

Едно нетрадиционно решение за управление на реактивната енергия в рудник "Елаците"

Иван Стоилов¹, Кирил Джустров¹, Менто Ментешев²

¹ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски" 1700 София

² "СМС - С" ЕООД 1164 София

РЕЗЮМЕ. Разработена е система за автоматично управление на реактивните товари. Чрез оптимално регулиране на кондензаторни мощности, предприятието като консуматор се вмести в рамките на полагаемата му се реактивна енергия и се изключват санкции за върната в системата реактивна енергия.

Предложен е комбиниран метод за управление на компенсиращите мощности. Те са изградени централно в Главната подстанция. Управлението им е във функция от включването на отделни мощни консуматори – цех "Едро трошене" и магистралната ГТЛ. Така се реализират основните предимства на местната компенсация при минимални капиталовложения. Управлението на компенсиращите мощности се извършва и в зависимост от средната стойност на фактора на мощността, изчислена от началото на текущия месец, т. е. по средномесечния $\cos \varphi$. Това е предпоставка и за значително намаляване на броя на комутационните цикли.

Кондензаторната батерия се състои от три секции, управлявани от програмен модул - елемент във внедрената през 2003 година Микропроцесорна система за контрол и управление на разхода на електрическа енергия. Структурата за програмния модул позволява лесно въвеждане и коригиране на всички константи, определящи работата му.

За комутирание на секциите на кондензаторната батерия са модернизиран три броя КРУ със елегазови контактори в комбинация с токоограничаващи предпазители на фирмата Schneider Electric. Това решение осигурява необходимия ресурс на комутационния апарат и ефикасна защита от къси съединения.

A NON-TRADITIONAL DECISION FOR CONTROL OF REACTIVE POWER AT THE ELATSITE MINE

ABSTRACT. A system for automatic reactive energy compensation is developed. A system for optimum regulation of capacitor power is applied and the company as a consumer falls within the allowed reactive power consumption and thus the sanction for reactive power, returned back in the system is avoided.

A combined method for compensating power is suggested. Compensating power is centralized in the Main substation. Its control is a function of the inclusion of separate high-power consumers – "Coarse crushing" department and main Conveyor Belt. Thus the main advantages of local compensation are achieved at minimum investment. Control of compensating power is performed depending on the average value of the factor of power, calculated from the beginning of the current month, i.e. the month-average $\cos \varphi$. This is a precondition for reasonable reduction of commutation cycles.

The capacitor banks consists of three sections, controlled by a programmable module – an element commissioned in 2003 – a micro-processing system for control of power consumption. The structure of the programmable module allows easy introduction and correction of all the constants, defining its operation.

Three switchgears with Rollarc contactors in a combination of current limitation fuses of the Schneider Electric company are upgraded for the commutation of the sections of capacitor banks. That provides the needed resource of the commutation apparatus and effective protection from short circuits.

Въведение

Рудник "Елаците" добива годишно над 12 милиона тона медна руда. Едрото трошене на рудата се осъществява с руски трошачки тип ККД, КРД и шведска трошачка тип "Алис" с мощност на двигателите 500 kW. Натрошената руда класа 0-200 mm по гумено-транспортна лента с дължина 7 km, задвижвана от два двигателя с мощност 500 kW постъпва в открит склад над цеха за средно и ситно трошене в обогатителната фабрикан "Елаците-мед" АД – с. Мирково.

Основните консуматори на електроенергия в рудника са гумено-транспортната лента (ГТЛ) – 31 %, корпуса едро трошене (КЕТ) – 30 %, електрическите багери и сонди в рудника – 18 %, помпена станция – 6 % и спомагателни цехове – общо 15 %. Характерът на електрическия товар, измерен на Главната понизителна подстанция е рязко променлив, главно поради променливото натоварване на трошачките и багерите. Средната мощност за отделните тарифни зони е в границите 300÷2900 kW. Компенсирането на реактивната енергия се извършва ръчно от дежурния персонал чрез комутирание с маломаслени прекъсвачи на две секции на кондензаторна батерия, съответно 1650

kVAr и 750 kVAr. Броя на комутациите за денонощие е средно 20-26 включвания и изключвания. За преценка на необходимата за момента кондензаторна мощност персонала се ориентира по консумираната обща активна мощност от подстанцията.

