

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання курсової роботи
з навчальної дисципліни «Основні процеси
в електроенергетичних системах»
для студентів денної та заочної форми навчання
за освітньою програмою "Електроенергетика"

Затверджено редакційно-
видавничою радою університету,
протокол №2 від 27.06.2024 р.

Харків
НТУ «ХП»
2024

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни «Основні процеси в електроенергетичних системах» для студентів денної та заочної форми навчання за освітньою програмою "Електроенергетика" бакалаврського рівня освіти за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» кафедри автоматизації та кібербезпеки енергосистем / уклад. : Сендерович Г.А., Рудевіч Н.В. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2024. – 59 с.

Укладачі: Г.А. Сендерович, Н.В. Рудевіч

Рецензент проф. Карпалюк І.Т.

Кафедра автоматизації та кібербезпеки енергосистем

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Навчальна дисципліна «Основні процеси в електроенергетичних системах» є складовою частиною дисципліни "Електричні системи і мережі" – однієї з базових дисциплін, у якій закладається фундамент спеціальної підготовки інженера-електроенергетика.

Мета дисципліни є формування базових знань в області теорії розрахунків і аналізу усталених режимів електроенергетичних систем і керування ними, забезпечення економічності і надійності при їх проектуванні й експлуатації.

Основні задачі навчальної дисципліни:

- ознайомлення з фізичною сутністю явищ, що супроводжують процес виробництва, розподілу і споживання електроенергії;
- складання схем заміщення окремих елементів мережі і ділянки електричної мережі в цілому;
- визначення їхніх параметрів;
- розрахунок різних режимів електричних мереж і систем та їхній аналіз;
- розробка рекомендацій з поліпшення режимів.

Навчальна дисципліна «Основні процеси в електроенергетичних системах» призначена для формування в студента розуміння основних фізичних закономірностей і причинно-наслідкових зв'язків у електроенергетичних системах, готує студента до вирішення практичних задач проектування й експлуатації електричних мереж.

Наявна курсова робота має за мету розвиток у студентів практичних навиків застосування схем заміщення та розрахунку їх параметрів, виконання розрахунків та аналізу сталих режимів електричної мережі.

Курсова робота складається з окремих завдань, сукупність яких охоплює широкий спектр розрахункового матеріалу, що використовується при складанні схем заміщення та аналіз режимів електричної мережі. Вирішення цих завдань – важливий метод засвоєння і закріплення навчального матеріалу.

У кожному завданні наведено приклад розрахунку та задані вихідні дані для варіантів завдань.

Якщо варіантів недостатньо, як вихідні дані можуть бути використані параметри трансформаторів, наведених у додатку. Рекомендована потужність навантаження для двообмоткових трансформаторів складає $\underline{S}_H = 0,8S_{T \text{ ном}} + j0,3S_{T \text{ ном}}$, для триобмоткових трансформаторів и автотрансформаторів – на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 0,2S_{T \text{ ном}} + j0,05S_{T \text{ ном}}$ та на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 0,6S_{T \text{ ном}} + j0,2 S_{T \text{ ном}}$.

Розрахункові дані довідникових таблиць можуть бути використані студентами як контрольні відповіді за їх розрахунками параметрів схем заміщення трансформаторів і автотрансформаторів.

Спосіб розподілу варіантів визначає викладач.

Завдання № 1

Скласти повну і спрощену схеми заміщення двообмоткового трансформатора типу ТДН-10000/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на низькій стороні $\underline{S}_H = 8 + j3 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 T \text{ ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 T \text{ ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 14 \text{ кВт}; I_x = 0,7 \%;$$

$$\Delta P_k = 60 \text{ кВт}; U_k = 10,5\%.$$

Рішення

Повна і спрощена схеми заміщення двообмоткового трансформатора наведена на рис. 1.

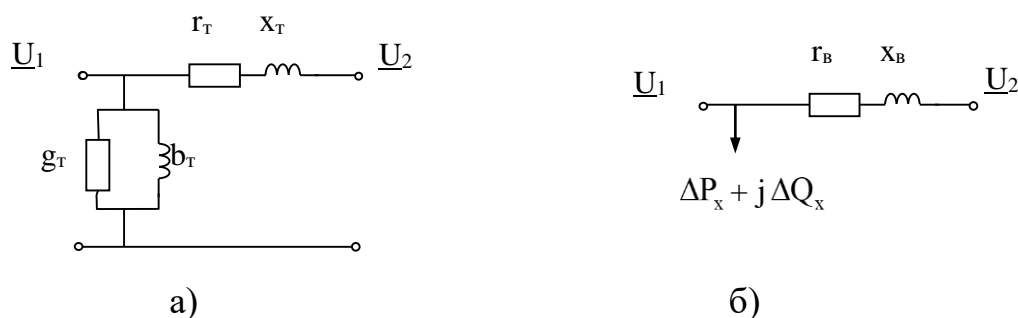


Рисунок 1 – Схема заміщення двообмоткового трансформатора: а - повна, б - спрощена

За даними досліду холостого ходу визначимо активну та ємнісну провідності трансформатора:

$$g_T = \frac{\Delta P_x}{U_{T \text{ ном}}^2} = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{115^2} = 1,06 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$b_T = \frac{I_x \% \cdot S_{T \text{ ном}}}{100 \cdot U_{T \text{ ном}}^2} = \frac{0,7 \cdot 10}{100 \cdot 115^2} = 5,3 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$\Delta Q_x = \frac{I_x \%}{100} \cdot S_{\text{ТНОМ}} = \frac{0,7}{100} \cdot 10 = 0,07 \text{ Мвар.}$$

За даними досліду короткого замикання визначимо активний та реактивний опори трансформатора:

$$r_{\text{T}} = \frac{\Delta P_{\text{к}} \cdot U_{\text{ТНОМ}}^2}{S_{\text{ТНОМ}}^2} = \frac{60 \cdot 10^{-3} \cdot 115^2}{10^2} = 7,94 \text{ Ом};$$

$$x_{\text{T}} = \frac{U_{\text{к}} \cdot U_{\text{ТНОМ}}^2}{100 \cdot S_{\text{ТНОМ}}} = \frac{10,5 \cdot 115^2}{100 \cdot 10} = 138,9 \text{ Ом.}$$

