2000 Nr kol. 1466

Władysław MIZIA Katedra Maszyn i Urządzeń Elektrycznych Politechniki Śląskiej

ANALIZA AUTOTRANSFORMATORA O UZWOJENIU CYLINDRYCZNYM TRÓJCZĘŚCIOWYM

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę nowego typu autotransformatora o uzwojeniu trójczęściowym. Części składowe są uzwojeniami cylindrycznymi rozmieszczonymi współśrodkowo na kolumnie rdzenia magnetycznego. Autotransformator może służyć do zasilania dwóch odbiorów o różnych napięciach znamionowych i zastępować transformator trójuzwojeniowy jeżeli nie zachodzi potrzeba elektrycznego rozdzielenia strony pierwotnej i stron wtórnych. Określono rezystancje oraz indukcyjności własne i wzajemne części składowych uzwojenia, a następnie na podstawie równań napięciowych i prądowych wprowadzono schemat zastępczego i indukcyjności zwarcia przy określonych danych projektowych dotyczących rdzenia magnetycznego i części składowych uzwojenia.

ANALYSIS OF AN AUTOTRANSFORMER WITH A CYLINDRICAL THREE-PART WINDING

Summary. The paper presents analysis of the new type of an autotransformer with a cylindrical three-part winding. The winding components are cylindrical windings placed concentricly around the magnetic core column. The autotransformer can supply two loads of different rated voltages. It can also replace a three-winding transformer if there is no need of electric separation between the primary side and secondary ones. The resistances, self-inductances and mutual inductances of the winding component parts have been determined Next, basing on the voltage and current equations the autotransformer equivalent diagram has been introduced. The dependences determining the equivalent diagram parameters as well as the short-circuit inductances for the given desing data concerning the magnetic core and winding component parts have been presented, too.

1. WSTĘP

Transformator trójuzwojeniowy o przekładniach zwojowych

$$n_2 = \frac{N_1}{N_2}, \qquad n_3 = \frac{N_1}{N_3}$$

(1)

może zastąpić autotransformator o uzwojeniu trójczęściowym (rys. 1), jeżeli nie zachodzi potrzeba elektrycznego rozdzielenia strony pierwotnej i stron wtórnych.





Przy zachowaniu przekładni zwojowych uzwojenie autotransformatora składa się z części:

| a | (A-B) |) o liczbie | zwojów | N _a | $= (N_1 - N_1)$ | $-N_{2}$), | (| (2) |
|---|-------|-------------|--------|----------------|-----------------|-------------|---|-----|
| | | | | | (11 | | | (2) |

b (B-C) o liczbie zwojów
$$N_b = (N_2 - N_3),$$
 (3)

$$C(C-X) \circ \text{HCZDIE ZWOJOW } N_c = N_3.$$
(4)

Dla autotransformatora (rys. 1)

$$i_2 = i_a + i_b,$$
 (5)
 $i_2 = i_a - i_b,$ (6)

$$i_3 = i_c - i_b \,, \tag{C}$$

a przy pominięciu prądu jałowego

i_a

$$N_a - i_b N_b - i_c N_c = 0. (7)$$

Z równań (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) wynika, że prądy w częściach składowych uzwojenia

$$i_a = i_2 (1 - r_2) + i_3 (1 - r_3), \tag{8}$$

$$i_{b} = i_{2}r_{2} - i_{3}(1 - r_{3}), \tag{9}$$

$$i_c = i_2 r_2 + i_3 r_3, (10)$$

przy czym współczynniki redukcji

$$r_2 = 1 - \frac{1}{n_2}, \qquad r_3 = 1 - \frac{1}{n_3}.$$
 (11)

Przy określonych:

- napięciach U1, U2, U3, a więc i współczynnikach redukcji,
- mocach S₂, S₃ odbiorników,

suma mocy części składowych uzwojenia autotransformatora jest mniejsza od sumy mocy uzwojeń równoważnego transformatora trójuzwojeniowego [5]. Oznacza to, że autotransformator o uzwojeniu trójczęściowym pozwala na bardziej oszczędne transformowanie napięć w porównaniu z transformatorem trójuzwojeniowym. Uzasadnione jest zatem określenie dodatkowych właściwości autotransformatora, np. schematu zastępczego i jego parametrów, pozwalających na pełniejsze jego porównanie z transformatorem trójuzwojeniowym. Analogicznie do transformatora trójuzwojeniowego wprowadzono pojęcie stron górnego, średniego i dolnego napięcia.

