

## КОНТРОЛ НА ИЗОЛАЦИЯТА В РУДНИЧНИ КОМБИНИРАНИ МРЕЖИ

Ангел Зъбчев<sup>1</sup>, Ради Тенев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Минно-геоложки университет „Св.Иван Рилски“, 1700 София

<sup>2</sup> Минно-геоложки университет „Св.Иван Рилски“ – София, Филиал – гр. Кърджали

**РЕЗЮМЕ.** Разглежда се влиянието на директно свързани към мрежата токоизправители върху работата на апарати за контрол на изолацията – УАКИ, РУ и АЗУР. Направен е анализ на степента на това влияние и възможностите за коригирането му.

### CONTROL OF ISOLATION OF MINING COMBINED NETWORKS

Angel Zabchev<sup>1</sup>, Radi Tenev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

<sup>2</sup> University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" – Sofia, Branch of Kardzhali

**ABSTRACT.** The impact is considered of direct network attachment of rectifiers on the performance of equipment for controlling the isolation, such as UAKI, RU and AZUR. An analysis is presented of the extent of this impact and of the possibilities for its correction.

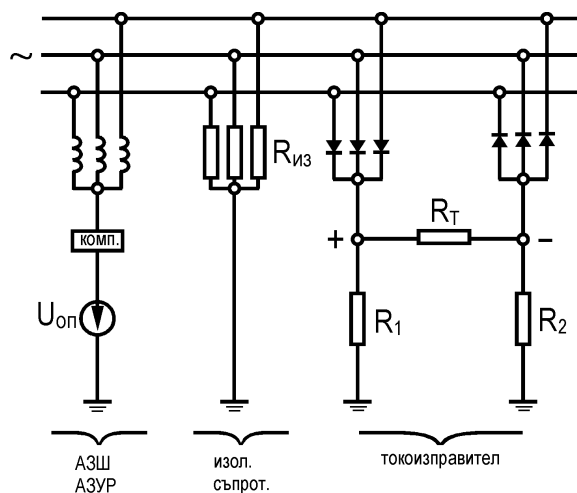
### Въведение

Разглеждат се основните типове апарати за контрол на изолацията: УАКИ, РУ, АЗШ и АЗУР, които работят в български рудници. Тези апарати са предназначени за измерване на изолационното съпротивление на кабелите в чисти променливотокови (АС) мрежи с изолиран звезден център. Принципът им на работа е един и същ. Те притежават постояннотоков източник на напрежение  $U_{оп}$ , свързан в контур, в който се намира изолационното съпротивление  $R_{из}$  (фиг.1). Така токът в този контур зависи от  $R_{из}$  и от постояннотоковия източник  $U_{оп}$ . Ако в този контур възникне и друг постояннотоков източник на напрежение, той се явява като паразитен и ще влияе върху работата на апарата. Такава ситуация възниква когато в АС мрежата е свързан директно токоизправител (без разделителен трансформатор). Тази мрежа вече не е чиста АС мрежа и се нарича комбинирана мрежа (Колосюк В.П., 1980), тъй като съдържа и DC компоненти. Промяната на изолационното съпротивление на кабелите в АС мрежата ще наричаме АС дефект. Промяната в изолационното съпротивление на кабела към плюса на токоизправителя е DC+ дефект и на кабела към минуса на токоизправителя е DC- дефект. Ще се опитаме да анализираме всички комбинации между тези дефекти и влиянието им върху чувствителността на апаратите за контрол на изолацията.

### Анализ на схемите

На фиг.1 е представена опростена схема на апаратите АЗШ и АЗУР според принципните схеми от техните паспорти, съвместно с изолационното съпротивление  $R_{из}$

на АС мрежата, токоизправителят (ТИ), изолационно съпротивление на кабела към плюса ( $R_1$ ) и изолационно съпротивление на кабела към минуса ( $R_2$ ).



Фиг. 1.

