

АНАЛИЗ НА УСЛОВИЯТА ЗА ЕЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ЕЛЕКТРОСНАБДИТЕЛНИ СИСТЕМИ ЗАХРАНВАНИ ОТ ПОДВИЖНИ ПОДСТАНЦИИ В „МИНИ МАРИЦА-ИЗТОК“ ЕАД

Тодор Върбев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: vat@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. В статията е направен анализ на електробезопасните условия в електрическите мрежи, захранвани от подвижни подстанции в мини „Марица-изток“ ЕАД. Определена е максималната дължина на кабелната мрежа, големината на тока на еднофазно земно съединение и максималното време за изключване на повредения извод.

AN ANALYSIS OF THE ELECTRICAL SAFETY CONDITIONS DURING A MAINTENANCE OF THE ELECTRICAL POWER SUPPLY SYSTEMS FROM THE MOBILE SUBSYSTEMS OF "MINI MARITSA-IZTOK" EAD

Todor Varbev

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

ABSTRACT. This article deals with an analysis of the electrical safety conditions in the electrical power supply networks from the mobile substations of "Maritza-East Mines" Ssc. The maximal length of the cable system is determined. The additional parameters such: the value of current via single - phase grounded connection and maximum value of the switch –off time for the line trouble are obtained.

Въведение

Експлоатацията на електрическите мрежи в рудниците и мините /подземни и открити/ се извършва при тежки минно-технологични условия - висока или ниска температура, повишена влажност и запрашеност, на открито или в стеснени работни пространства и др.

Именно тези условия определят и по-строгите изисквания за електробезопасност при експлоатацията на електрическите мрежи в минните предприятия.

Едно от изискванията електрическите мрежи да бъдат безопасни при експлоатацията им е формулирано в чл.181 ал.(2) т. 1 [1], съгласно който при дефект в изолацията напрежението при допир, което може да се задържи неограничено време, до тоководещи части, които нормално не се намират под напрежение в среда с „особена опасност“ и на открито, не трябва да превишава 25V променливо и 60V постоянно напрежение. Тъй като електрическите консуматори в откритите рудници работят на открито, тези изисквания се отнасят и за тях.

Заземяването на корпусите на електрическите консуматори е първото техническо мероприятие, което трябва да се извърши за защита на персонала от попадане под напрежение при допир до тоководещи части, които нормално не се намират под напрежение /индиректен допир/. За да бъде то ефективно, е необходимо съпротивлението на заземителната уредба да отговаря на нормативните изисквания. Съгласно чл.421 ал.(1) (ПБТ,

1996) съпротивлението на заземителните устройства "за всички електрически уредби и съоръжения за средно напрежение не може да превишава 4Ω".

Теоретично изследване

Цитираните по-горе две изисквания определят и големината на максималния ток на еднофазно земно съединение /е.з.с./ в откритите рудници,

$$I_{ez} = \frac{U_{don}}{R_z} = \frac{25}{4} = 6,25 A$$

В „Мини Марица-изток“ ЕАД се експлоатират единадесет подвижни подстанции - „21^{ва}“, „22^{ра}“, „23^{та}“, „24^{та}“, „25^{та}“, „Виктория“, „Миглена“, „31^{ва}“, „32^{ра}“, „33^{та}“. Токовете на е.з.с на захранваните от тези подстанции електрически мрежи теоретично са определени в (Върбев, 2015) при работа с изолиран звезден център на силовия трансформатор. Диапазонът на изменение на тези токове е от 0,69А при подстанция „32^{ра}“ до 14,53А при подстанция „Миглена тр. № 1“. В три от мрежите, захранвани от подвижните подстанции, токовете на е.з.с. са по-големи и от допустимия максимален ток 6,25А, при който се гарантира максималното допустимо допирно напрежение от 25V. За да се намали токът на е.з.с. в тези мрежи, може да се извършат следните технически мероприятия:

- намаляване на броя на електрическите консуматори, свързани към тях /намалява се дължината на кабелните линии/;
- намаляване на съпротивлението на заземителната уредба до необходимата стойност.