"Елаците-мед" АД е в списъка на привилегированите потребители на НЕК. Договорите за часовата консумация на електроенергия се сключват с НЕК-ЕТО за цялото предприятие. В края на 2003 г. е разработена и внедрена в експлоатация в ГПП 110/6 kV в рудник Елаците микропроцесорна система за контрол и управление на електропотреблението, с програмен модул, работещ в режим "Съветник на диспечера" с оглед спазване на договорената с НЕК часова консумация на електроенергия [1]. В тази система е предвиден и модул за автоматично компенсиране на реактивните товари.

Избор на метод за компенсиране на реактивната енергия

Изборът на метод за компенсиране най-общо зависи от характера на товара, разпределителната мрежа СрН на предприятието, политиката на дистрибуторите на елект-

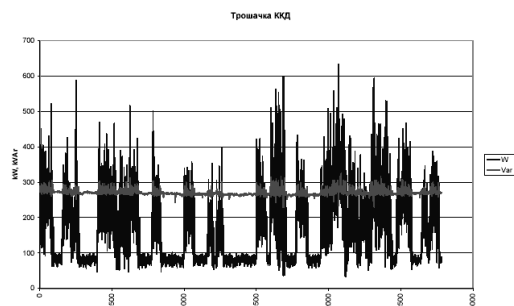
рическа енергия по отношение на консумацията на реактивна енергия.

У нас се прилагат основно следните видове компенсиране:

- с кондензаторни батерии в мрежите средно напрежение, като кондензаторните батерии се инсталират в главните понизителни подстанции (обикновено в точката на присъединяване на предприятието към енергийния пръстен на страната)
- кондензаторни батерии за средно напрежение, монтирани в разпределителни и цехови подстанции
- кондензаторни батерии 6kV в близост до мощни двигатели с общ или отделен комутационен апарат
- кондензаторни батерии за ниско напрежение – обикновено монтирани в ГТНН и в цехови разпределителни табла

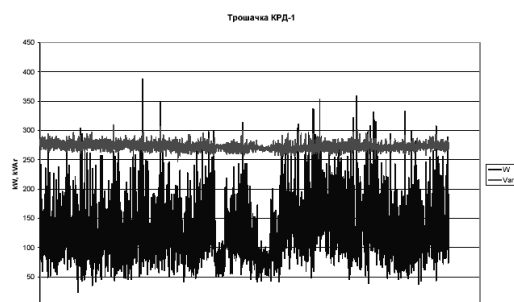
За автоматичното управление на кондензаторните мощности голям брой фирми предлагат микропроцесорни регулатори, но те са намерили практическо приложение главно в мрежите ниско напрежение.

За определяне на най-подходящия метод за компенсиране на реактивните товари на р-к "Елаците" бяха проведени измервания на активната и реактивната мощност.



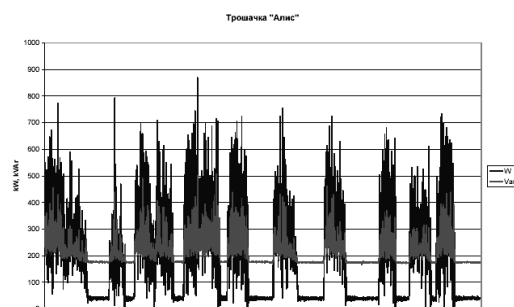
Фиг. 1.

Измерванията се извършиха с микропроцесорен уред "MULTIVER-3SN" с честота на сканиране – 1 s. Определено е изменението на мощностите за трошачките, ГТЛ и общия товар на рудника. На фиг. 1 е илюстрирано изменението на активната и реактивната мощност на двигателя на трошачка ККД. Активната мощност е със силно променлив характер, изменя се в голям диапазон, а реактивната мощност се запазва почти неизменна. Същия характер на товара се наблюдава и при трошачката КРД-1 – фиг. 2. При трошачката "Алис" черпената реактивна мощност е по-малка в сравнение с трошачките ККД и КРД. Увеличението на реактивната мощност при увеличаване на натоварването е значително по-голямо в сравнение с трошачките ККД и КРД (фиг. 3).



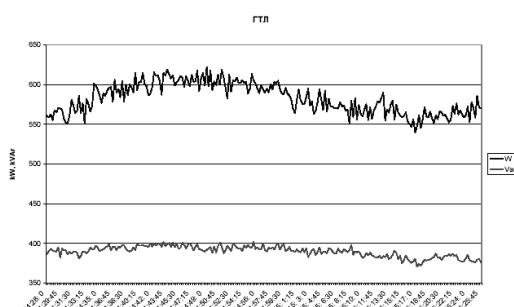
Фиг. 2.

