции на полезност (2,1),(2,2),(2.3) със следните означения:

- ϕ_1 е средноаритметична обобщена функция на полезност без тегловни коефициенти;

- ϕ_2 - средноаритметична обобщена функция на полезност с наличие на теглови коефициенти;

- ϕ_3 - средно геометричната обобщена функция на полезност.

Показани са също и стойностите на най-безполезните резултат за целевите параметри съответно Q_{CE}, Q_{Cq}, Q_{Ck}, както и границите на полезност на целевите параметри $Q_{max} - Q_{min}$, необходими за изчисляване на ϕ_1, ϕ_2 и ϕ_3.

Направените изчисления показват, че коефициентите k_j за енергоразхода не могат да бъдат с отрицателна стойност, поради факта, че за подобряване на смилането е необходима повече енергия.

3. Статистическа оценка на обобщената функция на полезност

Резултатите от таблица 1 са обработени статистически с програмата STATGRAPHICS. Получени са четири модела на средноаритметичната обобщена функция на полезност без тегловни коефициенти като единият е с константа, а другите без константи.

Таблица 1

W_{ji}	0,5	0,3	0,2
k_j	1	1	1
Q_C	52,7	11,75	0,728
$Q_{max} - Q_{min}$	10,7	4,1	0,355

η_k	η_E	η_q	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3
0,8505	0,4659	0,9915	0,76929	0,254433	0,732387
0,3178	0,0927	0,6930	0,367799	0,108425	0,273275
0,1682	0,4366	0,4507	0,351838	0,101743	0,321082
0,0561	0,2463	0,3352	0,212542	0,056327	0,166677
0,0000	0,3488	0,6197	0,322833	0,076193	0
0,5234	0,3293	0,7746	0,542427	0,171797	0,511077
0,1776	0,3122	0,3577	0,282504	0,084664	0,270681
0,6822	0,5951	0,7493	0,675554	0,223172	0,672563
0,3084	0,6439	0,5014	0,484574	0,149219	0,463497
0,4299	0,5976	0,6451	0,557513	0,174412	0,549272
0,6542	0,3415	0,8563	0,617336	0,20027	0,576193
0,6449	0,5683	0,7014	0,638187	0,211066	0,635823
0,4860	0,5317	0,6761	0,564582	0,179238	0,559017
0,8318	0,5659	0,7437	0,713764	0,244792	0,70474
0,6542	0,6293	0,7042	0,662566	0,218909	0,661841
0,5234	0,7049	0,5972	0,608475	0,197527	0,603961
0,4673	0,4512	0,6648	0,527766	0,167323	0,519461

0,4393	0,5512	0,5915	0,52734	0,167767	0,523211
0,4860	0,4854	0,6620	0,54444	0,173665	0,538488
0,3458	0,4805	0,5183	0,448197	0,140235	0,441601
1,0000	0,5829	0,8958	0,826234	0,284678	0,805263
0,7009	0,7756	0,5803	0,685609	0,233069	0,680748
0,7664	0,6073	0,4761	0,616576	0,220195	0,60511
0,6822	1,0000	0,2197	0,633987	0,228355	0,531213
0,4953	0,3805	0,7380	0,537948	0,169805	0,518126
0,4393	0,4390	0,5606	0,479613	0,154482	0,476368
0,2523	0,0463	0,6225	0,307071	0,088193	0,193808
0,1682	0,4585	0,4507	0,359155	0,103938	0,326376
0,1215	0,6561	0,3211	0,36624	0,107267	0,294714
0,7103	0,4195	0,5915	0,573781	0,199768	0,560689
0,0748	0,2732	0,6197	0,322552	0,081093	0,233048
0,7850	0,4610	0,7690	0,671679	0,228206	0,652884
0,7664	0,4390	0,8648	0,690056	0,229281	0,662638
0,6916	0,5049	0,4901	0,562203	0,198429	0,555203
0,3738	0,1195	0,9127	0,468673	0,135102	0,344193
0,4673	0,0756	1,0000	0,5143	0,152109	0,328137
0,6449	0,2805	0,7746	0,566665	0,187169	0,519391
0,3458	0,4780	0,5183	0,447384	0,139991	0,440852
0,4393	0,5220	0,4028	0,454673	0,152258	0,452013
0,3458	0,5537	0,3577	0,419066	0,136848	0,409146
0,2804	0,6707	0,0000	0,317035	0,113802	0
0,0654	0,0000	0,7352	0,266877	0,059918	0
0,3458	0,4756	0,4225	0,414646	0,133362	0,411128
0,6168	0,2805	0,5042	0,467179	0,164468	0,443506
0,5327	0,3195	0,6000	0,484074	0,160736	0,467423

Като модел с най-добри параметри е избран моделът М4. Уравнението на модел без константа в натурални променливи (таблица 2) изглежда по следния начин:

$$\phi_{1,2} = -7,97 \bullet 10^{-3} \bullet D_Б^{\,2} \bullet L_Б + 9,76 \bullet 10^{-3} \bullet M_T +$$

$$+3,35 \bullet 10^{-3} \bullet (k_{-15} - к_Ш) -$$

$$-1,2 \bullet 10^{-5} \bullet Q^2$$

Модел *М4 може* да бъде оценен като модел с най-висока адекватност. Коефициентът на множествена корелация R^2 е съответно 97,45%, а коригираният коефициент на множествена корелация $R^2(adj)$ е 97,26%. Този модел има и други високи показатели на оценка. Стойността на показателя на доверителна вероятност (***Р-критерий)*** за модела е под критичната **0,05**, т.е. може да се приеме, че моделът е адекватен с доверителна вероятност над 95%. Друго голямо предимство на този модел е, че той обхваща най-много управляващи фактори.

4. Намиране на оптимално отношение между управляващите фактори, действащи на процеса смилане в БТМ за условията на фабрика „Елаците"

От теорията на управление на технологичните процеси е известно, че режимът е оптимален когато обобщената функция на полезност има максимална стойност. За определеляне максималната стойност на обобщената функция на полезност са използвани програмите „Excel" и "Matlab".

Два от управляващите фактора, участващи в обобщената функция на полезност - вътрешният диаметър и дължината на барабана - се променят равномерно, защото са функция от износването. Това дава възможност те да бъдат представени графично в зависимост от получената в предишна работа функция за износване на облицовките - $i,\%$.

Други два от управляващите фактори, участващи в обобщената функция на полезност, обаче не подлежат на управление или се поддържат постоянни. Това са $k_{-15} = 93,2\%$, стойност, която се поддържа постоянна последните години, и количеството шисти в постъпващата в мелницата руда, фактор, който не може да бъде управляван, и поради това е избрана неговата средна стойност, а именно $k_{Ш} = 28,65\%$. По тази причина при използването на програмата „Excel" има ограничения с тези стойности и са получени резултати, различни от пресметнатите посредством "Matlab".

Таблица 2

Параметри на модел М4 без константа

Параметри	Стойност	Стандартна грешка	Т- статистика на Стюдънт		Р критерий
$D_Б^2.L_Б$	-0,00797	0,001746	-4,56412		0,000
M_T	0,009757	0,001126	8,66219		0,000
$k_{-15} - к_Ш$	0,003352	0,001379	2,43085		0,0195
Q^2	-1,2E-05	5,49E-06	-2,27014		0,0285
	Сума от квадрати на модела	*Степени на свобода*	*Средно на квадрати на модела*	*F критерий*	Значимост на *F*
Модел	12,2088	4	3,0522	391,57	0,000
Остатък	0,319589	41	0,007795		
Общо	12,5284	45			
Коефициент на множествена корелация				97.4491 %	
Коригиран коефициент на множествена корелация				97.2624 %	
Стандартна грешка				0.0882885	
Средна абсолютна грешка				0.0704934	
Статистика на Дърбън - Отсън				1.0442	
Остатъчна автокорелация				0.435233	

Стойностите на управляващите фактори, при които ОФП е максимална, са показани в таблица 3:

Таблица 3

Управляващи фактори						ОФП	Прог-рама
$D_Б,m$	$L_Б,m$	M_T,t	$Q,t/h$	$k_{-15},\%$	$к_Ш,\%$	ϕ_{1max}	
4,07	6,14	174,4	123	93,2	11,3	0,9772	Matlab
4,07	6,14	174,4	123	93,2	28,65	0,942	Excel

5.Графично представяне на оптималното отношение на управляващите фактори

За по-добро графично представяне на получените резултати един от параметрите се ограничава като постоянен,а се дава влиянието на останалите два върху обобщената функция на полезност. Тя зависи от три параметъра,а не е възможно едновременното графично показване на изменение на всички параметри.

За графично представяне на зависимостта на обобщената функция на полезност от масата на топките и натоварването на мелницата с руда, са избрани два варианта на износване – при нова облицовка (i=0%, фиг.1) и при максимално допустимо износена - преди подмяната и (i=100%, фиг.2). Използвана е програмата „SURFER 8”.

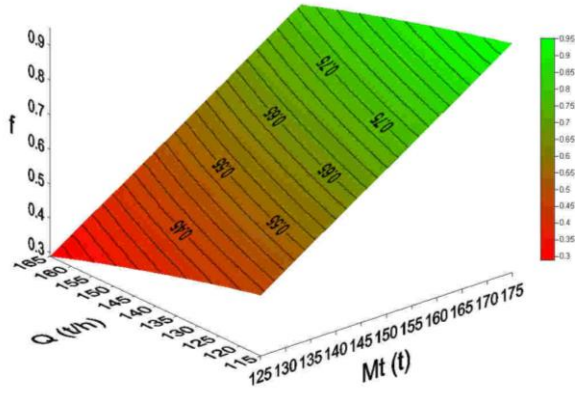
За графичното представяне на зависимостта на обобщената функция на полезност от масата на топките и износването са избрани два варианта на натоварване с руда – с ниски стойности ($Q = 115t/h$, фиг.3) и с максимално натоварване за експеримента ($Q = 165t/h$, фиг.4).

За графичното представяне на зависимостта на обобщената функция на полезност от натоварване на мелницата с руда и износването са избрани два варианта на масата на топките – при минимално количество ($M = 120t$, фиг. 5) и при максимално количество топки ($M = 175t$, фиг. 6).

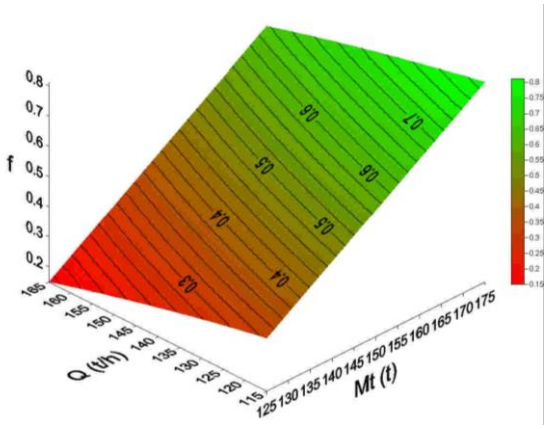
6.Изводи

След анализ на получения математичен модел на обобщената функция на полезност и графиките, показващи влиянието на отделните фактори върху тази функция, могат да бъдат направени следните изводи:

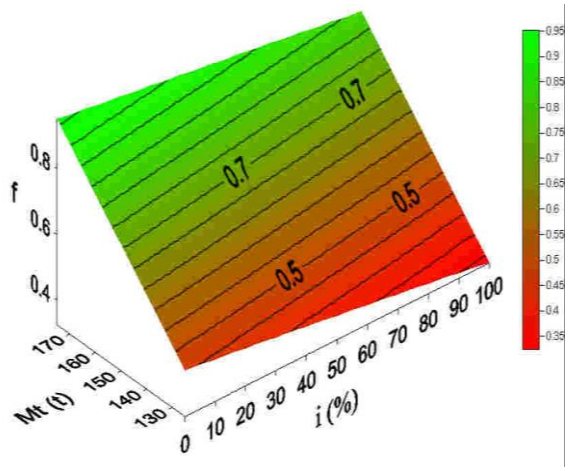
1. Мелниците от този тип, работещи в условията на „Елаците мед” – АД, имат оптимален режим на работа при нови облицовки, минимално натоварване с руда и максимален топков товар в диапазона на направените измервания.
2. Количеството топки в барабана на мелницата в никакъв момент не трябва да е по-малко от 140 тона.
3. Мелниците от този тип, работещи в условията на „Елаците мед” – АД, имат оптимален режим на работа при нови облицовки, минимално натоварване с руда и максимален топков товар в диапазона на направените измервания.
4. Количеството топки в барабана на мелницата в никакъв момент не трябва да е по-малко от 140 тона.



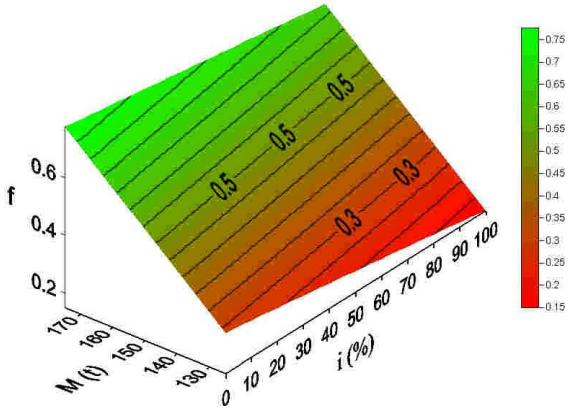
Фиг. 1. $\phi = f(M_t, Q, i = 0\%)$



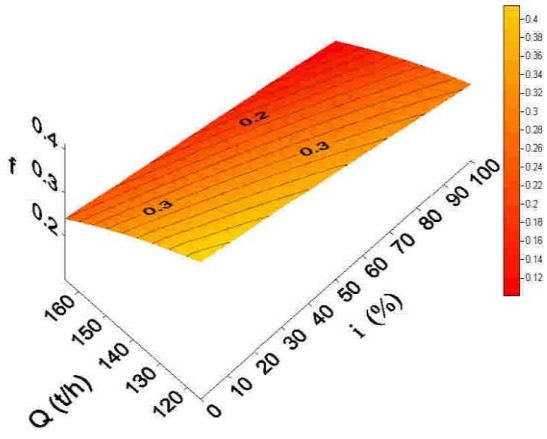
Фиг. 2. $\phi = f(M_t, Q, i = 100\%)$



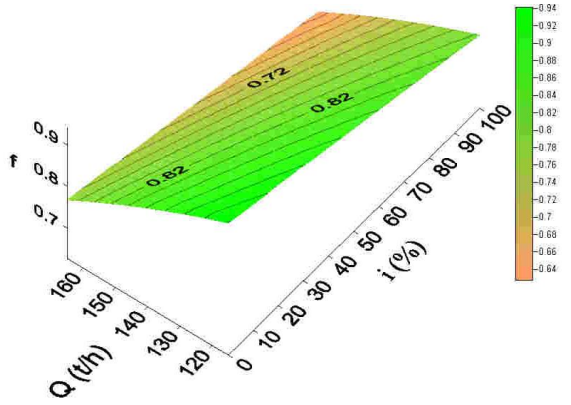
Фиг. 3. $\phi = f(M_t, i, Q = 115t/h)$



Фиг. 4. $\phi = f(M_t, i, Q = 165t/h)$



Фиг. 5. $\phi = f(i, Q, M_t = 120t)$



Фиг. 6. $\phi = f(i, Q, M_t = 175t)$

5. С износването на облицовките на мелницата, т.е. с увеличаване на вътрешния диаметър и дължина на барабана, пропорционално трябва да се увеличават и количеството топки в барабана, което значи да се поддържа постоянен коефициентът на запълване със смилащи тела.

6.С износването на облицовките на мелницата, т.е. с увеличаване на вътрешния диаметър и дължина на барабана, пропорционално трябва да се увеличават и количеството топки в барабана, което значи да се поддържа постоянен коефициентът на запълване със смилащи тела.

7. Количеството преработена руда от момента на поставяне на нови облицовки до всеки следващ момент дава необходимата информация за вътрешния диаметър и дължина на барабана, което свързано с известната

зависимост на износването на топките от тази преработка е достатъчно условие за управление на процеса на дозиране на добавяните топки, така че да бъде поддържан технологичен режим, близък до оптималния.

Препоръчана за публикуване от катедра „Механизация на мините", МЕМФ

Литература

1. Стоянов,К.,С., "Оптимизация на технологични процеси", София, Техника,1993г.
2. Хоменюк,В.В., "Элементи теории многоцелевой оптимизации", Москва, Наука, 1983г.

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗНОСВАНЕТО НА ОБЛИЦОВКИТЕ НА БАРАБАННИ ТОПКОВИ МЕЛНИЦИ

Иван Минин[1], Антоанета Янева[2], Петко Недялков[3]

[1]Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: minin@dir.bg
[2]Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: antoaneta.yaneva@gmail.com
[3]Технически университет, 1000 София, E-mail: nedpetko@tu-sofia.bg

РЕЗЮМЕ. В представената работа е описан пасивен факторен експеримент в обогатителна фабрика, преработваща медни руди. Дадена е подробна теоретична постановка и практически данни от предишни изследвания. Експериментът е извършен върху барабанна топкова мелница тип МТР 3,5х5. Резултатите от него са подложени на статистически анализ посредством програмата Statgraphics. Получена е функционална зависимост между целевата функция износване и фактора преработена руда. Направени са изводи за значимостта на изследването.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE WEAR OF DRUM BALL MILLS LININGS

Ivan Minin[1], Antoaneta Yaneva[2], Petko Nedyalkov[3]
[1]University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, E-mail: minin@dir.bg
[2]University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, E-mail: antoaneta.yaneva@gmail.com
[3]Technical University, 1000 Sofia, E-mail: nedpetko@tu-sofia.bg

ABSTRACT. In the presented work a passive factor experiment in a concentration plant, processing copper ore, is described. A detailed theoretical formulation and practical data from previous studies are given. The experiment is carried out on a drum-type ball mill MTR 3.5 x5. Results are subjected to statistical analysis using the program Statgraphics. A functional relationship between the "wear" objective function and the "processed ore" function is obtained. Conclusions about the importance of the study are made.

1. Теоретична обосновка

Износването на облицовките на мелниците е един от основните проблеми при експлоатация на тези машини. Освен че те регулярно трябва да бъдат подменяни, което води до значителни финансови разходи за предприятията, износването влияе и на технологичния процес на смилане на рудата. Износването на облицовките на мелницата увеличава вътрешния обем на мелницата и намалява коефициента на напълване със смилащи тела.

Плъзгането на раздробявания пълнеж по повърхността на облицовката на барабана зависи основно от профила на облицовката и коефициента на триене между раздробявания пълнеж и облицовката.

Износването на облицовката на топковите мелници ще е по–интензивно в мелниците, имащи повече плъзгане и специфични нормални контактни налягания между раздробяващата маса със смилаемия материал и облицовката на барабана.

Известно е, че количеството на раздробен чрез изтриване продукт [1] е пропорционално на площта на съприкосновение на търкащите се повърхности. Изчисленията показват, че повърхността на триене на облицовките с топките е едва около 2% от сумарната повърхност на топките вътре. Това позволява да твърдим, че количеството износен материал в резултат на приплъзването между смилащите тела и облицовката на барабана, съставлява примерно 2% от общото количество на износения материал.

Оттук следва заключението, че влиянието на облицовката върху количествената страна на процеса на раздробяване за сметка на приплъзването на раздробяващата маса е незначително. В същото време триенето значително повишава износването на облицовъчните плочи на барабана. Тъй като производителността на мелницата по готов продукт е пропорционална на използваната полезна мощност, с намаляване на приплъзването пропорционално ще се увеличава производителността на мелницата и ще се намалява специфичният разход на енергия и облицов-ка.

Ако натрошаваният товар се движи без приплъзване и скоростта на смилащите тела, които се движат по кръгова траектория, е равна на скоростта на въртенето на барабана $\left(\omega_T = \omega_Б\right)$, то мощността на вала на барабана ще бъде:

$$P_M = P_Б = M_Б \bullet \omega_Б, kW \qquad (1.1)$$

където: $M_{Б}$ - момент на барабана на мелницата, NM

$\omega_{б}$ - ъгловата скорост на барабана, rad/s.

При движение на раздробяващите тела с приплъзване за запазване на предишния режим на смилащия товар е необходимо да се увеличи скоростта на въртене на барабана със стойност, определена от приплъзването.

Мощността на вала на барабана в този случай ще се измени и се определя като:

$$P_{б}^{'} = M_{T} \bullet \omega_{T}, kW \qquad (1.2)$$

където: M_{T} - масата на смилащата среда(топките), kg;

ω_{T} - ъгловата скорост на топките, rad/s.

Мощността, която се губи при приплъзване на топковия товар, е:

$$P_{З} = P_{б}^{'} - P_{T} = M_{T}\left(\omega_{б} - \omega_{T}\right), kW \qquad (1.3)$$

Загубата на мощност при приплъзване може да бъде записана като сума:

$$P_{З} = P_{Тр} + P_{П}, kW \qquad (1.4)$$

където:

$P_{Тр}$ - мощност, която се губи за разрушаване на облицовката чрез триене, kW.

$P_{П}$ - полезна мощност, използвана за раздробяване на материала чрез изтъркване в облицовката, kW.

Съотношението на величините в горното уравнение ще се променя в зависимост от площта на контакта на раздробяващия товар с облицовката на мелницата и възникващите при това налягания в местата на контакта.

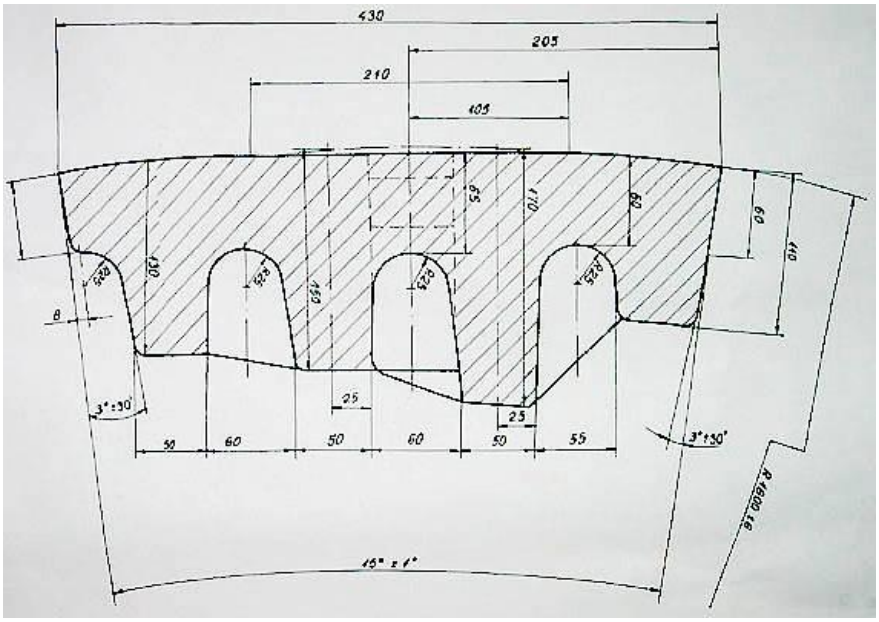
Проф И.В. Крюгов [1] експериментално е определил стойностите на коефициентите на триене на стоманени топки с различни диаметри при приплъзване по стоманена пластина. Данните от тези експерименти са позволили да се определи, че с намаляване диаметъра на топките при постоянно нормално налягане площта на контакта намалява, а силите на сухото триене значително нарастват, тоест увеличава се стойността на коефициента на триене. Прилагайки тези изводи към процеса на взаимодействие на топковото натоварване с облицовката, може да се направи заключение, че силите на триене между дребните топки и облицовката ще бъдат по–големи отколкото при топковите мелници, работещи с по едри топки. Увеличаването на силите на триене ще води към съответстващо намаляване на приплъзването на топковия товар относно облицовката. Отчитайки че големината на износването на контактуващите повърхности се определя основно от приплъзването и нормалното налягане, може да се заключи, че при всички други равни условия износването на облицовката и контактуващите с нея топки ще бъде по-голямо в мелниците, които работят с по-едри топки.

Факторът, който ускорява износването на облицовката, е корозия като следствие на химическото и електрохимическото взаимодействие на метала на облицовката с пулпа и парите. Корозията много силно се проявява при мелници с мокро смилане и значителна киселинност на пулпа. При удари и приплъзвания раздробяващата среда оставя по облицовката драскотини, канали, вдлъбнатини, които увеличават площта на съприкосновение на чистия метал с активната среда. Това води до повърхностна корозия. По-малко стабилният окислен слой бързо се сваля чрез раздробяващата среда, оголвайки чистия метал. По тази причина облицовката на мелницата с мокро смилане по правило има по–кратък срок на служба.

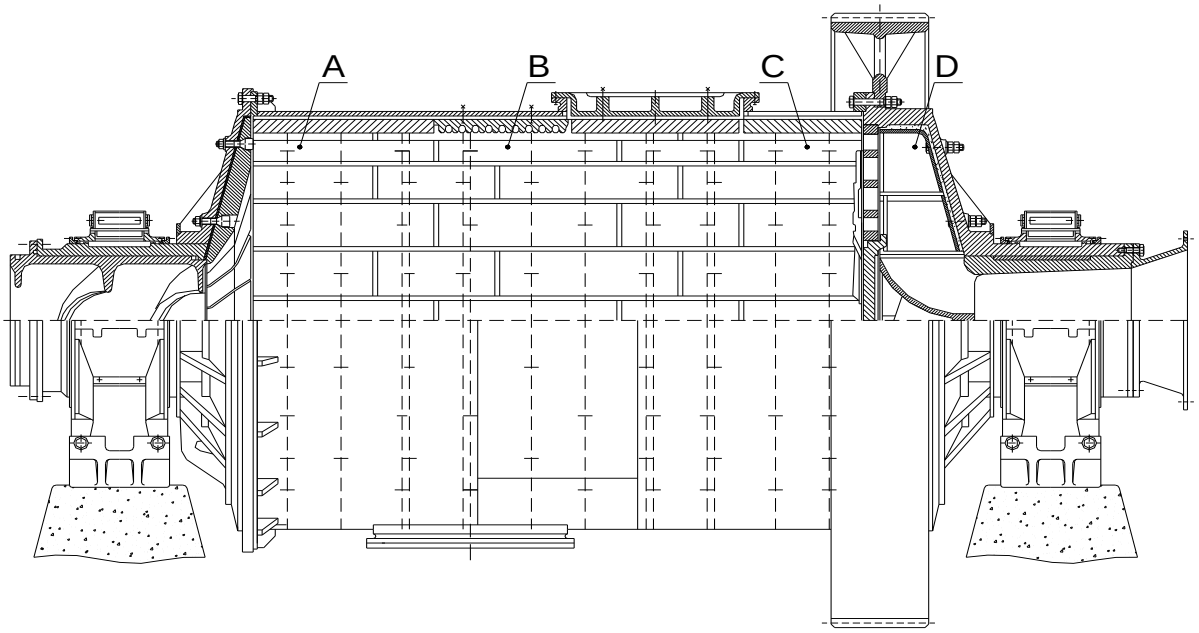
На базата на тези известни от практиката изводи се направи изследване на износването на облицовките на барабанна топкова мелница с решетка, работеща във фабрика „Челопеч”.

2. Описание на експеримента, проведен във фабрика „Челопеч”

Профилът на облицовките на мелниците МТЦ 3,5х5 е показан на фигура 1, като са направени измервания на четири различни сечения с дебелини съответно120, 170, 150 и 135 мм. Освен това измерванията са в четири зони (A, B, C, D) от барабана, което е показано на фигура 2. При всяко измерване са записани дебелината на съответното сечение и количеството преработена руда от момента на поставяне на нова облицовка до момента на измерването. Измерванията за всяка облицовка от момента на поставянето й са само две поради големия престой на машината и икономическата неизгодност за предприятието. Измерванията са направени на 4 броя облицовки.



Фиг. 1. Профил на облицовките



Фиг. 2. Зони на измервания в барабана

Резултатите от направените измервания са показани в таблица 1

Таблица 1

Дата	Зона на измерване	Сечение 120мм.	Сечение 170мм.	Сечение 150мм.	Сечение 135мм.	Износване I,%	Преработка, $Q_{ПР}, t$
25.07.06	A	90	100	95	90	34,04	270597
	B	95	110	105	100	28,01	270597
	C	100	115	110	100	25,4	270597
	D	85	110	105	95	31,2	270597
10.10.06	A	60	70	65	60	64,21	537716
	B	65	75	70	75	59,9	537716
	C	70	75	75	75	58,4	537716

	D	55	60	65	60	66,2	537716
13.02.07	A	95	110	100	85	31,62	261617
	B	85	120	110	100	27,79	261617
	C	90	130	120	100	23,61	261617
	D	85	100	95	90	35,09	261617
16.05.07	A	65	80	80	75	47,47	537136
	B	70	85	75	80	45,6	537136
	C	70	95	100	80	39,96	537136
	D	65	70	70	60	53,39	537136
20.09.07	A	90	100	95	90	34,04	237468
	B	85	120	115	100	26,96	237468
	C	95	125	115	95	25,07	237468
	D	85	100	90	90	35,92	237468
10.04.08	A	0	5	5	5	97,51	758055
	B	15	25	15	10	88,85	758055
	C	20	35	30	28	80,5	758055
	D	30	45	32	25	77,17	758055
05.08.08	A	90	110	100	85	32,67	279695
	B	95	130	120	95	23,5	279695
	C	95	125	120	95	24,23	279695
	D	80	105	110	90	32,89	279695
17.02.09	A	0	5	5	5	97,51	772067
	B	5	5	5	5	96,46	772067
	C	5	15	13	10	92,73	772067
	D	22	30	33	15	82,73	772067

3. Статистически анализ на получените резултати

Резултатите от експеримента показват, че износването в отделните зони от барабана е различно, което предполага да бъде направено статистическо изследване поотделно за всяка зона, а след това то да бъде усреднено за цялата облицовка. Изследването има за цел да се получи зависимост между износването *i*,% от преработената до момента на достигането му количество руда $Q_{ПР}, t$.

Резултатите от измерванията, показани в таблица 1, са статистически изследвани за всяка зона. Чрез програмата STATGRAFICS са получени по два модела за всяка зона, един с константа и един без константа. Оказва се, че параметрите на моделите с константа не могат да бъдат приети за адекватни поради това, че стойностите на показателя на доверителна вероятност (***P-критерий)*** за константите е над критичната > **0,05.**

В таблица 2 са показани параметрите на получените модели, като модел М1.9 се отнася за усредненото износване на целия барабан. В таблицата са показани стойностите на коефициента на множествена корелация - R^2, максималният показател на доверителна вероятност - P_{MAX}, стойността на критерия на Фишер - F и неговата значимост, средната абсолютна грешка, степените на свобода - ν и стойностите на константите и коефициентите . Аналитично моделът изглежда по следния начин:

$$i = 1{,}12 \bullet 10^{-4} \bullet Q_{ПР}, \% \qquad (1.5)$$

Таблица 2

Параметри на получените модели

Модел Зона	**Const**	$Q_{ПР}, t$	ν	F	**Значимост на** *F*	$P_{\max}$	**Абсолютна грешка.**	R^2
M1.1- A	-0,222	0,00012	11	343,04	0,000	0,935	3.12	97.12%
M1.2- A		0,00012	12	831,75	0,000	0,000	3.04	98.69%
M1.3- B	-2,124	0,000116	11	327,81	0,000	0,437	3.791	97.04%
M1.4- B		0,000116	12	702,44	0,000	0,000	3.399	98.46%
M1.5- C	-2,112	0,000108	11	244,48	0,000	0,474	4.043	97.04%
M1.6- C		0,000104	12	526,71	0,000	0,000	3.643	97.95%
M1.7- D	2,573	0,000105	11	433,3	0,000	0,242	3.631	97.74%
M1.8- D		0,00011	12	999,88	0,000	0,000	3.388	98.91%
M1.9		0,000112	12	1119	0,000	0,000	2.576	99.02%

4. Изводи

От получените модели на износването можем да направим следните изводи:

- получените математични модели показват, че износването на облицовките на мелниците, увеличаващи вътрешния диаметър и дължина на барабана е в линейна зависимост от количеството преработена руда;
- количеството преработена руда от барабанна топкова мелница от момента на поставяне на нова облицовка до всеки следващ момент е достатъчно условие да се определят текущите стойности на вътрешния диаметър и дължина на барабана.
- ползата от тези модели е в това, че във всеки момент по тях може да се определи степента на износване в зависимост от количеството преработена руда, но това се отнася само в случаите, когато качеството на облицовките не се променя.

Литература

1. Д.К.Крюгов,„Усовершенствование размольного оборудования горно-обогатительных предприятий”, Недра, Москва,1966.
2. Димова,В.С., ”Ръководство по статистическа обработка на опитни данни”, София, ВМЕИ, 1979г.