Приблизително каква трябва да бъде дължината на кабелните електропроводи, захранвани от отделните подвижни подстанции, за да се спази изискването за допустимата стойност на допирното напрежение, може да се определи от формулата:

$$L_k = \frac{I_{e.з.с.} \cdot 350 - U_n L_g}{35 U_n} = \frac{I_{e.з.с.} \cdot 10}{U_n} - \frac{L_g}{35}, \text{ km},$$

където: - $I_{e.з.с.}$ - ток на еднофазно земно съединение, А;

- U_n - номинално напрежение на захранващата мрежа, kV;

- L_k и L_g - дължини на кабелните и въздушните линии, захранвани от всяка подвижна подстанция, km.

Ако се замести в горната формула максималната стойност на тока на е.з.с, при която се гарантира допустимата стойност на допирното напрежение, то за максималната дължина на електрическата кабелна мрежа се получава, $L_k = 10,42$, km. Т.е. за да се гарантира допустимото допирно напрежение $U_{дон} = 25V$, кабелните линии не трябва да са по-дълги от 10 km.

Друг критерий, който определя електробезопасните условия в електрическите уредби, но не е регламентиран в нормативните документи, е допустимият ток през човека I_q . Различни автори в своите изследвания (Щуцкий В., 1979; Анев Г., 1987) посочват различни стойности на този ток. Също така те посочват и различни стойности на тока, който е опасен за човека. Затова в по-нататъшните анализи ще се използват препоръките на МЕК /Международна Електрическа Комисия/ - IEC. Според МЕК, ток с големина от 10mA е опасен за здравето, а ток с големина 50 mA е опасен за живота на човека.

Известно е, че степента на поражение на човека от електрическия ток зависи както от големината му, така и от продължителността на протичането му през човека. За да може да се определи големината на допустимия ток, протичащ през човек, в зависимост от продължителността на протичането му, МЕК препоръчва да се използва формулата,

$$I_{дон} = 10 + \frac{10}{t}, \text{ mA}, \quad (1)$$

където t - време на протичане на тока през човека в s.

Друг фактор, от който зависи големината на тока през човека, е неговото съпротивление, зависещо от много фактори - физическите свойства на тъканите, биофизичните и биохимичните процеси в организма, състоянието на кожата, вида и честотата на тока, времето на протичане на тока и др. Своео влияние върху него оказва и околната среда.

По данни на изследователи от Московския минен институт, при анализ на безопасността в рудниците, като се има предвид влажността, наличието на токопроводящ прах, специфичните условия на труд и др., се препоръчва съпротивлението на човешкото тяло да се приема:

- за напрежение < 1000V от 800Ω;
- за напрежение > 1000V от 500Ω

След като се знае големината на допустимото допирно напрежение $U_{дон} = 25V$ и на съпротивлението на човешкото тяло $R_q = 500 \Omega$, може с формулата

$$I_q = \frac{U_{дон}}{R_q}, \text{ да се определи големината на допустимия}$$

ток през човека. В случая $I_q = \frac{25}{500} = 0,05 A$.

Този ток, съгласно изискванията на МЕК, е опасен за здравето на човека. За това изводът, в който има междуфазно земно съединение, трябва да бъде изключен от захранващия източник за най-кратко време. Ако се използва формулата, препоръчана от МЕК за определяне на допустимия ток през човека, можем да определим максималното време за изключване на повредения извод,

$$t = \frac{10}{I_{дон} - 10}, \text{ s} \quad (2)$$

$$\text{В случая } t = \frac{10}{50 - 10} = 0,25, \text{ s}.$$

Това време за изключване може да бъде постигнато от съвременните комутационни апарати и релейни защиты. Те могат да се задействат и за по-кратко време - 100 - 150ms.

Използвайки формулата за определяне на допустимото допирно напрежение $U_{дон} = I_{esc} R_z, V$, при съпротивление на заземителната уредба $R_z = 4\Omega$ и задавайки различни стойности на тока на е.з.с., може да се определи големината на възникващото допирно напрежение. Получените стойности на допирното напрежение са посочени в таблица 1.

Таблица 1.

