

## ВЛИЯНИЕ ПРИНЦИПА НА ДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ БЪРЗОДЕЙСТВИЕТО НА АПАРАТИТЕ ЗА ЗАЩИТА ОТ ТОК НА КЪСО СЪЕДИНЕНИЕ В РУДНИЧНА ЕЛЕКТРОСНАБДИТЕЛНА МРЕЖА

**Евтим Руйчов Кърцелин**

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700, България

**РЕЗЮМЕ.** За защита на участъковата електроснабдителна мрежа от токове на късо съединение се използват апарати за максималнотокова защита, встроени в рудничните прекъсвачи и пускатели. В доклада е показано влиянието на принципа на действие върху бързодействието на апаратите за защита от ток на късо съединение.

### PRINCIPLE OF WORK OVER FASTWORK OF THE APPARATUSES FOR PROTECTION OF CURRENT IN MINE ELECTRICAL NETWORK EFFECT

**Evtim Karcelin**

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, Bulgaria

**ABSTRACT.** For protection of the section electrical network from current are used apparatuses for maximal current protection, built into mine switches. Principle of work over fastwork of the apparatuses for protection of current effect is shown in the paper.

Използваните в техниката устройства за защита от токове на късо съединение реагират или на определена стойност на тока или на скоростта на изменение на тока (първа производна на тока по времето).

Защитните устройства, реагиращи на моментната стойност на тока на късо съединение, се явяват устройствата тип ПМЗ, с които се комплектоват рудничните автоматични прекъсвачи тип АВ.

За оценка бързодействието на този вид апарат за защита ще се определи неговото време за сработване при възникване на отдалечено двуфазно късо съединение в руднична електроснабдителна система.

Дължината на кабелната линия (гранична стойност на съпротивлението на кабела) се определя от условието за минимална стойност на напрежението на клемите на електродвигателя при неговото пускане.

Съгласно (ПУЕ) в мрежи за номинално напрежение 660 в ( $U_{\min} = 565$  в) стойността на напрежението на изходите на електродвигателя при неговото пускане не трябва да бъде по-ниско от 475 в, което представлява 0,686  $U_m$  ( $U_m$  – амплитудна стойност на фазното напрежение при празен ход на силовия трансформатор).

В пусков режим установената стойност на фазното напрежение на клемите на електродвигателя се определя с израза

$$U_{\phi} = \frac{Z_{\text{дв.п}}}{Z_{\phi}} \cdot U_m \sin(\omega t + \psi - \varphi_{\phi} + \varphi_{\text{дв.п}})$$

$$\text{където: } Z_{\text{дв.п}} = \sqrt{R_{\text{дв.п}}^2 + X_{\text{дв.п}}^2}$$

$$Z_{\phi} = \sqrt{(R_{\text{т}} + R_{\text{к}} + R_{\text{дв.п}})^2 + (X_{\text{т}} + X_{\text{к}} + X_{\text{дв.п}})^2}$$

$$\varphi_{\text{дв.п}} = \text{arctg} \frac{X_{\text{дв.п}}}{R_{\text{дв.п}}}$$

$$\varphi_{\phi} = \text{arctg} \frac{X_{\text{т}} + X_{\text{к}} + X_{\text{дв.п}}}{R_{\text{т}} + R_{\text{к}} + R_{\text{дв.п}}}$$

От този израз се вижда, че стойността на отношението  $\frac{Z_{\text{дв.п}}}{Z_{\phi}}$ , характеризиращо нивото на напреженията, трябва да бъде не по-малка от 0,686. При това условие граничната стойност на съпротивлението на кабела е възможно да се определи по формулата

$$Z_{\text{к}} = -n + \sqrt{n^2 + k^2 Z_{\text{дв.п}}^2 - m} \quad (1)$$

където:

$$n = (R_{\text{т}} + R_{\text{дв.п}}) \cos \varphi_{\text{к}} + (X_{\text{т}} + X_{\text{дв.п}}) \sin \varphi_{\text{к}};$$

$$m = (R_T + R_{дв.п})^2 + (X_T + X_{дв.п})^2;$$

$$\varphi_k = \arctg \frac{X_{к.сп}}{R_{к.сп}};$$

$$k = \frac{1}{0,686} = 1,4577.$$

$X_{к.сп}$ ,  $R_{к.сп}$  – съответно индуктивно и активно специфично съпротивление на фаза на кабела, ом/км.

В съответствие с формула (1) граничната стойност на съпротивлението на кабел със сечение на работните жила 50 мм<sup>2</sup> ( $\varphi_k = 10,84^\circ$ ) е равно на 0,21736 ом, което съответства на 504 м дължина на кабела.

В режим на празен ход на мрежата, когато товарният ток е равен на нула, моментната стойност на тока на двуфазно късо съединение (фази В и С са съединени на късо) се определя с израза

$$i_{к.с.} = I_m [\sin(\omega t + \varphi - 90^\circ - \varphi) - \sin(\psi - 90 - \varphi) e^{pt}],$$

където:

$$I_m = \frac{\sqrt{3}U_m}{2Z};$$

$$Z = \sqrt{(R_T + R_k)^2 + (X_T + X_k)^2};$$

$$\varphi = \arctg \frac{X_T + X_k}{R_T + R_k};$$

$$P = - \frac{\omega(R_T + R_k)}{X_T + X_k};$$

$90^\circ$  - ъгъл на изместване между вектора на напрежението на фаза А и вектора на линейното напрежение на на късо съединение фази В и С.