Препоръчана за публикуване от катедра „Механизация на мините”, МЕМФ

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФОРМАТА НА ОТРАЗЕНИЯ ИМПУЛС ПРИ ЧУКА НА ШМИД

Юлиян Димитров, Кристиян Цветков

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail juldim@abv.bg ,khc@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. При минния добив намират голямо приложение машини с ударно действие. По предмета Минни машини се изучават параметрите на ударния процес.
В настоящия материал се обсъжда моделът на удара и са са обсъдени формулите за отразения импулс.
За пример е взет чука на Шмид, който се използва за определяне на якостта на натиск на скалата. Направени са изводи за техническите параметри на ударното устройство.

STUDY OF THE FORM OF THE REFLECTED PULSE AT SCHMIDT HAMMER

Julian Dimitrov, Kristian Tsvetkov
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail juldim@abv.bg ,kho@mgu.bg

ABSTRACT. In mining large application have machinery impact. Parameters of percussive processes are studied in the course of Mining machinery.
In this paper is discussed the model of impact and the formulas of the reflected pulse are discussed.
For example is given Schmidt hammer, which is used to determine the compressive strength of rock. Conclusions about the technical parameters of the impact device are made.

Въведение

Процесите на удар играят важна роля при някои основни добивни машинни в минното производство.

По предмета Минни машини се изучават параметрите на ударния процес. Удачно е в обучението да се използват експериментални прототипи на пробивни машини. Тези машини трябва да са с по-малки габарити и ниска цена. Като пример разглеждаме чука на Шмид. Същевременно той е и професинален инструмент за измерване на якостта на натиск на скалата.

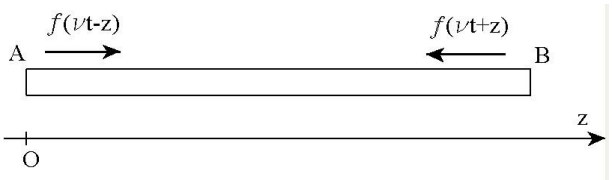
Модел на удара

Ударния механизм формира ударен импулс, който може да бъде описан чрез вълново уравнение като функция на времето. Ефективността при разрушение на ударния инструмент се определя от формата, максималната амплитуда и продължителност на импулса.

Общи принципи и модели на удара

Съществуват много различни модели на взаимния удар на две абсолютно твърди тела. При всички модели е в сила законът за запазване на импулса $m_1V_1' + m_2V_2' = m_1V_1'' + m_2V_2''$, където m_1, m_2 - масите на двете тела и V_1', V_2', V_1'', V_2'' - скоростите на телата преди и след удара. В определен смисъл универсален е моделът на Нютон – предполага се пропорционална зависимост между относителните скорости на телата преди и след удара $V_1' - V_2' == R(V_1'' - V_2'')$. Тук R е коефициента на възстановяване на скоростта. При $R = 1$, ударът е идеално еластичен и при $R = 0$ - имаме пластичен удар.

За извършване на необходимите изчисления се приема дискретен модел на удара – телата се представят чрез елементарни дискретни елементи, притежаващи маса и имащи еластични свойства. Този подход позволява моделирането на процеса на удара с компютър.



Фиг. 1. Ударен процес при свободен прът

На фиг.1 е представен схематичен модел на прът с дължина l. Успоредно по пръта е разположена координатна ос z, с начало в единия край на пръта, обозначен с А, който ще наричаме „приложен край". Другият край на пръта, обозначен с В, наричаме "работен край". В процеса на удара в приложния край се поражда „права вълна". След отразяването на вълната от работния край се поражда „обратна вълна".

Вълновият модел на Сен – Венан отразява достатъчно пълно динамичните процеси във взаимно удрящите се тела. Разглеждаме безкрайно малък елемент на прът, който се движи под действието на сила. Съгласно закона на Нютон е изпълнено $m\frac{\partial^2 x}{\partial t^2}=\frac{\partial P}{\partial z}dz$, където

$m=\rho A dz$ - маса на елемента с дължина dz,

ρ - плътност на пръта,

A - лице на сечението на пръта, x - преместване по дължината на пръта и

P - осева сила.

След като се приложи и закона на Хук за еластично тяло се стига до вълновото уравнение $\frac{\partial^2 x}{\partial z^2}-\frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 x}{\partial t^2}=0$,

където $v=\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ - скорост на разпространение на вълните на деформацията и E - модул на Юнг на пръта.

За решаване на вълновото уравнение е удобен методът на Даламбер. Решението се представя във вида $x(z,t)=f(vt-z)+\varphi(vt+z)$.

v е скорост на разпространение на вълните в пръта. Това представяне е удобно при изчесления, свързани с разпространението на вълните.

Приема се, че $f(vt-z)$ е преместването поради вълновата деформация на сечението на пръта в положителна посока („права вълна") и $\varphi(vt+z)$ - в отрицателна посока („обратна вълна"). В рамките на пръта правата и обратна вълна остават с непроменени параметри. Представлява интерес преобразуването на вълните в края на пръта.

Разпространение на вълните при свободен край на пръта

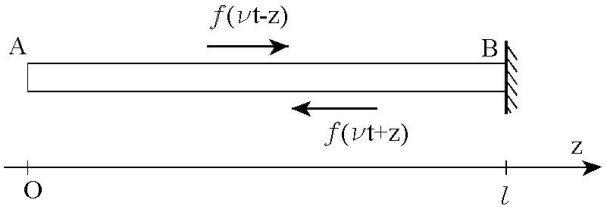
Разглеждаме прът, в който работният край е свободен (фиг. 1). В този случай деформацията $\frac{\partial x(l,t)}{\partial z}=0$. При $z=l$ е изпълнено $-f'(vt-l)+\varphi'(vt+l)=0$. Това означава, че $f'(vt-l)=\varphi'(vt+l)$.

Разглеждаме момент t след достигане на първата вълна на работния край на пръта ($t>\frac{l}{v}$). Следователно, скоростта на сечението в работния край на пръта е $\frac{\partial x(l,t)}{\partial t}=2vf'(vt-l)$.

Извод: Поради наслагване на обратната вълна $\varphi(vt+z)$ върху правата $f(vt-z)$, скоростта при работния край на пръта се удвоява. Същевременно деформацията $\frac{\partial x(z,t)}{\partial z}=0$, поради взаимното изключване на деформациите на правата и обратно вълна.

Разпространение на вълните при взаимодействие с абсолютно твърда преграда

В този случай, работният край на пръта е фиксиран от преградата (фиг. 2). Граничното условие е скоростта в точка B да бъде $\frac{\partial x(l,t)}{\partial t}=0$. Следователно, $v\varphi'(vt+l)=-vf'(vt-l)$. В този случай, скоростите

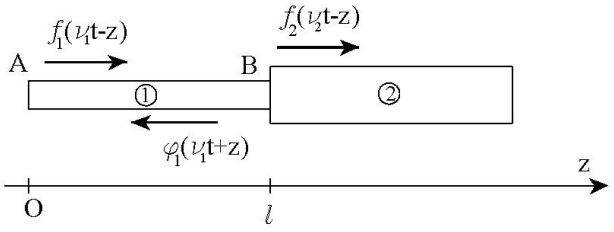


Фиг. 2. Ударен процес при прът взаимодействащ с абсолютно твърдо тяло

от правата и обратна вълна се изключват. Деформациите се наслагват и като резултат в работния край на пръта деформацията се удвоява - $\frac{\partial x(l,t)}{\partial z}=-2f'(vt-l)$.

Разпространение на вълните на границата между две удрящи се тела

Моделът е представен на фиг.3.



Фиг. 3. Ударен процес при взаимодействие между два прът

От връзката между граничните условия на решенията на двата пръта се получава, че в точка B на черт. 3 съвпадат скоростите $\frac{\partial x_1(l,t)}{\partial t}=\frac{\partial x_2(l,t)}{\partial t}$. От равенството на силите следва $E_1A_1\frac{\partial x_1(l,t)}{\partial z}=E_2A_2\frac{\partial x_2(l,t)}{\partial z}$,

където E_1 и E_2 са модулите на Юнг за двата пръта и A_1, A_2 са лицата на техните сечения. От равенството на скоростите следва, че сумарната скорост на правата и обратна вълна за тяло 1 е равна на скоростта на правата вълна на тяло 2:

$v_1\left[f_1'(v_1t-l)+\varphi_1'(v_1t+l)\right]=v_2f_2'(v_2t-l)$.

От равенствата на силите се получава $E_1A_1\left[-f_1'(v_1t-l)+\varphi_1'(v_1t+l)\right]=E_2A_2\left[-f_2'(v_2t-l)\right]$

От двете уравнения се получава

$\varphi_1'(v_1t+l)=\frac{r-1}{r+1}f_1'(v_1t-l)$, където $r=\frac{E_1A_1v_2}{E_2A_2v_1}$ е отношение на ударната твърдост на двете тела.

Ако отношението на ударната твърдост е $r=1$ - не възниква обратна вълна в прът 1. Ако $r=\infty$ имаме частен случай на свободен прът 1 (фиг. 1). Случая $r=0$ съответства на прът с абсолютно твърда преграда (фиг. 2).

Метод на частичните вълни

Разглеждаме примера на взаимодействие на две тела (фиг. 3). Обратната вълна $\varphi_1(\nu_1 t+z)$ достига до точка A и се поражда нова права вълна. Така във всяко сечение на пръта се суперпонират всички преминали прави и обратни вълни, които се наричат „частични вълни".

Означаваме с P_{11} усилието, дължащо се на правата вълна $f_1(\nu_1 t-z)$ и с P_{11}^{*} - усилието, дължащо се на обратната вълна. С P_{2n} означаваме усилието, дължащо се на правата вълна, която се поражда в прът 2 n-тия път. В Алимов и др.(1985) се доказва, че

$P_{2n}=\sum_{i=1}^{n}P_{2i}=\left(\frac{r-1}{r+1}\right)^{n-1}=P_{21}$. Усилието, породено от съответната обратна вълна в прът 1 е

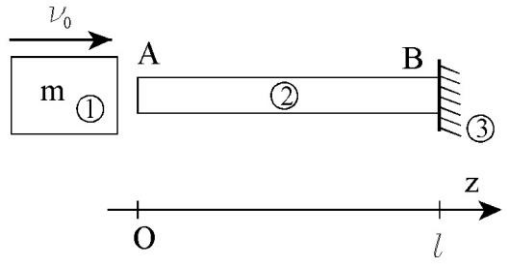
$P_{1n}^{*}=P_{2n}=\sum_{i=1}^{n}P_{2i}=\left(\frac{r-1}{r+1}\right)^{n-1}=P_{21}$.

Коефициентът на предаване на енергията е $\eta=1-\left(\frac{r-1}{r+1}\right)^{2n}$. При $n\to\infty$ е изпълнено $\eta=1$.

Взаимодействие на ударната система с обработваната среда

Модел на процеса на взаимодействие с обработваната среда

Разглеждаме модел, с твърд, тежък, недеформируем ударник с маса m и еластичен вълновод (фиг. 4)



Фиг. 4. Схематичен модел с твърд, тежък, недеформируем ударник: 1. – ударник; 2. – вълновод и 3. – обработвана среда

Преместването в сечение z от пръта е $x(z,t)=f(\nu t-z)+\varphi(\nu t+z)$ - представено като сума на права и обратна вълна.

В сечението на пръта при $z=0$ е изпълнено $-m\frac{\partial^2 x(0,t)}{\partial t^2}+EA\frac{\partial x(0,t)}{\partial z}=0$, където E и A са съответно модул на Юнг и сечение на пръта.

Граничните условия при $z=l$ са

$EA\frac{\partial x(l,t)}{\partial z}+kx(l,t)=0$,

$x(l,t)=const$, $\nu(l,t)=0$, $\frac{\partial x(l,t)}{\partial z}=0$, където

$k=\frac{P}{x}$ - твърдост на контакта.

Начални условия :

$x(0,0)=0$, $\frac{\partial x(0,0)}{\partial z}=\nu_0$ - скорост в началния момент на удара, $x\left(l,\frac{l}{\nu}\right)=\frac{\partial x\left(l,\frac{l}{\nu}\right)}{\partial z}=0$.

За правата вълна се получава

$f(\nu t-z)=\frac{\nu_0 l}{\nu\alpha}\left[1-e^{-\frac{\alpha}{l}(\nu t-z)}\right]$, където $\alpha=\frac{\rho A l}{m}$ - отношение на масите на вълновода и ударника. За обратната връзка се получава

$\varphi(\nu t+z)=\frac{\nu_0 l}{\nu\alpha}(1+\lambda)\left[e^{-b(\nu t+z-2l)}-e^{-\frac{\alpha}{l}(\nu t+z-2l)}\right]$, където

$b=\frac{k}{EA}$ и $\lambda=\frac{\alpha+bl}{\alpha-bl}$.

Изследване на отразената вълна

Определянето на параметрите на ударната машина може да бъде направено, ако са известни параметрите на отразения ударен импулс. В зависимост от формата на отразения ударен импулс се определя ефективността на работа на устройството.

Разглеждаме модела, представен на фиг.4 – вълноводът има постоянно лице A, в това число и в мястото на контакт със средата. Означаваме с $\varphi_n(\nu_n t+z)$ обратната вълна, която се появява n-тия път. Вълната на деформиране $\varphi_1(\nu_1 t+z)$ се разпространява по вълновода и в момента $t=\frac{2l}{\nu}$ достига контактното сечение с ударника. Под нейно действие се осъществява отделяне на ударника от вълновода. След този момент се формира втора права вълна $f_2(\nu_2 t-z)$ и обратна вълна $\varphi_1'(\nu_1' t+z)$.

Съгласно Алимов и Дворников (1976) при правоъгълен импулс на ударника, отразеният импулс се получава по формулата $P=P_0\left(1-2e^{-2s\frac{t}{T_0}}\right)$, която определя и формата на импулса.

Чук на Шмид

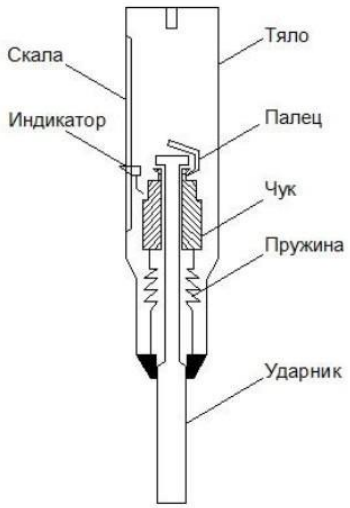
През 1948 година, швейцарският инженер Ернст Шмидт разработва тестващ чук за измерване на твърдостта на бетона, на принципа на измерване на отскока (rebound

number). Резултатите от неговата работа са били представени пред експериментален институт в Цюрих.

Предназначението на чука на Шмидт е за тестване на твърдост на повърхност с малка видима част. Изведена е връзка между якостта на бетона и броя на отскоците (rebound number) на чука.

Основните компоненти на устройството включват външно тяло, ударник, тежко тяло „чук" и основна пружина (Shariati M. et all, 2011). Други елементи са заключващ механизъм и плъзгач, който служи за измерване на отскока (фиг.5). Отскокът се измерва в мащаб и има маркировки от 10 до 100.

Най-разпространени са два вида уреди – чук на Шмид от N–тип и L–тип (фиг.6). Първият тип е с около три пъти по-голяма коравина на пружината. И двата имат едно и също тегло на чука – 135 г. И еднакъв ход на буталото – 75 мм.



Фиг. 5. Схема на устройството на чука на Шмид

Нека кинетичната енергия на удара е представена с $E_k = \frac{1}{2} m v^2$, където m е масата на чука на устройството и v е скоростта, с която то удря тестваната повърхност. В следствие на удара се реализира преместване на повърхността Δx. Тогава потенциалната енергия, съответстваща на това преместване е $E_n = \frac{1}{2} k(\Delta x)^2$. От закона за запазване на енергията следва $m v^2 = k(\Delta x)^2$. От това равенство се получава равенство за максималната сила на удар $F_{\max} = k\Delta x$. Следователно коефициентът k е твърдостта на контакта $\sqrt{mk} = \frac{F_{\max}}{v}$ е механичен импенданс на чука и обработваната повърхност. Константата k е свързана с еластичните характеристики на тестваният материал и затова стойностите на израза $\sqrt{k} = \frac{1}{\sqrt{m}} \cdot \frac{F_{\max}}{v}$ се разглеждат като индексни стойности на якостта на тестваният материал.

Ако устройството е снабдено допълнително с акселерометър, то може да бъде отчетено ускорението и оттам определена максималнатасила на удара $F_{\max} = ma_{\max}$.

Фиг. 6. Чук на Шмид от N - тип

Импулсът на удара на устройството, обикновено, е с продължителност коло $300\mu s$. Като се използват изведените формули за отразения импулс и параметрите (техническите параметри и отчетената големина на отскока) може да бъде описан моделът на този вид чук. С учебни цели могат да бъдат решавани експериментални задачи, със студентите от специалността Минна механизация.

Литература

Алимов О. Д., Л. Т. Дворников. 1976. *Бурильные машины*, М. Машиностроение

Алимов О. Д., В. К. Манжосов, В.Э. Еремьянц. 1985. *Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах*, М., Наука

Shariati M. et all. 2011. Assessing the strength of reinforced concrete structures through Ultrasonic Pulse Velocity and Schmidt Rebound Hammer tests, *Scientific Research and Essays,* Vol. 6(1),

Препоръчана за публикуване от катедра „Математика", МЕМФ

АНАЛИТИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА МЕХАНИЧНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ТРИЕЩА СЕ ПОВЪРХНОСТ

Юлиян Димитров

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: juldim.abv.bg

РЕЗЮМЕ. Процесите при триещи се повърхности играят важна раля при някои основни механизми и машинни елементи, като: спирачни системи; шлайф машини; лагери; железопътни системи и др.
В литературата съществуват голям брой различни модели на контактно триене. Разглеждаме модел на контактно съпротивително взаимодействие на елестични тела.
Систематизирани са основни параметри на процеса на триене. Направено е приложение при описване на модела на тестовете на изтегляне на анкери закрепени по цялята дължина.

ANALYTICAL STUDY OF MECHANICAL PARAMETERS OF FRICTIONAL SURFICE

Julian Dimitrov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, E-mail: juldim.abv.bg

ABSTRACT. Processes in the friction surfaces have an important role in some basic mechanisms and machine parts as: brake system; grinding machine; bearings; wheel-rail systems and others.
In literature there are many different models of contact friction. We consider a model of contact resistance interaction between elastic bodies.
The basic parameters of the process of friction are systematized. An application is made for model of pullout tests of fully grouted rock bolts.

Въведение

Процесите при триещи се повърхности играят важна раля при някои основни механизми и машинни елементи, като: спирачни системи; шлайф машини; лагери; железопътни системи и др. В литературата съществуват голям брой различни модели на контактно триене. Разглеждаме модел на контактно съпротивително взаимодействие на елестични тела.

Разпределението на фрикционния контакт зависи от:

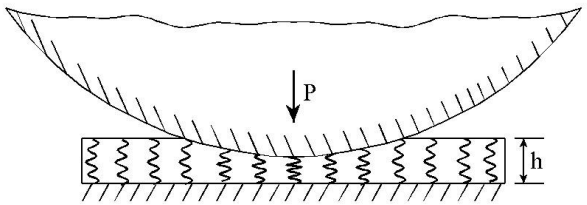
1. Размера на областта на контакта;
2. Тип на нормалната контактна сила – статична или динамична;
3. Условия на контакт в нормално направление – херцов нормален контакт или нехерцов контакт;
4. Преместване в тангенциално направление – микро или макро пълзене.

Условията на контакт, удовлетворяващи теорията на Херц, съгласно Jonson (1989):

1. Повърхностите на контактуващите тела са гладки и несъгласувани (не съвпадат);
2. Деформациите са малки;
3. Всяко от контактуващите тела може да се разглежда като еластично полупространство;
4. Триенето между повърхнините е минимално.

При определяне на контактните напрежения, в рамките на теорията на еластичността, преместването на произволна точка от повърхността на контакт зависи от разпределението на контактния натиск.

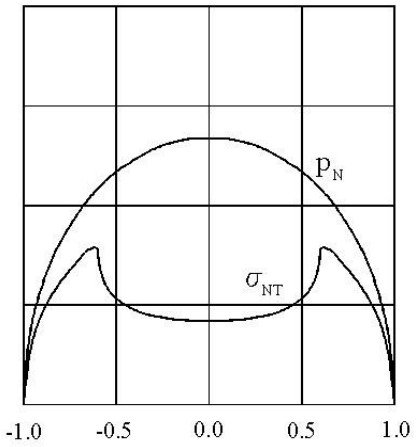
Определянето на параметрите на контактния процес води до решаването на интегрални уравнения. Моделът се опростява като едното от контактните тела се разглежда като еластична основа (Johnson, 1989) (фиг. 1). В този модел контактния натиск във всяка точка зависи само от преместването на точката. Областта на контакт се разглежда като вътрешната част на елипса.



Фиг. 1. Схема на еластичния модел

Приема се, че размерът на контактуващите тела е значително по-голям от размера на контактната зона. Деформациите причинени от контакта са малки и телата могат да се разглеждат като безкрайна еластична среда.

Съгласно Sextro (2007) при херцов кантакт и краен коефициент на съпротивление се получава разпределение на нормалния натиск p_N и тангенциално сцепление σ_{NT} както схематично е представетно на фиг. 2.



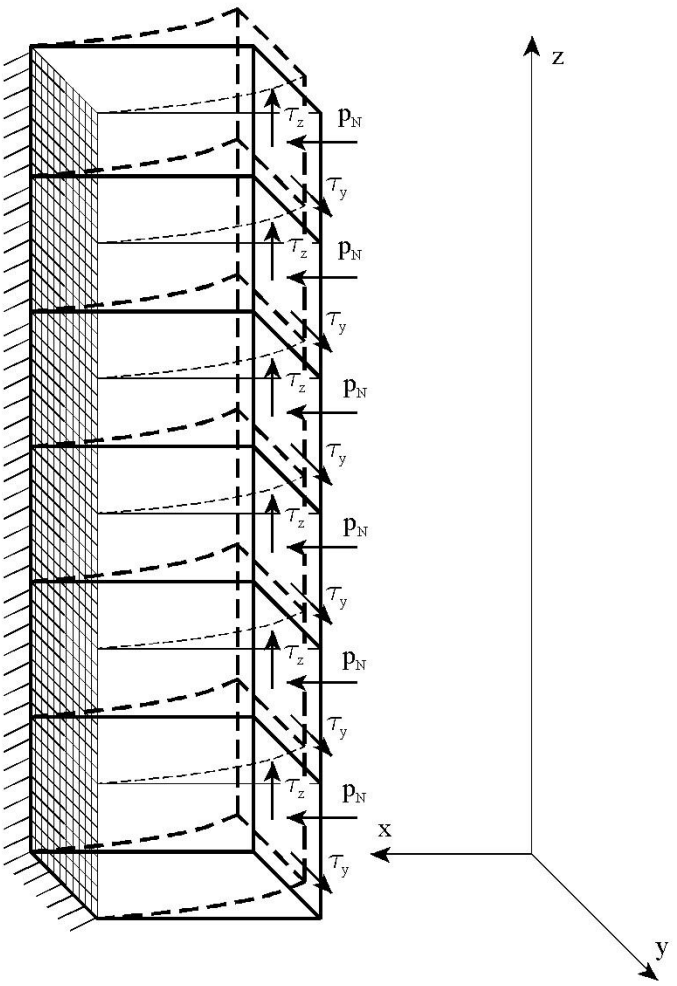
Фиг. 2. Нормален натиск и тангенциално сцепление по главен диаметър на елипсата на контакт

Модел на контактната повърхнина

Дискретизиран модел на контактната повърхност

Приема се, че контактният елемент е закрепен кинематично. Разглежда се динамична система, при която основен е фрикционния контакт. Съгласно Sextro (2007) динамичният модел на фрикционния контак се представя чрез еластична основа, наречена „тънък еластичен контакт" (фиг. 3).

Моделът се представя дискретно, чрез модели елементи (тела) с форма на паралелепипед с параметри: ширина Δh_0, дълбочина Δb_0 и височина l_0 равна на ширината на еластичната основа. Елементарната (моделна) контактна площ е с лице $\Delta A_0 = \Delta b_0 \cdot \Delta h_0$. Приема се постоянен нормален контактен натиск p_N. Компонентите на напрежението при приплъзване в направления y и z, съответно са τ_y и τ_z.



Фиг. 3. Недеформирана и деформирана, контактна повърхност

Контактните елементи на модела имат едно и също механично поведение. Деформиращата се контактна повърхнина остава в равнината Oyz.

Геометрични параметри на модела

l_0, l - ширина на еластичната основа (по оста x);

Δh_0 - ширина на дискретния (моделния) елемент (по z);

Δb_0 - дълбочина на дискретния елемент (по y).

Механични параметри

p_N - нормален контактен натиск;

τ_y, τ_z - напрежения при приплъзване;

(p_N, τ_y, τ_z) - контактен натиск;

(u_P, v_P, w_P) - преместване на контактната повърхност.

...При експериментално изучаване на процеса информацията за нормална и тангенциална коравина на контакта се получава от измерване.

Три модела на теория на тънките контакти

Напреженията при приплъзване са $\sigma_{xy} = G\frac{dv}{dx}$, $\sigma_{xz} = G\frac{dw}{dx}$.

Приема се, че преместванията в направление на y и z, са съответно $v = const$ и $w = const$ $\frac{dv}{dz} = \frac{dw}{dy} = 0$ и $\sigma_{yz} = 0$.

Общият вид на тензора на напреженията е $\begin{pmatrix} -p_N & -\tau_y & -\tau_z \\ -\tau_y & \sigma_{yy} & 0 \\ -\tau_z & 0 & \sigma_{zz} \end{pmatrix}$.

А. Едноосов натиск ($i = 1$)

$\sigma_{yy} = \sigma_{zz} = 0$, $\sigma_{xx} = E\varepsilon_{xx} = -p_N$,

$\varepsilon_{yy} = -\frac{1}{E}\nu\sigma_{xx} = \varepsilon_{zz}$.

Контактното усилие е

$(\Delta F_N, \Delta F_y, \Delta F_z) = (p_N, \tau_y, \tau_z)\cdot\Delta A_0 =$

$= \left(\frac{E\Delta A_0}{l}u_P, \frac{G\Delta A_0}{l}v_P, \frac{G\Delta A_0}{l}w_P\right)$.

Означаваме:

$\Delta C_N = \frac{E\Delta A_0}{l_0}$ - нормално контактно съпротивление и

$\Delta C_R = \frac{G\Delta A_0}{l_0}$ - тангенциално контактно съпротивление.

В. Хидростатичен натиск ($i = 2$)

$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \sigma_{zz} = -p_N = \frac{E}{1-2\nu}\varepsilon_{xx}$.

Нормалното контактно съпротивление е

$\Delta C_N = \frac{E\Delta A_0}{l_0(1-2\nu)}$ и тангенциалното контактно съпротивление е $\Delta C_R = \frac{G\Delta A_0}{l_0(1-2\nu)}$ (Jager, 1999).

С. Осево деформирано състояние ($i = 3$)

$\sigma_{xx} = -p_N$, $\sigma_{yy} = \sigma_{zz} = -\frac{\nu}{1-\nu}p_N$.

Съгласно теория на тънките контакти (Bental and Johnson, 1968) нормалното контактно съпротивление е $\Delta C_N = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)}\cdot\frac{\Delta A_0}{l_0}$ и тангенциалното контактно съпротивление - $\Delta C_R = \frac{G(1-\nu)}{(1+\nu)}\cdot\frac{\Delta A_0}{l_0}$.

Общо формулите за нормално и тангенциално контактни съпротивления могат да бъдат написани

$\Delta C_N = \tilde{E}\cdot\frac{\Delta A_0}{l_0}$ и $\Delta C_R = \tilde{G}\cdot\frac{\Delta A_0}{l_0}$, където

$$\tilde{E} = \begin{cases} E_1 = E & i = 1 \\ E_2 = \frac{E}{1-2\nu} & i = 2 \\ E_3 = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)} & i = 3 \end{cases},$$

$$\tilde{G} = \frac{\tilde{E}}{2(1+\nu)}.$$

При така въведеното означение контактните напрежения се изразяват чрез преместванията:

$(p_N, \tau_y, \tau_z) = \left(\frac{\Delta C_N}{\Delta A_0}u_P, \frac{\Delta C_R}{\Delta A_0}v_P, \frac{\Delta C_R}{\Delta A_0}w_P\right)$.

Вълнови характеристики на контакта

Разглежда се динамиката на взаимодействието на контактните тела.

$dM = \rho_0\cdot dV_0$ - маса на моделния елемент

$dV_0 = dA_0\cdot dx$ - обем на моделния елемент

а) вибриране в нормално направление

$\sigma_{xx} = \tilde{E}_i\varepsilon_{xx}$ - закон на Хук за нормалния натиск при триене. Моделът се разглежда за $i = 1, 2, 3$.

Съгласно законът на Нютон

$\Delta F = d\sigma_{xx}\cdot dA_0 = dm\cdot\ddot{u}(x,t)$, където $\ddot{u}$ е ускорение на моделния елемент.

След заместване с $\varepsilon_{xx} = u'(x,t)$ се получава вълновото уравнение $\tilde{E}_i u''(x,t) = \rho\ddot{u}(x,t)$.

Всички решения на уравнението са:

$u_k(x,t) = \sqrt{\frac{2}{\Delta A_0 l_0 \rho_0}}\cos\left[\frac{\pi}{2l_0}(2k-1)x\right]\cdot\sin(\omega t)$, където

$\omega = \frac{\pi(2k-1)}{2l_0}\sqrt{\frac{\tilde{E}_i}{\rho}}$.

б) вибриране в тангенциално направление

Изпълнено е $\sigma_{xz} = -\tau_z = \tilde{G}_i \frac{dW}{dx} = \tilde{G}_i W'(x,t)$. По аналогичен начин се достига до вълновото уравнение $\tilde{G}_i \mathrm{w}''(x,t) = \rho \ddot{\mathrm{w}}(x,t)$. Решението е аналогично, както в случая на вибриране в нормално направление.

Извод: Амплитудите на вибрационните премествания при контактите не зависят от еластичните константи.

Фрикционни характеристики

Параметрите свързани с процеса триене са:
- коефициент на триене μ;
- относителна скорост v_r;
- и нормален натиск p_N.

Коефициентът на триене се определя по формулата $\mu = \frac{\tau_S}{p_N}$, където τ_S е якост при приплъзване.

Коефициентът на триене при покой е $\mu_0 = \frac{\tau_{S_0}}{p_N}$.

При разглеждания модел (фиг. 3) относителната скорост е $v_\tau = \dot{w}(t)$ - w е третата компанента на преместването.

Съгласно Sextro (2007) коефициентът на триене зависи от относителната скорост $\mu(v_\tau) = \frac{\mu_0}{1 + p_v |v_\tau|}$, където $p_v = k_r \mu_0 p_N$ е параметър на нормализиран натиск и k_r - температурен коефициент.

Microslip ефект, дължащ се на неравни повърхности

Наблюдава се при неравни повърхности, като в една точка има слепване, а в друга приплъзване. Дължи се на неравномерното разпределение на натиска за една елементарна област.

Съгласно модела, представен с фиг. 3, различаваме три състояния на контактната повърхнина:

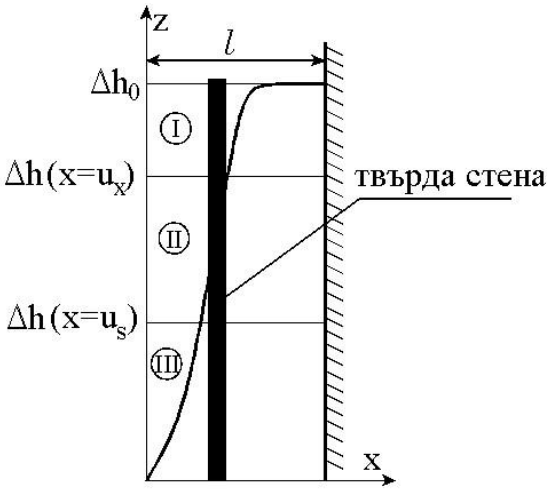
Отделяне	$\sigma_{xx} = 0,\ \sigma_{xz} = 0$
Плъзене (фрикционен процес)	$\sigma_{xx} = -p_N,\ \sigma_{xz} = \mu p_N$
Слепване (адхезионен процес)	$\sigma_{xx} = -p_N,\ \sigma_{xz} = \tau_z$

μ - коефициент на триене;

τ_z - тангенциално сцепление.