Розрахуємо втрати потужності у трансформаторі:

$$\Delta \underline{S}_{\text{T}} = \Delta \underline{S}_{\text{СТ}} + \Delta \underline{S}_{\text{обм.}}$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{СТ}} = \Delta P_{\text{к}} + j \Delta Q_{\text{к}} = 0,014 + j0,07 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta P_{\text{обм}} = \Delta P_{\text{к}} \cdot \frac{P_{\text{Н}}^2 + Q_{\text{Н}}^2}{S_{\text{ТНОМ}}^2} = 0,06 \cdot \frac{8^2 + 3^2}{10^2} \cdot 7,94 = 0,047 \text{ МВт};$$

$$\Delta Q_{\text{обм}} = \frac{U_{\text{к}}}{100} \cdot \frac{P_{\text{Н}}^2 + Q_{\text{Н}}^2}{S_{\text{ТНОМ}}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{8^2 + 3^2}{10} = 0,83 \text{ Мвар};$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{обм}} = 0,047 + j0,83 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{T}} = 0,061 + j0,9 \text{ МВ} \cdot \text{А.}$$

Варіанти завдання №1

Задача № 1.1

Скласти повну і спрощену схеми заміщення двообмоткового трансформатора типу ТМН-6300/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на низькій стороні $\underline{S}_{\text{Н}} = 5 + j2 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{\text{ТНОМ}} = 6,3 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ ТНОМ}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ ТНОМ}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 11,5 \text{ кВт}; I_x = 0,8 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 44 \text{ кВт}; U_k = 10,5\% .$$

Задача № 1.2

Скласти повну і спрощену схеми заміщення двообмоткового трансформатора типу ТРДН-40000/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на низькій стороні $\underline{S}_H = 30 + j12 \text{ МВ} \cdot \text{А}$

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 40 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 36 \text{ кВт}; I_x = 0,65 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 172 \text{ кВт}; U_k = 10,5\% .$$

Задача № 1.3

Скласти повну і спрощену схеми заміщення двообмоткового трансформатора типу ТМН-4000/35. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на низькій стороні $\underline{S}_H = 3 + j1 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 4 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 35 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 6,7 \text{ кВт}; I_x = 1,0 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 33,5 \text{ кВт}; U_k = 7,5\% .$$

Задача № 1.4

Скласти повну і спрощену схеми заміщення двообмоткового трансформатора типу ТМН-10000/35. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на низькій стороні $\underline{S}_H = 8 + j3 \text{ МВА}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 36,75 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 6,3 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 14,5 \text{ кВт}; I_x = 0,8 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 65 \text{ кВт}; U_k = 7,5\% .$$

Задача № 1.5

Скласти повну і спрощену схеми заміщення двообмоткового трансформатору типу ТРДЦН-63000/220. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на низькій стороні $S_H = 50 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 63 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 230 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 82 \text{ кВт}; I_x = 0,8 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 300 \text{ кВт}; U_k = 12\% .$$

Завдання № 2

Скласти повну і спрощену схеми заміщення триобмоткового трансформатора типу ТДТН-10000/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 6 + j2$ МВ·А, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 2 + j0,5$ МВ·А.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 38,5 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 17 \text{ кВт}; I_x = 1,1 \%;$$

$$\Delta P_k = 76 \text{ кВт}; U_k^{BC} = 10,5\%, U_k^{BH} = 17\%, U_k^{CH} = 6\%.$$

Рішення

Повна і спрощена схеми заміщення триобмоткового трансформатора наведена на рис. 2.

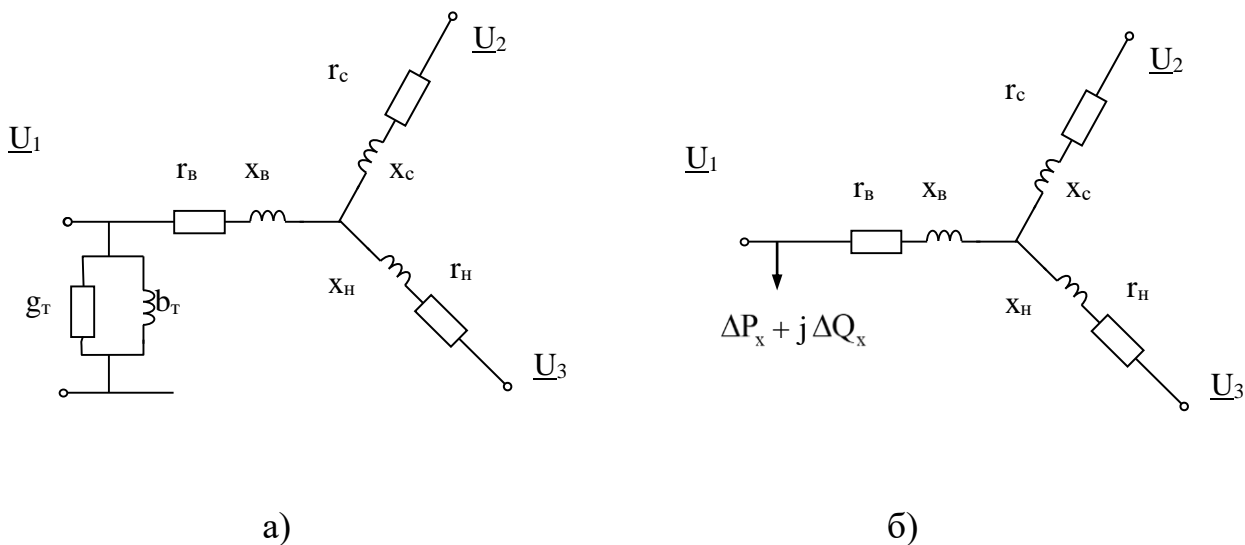


Рисунок 2 – Схема заміщення триобмоткового трансформатора: а - повна, б - спрощена

За даними досліду холостого ходу визначимо активну та ємнісну провідності трансформатора:

$$g_T = \frac{\Delta P_x}{U_{T \text{ ном}}^2} = \frac{17 \cdot 10^{-3}}{115^2} = 1,28 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$b_T = \frac{I_x \% \cdot S_{T \text{ ном}}}{100 \cdot U_{T \text{ ном}}^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{100 \cdot 115^2} = 8,3 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$\Delta Q_x = \frac{I_x \%}{100} \cdot S_{T \text{ ном}} = \frac{1,1}{100} \cdot 10 = 0,11 \text{ Мвар.}$$

