

ASPECTE PRIVIND PUNEREA ÎN PARALEL A TRANSFORMATOARELOR ELECTRICE

Cristinel Popescu-
*Univesitatea,,Constantin
Brâncuși” din Tîrgu-Jiu*

REZUMAT: *Este cunoscut faptul că energia electrică produsă în centralele electrice ce intră în componența Sistemului Electroenergetic Național , suportă transformări la trepte de tensiune diferite, în scopul diminuării pierderilor din rețelele electrice de transport și distribuție a energiei electrice. Avînd în vedere faptul că transformatoarele electrice realizează conversia energiei electrice la trepte de tensiune diferite, punerea în paralel a acestora este o soluție tehnico-economică frecvent uzitată.*

CUVINTE CHEIE: transformator electric, paralel, linie electrică, tensiune, consumator, sarcină

1. INTRODUCERE

Transformatoarele electrice sunt sisteme electromagnetice statice, ce funcționează pe principiul inducției electromagnetice, care transformă energia de curent alternativ cu unele valori ale tensiunii și curentului (u_1, i_1) în energie de c.a. cu alte valori (u_2, i_2) cu menținerea constantă a frecvenței. Ele ocupă un rol important în producția, transportul și distribuția energiei electrice.

Energia electrică obținută în centrale electrice (CHE, CTE, CNE) pe seama oricăror forme de energie este transportată prin rețele electrice ce fac legătura între nodurile Sistemului Electroenergetic Național, către consumatori. În transportul ei, datorită efectului Joule, în conductoarele electrice ale rețelei au loc pierderile prin efect Joule ($p_J = RI^2$). La una și aceeași putere de curent alternativ, transportată, pierderile sunt mai mici, când curentul I este mai mic și în consecință tensiunea U este mai mare. Generatoarele electrice din centrale

ASPECTS REGARDING THE PUTTING IN PARALLEL OF ELECTRICAL TRANSFORMERS

Cristinel Popescu
*Univesitatea,,Constantin
Brâncuși” din Tîrgu-Jiu*

ABSTRACT: *It is known that the electricity produced by power plants that are used in the National Elctromagnetic System supports different voltage changes in steps, in order to reduce losses in electricity transmission and distribution networks for electricity.. Considering that electrical transformers convert electricity to different voltage levels, putting them in parallel is a common economic and technical solution prominence.*

KEYWORDS: power transformer, parallel transmission line, power, consumer task

1. INTRODUCTION

Electrical transformers are static electromagnetic systems, which operate on the principle of electromagnetic induction, which converts alternative current power with some voltage and current values (u_1, i_1) in the c.a. energy with other values (u_2, i_2) with a constant frequency.

They occupy an important role in the production and distribution of electricity.

Electricity produced in power plants (HPP, TPP, NPP) on behalf of all forms of electrical energy is transported through the network linking the nodes of the National Elctromagnetic System, to customers. In her carriage, due to the Joule effect, in electric conductors of the network there are Joule effect losses ($p_J = RI^2$). At one and the same alternative current power, transported, losses are smaller when the current I is smaller and therefore the voltage U is bigger. Electric power generators may not be built for more speed high voltage, and therefore it is converted to energy obtained through power

nu pot fi construite pentru mai multe trepte de tensiuni înalte, și din acest motiv energia obținută în acestea este transformată prin intermediul transformatoarelor electrice de putere, la tensiuni înalte (110 kV, 220 kV, 400 kV, 750 kV).

Această transformare se realizează cu transformatoare ridicătoare a căror tensiune din înfășurarea primară (înfășurarea conectată la sursa de t.e.m.) este mai mică decât aceea a înfășurării secundare (înfășurarea conectată la partea dinspre consumatori). Energia electrică de înaltă tensiune transportată la locul de consum din nou se transformă potrivit tensiunilor nominale ale consumatorilor de energie de joasă tensiune (obișnuit 6kV, 660V, 400/230V). Această transformare se realizează prin transformatoare coborâtoare la care tensiunea primară este mai mare decât tensiunea secundară ($U_1 > U_2$). În fig.1 se prezintă schema de principiu de producere transport și distribuție a energiei electrice.

