

UOT 621.313

**MAQNİT QEYRİ-SİMMETRİKLİYİNİ NƏZƏRƏ  
ALMAQLA ÜÇFAZLI GÜC TRANSFORMATORLARININ  
TƏDQIQINƏ DAİR**

**MƏMMƏDOV F.İ., HÜSEYNOV R.A., HACIYEV N.İ.**

*Sumqayıt Dövlət Universiteti*

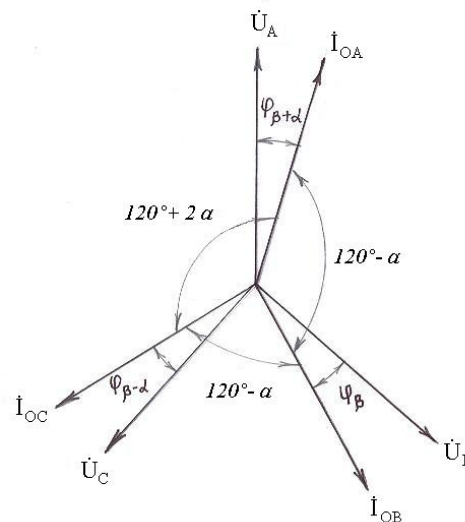
Üçfazlı güc transformatorlarının maqnit sistemində olan qeyri-simmetriklilik tədqiq edilir. Maqnit qeyri-simmetrikliliyini nəzərə almaqla qurğunun hər bir fazasında yüksüz işləmə rejiminə uyğun cərəyanlar və güclər, transformatorun fazalarında maqnit qeyri-simmetrikliliyindən yaranan faz sürüşməsinin transformatorun konstruktiv ölçülərindən asılı olan ifadələri təyin olunur.

Sənayenin demək olar ki, bütün sahələrində olan qidalandırıcı yarımstansiyalarda üçfazlı güc transformatorları (ÜGT) istismar olunur. Məlumdur ki, belə ÜGT-lər elektrik şəbəkə və sistemlərinin əsas elementləri hesab olunur. Mövcud texniki ədəbiyyatlarda ÜGT-nin dövrəsində baş verən fiziki proseslərin hərtərəfli tədqiq olunması haqqında məlumat verilir. Lakin ÜGT-nin maqnit qeyri-simmetrikliliyindən asılı olaraq onun girişinə verilən gücün qəbul edilib, tələbatçıya ötürülməsi lazımı səviyyədə tədqiq olunmayıbdır.

Hazırkı məqalədə ÜGT-də olan maqnit qeyri-simmetrikliliyini nəzərə almaqla, transformator tərəfindən şəbəkədən qəbul edilib istifadəçiyə ötürülməsi zamanı gücün qiymətinin düzgün təyin edilməsi məsələsinə baxılır.

Nəzərdə tutulan məsələnin həlli ÜGT-nin yüksüz işləmə və yük rejimlərinə uyğun yerinə yetirilə bilər. Bu məqalədə transformatorun yüksüz işləmə rejimində maqnit qeyri-simmetrikliliyinin təsirinə tədqiqə baxılır.

ÜGT-nin maqnit sistemində fazaların maqnitləşdirici cərəyanları bir-birinə bərabər olmayıb, qeyri simmetrik sistem yaradır. Buna görə də ÜGT-nin fazalarından axan cərəyanların birinci harmonikalari bir-birinə nəzərən  $120^\circ$  faza sürüşməsindən fərqli olur ki, bu da şəkil 1-də verilən vektor diaqramında göstərilmişdir. Vektor diaqramında göstərilən  $U_A, U_B, U_C$  – faz gərginlikləri,  $I_{OA}, I_{OB}, I_{OC}$  – yüksüz işləmə rejiminə uyğun gələn faz cərəyanlarıdır. Şəkil-dən görünür ki, cərəyan vektorları arasındakı faz sürüşmə bucaqları uyğun olaraq  $120^\circ - \alpha$ ;  $120^\circ - \alpha$  və  $120^\circ + 2\alpha$  olur.