За даними дослідження короткого замикання визначимо активні та індуктивні опори обмоток трансформатора:

$$r_{\text{заг}} = \frac{\Delta P_{\text{к}} \cdot U_{T \text{ ном}}^2}{S_{T \text{ ном}}^2} = \frac{76 \cdot 10^{-3} \cdot 115^2}{10^2} = 10,05 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{в}} = r_{\text{с}} = r_{\text{н}} = r_{\text{заг}} / 2 = 5,025 \text{ Ом};$$

$$U_{\text{к}}^{\text{в}} = \frac{U_{\text{к}}^{\text{BC}} + U_{\text{к}}^{\text{BH}} - U_{\text{к}}^{\text{CH}}}{2} = \frac{10,5 + 17 - 6}{2} = 10,75 \%,$$

$$U_{\text{к}}^{\text{с}} = \frac{U_{\text{к}}^{\text{BC}} + U_{\text{к}}^{\text{CH}} - U_{\text{к}}^{\text{BH}}}{2} = \frac{10,5 + 6 - 17}{2} \approx 0 \%,$$

$$U_{\text{к}}^{\text{н}} = \frac{U_{\text{к}}^{\text{BH}} + U_{\text{к}}^{\text{CH}} - U_{\text{к}}^{\text{BC}}}{2} = \frac{17 + 6 - 10,5}{2} = 6,25 \%;$$

$$x_{\text{в}} = \frac{U_{\text{к}}^{\text{в}} \cdot U_{T \text{ ном}}^2}{100 \cdot S_{T \text{ ном}}} = \frac{10,75 \cdot 115^2}{100 \cdot 10} = 142,2 \text{ Ом},$$

$$x_{\text{с}} = 0 \text{ Ом},$$

$$x_{\text{н}} = \frac{U_{\text{к}}^{\text{н}} \times U_{T \text{ ном}}^2}{100 \cdot S_{T \text{ ном}}} = \frac{6,25 \cdot 115^2}{100 \cdot 10} = 82,7 \text{ Ом}.$$

Розрахуємо втрати потужності у трансформаторі:

$$\Delta \underline{S}_T = \Delta \underline{S}_{\text{ст}} + \Delta \underline{S}_{\text{обм}}.$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{ст}} = \Delta P_x + j \Delta Q_x = 0,017 + j0,11 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta P_{\text{обм}} = \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot r_H + \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot r_C + \frac{(P_H + P_C)^2 + (Q_H + Q_C)^2}{U_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot r_B =$$

$$= \frac{2^2 + 0,5^2}{115^2} \cdot 5,025 + \frac{6^2 + 2^2}{115^2} \cdot 5,025 + \frac{(2+6)^2 + (0,5+2)^2}{115^2} \cdot 5,025 = 0,044 \text{ МВт};$$

$$\Delta Q_{\text{обм}} = \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot x_H + \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot x_C + \frac{(P_H + P_C)^2 + (Q_H + Q_C)^2}{U_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot x_B =$$

$$= \frac{2^2 + 0,5^2}{115^2} \cdot 82,7 + \frac{6^2 + 2^2}{115^2} \cdot 0 + \frac{(2+6)^2 + (0,5+2)^2}{115^2} \cdot 142,2 = 0,782 \text{ Мвар};$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{обм}} = 0,044 + j0,782 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{Т}} = 0,061 + j0,892 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Варіанти завдання №2

Задача № 2.1

Скласти повну і спрощену схеми заміщення триобмоткового трансформатора типу ТМТН-6300/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 4 + j1 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 1 + j0,3 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{\text{ТНОМ}} = 6,3 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1\text{ТНОМ}} = 115 \text{ кВ}, U_{2\text{ТНОМ}} = 38,5 \text{ кВ}, U_{3\text{ТНОМ}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 14 \text{ кВт}; I_x = 1,2 \%;$$

$$\Delta P_k = 58 \text{ кВт}; U_k^{\text{BC}} = 10,5\%, U_k^{\text{BH}} = 17\%, U_k^{\text{CH}} = 6\%.$$

Задача № 2.2

Скласти повну і спрощену схеми заміщення триобмоткового трансформатора типу ТДТН-40000/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати

потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 30 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 5 + j2 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 40 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 38,5 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 43 \text{ кВт}; I_x = 0,6 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 200 \text{ кВт}; U_k^{BC} = 10,5\% , U_k^{BH} = 17\% , U_k^{CH} = 6\% .$$

Задача № 2.3

Скласти повну і спрощену схеми заміщення триобмоткового трансформатора типу ТДТН-16000/150. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 12 + j4 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 4 + j1 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 16 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 158 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 38,5 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 25 \text{ кВт}; I_x = 1,0 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 96 \text{ кВт}; U_k^{BC} = 10,5\% , U_k^{BH} = 18\% , U_k^{CH} = 6\% .$$

Задача № 2.4

Скласти повну і спрощену схеми заміщення триобмоткового трансформатора типу ТДТН-63000/150. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 52 + j12 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 8 + j2 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 63 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 158 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 38,5 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 67 \text{ кВт}; I_x = 0,7 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 258 \text{ кВт}; U_k^{BC} = 10,5\% , U_k^{BH} = 18\% , U_k^{CH} = 6\% .$$

Задача № 2.5

Скласти повну і спрощену схеми заміщення триобмоткового трансформатора типу ТДТН-25000/220. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 19 + j7$ МВ·А, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 5 + j2$ МВ·А.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 25 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 230 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 38,5 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 50 \text{ кВт}; I_x = 1,2 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 135 \text{ кВт}; U_k^{BC} = 12,5\% , U_k^{BH} = 20\% , U_k^{CH} = 6,5\% .$$

Завдання № 3

Скласти повну і спрощену схеми заміщення автотрансформатора типу АТДЦТН-200000/220/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 100 + j60$ МВ·А, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 20 + j10$ МВ·А.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 200 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 230 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 121 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 125 \text{ кВт}; I_x = 0,5 \text{ \%};$$

$$\Delta P_K^{BC} = 430 \text{ кВт}; U_K^{BC} = 11\%, U_K^{BH} = 32\%, U_K^{CH} = 20\% ;$$

$$S_{T \text{ ном}}^{HH} / S_{T \text{ ном}} = 0,5.$$

Рішення

На рис. 3 представлено повну та спрощену схему заміщення автотрансформатора.