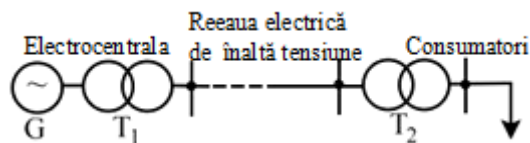


Fig.1. Schema de principiu pentru transportul energiei electrice.

transformers, at high voltage (110 kV, 220 kV, 400 kV, 750 kV).

This transformation is achieved by elevating transformer whose primary winding voltage (winding connected to the source of power) is lower than that of the secondary winding (winding connected to the consumer side). High voltage electricity transported to the place of consumption in new is transformed again according nominal voltages of energy consumers with low voltage (6kV normal, 660V, 400/230V). This transformation is achieved by transformers that step down at which primary voltage is greater than the secondary voltage ($U_1 > U_2$). In Figure 1 presents a schematic diagram of the production of electricity transmission and distribution.

Fig.1. The block diagram for electricity transmission.

Transformatorul T_1 conectat după generatorul G , este ridicător, iar transformatorul T_2 ce alimentează consumatorii este coborâtor. Diferență de principiu între cele două tipuri de transformatoare nu există.

Transformer T_1 connected after generator G , is high and transformer T_2 that supplies consumers is stepped down. Difference in principle between the two types of transformers is not there.

2. STRUCTURA TRANSFORMATOARELOR ELCTRICE TRIFAZATE

Energia electrică în sistemele trifazate se poate transforma cu grupul transformatoric constituit din trei transformatoare monofazate identice (figura 2). În acest caz, înfășurările primare și secundare ale transformatoarelor se conectează în stea (înfășurările se pot

2. THE STRUCTURE OF THE THREE-PHASED TRANSFORMERS

The electric energy in three-phased systems can transform with the transforming group which consists of three identical single phase transformers (Figure 2). In this case, primary and secondary windings of transformers are connected in star (windings can be connected in triangle

conecta și în triunghi).

La alimentarea înfășurărilor primare ale transformatoarelor cu sistem trifazat simetric de tensiuni, fluxurile magnetice Φ_A , Φ_B , Φ_C existente în cele trei circuite magnetice, formează de asemenea sistem trifazat simetric. Dezavantajul grupurilor trifazice este volumul lor mare, greutatea lor mare și prețul lor ridicat. Aceasta este impusă de execuția grupurilor transformatorice.

too).

At the supply of primary windings of power transformers with balanced three-phase voltage system, the existing magnetic flow Φ_A , Φ_B , Φ_C in the three magnetic circuits, also form symmetrical three-phase system. The disadvantage of three-phase groups is their high volume, high weight and their high price. This is required by the implementation of transforming group.

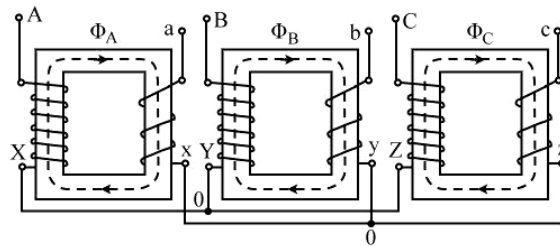


Fig.2. Grupul transformatoric trifazat obținut din trei transformatoare monofazate

Fig.2. The three phase transformer group obtained from three single-phase transformers

În acest scop, dacă se unesc cele trei circuite magnetice, cum se arată în figura 3.a, prin coloana comună (centrală) a circuitelor magnetice, nu există flux magnetic, deoarece în fiecare moment, datorită proprietății sistemelor trifazate simetrice, $\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = 0$. În acest caz, coloana centrală a circuitului magnetic se poate înlătura și circuitul magnetic capătă forma indicată în figura 3.b.