2. PARAMETRY ELEKTROMAGNETYCZNE CZĘŚCI SKŁADOWYCH UZWOJENIA AUTOTRANSFORMATORA

Na rys. 2 podano podstawowe wymiary rdzenia magnetycznego i części składowych A-B, B-C, C-X uzwojenia autotransformatora obniżającego napięcie. Każda z części składowych jest uzwojeniem cylindrycznym. Części składowe uzwojenia są rozmieszczone współśrodkowo na kolumnie i mają jednakową wysokość zbliżoną do wysokości kolumny rdzenia magnetycznego.

Rezystancja k-tej części uzwojenia

$$R_{k} = \frac{k_{k} N_{k} l_{k}}{\gamma S_{k}}$$
(12)

gdzie:

k_k – współczynnik powiększenia się rezystancji dla prądu przemiennego,

 $N_k - \text{liczba zwojów,}$

 $l_k = \pi (d_k + a_k) -$ średnia długości zwoju,

 γ – konduktywność,

 S_k – powierzchnia przekroju poprzecznego przewodu,

 d_a , d_b , d_c , d, a_a , a_b , a_c – podano na rys. 2.





Fig. 2. Basic dimension of the magnetic core and winding component parts of an autotransformer

Na podstawie np. pracy [3]:

Xo

xb

indukcyjność własna k-tej części uzwojenia

$$L_k = L_{kFe} + L_{k\sigma} \tag{13}$$

przy czym: k = a, b, c

$$L_{kFe} = N_k^2 \Lambda_{Fe}, \tag{14}$$

2

$$L_{k\sigma} = N_k^2 \Lambda_{k\sigma}, \qquad (15)$$

$$\Lambda_{k\sigma} = \frac{\mu_0}{b} \left[\frac{a_k l_k}{3} - \frac{\pi a_k^2}{6} + \frac{\pi}{4} \left(d_k^2 - d^2 \right) \right],$$
(16)

 A_{Fe} - permeancja rdzenia magnetycznego,

indukcyjności wzajemne części składowych uzwojenia

$$M_{ab} = M_{abFe} + M_{ab\sigma}, \tag{17}$$

$$M_{ac} = M_{ac}F_{a} + M_{ac}\sigma, \tag{18}$$

$$M_{bc} = M_{bcFe} + M_{bc\sigma}, \tag{19}$$

przy czym: $M_{abFe} = N_a N_b \Lambda_{Fe}$, $M_{acFe} = N_a N_c \Lambda_{Fe}$, $M_{bcFe} = N_b N_c \Lambda_{Fe}$, (20)

$$M_{ab\sigma} = N_a N_b \Lambda_{ab\sigma}, \quad M_{ac\sigma} = N_a N_c \Lambda_{ac\sigma}, \quad M_{bc\sigma} = N_b N_c \Lambda_{bc\sigma}, \quad (21)$$

$$\Lambda_{ab\sigma} = \frac{\mu_o}{b} \left[\frac{a_b l_b}{2} - \frac{\pi a_b^2}{6} + \frac{\pi}{4} \left(d_b^2 - d^2 \right) \right], \tag{22}$$

$$\Lambda_{ac\sigma} = \Lambda_{bc\sigma} = \frac{\mu_o}{b} \left[\frac{a_c l_c}{2} - \frac{\pi a_c^2}{6} + \frac{\pi}{4} \left(d_c^2 - d^2 \right) \right]. \tag{23}$$

Znajomość rezystancji, indukcyjności własnych i wzajemnych części składowych uzwojenia autotransformatora pozwala na sformułowanie równań ogólnych, wprowadzenie schematu zastępczego i określenie jego parametrów.