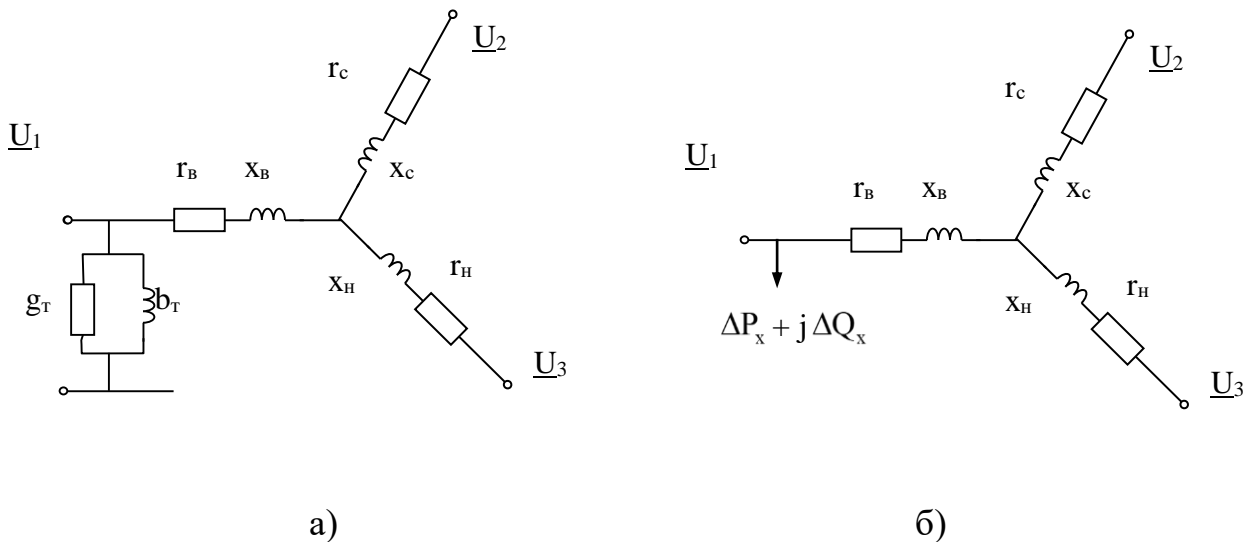


Рисунок 3 – Схема заміщення автотрансформатора: а - повна, б - спрощена

За даними дослідження холостого ходу визначимо активну та ємнісну провідності автотрансформатора:

$$g_T = \frac{\Delta P_x}{U_{T \text{ ном}}^2} = \frac{125 \cdot 10^{-3}}{230^2} = 2,36 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$b_T = \frac{I_x \% \cdot S_{T \text{ ном}}}{100 \cdot U_{T \text{ ном}}^2} = \frac{0,5 \cdot 200}{100 \cdot 230^2} = 18,9 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$\Delta Q_x = \frac{I_x \%}{100} \cdot S_{T \text{ ном}} = \frac{0,5}{100} \cdot 200 = 1,0 \text{ Мвар}.$$

За даними дослідження короткого замикання визначимо активний та індуктивний опір обмоток автотрансформатора:

$$r_{\text{заг}} = \frac{\Delta P_{\text{к}} \cdot U_{T \text{ ном}}^2}{S_{T \text{ ном}}^2} = \frac{430 \cdot 10^{-3} \cdot 230^2}{200^2} = 0,569 \text{ Ом};$$

$$r_B = r_C = r_{\text{заг}} / 2 = 0,3 \text{ Ом},$$

$$r_H = r_B / (S_{T \text{ ном}}^{\text{HH}} / S_{T \text{ ном}}) = r_B / 0,5 = 0,6 \text{ Ом};$$

$$U_{\text{к}}^B = \frac{U_{\text{к}}^{\text{BC}} + U_{\text{к}}^{\text{BH}} - U_{\text{к}}^{\text{CH}}}{2} = \frac{11 + 32 - 20}{2} = 11,5 \%,$$

$$U_{\text{к}}^C = \frac{U_{\text{к}}^{\text{BC}} + U_{\text{к}}^{\text{CH}} - U_{\text{к}}^{\text{BH}}}{2} = \frac{11 + 20 - 32}{2} \approx 0 \%,$$

$$U_{\text{к}}^H = \frac{U_{\text{к}}^{\text{BH}} + U_{\text{к}}^{\text{CH}} - U_{\text{к}}^{\text{BC}}}{2} = \frac{32 + 20 - 11}{2} = 20,5 \%;$$

$$x_B = \frac{U_{\text{к}}^B \cdot U_{T \text{ ном}}^2}{100 \cdot S_{T \text{ ном}}} = \frac{11,5 \cdot 230^2}{100 \cdot 200} = 30,42 \text{ Ом},$$

$$x_C = 0 \text{ Ом},$$

$$x_H = \frac{U_{\text{к}}^H \cdot U_{T \text{ ном}}^2}{100 \cdot S_{T \text{ ном}}} = \frac{20,5 \cdot 230^2}{100 \cdot 200} = 54,22 \text{ Ом}.$$

Розрахуємо втрати потужності у трансформаторі:

$$\Delta \underline{S}_T = \Delta \underline{S}_{\text{ст}} + \Delta \underline{S}_{\text{обм}}.$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{CT}} = \Delta P_x + j \Delta Q_x = 0,125 + j1,0 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{обм}} &= \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot r_H + \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot r_C + \frac{(P_H + P_C)^2 + (Q_H + Q_C)^2}{U_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot r_B = \\ &= \frac{20^2 + 10^2}{230^2} \cdot 0,6 + \frac{100^2 + 60^2}{230^2} \cdot 0,3 + \frac{(20+100)^2 + (10+60)^2}{230^2} \cdot 0,3 = 0,192 \text{ МВт}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{обм}} &= \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot x_H + \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot x_C + \frac{(P_H + P_C)^2 + (Q_H + Q_C)^2}{U_{\text{ТНОМ}}^2} \cdot x_B = \\ &= \frac{20^2 + 10^2}{230^2} \cdot 54,22 + \frac{100^2 + 60^2}{230^2} \cdot 0 + \frac{(20+100)^2 + (10+60)^2}{230^2} \cdot 30,42 = 11,611 \text{ Мвар}; \end{aligned}$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{обм}} = 0,192 + j11,611 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{T}} = 0,317 + j12,611 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Варіанти завдання №3

