

ОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА РЕЛЕЙНИТЕ ЗАЩИТИ В ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ УРЕДБИ 6 kV НА ОТКРИТИТЕ РУДНИЦИ

Иван Стоилов, Диана Ташева

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София, E-mail: ivan_stoilov@abv.bg

РЕЗЮМЕ: Конфигурацията на вътрешните разпределителни мрежи в откритите рудници много често се променя и съществува реална опасност част от тях да остане извън зоната на действие на релейната защита от къси съединения. В статията е предложена методика за оценка на ефективността на релейните защиты на изводите на рудничните подстанции. Същността и се състои в определяне на съответствието между дължината на стационарния и максималната дължина временния електропровод, за които действието на максималнотоковите защиты е ефективно. Методиката е реализирана програмно в средата на MATLAB 6.0. Чрез разработения програмен продукт е решена конкретна задача за извод „Рудник -1 „ от ГПП 110/6 на РК „Елаците-мед“ АД.

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF RELAY PROTECTIONS OF THE ELECTRIC INSTALLATIONS 6 kV OF THE OPENCAST MINES

Ivan Stoilov, Diana Tasheva

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, E-mail: ivan_stoilov@abv.bg

ABSTRACT: The configuration of internal distribution networks in opencast mines changes very often and an actual hazard exists that some of the networks remain outside the zone of action of the relay protection from short circuits. A method for assessment of the efficiency of relay protection of the outlets of mine substations is suggested in the paper. The core of the method consists in determination of the compliance between the length of the stationary and the maximum length of the temporary power supply line, for which the maximum current protection is effective. The method has been implemented as a software in MATLAB 6.0. A specific task has been solved for the outlet of "Mine -1" of Main substation 110/6 kV of the "Elatsite – Med" JSCo.

I. Постановка на проблема

Вътрешното электроснабдяване на откритите рудници се реализира с въздушни и кабелни линии. Захранването им се осъществява от руднични подстанции, построени на територията на рудника. Въздушните линии се делят на постоянни и временни. Постоянните или стационарните електропроводи се изграждат по борда на рудника или по неработните хоризонти, а временните – по работните хоризонти. Захранването на подвижните консуматори в рудника (еднокофови, многокофови багери, насипо-образователи и др.) става чрез превключвателни пунктове и гъвкави кабели за 6 kV. Като правило у нас релейни защиты в тях няма. За захранване на консуматорите ниско напрежение (сонди и др.), към въздушните електропроводи се присъединяват трансформаторни постове. За защита от къси съединения обикновено в тях са монтирани предпазители на страна 6 kV.

Релейната защита на рудничните електропроводи е организирана в КРУ на изводите от рудничната подстанция. С напредване на минните работи, конфигурацията на електрическата мрежа се променя и съществува реална опасност част от нея да попадне извън зоната на действие на максималнотоковата защита (МТЗ). Изчислителна проверка за чувствителността на МТЗ при

всяко преместване на съоръженията на практика не се прави, което създава опасност от значителни поражения на електрическите съоръжения при възникване на къси съединения. Причина за това е, че изчислителните проверки трябва да се извършват често (при всяка промяна в конфигурацията на мрежата), те са относително трудоемки и в много случаи информацията за извършването им е непълна. Този проблем може да бъде разрешен чрез разработване и използване на програмен продукт, който да позволи определяне на зоната на ефективно действие на максималнотоковите защиты.

II. Описание на програмния продукт МТЗ_1

Целта на разработения програмен продукт е за всеки конкретно въведен обект да формира база от данни, която да дава съответствието: дължини на стационарния електропровод – максималната дължина на временния електропровод за която действието на МТЗ е ефективно.

Необходимата входна информация е представена в Таблица 1.

Таблица 1.

Физическа величина	Условно означение	Дименсия
Номинално напрежение на уредбата	U_n	kV
Напреженов фактор	c	
Импеданс на късо съединение с права последователност на шини В.Н. на рудничната подстанция в минимален режим на захранване	Z_I	Ω
Импеданс на трансформатора В.Н./С.Н.	Z_T	Ω
Максимална дължина на стационарния електропровод	$L_{I_{max}}$	km
Специфично активно и индуктивно съпротивление на стационарния електропровод	r_{oc}, x_{oc}	Ω
Специфично активно и индуктивно съпротивление на временния електропровод	r_{ov}, x_{ov}	Ω
Специфично активно и индуктивно съпротивление на гъвкавия кабел	r_{ok}, x_{ok}	Ω
Дължина на гъвкавия кабел	L_k	km
Ток на задействане на МТЗ	I_{31}, I_{32}, I_{33}	kA
Нормативен коефициент на чувствителност на МТЗ	$K_{чн}$	