3. RÓWNANIA OGÓLNE I SCHEMAT ZASTĘPCZY

Napięcie zasilania autotransformatora ma zwykle znamionową częstotliwość i jest zbliżone do napięcia znamionowego uzwojenia pierwotnego. W tych warunkach zasilania można przyjąć, że rezystancje i indukcyjności części składowych autotransformatora są stałe. Indukcyjności wzajemne części składowych uzwojenia spełniają zależności

$$M_{ab} = M_{ba}, \quad M_{ac} = M_{ca}, \quad M_{bc} = M_{cb},$$
 (24)

$$M_{ab\sigma} = M_{ba\sigma}, \quad M_{ac\sigma} = M_{ca\sigma}, \quad M_{bc\sigma} = M_{cb\sigma},$$
 (25)

a z wyrażeń (20, 21, 23) wynika, że:

$$M_{abFe} = M_{acFe} \frac{N_b}{N_c}, \tag{26}$$

$$M_{abFe} = M_{bcFe} \frac{N_a}{N_c}, \tag{27}$$

$$M_{acFe} = M_{bcFe} \frac{N_a}{N_b},\tag{28}$$

$$M_{ac\sigma} = M_{bc\sigma} \frac{N_a}{N_b}.$$
⁽²⁹⁾

Dla autotransformatora (rys. 1) obniżającego napięcie obowiązują zależności (5, 6), a ponadto:

napięcie zasilania

$$u_1 = R_a i_a + \frac{d\Psi_a}{dt} + u_2, \tag{30}$$

napięcia stron wtórnych

$$u_2 = \frac{d\Psi_b}{dt} - R_b i_b + u_3,\tag{31}$$

$$u_3 = \frac{d\Psi_c}{dt} - R_c i_c \,. \tag{32}$$

Strumień sprzężony z częścią a uzwojenia

 $\Psi_a = (L_{aFe} + L_{a\sigma})i_a - (M_{abFe} + M_{ab\sigma})i_b - (M_{acFe} + M_{ac\sigma})i_c$

i po uwzględnieniu zależności (2, 3, 4, 5, 6, 14, 20)

(39)

$$\Psi_a = L_{t1}i_a + L_{t2}i_2 - M_{ac}i_3 \tag{33}$$

przy czym:
$$L_{i1} = \frac{N_1}{N_1} L_{aFe} + L_{a\sigma} + M_{ab\sigma} + M_{ac\sigma}$$
, (34)

$$L_{t2} = -(M_{ab} + M_{ac}). \tag{35}$$

Strumień sprzężony z częścią b uzwojenia

 $\Psi_{b} = (M_{abFe} + M_{ab\sigma})i_{a} - (L_{bFe} + L_{b\sigma})i_{b} - (M_{23Fe} + M_{23\sigma})i_{c}$

i po uwzględnieniu zależności (2, 3, 4, 5, 6, 14, 20)

$$\Psi_b = M_{ab}i_2 - L_{Tb}i_b - M_{bc}i_3, \tag{36}$$

przy czym:
$$L_{Tb} = \frac{N_1}{N_b} L_{bFe} + L_{b\sigma} + M_{ab\sigma} + M_{bc\sigma}$$
 (37)

Strumień sprzężony z częścią c uzwojenia

$$\Psi_{c} = (M_{acFe} + M_{ac\sigma})i_{a} - (M_{bcFe} + M_{bc\sigma})i_{b} - (L_{cFe} + M_{c\sigma})i_{c}$$

i po uwzględnieniu zależności (2, 3, 4, 5, 6, 14, 20)

$$\Psi_c = M_{ac} i_2 - L_{l3} i_3 - L_{Tc} i_c \tag{38}$$

przy czym: $L_{t3} = -(M_{ac} + M_{bc}),$

$$L_{Tc} = \frac{N_1}{N_c} L_{cFe} + L_{c\sigma} + M_{ac\sigma} + M_{bc\sigma} \,. \tag{40}$$