Задача № 3.1

Скласти повну і спрощену схеми заміщення автотрансформатора типу АТДЦТН-200000/330/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 100 + j60 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 20 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{\text{TНОМ}} = 200 \text{ МВА};$$

$$U_{1\text{TНОМ}} = 330 \text{ кВ}, U_{2\text{TНОМ}} = 115 \text{ кВ}, U_{3\text{TНОМ}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 180 \text{ кВт}; I_x = 0,5 \%;$$

$$\Delta P_{\text{к}}^{\text{BC}} = 600 \text{ кВт}; U_{\text{к}}^{\text{BC}} = 10\%, U_{\text{к}}^{\text{BH}} = 34\%, U_{\text{к}}^{\text{CH}} = 22,5\%;$$

$$S_{\text{TНОМ}}^{\text{HH}} / S_{\text{TНОМ}} = 0,4.$$

Задача № 3.2

Скласти повну і спрощену схеми заміщення автотрансформатора типу АТДЦТН-250000/220/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 150 + j80 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 60 + j20 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 250 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 230 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 121 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 145 \text{ кВт}; I_x = 0,5 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k^{BC} = 520 \text{ кВт}; U_k^{BC} = 11,5\% , U_k^{BH} = 33,4\% , U_k^{CH} = 20,8\% ;$$

$$S_{T \text{ ном}}^{HH} / S_{T \text{ ном}} = 0,5.$$

Задача № 3.3

Скласти повну і спрощену схеми заміщення автотрансформатора типу АТДЦТН-125000/330/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 100 + j60 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 20 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 125 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 330 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 115 \text{ кВт}; I_x = 0,5 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k^{BC} = 370 \text{ кВт}; U_k^{BC} = 10\% , U_k^{BH} = 35\% , U_k^{CH} = 24\% ;$$

$$S_{T \text{ ном}}^{HH} / S_{T \text{ ном}} = 0,5.$$

Задача № 3.4

Скласти повну і спрощену схеми заміщення автотрансформатора типу АТДЦТН-250000/500/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 150 + j80 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 60 + j20 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{\text{ТНОМ}} = 250 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ ТНОМ}} = 500 \text{ кВ}, U_{2 \text{ ТНОМ}} = 121 \text{ кВ}, U_{3 \text{ ТНОМ}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_{\text{X}} = 230 \text{ кВт}; I_{\text{X}} = 0,45 \text{ \%};$$

$$\Delta P_{\text{K}}^{\text{BC}} = 640 \text{ кВт}; U_{\text{K}}^{\text{BC}} = 13\%, U_{\text{K}}^{\text{BH}} = 33\%, U_{\text{K}}^{\text{CH}} = 18,5\% ;$$

$$S_{\text{ТНОМ}}^{\text{HH}} / S_{\text{ТНОМ}} = 0,4.$$

Завдання № 4

Скласти повну і спрощену схеми заміщення групи із трьох однофазних автотрансформаторів типу АОДЦТН-133000/330/220. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 360 + j90 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 20 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 133 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 330/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 230/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 55 \text{ кВт}; I_x = 0,15 \text{ \%};$$

$$\Delta P_{\text{к}}^{\text{BC}} = 280 \text{ кВт}, \Delta P_{\text{к}}^{\text{BH}} = 125 \text{ кВт}; \Delta P_{\text{к}}^{\text{CH}} = 105 \text{ кВт};$$

$$U_{\text{к}}^{\text{BC}} = 9\%, U_{\text{к}}^{\text{BH}} = 60,4\%, U_{\text{к}}^{\text{CH}} = 48,5\% ;$$

$$S_{\text{Т ном}}^{\text{HH}} / S_{\text{Т ном}} = 0,25.$$

Рішення

На рис. 4 наведено схему заміщення групи із трьох однофазних автотрансформаторів: а - повна, б - спрощена

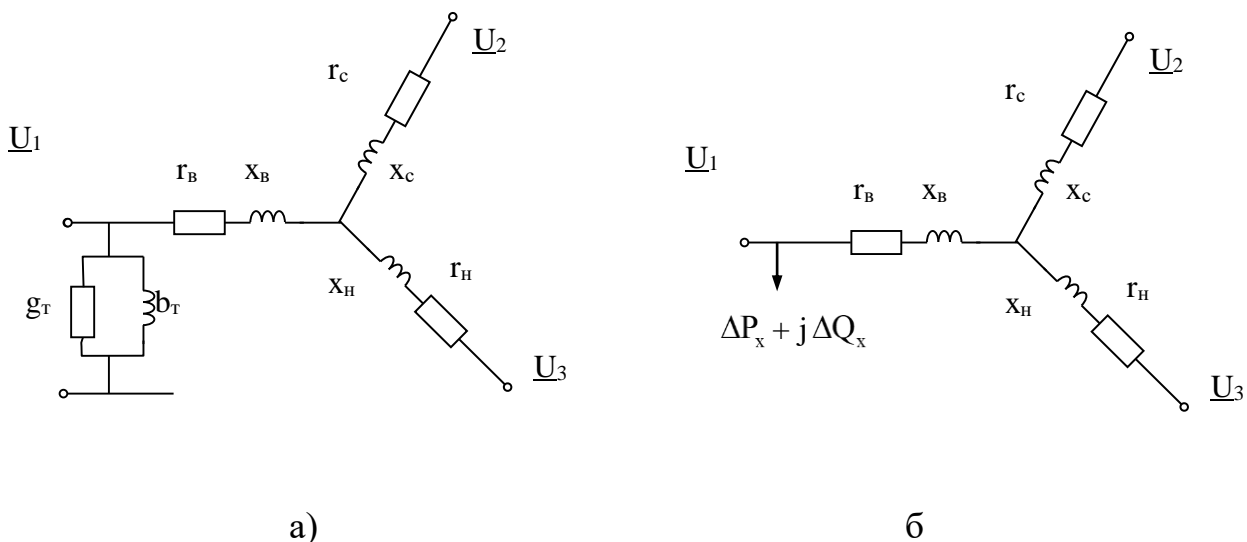


Рисунок 4 – Схема заміщення групи із трьох однофазних автотрансформаторів: а - повна, б - спрощена

За даними дослідження холостого ходу визначимо активну та ємнісну провідності групи із трьох однофазних автотрансформаторів:

$$g_T = \frac{\Delta P_x}{U_{T\text{НОМ}}^2} = \frac{55 \cdot 10^{-3}}{(330/\sqrt{3})^2} = 1,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$b_T = \frac{I_x \% \cdot S_{T\text{НОМ}}}{100 \cdot U_{T\text{НОМ}}^2} = \frac{0,15 \cdot 133}{100 \cdot (330/\sqrt{3})^2} = 5,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$\Delta P_x = 3 \cdot \Delta P_{x(\text{катал.})} = 3 \cdot 0,055 = 0,165 \text{ МВт};$$

$$\Delta Q_x = 3 \cdot \frac{I_x \%}{100} \cdot S_{T\text{НОМ}} = 3 \cdot \frac{0,15}{100} \cdot 133 = 0,6 \text{ Мвар}.$$