Технологичния режим на работа на корпуса за едро трошене изключва възможността за едновременна работа на руските трошачки и трошачката "Алис".



Фиг. 3.

ГТЛ има сравнително постоянен товар и изменението на реактивната мощност е в тесни граници (фиг. 4).



Фиг. 4.

Анализът на резултатите от експерименталните изследвания и проведените ориентировъчни изчисления водят до следните изводи:

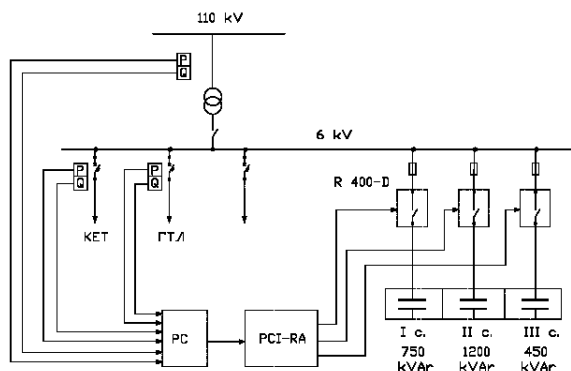
1. Черпената реактивна мощност от двигателите на трошачките е относително постоянна и може да бъде детерминирана в зависимост от технологичния режим на работа.
2. Реактивната мощност за двигателите на ГТЛ се колебае в тясни граници и може да се приеме за еднозначно определена.
3. Загубите на активна мощност за пренасяне на реактивна мощност в разпределителната мрежа 6 kV от ГПП до КЕТ и ГТЛ са несъществени поради големите сечения и сравнителна късите разстояния.

На тази база е възприет метод за компенсиране на реактивните товари в р-к "Елаците", съчетаващ индивидуалната компенсация на основните консуматори с минималните капиталовложения при централизирано изграждане на кондензаторната батерия. Управлението на секциите се извършва от програмен модул на микропроцесорната система. При работа на големите консуматори в рудника (КЕТ и ГТЛ) се включват секции на КБ които да компенсират напълно реактивните товари на съответните консуматори и реактивния товар на трансформатора 110/6 kV.

Алгоритъм за управление на кондензаторните мощности

На фиг. 5 е дадена опростена схема, илюстрираща работата на модула за компенсиране на реактивните товари.

Съчетана е индивидуалната компенсация на мощните консуматори с централизирано изграждане на секциите на кондензаторната батерия – в ОРУ на ГПП 110/6 kV.



Фиг. 5.

Основните принципи на които е изграден алгоритъма за управление са следните:

- да не се допуска връщане на реактивна енергия в енергийната система
- да не се изразходва (и съответно заплаща) реактивна енергия повече от полагаемата се през върховата и дневната тарифна зона ($\cos\varphi \geq 0,9$)
- по време на нощната тарифна зона кондензаторната батерия да бъде изключена

От експерименталните изследвания са определени мощностите на отделните секции на кондензаторната батерия: I секция – 750 kVar, II секция – 1200 kVar, III секция – 450 kVar.

За ГТЛ компенсиращата мощност е еднозначно определена – 750 kVar. За КЕТ поради характера на технологичния режим на работа се налага компенсацията да се извършва с две степени – с малка кондензаторна мощност – 450 kVar при работа на трошачката „Алис“ и със значително по-голяма – 1200 kVar при работа на трошачките ККД и КРД. Информация за работата на ГТЛ и КЕТ микропроцесорната система получава от преобразователите на активна (P) и реактивна мощност Q монтирани на изходите в подстанцията.

Компенсирането на реактивния товар общо за рудника се извършва чрез комутирание на свободната секция – втора или трета. В алгоритъмът за управление участват текущите стойности на активната и реактивната мощностна страна 110 kV, отчита се мощността на секцията, която предстои да бъде включена, времезакъснения при включване и изключване. Въведено е едно удачно според нас ограничително условие: Компенсирането се извършва само ако средния $\cos\varphi$ от началото на текущия месец е под стойността, фиксирана в менюто за настройка (обикновено $\cos\varphi = 0,91$). По този начин се ограничават броя на комутациите и не се заплаща за консумирана наднормена реактивна енергия. Управлението на този модул изключва възможността за връщане на реактивна енергия в енергийната система и се избягва тежката санкция на НЕК.