Програмата реализира следния алгоритъм, базиран на методика за изчисляване на токовете на късо съединение (International standard IEC 909):

1. Определя се импеданса на гъвкавия кабел

$$Z_k = r_{ok} \cdot L_k + j \cdot x_{ok} \cdot L_k, \Omega \quad (1)$$

2. Дължината L_I на стационарния електропровод се изменя в зададените граници със стъпка, която по подразбиране е 0,01 km, но може да бъде променена от потребителя. За всяка стойност на L_I се извършва следния набор от операции:

2.1. Определя се импеданса на стационарния електропровод

$$Z_c = r_{oc} \cdot L_I + j \cdot x_{oc} \cdot L_I, \Omega \quad (2)$$

2.2. Числово се симулира присъединяване на временен електропровод с дължина L_2 , като началната стойност на $L_2 = 0,01km$.

2.3. Изчисляват се:

- импедансите на временния електропровод

$$Z_6 = r_{ov} \cdot L_2 + j \cdot x_{ov} \cdot L_2, \Omega ; \quad (3)$$

- общият импеданс до точката на присъединяване на консуматора

$$Z = Z_I + Z_T + Z_c + Z_6 + Z_k, \Omega \quad (4)$$

2.4. Определят се минималният ток на двуфазно късо съединение в точката на присъединяване на консуматора

$$I_k^{(2)} = \frac{c \cdot U_n}{2 \cdot |Z|}, \text{ kA} \quad (5)$$

и коефициентът на чувствителност

$$K_{ч} = \frac{I_k^{(2)}}{I_3} \quad (6)$$

2.5. При $K_{ч} > K_{чн}$, текущата дължината на временния електропровод не е критична, дава се нарастък на L_2 (по подразбиране $\Delta L_2 = 0,01$ km) и изпълнението на алгоритъма продължава от т. 2.3. В противен случай последната некритична стойност за L_2 се съхранява в базата данни.

3. Намерените максимални допустими дължини на временните електропроводи за всяка разглеждана дължина на стационарния, се представят в графичен вид. Програмният продукт за определяне на максималнотоковите защиты е разработен в средата на MATLAB 6.0.

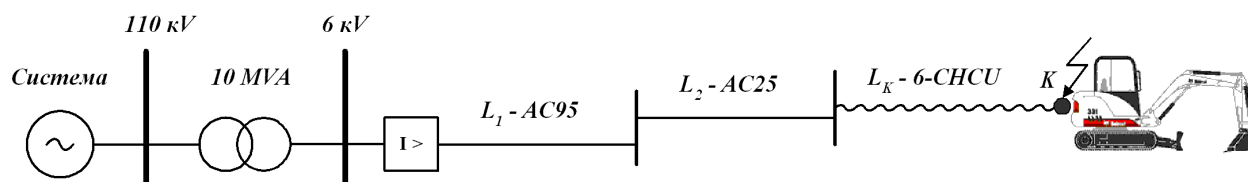
III. Резултати от използване на програмния продукт.

Изчисляване на дължините на електропроводите за които релейните защиты са ефективни, беше направено за извод „Рудник 1” от ГПП 110/6 на РК „Елаците – мед” АД.

Характерно за изводите към рудника е, че към сравнително дълъг стационарен въздушен електропровод са присъединени голям брой временни въздушни отклонения, които захранват главно багери и сонди.

Конфигурацията на временните отклонения, както и броят на захранваните съоръжения се променят. За защита на тези изводи са предвидени токови защиты с независимо от тока закъснение.

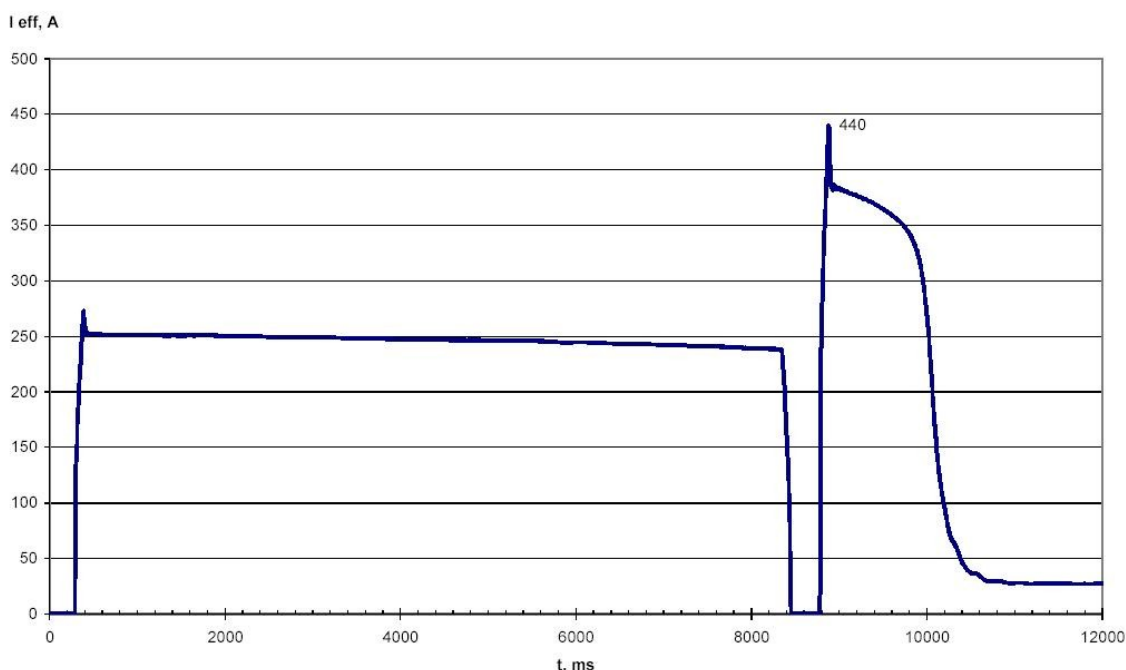
Опростена схема на извод „Рудник1” е представена на фиг. 1.



