

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА АВТОМАТИЧНО СТАБИЛИЗИРАНЕ НА НАПРЕЖЕНИЕТО НА ИЗХОДА НА ТРАНСФОРМАТОР С ПОДВИЖЕН МАГНИТЕН ШУНТ

Андрей Козаров¹, Тодор Върбев¹

¹ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. В статията е разгледана една идея за регулиране на изходното напрежение на еднофазен трансформатор с магнитен шунт.

POSSIBILITIES FOR AUTOMATIC STABILIZING OF THE TENSION OF THE EXIT OF A TRANSFORMER WITH A MOBILE MAGNETIC BYPASS

Andrey Kozarov¹, Todor Varbev¹

¹ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT: The article examines the idea to regulate the output voltage of single phase transformer with magnetic by-pass /shunt/.

Изследва се възможността да се стабилизира автоматично изходящото напрежение на еднофазен трансформатор по механичен път. За целта се използва подвижен магнитен шунт. Дължината на въздушната междина към основния магнитопровод се изменя под въздействието на две противоположни сили, електромагнитни на привличане и еластична създадена от пружина.

Такова устройство може да се приложи в случаите, при които използването на електроника повишава риска от авария, например при апаратура, която работи във взривоопасна среда.

Обект на анализ е електромагнитна система, разгледана в [1] и [2]. Тази система в опростен вид е показана на фиг. 1

Нека U_{1min} е минималната стойност на първичното напрежение, за която стабилизаторът все още осигурява номинално напрежение на вторичната намотка U_{2H} . Тогава стойностите на магнитните потоци, показани на фигурата са:

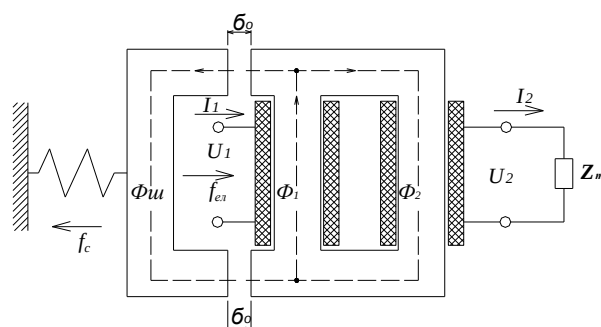
$$\Phi_2 = \Phi_{2HOM}; \Phi_1 = \Phi_{1min}; \Phi_w = \Phi_{1min}$$

Следващите изчисления се правят с приближение, при което се допускат някои опростяващи предположения:

- Пренебрегват се потоците на разсейване и всички активни загуби в системата, както и магнитните съпротивления на феромагнитните магнитопроводи;
- Проводимостта на магнитния шунт се приема приблизително, че се определя от формулата:

$$\sigma_{mw} = \frac{\mu_0 S}{2\delta_0},$$

където $S = const.$ е средно сечение на магнитния поток Φ_w през въздушната междина.



Фиг.1

Нека първичното напрежение U_1 получи някакво нарастване ΔU_1 . Това увеличава потока Φ_1 с $\Delta \Phi_1$ и съгласно направените опростяващи предположения

$$\Delta \Phi_1 = \frac{\Delta U_1}{W_1 \omega}, \text{ където } W_1 \text{ е броят на навивките в}$$

първичната намотка. За да остане вторичния поток Φ_{2HOM} непроменен е необходимо цялото нарастване на потока Φ_1 да се отклони през шунта, т.е. $\Delta \Phi_w = \Delta \Phi_1$. Това може да стане само ако разстоянието δ се намали, т.е. магнитния шунт се привлече на известно разстояние x към магнитопровода. При това са в сила следните зависимости:

Преди нарастване на напрежението U_1 :

$$f_{em min} = k \Phi_w^2 = f_{co},$$

където k е константа, която зависи от сечението на потока на привличане, $f_{em\ min}$ е средната стойност механичната сила на привличане, а f_{co} е стойност, с която пружинката действа върху шунта при отстоянието му до магнитопровода δ .

При нарастване на напрежението с ΔU_1 , стойността на потока Φ_1 е

$$\Phi_1 = \Phi_{1min} + \frac{\Delta U_1}{W_1 \omega}$$

Това нарастване на потока трябва да премине изцяло през шунта, т.е.:

$$\Phi_w = \Phi_{w\ min} + \frac{\Delta U}{W \omega}$$

За да се изпълни това условие е необходимо шунтът да се премести към магнитопровода на някакво разстояние x , така че общата въздушна междина по пътя на Φ_w да стане $2\delta(x) = 2(\delta_0 - x)$. Големината на това преместване x трябва да има стойност определена от равенството:

$$\frac{U_{1min} + \Delta U_1}{U_{1min}} \cdot \frac{\mu_0 \frac{S}{2(\delta_0 - x)}}{\mu_0 \frac{S}{2\delta_0}} - \Phi_{w\ min} = \frac{\Delta U_1}{W_1 \omega}$$