For this purpose, that unite the three magnetic circuits as shown in Figure 3.a, the common column (central) of magnetic circuits, with no magnetic flux there, because each time, due to the property three phase systems.

$\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = 0$. In this case, the central column can be removed and the magnetic circuit magnetic circuit takes the form shown in Figure 3.b.

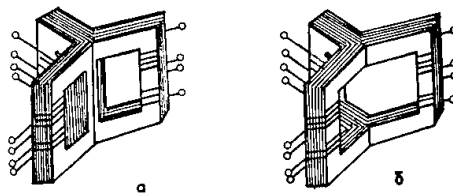


Fig.3. a, b Vedere spațială a circuitului magnetic a grupului transformatoric: a) cu coloană comună; b) fără coloană comună.

Fig.3. a, b View of the group space of the magnetic circuit transformer: a) common column b) no common column.

Astfel se obține construcția circuitului magnetic simetric a

In this way is obtained the symmetrical magnetic circuit construction

transformatorului trifazat. Această construcție este însă din punct de vedere tehnologic nepotrivită pentru fabricație.

Cel mai adesea, circuitele magnetice ale transformatoarelor trifazate se realizează astfel încât coloanele lui să fie în același plan (figura 4). Dar, circuitul magnetic astfel obținut este nesimetric (reluctanța magnetică pentru fluxul Φ_B este mai mică decât reluctanțele magnetice corespunzătoare fluxurilor Φ_A și Φ_C).

of the three-phase transformer. This construction isn't in terms of technology suitable for manufacturing.

Most often, the magnetic circuits of transformers phase is set so that his columns are in the same plane (Figure 4). But the resulting magnetic circuit is unbalanced (the reluctance magnetic flux Φ_B is lower than the corresponding magnetic reluctances of flows Φ_A și Φ_C).

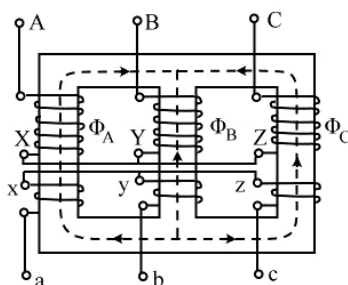


Fig.4. Miezul magnetic al transformatorului trifazat cu cele trei coloane în același plan.

Fig.4. The magnetic core of three-phase transformer with the three columns in the same plane.

Pentru reducerea nesimetriei magnetice, adică pentru reducerea reluctanțe-lor magnetice corespunzătoare fluxurilor Φ_A și Φ_C , cele două juguri cu care se unesc cele trei coloane în miezul magnetic comun, se realizează cu reluctanță magnetică mică.

Aceasta se obține dacă secțiunea jugurilor se majorează cu 10÷15% față de a coloanei. Astfel, la alimentarea cu sistem simetric de tensiuni și la sarcină simetrică toate fazele transformatorului trifazat cu trei coloane se află în condiții identice.

3. FUNCȚIONAREA ÎN PARALEL A TRANSFORMATOARELOR ELECTRICE

Pentru funcționarea transformatoarelor cu factor de putere bun și randament ridicat, este necesar ca sarcinile lor să fie apropiate de cele

Pentru reducerea nesimetriei magnetice, adică pentru reducerea reluctanțe-lor magnetice corespunzătoare fluxurilor Φ_A și Φ_C , cele două juguri cu care se unesc cele trei coloane în miezul magnetic comun, se realizează cu reluctanță magnetică mică.

Aceasta se obține dacă secțiunea jugurilor se majorează cu 10÷15% față de a coloanei. Astfel, la alimentarea cu sistem simetric de tensiuni și la sarcină simetrică toate fazele transformatorului trifazat cu trei coloane se află în condiții identice.

3. PARALLEL OPERATION OF ELECTRIC TRANSFORMERS

For the operation of good power factor transformers and high efficiency is necessary for them to be close to the nominal ones.

