

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРЕХОДНИЯ ПРОЦЕС ПРИ ВКЛЮЧВАНЕ НА АПАРАТИ ЗА КОНТРОЛ НА ИЗОЛАЦИЯТА АЗШ-3

Ангел Зъбчев

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

РЕЗЮМЕ: Изследвани са причините за погрешното задействане при включването на руднични апарати за контрол на изолацията АЗШ-3. Определени са времедиаграмата на оперативния ток и продължителността на преходния процес при три захранващи напрежения. Посочено е как да се избегне погрешното задействане чрез изкуствено задържане при включване на изходното реле.

SURVEY OF TRANSITION PROCESS FOR INCLUSION OF APPARATUS FOR CONTROL OF INSULATION AZS-3

Angel Zabtchev

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

ABSTRACT. Investigated causes incorrect operation by the incorporation of mining equipment for the control of isolation AZS-3. Some are operational timing diagram of current and duration of the transition process in three voltage. It is shown how to avoid false triggering by artificially holding in the inclusion of the output relay.

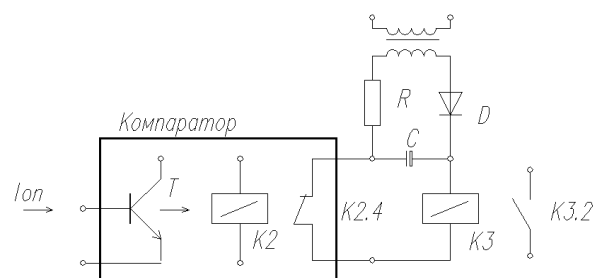
Въведение

От практиката по поддържане, ремонт и експлоатация на рудничните апарати за защитно изключване е установено, че някои апарати тип АЗШ-3 се задействат при включване на захранването, без да има външна причина за това. Такава причина би могла да бъде понижената стойност на изолационното съпротивление, което се контролира. Когато обаче изолационното съпротивление е нормално, а апаратът се задейства при включване на захранването причината трябва да се търси в преходния процес. Той протича в рамките на 0,5 секунди докато се установят всички захранващи напрежения и състояния на транзисторите и релетата в електронния блок. При наличие на външно захранващо напрежение (127V-в режим АЗШ-1), което се подава на апарата преди той да бъде включен към контролираната мрежа този проблем не възниква.

На фиг.1 е представена опростена блокова схема на апарата, която съдържа компаратора на ток и изходната верига. Оперативният ток I_{on} се определя от оперативното напрежение и изолационното съпротивление на трифазната мрежа: $I_{on} = U_{on} / R_{из}$. Към действителната стойност на изолационното съпротивление успоредно е включено едно съпротивление от $200\text{k}\Omega$, което служи за контрол на заземяването и изправността на апарата.

На изхода на компаратора виждаме контакта К 2.4. Той се управлява от бобината К2 и е нормално затворен. При оперативен ток между 1mA и 4mA компараторът захранва бобината К2 и контактът К2 се отваря. Ако изолационното

съпротивление намалява токът I_{on} расте докато достигне една прагова стойност (4mA), когато контактът К2.4 се затваря в изходната верига. Изходната верига се състои от този контакт, захранващия кондензатор С и бобината К3 на изходния контакт на апарата К3.2. Затварянето на изходния контакт води до мигновено изключване на прекъсвача на захранването.