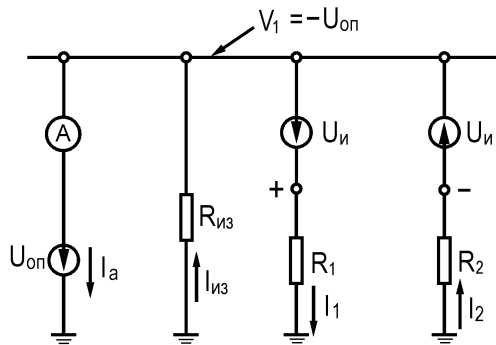
На фиг. 2 е дадена заместващата на горната схема. Токовете са съответно:

$I_a$  – изходна величина. Ток, на който реагира компараторът.

$I_{из}$  – ток през изолационното съпротивление в АС мрежата.

$I_1$  – ток през изолационното съпротивление  $R_1$  в DC мрежата.

$I_2$  – ток през изолационното съпротивление  $R_2$  в DC мрежата.



Фиг. 2.

Катодната група на ТИ е представена в заместващата схема с идеален източник на напрежение  $U_{и}$  с плюса към земя, а анодната група - с идеален източник на напрежение  $U_{и}$  с минуса към земя. Товарното съпротивление не оказва влияние и е пропуснато.

По метода на възловите потенциали, определяме тока  $I_a$ . За възела „земя” според втори закон на Кирхов записваме:

$$I_a + I_1 = I_{из} + I_2$$

$I_a = I_{из} - I_1 + I_2$ , като трите тока отдясно на равенството се определят по следния начин:

$$I_{из} = U_{оп}/R_{из}.$$

Според закона на Ом за част от веригата за клон 1 написваме:

$$-U_{оп} = R_1 \cdot I_1 - U_{и}, \text{ следователно}$$

$$I_1 = (U_{и} - U_{оп})/R_1$$

По същия начин за клон 2:

$$-U_{оп} = R_2 \cdot I_2 + U_2, \text{ следователно}$$

$$I_2 = (U_{и} + U_{оп})/R_2$$

Заместваме трите тока и определяме тока  $I_a$ :

$$I_a = U_{оп}/R_{из} + (U_{оп}/R_1 + U_{оп}/R_2) + (U_{и}/R_2 - U_{и}/R_1) \quad (1)$$

Изразите в скоби изразяват изменението на тока на задействане на апаратите АЗШ и АЗУР в зависимост от стойностите на двете изолационни съпротивления на постояннотоковата мрежа. Когато тези съпротивления са безкрайно големи (при къси и нови кабели от изхода на токоизправителя), токът на задействане  $I_a$  се определя само от изолационното съпротивление на АС мрежата.

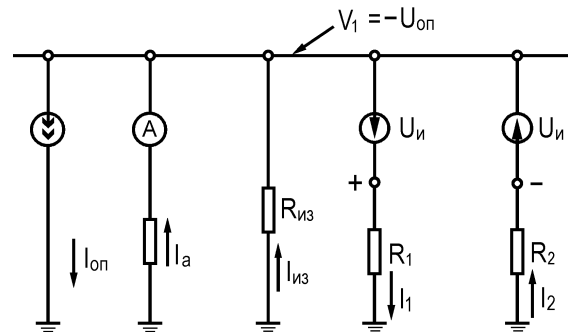
Заместващата схема на апарата УАКИ е същата, с тази разлика, че източникът на оперативно напрежение  $U_{оп}$  е обърнат (свързан е с минуса към земя). Този факт води до размяна на местата на последните два члена и изходният ток на апарата УАКИ се определя по зависимостта:

$$I_a = U_{оп}/R_{из} + (U_{оп}/R_1 + U_{оп}/R_2) + (U_{и}/R_1 - U_{и}/R_2) \quad (2)$$

Заместващата схема на апарата РУ-380 е дадена на фиг.3

Източникът на оперативен сигнал работи като източник на ток  $I_{оп} = \text{const}$  с неизменна стойност. Този оперативен ток, при липса на токоизправител, се разклонява на две –

през клон с токоизмерващ елемент (означен на схемата като амперметър) и през изолационното съпротивление  $R_{из}$  на АС мрежата. При наличие на токоизправител, в анализа участват и двата тока  $I_1$  и  $I_2$ , които протичат през изолациите на постояннотоковите кабели.



Фиг. 3.