За даними дослідження короткого замикання визначимо активні та реактивні опори обмоток групи із трьох однофазних автотрансформаторів:

$$r_{BC} = \frac{\Delta P_K^{BC} \cdot U_{T\text{НОМ}}^2}{(S_{T\text{НОМ}})^2} = \frac{0,28 \cdot (330/\sqrt{3})^2}{133^2} = 0,57 \text{ Ом};$$

$$r_{BH} = \frac{\Delta P_K^{BH} \cdot U_{T\text{НОМ}}^2}{(S_{T\text{НОМ}}^{HH})^2} = \frac{0,125 \cdot (330/\sqrt{3})^2}{(133 \cdot 0,25)^2} = 4,11 \text{ Ом};$$

$$r_{CH} = \frac{\Delta P_K^{CH} \cdot U_{T\text{НОМ}}^2}{(S_{T\text{НОМ}}^{HH})^2} = \frac{0,105 \cdot (330/\sqrt{3})^2}{(133 \cdot 0,25)^2} = 3,46 \text{ Ом}.$$

$$r_B = (r_{BC} + r_{BH} - r_{CH}) / 2 = (0,57 + 4,11 - 3,46) / 2 = 0,61 \text{ Ом};$$

$$r_C = (r_{BC} + r_{CH} - r_{BH}) / 2 = (0,57 + 3,46 - 4,11) / 2 = -0,08 \approx 0;$$

$$r_H = (r_{BH} + r_{CH} - r_{BC}) / 2 = (4,11 + 3,46 - 0,57) / 2 = 3,5 \text{ Ом}.$$

$$U_K^B = (U_K^{BC} + U_K^{BH} - U_K^{CH}) / 2 = (9 + 60,4 - 48,5) / 2 = 10,45\%;$$

$$U_K^C = (U_K^{BC} + U_K^{CH} - U_K^{BH}) / 2 = (9 + 48,5 - 60,4) / 2 = -1,45 \approx 0;$$

$$U_K^H = (U_K^{BH} + U_K^{CH} - U_K^{BC}) / 2 = (60,4 + 48,5 - 9) / 2 = 49,95\%.$$

$$x_B = \frac{U_K^B \cdot U_{T\text{НОМ}}^2}{100 \cdot S_{T\text{НОМ}}} = \frac{10,45 \cdot (330 / \sqrt{3})^2}{100 \cdot 133} = 28,6 \text{ Ом};$$

$$x_C = 0; x_H = \frac{U_K^H \cdot U_{T\text{НОМ}}^2}{100 \cdot S_{T\text{НОМ}}} = \frac{49,95 \cdot (330 / \sqrt{3})^2}{100 \cdot 133} = 136,65 \text{ Ом}.$$

Розрахуємо втрати потужності у автотрансформаторі:

$$\Delta \underline{S}_T = \Delta \underline{S}_{CT} + \Delta \underline{S}_{обм}.$$

$$\Delta \underline{S}_{CT} = \Delta P_x + j \Delta Q_x = 0,165 + j0,6 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{обм} &= \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_{T\text{НОМ}}^2} \cdot r_H + \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{T\text{НОМ}}^2} \cdot r_c + \frac{(P_H + P_C)^2 + (Q_H + Q_C)^2}{U_{T\text{НОМ}}^2} \cdot r_b = \\ &= \frac{20^2 + 10^2}{330^2} \cdot 3,5 + \frac{360^2 + 90^2}{330^2} \cdot 0 + \frac{(20 + 360)^2 + (10 + 90)^2}{330^2} \cdot 0,61 = 0,881 \text{ МВт}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{обм} &= \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_{T\text{НОМ}}^2} \cdot x_H + \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{T\text{НОМ}}^2} \cdot x_c + \frac{(P_H + P_C)^2 + (Q_H + Q_C)^2}{U_{T\text{НОМ}}^2} \cdot x_B = \\ &= \frac{20^2 + 10^2}{330^2} \cdot 136,65 + \frac{360^2 + 90^2}{330^2} \cdot 0 + \frac{(20 + 360)^2 + (10 + 90)^2}{330^2} \cdot 28,6 = 41,177 \text{ Мвар}; \end{aligned}$$

$$\Delta \underline{S}_{обм} = 0,881 + j41,177 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta \underline{S}_T = 1,046 + j41,777 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Варіанти завдання №4

Задача № 4.1

Скласти повну і спрощену схеми заміщення групи з трьох однофазних автотрансформаторів типу АОДЦТН-167000/500/330. Розрахувати параметри схеми

заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 430 + j140$ МВ·А, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 50 + j20$ МВ·А.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 167 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 500/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 330/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 70 \text{ кВт}; I_x = 0,3 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k^{BC} = 320 \text{ кВт};$$

$$U_k^{BC} = 9,5\% , U_k^{BH} = 67\% , U_k^{CH} = 61\% ;$$

$$S_{T \text{ ном}}^{HH} / S_{T \text{ ном}} = 0,2.$$

Задача № 4.2

Скласти повну і спрощену схеми заміщення групи з трьох однофазних автотрансформаторів типу АОДЦТН-333000/750/330. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 840 + j140$ МВ·А, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 100 + j30$ МВ·А.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 333 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 750/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 330/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 15,75 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 250 \text{ кВт}; I_x = 0,35 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k^{BC} = 580 \text{ кВт};$$

$$U_k^{BC} = 10\% , U_k^{BH} = 28\% , U_k^{CH} = 17\% ;$$

$$S_{T \text{ ном}}^{HH} / S_{T \text{ ном}} = 0,36.$$

Задача № 4.3

Скласти повну і спрощену схеми заміщення групи з трьох однофазних автотрансформаторів типу АОДЦТН-267000/750/220. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 680 + j140$ МВ·А, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 100 + j30$ МВ·А.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{\text{T HOM}} = 267 \text{ MBA};$$

$$U_{1 \text{ T HOM}} = 750/\sqrt{3} \text{ kB}, U_{2 \text{ T HOM}} = 220/\sqrt{3} \text{ kB}, U_{3 \text{ T HOM}} = 10,5 \text{ kB};$$

$$\Delta P_x = 250 \text{ кВт}; I_x = 0,4 \text{ \%};$$

$$\Delta P_{\text{к}}^{\text{BC}} = 600 \text{ кВт};$$

$$U_{\text{к}}^{\text{BC}} = 13\% , U_{\text{к}}^{\text{BH}} = 32\% , U_{\text{к}}^{\text{CH}} = 17\% ;$$

$$S_{\text{T HOM}}^{\text{HH}} / S_{\text{T HOM}} = 0,3.$$

Завдання № 5

Навести у загальному вигляді ітераційний розрахунок розімкненої мережі 110 кВ (рис.5). Розрахунок провести у два етапи. Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори кіл і напруги в центрі живлення.