R ₃ =4 Ω								
I _{esc} , A	5	10	20	30	40	50	60	70
U _{дон} , V	20	40	80	120	160	200	240	280

Знаейки големината на допирното напрежение и приемайки за съпротивление на човешкото тяло стойността от 500Ω, може да се определи големината на тока през човека. Изчислените стойности за тока през човека са дадени в таблица 2.

Таблица 2.

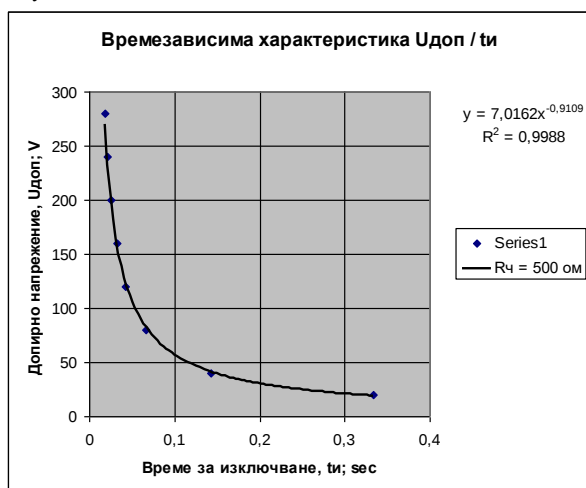
R ₃ = 4 Ω								
U _{дон} , V	20	40	80	120	160	200	240	280
I _q , A	0,04	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	0,48	0,56

Използвайки получените стойности за тока през човека в зависимост от допирното напрежение и формула (2), може да се определи максималното време на протичане на тока през човешкото тяло. Направени са изчисления и стойностите за времето на изключване са посочени в следващата таблица 3.

Таблица 3.

$R_{\text{ч}} = 500 \Omega$								
$U_{\text{доп}}, V$	20	40	80	120	160	200	240	280
$I_{\text{ч}}, A$	0,04	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	0,48	0,56
$t_{\text{и}}, s$	0,333	0,143	0,068	0,043	0,032	0,025	0,0213	0,018

По данните от таблица 3 на фиг. 1 е построена характеристика, която показва зависимостта между възможното допирно напрежение и максималното време за изключване на повредения извод, т.е. за протичане на тока през човека при съпротивление на човешкото тяло $R_{\text{ч}} = 500 \Omega$.



Фиг.1

В момента електрическите мрежи, захранвани от подвижните подстанции, работят със заземен през резистор звезден център на силовите трансформатори. Заземени са през резистор 60Ω . Той увеличава токовете на е.з.с. на електрическите мрежи на отделните подвижни

подстанции от 60 до 62А. При тези големина на токовете на е.з.с., допирните напрежения ще достигнат стойности от 240 до 248V, които са приблизително десет пъти по-големи от допустимото допирно напрежение. Времето за изключване на повредения извод при такива стойности на допирните напрежения не трябва да бъде по-голямо от 25ms (Фиг.1). Това време е трудно постижимо от съвременните комутационни апарати и релейни защиты.

Заклучение

Получените резултати от направеното теоретично изследване за електробезопасните условия в електрическите мрежи, захранвани от подвижните подстанции в „Мини Марица-изток“ ЕАД показват, че при работа на електроснабдителните системи с изолиран звезден център на силовия трансформатор могат да бъдат спазени изискванията на нормативната уредба и на МЕК. Очевидно от теоретичното изследване, при работа със заземен през резистор звезден център на силовите трансформатори те не се спазват. Необходими са допълнителни експериментални изследвания за определяне на действителните допирни напрежения.

Литература

- Наредба №3 за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии. 2004.
- Правилник по безопасност на труда при разработване на находища по открит начин. С., МТСГ, 1996.
- Върбев Т.А., Схеми за електроснабдяване и токове на земни съединения в откритите рудници на Република България, София, 2015..
- Щуцкий В.И., В.К.Ахлюстин. Безопасность обслуживания электроустановок углеобогатительных фабрик. М., Недра, 1979.
- Анев Г.А., М.С. Ментешев. Электробезопасност в минните предприятия. София, 1987.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Електрификация на минното производство“.