За петте тока в отделните клонове за възела „земя” може да се напише:

$$I_{оп} + I_1 = I_a + I_{из} + I_2, \quad I_a = -I_{из} - I_2 + I_1 + I_{оп}.$$

Токовете в дясната част на последното равенството са:

$$I_{из} = U_{оп}/R_{из}, \quad I_1 = (U_{и} - U_{оп})/R_1 \quad \text{и} \quad I_2 = (U_{и} - U_{оп})/R_2.$$

Като ги заместим в горния израз, се получава:

$$I_a = I_{оп} - (U_{оп}/R_{из} + U_{оп}/R_1 + U_{оп}/R_2 + U_{и}/R_2 - U_{и}/R_1) \quad (3)$$

РУ-380 се задейства при спадане на тока  $I_a$  до нула, а това става когато изразът в скобите достигне стойността на  $I_{оп} = \text{const}$ . Изразът в скобите е точно равен на тока на задействане на АЗШ и АЗУР. От тук следва, че анализът за РУ е същият като този за АЗШ и АЗУР.

Чрез един пример ще илюстрираме влиянието на токоизправителя и на изолационните съпротивления на DC мрежата върху апаратите АЗШ и АЗУР.

Исходни данни:

$$U_{оп} = 150 \text{ V}$$

$$U_{из} = 300 \text{ V}$$

$R_{из} = 10 \text{ k}\Omega$  (за мрежа 380 V) – това е изолационното съпротивление, при което апаратът се задейства и изключва захранването.

За токът  $I_a$  без включен токоизправител получаваме:  $I_a = U_{оп}/R_{из} = 15 \text{ mA}$  – това е прагът на задействане на АЗШ и АЗУР. При наличие на директно включен токоизправител трите величини  $U_{и}$ ,  $R_1$  и  $R_2$  променят в определена степен стойността на тока  $I_a$  и прага на задействане, респективно изолационното съпротивление на задействане.

Изчислено е с колко mA се променя прагът на задействане, определен по израз (1) спрямо нивото 15 mA при някои типични комбинации между изолационните съпротивления  $R_1$  и  $R_2$ . Резултатите са представени в табл. 1.

Знакът минус в поправката на тока от табл.1 означава, че апаратът става по-нечувствителен и съответно изолационното съпротивление, при което той се задейства, става по-малко.

Знакът плюс означава, че съпротивлението на задействане става по-голямо.

Таблица 1.

Поправка на тока  $I_a$  в mA според израз (1)

	$R_1 = 100 \text{ k}$	$R_1 = 50 \text{ k}$	$R_1 = 20 \text{ k}$
$R_2 = \infty$	- 1,5	- 3	- 7,5
$R_2 = 100 \text{ k}$	+ 3	+ 1,5	- 3
$R_2 = 50 \text{ k}$	+ 7,5	+ 6	+ 1,5
$R_2 = 20 \text{ k}$	+ 21	+ 19,5	+ 15

В табл. 2 са представени изчислените изолационни съпротивления на задействане ( $R_{из}$  на АС мрежата) при същите условия.

Таблица 2.

Изолационни съпротивления на задействане при различни стойности на  $R_1$  и  $R_2$

	$R_1 = 100 \text{ k}$	$R_1 = 50 \text{ k}$	$R_1 = 20 \text{ k}$
$R_2 = \infty$	9,1	8,3	6,7
$R_2 = 100 \text{ k}$	12,5	11,1	8,3
$R_2 = 50 \text{ k}$	20	16,7	11,1
$R_2 = 20 \text{ k}$	$\infty$	$\infty$	$\infty$

Вижда се, че при наличие на токоизправител при намаляване на изолационното съпротивление на плюса  $R_1$ , прагът на задействане става по-нисък, което е неблагоприятно. Обратно при намаляване на изолационното съпротивление на минуса  $R_2$  прагът на задействане става по-висок.

## Заклучение

Работата на апарати за контрол на изолацията съвместно с директно включени в мрежата токоизправители се усложнява. Когато това не може да се избегне трябва да се прецени влиянието на токоизправителя и неговите изолационни съпротивления, както това беше направено с примера за АЗШ и АЗУР.

## Литература

- Колосюк В.П. 1980. Защитное отключение рудничных электро-установок, М., Недра.  
 Манойлов В.Е. 1971. Основы электробезопасности, М., Энергия.  
 Паспорти на апаратите УАКИ, РУ-380, АЗШ и АЗУР.