Şək.1.

ÜGT-nin faz cərəyanları ilə, faz gərginlikləri arasındakı sürüşmə bucaqları uyğun olaraq  $\varphi_A = \varphi_B + \alpha$ ;  $\varphi_B$  və  $\varphi_C = \varphi_B - \alpha$  kimi alınır. Uyğun olaraq ÜGT-nin yüksüz işləmə rejiminə uyğun gələn güclər  $P_{OA}$ ,  $P_{OB}$  və  $P_{OC}$  qəbul edilir. Fazalarda ölçülən bu güclər sistemdə maqnit qeyri-simmetrikliliyi olduqda müxtəlif alınır [1]. Vektor diaqramına uyğun olaraq

$$\begin{aligned}\dot{\mathcal{E}}_{OA} &= I_{OAm} e^{-j(\varphi_B + \alpha)} \\ \dot{\mathcal{E}}_{OB} &= I_{OBm} e^{-j(120^\circ + \varphi_B)} \\ \dot{\mathcal{E}}_{OC} &= I_{OCm} e^{-j(240^\circ + \varphi_B - \alpha)}\end{aligned}\quad (1)$$

kimi yazılır. Burada  $\alpha$  - maqnit qeyri-simmetrikliliyindən yaranan faz sürüşmə bucağıdır.

Hər bir fazanın gücü uyğun olaraq:

$$\begin{aligned}P_{OA} &= U_A I_{OAm} \cos(\varphi_B + \alpha) \\ P_{OB} &= U_B I_{OBm} \cos \varphi_B \\ P_{OC} &= U_C I_{OCm} \cos(\varphi_B - \alpha)\end{aligned}\quad (2)$$

kimi təyin edilir. ÜGT-nin tam aktiv gücü aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$P_O = U_A I_{OAm} \cos(\varphi_B + \alpha) + U_B I_{OBm} \cos \varphi_B + U_C I_{OCm} \cos(\varphi_B - \alpha).\quad (3)$$

Sonuncu ifadə üzərində çevirmə aparıb oxşar hədləri islah etmiş olsaq ÜGT-nin tam aktiv gücünün

$$P_0 = [(U_A I_{OAm} + U_C I_{OCm}) \cos \alpha + U_B I_{OBm}] \cos \varphi_B\quad (4)$$

olduğunu alırıq.

Tədqiq olunan transformatorun yüksüz işləmə rejimində  $U_A = U_B = U_C = U_O$  və  $I_{OAm} = I_{OCm} = I_O$  qəbul olunduğu üçün (4) ifadəsi

$$P_0 = U_O [2I_O \cos \alpha + I_{OBm}] \cos \varphi_B\quad (5)$$

kimi yazılır. Qeyd etmək lazımdır ki, bütün üçfazlı güc transformatorları üçün  $I_O \approx I_{OBm}$  qəbul edilir. Bu halda

$$P_0 = U_O I_O \cos \varphi_B (1 + 2 \cos \alpha)\quad (6)$$

olduğu alınır. Burada  $\cos \varphi_B = \cos \varphi_O$  qəbul edilir.

Alınmış sonuncu ifadədən görünür ki, transformatorun dövrəsində maqnit qeyri-simmetrikliliyi olduqda (6) ifadəsi

$$P_0 = U_O I_O \cos \varphi_O\quad (7)$$

ifadəsi ilə müqaisə olunduqda

$$(1 + 2 \cos \alpha) < 3\quad (8)$$

bərabərsizliyi alınır.