При изтегляне на тръбен фрикционен анкер едновременно се наблюдават и трите процеса. Поради свиването на тръбата от страна на планката се образуват в последователен ред и трите зони (отделяне, плъзене и слепване)(фиг. 4).

За да се определи пластичната зона е необходимо напрежението при плъзгане τ_b да достигне достатъчна големина. Едната гранична стойност е тангенциалното сцепление $\tau_z = \frac{\Delta C_R w_P}{\Delta A_0}$, където ΔC_R е тангенциално контактно съпротивление и w_P - третата компонента на преместването.



Фиг.4. Контактен модел с три зони : I – отделяне; II- плъзене и III - слепване

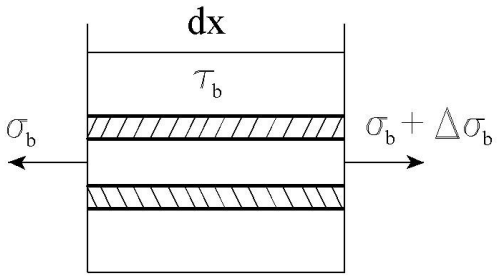
Втората стойност е якостта на плъзене τ_S. Условието за пластично деформиране е $\tau = \min(\tau_z, \tau_S)$.

Големината на пластичната област се определя от $p_N = \frac{\Delta F_N}{\Delta A_0} = \frac{\Delta C_N}{\Delta A_0}(u_x - u_s)$, ако се приеме равномерен нормален натиск p_N в пластичната зона.

Приложение при описване на тестовете на изтегляне на анкери

Разглеждаме къси анкери, закрепени по цялата дължина. В зависимост от вида на анкера, закрепването се осъществява по един или повече от възможните начини чрез: механично закрепващ елемент; адхезивна връзка и фрикционна връзка. Акерите от типа Сплит-сет и ТФА имат само фрикционна връзка. Анкерите Швелекс имат фрикционна връзка и механично закрепващ елемент.

При изтегляне, най-напред се разрушава адхезионната връзка и след това механично-закрепващия елемент. Разрушаването при анкери, закрепени по цялата дължина започва от планката и последователно се премества навътре.



Фиг. 5. Елемент на анкера

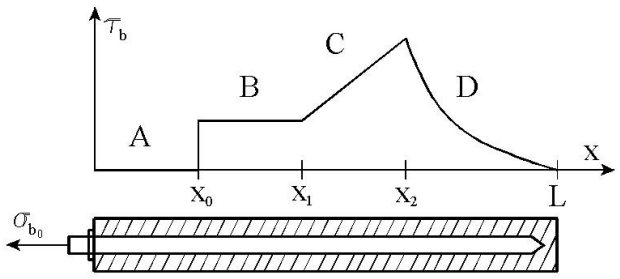
Като най-пълен пример разглеждаме анкери от типа на бетонните, които са закрепени по цялата дължина (Li and Stillborg, 1999).

На фиг. 5 е представен елемент на анкера с действащи върху него напрежение при приплъзване τ_b и осево опъново напрежение σ_b. Доказва се връзката $\tau_b = -\frac{A}{\pi d_b} \cdot \frac{d\sigma_b}{dx}$, където d_b е диаметър на анкера и A е лицето на сечението на анкера.

Таблица 1.

Формули за напрежението при приплъзване τ_b и осево опъновото напрежение σ_b

A	$\tau_b(x) = 0$, $\sigma_b(x) = \sigma_{b0}$
B	$\tau_b(x) = s_\tau$, $\sigma_b(x) = \sigma_{b0} - \frac{4s_\tau}{d_b}(x - x_0)$
C	$\tau_b(x) = \omega s_p - \frac{x - x_1}{\Delta}(1-\omega)s_p$, $\sigma_b(x) = \sigma_{b0} - \frac{2s_p}{d_b}\left[2\omega(x - x_0) + \frac{1-\omega}{\Delta}(x - x_1)^2\right]$ $\Delta = x - x_1$, $\omega = \frac{s_\tau}{s_p}$, където s_τ е частично нопрежение при плъзгане и s_p - върхово напрежение при плъзгане
D	$\tau_b(x) = s_p e^{-2\alpha\frac{x-x_0}{d_b}}$, $\sigma_b(x) = \frac{2s_p}{\alpha} e^{-2\alpha\frac{x-x_2}{d_b}}$



Фиг. 6:Разпределение на τ_b при закрепен по цялата дължина анкер

На фиг. 6 е представено схематично разпределение на напрежението при приплъзване τ_b по дължината на анкера. Различават се четири области:

$A: 0 \le x < x_0$ - отделена част на анкера;

$B: x_0 \le x < x_1$ - област на пълзене;

$C: x_1 \le x < x_2$ - част с линейно нарастване на τ_b;

$D: x_2 \le x < L$ - част с експоненциално намаляващо τ_b.

Изводи

Систематизирането на моделите на триеща се повърхност е необходимо за аналитично описване на процеса на взаимодействие на анкера със скалата. Начинът на закрепване на анкера е един основен критерий, определящ принципа на неговото действие. Някои анкери като Сплит-сет, Швелекс и ТФА имат като основен - фрикционния начин на закрепване. Изучаването на процесите на триене е необходимо и за описването на тестовете на изтегляне. Силата на изтегляне е един важен

критерий за носимоспособността на анкера. Независимо от вида на анкера, по време на изтегляне протича характерен фрикционен процес. Този процес се характеризира с области на отделяне и области на пълзене по дължината на анкера.

За оразмеряване на оптималните условия за работа на анкера е необходимо да се отчита натоварване, което достига граничното или го надвишава. Прецизният модел на гранично натоварения анкер включва описание на фрикционните процеси. Трябва да се определи носимоспособността на анкера при условия на създадени зона на отделяне и зона на пълзене. Този подход към оразмеряването на анкерния крепеж води до получаване на оптимално решение.

Препоръчана за публикуване от катедра „Математика", МЕМФ

Литература

Bental R. Johnson K. 1968. An elastic strip in plane rolling contact. *Int J Mech Sci*, Pergamon Press, Vol 10

Jäger J. 1999. Equal Layers in Contact with Friction. In: *Gaul and Brebbia: Computational Methods in Contact Mechanics. IV*, WIT Press, Southampton, Boston

Johnson K.. 1989. *Contact Mechanics.* Cambridge, New York, Melbourne, Cambridge, University Press

Li C., B. Stillborg. 1999. Analytical models for rock bolts. In: *International Journal of Rock Mechanic and Mining Sciences*, Pergamon, 36, 1013-1029

Sextro W. 2007. *Dynamical Contact Problems with Models, Friction, Methods, Experiments and Applications*, Springer

RISK ANALYSIS METHOD FOR OPENCAST MINING PROJECTS

Kholodnjakov G.A., Fomin S.I.,

Saint Petersburg State Mining University. 199106. Saint Petersburg.
fominsi@mail.ru

ABSTRACT: The most commonly used methods of project evaluation in mining exploration rely on expected value analysis as criteria for undertaking the project. Expected value methods summarize the attributes of a project by calculating the average outcome on which decisions are based.
Risk analysis is a very powerful tool for certain mining processes where decision under uncertainty is involved. A range of methods is available to support project decision making under uncertainty, such as sensitivity analysis, scenario analysis and risk analysis using simulation.
Open cast mine is subject to certain inherent risks, which to some degree apply to all participants of the international metals industry.

МЕТОД ЗА АНАЛИЗ НА РИСКА В ПРОЕКТИ ЗА ОТКРИТИ РУДНИЦИ

Г. А. Колодняков, С. И. Фомин
Санкт Петербургски Държавен минен университет. 199106, Санкт Петербург.
fominsi@mail.ru

РЕЗЮМЕ: Най-често използваните методи за оценка на проекти в минното промишленост се базират на резултатите от анализа на ефективността на проекта. Чрез изчисляване на средните изходни величини, методите за оценка предоставят като крайни изводи най-важните характеристики на проекта. Анализът на риска е много важен елемент за осигуряване на минните процеси, които винаги се реализират при неблагоприятни условия. За обосноваване на проектните решения при неблагоприятни условия се използват поредица от симулативни методи, методи на моделиране и анализ на риска. Съществуващият риск при системите за открито разработване е идентичен с риска в другите области на тежката индустрия.

The most commonly used methods of project evaluation in mining exploration rely on expected value analysis as criteria for undertaking the project. Expected value methods summarize the attributes of a project by calculating the average outcome on which decisions are based.

Risk analysis is a very powerful tool for certain mining processes where decision under uncertainty is involved. A range of methods is available to support project decision making under uncertainty, such as sensitivity analysis, scenario analysis and risk analysis using simulation.

Open cast mine is subject to certain inherent risks, which to some degree apply to all participants of the international metals industry. These include:

- Commodity Price Fluctuations: These may be influenced by demand for metals in industry, actual or expected sales by central banks, sales by metal producers in forward transactions and production cost levels in major producing countries.

- Inflation Rate Fluctuations: Specifically related to the macro-economic policies of the individual countries.

- Country Risk: Specifically country risk including: political, economic, legal, tax, operational and security risks;

- Exchange Rate Fluctuations.

- Legislative Risk: Specifically changes to future legislation (tenure, mining activity, labour, occupational health, safety and environmental) within the Russian Federation;

- Exploration Risk: Resulting from the elapsed time between discovery of deposits, development of economic feasibility studies to bankable standards and associated uncertainty of outcome;

- Development Project Risk: Specifically technical risks associated with green field projects for which technical studies are limited to pre-feasibility studies or less and development and production has not commenced.

This risk is the opportunity to re-assess that portion of the Mineral Resource which is amenable to open-pit mining by extending the optimizations process to include Inferred Mineral Resources. Coupled with further drilling to target upgrading of the currently identified Mineral Resource this may well increase the base for modification to produce Ore Reserves on completion of the appropriate technical studies.

With the improvements in computers and the availability of simulation software, risk analysis using Monte Carlo simulation especially has seen a increase in popularity. Software consists of economic and financial analysis for the evaluation of new mine development proposals.

The probabilistic approach used here takes into account the uncertainty associated with the estimation of the economic variables used to assess the profitability of proposals.

In this approach, the variables are defined by probability distributions rather than by point estimates. The analysis technique used in the model, originally referred to as the Monte Carlo simulation technique, consists of an iterative approach which randomly simulates values of the uncertain variables.

In Monte Carlo simulation, a specific operation is mathematically performed thousands of times.

Input data involve estimates of the range of probabilities for the variables. By means of a random number generator, specific values for each variable are chosen at frequencies described by input data. Values for each variable are generated and the resultant answer to the mathematical operations contains the complete range of probable solutions. The answer takes the form of a cumulative probability distribution curve.

The final result process is a probability distribution of possible investment which can be used to assess the attractiveness of the investment proposal. The Net Present Value and DCF Rate of Return criteria are used here for this purpose.

The final result of the model realization are:

- distribution of Net Present Value (NPV);
- risk of the mining project realization (probability of loss, population mean NPV<0);
- distribution of Internal Rate of Return (IRR).

For realization given purposes at Mining Department of Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University) was designed model and software.

The results of model realization for project open cast mining Korpanga iron ore deposit are shown in fig. 1, 2 .

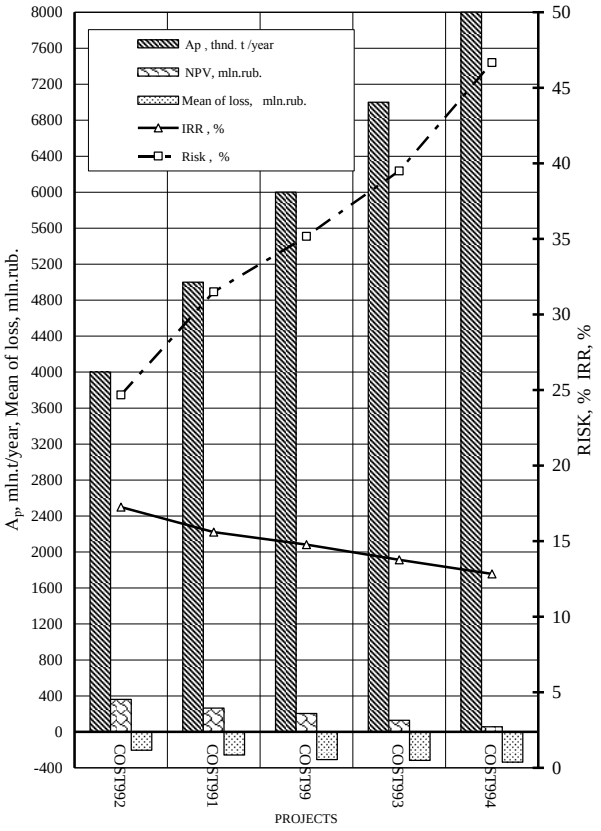


Fig.1. Diagram of risk assessment for alternative projects of open cast mining Korpanga iron ore deposit

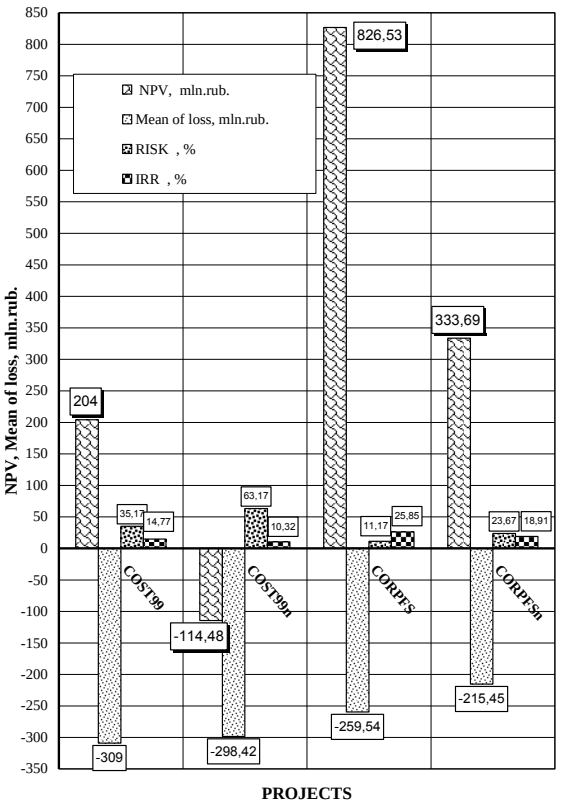


Fig.2. Diagram of risk assessment for alternative projects of open cast mining Korpanga iron ore deposit

Mining or exploration is a process which commits company funds to unknown future. The unknowns involve not only geologic uncertainty but a number of critical economic factors such as price, cost, inflation and possible changes in tax laws.

The output of open cast mines can give distribution of results and can be used to perform sensitivity analysis of various input distribution parameters. In new mineral deposits or exploration areas, where costs are important but not specifically know, the effects of cost variance can be estimated by Monte Carlo simulation.

Recommended for publication
of Editorial board

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

СЪВРЕМЕННИ СКАЛНИ СТРОИТЕЛНИ МАТЕРИАЛИ

Михаил Петров[1] Радостин Паздеров[2]

[1]"Омикрон" АД", 1527 София, ул. Искър №63а; omicron@ybobg.com
[2]Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София; rpazderov@abv.bg, georgi.rabadjiev@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Съвременното строителство е твърде широко понятие и с него се обозначава целенасочената дейност, при която чрез свързване на строителни материали и строителни изделия се създават сгради или съоръжения с определено предназначение. В съвременното строителство се използва много голям асортимент от строителни материали и изделия, което изисква по-прецизното им дефиниране. Това се налага и от нуждата за създаването на коректни взаимоотношения между производителите на строителни материали и изделия, техните доставчици и изпълнителите на строителния обект. Най-накрая, точното определение на материалите, както и техните количествени характеристики е основно изискване при съдебната практика за решаване на спорове и искове между отделните субекти.

CONTEMPORARY ROCK MATERIALS FOR BUILDING

MIHAIL PETROV[1], RADOSTIN PAZDEROV[2]
[1]"Omikron" JSC", Iskar Str. N63a, 1527 Sofia; omicron@ybobg.com
[2]University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; rpazderov@abv.bg, georgi.rabadjiev@gmail.com

ABSTRACT. Contemporary building is a loose concept and represents result-oriented activities where creation of the buildings and equipments of fixed function is done by connection of construction materials and construction products. In the contemporary building a very large assortment of construction materials and products is used which requires more precise definition. It is necessary because of the need of correct relationships between the producers of construction materials and products, their deliverers and executers of building. Finally, the precise material definition as well as their quantitative characteristics is the basic requirement in the judicial practice for solving arguments and claims between particular subjects.

Въведение

Основни понятия и определения:

Сградата е архитектурно-строителна постройка от затворени помещения, които служат за обитаване и извършване на определен вид дейност. Според предназначението сградите биват: жилищни, обществени, промишлени и селскостопански.

Строителното съоръжение е завършен строеж, който има промишлено-складово или функционално-технологично предназначение, но не изисква задължително обитаване от хора. Строителните съоръжения, според предназначението биват: обществени, промишлени, транспортни и хидротехнически. Още от древността, строителството е имало важна роля за развитието на човешкото общество. Неговото значение и актуалност е още по-голямо в съвременния свят. Строителството е фундамент на материалната култура на обществото - жилищните и обществени сгради и комплекси, спортните съоръжения, религиозните храмове, паметниците, промишлените комплекси, хидротехническите съоръжения (язовири, напоителни системи и водопроводи), пътнотранспортните съоръжения (шосейни пътища, железопътни линии, мостове, пристанища, летища) и др.

Строителните материали са разнообразни по състав, структура, форма и свойства, естествени и синтетични (в т.ч. и изкуствени – без природен аналог) вещества от неорганичен и органичен произход, които се използват в строителството. Строителните материали се произвеждат от т.нар. суровини.

Суровините са първични необработени вещества, добивани от природата, от които директно или чрез преработка се получават материали (продукти), използвани в различни производства в т.ч. и в строителството.

Природни източници за добив на суровини за строителството. Необходимо е да се отбележи, че с изключение на някои органични суровини като дървесината и естественият каучук - продукти на растителния свят, почти всички други суровини за съвременното строителство се добиват от т.нар. находища, намиращи се на повърхността или в недрата на земята.

Находището на полезни изкопаеми респ. подземни богатства, е естествено концентриране на минерални вещества в земната кора, които по качество, количество, условия на залягане, инфраструктурно положение, конюнктура на пазара и не на последно място – съобразено с екологичните изисквания, е икономически изгодно за промишлено използване към определен момент от време.

Подземните богатства по смисъла на Закона за подземните богатства [1] са полезните изкопаеми и минните отпадъци от добива и първичната им преработка, групирани като:

1. метални полезни изкопаеми;
2. неметални полезни изкопаеми - индустриални минерали;
3. нефт и природен газ;
4. твърди горива;
5. строителни материали;
6. скалнооблицовъчни материали;
7. минни отпадъци.

Икономическата целесъобразност от добива на суровина от дадено находище е въпрос на комплексна оценка - т.нар. технико – икономическа оценка (ТИО). С нея се доказва целесъобразността от инвестиционна програма, свързана с проектирането, строителството и производствената дейност на минно-добивното предприятие. ТИО се прави на основата на цялостен анализ на наличната инженерно - геоложка, техническа, технологична, екологична, икономическа и правна информация. Тя се явява резултат от детайлно проучени запаси и ресурси, изчислени въз основа на технико-икономически обосновани и екологично съобразени кондиции т.е. ТИО зависи от т.нар. промишлени кондиции на находището.

Промишлената кондиция на находището е технико-икономическа категория Тя се определя от минималното изискваното количество, определено качество на полезно изкопаемо (полезен компонент) в находището и минно-технически условия, при които е икономически обосновано и промишлено изгодно неговото разработване. Кондициите на находището е необходимо да бъдат съобразени и с изискванията за опазване на околната среда. При отсъствие на доказана икономическата целесъобразност от добива на суровина от дадено находище в резултат на недостатъчна проученост и/или несъответствия с утвърдените промишлени кондиции се прави един цялостен анализ на наличната информация и се изготвя само "геолого-икономическа оценка".

Основните видове находища, източник на суровини за строителството са:

- находища на неметални полезни изкопаеми - нерудни минерални суровини и индустриални минерали (глини, зеолити, варовици, мергели, доломити, гипс и др.), от които се произвеждат цимент, вар, гипсово брашно, керамични изделия, стъкло и др.;
- находища за строителни материали, от които се добиват скални материали за строителството (ломен камък, чакъл, пясъци и др.);
- находища за скално-облицовъчни материали - за декоративни скални материали - за производство на архитектурно-строителни изделия като: стъпала, балюстради, колони, капители, монументална пластика, облицовъчни плочи и др.);
- рудните находища (метални полезни изкопаеми) за добив на руди и преработката им за получаване на метали, преди всичко за производство на стоманени, чугунени и други изделия, използвани в строителството;
- находищата на въглища и нефт, от които чрез химическа преработка се получават т.нар. химически материали и изделия, използвани в строителството;
- находищата на природни битуми, които в чист вид се срещат рядко, но най-често са в някои седименти скали (варовици, пясъчници и др.). Природният битум е образуван от нефта, след дългогодишно изпаряване на летливите вещества в естествени условия. Битумите, които съдържат повече от 20% минерални органични вещества се наричат асфалти, а скалите, които съдържат от 5 до 20% естествен битум се наричат асфалтови. Освен природен битум, битумни вещества се получават и от преработката на нефт и въглища, но те са по-некачествени в сравнение с природния битум.

В земната кора съществуват много потенциални находища, от които могат да се получат суровини, но във всички случаи за тяхното добиване се прилагат различни целенасочени технически въздействия т.е. за производството на строителни материали почти не съществува възможността суровината да е в готов вид за употреба в строителството.

Като правило, преработката на суровините за производство на строителни материали включва не само механични, но и термични и други технологични процеси. Така например добитата суровина от гипсовия рудник се подлага на термична преработка (изпичане до определена температура), а след това се натрошава, смила се и се пресява за да се получи строителния материал – гипсово брашно. Доста условно е прието, че суровините за производство на строителни материали се подлага на няколко технологични процеса, като почти задължително се прилага и термична преработка, като неотменим процес.

В този аспект, материалите добивани от скалния масив в кариерата е възприето да се наричат скални материали вместо суровини, тъй като не се подлагат на термична преработка за получаването на строителни материали и изделия. В случая използването на термина материал дава информация, че скалният материал добит от кариерата има достатъчна технологична преработка и не се налага използването на сложни термични технологични процеси.

Използването на термина „материал” не противоречи на понятието суровина, тъй като материал означава вещество, от които се произвежда нещо. В практиката също така е възприет термина скален материал, вместо скална суровина.

Строителните изделия са завършени елементи, изготвени от строителни материали, предназначени за строителството и включват: керамични, гипсови изделия, бетонни и стоманобетонни блокове и панели, топлоизолационни панели, архитектурно-строителни детайли от скални материали и др. Характерното за строителните изделия е, че имат точно определена форма и размери.

Етапи на технологично развитие на производството на съвременни строителни материали.

Хилядолетното доминиращо положение на камъка като основен строителен материал от древността продължава до т.нар. промишлена революция и по-специално до

изобретяването на портландцимента (1824) и неговото промишлено производство. Този революционен скок в производството на нов строителен материал, ограничава в голяма степен приложението на камъка като конструктивен строителен материал, тъй като успешно е заместен от по-евтината стоманобетонна конструкция и бетонни изделия. Освен това прилагането на достиженията в техниката и използването на електричеството за промишлени цели, дават възможност да се осъществяват радикални постижения в развитието на технологията на производството на строителни материали.

В технологично отношение съвременното производство на строителни материали се разделя на два етапа: първи етап – от началото на промишленото производство на портландцимента до края на 30-те години на 20 век, втори – от края на 50-те години до наши дни.

Първият етап на технологично развитие на производството на съвременни строителни материали започва с промишленото производство на различни видове цименти и на тази основа на производството на класическия бетон (със свързващо вещество портландцимента) и стоманобетона. Внедряването на тези нови материали, както и използването на стоманата като строителен материал, създават възможност да се осъществят радикални постижения на техниката и технологията на строителните материали и на извършване на строителни дейности.

Навлизането в строителството на качествено новите материали и изделия позволява да реализират фантастични за времето идеи. Изграждат се мостове с големи отвори, огромни по размери търговски и промишлени сгради и стоманени съоръжения (в т.ч. Айфеловата кула) и др.

В началото на 20 век се появява и предварително напрегнатия стоманобетон, който позволява да се построят уникални обществени сгради, покрити зали, театри, небостъргачи и др., като се използват най-рационално свойствата на стоманобетона.

Вторият етап на технологичното развитие на производството на строителни материали започва след края на Втората световна война. Разрушенията вследствие на войната налагат бързо възстановяване на жилищния и обществен сграден фонд и строителни съоръжения (пътища, летища, пристанища, язовири и др.). Началният период на този етап се характеризира с изграждане на нови мощности за производство на класическите строителни материали, като в края на 60-те години е достигнат обема на производството през 1939 г. (последната базова година преди Втората световна война).

През последните 40-50 години, наред с интензивното производство на класическите строителни материали започна и създаването и внедряването на качествено нови материали. Големи изменения настъпиха, както в асортимента на строителните материали, така и в техниката и технологията на производството им. Този подем на строителната промишленост се дължи на всестранното развитие на световната икономика, постоянно стимулирана от нарастващите културни и естетически потребности на хората от жилищни сгради, както и от нуждите на обществото от изграждането на големи инфраструктурни обекти и промишлени (заводски) комплекси.

Съвременните изисквания за бързо, качествено и икономично строителство, постоянно налагани от конкуренцията на строителния пазар, стимулираха индустриализацията на производствените дейности на този бранш. Индустриализацията на строителството наложи създаването на нови строителни материали и изделия с високи технически показатели. В този аспект по-важните достижения са:

- значително се разшири асортимента на свързващите материали като: високоякостни, бързо втвърдяващи, нискотермични, сулфатоустойчиви и други видове специални цименти за индустриализираното строителство;
- разшири се производството и асортимента на сместите цименти, с активни природни минерални добавки от вулкански произход и промишлени отпадъци, за нуждите на традиционните строителни работи;
- създадоха се принципно нови свързващи вещества с високи технически свойства: киселинноустойчиви и алкалоустойчиви, безклинкерни шлако-алкални, циментни, варо-шлакови, гипсо-варо-шлакови, магнезиални и др.;
- на базата на строителния гипс се разработиха материали за шпакловки, за гипсови детайли, за гипсофазер, гипсокартон и др.;
- на пазара масово се предлагат много нови ефективни материали и изделия като газобетона, пеностъклото, пеносиликатите, поропластите, фибролитите, стъклените влакна (обикновени, алкалоустойчиви и огнеупорни) и изделия на тяхна основа (минераловатни изделия), композиционни материали на минерална и полимерна основа и др.;
- в последните години масово се внедрява т.нар. пластмасова дограма, която е с високи топлоизолационни и звукоизолационни свойства.

Класификация на съвременните строителни материали

Използването на голям брой строителни материали и изделия налага да бъдат класифицирани в групи за полесно ориентиране в тяхното многообразие. Класифицирането може де се извърши по няколко признака, като основните са изложени по-долу.

Класификация на строителните материали според предназначението им.

Строителните материали се подразделят на следните групи: конструктивни материали, материали със специално предназначение и материали с общо предназначение.

Конструктивните строителни материали са предназначени да поемат и предават товари и са подходящи за изграждане на носещи конструкции и биват:

- естествени скални материали; изкуствени материали, получени на базата на свързващи вещества без термична обработка (бетон и строителни разтвори);
- изкуствени материали получени чрез изпичане на минерални суровини (керамични материали и изделия, гипс и гипсови изделия и др.);
- метални (стомана, чугун, алуминий, мед и сплави) материали и изделия.

Строителните материали със специално предназначение са предвидени за защита на конструкциите от вредните влияния на околната среда, а така също и за подобряване на експлоатационните свойства на сградите и създаване на комфорт. Тези материали се подразделят на:
- топлоизолационни;
- хидроизолационни: покривни и херметизирани;
- звукоизолационни;
- материали за довършителни работи;
- материали със специално предназначение (огнеупорни, киселинно устойчиви, защитаващи от радиация и др.).

Строителните материали с общо предназначение служат като суровина за получаване на други строителни материали и изделия (цимент, вар, бетон и др.). Така например, бетонът е главен конструктивен материал, но някои бетони могат да имат съвсем друго предназначение, като напр. леките бетони се използват като топлоизолационен материал.

Класификация на строителните материали според произхода на суровината и нейната преработка

Тази класификация се основава на видовете технологични преработки и обработки на суровините за производство на строителни материали и изделия, която дейност е много разнообразна, трудопоглъщаща и макар да е механизирана е свързана с голям финансов ресурс. Това е най-всеобхватната класификация на строителните материали.

В зависимост от тези квалификационни признаци, съвременните строителни материали и изделия се подразделят на следните основни групи:
1. строителни материали, произведени от скални материали;
2. строителни изделия, произведени от скални материали;
3. строителни материали и изделия, произведени от нерудни минерални суровини;
4. строителни стомани и метални изделия;
5. дървени строителни материали и изделия;
6. химически материали и изделия за строителството.

Обособяването на първите две групи като самостоятелни, се дължи на това, че скалните материали за производство на строителен материал като суровина, подготвяна за преработка, се различава от скалните материали предназначени за производство на строителни изделия.

За производството на строителни материали, скалният материал е във вид на разрушена скална маса, вследствие на взривяването на скалния масив или се използва изземването на несвързани или слабо споени кластични, глинести и отчасти хемогенни и биогенни скали – пясъци, баластра (чакъл, гравий, пясък) и др.

За производството на строителни изделия, скалният материал се добива от масива във вид на блокове или плочи, като са прилагани технологичните операции рязане и отцепване, без използване на взривни въздействия, за да не се създадат вътрешни напрежения и напуквания в блока или в пластовете за плочи, което създава проблеми при обработката им.

Производството на строителни материали става чрез преработка на скалния материал, което означава, че изходният материал е подложен на целенасочено частично или пълно разрушаване на неговата цялост (дезинтеграция, нарушаване на първоначалната форма и обем) чрез различни механични процеси (трошене, смилане, пресяване и др.).

Производството на строителни изделия е свързано с т.нар. обработка на изходния материал (блоковете и плочите), което означава изменението на формата на материала чрез частично разрушаване на неговата цялост с цел получаване на полуфабрикат или готово изделие. В този аспект, производството на плочи чрез обработване на скалния блок включва операциите: рязането на блока на големи заготовки (плоскости), обрязването на заготовките на необходимите размери на плочите, обработване на лицевата страна на плочите чрез шлифоване, полиране, бучардисване или др. операции, свързани с повърхностно оформяне на плоскостите.

1. Строителни материали, произведени от скални материали.

Номенклатурата на тези строителни изделия е сравнително тясна (различни фракции от трошен камък, чакъл, филц, пясък и др.), но като обем има най-голям дял, достигащ до 80-85% от общия обем на всички строителни материали. Това обстоятелство, предопределя доминиращото значение на тези материали за строителството. По тази причина, се дава кратка характеристика на най-ползваните от тези строителни материали, както и основното им приложение в строителството.

Пясъкът е зърнест материал с едрина на зърната от 0,16 до 5 mm. Съдържанието на зърна с диаметър по 0,16 mm и над 5 mm се ограничава. Пясъците биват естествени и трошени.

Естественият пясък (пясъците от естествен произход) е получен в резултат на изветрянето на скалите и се натрупва в речните долини, водните басейни, във вид на наносно находище, което се разработва по кариерен способ. Естествените пясъци имат повече или по-малко заоблена форма на зърната. Те са неспоени кластични седиментни скали, които са твърде разнообразни в зависимост от преобладаващия минерален състав. Това е предопределено от състава на естествено дезинтегрирания изходен материал, от вида, продължителността на транспорта, степента на диференциация и условията на седиментация.

Трошеният пясък се получава при натрошаването на скалните материали и зърната му са с повече или по-малко ръбеста форма.

Много често в пясъка има различно съдържание на прахова фракция (т.нар. отмиваеми частици) и по тази причина обикновено се подлага на допълнителни преработващи операции, свързано с отмиването и отстраняването на тези фини фракции.

Пясъците се използват предимно като дребен добавъчен материал за изготвянето на бетони и бетонни изделия и заедно с чакъла или трошения камък заемат до 80-85% от обема на бетона или изделията. В зависимост от изискванията на потребителите за различните видове, марки бетон, пясъците трябва да отговарят на определени показатели, чиито стойности се лимитират или декларират в съответствие с определен стандарт/евронорма.