Na podstawie zależności (32, 38) otrzymuje się równanie

$$u_3 + L_{t3} \frac{di_3}{dt} - e_2 = -L_{Tc} \frac{di_c}{dt} - R_c i_c,$$
(41)

przy czym: $e_2 = M_{ac} \frac{di_2}{dt}$. (42)

Z wyrażeń (31, 32) wynika, że:

$$u_2 = \frac{d}{dt} \left(\Psi_b + \Psi_c \right) - R_b i_b - R_c i_c \,. \tag{43}$$

Na podstawie wyrażeń (36, 38) suma strumieni sprzężonych

$$\Psi_b + \Psi_c = (M_{ab} + M_{ac})i_2 - (L_{I3} + M_{bc})i_3 - L_{Tb}i_b - L_{Tc}i_c.$$
⁽⁴⁴⁾

Korzystając z wyrażeń (39, 43, 44) otrzymuje się równanie

$$u_{2} + L_{t2} \frac{di_{2}}{dt} - e_{3} = -L_{Tb} \frac{di_{b}}{dt} - R_{b}i_{b} - L_{Tc} \frac{di_{cb}}{dt} - R_{c}i_{c}, \qquad (45)$$

przy czym:
$$e_3 = M_{ac} \frac{di_3}{dt}$$
 (46)

Na podstawie wyrazeń (30, 33, 46) otrzymuje się równanie

$$u_1 = R_a i_a + L_{t1} \frac{di_a}{dt} + L_{t2} \frac{di_2}{dt} - e_3 + u_2.$$
(47)

Równaniom (5, 6, 41, 45, 47) odpowiada schemat zastępczy (rys. 3) autotransformatora z uzwojeniem cylindrycznym trójczęściowym.



Rys. 3. Schemat zastępczy autotransformatora o uzwojeniu trójczęściowym Fig. 3. Equivalent diagram of a three-part winding autotransformer

Parametry – rezystancje i indukcyjności – schematu zastępczego określają zależności (12, 34, 35, 37, 39, 40), a siły elektromotoryczne zależności (42, 46). Indukcyjności L_{12} , L_{13} są ujemne. Wprowadzony schemat zastępczy umożliwia analizę pracy autotransformatora przy symetrycznym ustalonym i nieustalonym stanie pracy wynikającym np. z procesów łączeniowych. Ilościowe ujęcie analizowanych zagadnień wymaga znajomości parametrów schematu zastępczego.

Podane w p. 2 i 3 zależności pozwalają na obliczeniowe określenie parametrów schematu zastępczego na podstawie danych projektowych autotransformatora dotyczących rdzenia magnetycznego i części składowych uzwojenia cylindrycznego.

Wyznaczone w ten sposób parametry schematu zastępczego są zwykle mało dokładne ze względu na przyjmowane założenia upraszczające przy określaniu:

- przestrzennych rozkładów indukcji magnetycznej pola magnetycznego rozproszenia,
- permeancji rdzenia magnetycznego.

Parametry schematu zastępczego można również określić na podstawie wyników pomiarowych wybranych stanów pracy autotransformatora.

4. INDUKCYJNOŚCI ZWARCIA

Indukcyjności zwarcia decydują o prądach zwarcia, a więc o siłach elektrodynamicznych, których działanie muszą wytrzymywać uzwojenia oraz o mocy wyłączalnej z wyłączników. Spełnienie określonych wymagań w odniesieniu do indukcyjności zwarcia należy do podstawowych zadań projektanta autotransformatora. Należy zatem określić zależności indukcyjności zwarcia od wymiarów geometrycznych rdzenia magnetycznego oraz liczby zwojów i wymiarów części składowych uzwojenia autotransformatora. Na ogół z wystarczającą dokładnością można posługiwać się zależnościami przy pominięciu rezystancji części składowych uzwojenia.