(8) bərabərsizliyindən aydın görünür ki,  $\alpha = 0$  olduqda transformatorunda maqnit qeyri-simmetrikliliyi olmur və  $1 + 2 \cos \alpha = 3$  alınır. Lakin  $\alpha \neq 0$  olduqda (8) bərabərsizliyi güvvədə qalır. Burada  $\alpha$  -nın qiyməti artdıqca  $(1 + 2 \cos \alpha)$  ifadəsi azalır. Bunun hesabına transformatorun mənbədən qəbul etdiyi aktiv güc azalmış olur və bu da onun real konstruksiyasından asılıdır. Əgər ÜGT-nin çubuqlarının uzunluğunu  $h$ , çubuqların mərkəzi oxları arasındakı məsafəni  $d$  qəbul etmiş olsaq  $B$  fazasının maqnit müqaviməti,  $A$  və  $C$  fazalarının maqnit müqavimətlərindən kiçik olur. Buna uyğun olaraq transformatorun  $B$  fazasının induktiv müqaviməti  $A$  və  $C$  fazalarının induktiv müqavimətlərinin hər birindən çox olur. Bununla əlaqədar olaraq  $I_{OBm} < I_{OAm}$  və  $I_{OBm} < I_{OCm}$  olur. Bununla belə  $I_{OAm} = I_{OCm} = I_O$  alınır.

ÜGT-nin yüksüz işləmə rejimində maqnit qeyri-simmetrikliliyindən yaranan  $\alpha$  bucağı, onun həndəsi ölçülərindən asılıdır. Bu asılılığı təyin etmək üçün transformatorun maqnit sisteminin hesabı aparılır və bu hesabatdan [2]

$$\operatorname{tg} \alpha_A = \frac{\sqrt{3}}{3} \frac{h+4d}{3h+4d} = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{1+\frac{4d}{h}}{3+\frac{4d}{h}} \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_C = -\frac{\sqrt{3}}{3} \frac{h+4d}{3h+4d} = -\frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{1+\frac{4d}{h}}{3+\frac{4d}{h}} \quad (10)$$

alınır. Burada  $n = \frac{2d}{h}$  əvəzləməsi aparsaq

$$\operatorname{tg} \alpha_A = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{1+2n}{3+2n} \quad (11)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_C = -\frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{1+2n}{3+2n} \quad (12)$$

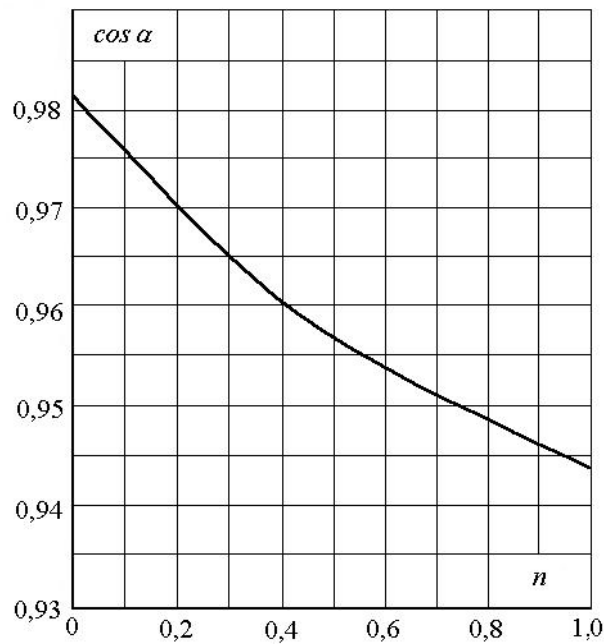
olduğunu alarıq.  $|\alpha_B| = |\alpha_C| = \alpha$  olduğu üçün (11) ifadəsindən

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{1+b^2}} \quad (13)$$

alınır. Burada

$$b = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{1+2n}{3+2n} \quad (14)$$

Alınmış (13) ifadəsindən görünür ki, maqnit qeyri-simmetrikliliyini xarakterizə edən  $\cos \alpha$  kəmiyyəti transformatorun həndəsi ölçülərindən asılı olaraq təyin edilir. Şəkil 2-də  $\cos \alpha$ -nın  $\frac{2d}{h} = n$ -dən asılılığı veriləlidir. Xarakteristikadan görünür ki,  $n$  artıqca  $\cos \alpha$  azalır və  $n=1$  olduqda  $\cos \alpha = 0,942$  alınır.