Transformer load changes but at different times of day and night and different seasons of the year. To operate

nominale.

Sarcina transformatoarelor se modifică însă la diferite ore din zi și din noapte și în diferite sezoane ale anului. Pentru a funcționa economic, obișnuit în locul unuia se montează două și mai multe transformatoare, ce funcționează în paralel în timpul sarcinii mai mari. Atunci când sarcina se reduce, unele transformatoare se decuplează, încât transformatoarele rămase în funcțiune, lucrează la sarcină apropiată de cea nominală.

Prin funcționarea în paralel a transformatoarelor se asigură alimentarea con-tinuuă cu energie electrică a consumatorilor electrici. La avaria unuia dintre transformatoare, sarcina se preia de către celelalte transformatoare și alimentarea cu energie electrică nu se întrerupe.

Transformatoarele electrice funcționează în paralel, când înfășurările lor primare se alimentează de la una și aceeași sursă de energie, iar înfășurările lor secundare se conectează la barele comune de la care se alimentează rețeaua de consumatori. În figura 5 se prezintă schema de funcționare în paralel a două transformatoare monofazate.

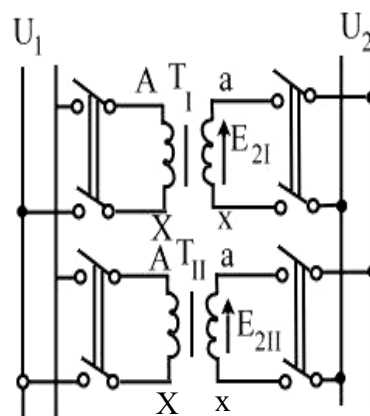


Fig.5. Schema de funcționare în paralel a două transformatoare monofazate

economically, instead of one shall be mounted two or more transformers, which operate in parallel during higher pregnancy. When the load is reduced, some transformers are disconnected, that transformers remaining in service, work close to the rated load.

By the parallel operation of transformers is ensured the continuous supply of electricity of electric consumers. At the failure of one of the transformers, the load is taken by the other transformers and the electrical power supply is not interrupted.

Electrical transformers operates in parallel, when their primary windings are supplied from one and the same energy source, and their secondary windings are connected to the common bars from which the network is supplying the consumers. Figure 5 shows the operating parallel scheme of monophased transformers.

Fig.5. the operating parallel scheme of monophased transformers.

Pentru a nu exista curenți de circulație între transformatoare și sarcina să se distribuie între transformatoarele ce funcționează în paralel proporțional cu

To no circulating currents between the transformers and the burden is distributed among the transformers which are operating in parallel in proportion to their nominal power, to engage them in

puterea lor nominală, la cuplarea lor în paralel trebuie îndeplinite următoarele condiții:

- 1) tensiunile nominale primare și secundare ale transformatoarelor să fie corespunzător egale ($U_{1nI}=U_{1nII}=U_1$; $U_{2nI}=U_{2nII}=U_2$). Această condiție practic se îndeplinește prin egalitatea rapoartelor de transformare, adică $k_I=k_{II}$;
- 2) transformatoarele trifazate să aibă aceleași grupe de conexiuni.
- 3) tensiunile nominale de scurtcircuit ale celor transformatoare să fie egale, adică: $u_{kIn} \% = u_{kII n} \%$ respectiv componentele lor active și inductive să fie corespunzător egale;
- 4) bornele cu marcări identice ale înfășurărilor transformatoarelor să fie conectate la unul și același conductor al rețelei, atât pe partea primară, cât și pe partea secundară;

Dacă transformatoarele cuplate în paralel satisfac toate condițiile, diagramele lor fazoriale la funcționarea în sarcină, construite în unități relative se suprapun. În acest caz, toate transformatoarele se încarcă cu sarcini proporționale cu puterile lor nominale, iar curenții de sarcină ai transformatoarelor se adună aritmetic. Practic, numai a doua condiție trebuie riguros îndeplinită, pentru prima și a treia condiție se pot admite unele toleranțe. Pe lângă aceasta, suma sarcinilor lor nu trebuie să fie mai mare decât suma puterilor lor nominale.