Przy pominięciu rezystancji części składowych uzwojenia indukcyjności autotransformatora przy zasilanej stronie górnego napięcia oraz przy:

zwartej stronie średniego i rozwartej stronie dolnego napięcia (rys. 3)

$$L_{z12} = L_{t1} + \frac{L_{t2}(L_{Tb} + L_{Tc})}{L_{t2} + L_{Tb} + L_{Tc}},$$
(48)

- zwartej stronie dolnego i rozwartej stronie średniego napięcia (rys. 3)

$$L_{z13} = L_{t1} + L_{Tb} + \frac{L_{t3}L_{Tc}}{L_{t3} + L_{Tc}}.$$
(49)

Po uwzględnieniu:

- zależności (2, 3, 4, 14, 18, 19, 20, 34, 35, 37, 39, 40),
- nierówności $N_2^2 \Lambda_{Fe} >> L_{b\sigma} + L_{c\sigma} + 2M_{bc\sigma}$

oraz pominięciu odpowiednio składników

$$(M_{ab\sigma} + M_{ac\sigma})(L_{b\sigma} + L_{c\sigma} + M_{ab\sigma} + M_{ac\sigma} + 2M_{bc\sigma})$$

lub

$$(M_{ac\sigma} + M_{bc\sigma}) (L_{c\sigma} + M_{ac\sigma} + M_{bc\sigma})$$

jako małych w porównaniu z pozostałymi otrzymuje się na ogół wystarczająco dokładne zależności przybliżone:

$$L_{z12} = L_{a\sigma} - \frac{N_1 - N_2}{N_2} \left(L_{b\sigma} + L_{c\sigma} + 2M_{ab\sigma} + 2M_{ac\sigma} + 2M_{bc\sigma} \right),$$
(50)

$$L_{z13} = L_{a\sigma} + L_{b\sigma} + 2M_{ab\sigma} - \frac{N_1 - N_3}{N_3} \left(L_{c\sigma} + 2M_{ac\sigma} + 2M_{bc\sigma} \right).$$
(51)

Przy pominięciu rezystancji części składowych uzwojenia indukcyjności autotransformatora:

 przy zasilanej stronie średniego napięcia oraz zwartej stronie górnego i rozwartej stronie dolnego napięcia (rys. 3)

$$L_{z21} = L_{t2} + \frac{L_{t1}(L_{Tb} + L_{Tc})}{L_{t1} + L_{Tb} + L_{Tc}},$$
(52)

 przy zasilanej stronie dolnego napięcia oraz zwartej stronie górnego i rozwartej stronie średniego napięcia

$$L_{z31} = L_{t3} + \frac{L_{Tc} \left(L_{t1} + L_{Tb} \right)}{L_{t1} + L_{Tb} + L_{Tc}}.$$
(53)

Po uwzględnieniu:

- zależności (2, 3, 4, 14, 18, 19, 20, 34, 35, 37, 39, 40),

- nierówności $N_1^2 \Lambda_{Fe} >> L_{a\sigma} + L_{b\sigma} + L_{c\sigma} + 2(M_{ab\sigma} + M_{ac\sigma} + M_{bc\sigma})$

oraz pominięciu odpowiednio składników:

$$(L_{a\sigma} + M_{ab\sigma} + M_{ac\sigma}) (L_{b\sigma} + L_{c\sigma} + M_{ab\sigma} + M_{ac\sigma} + 2M_{bc\sigma})$$

lub

$$(L_{c\sigma} + M_{ac\sigma} + M_{bc\sigma}) (L_{a\sigma} + L_{b\sigma} + 2M_{ab\sigma} + M_{ac\sigma} + M_{bc\sigma})$$

jako małych w porównaniu z pozostałymi otrzymuje się, na ogół wystarczająco dokładne, zależności przybliżone:

$$L_{z21} = \frac{N_2}{N_1} L_{a\sigma} + \frac{N_1 - N_2}{N_1} \left(L_{b\sigma} + L_{c\sigma} + 2M_{bc\sigma} \right)$$
(54)

$$L_{z31} = \frac{N_1 - N_3}{N_1} L_{c\sigma} + \frac{N_3}{N_1} \left(L_{a\sigma} + L_{b\sigma} + 2M_{ab\sigma} \right)$$
(55)