Şəkil 2.

ÜGT-nin real konstruksiyasında  $n \neq 0$  olur. Buna görə də  $n$  üçün ən kiçik qiymət  $n = 0,1$  qəbul edilir.  $n = 0,1$  qiymətinə uyğun gələn  $\cos \alpha = 0.977$  olur və buna uyğun olan  $\alpha = 12^\circ$  alınır.

Beləliklə, (7)-dən (6)-nı çıxıb, (7)-yə bölmüş olsaq, maqnit qeyri-simmetriklidən yaranan güc xətasını ala bilərik. Alınmış ifadə

$$\beta_C = 200 \cdot \frac{1 - \cos \alpha}{3} \% \quad (15)$$

kimi yazılır. Burada (13) və (14) ifadələrini nəzərə almış olsaq və  $b < 1$  şərti daxilində qəbul edilmiş təqribi düsturdan istifadə etmiş olsaq, alınmış yeni ifadəni

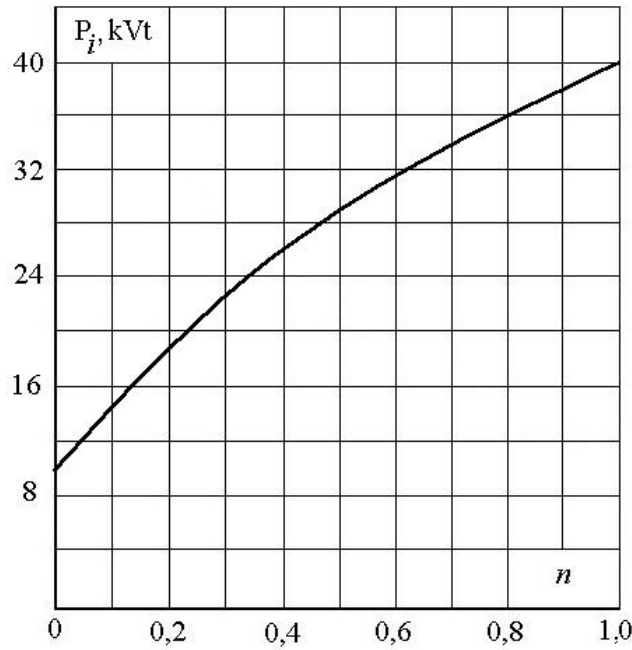
$$\beta_C = 11.11 \cdot \left( \frac{1 + 2n}{3 + 2n} \right)^2 \% \quad (16)$$

kimi yazıla bilər. Alınmış sonuncu ifadə ilə ÜGT-nin elektrik şəbəkəsindəngötürmüş olduğu gücün onun həndəsi ölçülərindən asılılığı alınır. (16)-nı nəzərə almaqla ÜGT-nin izafi gücü:

$$P_i = \frac{\beta_C \cdot P_t}{100} = \frac{P_t}{100} \cdot 11.11 \left( \frac{1 + 2n}{3 + 2n} \right)^2 = 0.1111 P_t \left( \frac{1 + 2n}{3 + 2n} \right)^2 \quad (17)$$

olur. Burada  $P_t$  - ÜGT-nin tam aktiv gücüdür.