Пясъците, в зависимост от специфичния си минерален и зърнометричен състав, се използват и като добавъчен материал за изготвянето на различни строителни разтвори или мазилки, а така също и за подложен материал, върху който се монтират тротоарни плочи и др. В др. аспект - мономинералният, кварцов пясък е незаменима суровина като индустриален минерал, използван при шихтовката на меден концентрат, основен компонент при изготвяне на сухи строителни смеси и незаменима съставка при производството на газобетон.

Чакълът се получава от пресяването на естествена пясъчно-чакълеста несвързана смес (баластра) и като строителен материал трябва да има едрина на зърната (късовете) от 5 mm до 80 mm, ако е фракциониран (селектиран по класи) и от 5 mm до 150 mm, ако не е фракциониран. Преработката на чакъла се осъществява в миячни и сортировъчни инсталации (МСИ).

Основното предназначение на чакъла е като едър добавъчен материал при изготвянето на бетоните, използвани в строителството. Когато полагането на бетон е механизирано чрез бетон-помпи се използва чакъл с по-дребна зърнистост – фракции в рамките на 15-25 mm. Чакълът се използва и за дренаж, настилки на временни пътища, строителни площадки и др.

Трошеният камък за чакъл има идентична зърнометрична характеристика, както чакъла, получен при естествената дезинтеграция на скалите, но се предпочита при по-високи марки бетон и в случаите, когато се изисква еднородност на материала, но се получава от натрошаването на монолитни, повече или по-малко здраво споени скални материали.

Технологичната схема на производството на трошен камък включва добива на скална маса от кариерата, който се извършва с пробивно взривни дейности, а добитата маса се преработва в трошачно-миячни-сортировъчни инсталации (ТМСИ). В тези инсталации трошенето се извършва двустадийно – обикновено първо чрез челюстна трошачка за едро трошене и след това - конусна трошачка за дребно трошене.

Освен горепосочените строителни материали, към тази група се отнасят и различните като зърнометрия фракциониран или нефракциониран материал - трошен камък за ж.п. линии, трошен камък за трошенокаменни настилки, камък за добавка за асфалтови настилки и мозаечни материали и др.

Ломеният камък е скален къс с неправилна форма и маса от около 5 до 50 kg, получен предимно чрез взривяване на скалния масив в кариерата или по-рядко, чрез ударно ръчно въздействие с чук, шило или лост. Ломеният камък трябва да отговаря на определени технически показатели и в този аспект може да бъде конструктивен строителен материал, предназначен за ниското (пътни настилки и др.) и високото строителство – за изграждане на зидове, за хидротехническото строителство – изграждане на диги, брегозащитни съоръжения и др.

2. Строителни изделия произведени от скални материали.

За тези изделия е характерно, че се произвеждат предимно от декоративни скални блокове (добити от скални масиви, притежаващи в достатъчна степен монолитност, хомогенност, физико-механична устойчивост и декоративност), чрез прилагане на различни технологични операции, обединени в термина „обработка". Тези строителни изделия биват два вида: декоративни и обикновени.

Декоративни скални строителни изделия.

Това са преобладаващата част (около 90%) от общото количество и включват: стандартни плочи и архитектурно-строителни изделия и паметници.

Стандартните плочи са предназначени за облицовка и настилка за външни и вътрешни условия и са масово строително изделие, поради което в случая се представят по-подробно. Плочите са стандартизирани според следните признаци.

В зависимост от формата на лицевата повърхнина плочите са: неоформени (с произволна форма), с правоъгълна форма и квадратни.

В зависимост от площта на лицевата повърхнина плочите са: малки – до 0,07 m2; средно големи – от 0,071 до 0,25 m2; големи – над 0,25 m2.

В зависимост от дебелината плочите са: тънки от 7 до 15 mm; средно дебели – от 16 до 30 mm; дебели – от 31 до 50 mm.

Размерите на стандартните плочи са: дължина от 150 до 1500 mm; широчина от 80 до 1200 mm; дебелина от 7 до 50 mm.

В зависимост от вида на лицевата повърхнина (фактурата) плочите биват:

- необработени – с характерна естествена повърхност;
- цепени – повърхнина със запазен естествен лом на материала, бе следи от обработващ инструмент;
- декоративни – декоративно обработена лицева повърхност с шило, длето или с машина;
- бучардисани – равномерна грапава повърхност с височина на релефа до 5 mm;
- песъкоструйни – изкуствено създадена грапава повърхност с песъкоструен апарат;
- рязани – неравномерно набраздена повърхност с височина на релефа до 2 mm;

- шлифовани – равномерно грапава повърхност със следи от обработка, получени при шлифоването, с височина на релефа до 0,5 mm;
- матирани – гладка повърхност без следи от обработка от предшестващата операция и напълно изразена декоративност на материала;
- полирани – повърхност с огледален блясък и ясно отражение на предметите, без следи от обработка от предшестващи операции.

У нас, както и в страните с развита промишленост, за обработка на декоративните скални материали има тенденция за масово производство на тънки полирани плочи, тъй като те имат редица предимства – икономия на суровина, голяма точност на размерите, високо качество, лесен монтаж и др. Изискванията на европейския и американския пазар са наложили и у нас производството за износ на т.нар. тънки плочи с футови размери (1 фут = 30,48 mm или ≈ 30,5 mm), т.е. плочите са с размери 30,5 × 30,5 mm и 30,5 × 61 mm и дебелина 10 mm. Тези размери не са предвидени в нашия стандарт, но предприятията у нас произвеждат тънки плочи с такива размери. Плочите се произвеждат с голяма точност (± 0,5 mm) по дължина и широчина, тъй като са калибровани по тези размери. Освен това околните ръбове на лицевата страна плочата са скосени по 45° и широчина до 1 mm с т.нар. фаска.

Архитектурно-строителните скални изделия. са много разнообразни по форма и размери и към тях спадат: стълбищните елементи, балюстрадите, прозоречни плотове, радиаторни плотове и решетки, сводове, колони, капители и др. Характерното за тези изделия е, че се изработват по индивидуални проекти и фактурата на лицевата им повърхнина е предимно полирана или матирана.

Паметници също се отличават с голямо разнообразие на форма и по размери и се изготвят обикновено по проект на клиента. У нас производството на паметници не е стандартизирано, но в повечето европейски страни има стандарти, лимитиращи минималната дебелина на плочата и площта на лицевата й част.

Обикновени скални строителни изделия.

Те са предназначени за уличното и парково строителство, както и за външни облицовки на оградни стени и сгради. Характерното за тези изделия е, че се произвеждат с естествена или цепена лицева повърхнина. Към тази група изделия спадат: плочите за настилка, плочите за облицовка, паветата и уличните бордюри.

Плочите за настилка се произвеждат предимно от пясъчници, гнайси и др. метаморфни скали, които имат добра цепителност, достатъчна якост на натиск и износоустойчивост и са с дебелина от 20 до 50 mm. Формата на плочите е квадратна или правоъгълна, с размери 300 × 300 mm, 400 × 400 mm, 300 × 400 mm и др. Обрязването на плочите обикновено е механизирано (дисково рязане) и много по-рядко ръчно, с ударно въздействие. Тези плочи се използват за тротоарни настилки и за настилки в паркови и околосградни площи.

Облицовъчните плочи се произвеждат от различни скални материали: седиментни скали (примерно варовик – „врачански камък", травертини и др.), метаморфни скали (гнайси, амфиболови шисти, амфиболити, серпентинити, брекчи, скарни и др.), магмени - ефузивни и интрузивни скали (риолити, диабази, пироксенити, габро, гранит, гранодиорит и др.). Предпочитат се скални материали, които са с добра цепителност или добра изразена закономерна (за предпочитане паралелепипедна) напуканост. Това предполага по-малко разход на средства при добива и обработката на материала, както и по висок рандеман. Облицовъчните плочи обикновено са с дебелина от 15 до 30 mm. Лицевата им повърхнина е естествена или цепена. Формата на плочите бива:

- необрязана, с неправилна произволна форма;
- с две срещуположни обрязани страни с широчина 100, 200, 300 или 400 mm, а дължината им е произволна, като тези страни биват необрязани или обрязани по т.нар. свободен размер, като се получава правоъгълна форма;
- квадратна или правоъгълна с размери 200 × 200, 300 × 300, 400 × 400, 200 × 300, 200 × 400 и 300 × 400 mm.

Примерно - гнайсовите плочи са с по-висока степен на декоративност, по-лесни за добив и обработка, но с невисоки стойности на якостните показатели, докато риолитовите плочи са обикновено са еднообразни като рисунък и цвят (обикновено жълто-кафяви, червени или черни), но не рядко показват ивичеста – паралелна или концентричнизонална текстура. За съжаление за тях често е характерна известна клинообразност (неуспоредност) на двете повърхнини.

Паветата се изработват ръчно или механизирано чрез ударни въздействия (цепене), от интрузивни или ефузивни скални материали и пясъчници, и са предназначени предимно за алеи, площадки пред входове, но вече почти не се използват за павиране на улици. Според размерите паветата биват: едри, средни и дребни. Едрите павета са с паралелепипедна форма и с размери 190×130×130 mm, средните са с кубична форма със страни 90 mm, а дребните са кубове с размери 70, 60 или 50 mm.

Бордюрите са предназначени за оформяне на пътища, улици, алеи, площади и др. и се изработват ръчно или механизирано от същите материали както и паветата. Напоследък обаче бордюрите от скални материали имат все по-ограничено приложение, поради много високата им цена в сравнение с бетонните.

3. Строителни материали и изделия произведени от нерудни минерални суровини.

От минералните суровини се произвеждат сравнително малък брой строителни материали, главно за свързващи вещества, но са с голям обем и са незаменима част от съвременните строителни материали. От нерудните минерални суровини се произвеждат много строителни изделия, които трудно се диференцират по групи. Една примерна класификация на строителните материали и изделия, произвеждани от нерудните минерални суровини включва следните асортименти:

- строителни материали от минерални свързващи вещества;
- строителни изделия произведени от минерални свързващи вещества;

- керамични строителни материали и изделия;
- строителни материали и изделия от стъкло.

Строителни материали от минерални свързващи вещества. Това са неорганични свързващи вещества, които с добавка на определено количество вода, преминават от пластично в твърдо състояние. Втвърдяването на свързващите вещества се осъществява благодарение на сложните физико-химични процеси, които протичат при взаимодействието с водата и това явление се нарича хидратация. Ако към пластичното състояние на свързващото вещество се прибави пясък се получава строителен разтвор, а при добавяне на едър скален материал (чакъл или трошен камък) – бетон (камъкоподобен материал).

Строителните разтвори се наричат въздушно свързващи вещества и за тях е характерно, че се втвърдяват и запазват продължително време якостта си, само при условията на въздушна среда. Ако тези въздушно свързващи вещества бъдат във влажна или водна среда, втвърденият материал се разрушава. Към тази група спадат варта, гипсът, магнезиалните свързващи вещества и киселинноустойчивият цимент.

Хидравлично свързващите вещества се втвърдяват и запазват или увеличават якостта си, както на въздух, така и във вода. Към тези вещества се отнасят: портландцименът и неговите разновидности, глиноземният (алуминатният) цимент, романцементът и хидравличната вар.

Строителната въздушна вар е известна още от древността и се получава от изпичането на карбонатни скални материали (главно варовици) с ограничено съдържание на $MgCO_3$ и глина до 6%. При температура 900 – 1200°C, основният минерал на варовиците – калцитът ($CaCO_3$) се разлага на CaO (порест и лек материал, наричан негасена вар) и CO_2. Смесването на негасената вар с вода се нарича гасене на варта и като процес е екзотермичен, при което се получава калциев хидрооксид (гасена вар), съпроводен с отделяне на топлина (Q), т.е.

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 + Q.$$

В зависимост от количеството вода, което се прибавя към негасената вар се получава гасена варна каша или хидратна вар.

Гасената варна каша се получава, според пропорцията, към 1 kg негасена вар се прибавя 2-3 dm^3 вода при непрекъснато ръчно или механизирано бъркане. След известно "отлежаване" (най-малко 10 дни) гасената варна каша е готова за смесване с пясък и получаване на строителен въздушен варов разтвор за зидария за вътрешни условия. Ако към въздушния варов разтвор се прибави и цимент се получава разтвор за външни условия.

Втвърдяването на строителната въздушна вар се дължи на процесите изсъхване (при което се получава сраствне на новообразувалите се кристали на гасената вар) и карбонатизация (образуване на минерала калцит), благодарение на съдържащия се във въздуха въглероден диоксид т.е.:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$$

Хидратната вар се получава като към масата на негасената вар се прибавят от 65 до 100% вода при периодично или непрекъснато действащи хидратори, които представляват въртящи се метални цилиндрични съдове, с лопатки, с обем до 6 m^3. Поради голямото топлоотделяне първоначално полученото тесто се изсушава и превръща в прахообразна маса с плътност около 400-450 kg/m^3.

Приложението на строителната въздушна вар е главно за строителни разтвори за зидария и за измазване на стени.

Гипсовите свързващи вещества се получават при топлинната преработка на смлян природен гипс $CaSO_4.2H_2O$. В зависимост от температурата, при която се извършва термичната преработка, се получават нискотемпературно изпечени (обикновени) и високотемпературно изпечени гипсови свързващи вещества. Нискотемпературно изпеченият гипс се получава при температура от 110 до 160°C и е най-често използваният в строителството. При тази температура природният гипс се дехидратира около 75% т.е.

$$CaSO_4.2H_2O = CaSO_4.0{,}5H_2O + 1{,}5H_2O$$

Технологията на производство на нискотемпературния гипс включва: натрошаване, смилане и топлинна преработка в специални котли. Ако топлинният процес се извършва при нормално атмосферно налягане, се получава ситнокристален гипс, известен като β–модификация, който има сравнително малка якост на натиск - от 2 до 15 MPa. Когато изпичането на гипса се извършва в херметически затворени съдове, с наситена водна пара, при температура около 115°C и налягане 0,23 MPa се получава високоякостен гипс (15 – 25 MPa), известен като α–модификация.

Високотемпературният изпечен гипс се получава при температура от 600 до 900°C, при която свързаната вода в природния гипс се отделя изцяло и се превръща в анхидрит ($CaSO_4$) и частично в CaO. Наличието на известно количество CaO благоприятства втвърдяването на анхидрита при взаимодействие с водата. В резултат на това взаимодействие полученият гипс се свързва и втвърдява по-бавно, но неговата износоустойчивост и якост на натиск са по-големи – от 10 до 20 MPa.

След изпичането нискотемпературният и високотемпературният гипс, се смилат и класифицират, като се получава т.нар. гипсово брашно, което с добавяне на вода и разбъркване се образува кашообразна смес, която се използва за шпакловка на стени. От строителния гипс се произвеждат различни строителни изделия.

Цементът е основно съвременно минерално свързващо вещество. Класическият цимент е портландцимента, изобретен от английския каменоделец Аспдин през 1824 г. Портландцементът се получава от съвместното смилане на протландцементов клинкер с 3-5% природен гипс и 20% минерална добавка.

Клинкерът се получава от изпичане на ситно смлян варовик (около 75-78%) и глина (22-25%) или мергели при температура около 1450°C, при което става частично стопяване на тези материали, като се получават късове с едрина до 80 mm, които се смилат и пресяват до получаването на прахообразен цимент.

Портландцементът се означава с буквите ПЦ (портландцимент), число означаващо марката на цимента

в MPa и инициалите „Д" и число от 0 до 20, показващо процентното съдържание на добавките. Така например ПЦ 45-Д15 показва, че този цимент има якост на натиск 45 MPa и процентното съдържание на добавките е 15%.

През процеса на хидратация (взаимодействието на цимента с водата) се извършват химични реакции и се получават калциеви хидросиликати и хидроалуминати, които в последствие изкристализират съответно в пластовидни и игловидни кристали. Тези кристали взаимно се сраствat, вследствие на което се получава каменоподбна циментова маса, която има определена якост. В продължение от 1 до 5 h, вследствие на кристализацията на калциевите и алуминиевите хидросиликати циментеното тесто постепенно се превръща в цементен камък. Този етап на втвърдяване продължава интензивно през първите денонощия и почти затихва след 28-то денонощие.

Основните видове съвременни цименти се групират на:

- обикновени цименти (портландцимент и разширяващ се цимент);
- специални цименти (бързовтвърдяващ се, сулфатоустойчив, нискотермичен цимент и др.);
- цимент с активни минерални добавки (пуцоланов и глиноземен).

Разширяващите се цименти са многокомпонентни състави, получени предимно на базата на протланд-цимента и различни добавки, в резултат на които се образува самоуплътняване на циментовата смес, която има малка водопроницаемост.

Бързовтвърдяващият се цимент представлява портландцимент без или с минимално съдържание на активни минерални добавки – до 10%, и на гипс до 5%. Характеризира се с бързо нарастване на якостта до 3-то денонощие (около 25 MPa), а на 28-то денонощие – 45-55 MPa.

Сулфатоустойчивият портландцимент се получава чрез съвместно смилане на портландцементен клинкер с определен минерален състав и гипс. Този вид цимент се прилага за бетони и стоманобетонни конструкции, подложени на сулфатна агресия, както и при хидротехнически и други съоръжения, които са в режим на периодично мокрене и съхнене, замразяване и размразяване.

Нискотермичният цимент съдържа активна минерална добавка трас, в количество около 15% и инертна добавка (кварцов пясък) до 25%, при което се реализира комплексно топлоотделяне и бавно нарастване на якостта в началния период на втвърдяване. Упротребява се при едроразмерни (масивни) бетони и бетонни изделия, при които се предотвратява появата на значителни опънни напрежения в бетонната маса при използването на обикновения портландцимент.

Пуцолановият портландцимент се получава чрез смесване на портландцементен клинкер и кисела активна добавка (с високо съдържание на аморфен кварц – от 20 до 40%) и природен гипс до 3,5%. За кисела активна минерална добавка се използва вулканската скала трас, която се добива в района на гр. Кърджали. Пуцолановият портландцимент се използва за бетони и стоманобетонни конструкции, които се намират непрекъснато в условия на голяма влажност или под вода, където се изисква по-голяма водонепропускливост. Не е подходящ за условия при ниски температури.

Заключение

В настоящата разработка се прави кратък преглед на развитието на производството на съвременни строителни материали. Дадени са основни сведения за строителни материали и изделия, използвани в съвременното строителство, както и за основните понятия и определения, свързани с тях. Дефинират се общоприетите термини, свързани с природните източници за добив на суровини за строителството – видове и групи подземни богатства (полезни изкопаеми), кондиции и технико – икономическа оценка на находищата и др.

Представена е обобщена класификация на основните видове находища, източник на суровини за строителството. Прави се накратко преглед на етапите на технологично развитие на производството на съвременни строителни материали, техните класификации според предназначението им и според произхода на суровината и нейната преработка.

Основно в статията се дават сведения за първите три групи съвременни строителни материали:

1. строителни материали, произведени от скални материали;
2. строителни изделия, произведени от скални материали;
3. строителни материали и изделия, произведени от нерудни минерални суровини;

В заключение трябва да се отбележи, че предмет на статията не са голямото разнообразие от т.нар. индустриални минерали като каолин, бентонит,. фелдшпатови суровини за керамиката, зеолити, перлит, вермикулит и др.

Литература

Георгиев, Г. 1963. Петрография на метаморфните скали. – *Изд. Техника, С.*

Закон за подземните богатства. - *изм. ДВ. бр.100 от 21 Декември 2010г.*Мърхов, Н. 2003. Обработка на декоративните скални материали. – *Изд. МГУ „Св. Ив. Рилски", С.*

Мирчева, Н., Н. Везнев. 1969. Каменните кариерни материали в България. – *Изд. Техника, С.*

Мърхов, Н. 2003. Обработка на декоративните скални материали. – *Изд. при МГУ „Св. Ив. Рилски", С.*

Петров, Бл.. 1994. Естествени декоративнооблицовъчни скали в България. – *НХП при ТФ на СБХ, С.*

Препоръчана за публикуване от Редакционен съвет

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

ПРЕДСТАВЯНЕ И СОРТИРАНЕ НА ДАННИ ЧРЕЗ ДВОИЧНИ ДЪРВЕТА

Петко Лалов[1], Тихомир Благоев[2]

[1]Минно-*геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700-София, e-mail: petko@mgu.bg*
[2] Минно-*геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700-София*

РЕЗЮМЕ. Една от важните задачи при обработката на данни е тяхното представяне и сортиране. В тази статия разглеждаме случая на последователно четене на данни от файл, конзола , стек и др. Показва се как тези несортирани данни могат да бъдат представени като двоично кореново дърво с времева сложност $O(n\log_2 n)$, използвайки процедура близка до метода на Хоор за бързо сортиране, но избягвайки рекурсия. След това даваме линеен алгоритъм за сортиране на данните, разположени във върховете на дървото.

BINARY TREES REPRESENTATION AND SORTING OF DATA

Petko Lalov[1], Tihomir Blagoev[2]
[1]University of Mining and Geology *"St. Ivan Rilski", 1700-Sofia, e-mail: petko@mgu.bg*
[2] University of Mining and Geology *"St. Ivan Rilski", 1700-Sofia*

ABSTRACT An important problem in data processing is their representation and sorting. The current paper looks through the case of serial data retreival from file, console, steak and etc. Is shown how these unsorted data can be represented as a binary root tree with timing complexity of $O(n\log_2 n)$, using avoiding recursion procedure similar to the Hoor method of quick sorting. Then we deliver a linear algorithm for sorting of data situated on the vertices of the tree.

I. Въведение

Процесът на пренареждане на елементите на някакво множество от обекти в определен ред се нарича сортиране. Сфера на приложение: телефонни указатели, речници, справочни индекси и др.

Съществуват различни класификации на алгоритмите за сортиране. Най- популярната е в зависимост от местоположението на данните. Изхождайки от този критерий различаваме **вътрешно**(данните се намират в ОП на компютъра) и **външно** (данните са във външната памет и достъпа до тях се осъществява последователно).

В зависимост от операцията, извършвана над елементите, различаваме сортиране чрез **сравнение**(най- често с операции >, <, =) и чрез **трансформация** (с помощта на аритметични операции).

Нека е дадено множество M с елементи $a_1,a_2,\ldots,a_n$ и функция **f** дефинирана върху тях. Под *сортиране* на елементите на M ще разбираме пермутирането им в подходящ ред $a_{i1}, a_{i2},\ldots,a_{in}$ така, че да бъде изпълнено $f(a_{i1}) \le f(a_{i2}) \le \ldots\ldots \le f(a_{in})$,
където f- се нарича функция на наредба на множеството[Н.Вирт, 1989].

При методите за сортиране най- важните характеристики са времевата сложност и необходимата памет. Най- често данните се представят чрез структурата масив и сортирането се извършва в рамките на този масив чрез операцията сравнение и размяна на местата на елементите на масива. Добре известни са метода на „мехурчето", метод на „вмъкването", метод на Шел и др.Повечето от тях са с времева сложност $O(n^2)$. Най-голям интерес представлява, създаденият през 1962 година "бърз" алгоритъм на Хоор[П. Наков, П. Добриков, 2005], който при прилагане на поредица от евристики може да доведе до времева сложност $O(n \log_2 n)$. Компютърната реализация на този алгоритъм обикновено се извършва чрез рекурсивна процедура. По-долу ще предложим друг алгоритъм, който се основава на разполагането на постъпващите данни във върховете на двоично кореново дърво за претърсване, като чрез него и линейно хеширане могат да бъдат сортирани данните.

I. Алгоритъм

- **Определения:**

Двоично кореново дърво- всеки връх на дървото има 1 или 2 наследници, като върховете са разположени на нива, като нулевото ниво съдържа само един връх, наречен корен(root).

Не е трудно да се прецени, че даден връх v принадлежи на ниво k, ако дължината на пътя от корена до v е k.

Както отбелязахме по- горе всеки връх на двоичното дърво маркираме с конкретна данна, наречена ключ на върха.

Всички наследници на **root** с ключове по- малки от ключа на root образуват така нареченото **ляво поддърво** на root.

Всички наследници на root с ключове по- големи от ключа на root образуват така нареченото **дясно поддърво** на root.

Следва, че всеки връх генерира ляво и дясно поддърво на този връх.

Двоично дърво за претърсване- ключовете на върховете на лявото поддърво на даден връх са по- малки или равни от ключа на този връх, а ключовете на върховете на дясното поддърво на даден връх са по- големи или равни от ключа на този връх.

- **Генериране на двоичното дърво от данни**

Приемаме, че данните $a_1,a_2,\ldots,a_n$ се третират по реда на постъпване. За корен на дървото се избира a_1. За всеки елемент a_i се изпълнява следната двоична процедура за намиране на мястото на този елемент във връх на двоичното дърво:

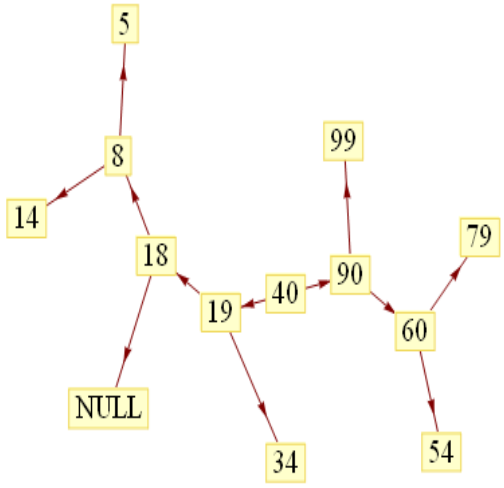
1)ако

$$a_i < root \quad a_i \in Left(root) \quad else \quad a_i \in Rigth(root)$$

2) ако наследниците на root са свободни a_i заема мястото на единия от тях; в противен случай двоичното търсене продължава.

На долната схема сме показали генерирането на двоично дърво за данните:

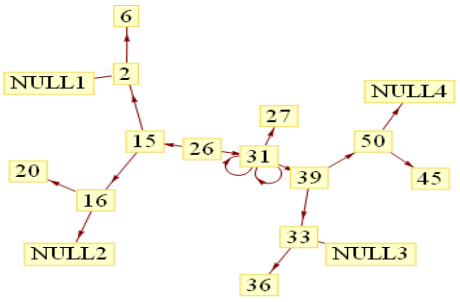
{40,19,18,90,60,54,99,8,5,14,79,34}



Фиг.1

Алгоритъмът работи и при многократно повтаряне на някои данни. В този случай някои дъги на дървото се израждат в дъги с общо начало и край, но този проблем не нарушава единствеността на последващото хеширане. На следващия пример илюстрираме такава ситуация за данните:

{26,31,39,15,50,16,31,27,2,20,33,45,31,36,6}



Фиг.2

- **Хеширане**

След построяването на двоичното дърво с ключове на върховете самите данни трябва да се дефинира хеш-функция, която да съпоставя на всяка данна еднозначно нейният линеен адрес(принадлежащ на {1, 2, …,n}) в сортирания списък.

За всеки връх i, в процеса на генериране на дървото се определят:

$|Left(i)|$ – мощността на лявото поддърво с родител i;

$|Rigth(i)|$ – мощността на дясното поддърво с родител i;

N(i)- хеширания ключ на данната i в сортирания масив;

Стартира се с i=root.

$$N(root) = |Left(root)| + 1;$$

Последователно се определят хешираните ключове на наследниците на root, на техните наследници и т.н.

Ако сме определили хеш- ключовете на върховете $\{V_h\}$ на височина h, то хеш- ключовете на върховете-наследници на височина h+1 се пресмятат по следния начин:

Не е трудно да се прецени, че ако $v \in \{V_h\}$ и v' е ляв наследник на v:

$$N[v'] = N[v] - |Left(v)| + |Left(v')|$$

Ако v' е десен наследник на v:

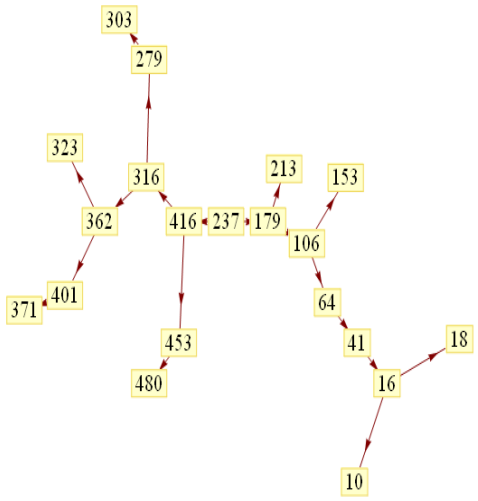
$$N[v'] = N[v] + |Rigth(v)| - |Rigth(v')|$$

Ще илюстрираме алгоритъма с един пример:

Данни:

{237, 179, 106, 416, 453, 64, 213, 316, 153,
362, 41, 16, 480, 401, 10, 279, 18, 303, 323, 371}

root=237



Фиг.3

Хеш таблица:

{237 → 10, 179 → 8, 416 → 18, 106 → 6, 213 → 9, 316 → 13, 453 → 19,
64 → 5, 153 → 7, 279 → 11, 362 → 15, 480 → 20, 41 → 4,
303 → 12, 323 → 14, 401 → 17, 16 → 2, 371 → 16, 10 → 1, 18 → 3}

- **Ефективност на алгоритъма**

Предложеният алгоритъм изисква допълнителна памет от порядъка на 2n. По отношение на времевата сложност основна роля играе броят на операцията „сравнение". Ако данните са разположени в дървото на к нива, съответно с брой данни $n_1 \le 2,\ n_2 \le 2^2, \ldots\ldots, n_k \le 2^k$, като броя на сравненията за определяне мястото на данните на ниво I е I, I=1, 2, ….,k. По този начин общият брой сравнения за построяване на дървото е:

$$N = \sum_{i=1}^{k} i n_i \qquad (1)$$

Очевидно, колкото е по- малък броят на нивата, N е по-малко. Най-добрият случай е когато дървото е балансирано, т.е. височините на лявото и дясното поддърво на корена се различават най- много с 1. Да изчислим в този случай броя на сравненията.

Тъй като дървото е балансирано и данните са разположени на k нива, като на ниво 1 има точно 2 данни, на ниво 2- 4 данни,.....на ниво k-1- 2^{k-1} данни. На ниво к в общия случай ще има по малко от 2^k данни, но за улеснение на пресмятанията допуска ме, че са 2^k.

Ако данните са n, броят на нивата k се определя от

$$1+2+2^2+\ldots\ldots+2^k = 2^{k+1}-1 = n,$$

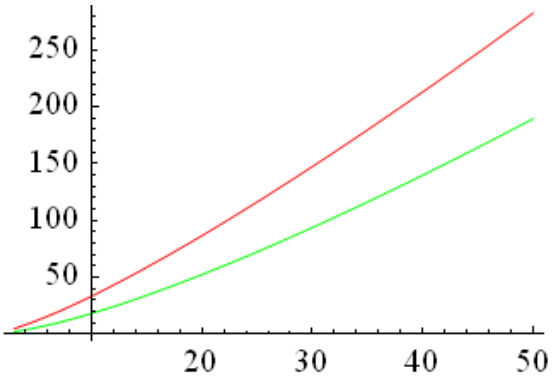
откъдето

$$k = \log_2(n+1)-1$$

В този случай

$$N_{opt} = (n+1)\log_2(n+1) - 2n \qquad (2)$$

и тази оценка в този благоприятен случай е по- добра от най- добрата оценка на метода на Хоор- $O(n\log_2 n)$, което се вижда от долните графики на двете функции.



Чрез създадената от нас компютърна програма бяха направени множество експерименти, като времевата сложност се изчисляваше от (1) и се сравняваше с най-добрата оценка на Хоор. При случайно генериране на данни нашата оценка по отношение броя на сравненията в повечето случаи беше по- добра.

Литература

Н.Вирт Алгоритмы и структуры данных, Moscow, Мир1989, (in Russian).

П. Наков, П. Добриков Програмиране=++Алгоритми София 2005

Препоръчана за публикуване от катедра „Информатика", МЕМФ

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА СЪВРЕМЕННИ XML БАЗИРАНИ ТЕХНОЛОГИИ В МИННАТА ПРОМИШЛЕНОСТ

Николай Янев[1]

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail niki@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. През последните 10 години огромна популярност придобиха XML и базираните на него технологии. Те се наложиха в различни сфери на индустрията, включително и в минното дело. Минния софтуер в България изостава от тази тенденция. Целта на статията е да представи XML базирани технологии и приложения използвани за целите минната промишленост.

OPPORTUNITIES FOR IMPLEMENTATION OF MODERN XML BASED TECHNOLOGIES IN THE MINING INDUSTRY

Nikolay Yanev [1]

[1] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: niki@mgu.bg

ABSTRACT. For the recent 10 years XML and the based on it technologies have become enormous popularity. They have affirmed themselves and have been applied in many sectors of industries including mining. The mining software in Bulgaria lags behind from these tendencies. The main aim of the current paper is to present the XML based technologies and applications for the use purposes of the mining industry.