Dacă condițiile enumerate sunt îndeplinite, t.e.m. E_{2I} și E_{2II} induse în înfășurările secundare ale transformatoarelor (figura 6) sunt în fază și egale ca mărime, iar în înfășurările transformatoarelor, nu există curenți de egalizare.

parallel, must meet the following conditions:

- 1) Primary and secondary nominal voltage of the transformer should be equally corresponding ($U_{1nI} = U_{1nII} = U_1$; $U_{2nI} = U_{2nII} = U_2$).
- 2) three-phase transformer connections have the same groups.;
- 3) short circuit rated voltage of the transformers are equal, namely: $u_{kIn} \% = u_{kII n} \%$ and active and inductive components that are appropriate equal;
- 4) terminals with identical markings winding transformers are connected to a single core network, both the primary and secondary side;

If transformers coupled in parallel satisfy all conditions, their phasor diagrams in charge of the operation, constructed in relative units overlap. In this case, all the transformers are loaded with duties commensurate with their nominal powers and load currents of transformers add arithmetically. Basically, only the second condition must be strictly met, for the first and third condition may be allowed for some tolerance. In addition, the sum of the load must not be greater than the sum of their nominal value.

If the conditions listed are met, t.e.m. E_{2I} and E_{2II} induced in secondary windings of transformers (Figure 6) are in phase and equal in size, and in the windings of transformers, there are no circulating currents.

If the first condition is not respected - the equality of the reports of transformation, it appears the current equalization, which is conditioned by the difference between secondary t.e.m:

Dacă nu este respectată prima condiție – de egalitate a rapoartelor de transformare, apare curentul de egalizare, care este condiționat de diferența dintre t.e.m. secundare, adică:

$$I_{eg} = \frac{\Delta E}{Z_{KI} + Z_{KII}}$$

unde:

Z_{KI}, Z_{KII} - reactanțele interne ale transformatoarelor.

La încărcarea transformatoarelor, curentul de egalizare se suprapune cu cel de sarcină. În plus, transformatorul cu t.e.m. secundară mai mare (la transformatoare coborâtoare – cu raport de transformare mai mic) se supraîncarcă, iar transformatorul cu raport de transformare mai mare este subîncărcat.

Deoarece suprasarcina nu este admisă, se impune reducerea sarcinii comune a transformatoarelor. Dacă diferența dintre rapoartele de transformare este considerabilă, faptic devine imposibilă funcționarea în paralel a transformatoarelor. Iată de ce, potrivit standardelor, cuplarea în paralel este admisă pentru transformatoare, la care diferența dintre rapoartele lor de transformare nu depășește 0,5% față de valoarea medie geometrică a acestor rapoarte, adică:

$$\Delta k\% = \frac{k_I - k_{II}}{\sqrt{k_I \cdot k_{II}}} \cdot 100\% \leq 0,5\%$$

Dacă nu este îndeplinită condiția a doua - transformatoarele trifazate să aibă aceeași grupă de conexiuni - t.e.m. secundare de linie ale celor două transformatoare sunt defazate unele față de altele cu unghi multiplu de 30°.

De exemplu, dacă un transformator are grupa 0, iar celălalt grupa 11, t.e.m. de linie ale lor sunt defazate una față de alta cu 30° (figura 6), rezultând

where:

Z_{KI}, Z_{KII} - Internal impedances of the transformer.