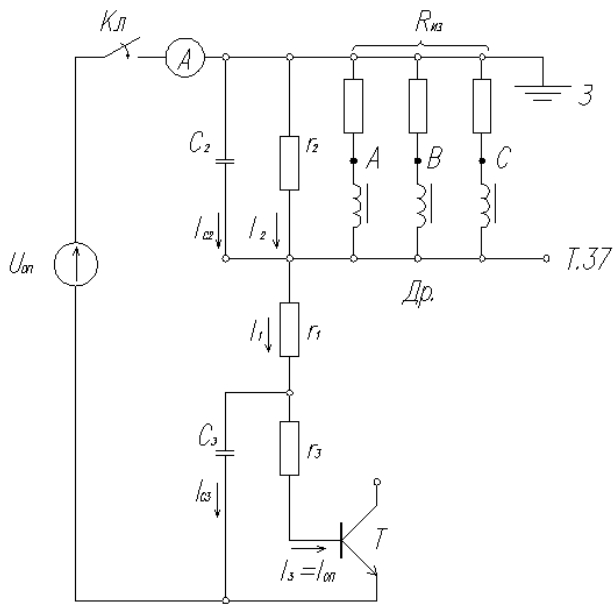


фиг.1

При нормални обстоятелства това означава, че изолационното съпротивление е спаднало под допустимото ($12\text{k}\Omega$ при 380V; $20\text{k}\Omega$ при 660V; $50\text{k}\Omega$ при 1000V) или е възникнало земно късо съединение на една от фазите.

При включване на захранването и нормални стойности на изолационното съпротивление, както казахме, по време на преходния процес е възможно изходният контакт К3.2 да се затвори преди контактът К2.4 да се е отворил. Това налага да се изследва преходния процес, което включва: определяне на времедиаграмата на тока I_{on} ; определяне на токовете и времената на задействане на релетата К2 и

K3; определяне на времеконстантата на RC групата в захранването на релето K3.



фиг.2

Изследване на преходния процес

За да е по-удобно изследването на преходния процес и определяне на времедиagramата на тока I_{on} на фиг.2 сме съставили опростена схема на апарата АЗШ-3. Токът, който ще изследваме I_{on} протича през съпротивлението r_3 и базата на входния транзистор на компаратора (фиг.1). На схемата, за да спазим индексите на отделните клонове, този ток е означен с I_3 ($I_3 = I_{on}$). Показани са трите изолационни съпротивления между фазите А, В, С и земя; трифазният присъединяващ дросел Др.; източникът на оперативно напрежение U_{on} ; филтровите кондензатори С2 и С3.

В установен режим оперативния ток се определя от израза $I_{on} = U_{on} / (r_1 + r_2 + r_3)$ при направено допускане, че изолационното съпротивление е равно на безкрайност.

При пълна симетрия, трифазният дросел Др. служи като блокиращ филтър за променливата съставка т.е. в звездния център (т. 37) липсва променлива съставка на напрежението спрямо земя. При наличие на несиметрия, в т. 37 присъства минимална променлива съставка, която се налага да бъде допълнително подтисната чрез кондензаторите С2 и С3.

Съставяме осем уравнения според схемата от фиг.2.

$$u = u_1 + u_2 + u_3 \quad (1)$$

$$u_1 = r_1 I_1 \quad (2)$$

$$u_2 = r_2 I_2 \quad (3)$$

$$I_{c2} = C_2 \frac{du_2}{dt} \quad (4)$$

$$u_3 = r_3 I_3 \quad (5)$$

$$I_{c3} = C_3 \frac{du_3}{dt} \quad (6)$$

$$I_1 = I_2 + I_{c2} \quad (7)$$

$$I_1 = I_3 + I_{c3} \quad (8)$$

Изразяваме петте неизвестни тока:

$$I_1 = \frac{u_1}{r_1} = \frac{u - u_2 - u_3}{r_1}, \quad I_2 = \frac{u_2}{r_2},$$

$$I_3 = \frac{u_3}{r_3}, \quad I_{c2} = C_2 \frac{du_2}{dt} \quad \text{и} \quad I_{c3} = C_3 \frac{du_3}{dt}$$

и ги заместваме в уравнения (7) и (8).

Достигаме до следната система от две диференциални уравнения с две неизвестни:

$$r_1 r_2 C_2 \frac{du_2}{dt} + (r_1 + r_2)u_2 + r_2 u_3 = r_2 u \quad (9)$$

$$r_1 r_3 C_3 \frac{du_3}{dt} + (r_1 + r_3)u_3 + r_3 u_2 = r_3 u \quad (10)$$

Изразяваме напрежението u_2 от 10) и го заместваме в 9).. Получаваме следното диференциално уравнение от втора степен с неизвестна величина напрежението u_3 :

$$\begin{aligned} & [r_1^2 r_2 C_2 C_3] \frac{d^2 u_3}{dt^2} + \\ & + \left[r_1 r_2 \frac{(r_1 + r_3)}{r_3} C_2 - (r_1 + r_2) r_1 C_3 \right] \frac{du_3}{dt} + \\ & + \left[(r_1 + r_2) \frac{r_1 + r_3}{r_3} - r_2 \right] u_3 = r_1 u \end{aligned}$$

Записваме това д.у. с по-прости коефициенти:

$$a. \frac{d^2 u_3}{dt^2} + b. \frac{du_3}{dt} + c. u_3 = r_1 u$$

Изчисляваме стойностите на коефициентите a, b, c чрез стойностите на елементите от веригата.

$$r_1 = 1,2 k\Omega;$$

$$r_2 = 200 k\Omega;$$

$$r_3 = 16,9 k\Omega;$$

$$C_2 = C_3 = 9 \mu F;$$

$$u = U_{on} = 160 V$$

За тези коефициенти получаваме

$$a = 23,33 \Omega \cdot s^2; b = 4486 \Omega \cdot s; c = 15486 \Omega$$

Решението на д.у. има следния вид:

$$u_3 = u_{3ycm} + u_{3ce}$$

$$\text{където } u_{3ycm} = u r_3 / (r_1 + r_2 + r_3) = 12,4V$$

$u_{3ce} = A_1 \exp(\alpha_1 t) + A_2 \exp(\alpha_2 t)$. Тук α_1 и α_2 са корени на характеристичното уравнение: $a \cdot \alpha^2 + b \cdot \alpha + c = 0$ и имат следните стойности: $\alpha_1 = -3,515 s^{-1}; \alpha_2 = -188,8 s^{-1}$

Решението на д.у. добива вида:

$$u_3 = 12,4 + A_1 \cdot \exp(-3,515 \cdot t) + A_2 \cdot \exp(-188,8 \cdot t)$$

Определяме коефициентите A_1 и A_2 от началните условия.

$$u_3(0) = 12,4 + A_1 + A_2 = 0;$$

$$\frac{du_3(0)}{dt} = -3,515 A_1 - 188,8 A_2;$$

$$\frac{du_3(0)}{dt} = \frac{u}{r_1 C_3} = 14815 \quad (\text{от уравнение 10})$$

$$A_1 = 67,31V; A_2 = -79,71V$$

Окончателно за решението на д.у. получаваме:

$$u_3 = 12,4 + 67,31 \cdot \exp(-3,515 \cdot t) - 79,71 \exp(-188,8 \cdot t)$$

Същото уравнение, записано с времеконстанти, като времето t е изразено в ms :

$$u_3 = 12,4 + 67,31 \cdot \exp\left(-\frac{t}{284}\right) - 79,71 \exp\left(-\frac{t}{5,3}\right)$$

Търсеното напрежение u_3 има една установена съставка (12,4V) отговаряща на напрежението след изтичането на преходния процес и две експоненциални съставки съответно с времеконстанти 284ms и 5,3ms. На фиг.3 тези напрежения са представени графично. Напрежението u_3 има максимум при $t = 22ms$ със стойност 73,44V, след което следва експоненциална крива с времеконстанта 284ms като клони към 12,4V.

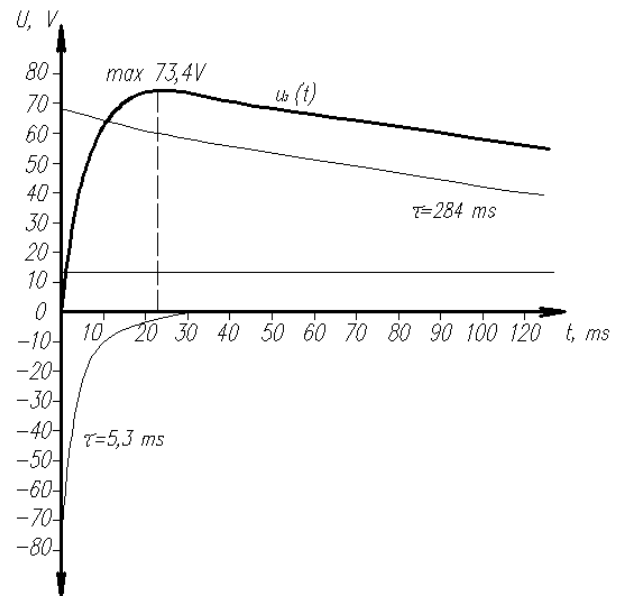
Анализ

Сега след като вече разполагаме с времедиagramата на напрежението u_3 можем да анализираме преходния процес. Входният ток на компаратора (фиг.1) е

пропорционален на напрежението u_3 ; и е равен на

$$I_{on} = I_3 = \frac{u_3}{r_3}$$

При входен ток, по-голям от праговия ток на компаратора, бобината на релето K2 се обезточва и контактът K2.4 се затваря. Бобината на релето K3 се захранва, изходният контакт на апарата K3.2 се затваря и изключва захранването на контролираната мрежа. Този процес протича при спадане на изолационното съпротивление под една стандартна прагова стойност.



фиг.3

Стойностите на праговете на изолационното съпротивление, тока и напрежението u_3 при трите мрежови захранващи напрежения са:

$$U = 380V \rightarrow R_{us} = 12k\Omega; I_{on} = 4mA; u_3 = 67,6V$$

$$U = 660V \rightarrow R_{us} = 20k\Omega; I_{on} = 3mA; u_3 = 50,7V$$

$$U = 1000V \rightarrow R_{us} = 50k\Omega; I_{on} = 2mA; u_3 = 33,8V$$

Кривата на напрежението $u_3(t)$ от фиг.3 се пресича от нивото $u_3 = 67,6V$ в две точки при $t_1 = 11,3ms$ и при $t_2 = 56,3ms$. Съответно за нивото $u_3 = 50,7V$ точките на пресичане са $t_1 = 5,6ms$ и $t_2 = 160ms$. За нивото $u_3 = 33,8V$ точките на пресичане са $t_1 = 11,3ms$; и $t_2 = 325ms$.

От тук можем да направим извод за продължителността на преходния процес респективно времето, с което се забавя отварянето на контакта K2.4. Това време е равно на интервала t_2

$$\text{При } U = 380V \rightarrow t_2 = 56ms.$$

$$\text{При } U = 660V \rightarrow t_2 = 160ms.$$

$$\text{При } U = 1000V \rightarrow t_2 = 325ms.$$

Заклучение

Следователно ако искаме да избегнем погрешното задействане на апарата при първоначално включване на захранването трябва да осигурим закъснение на контакта КЗ.2 по-голямо от намерената продължителност на преходния процес t_2 . Това може да се реализира чрез подбор на времеконстантата на RC групата в захранването на релето КЗ, а също така като настроим напрежението на включване на релето КЗ да бъде близко до максималното напрежение на кондензатора С. чрез увеличаване на възвратната сила на механичните му

*Препоръчана за публикуване от
Катедра „Електротехника“, МЕМФ*

контакти. Практиката потвърждава, че без тези до-настройки апаратът АЗШ-3 задейства погрешно особено често при захранващо напрежение 1000V.

Литература

Колосюк В.П. Защитное отключение рудничных электроустанов М. Недра 1980
.Апарат защитного отключения шахтны АЗШ. Паспорт