Въведение

Три са направленията в които през последните години XML се наложи:

- Инструмент за разработване на описателни езици;
- Средство за реализиране на web услуги;
- Стандарт за пренос и съхранение на данни.

Разработване на описателни езици

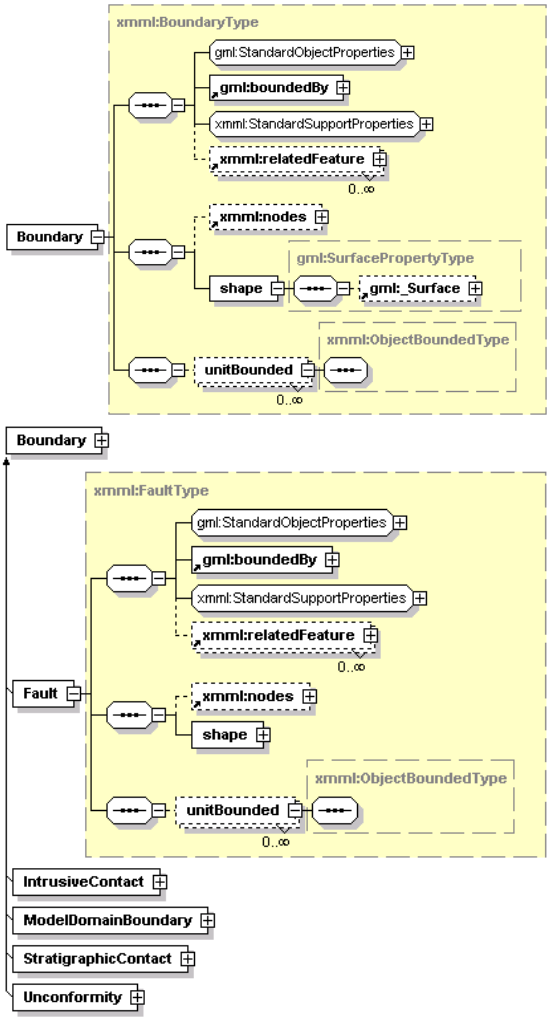
За целите на минната индустрия се използват следните XML базирани езици:

Geography Markup Language (GML) - XML базиран стандарт използван за предаване и съхраняване на географска информация. Той съдържа универсален набор от средства за описание на пространствено положение на обекти с оглед на техните топологически отношения. Пространственото положение на големи обекти на цифрова топографическа карта може де се представи във вид на полигон, линейни обекти или точки.[1] Тази спецификация дефинира XML Schema синтаксис [2][3], чиито механизми и конвенции са:

- Осигуряват отворена и независима рамка за дефиниране на географски схеми и обекти.
- Поддържат описание на географските схеми за специализирани области.
- Позволяват създаване и управление на свързани географски схеми и набори от данни.
- Предават и съхраняват географските схеми и набори от данни.
- Увеличават способността на организациите да споделят географска информация.

Както при XML, GML представя географската информация в текстов вид, което позволява съхраняването му в традиционна база от данни. GML Стандарта се развива, като актуалната версия на GML е 3-та. GML може да се импортира и експортира от и в програми като AutoCAD Map 3D.

XMML - Въпреки, че GML е разработен за работа с географски данни, то той не е особено подходящ за представяне на геоложки данни, тъй като не поддържа специфичните за сондирането характеристики. XMML [4] е приложна схема на GML. XMML използва основните характеристики на GML като добавя допълнителни, които са специфични за геологията. На практика това се постига чрез добавяне на подходящи геометрични и не геометрични свойства към GML схемата.



Фиг. 1 – XMML Геоложки граници

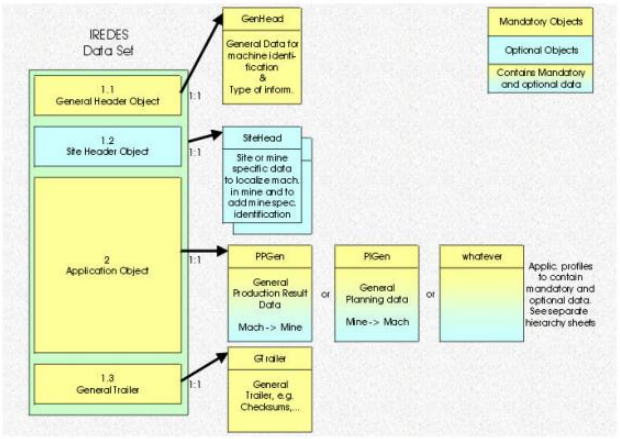
International Rock Excavation Data Exchange Standard (IREDES) е индустриален стандарт за обмен на данни между минно оборудване (машини) и компютърна система [5]. За първи път е представен на петата конференция ISMMA and Telemin през 1999, като в момента се поддържа официално от един от най-големите производители на изкопно оборудване Atlas Copco.

IREDES дефинира общ електронен език за комуникация между изкопните машини и централен компютър или друго оборудване. Той се базира на XML и използва DTD за описанието на данните.

Информацията обменяна с IREDES се структурира в „набор от данни“ (Data Sets), като един набор от данни представлява цялата информация предадена наведнъж (фиг. 2).

Използването на стандарти като IREDES стандарт има редица важни предимства:

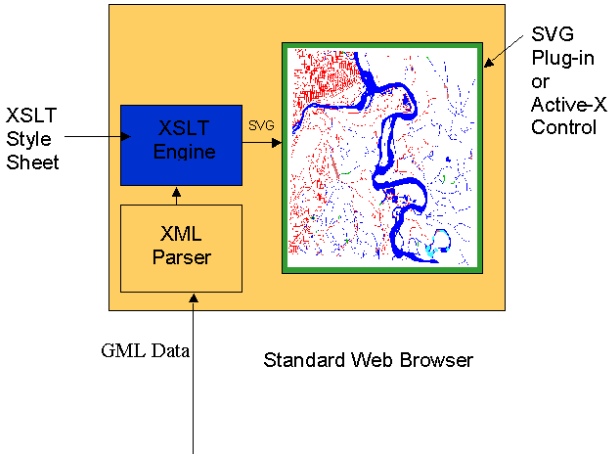
- Съществено намаляване на разходите за разработване, използване и поддръжка на софтуер и оборудване;
- Създава предпоставки за концентрация на усилията върху развитието на машини функции и използването на информацията, вместо постоянно да се преработва интерфейса;
- IREDES се основава на установени международни стандарти;
- Използването на IREDES средства осигурява безпроблемно интегриране на машини от различни доставчици в корпоративната ИТ инфраструктура.



Фиг. 2 - Структура на IREDES Data Set

Scalable Vector Graphics (SVG) е XML базиран език за описание на двуизмерни графични данни във векторен формат, които са готови за публикуване в Интернет или други приложения. SVG използва няколко прости форми, при комбинирането на които се получават сложни фигури [6].

Goegraphic Information System (Географска информационна система) има много специфични изисквания: богати графични характеристики, поддръжка на векторно и растерно съдържание и възможност за манипулиране на голямо количество данни. SVG предлага добри възможности за този пазар и много GIS системи осигуряват SVG експорт. SVG е идеално допълнение към GML формата на OpenGIS консорциум. Чрез използване на XML базирани инструменти, като XSLT, сравнително лесно GML документ може да бъде конвертиран в SVG (фиг. 3).



Фиг. 3 – Конвертиране GML-SVG

Keyhole Markup Language (KML) – XML базиран описателен език за представяне на тримерни, гео-

пространствени данни в Google Earth и частично в Google Maps [7].

KML използва таг базирана структура, с вложени елементи и атрибути. KML файлът се обработва от Google Earth по начин, подобен на обработването на HTML и XML файлове от web браузърите. Така Google Earth действа като браузър за KML файлове.

KML е международен стандарт поддържан от Open Geospatial Consortium

XML бази данни

Повечето сървъри за бази от данни се развиха по направление, което доведе до сблъсък с XML. XML накара доставчиците на софтуер за бази от данни да преосмислят фундаментално стратегиите си. Водещите доставчици на СУБД въведоха XML технологии в своите продукти. Oracle базира решенията си на XDB, Microsoft на SQL XML, IBM предлага XML Extender за своята DB2.

Преходът към XML е тясно свързан с новия подход при електронната обработка на информацията - внедряване на Web програми с възможности за управление на бази от данни, работещи на сървъри за приложения и заместващи самостоятелни продукти. XML е в основата на повечето web услуги.

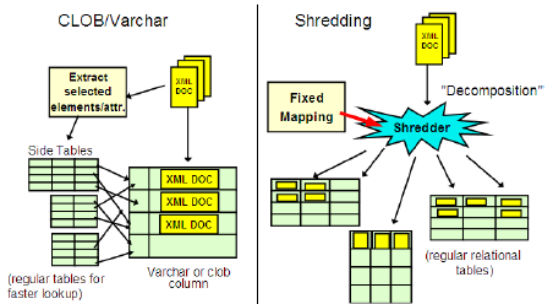
XML документите могат да бъдат съхранявани в текстови файлове, XML хранилища, или бази от данни. Има две основни причини, поради които много компании предлагат те да бъдат съхранявани в бази от данни [8]:

- Управлението на големи количества XML данни е проблем, характерен за базите от данни. XML данните са данни както всички останали, само че в различен цялостен формат. Причините за съхраняване на релационни данни в бази от данни се отнасят и за XML данните: базите от данни предлагат ефективно търсене и извличане, добра поддръжка за устойчивост на данните, архивиране и възстановяване, поддръжка на транзакции, производителност и скалируемост.
- Интеграция: съхранявайки релационни данни и XML документи заедно, можете да интегрирате нови XML данни във вече съществуващи релационни данни и да комбинирате SQL с XPath или XQuery в една заявка. Освен това, релационните данни могат да бъдат публикувани като XML и обратно. Посредством интеграция, базите от данни могат да осигуряват по-добра поддръжка на Уеб приложения, SOA и Уеб услуги.

Обикновено в XML формат се съхраняват консервативни данни, като например описание на минни машини.

Три са основните типа XML бази данни.

XML Enabled Database - XML-enabled базите от данни използват релационния модел за същинското съхранение на данните. Това изисква средства за регламентиране на съответствие между XML (йерархичният модел на данните) и релационния модел на данните или, иначе казано, съхраняване на XML данни като голям символен обект. Макар това да се счита за остаряла технология, все още се използва от много производители на бази от данни. Фигура 1.7 обяснява по-подробно двата варианта на XML-enabled бази от данни.



Фиг. 4 - Варианта на XML-enabled бази от данни

Лявата страна на фигурата показва метода "CLOB и Varchar" за съхраняване на XML документи в база от данни. Използвайки този метод, XML документ се съхранява като непрекъснат низ или като CLOB (Character large object), или като varchar в базата от данни. Ако XML документът се съхранява като низ, то когато искаме да извлечем част от XML документа, програмата ни трябва да извлече низа и да извърши парсване, за да открие, каквото ни трябва. Методът не е особено гъвкав.

Другият вариант на XML-enabled бази от данни се нарича разделяне или декомпозиция и е илюстриран в дясната част на фигура 4. При този метод, XML документът се разделя на части, които се съхраняват в таблици. Освен това йерархичният модел на XML документа се преобразува в релационен модел. Това също води до ограничаване на гъвкавостта: промяна в XML документа трудно се отразява в съответните таблици и може да се наложи създаването на много нови таблици. Този метод също не е добър и откъм бързодействие: ако ни се наложи да възстановим оригиналния XML документ, трябва да извършим скъпа SQL операция, която става дори още по-скъпа, когато трябва да се обединят повече таблици;

Native XML бази от данни - Native XML базите от данни използват йерархичния XML модел за вътрешно съхраняване и обработка на XML. Форматът при съхраняване е същият като този при обработка: няма преобразуване към релационен модел и XML документите не се съхраняват като изображения. Когато се използват XPath или XQuery изрази, те се обработват вътрешно (natively) от механизма и не се преобразуват в SQL. Затова тези бази от данни се наричат native XML бази от данни;

Hybrid XML Database (HXD) - при тях данните могат да бъдат третирани и като Native XML Database и като XML Enabled Database.

Езици за XML данни

За извличане на XML данни се използва езика XQuery. Той се базира на системата типове XML Schema и е съвместим със стандартите XSL и XPath, свързани с XML. XQuery бе възприет и от водещи компании като Oracle, IBM и Microsoft. XQuery позволява формирането на изрази за

обхождане на йерархическата структура на XML документа, от друга страна „чистия“ SQL (без XML разширение) не допуска такава възможност. XQuery поддържа както типизирани, така и не типизирани данни, а за данните в SQL винаги се определя конкретен тип. В XQuery няма нулеви стойности – в XML документите липсващите или неизвестните данни се пропускат, а SQL използва null за представянето на такива данни. XQuery връща резултат в XML формат. SQL връща резултат, състоящ се от различни типове данни [9].

В отговор на очакванията на потребителите за добавяне в SQL на възможности за обработка на XML данни в стандарта SQL 2006 бе добавено разширение SQL/XML за обработване на XML документи. В таблица 1 са представени някой от SQL/XML функциите, включени в стандарта SQL 2006.

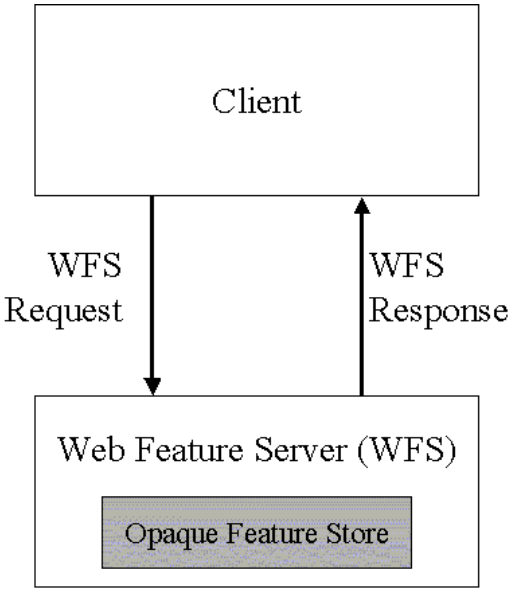
Таблица 1

Функция	Описание
XMLPARSE	Парсва бинарни данни от тип character или large object и връща резултат от тип XML
XMLSERIALIZE	Превръща данни от тип XML в бинарни данни от тип character или large object
XMLVALIDATE	Валидира данните от тип XML спрямо дадена XML схема
XMLEXISTS	Определя дали дадена Xquery заявка връща резултат (например, последователност от един или повече елемента)
XMLQUERY	Изпълнява XQuery заявката и връща резултатната последователност
XMLTABLE	Изпълнява XQuery заявката и връща резултатната последователност като релационна таблица, ако е възможно
XMLCAST	Преобразува в или от тип XML

Web услуги и протоколи

Simple Object Access Protocol (SOAP) - XML е полезен с универсалността си и с това, че чрез него различни компютърни системи могат да споделят данни. SOAP е XML базиран протокол, който предоставя достъп до отдалечени обекти (и техните методи), Web services и сървъри. Чрез SOAP е възможно едно приложение да извиква метод, който да се изпълни на отдалечен сървър, и да получи резултата, като информацията (във вид на XML) се предава по HTTP или друг протокол. Предимството е, че това са отворени и свободни за използване технологии. Простотата и липсата на ограничения правят SOAP предпочитан и полезен. С него все по-широка е и употребата на Web services. Така, чрез SOAP, XML осигурява по-лесен обмен на данни и споделяне на ресурси.[10]

Web Feature Service (WFS) е услуга която позволява публикуването и визуализирането на географски обекти в Интернет. Обменът на данни между потребителя и сървъра се осигурява посредством GML [11].



Фиг. 5 - Web Feature Service

Изискванията за WFS са:

1. Интерфейсите трябва да бъдат XML базирани.
2. GML трябва да се използва за описание на функциите в интерфейса.
3. Най-малко един WFS трябва да бъде в състояние да представи функции чрез GML.
4. Предикатите или филтъриращия език трябва да бъдат описани в XML и да произлизат от CQL, както е определено в OpenGIS Catalogue Interface Implementation Specification.
5. Хранилищата за данни, използвани за съхранение на географски характеристики, трябва да са непрозрачни за клиентските приложения и да бъдат разглеждани единствено чрез интерфейса на WFS.
6. Използване на подмножество на XPath изрази.

1.0.0 версия на спецификацията WFS изисква използването на GML версия 2.1.2, а 1.1.0 версия на спецификацията на WFS изисква използването на GML версия 3.1.1.

Други приложения

RDF (Resource Description Framework) – Разработка на W3C. RDF е модел на метаданни и често се използва при съхранение и транспортиране на части от документа отнасящи се към символното му множество, езика и др. В много случай RDF разчита на XML стандарта [12]. Използва Uniform Resource Identifier (URI) за маркиране на обекти и предикати.

За запис и предаване използва няколко формата, в това число:

- RDF/XML — запис във вид на XML документ;
- RDF/JSON — запис във вид на JSON данни;
- RDFa (*RDF in attributes*) — запис като вътрешни атрибути на HTML или XHTML документ.

PMML (Predictive Model Markup Language) - XML базиран език за описание на статистически, data mining модели и изкуствени невронни мрежи. Разработката и внедряването на езика се осъществява от IT консорциума Data Mining Group [13].

PMML предоставя възможност за различни видове преобразуване на данни като нормиране, дискредитация, създаване на карта на стойности и др.

Сред основните предимства на езика са:

- Улеснения обмен на данни и модели данни;
- Достъпен е – в основата на езика е XML стандарта;
- Намалява продължителността на работния цикъл на статистическия модел;
- Лесен за внедряване;
- Позволява осъществяване на DM в самото хранилище на данните.

PMML се използва в продукти като DB2, SPSS, Zementis ADAPA и др.

Geographically Encoded Objects for RSS (Географски Кодирани Обекти за RSS)

Geographically Encoded Objects for RSS осигурява начин за добавяне на географски данни към RSS или ATOM емисия използвайки GML или опростени GeoRSS стандарти [14]. В GeoRSS, местоположението се състои от географски точки, линии и полигони. GeoRSS бюлетините са проектирани да бъдат консумирани от географската карта на софтуера, като генератори. Има и специални програми за създаване на GeoRSS feed.

В Picasa и Flickr GeoRSS са вградени, а изображенията се кодират с помощта на маркер в географска карта. Всеки албум или емисия има GeoRSS feed за публикуване в Google Maps и KML емисия за публикуване в Google Earth.

GeoRSS е имплементиран и в WordPress. Използва се плъгин за GeoPress. С негова помощ може да се добавя Google Maps директно във всеки пост с една команда както и да се създава динамичен маркер за всяка публикация. Плъгина е достъпен за сваляне в GeoRSS.

Литература

http://www.opengis.net/gml/
http://schemas.opengis.net/gml/
http://schemas.opengis.net/gmlsfProfile/2.0/
http://xmml.arrc.csiro.au/
https://www.iredes.org/
http://www.w3.org/Graphics/SVG/
http:// code.google.com/apis/kml/documentation/
Чонг, Р., И. Хейкс, Р. Хужа. 2008. Въведение в DB2 Express-C, IBM Corporation
http://www.w3.org/TR/xquery/
http://www.w3.org/TR/soap/
http://cite.opengeospatial.org/OGCTestData/wfs/1.0.0/specs/wfs/1.0.0/02-058.html
http://www.w3.org/RDF/
http://www.dmg.org/
http://www.georss.org
Иванов,К., Д. Белчевски. 2004. Съвременни методи за обмен на данни в минната промишленост, *Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", Годишник, том 47, свитък III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините*, С., 125-130

Препоръчана за публикуване от
Катедра «Информатика», МЕМФ

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

РАЗРАБОТВАНЕ НА МОДУЛ „МАГИСТЪРСКИ ТЕЗИ" КЪМ САЙТА НА МГУ „СВ. ИВАН РИЛСКИ"

Николай Янев[1], Вера Харитонова[2]
[1] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail niki@mgu.bg
[2] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail vera_h@abv.bg

РЕЗЮМЕ: В настоящата статия се представя WEB приложение за управление и визуализация на информация за дипломни работи на магистри от Минно-Геоложки Университет "Св. Иван Рилски" София. Приложението се състои от две основни части. В първата се визуализира основната информация за дипломните работи, като всяка една може да бъде разгледана детайлно. Има възможност за въвеждане, редактиране и изтриване на информация за дипломни работи. Втората основна част представлява форма за търсене, която дава възможност за търсене във дипломните работи. Целта на системата е да се подобри информираността на студенти и служители в университета, и други посетители на сайта на МГУ „Св.Иван Рилски". Като програмни инструменти, за разработката на системата за дипломни работи, бяха избрани PHP и MySQL. Разработена чрез тези технологии, тя ще бъде безпроблемно интегрирана към сайта на МГУ.

DEVELOPMENT OF THE "MASTER DEGREE THESES" MODULE TO WEBSITE OF THE UNIVERSITY FOR MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI"

Nikolay Yanev [1], Vera Haritonova [2]
[1] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: niki@mgu.bg
[2] University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: vera_h@abv.bg

ABSTRACT. This article present of the development of a WEB application aiming to manage and visualize the information included in the theses of graduates of the Master's degree from the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia. The application consists of two major parts. The first one visualizes the basic information about the theses, where as each one could be reviewed in details. There is an option that allows the user to import, edit and erase information about the theses. The second major part represents a search engine, which enables the user to search through the theses. The goal of the engine is to raise the awareness of students, employees and other users of the website of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski". The programming tools chosen for the development of the application were PHP and MySQL. The usage of these technologies will provide for the seamless integration of the application into the website of the University of Mining and Geology.

Въведение

Предметът на настоящата статия е проектирането и разработването на WEB приложение за управление и визуализация на информация за дипломни работи на магистри от Минно-Геоложки Университет "Св. Иван Рилски" София.

Целта на разработката е да се подобри информираността на студенти и служители в университета, както и на други посетители на сайта на МГУ „Св. Иван Рилски".

Избор на програмни инструменти

В хода на работата по изграждане на приложението бяха проведени експеримент с програмни инструменти:

- MVC – CakePHP;
- Система за управление на съдържание – Joomla;
- LAMP (Linux, Apache, MySQL and PHP).

Въпреки някои неоспорими предимства на CakePHP и Joomla като:

- Множество вградени функционалности, като достъп до БД, AJAX и др.;
- Лесно добавяне на допълнителни модули.

Изборът за програмни инструменти за реализиране на приложението бе LAMP.

Този избор до голяма степен бе съобразен с изискването за безпроблемно интегриране на приложението към сайта на МГУ. Освен това работата с CakePHP или Joomla би изисквала инсталиране на допълнителен софтуер на web сървъра на МГУ.

LAMP съчетава най-често използваните програмни инструменти за разработване на динамични web приложения:

- PHP - вграден език за създаване на скриптове от страна на сървъра. Предимства на езика са бързодействието, стабилната работа на кода и относително по-малкото време за развойна дейност.
- MySQL – сървър за БД. Основните предимства са:
  - MySQL е финансово ефективна в сравнение с

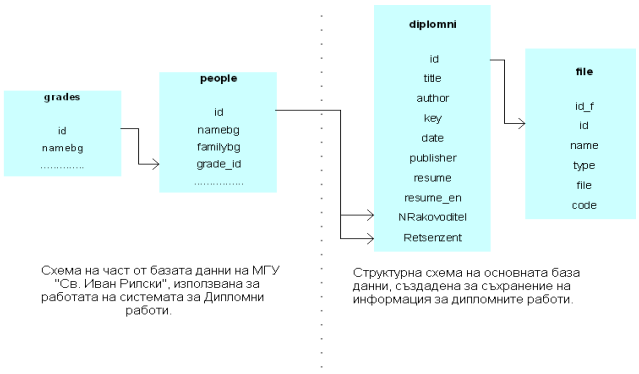
много други релационни бази данни.

- MySQL е силно мащабируема и лесна за администриране
- MySQL дава възможност за съхранение и управление на голямо количество данни.
- Непрестанно се усъвършенства

Реализация

База данни

Базата данни се състои от две, свързани помежду си таблици – diplomni и file. Те са интегрирани към БД на сайта на МГУ.



Фиг. 1 – Релационна схема на БД

Таблица „diplomni" съдържа информация за дипломните работи.

Таблица 1. Таблица „diplomni"

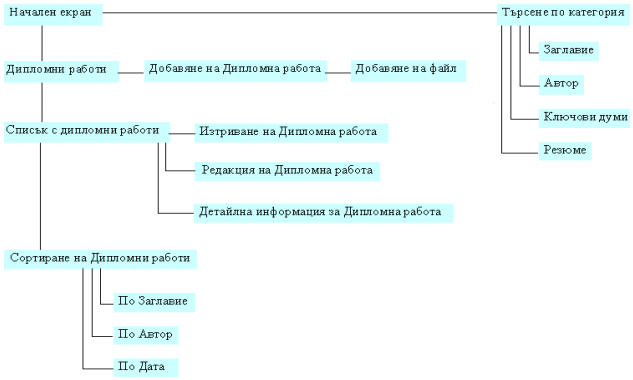
Име на поле	Описание
Id	Уникален номер на дипломна работа, генерира се от системата
title	Заглавие на дипломната работа
author	Име на автора на дипломната работа
key	Ключови думи
date	Дата на въвеждане на дипломната работа, задава се автоматично
publisher	Издател на дипломната работа
resume	Резюме на дипломната работа
resume_en	Резюме на дипломната работа (на английски)
NRakovoditel	Научен ръководител. Външен ключ към таблица people.
Retsenzent	Рецензент. Външен ключ към таблица people.

Таблица „file" съдържа информация за файловете.

Таблица 2. Таблица „file"

Име на поле	Описание
id_f	Уникален номер на файла, генерира се от системата
id	Външен ключ към таблица diplomni
name	Наименование на файла
type	Тип на файла
file	Файл
code	Код на файла

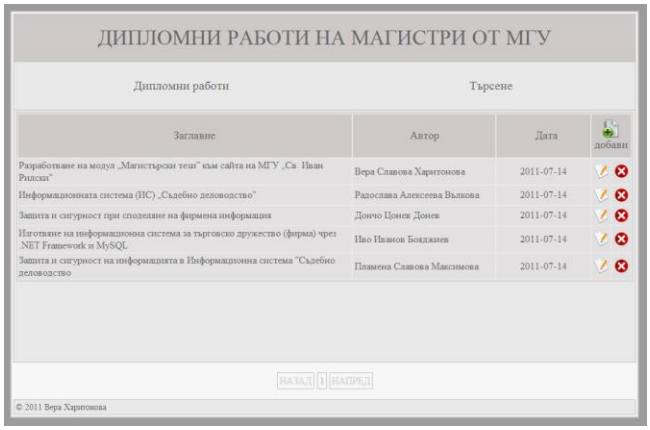
Web интерфейс



Фиг. 2 – Структура на приложението

Приложението се състои от две основни части. Първата е началният екран (фиг. 3), където се визуализира основната информация за дипломните работи, като тя може да бъде сортирана по различни параметри. Основната информация се състои от заглавие, автор, ключови думи и дата на публикуване на дипломната работа. Има възможност за изтриване и редактиране на вече въведена дипломна работа, както и възможност за добавяне на нова дипломна работа. При избор на конкретна дипломна работа се визуализира подробна информация за нея – заглавие, автор, ключови думи, дата на публикуване, издател (катедра), резюме на български и английски, научен ръководител, рецензент и списък на свързаните с нея файлове (фиг. 4).

При въвеждане на нова дипломна работа информацията се валидира – не се допускат празни полета, името на автора трябва да съдържа само букви, не се допуска дублиране на заглавия.



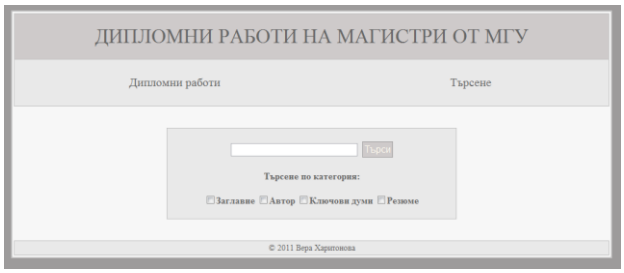
Фиг. 3 – Начален екран

Фиг. 4 – Екран "Детайлна информация за дипломна работа"

Втората основна част представлява форма за търсене. Търсенето може да се осъществи по няколко параметъра – заглавие, автор, ключови думи и резюме (фиг. 5).

Системата бе апробирана в периода 15 Май – 30 Юни 2011г. От 10 Юли 2011 модул „Магистърски тезиси" е достъпен на адрес http://www.mgu.bg/magthesis.

Препоръчана за публикуване от
Катедра «Информатика», МЕМФ



Фиг. 5 –Екран "Търсене"

Заключение

Създаването на системата за Дипломни работи в Web базиран формат, освен че позволява по-бърз и лесен достъп до информацията, увеличава и нейните възможности откъм бъдещо развитие.

Една от възможностите, която може да бъде добавена, е да отразява информация за конкурси за заемане на академична длъжност „професор" и „доцент" и предстоящи защити за придобиване на образователна и научна степен „доктор".

Литература

http://www.php.net/
http://www.mysql.com
Уелинг Л.,, Л. Томсън. 2003. Разработване на проекти за Web с PHP и MySQL, СофтПрес

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

ИЗСЛЕДВАНЕ НА БИТОВАТА КОНСУМАЦИЯ НА ПРИРОДЕН ГАЗ В БЪЛГАРИЯ СПОРЕД ВИДА И ПЛОЩТА НА ЖИЛИЩАТА

Веселин Христов

Минно Геоложки Университет „Св. Ив. Рилски", 1700 София, veso@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Цел на изследването е да се определи, какво е влиянието върху битовата консумацията на природен газ от вида и квадратурата на жилищата. Използвани са данни от консумацията на природен газ в битовия сектор в повечето от газифицираните селища на България. Жилищата са разделени според вида им на апартаменти и къщи, а според площта – на 10 групи. Намерени са зависимости на различни статистически показатели, като дисперсия, минимална, максимална и средна консумация според вида и според площта на жилището, за различни месеци.

DOMESTIC CONSUMPTION STUDY OF NATURAL GAS IN BULGARIA, ACCORDING TO THE HOUSING TYPE AND SIZE

Veselin Christov

Department of Computer Science, University of Mining and Geology "St. Ivan Rilsky ", 1700 Sofia, veso@mgu.bg

ABSTRACT. Study objective is to determine how housing type and size impact on domestic consumption of natural gas. Data from natural gas consumption in the domestic sector in most of the gas supplied towns in Bulgaria is used. Homes are divided by type of apartments and houses, and according to the area - 10 groups. Dependencies of the various statistical indicators, such as dispersion, minimum, maximum and average consumption by type and by area of residence for different months are found.

Увод

Това изследване е извършено по задание на една от големите фирми за гозоразпределение в страната. Целта му е на базата на статистическа обработка на данните от потреблението на природен газ от домакинствата в редица градове в страната и в София да се направят оценки за максимално и минимално потребление на газ от битов консуматор според вида и размера на жилището по месеци.

Намирането на такива статистически достоверни оценки би усъвършенствало планирането във фирмата на консумацията на газ в битовия сектор, което би довело до значителен стопански ефект. Тези оценки биха били полезни за клиентите на фирмата - настоящи и бъдещи, защото на настоящите ще покаже, дали потреблението им се вписва в общите норми, а на бъдещите ще помогне да вземат решение, дали да газифицират дома си и по каква схема.

Средномесечната консумация на природен газ от домакинствата зависи от температурата на околната среда. Изследвания в това направления са публикувани в [Христов В., М. Бояджиев, 2008] и [Boyadjev M., V. Christov, 2010]. Тя е специфична за всеки месец от годината. За зимните месеци при по-студено време консумацията нараства, докато през летните месеци тази зависимост не е ясно изразена, даже може да е обратна, доколкото тогава газта в домакинствата се ползва главно за затопляне на вода и за газови климатици. Консумацията се променя и поради други трудно предвидими причини, например промяна в цените на газа. Поради това средномесечната консумация за едни и същи месеци от годината през различните години варира. Това налага да се търси за всеки месец от годината някаква минимална и максимална консумация.

Наблюденията показват, че консумацията зависи от вида на жилището. За съжаление няма систематично събрана подробна информация за това. Например дали жилището е топлоизолирано, възрастта и технологията на строеж, изложението (южно или северно), вътрешен или външен апартамент и др. Единствената пълна събрана информация има за това, жилището дали е къща или апартамент.

Може да се забележи разлика в консумацията в столицата и в останалата част на страната. Това, вероятно, се дължи на разликите в доходите на населението.

Анализ на задачата

Предоставените входни данни включват фактурираното месечното потребление на битовите консуматорите от различни населени места в България. Включени са месеците от Януари 2006 г. до Юни 2009 г. – общо 42

месеца. За целите на анализа данните бяха разделени на две:

- за столицата –общо 10963 консуматора;
- за провинцията – включват останалите данни – общо 21508 консуматора.