At the loading of transformers, power leveling the overlap task. In addition, the transformer higher secondary t.e.m. (transformers step down - lower conversion ratio) overload and transformer with greater transformation report is derated. Since the overload is not permissible, is input the reducing common pregnancy transformers. If the difference between the transormation reports is considerable processing, basically it becomes impossible the parallel operation of transformers. Hence, the standards, parallel coupling transformers is accepted, at which the difference between their reports of conversion does not exceed 0.5% comparing with the geometric average value of these reports, namely:

Since the overload is not permissible, is input the reducing common pregnancy transformers. If the difference between the transormation reports is considerable processing, basically it becomes impossible the parallel operation of transformers. Hence, the standards, parallel coupling transformers is accepted, at which the difference between their reports of conversion does not exceed 0.5% comparing with the geometric average value of these reports, namely:

If the condition of two is not accomplished, the three phase transformers must have the same connections group the secondary side line t.e.m. of the two transformers are out of phase with each other with multiple of 30° angle.

For example, if a transformer group is 0, and the other, 11, their side line t.e.m. are out of phase with each other with multiple of 30°

$\Delta E = 0,52E_2$, pentru care curentul de egalizare atinge valoare mare și funcționarea în paralel a transformatoarelor nu este posibilă.

angle(fig.6),resulting $\Delta E = 0,52E_2$, leading to the equalizationcu rrent high value and the parallel operation of transformers is not possible.

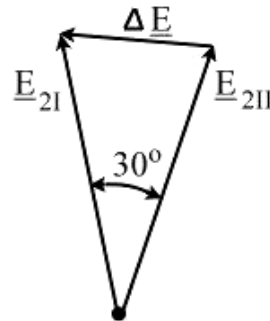


Fig.6. Diagrama fazorială a t.e.m. în cazul transformatoarelor cu grupele de conexiuni 0 și 11, ce urmează a se cupla în paralel

Fig.6. Phasor diagram of t.e.m. where transformers connections with groups of 0:11, which is to be coupled in parallel

Trebuie a se avea în vedere că prin permutarea potrivită a bornelor înfășurărilor, în unele cazuri se poate realiza funcționarea în paralel a transformatoarelor cu grupe diferite de conexiuni. În figura 7 se prezintă schema de conexiune în paralel a două transformatoare trifazate.

Have to consider that the appropriate permutation of the terminals wrap countries, in some cases can be parallel operation of transformers with different groups of connections. Figure 7 is a schematic of the parallel connection of two three-phase transformers.

Dacă sunt respectate condițiile de funcționare în paralel, indicațiile voltmetrelor V_1 și V_2 sunt egale cu zero. Aceste voltmetre trebuie să aibă domeniul nu mai mic decât valoarea dublă a tensiunii rețelei.

If parallel operating conditions are met, the indications voltmeters V_1 and V_2 are zero. The voltmeters shall have not less than the double of voltage network.

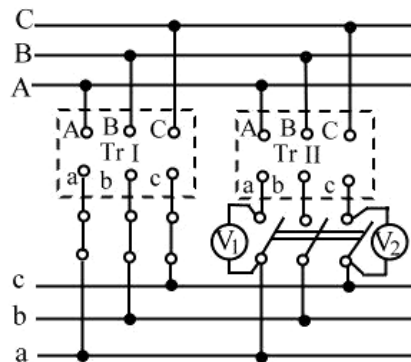


Fig.7. Schema de conexiune în paralel a două transformatoare trifazate.

Fig.7. Wiring diagram of two parallel three-phase transformers.

Dacă nu este îndeplinită numai a treia condiție – de egalitate a tensiunilor nominale de scurtcircuit, sarcina nu se distribuie proporțional cu puterile nominale

If it is not only satisfied the third condition - the equality of the nominal circuit voltage, the load is not distributed in proportion to the nominal power

ale transformatoarelor. Caracteristica externă a transformatorului cu $u_k\%$ mai mare, este puternic înclinată față de axa absciselor (caracteristica externă a transformatorului T_{II}) în comparație cu a transformatorului cu $u_k\%$ mai mică (figura 8).

La una și aceeași tensiune secundară U_{2S} pentru cel de-al doilea transformator în sarcină, transformatorul T_I se încarcă cu curent mai mare decât transformatorul T_{II} . Pentru a nu se atinge supraîncărcarea lui T_I , trebuie a se reduce sarcina comună, pentru care nu se utilizează întreaga putere a transformatoarelor ce funcționează în paralel.