Фиг. 1. Опростена схема на електрозахранването на багер ОК-9.

Към този извод е включен и електрохидравличен багер ОК-9 с мощност на електродвигателя 1000 kW. Двигателят се пуска трансформаторно и пусковият му процес е много продължителен (фиг. 2), с което е съобразена настройката

на релейната защита на извода от подстанцията. Съществуващата защита е цифрова, тип SIPROTEC 7SJ602.



Фиг. 2. Преходен процес на тока при пускане на багер ОК-9.

По утвърдена в практиката методика (Стоилов и др., 2004), бе изчислена и реализирана оптимална настройка на релейните защиты в подстанциите на РК „Елаците-мед“. За целта електрическата уредба 6 kV бе моделирана и на тази база бяха изчислени токовете на късо съединение.

Проведени бяха и експериментални изследвания за определяне на параметрите на пусковите процеси на двигателите, захранвани с напрежение 6 kV. (Дог. И-47 МГУ Инженеринг ЕООД).

На извод „Рудник-1“ бяха въведени следните стойности на максималнотоковите защиты:

- Токова отсечка (ТО) - $I_3 = 800 A; t_3 = 0$.
- Токова отсечка с времезакъснение (ТО/t) - $I_3 = 420 A; t_3 = 2,0 s$.
- Максималнотокова защита (МТЗ) - $I_3 = 270 A; t_3 = 10,5 s$.

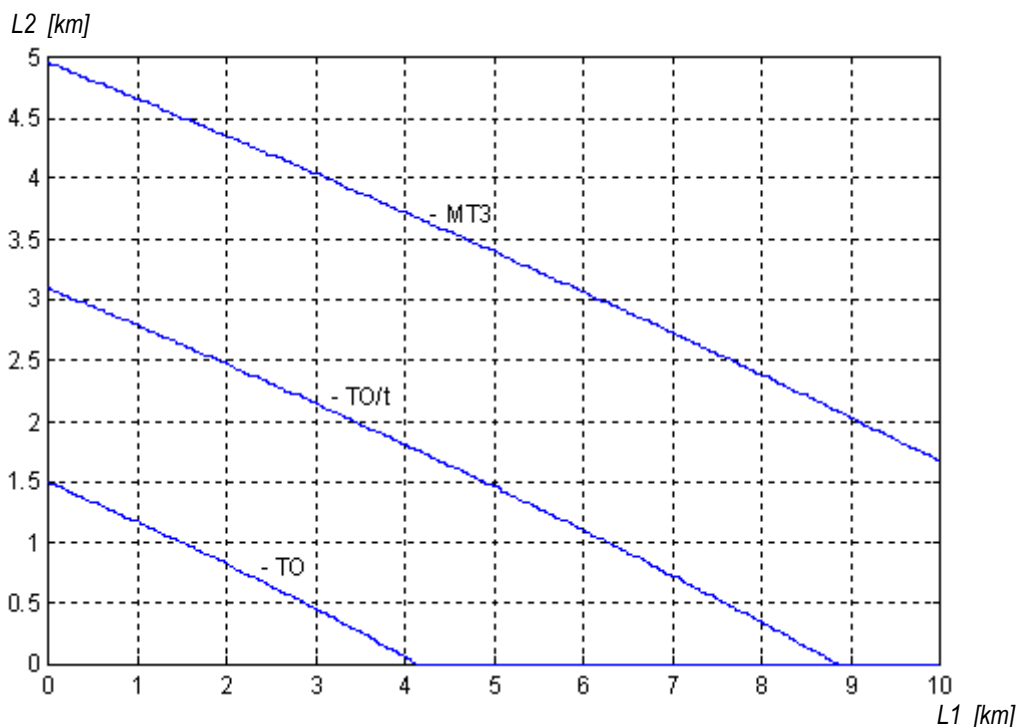
Токовата отсечка с времезакъснение е въведена за да се намали времето за изключване на късо съединение през преходно съпротивление, съпроводено с токове между настройките на ТО и МТЗ. Тя е отстроена само от тока, протичащ през първата част на преходния процес при пускане на багера ОК-9.