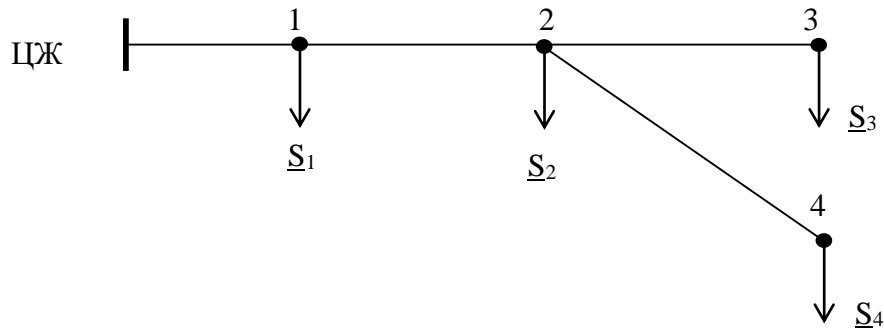


Рисунок 5 – Вихідна схема розімкненої мережі 110 кВ

Рішення

Розрахуємо перетікання потужності між вузлами та напругу у вузлах відповідно до схеми на рис. 6

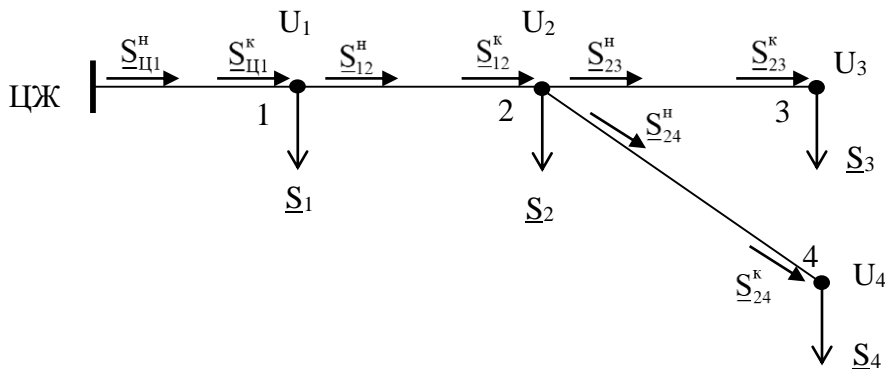


Рисунок 6– Розрахункова схема розімкненої мережі 110 кВ

I етап: Допускаємо, що напруга в усіх вузлах дорівнює номінальній, $U_i = U_{\text{ном}}$.

$$\underline{S}_{23}^{\text{к}} = \underline{S}_3; \Delta \underline{S}_{23} = \left(\frac{\underline{S}_{23}^{\text{к}}}{U_3} \right)^2 \cdot \underline{z}_{23}; \underline{S}_{23}^{\text{н}} = \underline{S}_{23}^{\text{к}} + \Delta \underline{S}_{23}.$$

$$\underline{S}_{24}^k = \underline{S}_4; \Delta \underline{S}_{24} = \left(\frac{S_{24}^k}{U_4} \right)^2 \cdot \underline{z}_{24}; \underline{S}_{24}^h = \underline{S}_{24}^k + \Delta \underline{S}_{24}.$$

$$\underline{S}_{12}^k = \underline{S}_{23}^h + \underline{S}_{24}^h + \underline{S}_2; \Delta \underline{S}_{12} = \left(\frac{S_{12}^k}{U_2} \right)^2 \cdot \underline{z}_{12}; \underline{S}_{12}^h = \underline{S}_{12}^k + \Delta \underline{S}_{12};$$

$$\underline{S}_{\Pi 1}^k = \underline{S}_{12}^h + \underline{S}_1; \Delta \underline{S}_{\Pi 1} = \left(\frac{S_{\Pi 1}^k}{U_1} \right)^2 \cdot \underline{z}_{\Pi 1}; \underline{S}_{\Pi 1}^h = \underline{S}_{\Pi 1}^k + \Delta \underline{S}_{\Pi 1}.$$

II етап: U_{Π} – дано;

$$\Delta U_{\Pi 1} = \frac{P_{\Pi 1}^h \cdot r_{\Pi 1} + Q_{\Pi 1}^h \cdot x_{\Pi 1}}{U_{\Pi}}; U_1 = U_{\Pi} - \Delta U_{\Pi 1};$$

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12}^h \cdot r_{12} + Q_{12}^h \cdot x_{12}}{U_1}; U_2 = U_1 - \Delta U_{12};$$

$$\Delta U_{23} = \frac{P_{23}^h \cdot r_{23} + Q_{23}^h \cdot x_{23}}{U_2}; U_3 = U_2 - \Delta U_{23};$$

$$\Delta U_{24} = \frac{P_{24}^h \cdot r_{24} + Q_{24}^h \cdot x_{24}}{U_2}; U_4 = U_2 - \Delta U_{24}.$$

Варіанти завдання №5

Задача № 5.1

Навести у загальному вигляді ітераційний розрахунок розімкненої мережі 110 кВ (рис.7). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.

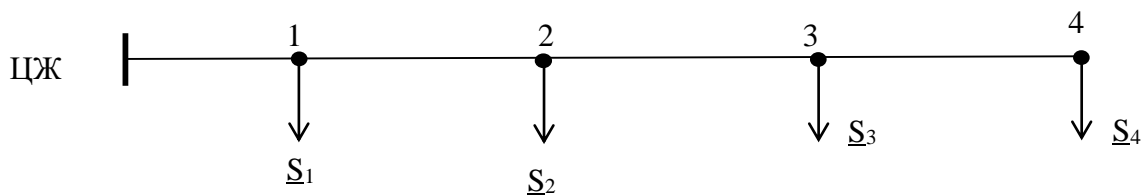


Рисунок 7 – Вихідна схема розімкненої мережі 110 кВ

Задача № 5.2

Навести у загальному вигляді ітераційний розрахунок розімкненої мережі 110 кВ (рис.8). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.