Dacă se are în vedere, că nu întotdeauna se pot alege transformatoare cu aceleași $u_k\%$, standardele admit conectarea în paralel a transformatoarelor cu diferență între tensiunile de scurtcircuit raportate care să nu depășească $\pm 10\%$ din valoarea medie aritmetică a lor.

transformers. External transformer feature with more $u_k\%$ is strongly inclined to the x-axis (external characteristic of the transformer T_{II}) as compared to the transformer with lower $u_k\%$ (Figure 8).

At one and the same secondary voltage U_{2S} for the second transformer load, the transformer T_I is loaded with bigger current than T_{II} transformer. To avoid overloading of T_I , we should reduce the common task for which is not not being used the full power of the transformers operating in parallel. If it is envisaged that the transformer can not always be choosed with the same $u_k\%$, the standards allow parallel connecting transformers with difference between short circuit voltage reported should not exceed $\pm 10\%$ of their arithmetic average value of them.

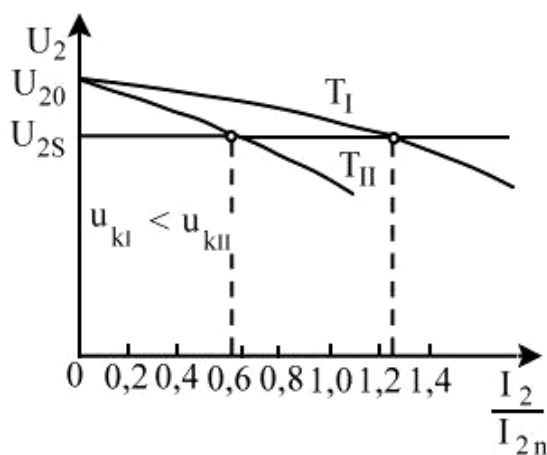


Fig.8. Caracteristicile externe ale celor două transformatoare cuplate în paralel

Fig.8. External characteristics of the two transformers connected in parallel

În cazul neîndeplinirii condiției a patra ($E_{2I}=E_{2II}$) în circuitul închis al înfășurărilor secundare acționează t.e.m. rezultantă ΔE , egală cu diferența dintre E_{2I} și E_{2II} . Deoarece impedanța circuitului este relativ mică, sub acțiunea t.e.m. ΔE , curentul de egalizare ce trece prin

In case of failure of the fourth condition ($E_{2I}=E_{2II}$) in closed circuit of secondary windings acts the t.e.m. resulted, equal with the difference between E_{2I} and E_{2II} . Since the circuit impedance is relatively small, under the action of t.e.m. ΔE , the equalization current passing

înfășurările secundare ale transformatoarelor atinge valori considerabile chiar și când sarcina este decuplată.

through the secondary windings of the transformer reaches significant values even when the load is disconnected.

4. CONCLUZII

Diferența dintre componentele tensiunilor relative la scurtcircuit este cu atât mai mare, cu cât este mai mare diferența între puterile nominale ale transformatoarelor. Pentru aceasta se recomandă la funcționarea în paralel ca raportul dintre puterile nominale ale transformatoarelor să nu fie mai mare de 3:1.

La încărcarea transformatoarelor, curentul de egalizare se adaugă la curentul lor de sarcină, și conduce la supraîncărcare. În plus, este posibilă apariția avariei. Iată de ce înainte de cuplarea în paralel a transformatoarelor se verifică dacă t.e.m. E_{2I} și E_{2II} sunt în fază și egale ca mărime. În scopul alimentării înfășurării primare a transformatorului care se cuplează să funcționeze în paralel, în circuitul înfășurării lui secundare se conectează voltmetru sau lampă electrică (una dintre ieșirile înfășurării secundare rămâne deschisă și în locul întrerupătorului se conectează aparatul de măsură sau lampa).