Програмният модул е разработен така, че позволява лесно въвеждане и промяна на работните параметри – гранични стойности на реактивните мощности, времезакъснения при включване, времезакъснения при изключване – фиг. 6.

Модул за компенсация

cos φ средно месечно за активиране на модула за компенсация	0,91
Активна мощност на входа за активиране на модула за компенсация	500,00
Реактивна мощност на входа за активиране на модула за компенсация	500,00
Реактивна мощност на входа за деактивиране на модула за компенсация	400,00
Сумарна реактивна мощност на изходите на ГТЛ	350,00
Сумарна реактивна мощност на КЕТ за активиране на малката секция	200,00
Сумарна реактивна мощност на КЕТ за активиране на голямата секция	500,00

Фиг. 6.

В зависимост от постъпилата информация от преобразователите на активна и реактивна мощност на изходите за ГТЛ и КЕТ и на входа на 110kV, микропроцесорната система изработва сигнал към модула с релейни изходи „PCI-RA“, който управлява комутационните апарати на отделните секции.

Апаратна част

Комутирането на кондензаторните батерии на средно напрежение предявява много тежки изисквания към комутационните апарати. Протичащите преходни процеси с честотата 300 до 1000 Hz и пикови стойности на тока – 10 до 30 пъти от номиналния ток на кондензаторната батерия водят до бързо износване на контактната система [2]. Проблемите се утежняват значително в нашия случай, когато се комутират няколко секции на кондензаторни батерии, разположени в непосредствена близост. Изчислителни проверки е трудно да бъдат направени, поради липса на данни за индуктивностите на връзките между апаратите и кондензаторните батерии и между отделните секции.

Предложеният от нас вариант е комплектните разпределителни устройства за кондензаторните батерии да бъдат обзаведени с елегазов контактор ROLLARC R400D с вградена касета от токоограничаващи предпазители на фирма-та Merfen Gerin. Мотивите за избора са следните:

- Изпълнява се изискването за защита на кондензатори с напрежение над 1000V да се употребяват предпазители, ограничаващи тока на късо съединение. Избраните предпазители FUSARC CE изгарят за време по-малко от 5 ms, ограничават моментната стойност на тока и след това подават команда за изключване на контактора [3].

- Елегазовият контактор ROLLARC R400D гарантира многократно (5 до 10) пъти по-голям брой комутационни цикли от мощностните прекъсвачи [2]. Това обстоятелство е изключително важно при автоматично регулиране на $\cos\varphi$ чрез комутирание на кондензаторни батерии.

- Допустимата честота на комутирание на контакторите е по-голяма от тази на прекъсвачите.

- Елегазовите контактори за средно напрежение предопределят по-малки комутационни пренапрежения.

- Непрекъснато се контролира налягането на елегаза в камерите на контактора.

Кондензаторите от които са изградени секциите на батерията са производство на Република Чехия и отговарят на IEC 871-1, с мощност 50 kVar, тип CUAFS21-6,3/50 BIL 28/75.

Преустройството на количките на българските КРУ, монтажа и наладката се извършват от специалисти на фирмата СМС-С ЕООД. Предстои въвеждане в експлоатация на три броя КРУ за автоматично управление на кондензаторните батерии в ГПП 110/6 kV в р-к „Елаците“.

Заклучение

Предложеното решение за автоматично компенсиране на реактивните товари в р-к "Елаците" се характеризира със съчетаването на предимствата на индивидуална компенсация и ниските капиталовложения при централизирано разположение на кондензаторната батерия. Управлението на секциите на кондензаторната батерия е във функция от работата на основните консуматори, а батерията е изградена централно в ОРУ на ГПП 110/6 кV. Разходите за строително-монтажни работи са минимизирани, тъй като е изградена само трета секция към съществуващите две.

Разработената микропроцесорна система дава широки възможности за коригиране на въведените условия за

работа. Корекциите се извършват без промяна в програмата, което я прави много гъвкава и адаптивна при въвеждането ѝ в експлоатация.

Литература

- Стоилов Ив., К. Джустров, А. Трапов, М. Ментешев. *Контрол и управление на разходите за електрическа енергия на привилегирован потребител на НЕК*. Сп. "Минно дело и геология" № 5, 2004 г.
- Koch Denis. *Control equipment for MV capacitor banks* – Cahier Technique Merlin Gerin n° 142.
- Schneider Electric – *Rollarc R400-R400D contactor 1 to 12 kV*, REF ACO0226/3E, 1998.