Данните за един консуматор включват следните полета: номер на абонат, тип на жилището (1 – къща, 2 – апартаменти), жилищна площ ($м^2$), дата на записване, месечни консумации (42 полета) и обща консумация. За целите на анализа се ползват полетата – тип на жилище, жилищна площ и месечна консумация.

Характерна особеност на данните е, че в много случаи консуматорите нямат консумация за някои от месеците (празно поле) или консумацията им е нула. От изследването са изключени тези данни.

Броят на консуматорите в един газификационен район с течение на времето се променя, като тенденцията е той да нараства. Това също води до промени на средномесечната консумация в района. За да се избегне влиянието на броя на консуматорите, анализът се прави за един консуматор.

Цел на изследването е да определи, какво е влиянието на консумацията от вида и квадратурата на жилищата. Поради това консуматорите са разделени според два критерия: вид на жилището (1 - къща, 2 – апартамент) и квадратурата на отопляваната жилищна площ. Наблюдения върху групирането на консуматорите според квадратурата на жилища им дават основания те да се разделят на 10 групи /Таблица 1/. Това разделение произтича от най-често срещаните площи на жилища в разглежданите записи и позволява да се забележат аномалии и зависимости при потреблението на природен газ за отопление в домакинствата.

Таблица 1.
Видове квадратури на жилищната площ

Група	Размер на жилището
1	До 56 m^2
2	От 57 до 66
3	От 67 до 76
4	От 77 до 86
5	От 87 до 96
6	От 97 до 116
7	От 117 до 146
8	От 147 до 196
9	От 197 до 296
10	От 297 до 399

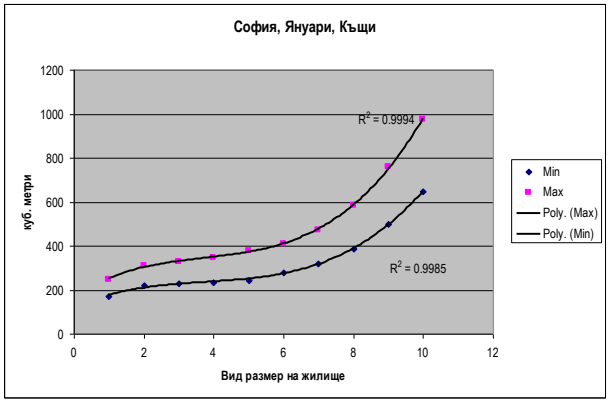
Възниква въпроса, как да бъдат намерени максималното и минималното потребление на един консуматор за даден месец. Прилагат се два подхода. При първия се търсят минимални и максимални стойности на средните аритметични потребления на консуматорите от даден вид за съответния месец през изследваните години. При втория подход се намира средното аритметично и дисперсията на потреблението на консуматорите за всички еднакви месеци в изследвания период. Минималното и максималното се намират като от средното съответно се извади и прибави дисперсията.

За целите на изследването бяха разработени два макроса на Visual Basic for Application за Microsoft Excel изчисляващи минималната и максималната консумация по двата различни подхода. Всеки от тях произвежда по две таблици: за къщи и за апартаменти. В тях по месеци и по групи според размера на жилището са дадени максималната и минималната консумация.

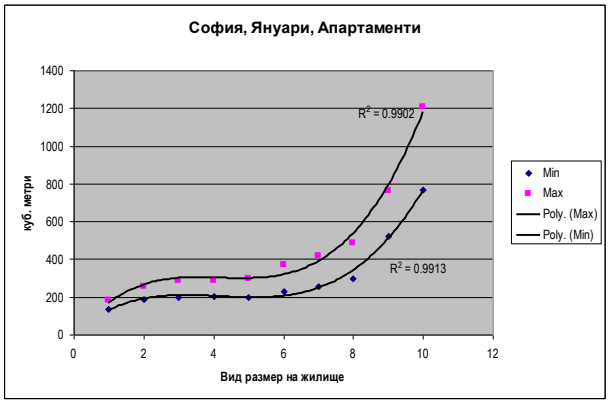
Изследване чрез минимално и максимално средномесечно потребление

При това изследване са намерени средните аритметични стойности на потреблението на едно домакинство за всеки отделен месец от изследвания период – януари 2006 – юни 2009. Средното аритметично се търси спрямо принадлежността на домакинството към една от 10-те групи жилищни квадратури /Таблица 1/. Така за всеки месец от изследвания период са намерени по 10 средни аритметични за къщи и по 10 средно аритметични за апартаменти, за столицата и за страната.

Минимумът и максимумът за определен месец от годината за даден вид консуматори (вид жилище и вид квадратура) се търси между средните аритметични за този вид консуматори за съответния месец в изследвания период. Например за м. януари за даден вид консуматор имаме намерени 4 средни аритметични (за 2006, 2007, 2008 и 2009 г.). Минимумът и максимумът за този вид консуматор за м. януари са сред тези 4 числа.



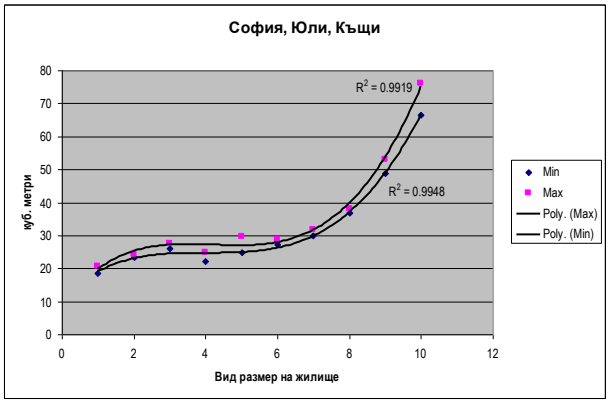
Фиг. 1. Минимална и максимална консумация за м. януари, къщи, гр. София



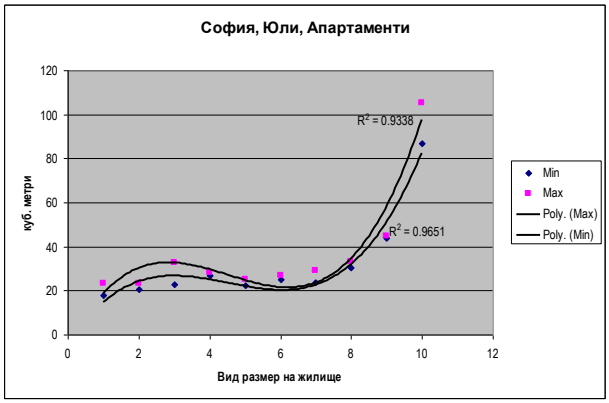
Фиг. 2. Минимална и максимална консумация за м. януари, апартаменти, гр. София

На Фигури 1 и 2 са показани зависимостите на минималната и максималната консумация на домакинство от София от жилищната квадратура (10-те вида) за месец януари (зимен месец). Прокарани са линии на тренда – полиноми от трета степен. Вижда се, че при жилищата със среден размер (от 67 до 96 м^2) консумацията почти не нараства. Това показва че тези домакинства не отоплява целите си жилища през зимата. Съотношението между максимална и минимална консумация за януари и почти едно и също при различните жилищни квадратури, около 3/2 (Таблица 2).

На Фигури 3 и 4 са показани същите зависимости но за м. юли (летен месец). Вижда се че зависимостите са подобни въпреки, че консумацията е близо 10 пъти по малка. Разликите между минималната и максималната консумации са по-малки /Таблица 2/.



Фиг. 3. Минимална и максимална консумация за м. юли, къщи, гр. София



Фиг. 4. Минимална и максимална консумация за м. юли, апартаменти, гр. София

От Таблица 2 се вижда, че съотношението между максималната и минималната консумация относително се запазва с нарастване на жилищната квадратура.

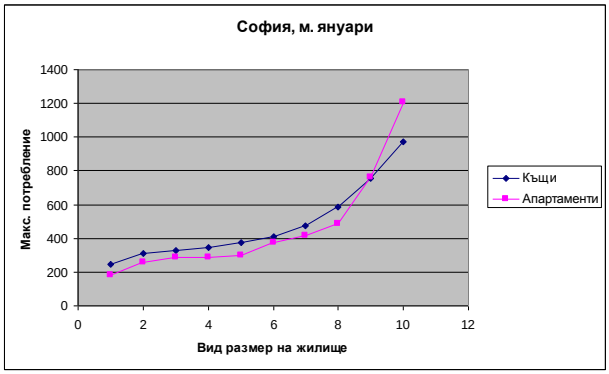
Наблюдавайки консумациите за апартаменти и къщи, се вижда, че консумацията в къщите е по-голяма, като изключение правят само най-големите апартаменти (над 197 м^2) – Фигура 5. Това съотношение е валидно за всички месеци от годината – Фигура 6.

Наблюдавайки таблиците за консумацията в София и в страната се вижда, че общо взето консумацията на домакинствата в София е по-голяма от тази в страната (Фигура 7).

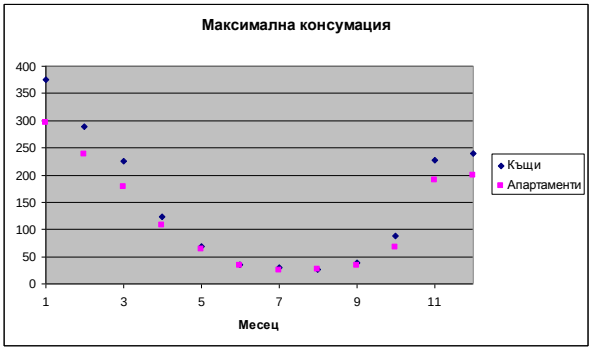
Таблица 2.

Съотношение между максимална и минимална консумация

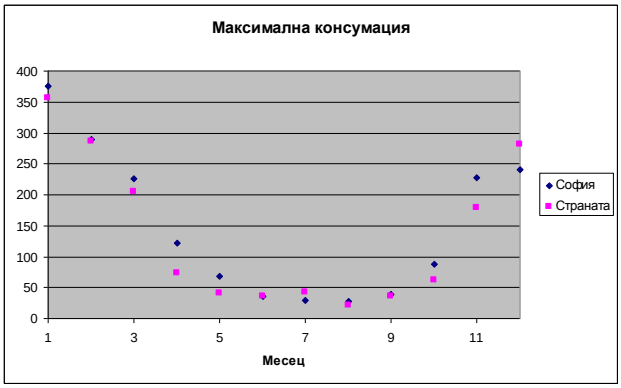
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Януари	1.45	1.42	1.44	1.48	1.54	1.47	1.48	1.52	1.51	1.51
Февруари	1.82	1.60	1.65	1.71	1.56	1.75	1.70	1.61	1.60	1.56
Юли	1.30	1.14	1.17	1.19	1.20	1.22	1.19	1.23	1.32	1.51
Декември	1.15	1.31	1.29	1.27	1.14	1.38	1.25	1.24	1.27	1.29



Фиг. 5. Максимално потребление в къщи и в апартаменти за м. януари за гр. София



Фиг. 6. Максимална консумация за жилища с площ от 87 до 96 м^2 за София – къщи и апартаменти

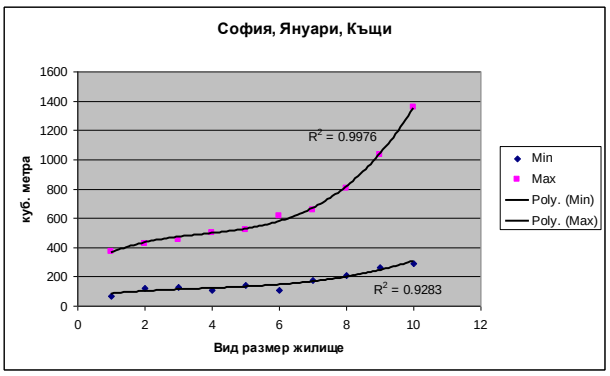


Фиг. 7. Максимална консумация за къщи с площ от 87 до 96 м² за София и за страната

Изследване чрез средно аритметично и дисперсия на консумацията.

В този случай консуматорите отново се делят на: такива от страната и от София; на живеещи в къщи и в апартаменти и на 10 групи според жилищната им квадратура. За всяка от тези групи консуматори са намерени средното аритметично и дисперсията на потреблението за групата за съответния месец от годината, т.е за всичките месеци януари, за всичките месеци февруари и т.н. от изследвания период. Така се намира по 10 средни аритметични и 10 дисперсии за всеки месец от годината (за 10-те вида жилищна площ) за къщи и апартаменти от една страна и за София и страната от друга.

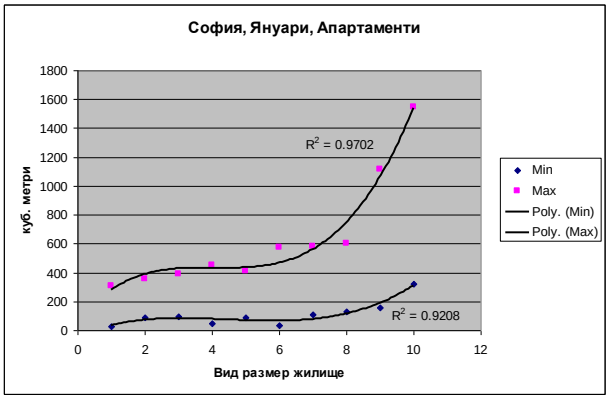
Минималната и максималната консумация за всеки вид консуматори се определя като от средната консумация съответно изваждаме и прибавяме дисперсията. Така са получени други две таблици за София и за страната с минимална и максимална консумация за всеки месец от годината, за всеки от 10-те вида жилищни квадратури, за къщи и за апартаменти. За някои от месеците се получава значителна дисперсия (разпръснатост на данните), поради което минималната консумация става отрицателна. За тези месеци тя е определена за 0.



Фиг. 8. Минимална и максимална консумация за м. януари, къщи, гр. София – определена чрез средно аритметично и дисперсия

Според статистическата теория в така получения диапазон между минималната и максималната стойност попадат 2 / 3 от изследваните данни. Това означава, че нов потребител ще има консумация за съответен месец в зададения диапазон с вероятност около 67%.

Наблюдаваната значителна дисперсия на данните от дадена група консуматори се дължи преди всичко на разликите в средно месечните температури за един и същи месец през наблюдаваните години.



Фиг. 8. Минимална и максимална консумация за м. януари, апартаменти, гр. София – определена чрез средно аритметично и дисперсия

Заключение

Проведеното изследване, допълва това от [Boyadjev M., V. Christov, 2010], в което се разглежда консумацията на газ на домакинствата в зависимост от размера на жилищната площ и външната температура. Намерени са по два метода максимални и менемални граници на консумацията на домъкинство по месеци от годината в зависимост от вида на жилището – къщи и апартаменти, от размера на жилището и от това дали домакинството е от столицата или от провинцията.

Направени са програми на Visual Basic for Application за Microsoft Excel, чрез които може при нови и допълнени данни да се направят същите изчисления. Така определените максимални и минимални граници могат лесно да се актуализират.

Литература

Христов В., М. Бояджиев, 2008, Математически модел за краткосрочна прогноза на потреблението на природен газ – в научно техническа конференция с международно участие “Нефтогазоносна перспективност на балканско - черноморския регион”, 1 – 4 окт. 2008, гр. Варна, 232 – 240.

Boyadjev M., V. Christov, 2010, Analysis of Natural Gas Domestic Consumption in Bulgaria According to the Floorage and the Outside Temperature – Martin, , Annual of University of Mining and Geology “St. Ivan Rilsky”, Part I: Geology and Geophysics, v.53, 2010, 188 – 193.

Ivezic D. Short, 2008. Term Natural Gas Consumption Forecast – FME Transactions, v. 34

Препоръчана за публикуване от
Катедра „Информатика”, МЕМФ

РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПРОТОКОЛ IPv6 В УНИВЕРСИТЕТСКА МРЕЖА

Веселин Колев[1], Стефан Димитров[2], Николай Николов[3], Георги Найденов[4]

[1]Hebrew University, Jerusalem, Israel, e-mail: vlk@lcpe.uni-sofia.bg
[2]Софийски университет "Св. Кл. Охридски", 1164-София, e-mail: stefan@ucc.uni-sofia.bg
[3]Софийски университет "Св. Кл. Охридски", 1164-София, e-mail: nikolay.nikolov@ucc.uni-sofia.bg
[4]Софийски университет "Св. Кл. Охридски", 1164-София, e-mail: georgi@ucc.uni-sofia.bg

РЕЗЮМЕ. В доклада е предложена методика за приложение на протокол IPv6, който да работи паралелно със съществуващия протокол IPv4 в рамките на университетска мрежа. Реализирани са рефлекторна схема за маршрутизация по протокол BGP, услугите DNS, електронна поща и уеб.

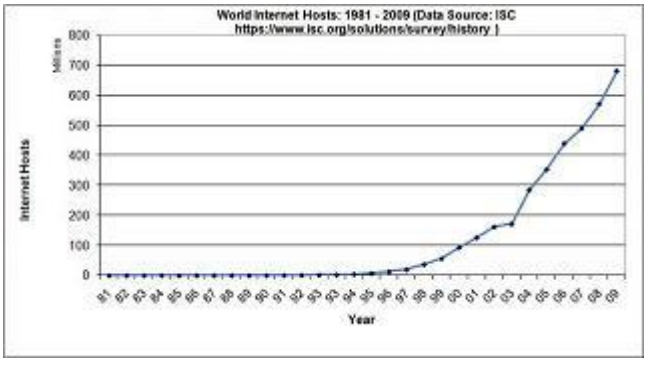
IMPLEMENTATION OF IPv6 PROTOCOL IN A UNIVERSITY NETWORK

Vesselin Kolev[1], Stefan Dimitrov[2], Nikolay Nikolov[3], Georgi Naydenov[4]
[1]Hebrew University, Jerusalem, Israel, e-mail: vlk@lcpe.uni-sofia.bg
[2]Софийски университет "Св. Кл. Охридски", 1164-София, e-mail: stefan@ucc.uni-sofia.bg
[3]Софийски университет "Св. Кл. Охридски", 1164-София, e-mail: nikolay.nikolov@ucc.uni-sofia.bg
[4]Софийски университет "Св. Кл. Охридски", 1164-София, e-mail: georgi@ucc.uni-sofia.bg

ABSTRACT. In the paper presented methodology is proposed for the application of IPv6 protocol working in parallel with the existing IPv4 protocol. This is the dual-stack scheme. Route reflector scheme for BGP routing within the network and the DNS, email and web services are implemented

Въведение

Протоколът IPv4 (RFC 791), по който се осъществява маршрутизацията и адресацията на мрежови устройства в съвременните компютърни мрежи, е разработен през 1970-те години. Той е с дължина 32 бита, което ограничава адресното пространство до 2^{32}. Стръмно експоненциалният растеж на броя на възлите (хостовете) в Интернет от средата на 1990-те (фиг. 1) доведе до тяхото изчерпване. В момента се раздават последните блокове с IPv4 адреси.



Фиг. 1 Растеж на Интернет хостовете през годините

Очаква се в следващите години броят на хостовете да расте още по-интензивно. Предпоставка за това твърдение са развитието на мобилните комуникации от четвърто поколение, интелигентните електрически уреди (smart grid) и др. Всичко това предполага огромно търсене на IP адреси, което прави неотложен прехода към новата версия на протокола - IPv6.

IPv6 дефинира адреси с дължина 128 бита (RFC 4291), които са с шестнадесетична нотация за разлика от IPv4 адресите, които са с десетична (например, fe80:43e3:9095:02e5:0216:cbff:feb2:7474). Предлагат огромно, на практика неизчерпаемо, адресно пространство – 2^{128}.

Протоколът IPv6 има и други предимства:

- Автоконфигуриране (RFC 4862) - автоматично (plug-and-play) присвояване на адрес без помощта на DHCP сървър като в Ipv4.
- Заглавната част в IPv6 (header) е по-опростена спрямо IPv4, с фиксирана дължина 40 байта, като допуска до шест допълнителни „заглавия" (extension headers) (RFC 2460).
- IP security (IPSec) е част от IPv6, а не допълнителен протокол, както е в IPv4. Достатъчно е да включим две от допълнителните заглавия: Encapsulating Security Payload (ESP) и Authentication Header (AH). IPSec е задължителен атрибут в мобилната версия Mobile IPv6 и протоколите за маршрутизация;
- Mobile IPv6 (MIPv6) поддържа мобилност на мрежовите възли (роуминг), придвижване от една мрежа в друга, без да губят IP свързаност (RFC 3775). Поддържане на мобилност в IPv4 (RFC 3344) е ограничено от протокола ARP, който в IPv6 е заменен с Neighbor Discovery (RFC 4861).

◆ IPv6 по-подробно дефинира качеството на услугите (QoS) и приоритетизиране на трафика чрез полетата Traffic Class и Flow Label в заглавната част, което е особено полезно за приложения в реално време като IP телефония (VoIP), видеоконфернеции и др.

IPv6 не е обратно съвместим с IPv4, което налага промени в мрежовата инфраструктура и системи.

Механизми за преход от IPv4 към IPv6

Преходът от IPv4 към IPv6 ще отнеме значително време. Затова се налага да се прилагат механизми, осигуряващи съвместното съществуване на чисто-IPv4 възли, чисто-IPv6 и двустекови (dual stack) IPv4/IPv6 възли.

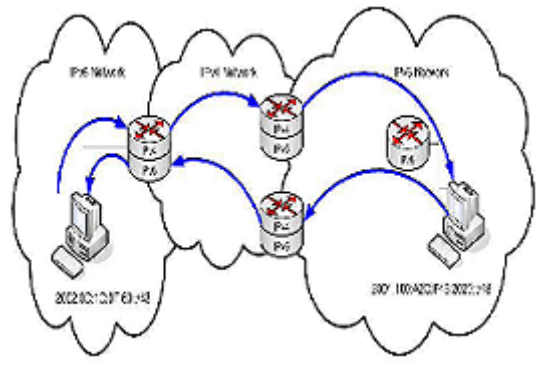
Механизмите за преход (RFC 4213) трябва да поддържат взаимодействието между IPv4 и IPv6 възлите. Те попадат в три категории:

- тунелиране;
- транслация;
- поддържане на двоен стек (dual stack).

Тунелиране

Тунелирането представлява опаковане на един протокол в друг. Тунелиращият протокол носи тунелирания протокол, за когото тунела, както и възлите, през които преминава, са прозрачни. Тунелите могат да бъдат IPv6-върху-IPv4 (вмъкване на IPv6 пакети в IPv4) или IPv4-върху-IPv6 (вмъкване на IPv4 пакети в IPv6).

На Фиг. 2 е показан общ случай на тунел. Два хоста от IPv6 мрежи могат да комуникират помежду си само през IPv4 мрежа. Всеки хост има достъп до двустеков IPv4/IPv6 маршрутизатор. Този маршрутизатор има път до друг IPv4/IPv6 маршрутизатор през IPv4 мрежа. Тези два маршрутизатора са крайните точки на тунела, където IPv6 пакета се опакова в IPv4 пакет, който се предава до другата крайна точка. Тунелът не е задължително да бъде симетричен. Възможно е във всяка от двете посоки крайните точки да са различни.



Фиг.2 Пример на тунелиране на IPv6 върху IPv4 мрежа.

Транслация

Транслацията предполага преобразуване на IPv4 или IPv6 пакети в друг протокол, по който те се пренасят през мрежата. Network Address Translation—Protocol Translation (NAT-PT) позволява на IPv6 и IPv4 устройства да комуникират чрез посредничеството на транслиращо устройство. Transport Relay Translator (TRT) е друг механизъм, който позволява на IPv6 хостове да комуникират с IPv4 такива чрез посредник. Но методите на транслация (IPv4 в IPv6 и IPv6 в IPv4) въвеждат нови методи за конструиране на мрежи и системи, с което внасят и нови възможности за атаки срещу мрежите и системите.

Траанслацията на протоколи не се препоръчва като дългосрочно решение по ред причини. Транслирането на IPv6 в IPv4 на първо място прави излишен прехода към IPv6. Всичките изброени по-горе предимства и нововъведения при IPv6 се губят при транслирането му в IPv4. Не се решава и проблема с изчерпването на адресното пространство в IPv4. Този механизъм е полезен до тогава, докато се налага да се комуникира с чисто-IPv4 системи.

Поддържане на двоен стек

Механизмът за преход с поддържане на двоен стек (dual stack) предполага всеки възел или хост в мрежата да има едновременно и IPv4, и IPv6 свързаност, да им бъдат присвоени и IPv4 адреси, и IPv6 адреси. Организациите използват двойния стек, когато основната част от оборудването е с dual stack възможности и се изисква бърза реализация на IPv6 свързаността. При реализация на dual stack среда трябва да се имат предвид следните моменти: споделената инфраструктура, необходимост от повече ресурси и спецификата на приложните протоколи.

IPv4 и IPv6 имат различни инфраструктури. Маршрутизацията (на мрежовия слой) и комутирането (на каналния) трябва да разпознават съответния протокол. Двойностековите среди използват повече ресурси от еднопротоколните — процесорна мощност и време, оперативна памет.

Маршрутизаторите трябва да поддържат и IPv4, и IPv6 таблици с маршрутите, както и съответните протоколи за маршрутизация. Някои от тях като RIP (RFC 2080) и OSPF (RFC 2740) изискват стартиране на отделни процеси за IPv4 и IPv6, докато BGP с въведените разширения позволява в един процес да се поддържат едновременно IPv4 и IPv6 (RFC 4760). Това предполага наложените в IPv4 схеми за филтриране и контролиране на трафика да се приложат и в IPv6.

Някои приложения са чисто-IPv4, други са чисто-IPv6, а трети - IPv4/IPv6. Хостът трябва да бъде настроен да използва точния протокол. Подреждането на записите в системата за съответствие между имена и адреси в Интернет (DNS - Domain Name System) има решаващо значение при избора на точния протокол. Приложенията са писани да запитват само A (IPv4), само AAAA (IPv6) или и A, и AAAA записи (RFC 3596).

Не трябва да се пренебрегват и средствата за обучение и квалификация на техническия персонал. На този етап хората, които имат задълбочени познания по темата са в дефицит.

Реализация на двустекова инфраструктура и услуги в университетска мрежа

От анализа в предишния абзац може да се направят следните изводи:

◆ Тунелирането внася закъснения.

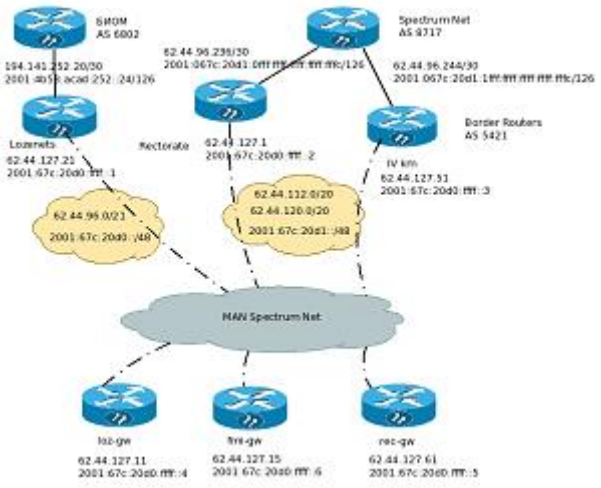
◆ При транслирането на IPv6 в IPv4 се губят предимствата на нововъведенията в IPv6.

Въпреки ресурсоемкостта си механизма с двоен стек

се явява най-подходящ при реализация на преход от IPv4 към IPv6. Можем да посочим следните предпоставки в подкрепа на това твърдение:

- Наличие на софтуер с отворен код, който реализира основните мрежови услуги (маршрутизация, DNS, електронна поща, Web) едновременно и в IPv4, и в IPv6.
- Операционните системи за потребителски станции с отворен код и последните версии на Microsoft Windows (Vista и Windows7) поддържат по подразбиране IPv6.
- Услугите се реализират прозрачно за потребителите, на тях не им трябва да знаят дали ползват IPv4 или IPv6; тук трябва да се посочи едно от подобренията в IPv6 — автоматичното раздаване на адреси.

За да се реализира двустекова инфраструктура е необходимо на първо място наличието на адресно пространство в обхват, зависещ от мащабите на мрежите. IPv6 адресно пространство се получава от Интернет доставчиците (Provider Assigned — PA) или директно от регионалния регистратор, за Европа това е RIPE (Provider Independent — PI) (ripe-509). На крайни клиенти, какъвто е и даден университет, се раздават един или повече адресни блокове с префикс /48 (ripe-512). След това полученото адресно пространство се разпределя между отделните звена, като възприетата практика е блоковете да са с префикс /64. Възможно е префиксите да са по-къси, т.е блоковете да са с по-голям обхват, например /60. Префикси с по-големи дължини се присвояват на опорните мрежи и устройствата, които реализират основните мрежови услуги. Връзките от тип «точка-точка» са с префикс /126 (Фиг. 3).



Фиг. 3. Двустекова инфраструктура в университетска мрежа.

Динамична маршрутизация по BGP

В разглежданата университетска мрежа се прилага динамична маршрутизация по протокол BGP с въведена рефлекторна схема (RFC 4456). С помощта на рефлекторна схема се редуцира броя на сесиите между iBGP съседи и от там натоварването на процесори и комуникационни канали. Един маршрутизатор (или два за резервираност) става рефлекторен сървър, а другите – рефлекторни клиенти. Всички участници в рефлекторната схема имат IP адрес от единен адресен сегмент (напр. 62.44.127.0/25, респ. 2001:67c:20d0:ffff::/64). Всеки клиент изгражда BGP4/4+ сесия до сървъра и излъчва мрежите достижими през него и получава индиректно (през сървъра) маршрутите, излъчвани от останалите клиенти, с директно достижим следващ възел (Фиг. 4).

Фиг.4 BGP рефлекторна схема.

Електронна поща

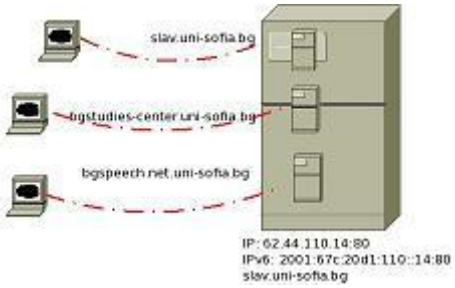
Пощенските сървъри в университетската мрежа осигуряват двупротоколна SMTP услуга, в духа на пълна IPv6 интеграция. Пакетът sendmail е компилиран с поддръжка на IPv6, което свежда IPv6 интеграцията на SMTP услугата само до въвеждане на съответните конфигурационни опции (Колев, 2008). Конфигурационният файл sendmail.cf, който демонът sendmail чете при стартирането си, се генерира от m4 макросен прототип, който по подразбиране се съхранява във файла sendmail.mc.

За да може sendmail демона да обслужва SMTP сесии, които се транспортират по протокол IPv6, е добра практика да се декларира на кой точно локален IPv6 адрес слуша демона (по подразбиране на порт 25/tcp). За да се настои sendmail демона да слуша на точно определени локални за стека IPv6 адреси, се използва опцията DAEMON_OPTIONS:

```
DAEMON_OPTIONS(`Port=smtp,Addr=62.44.109.37, Name=MTA')dnl
DAEMON_OPTIONS(`Port=smtp,Addr=127.0.0.1, Name=MTA')dnl
DAEMON_OPTIONS(`Port=smtp,Addr=2001:67c:20d0:10::37, Name=MTA6,
Family=inet6')dnl
DAEMON_OPTIONS(`Port=smtp,Addr=::1, Name=MTA6, Family=inet6')dnl
```

Уеб услуги

Използването на продукта с отворен код Apache (Apache, 2011) позволява да се създават уеб сървъри, чиито httpd процеси да “слушат” едновременно на IPv4 и IPv6 адрес. В зависимост от това как DNS сървъра на потребителя (клиента) «решава» (resolve) адреса на сървъра, по IPv4 или по IPv6, браузърът отваря съответната страница. И всичко това е «прозрачно» за потребителя. На Фиг. 5 е даден пример на една физическа машина, на която са инсталирани три виртуални уеб сървъри, достъпни и по IPv4 и по IPv6.



Фиг. 5 Компютър, на който са инсталирани три виртуални уеб сървъра.