или

$$x = \delta_0 \left[1 - \frac{\Phi_{w\ min} \left(1 + \frac{\Delta U_1}{U_{1min}} \right)}{\Phi_{w\ min} + \frac{\Delta U_1}{W_1 \omega}} \right] \quad [1]$$

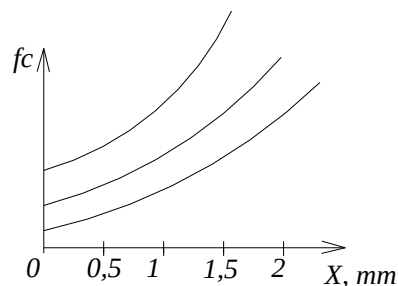
Преместването x , определено по горната формула създава през шунта необходимия поток,

$$\Phi_{w\ min} + \frac{\Delta U_1}{W_1 \omega}$$

За да бъде шунта в равновесие е необходимо създадената от пружината противодействаща сила да е равна и противоположна на електромагнитната.

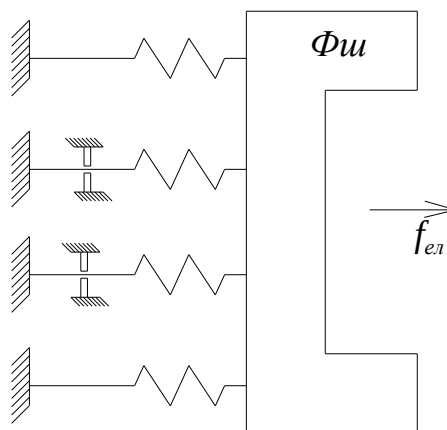
$$f_c = k \left(\Phi_{min} + \frac{\Delta U_1}{W_1 \omega} \right)^2 \quad [2]$$

Формулите 1 и 2 изразяват зависимостта $f_c = F(x)$ в параметричен вид при параметъра ΔU_1 . На фиг.2 са показани криви на тази зависимост за конкретни случаи.



Фиг.2

Вижда се, че подобни зависимости не може да се реализират с една еластична връзка, която създава линейна зависимост. На фиг.3 е показана възможност за апроксимиране на необходимата крива с реална, представляваща два линейни участъка с различен наклон.



Фиг.3

По този начин може да се постигне приблизително стабилизиране, което да осигури работата на консуматора в рамките на стандартните $\pm 5\%$ /за освет. уредби $\pm 2\%$ /, при значително по-големи отклонения на захранващото напрежение.

Идеята на показаната възможност е при малки стойности на x , съпротивителната сила да се създава от две паралелно свързани пружини, а при нарастване на x съпротивителната сила да се създава от четири пружини.

В заключение може да се каже, че в съвременните рудници се използват голям брой маломощни консуматори, които работят с по-ниско напрежение в сравнение с номиналното напрежение на мрежата ниско напрежение, $U_H = 380/660\text{ V}$.

Следователно всеки един от тези консуматори е свързан към електроснабдителната мрежа с понижаващ трансформатор. Включването и изключването на тези консуматори се извършва с контактен прекъсвач, който при наличие на взривоопасна атмосфера трябва да бъде във взривоопасно изпълнение. Подаваното напрежение към тези консуматори може да варира в широки граници, в зависимост от мястото на присъединяване към захранващата мрежа на понижаващия трансформатор и режима на други консуматори захранвани от нея. В някои случаи

отклонението от номиналното напрежение може да надхвърли допустимите норми, което може да има следните отрицателни последици:

- понижаване ефективността /въздействието/ на защитите;
- води до намаляване на въртящия момент и прегряване на електродвигателите;
- при осветителните тела, понижаването на захранващото напрежение води до намаляване на светлинния поток, което влошава работните условия. Повишеното напрежение рязко снижава живота на осветителните тела, особено на лампите с нажежена жичка.
- При лампите с нажежена жичка контактното /мигновено/ подаване на захранващото напрежение е свързано

със значителен токов удар (до 10 пъти I_n), което също съкращава живота на лампата.

Литература

Козаров А.С,Т.А.Върбев,Възможност за подобряване на захранването на осветителния товар в подземните рудници,Минно дело и геология,бр.8,2004г.

Върбев Т.А.,Възможност за използване на трансформатор с магнитен шунт като максималнотокова защита, Год. МГУ "Св.Ив.Рилски", том 51,св.III, стр.117-119.

Кърцелин Е. И др.,Електроснабдяване на подземни рудници за механизирани добиви на въглища . Год.на МГУ "Св.Ив.Рилски",том 46,св.III,с.139-144,София.

*Препоръчана за публикуване от катедра
„Електрификация на минното производство”, МЕМФ*