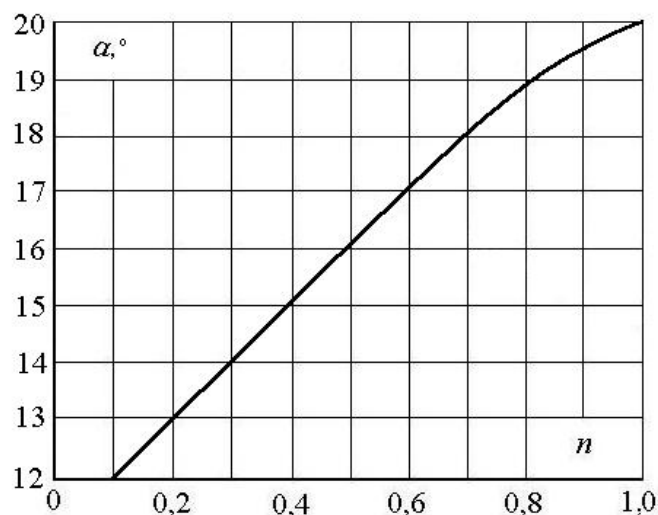
Şəkil 3-də  $P_i = f(n)$  asılılığı verilmişdir.



Şəkil 3.

Alınmış xarakteristikadan görünür ki,  $n$  artdıqca transformatorun elektrik şəbəkəsindən qəbul etdiyi izafi güc, ona mütənasib olaraq artır.  $P_t = 1 MVt$  qəbul etmiş olsaq,  $n = 0,1$  olduqda  $P_i = 15,6$  kVt alınır. Bu o deməkdir ki, transformator elektrik şəbəkəsindən  $1 MVt$  güc əvəzində  $984 kVt$  götürür.  $n = 1$  olduqda isə həmin gücün qiyməti  $960 kVt$ -a bərabər alınır. Beləliklə, müxtəlif güclü transformatorlarda şəbəkədən götürülən izafi gücün qiyməti də müxtəlif olur.  $n$ -in qiymətindən asılı olaraq götürülən izafi gücün qiyməti artır. Bu gücə nə enerji verən, nə də istifadəçilər tərəfindən nəzarət edilmir.

Elə ÜGT-lər mövcuddur ki, onlarda maqnit qeyri-simmetriklidən yaranan faz sürüşmə bucağı  $12^\circ$ -dən  $20^\circ$ -yə kimi dəyişə bilər.  $\alpha$ -nın qiymətinin  $n$ -dən asılı dəyişmə qrafiki şəkil 4-də verilmişdir.



Şək.4.

1. *Məmmədov F.İ., Hüseynov R.A., Həsəyev N.İ., Əmrəliyev A.B.* Üçfazlı alçaq mexaniki tezlikli vibrotəsirləndiricinin maqnit sistemində simmetrikliliyin təmin olunmasına dair. Sumqayıt Dövlət Universiteti, «Elmi xəbərlər», Sumqayıt, 2003, № 2, Cild 3, s.55-58.
2. *Məmmədov F.İ., Hüseynov R.A., Həsəyev N.İ.* Maqnit qeyri-simmetriyası olan üçfazlı elektromaqnit vibrotəsirləndiricinin parametrlərinin təyini. Energetikanın problemləri, Bakı, 2003, № 1, s.126-131.

**К ИССЛЕДОВАНИЮ ТРЕХФАЗНОГО  
СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА С УЧЕТОМ  
МАГНИТНОЙ АСИММЕТРИИ**

**МАМЕДОВ Ф.И., ГУСЕЙНОВ Р.А., ГАДЖИЕВ Н.И.**

Исследуется асимметрия в магнитной системе трехфазного силового трансформатора. Определяются токи и мощности соответствующие режиму холостого хода в каждой из фаз установки с учетом магнитной асимметрии, а также зависимости фазового смещения, возникающего в фазах трансформатора из-за магнитной асимметрии от конструктивных размеров трансформатора.

**TO RESEARCH OF A THREE-PHASE POWER  
TRANSFORMER WITH ALLOWANCE FOR  
OF MAGNETIC ASYMMETRY**

**MAMMADOV F.I., HUSEYNOV R.A., HAJIYEV N.I.**

The asymmetry in a magnet system of a three-phase power transformer is studied. The currents and powers conforming to an idling in each of phases of the installation with allowance for of magnetic asymmetry, and also relation of phase displacement arising in phases of the transformer because of magnetic asymmetry from the design sizes of the transformer are determined.