Директивите, с които е показано на процеса httpd на кои портове и адреси да «слуша», са следните:

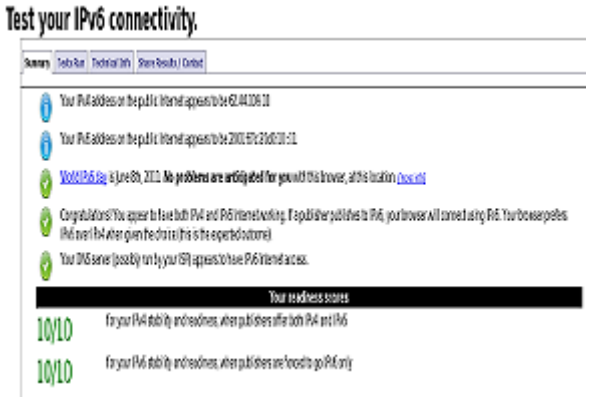
```
Listen 62.44.110.14:80
Listen [2001:67c:20d1:110::14]:80
NameVirtualHost 62.44.110.14:80
NameVirtualHost [2001:67c:20d1:110::14]:80
```

Заключение

Описаната по-горе двустекова инфраструктура е реализирана на универсални машини (често и втора употреба), работещи под управлението на операционната система с отворен код Linux, дистрибуция CentOS release 5.6 (CentOS, 2011). Пакетът за маршрутизация е Quagga Routing Software Suite (Quagga, 2011), а DNS софтуерът е BIND 9.X - Berkeley Internet Name Daemon (BIND, 2011).

Така предложеното решение осигурява напълно прозрачни по отношение на адресацията услуги с висока производителност и на ниска цена. Проведените тестове (Фиг. 6) във връзка със «Световния IPv6 Ден» на 8 юни 2011 г. (World IPv6 Day) сочат 100% подготвеност на мрежата за обслужване на потребителите и по двата протокола - IPv4 и IPv6 (test-ipv6).

Препоръчана за публикуване от
Редакционен съвет



Фиг. 6 Проведените тестове сочат 100% подготвеност на мрежата.

Литература

Колев, 2008, Настройки на пощенските концентратори на мрежата на СУ "Св. Климент Охридски" за работа с IPv6, *http://www.vesselin.org/papers/xhtml/sendmail-ipv6.html*

Apache, 2011, *http://httpd.apache.org/docs/trunk/*

BIND, 2011, *http://www.isc.org/software/bind*

CentOS, 2011, *http://www.centos.org/*

Quagga, 2011, *http://www.quagga.net/*

RFC 791, *HTTP://TOOLS.IETF.ORG/HTML/RFC791*

RFC 4291, *http://tools.ietf.org/html/rfc4291*

RFC 4862, *http://www.ietf.org/rfc/rfc4862.txt*

RFC 2460, *http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt*

RFC 3775, *http://www.ietf.org/rfc/rfc3775.txt*

RFC 3344, *http://www.ietf.org/rfc/rfc3344.txt*

RFC 4861, *http://tools.ietf.org/html/rfc4861*

RFC 4213, *http://tools.ietf.org/html/rfc4213*

RFC 2080, *http://tools.ietf.org/html/rfc2080*

RFC 2740, *http://www.ietf.org/rfc/rfc2740.txt*

RFC 4760, *http://tools.ietf.org/html/rfc4760*

RFC 3596, *http://www.ietf.org/rfc/rfc3596.txt*

RFC 4456, *http://tools.ietf.org/html/rfc4456*

ripe-509, *http://www.ripe.net/ripe/docs/ripe-509*

ripe-512, *http://www.ripe.net/ripe/docs/ripe-512#assignment_multiple*

test-ipv6, *http://test-ipv6.com/*

World IPv6 Day, *http://www.worldipv6day.org/*

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

CONSIDERATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT CAUSED BY ANTHROPOGENIC ACTIVITY IN THE MOUNTAIN AREA STRAJA

Daniela Cirtina[1] ,Ramona Violeta Mitran[2]

[1] University "Constantin Brâncuşi" of Târgu Jiu, Romania, daniela@utgjiu.ro
[2] University "Constantin Brâncuşi" of Târgu Jiu, Romania, ramona.mitran@yahoo.com

ABSTRACT. Tourism as any human activity is involved in degradation and environmental pollution and potential tourists travel by direct pressure on the landscape, flora and fauna and other sights that can be partially or totally damaged. Tourism Planning inappropriate land pollution is a factor both physical and economic, the most serious form of degradation of tourism resources by tourism itself. Lack of consistency in terms of quality and quantity of tourism resources and facilities for operational failures lead to repercussions on economic efficiency and physical condition of facilities and resources. In this paper presents aspects of the impact of anthropogenic activity in the mountain area environment Straja.

ВЛИЯНИЕ НА АНТРОПОГЕННАТА ДЕЙНОСТ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА В ОБЛАСТТА НА ПЛАНИНАТА СТРАЯ

Даниела Чиртина[1], Рамона Митран[2]
[1] Университет ,, Константин Бранкуши", Тургу Жил, daniela@utgjiu.ro
[2]Университет ,, Константин Бранкуши", Тургу Жил, ramona.mitran@yahoo.com

РЕЗЮМЕ: Както всяка друга човешка дейност, туризмът е свързан с разрушителен и замърсяващ ефект, като потенциалните туристи оказват пряко влияние върху пейзажа, флората и фауната. Неподходящото туристическо планиране е физически и икономически фактор, влияещ върху разрушаването на самите туристически ресурси. Липсата на постоянни грижи за количеството и качеството на туристическите ресурси и възможности води до негативни последствия върху икономическата ефективност и физическото им състояние. Докладът представя някои аспекти на антропогенната дейност върху околната среда в областта на планината Страя.

Introduction

The existence and development of tourism potential target depends on its quality, can be considered as a possible index of its environment, ie a "barometer" of quality. Environmental degradation and tourism resources are generated by two main groups of factors, ie factors that are direct result of economic and environmental determinants of use for tourism and recreation. Degradation of forests is an example of damage to tourism potential. Forest tourism interest in social functions, recreational and aesthetic landscape. These issues turn them into goals that round tourism potential value. By logging occurring degradation processes resulting in the destruction of monuments of scientific interest and tourism. If deforestation around balneoclimatice resorts and settlements in general, diminishes the possibilities of self-purification of the atmosphere around them, put them in danger and hydro reservoirs, reducing the potential for cutting them to extinction.

Degradation of natural reserves and natural monuments tourist potential harm that it lacks the contribution of scientific, aesthetic, the objectives of a unique nature, or natural habitats. Uncontrolled economic activities causing degradation of these monuments heavily damaging both scientific and economic aspect, by reducing their opportunities for tourism recovery. Negative aspects are seen with sightseeing anthropogenic degradation, both by the attack and degrade pollutants following the disappearance of monuments and historical resonance, artistic or cultural and other factors anthropogenic or natural.

The tourism development strategy necessary measures to protect the environment. Environment's natural resources sought to be preserved by encouraging rural tourism, tourism and ecological tourism. World Tourism Organization believes that "rural tourism is to save European countries" covering tourist activities organized and led by the rural population and based on potential natural and human anthropogenic own.

"Ecotourism" is emerging as a new form of tourism, which grew rapidly in the last decade known as the motto of "nature tourism", the main characterizing the orientation activities to certain ecological principles. Tourism is practiced by small groups of people or at a low level (business) contributing to biodiversity and sustain prosperity of the rural population, including tourists from accountable actions and the tourism industry.Fitting mountain areas generally differ with respect to existing natural conditions (landscape, climate, flora, landforms, snow) and the possibilities of access. When dealing with natural conditions, according to their specific locations or dominant destination (summer, winter), aimed at making the upper parameters of existing resources, land distribution in accommodation and food equipment and their typology, the

network of roads and means of transport, leisure facilities are tailored to the characteristics of resources.

2. Materials and methods

Straja Tourist Area is located at an altitude between 1340 m and 1450 m in mountain Vâlcan, with a complex mountainous terrain, very picturesque, with hills and mountain peaks, surrounded by beech and fir forests, north of Valley geographically defined Jiu Western Vâlcan ridge south of the west Valley and east of Valley Sohodol. The natural environment of a special scenic area available in Straja falls with great complexity, variety and attractive landscaping in the structure and value of tourism potential, bringing together all the qualities of a great winter sports resort and summer resort for resting and recreation .

3. Existing pollution and pollution resistance in mountain ecosystems Straja

Straja mountain area is a tourist area who has experienced significant growth since 1990, when they were developed as infrastructure and housing capacities. For this reason the assessment of pollution should be considered and pollution generated by these development works.

Sources of air pollution are divided into two broad categories, namely those produced during the construction of the infrastructure and resources generated by tourism activity. The first category mentioned training dust, cement and other materials that were circulated in order to build the road, of course, exhaust from vehicles that have transported the materials and particles resulting from the construction process itself. In the second category can also include particles driven by vehicles transporting tourists and exhaust gas during the winter, gas, soot and fly ash resulting from combustion of fossil fuels used in heating.

Soil pollution has affected the construction phase of the study area, specific infrastructure construction activities. So we talk about: the removal of topsoil, compaction of land, pollution of storing various construction materials, fuel and oil substances leaking from vehicles involved in the construction process. Another source of soil degradation due to deforestation produced by the implementation of infrastructure development projects and development of sports specific areas proposed in the study area. As a consequence of this deforestation is mentioned: increased risk of soil erosion and the emergence of instability phenomena in certain portions of land.

Aspects of soil erosion

Uncontrolled waste deposits in the resort Straja

In the operational phase of the tourist area, soil pollution is significantly reduced, being represented only by the possibility of uncontrolled waste deposits (which may occupy and contaminate ground surfaces) and deposition of atmospheric pollutants on the ground through precipitation. The emergence of uncontrolled landfills can be generated mainly by the influx of tourists that exceeds the capabilities of accommodation and lack of environmental education and respect for nature, manifested by some tourists.

4. Pollution and risk of affecting surface waters

The construction phase of infrastructure in the mountain area Straja may occur: changes in watercourses, increasing turbidity and to a lesser extent can be revealed the presence of certain harmful substances in surface water. In the operating phase problems are diverse in meaning occur more active and potential sources of pollution. This produces:

- increased turbidity, especially during periods of high influx of tourists;
- contamination of surface waters as solid waste by breaking down toxic substances put into freedom, but especially with manure and organic materials resulting from the practice area.

In the manure has not been a centralized system designed to take over their transport and treatment before being discharged into the emissaries, which would be significantly reduced surface water pollution.

Noise and vibrations in the mountain area close Straja estimated values of environmental pollution in terms of noise and vibration. Noise pollution due to vehicles involved in transport processes and equipment used in the actual construction and equipment of cable transport, transport of the waste, those used for supply and transport of tourists. A discomfort factor that we can consider pollutant in terms of noise is generated by facilities for entertainment of tourists accommodation capacity in the vicinity.

5. Results and discussion Case Study. Evaluation of the impact of tourism activities in the mountain area Straja.

Impacts of air emissions due to pollution sources described above and is minimized in both phases of development of the tourist area Straja by vegetation surrounding atmospheric circulation and other factors. Given the concentrations of air pollutants legislation lags far below the threshold limits alert.[5]
Impact on soil. The most persistent and therefore the most serious of all impacts on soil is soil erosion. Although soil

compaction and loss of organic matter will be covered to some extent in the non-use season, usually erosion continues. Recreation activities can cause erosion and can increase its rate of occurrence. Paths are the most affected due to their increased use. Soil erosion can occur in the camping, lookout points, places of departure or boarding in the form of treading. Camping areas lead to erosion: soil stripping, tree root exposure, increasing the area impacted (increased camp), the proliferation of several campsites. If well chosen areas, erosion can be controlled effectively by regular maintenance works. Erosion is nearly irreversible as long as it's so difficult to mitigate its erosion amount necessary to be reflected in the monitoring.

Solid wastes are generally managed in inefficient in the sense that there is a collection, selection capabilities are nonexistent, special waste disposal sites are often overshadowed by the quantities produced which generates both a negative visual impact, but can lead to contamination substances from their decomposition. It is important to use biological treatment technologies, non-mechanical and not to make waste disposal on land.

Impact on groundwater use and surface water quality degradation occurs by surface water. Water quality is a major concern, but not a predominant impact. Crossing the water, erosion and land use change can lead to increased suspended solids, reducing water clarity and satisfaction of visitors. Requires water testing equipment parameters are not usually in many tourist areas, but enough parameters are easily measured.

Impacts on biodiversity

Recreation can impact: the carpet of vegetation, species composition and changing circumstances. Vegetal cover is mostly impacted by visitors as a result of corns, which reduces reproduction by seeds. Mature trees in recreational areas are mechanically damaged by cutting or burning branches on their bark.

Different species have different tolerances of wild people and human activity. Even within a species, the tolerance level varies during the year, during breeding season, animal age, type of animal habitat and individual experience to tourists. Generally lead to lower leisure-specific diversity. Impact on wild life include:

a) due to unintentional disruption of stress conditions on large mammals or birds, for example, disturbance caused by tourists nearby vehicles;

b) accommodate anime with people mainly due to their feeding or feeding by tourists with household garbage;

c) over-harvesting or poaching.

Of course wild animals can be affected by habitat alteration, fragmentation and destruction.

Social impacts caused by tourism can be manifested by changing the quality of life of residents in tourist areas. It is a great need to focus on rules of behavior for both visitors and for residents, and the effects of mutual interaction between local communities and tourists. Visitor satisfaction is strongly affected by other visitors and their actions. In general, social conditions affect visitor satisfaction rather than natural conditions. The desire for solitude, possible conflict between visitors and different perception of the behavior of other guests, are all factors that can affect tourist satisfaction. May adversely affect the satisfaction of visitors crowding.

What visitors consider to be solitude or crowding depends on individual perception that is influenced by the characteristics of visitors and the event or location. Interestingly, managers and visitors have a different perception on the impacts of bio-physical and social. Managers perceive the impacts on resources as more important than social issues while the visitors have an opposite viewpoint. Therefore managers must be aware that the need to reduce conflicts between visitors must be part of management activities.

The method used to assess environmental impact of the infrastructure and tourism activity is carried out Straja massive global impact index method.

Impact assessment of each environmental factor in the phase of the infrastructure of business and tourism was performed by setting overall impact index (IGI).

Notes reliability assigned to each environmental factor sown in table 1:

Table 1. Notes creditworthiness awarded for environmental factors Straja mountain area:

Nr. crt.	Environmental factor	Note creditworthiness given
1	Water	9
2	Air	9
3	Ground	7
4	Vegetation	8
5	Fauna	7
6	Landscape	7

Overall i Overall index value for environmental factors impact analysis is:

$$IGI = \frac{S_i}{S_r} = \frac{259,8}{102,55} = 2,53$$

and corresponds to an environment subject to the effect of human activity causing discomfort forms of life (2 <IGI ≤ 3).

6. CONCLUSIONS

Tourism as an economic activity can cause great damage areas for this purpose, especially if not managed properly, but can bring great benefits. Pressures on growing popular tourist

places so beautiful natural areas are becoming more and more places for long-term tourism, visits a day and even sports. In some areas, tourist facilities often come in conflict with conservation and change objectives landscapes. Pressures for development of tourist facilities are very powerful, but if tourism is planned and managed to be sustainable, it can be a positive force, bringing benefits both the environment and local communities.[4]

Straja mountain tourism development in the area is favored by a number of natural factors as:

- issues picturesque landscape and the high value of their Straja;
- the ski area: extension, average snow depth is 40-60 cm, its persistence around 150 days a year and runs with optimal exposure;
- there is a gap harnessed for a tourist resort;
- network streams and rivers that enrich the landscape value of the area and fish fund that allows the practice of sport fishing;
- coniferous forests especially in this area have a therapeutic role-climatic by spray resin and have a very rich wildlife fund;
- karst forms that focus in this area enable speleology practice and scientific tourism.

For sustainable development of tourism in this area should apply measures such as promoting harmony between human and natural components, infrastructure design based on local context, rather than promoting the general solutions, understanding integrated area as an ecosystem in which changes take time. It is important not to sacrifice the integrity of ecological systems and sustainability of economic processes in the development of the area and the impacts caused by infrastructure creation should be limited in these natural changes.

Infrastructure should be mostly simple, with respect basic human needs, a minimum of comfort and safety. It necessary designation of an area to collect all waste produced on site, the infrastructure in phases, leaving the possibility for monitoring cumulative environmental impacts in construction phase also natural ecosystems must be left to latching the highest possible. In-depth analysis of pollutant-acting factors shaping tourism allows green field strategy, which involves either eliminating factors or activation, enhancement or introduction of other factors that help to reduce or cancel these harmful effects.[2]

Recommended for publication
of Editorial board

References

1. Andreea Mihaela Bălţăreţu -*Tourism and urban development,* University Publishing House, Bucharest 2010.
2. Aurel Ghiorghilaş, George Eredeli – *Travel Arrangements*, University Publishing House, Bucharest 2007.
3. Istrate, I., Bran, F., Roşu, A.G. – *Tourism economy and the environme*nt, Publishing House, Bucharest, 1996.
4. Lazăr, M. – *Environmental Restoration*, University Publishing, Petroşani, 2001.
5. Ţigu Gabriela – *Mountain tourism,* Publishing Uranus, Bucharest, 2001.

IMPACTS OF ENVIRONMENTAL PRODUCTS THE THERMOELECTRIC POWER PLANT ROVINARI

Ramona Violeta Mitran[1] Daniela Cirtina[2]

[1] University "Constantin Brâncuşi" of Târgu Jiu, Romania, ramona.mitran@yahoo.com
[2] University "Constantin Brâncuşi" of Târgu Jiu, Romania, daniela@utgjiu.ro

ABSTRACT. Some activity / produce technological, besides the direct effects which was designed for, a range of indirect effects, some harmful for the human being and the environment he lives in, which puts into question it's real utility. This is the reason that is necessary to study and assess the impact of an human activity on a human being and upon the environment in which he evolves. Environmental issues have a character that is becoming more and more pronounced as pollution increases, „pollution knows no borders", therefore is necessary to control the management of pollutants generated by mining activity.[1]

ВЛИЯНИЕ НА ТЕЦ РОВИНАРИ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА

Рамона Виолета Митран[1], Даниела Чиртина[2]
[1] Университет ,, Константин Бранкуши", Тургу Жил, ramona.mitran@yahoo.com
[2]Университет ,, Константин Бранкуши", Тургу Жил daniela@utgjiu.ro

РЕЗЮМЕ :Някои технологични дейности, освен пряката дейност, имат ред косвени ефекти, вредни за човека и околната среда. Това поставя под въпрос тяхната полезност и обуславя необходимостта от изучаването им и оценката на влиянието. Екологичните проблеми стават все по-актуални във връзка с увеличаващото се замърсяване, което няма граници. Това налага управление и контрол за замърсяването при минните работи.

Introduction

The thermoelectric power plant is located in the Rovinari Basin, 16 km from Târgu-Jiu, the access is provided by the European Road E-79 and by railway Petroşani - Târgu – Jiu-Bucureşti, fig 1.1.

Fig. 1.1. The thermoelectric power plant Rovinari

Technological processes executed in CTE Rovinari generate negative impacts upon the environment: air, water, soil, human settlements.

The power plant location criteria were socio-economic (employment in the area and the small distances for transporting the coal), the action programs for framing with the environmental restrictions were imposed after the year 2000.

2. Air pollution, permissible values limit and measurement results

Coal storage and supplying C.T.E. Rovinari presents essential features besides the other power plants (Turceni, Govora, Işalniţa, etc), where the coal is transported by truck or train.Located in the center of the Basin, the thermoelectric power plant Rovinari uses coal brought by an continually transport system (conveyor belts) from the careers Gârla, Tismana I, Tismana II, Rovinari Est and Roşia de Jiu. Designing the deposits (configuration, types of equipment) on the level of the coal pits, it was generally done with the same criteria, intervening with some modifications after constructing the Complexul Energetic Rovinari (in 2004), in which coal deposits in quarries components are centrally managed.
Values of air pollutants are produced by:

- combustion gases: SO_2, nitrogen oxides (NO_x), powders discharged through chimneys;
- storage, transportation, crushing coal: coal dust, carbon monoxide from coal self-ignition;
- fuel oil storage: hydrocarbon vapors;
- storing HCl and NaOH, vapors;
- domestic traffic: NO_x, CH_4, Co, heavy metals (Pb, Cd, Hg).

Emission limit values for combustion plants are present in Table 1.1.

Tabelul nr 1.1. Emission limit values for combustion plants

Pollutant	Fuel	Allowable limit value (mg /Nmc)		Conditioning U.E
		Conf. HG nr 541/2005	Conf. Dir .UE	
SO_2	Lignite	400	20-200	Fuel
NO_x	Lignite	400	50-200	Flue gas desulphurization
		200 since 2015		
Powders	Lignite	50 since 2013	5-20	Waste gas scrubbing

Monitoring of emissions in air

Since the present control pollutants discharged into the air is achieved with an integrated system of continuous monitoring of emissions, according to EU requirements, consider it is appropriate to present comparative results shown in the previous period EU accession, with the results of measurements that we conducted in January-April 2011.

The data outlined in the CTE Rovinari and documents prepared by the Environmental Protection Agency [5] (Târgu – Jiu, Gorj) have revealed the following values of concentrates pollutants:

- in 2000 the biggest average value was 0.014 mg-m3representing about 16% of the maximum permissible concentration in STAS 12574/87;
- in 2007, the mean daily concentrations of sulfur dioxide are shown in fig. 1.2

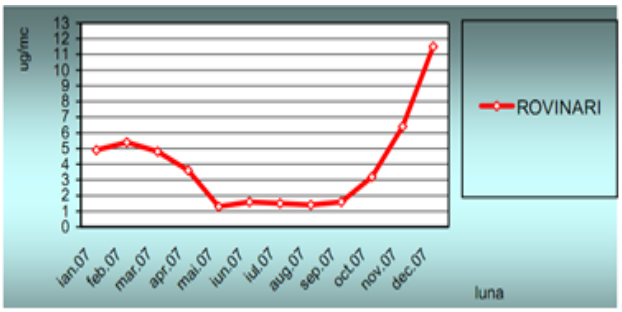


Fig. 1.2. The evolution of pollutant concentrations monthly average SO_2

It is noted that the maximum concentration of these pollutants was recorded in December, at a value of **11 µg/m³**.

The annual average concentration levels of nitrogen dioxide in the period 2000-2007 are shown in fig. 1.3.

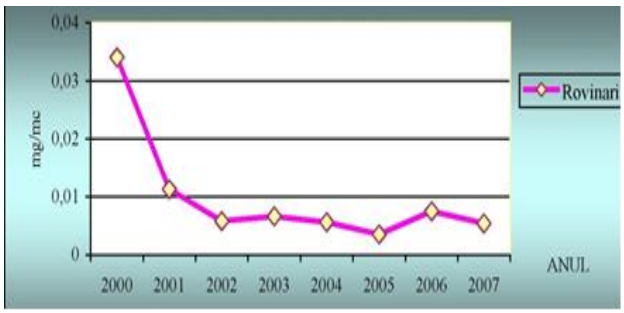


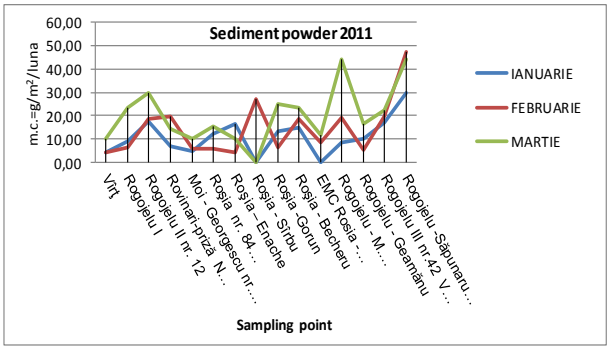
Fig. 1.3. Evolution of annual mean concentration of NOindicator

The highest value (0.035 mg/m³) registered in the year 2000, does not exceed the maximum permissible concentration of 0.006 mg/m3 provided in the standard.

2. Sediment powder pollution

Solid particles with a diameter bigger than 10-4mm significantly pollute the atmosphere during the deposition on the ground depending on the intensity of these precipitates and electrostatic phenomena.

The maximum permissible concentration set in STAS 12574 / 87 is 17 g/m3/month. Measurements taken in the year 2011 in 15 sampling points, set at different distances from the power plant, highlighted values shown in fig. 1.4, the values of concentrations of sediment, where they were recorded



exceeded the maximum permissible concentration, especially in March 2011.

Fig. 1.4. Evolution of sedimentable powders in the year 2011

3. Water pollution, limit values and results of measurements

Wastewaters are discharged through sewage indoor and outdoor facilities and discharged into the river Jiu. The pollutants maximum values of sewage and idustrial waters are presented in Table 1.5

Industrial wastewater discharge is made subject to regulations and employment asindicators of wastewater within the limits provided by GD 188 / 2002, as amended by Government No 352/2005. The frequency of monitoring of quality indicators is established by the water management permit and may be changed with it. For water quality monitoring Jiu River, samples were taken and physicalexamination were performed - two chemical zones:

Tab. nr 1.5. The maximum amounts of pollutants from sewage and industrial

Water category	Quality indicators	Maximum values (mg/l)
Domestic wastewater	pH	6,5 – 8,5
	suspension	60
	phosphates	1
	ammonium	2
	detergents	0,5
Water purification technology that does not require	pH	6,5 – 8,5
	suspension	60
	sulphates	600
	ammonium	3
	lead	0,2
	petroleum products	5

 upstream of water intake;
 downstream of waste water used in thermal power

Processing and interpretation of results is done according to the Ministry of Environment and Water Order No 161 / 2006, and water quality assessmentindices measured in the year 2010 are those shown in Fig. 1.6.

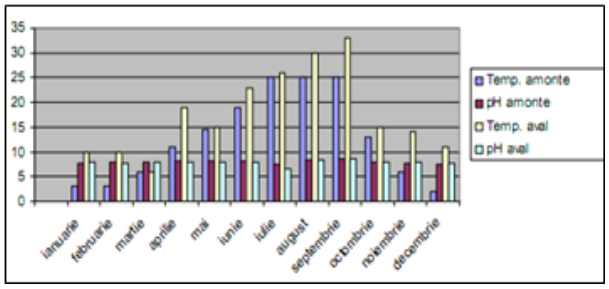


Fig. 1.6. Indicators of temperature and pH of wastewater

As the largest volume of water used in the Jiu river cooling water pollution is reduced. Because the correct operation of cooling systems, values of the thermal regime of the downstream water did not exceed normal limits.

4. Noise pollution

Noise pollution is produced by machinery, plant and equipment consist of mass and energy flows: fans, coal mills, turbogeneratore, pump stations, fuel oil andheating, boilers, compressors, etc.Noise levels specified in the permit in areas such facilities is high, exceeding themaximum value of 90 dB:

- fan area of coal: 95 – 105 dB(A);
- area of coal mills: 95 – 115 dB(A);
- heat pumps stations: 95 -98 dB(A);
- compressor room 93 -98 dB(A);
- boiler room 96 -98 dB(A);

Record the noise level near the limit allowed in areas burners, valves and purge in the machining workshop. To limit the premises, noise levels do not exceed the established norms. To reducenoise levels from eşapărilor steam silencers were fitted to the energy block no.3, aiming to schedule installation of these devices at 4.5 and 6 blocks no.

5. The impact of waste management

Waste-generating sources and their types are:
- fuel combustion process: slag and ash;
- replacement of lubricants: oils;
- Maintenance and repair activities and equipment: ferrous scrap metal;

Administrative activities: household waste. Because of poor planning and operation of landfills are considered significant sources of impact, consisting of changes of scenery, air, surface water and soil degradation. Slag and ash from the combustion of fuel in boilers CTE Rovinari deposits are discharged hydraulic central to final disposal. The deposits are located about 4.5km from the center and have the following areas:[2]

• Deposit Cicani - Beterega surface of 70 ha and a capacity of about 2 million / cm;
• Deposit Gârla with an area of about 160 ha and a storage capacity of 30million / cm., (fig. 1.7.).

Fig. 1.7. Deposit Gârla

Reducing negative environmental effects caused by traditional process slag andash storage (warehouse Cicani - Beterega) was required by EU law rules. Gârla waste storage warehouse run by dense fluid evacuation technology, solution 1 / 1 (1 part solid / 1 part water). This new technology (slurry density) eliminates impacts:

• soil and groundwater pollution due to textile waterproofing system;
• air pollution (fly ash), because fixing solids.

6. Conclusions

CTE Rovinari, part of the energy complex Rovinari, to the main electricity and thermal energy have 4 groups, each with a boiler of 1035 t / h, steam turbine,electric generator of 330 MW and 40 MVA transformer, 20/400 W.

CTE Rovinari used as fuel for power generation:

• Basin coal mining Rovinari extracted from quarries, with calorific value of 1400 - 1800 Kcal / Kg;

- natural gas with calorific value of 8050 Kcal / m 2;
- fuel oil, the calorific of 9200 Kcal / m2.

Water supply is provided by the following sources:

- drinking water - two deep wells, flow of 9l / s;
- Industrial water - 6 deep wells flow of 9l / s;
- surface water from the river Jiu, the pump stations.

Detention facilities, evacuation and dispersal of pollutants in the environment are:

• flue gas fan;
• electrostatic two on each boiler;
• installation of air pollutants dispersion (2 chimneys);
• de-dusting equipment;
• warehouse sprinkler installations slag and ash;
• facilities for detention and water pollutants (sedimentation, cooling towers, water collection networks treated).

Recommended for publication
of Editorial board

In the management of waste slag and ash should be noted that at present has moved from traditional waste disposal process, the new technology in the dense sludge, which provides a significant reduction of pollution of soil, water and air. Noise factor is deemed significant impact on business and human health because of noise mitigation measures are ineffective and costly.

References

Lazăr, M., Dumitrescu, I., *Human impact on the environment, Universitas Publishing*, Petroşani, 2006.

Lăzăroiu, Ghe. *CTE impact on the environment***,** Editura Politehnica Press, Bucharest ,2005.

Fodor, D. Baican, G. *Environmental impact of mining industry,* Publishing Infomin, Deva, 2001.

Fodor, D., **Georgescu, M**.,**Rotunjanu,I.,** *Considerations on the stability of the assembly steps landfill basin careers Rovinari Me Magazine, Oil and Gas* nr.8/1977.

***** *Environmental Protection Agency Târgu-Jiu.*

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

НОВ МЕТОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ СТЕПЕНТА НА КОРОЗИЯ НА СТОМАНЕНИ ЗАЗЕМИТЕЛИ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИНДУКТИВНИ ДАТЧИЦИ

Петър Петров [1], Георги Велев [2]

[1] Технически университет – Габрово, 5300 Габрово, petrov_p_tu@abv.bg
[2] Технически университет – Габрово, 5300 Габрово, g_velev@tugab.bg; g.velev@gmail.com

РЕЗЮМЕ. При наличие на интензивна корозия, сечението на стоманените заземителни електроди намалява. Това води до несъответствие с изискванията на нормативните уредби за минимално сечение. Всичко това показва актуалността на проблема за следене на развитието на процеса на корозия в електродите на заземителните уредби. В тази статия е показан метод за следене степента на корозията, чрез използване на индуктивни датчици. Изведени са аналитични зависимости за определяне дълбочината на корозия, чрез следене индуктивността на предлагания датчик. Предлагания метод не изисква големи финансови разходи и е реализуем за всички заземителни устройства изпълнени със стоманени електроди.

A NEW METHOD FOR DETERMINATION OF THE RATE OF CORROSION FOR STEEL GROUNDING ELECTRODES BY MEANS OF INDUCTIVE SENSORS

Petar Petrov [1], Georgi Velev [2]

[1] Technical University of Gabrovo, 5300 Gabrovo, petrov_p_tu@abv.bg
[2] Technical University of Gabrovo, 5300 Gabrovo, g_velev@tugab.bg; g.velev@gmail.com

ABSTRACT. In cases of intensive corrosion in soil the steel grounding electrodes' cross-section area decreases. This results in discrepancy with the grounding grid regulations for minimal cross-section area of the single electrodes. That makes topical the problem for the uninterrupted monitoring of grounding electrodes' corrosion rate in exploitation conditions. The paper presented inhere describes a new method for corrosion rate monitoring by means of inductive sensors. Analytical expressions for calculation of the corrosion depth have been deduced. The method suggested in the present paper doesn't require high financial investments and it is applicable for all the types of grounding installations constructed with steel electrodes.

Въведение

При изпълнение на заземителни уредби се използват изкуствени заземители. Те са изработени от стомана, покрита с цинково покритие, предпазващо от корозия. При монтаж на вертикални заземители, вероятността за нарушаване на покритието е голяма и това води до бързо развитие на корозия върху материала. Като резултат, параметрите на заземителната уредба се влошават, а експлоатационния период на заземителите рязко намалява.