Данните от модела на електрическата мрежа 6 kV и настройките на максималнотоковата защита на извод „Рудник 1“ бяха използвани като входни данни за програмния продукт МТЗ_1. Те са представени в таблица 2.

Графична интерпретация на получените резултати е представена на фиг.3. Те се отнасят за минималния ток на двуфазно късо съединение, определен в точка К (фиг. 1). От нея могат да се определят дължините на стационарния и времения електропровод, за които действието на максималнотоковите защиты е ефективно. Тава са всички точки, заключени между координатните оси и кривата на съответната защита.

Таблица 2.

Физическа величина	Стойност	Дименсия
Номинално напрежение на уредбата	$U_H = 6$	kV
Напреженов фактор	$c = 1$	
Импеданс на късо съединение с права последователност на шини В.Н. на рудничната подстанция в минимален режим на захранване	$Z_I = 4,8 + j14,44$	Ω
Импеданс на трансформатора	$Z_T = 0,021 + j0,4035$	Ω
Максимална дължина на стационарния електропровод	$L_{1max} = 10$	km
Специфично активно и индуктивно съпротивление на стационарния електропровод	$r_{oc} = 0,33 \quad x_{oc} = 0,35$	Ω
Специфично активно и индуктивно съпротивление на временния електропровод	$r_{ob} = 1,38 \quad x_{ob} = 0,36$	Ω
Специфично активно и индуктивно съпротивление на багерния кабел	$r_{ok} = 0,565 \quad x_{oc} = 0,108$	Ω
Дължина на багерния кабел	$L_k = 0,3$	km
Ток на задействане на МТЗ	$I_{3TO} = 0,8$ $I_{3TO/t} = 0,42$ $I_{3MT3} = 0,27$	kA
Нормативен коефициент на чувствителност на МТЗ	$K_{\text{чн}} = 1,5$	



Фиг. 3. Зони на ефективност на максималнотоковите защиты на извод „Рудник-1“.

Проблем при ползване на програмата е факта, че не винаги потребителят разполага с информация за импеданса на системата високо напрежение в точката на присъединяване. Процедурата за получаването и е относително тежка и продължителна и е свързана с писмено искане до предприятието „Мрежи високо напрежение“. Поради това бяха възприети следните допускания:

- електроенергийната системата е с неограничена мощност - $Z_I = 0$;

- активното съпротивление на трансформатора е пренебрежимо малко и се прима за 0. Импедансът на трансформатора се определя по формулата:

$$Z_T \approx X_T = \frac{u_k}{100} \cdot \frac{U_{H.T.}^2}{S_{H.T.}}, \quad (7)$$

където:

u_k е напрежение на късо съединение на трансформатора [%],

$S_{H.T.} = 10MVA$ - номинална мощност на трансформатора;

$U_{H.T.} = 6,3kV$ - номинално напрежение на вторичната страна на трансформатора.

Данни за максималната и средна грешка в резултат на възприетите по-горе опростявания са представени в Таблица 3.

Таблица 3

Тип защита	Максимална грешка		Средна грешка [km]
	Стойност [km]	Получена при L_1 по-голяма от [km]	
MT3	0,05	9,271	0,0393
TO/t	0,05	3,63	0,0377
TO	0,06	3,85	0,0180

От получените резултати се вижда, че максималната неточност при възприетите опростявания е 60 m, а средната е в границите 18-40 m, което е напълно допустимо за практиката.

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

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен е прост, но нагледен способ за определяне на дължините на стационарните и временните електропроводи в откритите рудници, за които максималнотоковите защиты в рудничните подстанции действат ефективно.

ЛИТЕРАТУРА

Стоилов, Ив., К Джустров, М. Ментешев. 2004. Оптимизация на релейните защиты в електрическите уредби 6 kV на Челопеч Майнинг АД. *Годишник на МГУ "Св. Иван Рилски"*, том 47, свитък III, 81-85.

Повишаване ефективността на защитите и ликвидиране на престоите от неселективни и погрешни изключения в електрическите уредби 6 kV на РК "Елаците". 2006. Док. И-47 МГУ Инженеринг ЕООД.

International standard IEC 909. Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems.