

ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ТРАНСФОРМАТОР С МАГНИТЕН ШУНТ КАТО МАКСИМАЛНО ТОКОВА ЗАЩИТА

Тодор Върбев

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

РЕЗЮМЕ. Изследват се възможностите за ограничаване на тока на късо съединение на понижаващ трансформатор, снабден с подвижен магнитен шунт. Основно предимство на процеса е безконтактното бързо понижаване на напрежението, приложено на товара.

POSSIBILITIES FOR USING A MAGNETIC SHUNT TRANSFORMER AS MAXIMUM CURRENT PROTECTION

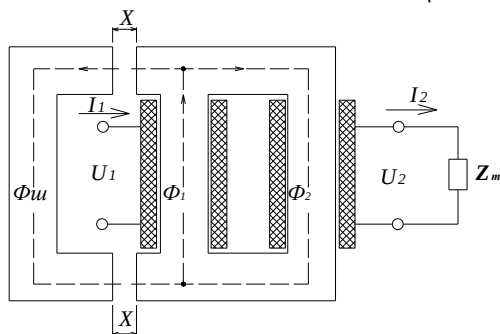
Todor Varbev

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

ABSTRACT. The possibilities for limiting the current of short circuit of a step-down transformer with movable magnetic shunt are investigated. The main advantage of the process is the non-contact lowering of the tension, applied to the load.

Въведение

Както е известно [1] трансформаторът с магнитен шунт се използва в някои случаи за безконтактно регулиране на напрежението. Възможно е с някои малки промени и допълнения в конструкцията той да изпълнява и функциите на допълнителна максималнотокова защита/МТЗ/. Принципната възможност за това е показана на фиг. 1.



фиг.1

В [2] е установено че големината на отклонения магнитен поток $\Phi_{ш}$ през магнитния шунт нараства с увеличаване на вторичния ток I_2 , който е и ток през товара. Тъй като силата с която основния магнитопровод привлича магнитния шунт е приблизително пропорционална на $\Phi_{ш}^2$ е възможно да се намерят конструктивни решения, при които за някаква стойност на работния ток $I_2 \geq I_{2 доп}$ да се осъществи привличане на шунта към основния магнитопровод, при което изходящото напрежение U_2 и изходящият ток I_2 рязко намаляват. Едно възможно решение е показано на фиг. 2.

Магнитният шунт се задържа в нормално положение от два постоянни магнети. Когато силата на привличане към

основния магнитопровод, обусловена от $\Phi_{ш}$ преодолее привличането на постоянните магнети шунтът се отделя от тях и практически без наличие на съпротивителна сила и с нарастващо ускорение се насочва към крайното си положение. При това крайно положение изходящото напрежение U_2 е близко до нула.

Аналитично изследване

За да се получи аналитично ампер-секундната характеристика на разглежданата максималнотокова защита се правят следните опростяващи предположения:

Пренебрегват се активните съпротивления на намотките, загубите в стоманата и потоците на разсейване, с изключение на потока $\Phi_{ш}$ през шунта;

Приема се, че след отделянето си от постоянните магнети магнитният шунт се движи без триене под действието само на електромагнитната сила, създадена от $\Phi_{ш}$;

Пренебрегват се магнитните съпротивления на феромагнитните участъци.

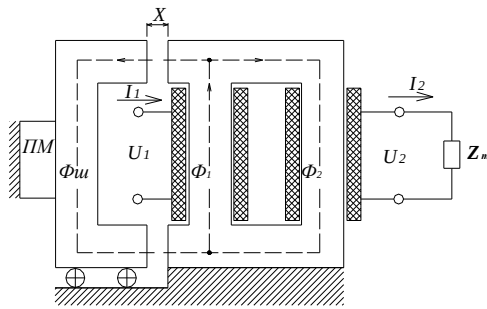
Нека първичното напрежение се изменя по закона,

$$U_1 = U_m \sin(\omega t + \theta)$$

Приема се, че в момента $t = 0$ към отворената вторична намотка се включва някакъв

$$\text{импеданс, } |Z_2| < |Z_2|_{доп} = \frac{U_2}{I_{2доп}}.$$

Разглеждаме случая с чисто активен товар $Z_2 = R_2$.



фиг.2

При включване на чисто активен товар процесът се описва със следните уравнения:

$$U_1 = w_1 \frac{\partial \Phi_1}{\partial t};$$

$$\Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_u;$$

$$w_2 \frac{\partial \Phi_2}{\partial t} = R_2 i_2;$$

$$w_1 i_1 = \Phi_u \frac{2x}{\mu_0 S_u};$$

$$w_1 i_1 - w_2 i_2 = 0;$$

$$\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = -\frac{\Phi_u^2}{M_u S_u \mu_0}, \text{ за } x \leq x_{\max}$$

или
$$\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = 0 \quad \text{за} \quad F_{nm} > \frac{\Phi_u^2}{S_u \mu_0}$$

Тук S_u е сечението на всеки от полюсите на шунта, а M_u е масата му. F_{nm} е силата, с която постоянните магнити привличат шунта $/2l$, когато той е долепен до тях.

$$F_{nm} = \frac{w_1^2 I_{1n}^2 \mu_0 S_u}{2x_{\max}^2}.$$

След изключване на функциите i_1, i_2, Φ_2 се стига до уравненията:

А. За интервала от 0 до Δt , където Δt е моментът в който електромагнитната сила на привличане на шунта преодолява противодействието на постоянните магнити:

$$\frac{2R_2 x \Phi_u}{w_2^2 \mu_0 S_u} + \frac{\partial \Phi_u}{\partial t} = \frac{U_m}{w_1} \sin(\omega t + \theta),$$

с начални условие $\Phi_u(0) = 0$

Б. За интервала $t > \Delta t$,

$$\frac{2R_2 x_{\max} \Phi_u}{w_2^2 \mu_0 S_u} + \frac{\partial \Phi_u}{\partial t} = \frac{U_m}{w_1} \sin(\omega t + \theta),$$

$$\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = -\frac{\Phi_u^2}{M_u S_u \mu_0},$$

с начални условия:

$$\Phi_u(\Delta t) = \sqrt{F_{nm} S_u \mu_0}; \quad x(\Delta t) = x_{\max};$$

$$\left(\frac{\partial x}{\partial t} \right)_{t=\Delta t} = 0$$

Системата е нелинейна и е най-удобно да се търсят числени решения за конкретни образци. Тук е подходящ методът на последователните интервали, който да се приложи и за интервала от т.А.

Характерните за образа константи се заместват в числен вид, а на началната фаза θ се дават различни стойности например през 10° . За всяка конкретна стойност на параметрите, включително и за различните стойности на R_2 /но без θ /се определят максималната и минималната стойност на времето за задействане на защитата, за което $x = 0$ в зависимост от θ . Така могат да се построят зависимостите на $t_{\min}$ и $t_{\max}$ във функция от R_2 или от I_2 .

Тази нелинейна система е решена с помощта на програмния продукт Математика 4.2 за конкретен образец със следните технически данни:

U_1 -номинално напрежение на първичната намотка-380 V;

U_2 -номинално напрежение на вторичната намотка- 42 V;

W_1 -брой навивки в първичната намотка-660;

W_2 -брой навивки във вторичната намотка-80;

S_u -сечение на шунта- 2.10^{-3} m^2 ;

M_u -маса на шунта-3,36 кг.;

$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ -магнитна проницаемост на вакуум;

R_2 -товар на вторичната намотка, Ω ;

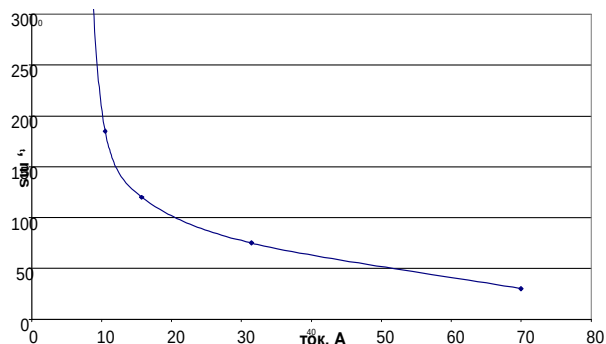
ω -ъглова честота на захранващото напрежение, s^{-1} ;

θ -начална фаза.

Задавани са различни стойности на товара R_2 и различни стойности на θ при съответния товар. Установи се, че началната фаза влияе слабо върху времето на задействане на защитата. $t_{\min}$ и $t_{\max}$ са приблизително еднакви.

От получените резултати е построена приблизителната зависимост на времето на действие на защитата t_3 от първоначалната стойност на тока $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$ през товара и

$x = x_{max}$ в момента $t = \Delta t$, която е показана на фиг.3.



Фиг.3

В сравнение с контактна МТЗ, предлаганото устройство е по-ефективно, защото със задействането му тока във веригата започва да се ограничава още преди достигане

на крайното му положение. По този начин отделената топлина при евентуално късо съединение е по-малка отколкото при използването на контактна МТЗ. Количествения анализ в това отношение е по-сложен и може да бъде обект на допълнително изследване.

Изводи

Показана е възможност за безконтактно изключване на еднофазно късо съединение, при което се получава ампер-секундна характеристика аналогична на контактните МТЗ.

Литература

1. Бонев С. Г., Малки и специални трансформатори, С. Техника, 1977 г.
2. Козаров А.С., Т. А. Върбев, Възможност за подобряване на захранването на осветителния товар в подземните рудници, Минно дело и геология, бр.8, 2004г.

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