В заземителни уредби с големи токове на земно съединение е възможно загряване на почвата, изпаряване на влагата в нея и като следствие, повишаване на съпротивлението на заземяване. Това налага заземителните уредби с големи токове на земно съединение да се проверяват на термична устойчивост, като общата повърхност на заземителите трябва да удовлетворява следното условие:

$$S \geq 12 \cdot 10^{-7} \cdot I_3 \cdot \sqrt{\rho_П \cdot t_Ф}, \ \mathrm{m}^2 \qquad (1)$$

където: I_3 - изчислителен ток на земно съединение, A;

$\rho_П$ - специфично съпротивление на почвата, Ω.m;

$t_Ф$ - продължителност на земното съединение, s.

При големи токове на земно съединение на проверка подлежи и термичната устойчивост на съединителните проводници, свързващи вертикалните заземители (за напрежение над 1000 V). Сечението на стоманените шини трябва да удовлетворява условието:

$$S \geq I_3 \cdot \frac{\sqrt{t_Ф}}{K}, \ \mathrm{mm}^2 \qquad (2)$$

където: K -коефициент на материала. За стомана $K = 74$

От изрази (1) и (2) се вижда, че е необходимо сечението на заземителите и съединителните шини при уредби с големи токове на земно съединение да удовлетворяват определени изисквания. Корозирането на същите намалява тяхното сечение, което от своя страна води до нарушаване на условия (1) и (2).

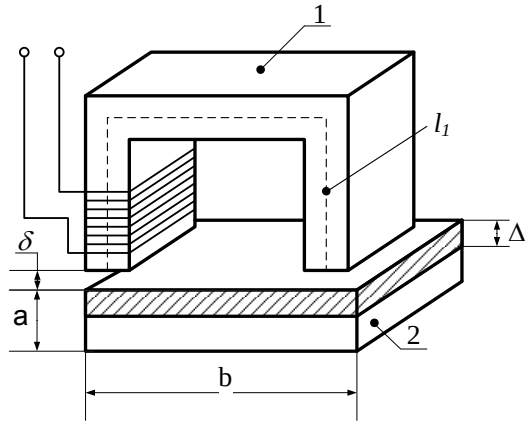
От всичко това се вижда, че е особено актуално периодично да се следи степента на корозия както на заземители така и на съединителни шини. Това налага разработването на датчици и метод, позволяващи отчитане на степента на корозия по време на експлоатационния период на заземителната уредба.

Предложените в тази статия принципи и методи за непрекъснат контрол на степента на корозия могат да

бъдат приложени и за диагностика корозирането на стоманени тръбопроводи пренасящи вода и други флуиди.

Обосновка на възможността за използване на индуктивни датчици за отчитане на степента на корозия

На фиг. 1 е показана принципната схема на такъв датчик.



Фиг. 1. Принципна схема на индуктивен датчик за отчитане на степента на корозия: 1 – "П" образен магнитопровод; 2 – стоманена плоска шина, използвана като свързващ проводник между вертикалните заземители; Δ - дълбочина на корозията; δ - въздушна междина между магнитопровода на датчика и стоманената шина.

Индуктивността на бобината *L* може да се определи от израза:

$$L = \frac{w \cdot \Phi}{I},\ \text{H} \tag{3}$$

където: w - брой навивки; I - големина на тока, протичащ през бобината; Φ - създаден магнитен поток.

Като се използва, че $I = \frac{H \cdot l}{w}$ и се замести в (3) се получава:

$$L = \frac{w^2 \cdot \Phi}{H \cdot l} = \frac{w^2}{R_\mu},\ \text{H} \tag{4}$$

$R_\mu = \frac{H \cdot l}{\Phi}$ - магнитно съпротивление

Геометричните размери на „П" образния магнитопровод са по-малки от размерите на шината или винкеловия заземител (*a x b*). Това ни дава основание да пренебрегнем разсеяния магнитен поток. В този случай магнитното съпротивление ще бъде сума от:

$$R_\mu = R_{\mu 1} + 2R_{\mu\delta} + R_{\mu 2} \tag{5}$$

където: $R_{\mu 1}$ - магнитно съпротивление на „П"-образния магнитопровод ($R_{\mu 1} = \frac{l_1}{\mu_1 \cdot S} = const$); $R_{\mu\delta}$ - магнитно съпротивление на въздушната междина ($R_{\mu\delta} = \frac{\delta}{\mu_0 \cdot S} = const$); $R_{\mu 2}$ - магнитно съпротивление на стоманената шина.

Магнитното съпротивление $R_{\mu 2}$ на стоманената шина варира в зависимост от дебелината на образувалия се корозионен слой. За конкретизиране на задачата се допуска, че се е образувал корозионен слой с дебелина „Δ", а размерите на шината са съответно *a x b*. В този случай магнитното съпротивление $R_{\mu 2}$ ще се получи като еквивалентно на две паралелно свързани съпротивления:

$$R_{\mu 2} = \frac{R'_{\mu 2} \cdot R''_{\mu 2}}{R'_{\mu 2} + R''_{\mu 2}} \tag{6}$$

където: $R'_{\mu 2} = \frac{b}{\mu_2 (a - \Delta) \cdot b}$ - магнитно съпротивление на некорозиралата част;

$R''_{\mu 2} = \frac{b}{\mu_3 \cdot \Delta \cdot b}$ - магнитно съпротивление на корозиралата част от шината;

μ_3 - магнитно съпротивление на корозиралия материал.

Замествайки в израз (6) се получава:

$$R_{\mu 2} = \frac{b}{\mu_3 \cdot \Delta \cdot b + \mu_2 (a - \Delta) \cdot b} \tag{7}$$

В зависимост (5) полагаме $R_{\mu 1} + 2R\mu_\delta = A = const$. За двата случая ще се получат изразите:

- без корозия $R_\mu = A + \frac{b}{\mu_2 \cdot a \cdot b} = A + \frac{1}{\mu_2 \cdot a}$ (8)

- с корозия $R_{\mu K} = A + \frac{b}{\mu_3 \cdot \Delta \cdot b + \mu_2 (a - \Delta) b} = A + \frac{1}{\mu_3 \cdot \Delta + \mu_2 (a - \Delta)}$ (9)

Изхождайки от (4) могат да бъдат определени съответно: L_1 - индуктивност без корозия и L_2 - индуктивност с корозия.

$$L_1 = \frac{w_2}{R_\mu};\ L_2 = \frac{w_2}{R_{\mu K}} \tag{10}$$

Ако се направи отношението на тези две индуктивности, от него може да се изрази $R_{\mu K}$.

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{R_{\mu K}}{R_\mu} \Rightarrow R_{\mu K} = \frac{L_1}{L_2} \cdot R_\mu \tag{11}$$

В израз (11) полагаме $L_1 \cdot R_\mu = B = const$. R_μ може да се определи от геометрията на веригата, а L_1 да се измери при монтажа на датчика върху стоманената шина.

$$B = L_1 \cdot R_\mu = L_1 \left(A + \frac{1}{\mu_2 \cdot a} \right) \quad (12)$$

При заместване в (11) се получава уравнението:

$$\Delta = \frac{\mu_2 \cdot a}{\mu_3 \cdot \Delta + \mu_2 (a - \Delta)} = \frac{B}{L_2} \quad (13)$$

Решавайки това уравнение относно дебелината на корозиралия слой Δ се получава:

$$\Delta = \frac{\mu_2 \cdot a}{\mu_2 - \mu_3} - \frac{L_2}{(\mu_2 - \mu_3)(B - L_2 \cdot A)} \quad (14)$$

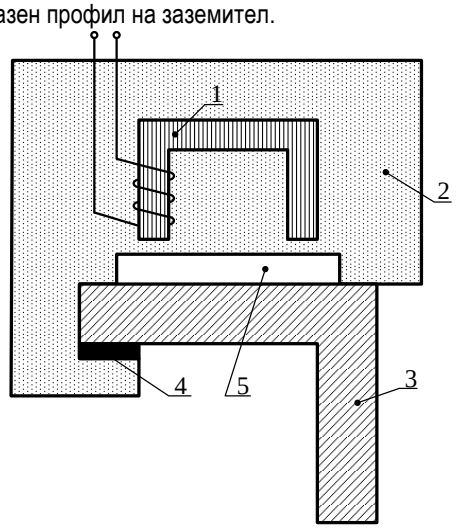
Полученият израз (14) дава възможност за определяне дебелината на корозията „Δ". При полагане в (14) - $L_1 = L_2$ се получава $\Delta = 0$ т.е. това съответства на случая, когато няма корозионен слой.

За конкретния вид датчик може да се построи зависимостта $\Delta = f(L_2)$, от която може без изчисления да се определи дебелината на корозиралия слой.

Отчитането на промяната на Δ през определен интервал от време дава възможност за построяване на зависимостта $\Delta = f(t)$. От нея може да се направи извод за скоростта на корозията в конкретния почвен слой и използван заземител.

Практическа реализация на индуктивен датчик за отчитане на степента на корозия

На фиг. 2. е показана универсална конструкция на индуктивен датчик с възможност за монтаж на шина или „Г"-образен профил на заземител.



Фиг. 2. Конструкция и монтаж на индуктивен датчик върху „Г"-образен профил на заземител, където: 1 – магнитопровод с намотка; 2 – заливка с изолационен материал; 3 – стоманен заземител; 4 – диелектрична подложка за уплътняване и стабилно закрепване.

Въздушната междина *5* е предвидена за да не се ограничава процеса на корозия при пряк контакт на двете повърхности. По този начин се гарантира реалната ситуация на въздействие на агресивна почвена среда. За всеки изработен датчик могат да бъдат определени базовите константи: A; L_1; B. При известни параметри на материалите от (14) може да се построи зависимостта $\Delta = f(L_2)$ при изходни стойности $L_1 = L_2$. Извършвайки периодични измервания на L_2 от зависимостта $\Delta = f(L_2)$ може да се съди за степента на корозия.

Заключения

Предложен е лесен за практическа реализация индуктивен датчик. На всеки заземител или по дължината на съединителната шина могат да бъдат монтирани такива датчици при изграждане на заземителната уредба.

Използването на такива датчици дава възможност за индиректно следене степента на корозия и вземане на своевременни мерки.

Чрез този метод може да бъде дадена оценка за степента на агресивност на почвата в даден район спрямо материала от който е изработен заземителя т.е. скорост на корозията. При силно агресивни почви или такива с наличие на интензивна електрокорозия от блуждаещи токове, още при проектирането на заземителната уредба могат да се вземат мерки за адекватна защита от корозия.

Литература

Глазов, М. П., И. В. Сторожевский. 1978. *Методы контроля и измерения при защите подземных сооружении от корозии*, Москва

Галимов, Р.К., А. В. Изосимов et. al. 2003. *Методологические аспекты, стохасической динамики корозионых процесов*, Защита металов, Том 39, №2, С.200-206

Евтихиев Н. Н., Я. А. Кунергимид et.al. 1990. *Измерение электрических и неэлектрических велечин. Енергоатомиздат*, Москва

Манойлов, В.Е. 1986. *Основы электобезопасности*, Энергия, Ленинград.

Препоръчана за публикуване от катедра „Електрификация на минното производство", МЕМФ

ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 54, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2011
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 54, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2011

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ОПРЕДЕЛЯНЕ СПЕЦИФИЧНОТО ОБЕМНО СЪПРОТИВЛЕНИЕ НА ПОЧВЕНИТЕ СЛОЕВЕ В ДЪЛБОЧИНА ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЕТАЛОНЕН ЕЛЕКТРОД

Георги Велев [1],Петър Петров [2]

[1] Технически университет – Габрово, 5300 Габрово, g_velev@tugab.bg; g.velev@gmail.com

[2] Технически университет – Габрово, 5300 Габрово, petrov_p_tu@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Двуслойното моделиране на почвата е стандартна практика при проектирането на заземителни уредби в развитите страни. Съставянето на достоверни многослойни почвени модели води до увеличаване на точността и прецизността при оразмеряване на заземителните уредби, а също така и до намаляване на преразхода на метал при тяхното реализиране, тъй като се отчита слоестата структура и изменението на специфичното обемно съпротивление на почвата в дълбочина. В настоящата статия са представени резултати от експериментално определяне на двуслойния профил на почвата в дълбочина посредством използването на еталонен електрод, прилагайки метода на контролния заземител за конкретен терен. Точността на получения двуслоен почвен модел е верифицирана чрез сравнителен анализ с резултати получени от утвърдени методики и програмни продукти.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SOIL LAYERS' RESISTIVITY IN DEPTH BY MEANS OF A STANDARD MASTER ELECTRODE

Georgi Tsonev Velev [1],Petar Kolev Petrov [2]

[1] Technical University of Gabrovo, 5300 Gabrovo, g_velev@tugab.bg; g.velev@gmail.com

[2] Technical University of Gabrovo, 5300 Gabrovo, petrov_p_tu@abv.bg

ABSTRACT. Two-layer soil modeling is a standard practice during the grounding installations design in the developed countries. When a multi-layers soil model is engaged the accuracy and precision of grounding design are increased and the overall grounding installation metal demand is decreased because the layered soil structure and the variation of soil resistivity in depth are taken into account. The paper presented inhere discusses results from experimental determination of the two-layer soil model obtained by means of a standard master electrode for a real terrain applying the "fall of potentials" method. The achieved accuracy is verified via a comparative analysis with results obtained by approved software products and sets of methods.

Въведение

Прилагането на двуслойни почвени модели на ниво проектиране увеличава прецизността и точността при оразмеряването на заземителните уредби. Като резултат, при тяхната реализация се намалява преразхода на метал и се поддържат оптимални стойности на съпротивлението на заземяване, тъй като се отчита слоестата структура и изменението на специфичното обемно съпротивление на почвата в дълбочина.

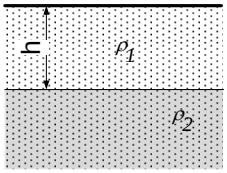
В общия случай двуслойният почвен модел се определя основно от три параметъра:

h - дебелина на първия повърхностен почвен слой, m;

ρ_1 - специфично обемно съпротивление на първия почвен слой, Ω.m;

ρ_2 - специфично обемно съпротивление на втория почвен слой с безкрайна дебелина, Ω.m.

Изследванията са направени използвайки разработената в (Велев и Петров, 2009) методиката за практическо определяне на двуслойния модел на почвата чрез специализиран еталонен електрод, прилагайки метода на контролния заземител. Резултатите от експерименталното двуслойното почвено моделиране за конкретен терен са верифицирани чрез два програмни продукта и посредством графо-аналитичния метод на SUNDE (IEEE Std. 80-2000).



Фиг. 1. Графично представяне условното разделяне на почвата в дълбочина на два слоя.

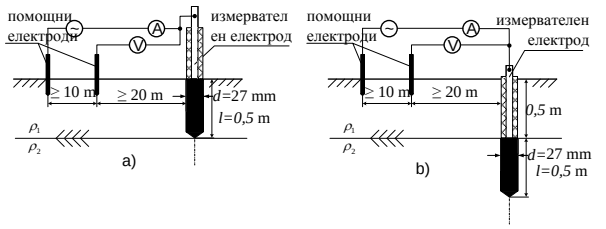
Създаване на достоверен двуслоен профил на почвата за реален терен

Експериментално определяне на двуслоен модел на почвата посредством еталонен електрод

Реализираният специален еталонен измервателен електрод е изработен съгласно фиг. 2. Размерите на активната метална част и общата дължина на електрода са съобразени с терена, където са извършени измерванията – двора на старата библиотека при ТУ - Габрово.

Понеже се оказа, че почвения слой на въпросното място е с малка дебелина от порядъка на (1 – 1,2 m), и след него в дълбочина преобладава глинесто-скален слой, за активна дължина на експерименталния електрод е прието $l = 0,5$ m при обща дължина на електрода 1,2 m и диаметър 27 mm. Според тази постановка е възможно да се измерва

специфичното обемно съпротивление на два хоризонтални почвени слоя, повърхностен с дебелина 0,5 m, и втори слой също с дебелина 0,5 m на дълбочина 0,5 m.



Фиг. 2. Опитна постановка за измерване на специфично обемно съпротивление на почвата в дълбочина за съответния реален терен: а) за първи почвен слой с дебелина 0,5 m; b) за втория почвен слой с дебелина 0,5 m на дълбочина 0,5 m.

Измерванията са осъществени посредством три еднакви експериментални еталонни електрода, които след набиването им на различни места в почвата и извършване на съответните измервания са оставени забити в земята с цел допълнително изследване. Измерванията са осъществени посредством метода на контролния заземител, като на базата на измерените стойности за съпротивлението на заземяване R_3 и геометричните параметри на експерименталния електрод използвайки (1) са получени стойностите за специфичното съпротивление на почвата ρ_{Π} (Велев и Петров, 2009).

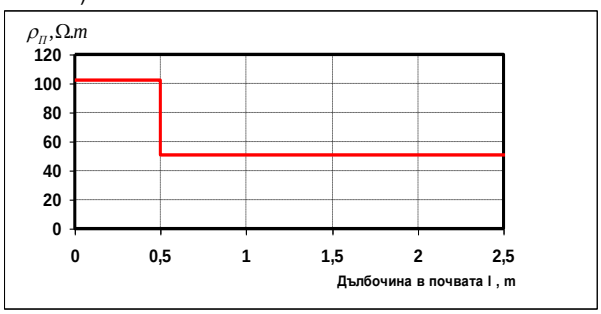
$$\rho_{\Pi} = R_3 \cdot \frac{2,73 \cdot l}{\lg \frac{4 \cdot l}{d}},\ \Omega.\mathrm{m} \qquad (1)$$

Резултатите от измерванията и изчисленията са представени в табл. 1.

Таблица 1

Електрод №	R_3, Ω за първи слой	R_3, Ω за втори слой	ρ_{Π}, Ω.m за първи слой	ρ_{Π}, Ω.m за втори слой
1	142,2	65,5	103,9	47,9
2	139,2	70,2	101,7	51,3
3	138,1	72,6	100,9	53,04
ср. аритм. стойност	139,83	69,43	102,3	50,7

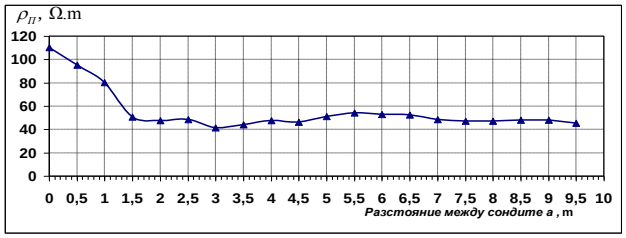
Картината на изменение на специфичното съпротивление на почвата за съответния терен в дълбочина е представена на фиг. 3. (двуслоен модел на почвата):



Фиг. 3. Двуслоен модел на почвата, съставен съгласно предлаганата методика

Двуслоен модел на почвата съгласно графо-аналитичния метод на SUNDE

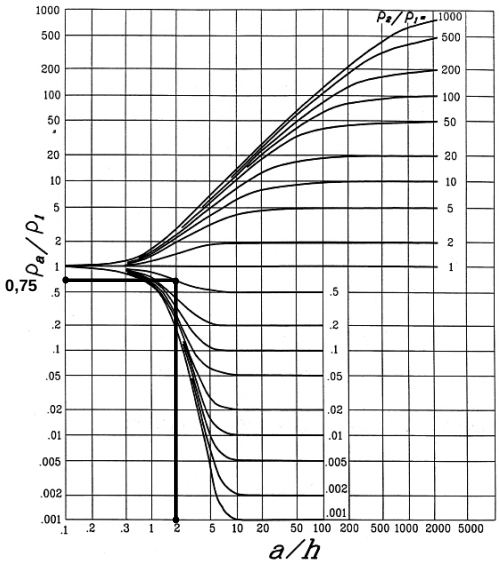
За да се приложи графо-аналитичния метод на SUNDE са използвани входни данни от измервания на специфичното обемно съпротивление на почвата, извършени по метода на Венер за разглеждания терен. На базата на тях е построена експерименталната характеристика $\rho_{\Pi} = f(a)$ (Специфично съпротивление във функция от разстоянието между измервателните сонди) съгласно фиг. 4.



Фиг. 4. Експериментална характеристика $\rho_{\Pi} = f(a)$, показваща изменението на специфичното съпротивление на почвата в дълбочина при различно разстояние между сондите.

Използвайки фиг. 4. и предписанията в международния стандарт (IEEE Std 80-2000) се определят визуално стойности за ρ_1 и ρ_2. Следва се описаната методика:

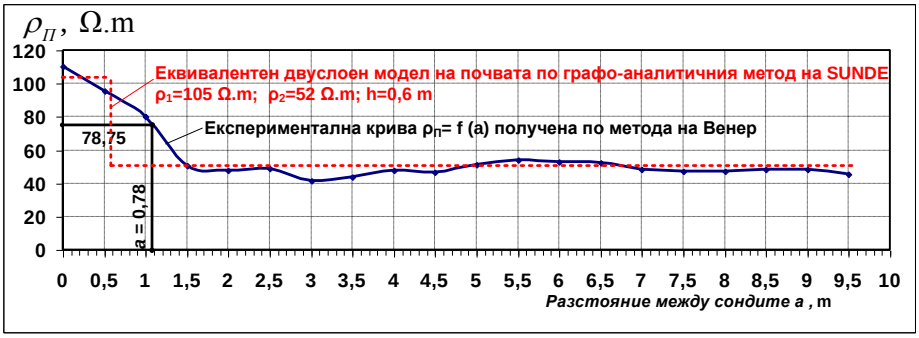
*А)*Стойността за специфичното съпротивление на първия почвен слой се отчита от началото на стръмната част на експерименталната характеристика $\rho_{\Pi} = f(a)$ от фиг. 4., т.е. приемаме $\rho_1 = 105\ \Omega.\mathrm{m}$. Специфичното съпротивление на втория почвен слой се приема $\rho_2 = 52\ \Omega.\mathrm{m}$; *Б)* Определя се $\rho_2/\rho_1 = 52/105 = .$ $= 0,46 \approx 0,5$ Понеже на графиката на Sudne (фиг. 5) за стойност $\rho_2/\rho_1 = 0,5$ има стандартно построена крива, не се извършва интерполация, а се използва съществуващата крива;



Фиг. 5. Използване на кривата на Sunde в конкретния случай

В) Избира се $\rho_a/\rho_1 = 0,75$ по оста *y*, така че да пресича избраната крива в средата на стръмната и част; *Г)* за $\rho_a/\rho_1 = 0,75$ от фиг.5 се отчита $a/h = 2$; Г) Изчислява се ρ_a. В случая $\rho_a = 0,75 \cdot (105) = 78,8\ \Omega.\mathrm{m}$; *Ж)* От експерименталната крива $\rho_{\Pi} = f(a)$ за $\rho_a = 78,8\ \Omega.\mathrm{m}$ се определя разстояние между електродите $a = 1,1$ m (фиг. 4.); *З)* Изчислява се дебелината на първия почвен слой $h = \frac{a}{a/h} = \frac{1,1}{2} = 0,55 \approx 0,6$ m.

Недостатък на приложения метод се явява предварителният избор на специфичните съпротивления ρ_1 и ρ_2 на двата почвени слоя, което в голяма степен е



Фиг. 6. Двуслоен модел на почвата чрез графо-аналитичния метод на SUNDE. Определяне на разстоянието между електродите *a*, нужно за пресмятане дебелината на първия почвен слой;

субективно и при неопитност на проектанта би довело до сериозни неточности. Резултатите от двуслойното моделиране на почвата чрез графо-аналитичния метод на SUNDE са представени графично на фиг. 6.

Съставяне на двуслоен модел на почвата чрез софтуерния продукт CYME CYMGrd.

Програмният продукт CYME CYMGrd е предназначен за анализ и проектиране на заземителни уредби съгласно изискванията на международния стандарт IEEE Std. 80-2000. Предимството на продукта в случая е, че въз основа на данни от измервания по метода на Венер, програмата идентифицира потенциално грешно отчетени стойности на специфичното съпротивление на почвата и не ги взима под внимание при дефиниране параметрите на двуслойния почвен модел и при построяване на експерименталната крива $\rho_{\Pi} = f(a)$.

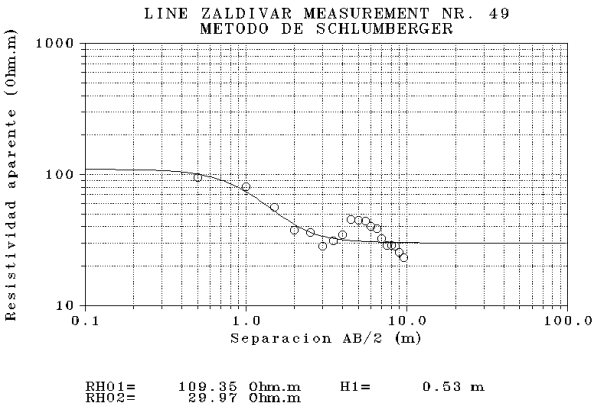
С помощта на използвания продукт са получени следните параметри характеризиращи двуслойната структура на почвата (Фиг. 7):

- дебелина на първия повърхностен почвен слой $h = 0,5$ m;
- специфично обемно съпротивление на първия почвен слой $\rho_1 = 112,19\ \Omega$.m
- специфично обемно съпротивление на втория почвен слой с безкрайна дебелина $\rho_2 = 46,38\ \Omega$.m.

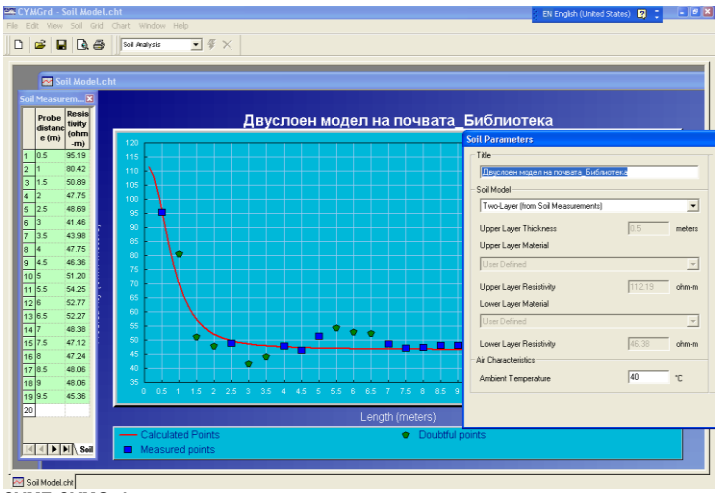
Съставяне на двуслоен модел на почвата чрез продукта RHO32

Алтернативният авторски програмен продукт работещ под команден ред RHO32 също е използван за определяне параметрите на двуслойния почвен модел. За целта предварително, данните от полевите измервания се въвеждат чрез редактора Notepad (или подобен) в конфигурационен файл с разширение *.DAT. В команден прозорец се стартира програмата и се указва пътя до създадения конфигурационен файл. Програмата създава няколко еквивалентни почвени модел с различен брой на еквивалентните слоеве, а потребителя избира сам, кой от тях ще използва при проектирането. В конкретния случай, полученият двуслоен почвен модел е представен графично на фиг. 8. Неговите параметри са както следва:

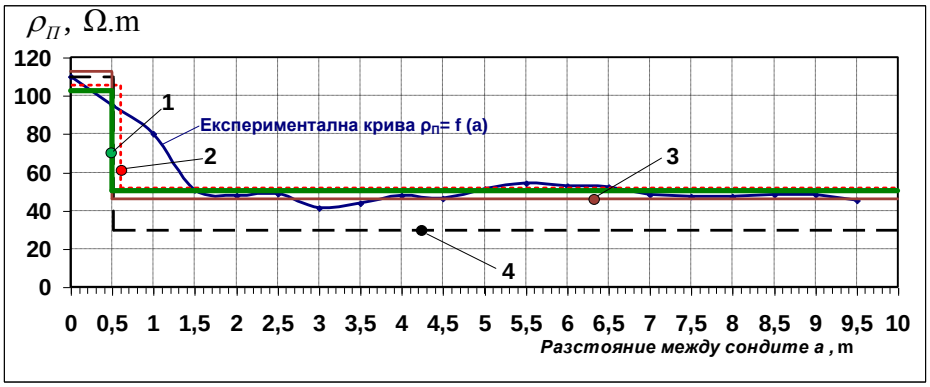
- дебелина на първия повърхностен почвен слой $h = 0,53$ m;
- специфично обемно съпротивление на първия почвен слой $\rho_1 = 109.35\ \Omega$.m;
- - специфично обемно съпротивление на втория почвен слой с безкрайна дебелина, $\rho_2 = 29.97 \approx 30\ \Omega$.m.



Фиг. 8. Приложение на продукта RHO32 за определяне еквивалентния двуслоен почвен модел за разглеждания терен



Фиг. 7. Приложение на продукта CYME CYMGrd за определяне еквивалентния двуслоен почвен модел за разглеждания терен



1 — Еквивалентен двуслоен модел на почвата по предлагания метод с експериментален електрод; ρ_1=102,3 Ω.m; ρ_2=50,7 Ω.m; h=0,6 m

2 - - - - - Еквивалентен двуслоен модел на почвата по графо-аналитичния метод на SUNDE ρ_1=105 Ω.m; ρ_2=52 Ω.m; h=0,6 m

3 — Еквивалентен двуслоен модел на почвата получен чрез програмния продукт CYME CYMGrd ; ρ_1=112,2 Ω.m; ρ_2=46,38 Ω.m; h=0,5 m

4 — – Еквивалентен двуслоен модел на почвата получен чрез програмния продукт RHO32; ρ_1=109,35 Ω.m; ρ_2=29,97 Ω.m; h=0,53 m

Фиг. 9. Графична интерпретация на резултатите от двуслойното моделиране на почвата за изследвания терен.

Сравнителен анализ на резултатите получени по различните методи и различните програмни продукти

Резултатите от измерванията и изчисленията съгласно разглежданите методи и тези получени чрез програмни продукти са представени за по-голяма яснота графично на фиг. 9.

Резултатите от приложения експериментален метод със специализиран измервателен електрод са с много добра сходимост със тези от графо-аналитичния метод на SUNDE и тези получени чрез професионалния програмен продукт CYME CYMGrd. Това е ясна индикация, че предложения в (Велев и Петров, 2009) и приложен на практика в настоящата статия експериментален метод за определяне на специфичното обемно съпротивление на почвата в дълбочина има нужната точност за използване в практиката.

Двуслойният почвен модел съставен чрез продукта RHO32 се различава значително от останалите три резултата. Впечатление прави и това, че получената стойност за специфичното съпротивление на втория еквивалентен почвен слой - $\rho_2 = 29,97$ Ω.m е значително по-ниска от тази получена по другите методи и от другите продукти. Освен това, тази стойност се намира значително под експерименталната характеристика получена на базата на полеви измервания по метода на Венер. В резултат на това, приложението на този почвен модел би довело до сериозно грешки при проектирането и завишени стойности на измереното съпротивление на заземяване след реализацията на заземителната уредба.

Заключения

- Посоченият метод за изследване на специфичното обемно съпротивление в дълбочина дава реални резултати. Потвърждение на казаното е добрата сходимост на получените резултати с тези реализирани по класическите методи и от програмни продукти;
- Методиката дава възможност за съставяне на двуслойни модели на почвата, който да се използват при проектирането на заземителни уредби. Това е изключително важен момент за проектанта относно избора на вид заземители и техния монтаж;
- При измервания в планински райони, където почвения слой е с малка дебелина се препоръчва използването на специален електрод с активна дължина 0,5 m. Това ще позволи по-голяма прецизност при измерванията и определяне наличието на втори почвен слой с по-добра или по лоша проводимост;
- Посоченият метод може да се използва и за изследване промяната на специфичното обемно съпротивление вследствие влиянието на климатичните промени (валежи или замръзване на почвения слой) върху отделните почвени слоеве;
- Използването на двуслоен модел позволява точни изчисления на съпротивлението на заземителите без да се налага използването на сезонни корекционни коефициенти (до този момент такава е практиката, използвана от проектантите в развитите страни);
- Предлаганият метод дава възможност за бързото му реализиране в практиката. Необходимо е изработването само на специализиран измервателен електрод, измерванията се реализират по позната методика и с широко използваните в практиката измервателни уреди;
- Като недостатък може да се изтъкне, че използваните експериментални електроди са за еднократна употреба и остават в земята след опита.

Литература

Велев, Г. Ц., П. К. Петров. 2009. *A new method for in depth resistivity determination of multilayer soils* - Известия на ТУ-Габрово, Том 37, Габрово, ISSN 1310-6686

IEEE Std. 80-2000. January 2000. *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*, IEEE-SA Standards Board

IEEE Std 81-1983. September 1984. *IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a ground system*, American National Standards Institute,

Wener, F. A. 1916. *Method of Measuring Resistivity*, National Bureau of Standards, no S- 258, pp469

Thapar, B., V. Gerez. Apr. 1995. *Equivalent resistivity of non-uniform soil for grounding design*, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 10, no. 2, pp. 759-769

Препоръчана за публикуване от катедра „Електрификация на минното производство", МЕМФ