Dacă toate condițiile de funcționare în paralel sunt îndeplinite, voltmetrul indică zero sau lampa nu se aprinde, deoarece $\Delta \underline{E} = \underline{E}_{2I} - \underline{E}_{2II} = 0$. În acest caz, cele două transformatoare pot funcționa în paralel.

Voltmetrul și lampa electrică trebuie să suporte o tensiune de două ori mai mare decât tensiunea nominală secundară. Aceasta este necesară, deoarece dacă nu este respectată prima condiție de conectare corectă a celui de-al doilea transformator cu bornele de ieșire omonime la unul și același conductor al rețelei, este posibil ca t.e.m. E_{2I} și E_{2II} să se însumeze.

4. CONCLUSIONS

The difference between the components of relative short-circuit voltage is greater, the greater the difference between nominal power transformers is. For this is recommended for parallel operation that the ratio of nominal power transformers are not more than 3:1.

At the loading of transformers, the equalization current is added to their current task, and leads to overload. In addition, damage may occur. That is why before connecting transformers in parallel, it is checked if the t.e.m. E_{2I} and E_{2II} are in phase and equal as size. In order to supply the transformer primary winding which is coupled to operate in parallel circuit, in secondary winding is connected voltmeter or electric lamp (one of the outputs of the secondary winding is open and in the place of the switch connects the meter or lamp). If all conditions are met in parallel operation, the voltmeter indicates zero or lamp does not light up because $\Delta \underline{E} = \underline{E}_{2I} - \underline{E}_{2II} = 0$. In this case, the two transformers can operate in parallel.

Voltmeter and the lamp switch must withstand a voltage two times bigger than the nominal secondary voltage. This is necessary because if the first proper connection condition of the second transformer with the output terminals homonymous conductor of one and the same network, is not met, it is possible that E_{2I} and E_{2II} t.e.m. sum up.

5. BIBLIOGRAFIE

1. V. COZMA, C. POPESCU, ș.a. Aparate și mașini electrice, Editura SITECH, Craiova 2007
2. Maria MINTCHEVA Electromehanici Ustroistvo, Izdatelstvo, „Avangard Prima”, Sofia 2007
3. Ivan VI. MILEV Electrotehnicata i elektronika, vol. I+II Polygraf LTD Pernik 2300, Sofia 1992
4. Corneliu NICĂ Convertoare electromecanice de mică putere Editura Universitaria Craiova 2005
5. Ion CIOC, C.NICĂ Proiectarea mașinilor electrice Editura didactică și pedagogică R-A București 1994
6. V. COZMA, C. POPESCU Transformatorul electric – teorie și aplicații Editura Sitech Craiova 2005
7. V. COZMA, C. POPESCU Mașini electrice – Mașini asincrone Editura Sitech Craiova 2005
8. C.POPESCU.V.COZMA Electrotehnică și mașini electrice, Editura SITECH, Craiova 2008

5. BIBLIOGRAPHY

1. V. COZMA, C. POPESCU, ș.a. Aparate și mașini electrice, Editura SITECH, Craiova 2007
2. Maria MINTCHEVA Electromehanici Ustroistvo, Izdatelstvo, „Avangard Prima”, Sofia 2007
3. Ivan VI. MILEV Electrotehnicata i elektronika, vol. I+II Polygraf LTD Pernik 2300, Sofia 1992
4. Corneliu NICĂ Convertoare electromecanice de mică putere Editura Universitaria Craiova 2005
5. Ion CIOC, C.NICĂ Proiectarea mașinilor electrice Editura didactică și pedagogică R-A București 1994
6. V. COZMA, C. POPESCU Transformatorul electric – teorie și aplicații Editura Sitech Craiova 2005
7. V. COZMA, C. POPESCU Mașini electrice – Mașini asincrone Editura Sitech Craiova 2005
8. C.POPESCU.V.COZMA Electrotehnică și mașini electrice, Editura SITECH, Craiova 2008