Przy pominięciu rezystancji części składowych uzwojenia indukcyjności autotransformatora przy zasilanej stronie:

- średniego napięcia oraz zwartej stronie dolnego i rozwartej stronie górnego napięcia,

 dolnego napięcia oraz zwartej stronie średniego i rozwartej stronie górnego napięcia określa się na podstawie schematów zastępczych przedstawionych na rys. 4, które wynikają z równań podanych w p. 3 i schematu podanego na rys. 3.



- Rys. 4. Schematy zastępcze przy zasilaniu a) strony średniego napięcia i zwartej stronie dolnego napięcia, b) strony dolnego napięcia i zwartej stronie średniego napięcia
- Fig. 4. Equivalent diagrams when a) supplying the medium-voltage side and short-circuiting the low-voltage side, b) supplying the low-voltage side and short-circuiting the medium-voltage side

W schemacie zastępczym (rys. 4a), po uwzględnieniu zależności (42) prąd

$$i'_{3} = i_{2} \frac{L_{Tc} - M_{ac}}{L_{t3} + L_{Tc}},$$
(56)

a na podstawie zależności (46, 56) siła elektromotoryczna

$$e'_{3} = M_{ac} \frac{di'_{3}}{dt} = M_{ac} \frac{L_{Tc} - M_{ac}}{L_{t3} + L_{Tc}} \cdot \frac{di_{2}}{dt}.$$
(57)

Korzystając z wyrażeń (42, 57) i rozwiązując obwód (rys. 4a) otrzymuje się wyrażenie na indukcyjność zwarcia

$$L_{z23} = L_{t2} + L_{7b} + \frac{M_{ac} (2L_{Tc} - M_{ac}) + L_{t3} L_{Tc}}{L_{t3} + L_{Tc}}.$$
(58)

W schemacie zastępczym (rys. 4b), po uwzględnieniu zależności (46) prąd

$$i'_{2} = i_{3} \frac{L_{Tc} - M_{ac}}{L_{t2} + L_{Tb} + L_{Tc}},$$
(59)

a na podstawie zależności (42, 59) siła elektromotoryczna

$$e'_{2} = M_{ac} \frac{di'_{2}}{dt} = M_{ac} \frac{L_{Tc} - M_{ac}}{L_{t2} + L_{Tb} + L_{Tc}} \cdot \frac{di_{3}}{dt}.$$
(60)

Korzystając z wyrażeń (46, 60) i rozwiązując obwód (rys. 4b) otrzymuje się wyrażenie na indukcyjność zwarcia

$$L_{z32} = L_{t3} + \frac{M_{ac} \left(2L_{Tc} - M_{ac}\right) + L_{Tc} \left(L_{t2} + L_{Tb}\right)}{L_{t2} + L_{Tb} + L_{Tc}}.$$
(61)

Po uwzględnieniu:

- zależności (2, 3, 4, 14, 18, 19, 20, 34, 35, 37, 39, 40),
- nierówności $N_3^2 \Lambda_{Fe} >> L_{c\sigma}$,

$$N_2^2 \Lambda_{Fe} >> L_{b\sigma} + L_{c\sigma} + 2M_{bc\sigma}$$

oraz pominięciu odpowiednio składników

$$\begin{split} & L_{c\sigma} M_{ac\sigma} - M_{bc\sigma} (L_{c\sigma} + M_{bc\sigma}), \\ & (L_{c\sigma} + M_{ac\sigma} + M_{bc\sigma}) (L_{b\sigma} - M_{ac\sigma} + M_{bc\sigma}) \end{split}$$