За параметрите на система за електрообезопасяване, съдържаща трансформаторна подстанция тип ТСШВП-250 ( $U_m = 565$  в,  $X_T = 0,0642$  ом,  $R_T = 0,0192$  ом), фидерен кабел със сечение на жилата 50 мм<sup>2</sup> ( $X_k = 0,081$  ом/км,  $R_k = 0,423$  ом/км) и 125 квт ( $X_{дв.п} = 0,424$  ом,  $R_{дв.п} = 0,214$  ом) в съответствие с израза (2) за тока на двуфазно късо съединение се получава:

$$i_{к.с.} = 1918,8 [\sin(\omega t + \psi - 114,31^\circ) - \sin(\psi - 114,3^\circ) e^{-695,3t}] \quad (3)$$

Амплитудната стойност на големината на тока за настройка, при която сработва защитното устройство ще бъде

$$I_{настр.} = \frac{I_m}{K_\psi} = \frac{1918,8}{1,5} = 1279,2 A$$

където  $K_\psi = 1,5$  – коефициент на чувствителност

Времето за сработване на защитното, реагиращо на моментната стойност тока се определя като пресечна точка между кривата  $i_{к.с.} = f(t)$  и правата линия, ординатата на която е равна на амплитудната стойност на тока за сработване на защитното устройство.

Графоаналитичното изследване на зависимостта (3) показва, че максимално възможната стойност на времето за сработване на защитното устройство е 7,9 мс и се получава при  $\psi = 193,5^\circ$ .

Без да се изменят параметрите на електрообезопасителна система се определя и времето за сработване на защитното устройство, реагиращо на скоростта на нарастване на тока (на първата производна на тока по времето).

При двуфазно късо съединение в режим на празен ход на мрежата скоростта на изменение на тока ( $A/C$ ) се определя по следния израз:

$$\frac{di_{к.с.}}{dt} = \omega I_m [\cos(\omega t + \psi - 90 - \varphi) + \text{ctg}\varphi \cdot \sin(\psi - 90 - \varphi) e^{pt}] \quad (4)$$

За приетите параметри на разглежданата електрообезопасителна система в съответствие с изразите (4) се получава

$$\frac{di_{к.с.}}{dt} = 602808 [\cos(\omega t + \psi - 114,3^\circ) + 2,2133 \cdot \sin(\psi - 114,3^\circ) e^{-695,3t}]$$

По аналогия на определената по-горе настройка за сработване на защитата, настройката за сработване на максималнотокова защита, реагираща на скоростта на нарастване на тока, се получава от отношението:

$$\left[ \frac{di_{к.с.}}{dt} \right]_{настр.} = \frac{\omega I_m}{K_\psi} = 401872.$$

При това максимално възможното време за сработване на защитното устройство е равно на 2,1 мс и се получава при  $\psi = 74,06^\circ$ .

При  $t = 0$  от израза (4) се получава

$$\frac{di_{к.с.}}{dt} = \frac{\sqrt{3}\omega U_m}{2(X_T + X_k)} \sin(\psi - 90^\circ)$$

За  $\psi = 90^\circ$  стойността на първата производна на тока по времето е равна на нула, а стойността на втората производна ще бъде различна от нула

$$\left. \frac{d^2i_{к.с.}}{dt^2} \right|_{t=0, \psi=90^\circ} = \frac{\sqrt{3}\omega^2 U_m}{2(X_T + X_k)}$$

Получените резултати обосновават възможността за създаването на устройства за бързодействаща защита, осигуряваща безопасно използване на електрическата енергия във взривоопасни производства.

Действително, за условията на рудничната участъкова мрежа при  $t = 0$  и  $\psi = 90^\circ$  за стойността на отношението на втората производна на тока при двуфазно късо съединение към втората производна на тока на пусковия ток се получава,

$$K = \frac{(X_T + X_k + X_{дв.л}) \sin \varphi}{2(X_T + X_k)},$$

което винаги е по-голямо от 1,5. В разглежданата система за електроснабдяване  $K = 1,95$ , т.е. теоретически е възможно да се използва и втората производна на тока по времето в устройствата за бързодействащите защиты.

Практически втората производна на тока по времето е непрекъснатата функция и е възможно да бъде получена само чрез операциите на последователно диференциране. При това като диференциращи устройства се използват R-L или R-C вериги.

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

Поради своите безпорни предимства електрическата енергия намира широко приложение във всички отрасли на промишленото производство, включително и в взривоопасните производства във въглищната, нефтената, газовата и химическата промишленост. Заедно с това електрическата енергия се явява и една от причините за възникване на пожари и експлозии в тези производства. Ето защо разработването и внедряването на бързодействащи апарати за защита и на бързодействащи комутационни апарати ще осигурява ефективна защита от къси съединения на електроснабдителната система чрез енергийна изолация на повредения участък.

## Литература

- Шишкин Н.Ф., Защита шахтных электроустановок и кабельных сетей. М. Углекиздат, 1959.
- Фролкин В.Г. и др., Промышленные испытания быстродействующего аппарата безконтактной коммутаций АБК-2,5, М., ЦНИЭНУгол, 1971, св 3.
- Щуцкий В. И и др., Защитное шунтирование однофазных поврежденных электроустановок, М., Энергоатомиздат, 1986.
- Наредба №3 за устройство на електрическите уредби и електропроводните линии.
- Гугяев Б.Ф., Взрывозащита е электробезопасность шахтных сетей. Киев, Донецк, В. Школа, 1986.