jako małych w porównaniu z pozostałymi otrzymuje się, na ogół wystarczająco dokładne, zależności przybliżone:

$$L_{z23} = L_{b\sigma} + \frac{N_1 - 2N_2 + N_3}{N_3} L_{c\sigma} - \frac{2(N_2 - N_3)}{N_3} M_{bc\sigma}, \qquad (62)$$

$$L_{z32} = \frac{N_1 N_3}{N_2^2} L_{b\sigma} + \left(1 + \frac{N_1 N_3}{N_2^2} - 2\frac{N_3}{N_2}\right) L_{c\sigma} + 2\left(\frac{N_1 N_3}{N_2^2} - \frac{N_3}{N_2}\right) M_{bc\sigma}.$$
 (63)

Indukcyjności zwarcia autotransformatora o uzwojeniu cylindrycznym trójczęściowym określają zależności (50, 51, 54, 55, 62, 63) wyrażone przez liczby zwojów N_l , N_2 , N_3 oraz indukcyjności własne $L_{a\sigma}$, $L_{b\sigma}$, $L_{c\sigma}$ i wzajemne $M_{ab\sigma}$, $M_{ac\sigma}$, $M_{bc\sigma}$ części składowych uzwojenia wynikające z pola magnetycznego rozproszenia, które określają wyrażenia (15, 16, 21, 22, 23). Korzystając z podanych zależności można, przy projektowaniu autotransformatora, tak dobrać wymiary rdzenia magnetycznego i uzwojeń, by indukcyjności zwarcia pozwalały na ograniczenie prądów zwarcia do wartości dopuszczalnych, np. ze względu na wytrzymałość mechaniczną uzwojeń. Obliczeniowe określenie indukcyjności zwarcia wymaga przyjęcia założeń upraszczających przy wyznaczaniu przestrzennych rozkładów indukcji magnetycznej pól magnetycznych rozproszenia. Z tego powodu obliczeniowe określenie indukcyjności zwarcia powinno być weryfikowane na podstawie wyników pomiarów przeprowadzonych na zbudowanych autotransformatorach.

LITERATURA

- 1. Jabłoński M.: Transformatory. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej. Łódź 1994.
- 2. Küchler R.: Die Transformatoren. 2 Aufl. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1966.
- 3. Mızıa W.: Transformatory. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 1998.
- 4. Mizia W.: Theoretical analysis of power autotransformers. International Workshop on Electric Machines in Prague 1998.

- Mizia W.: Podstawowe właściwości autotransformatora o uzwojeniu trójczęściowym zastępującego transformator trójuzwojeniowy. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., ser. Elektryka, z. 168. Gliwice 1999.
- 6. Späth H.: Electrische Maschinen. Springer Verlag. Berlin, Heidenberg, New York 1973.
- 7. Turowski J.: Obliczenia elektromagnetyczne elementów maszyn i urządzeń elektrycznych. WNT, Warszawa 1982.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Piotr Wach

Wpłynęło do Redakcji dnia 3 kwietnia 2000 r.

Abstract

The paper presents analysis of an autotransformer with a threee-part winding (Fig. 1). The winding components are cylindrical windings placed concentricly around the magnetic core column (Fig. 2). The autotransformer can supply two loads of different rated voltages. It can also replace a three-winding transformer if there is no need of electric separation between the primary side and secondary ones. The resistances, self-inductances and mutual inductances of the winding component parts have been determined. Next, basing on the voltage and current equations the autotransformer equivalent diagram has been introduced (Fig. 3). The dependences determining the equivalent diagram parameters as well as the short-circuit inductances for the given desing data concerning the magnetic core and winding component parts have been presented, too. The equivalent diagram inductances depend on the magnetic core permeance with L_{t2} <0 and L_{t3} <0. The electromotive forces e_2 , e_3 result from the mutual influence of the secondary side loads.

It is possible to perform futher detailed analysis dealing with the autotransformer properties in steady and transient states basing on this paper.