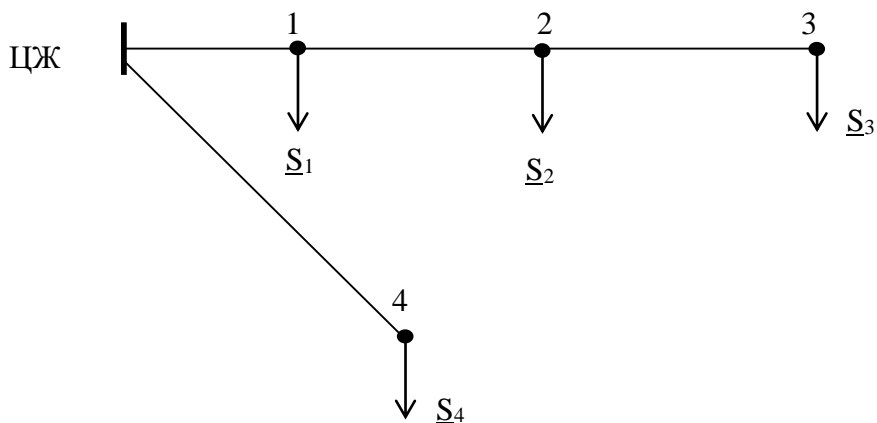


Рисунок 8 – Вихідна схема розімкненої мережі 110 кВ

Задача № 5.3

Навести у загальному вигляді ітераційний розрахунок розімкненої мережі 110 кВ (рис.9). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.

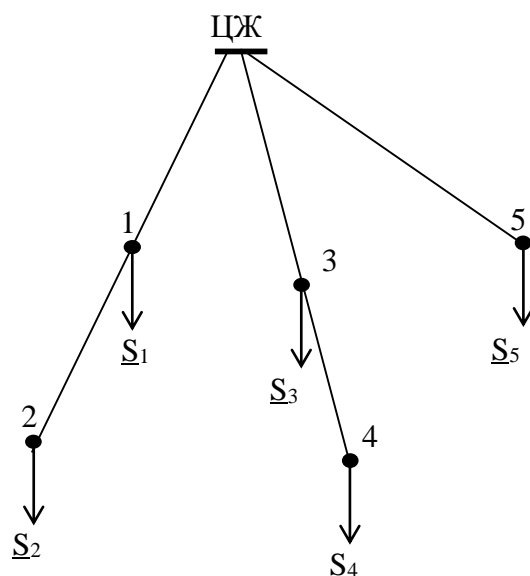


Рисунок 9 – Вихідна схема розімкненої мережі 110 кВ

Задача № 5.4

Навести у загальному вигляді ітераційний розрахунок розімкненої мережі 110 кВ (рис.10). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.

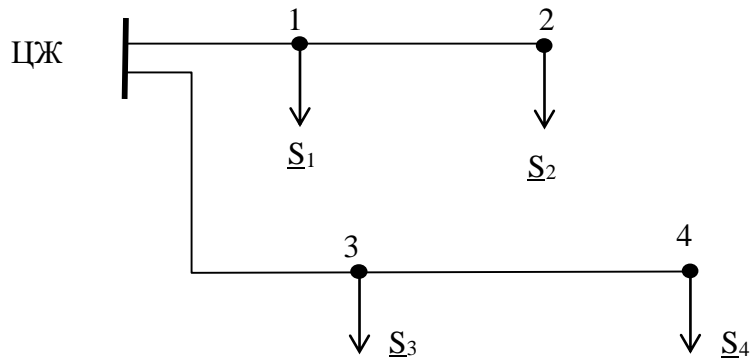


Рисунок 10 – Вихідна схема розімкненої мережі 110 кВ

Задача № 5.5

Навести у загальному вигляді ітераційний розрахунок розімкненої мережі 110 кВ (рис.11). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.

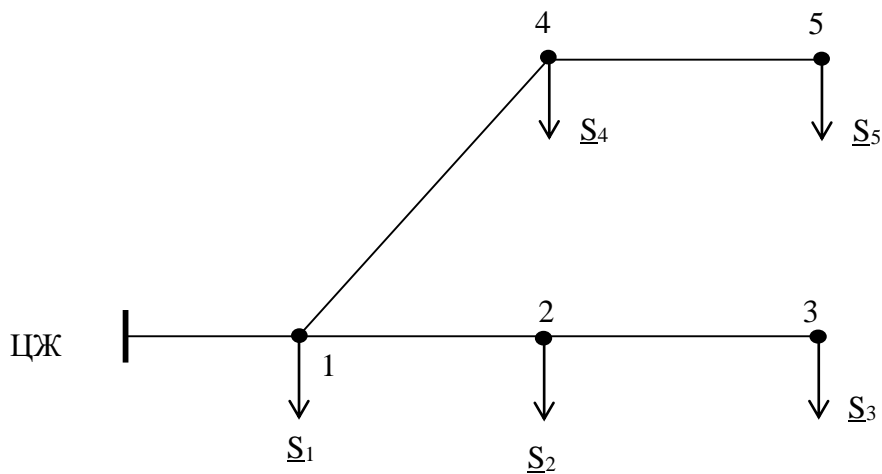


Рисунок 11 – Вихідна схема розімкненої мережі 110 кВ

Завдання № 6

Навести у загальному вигляді розрахунок мережі 10 кВ (рис.12). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.

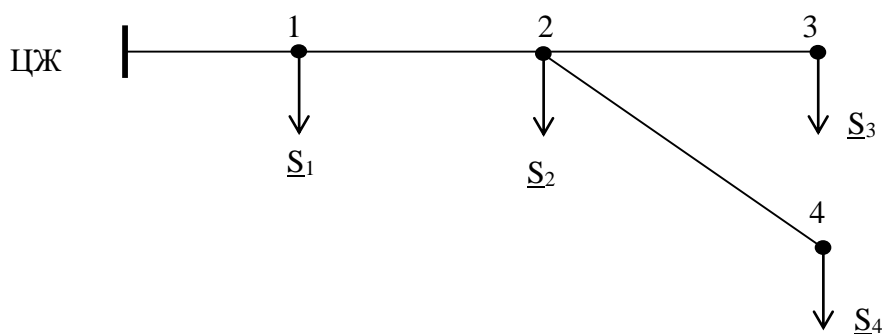


Рисунок 12 – Вихідна схема розімкненої мережі 10 кВ

Рішення

Розрахуємо перетікання потужності між вузлами та напругу у вузлах відповідно до схеми на рис. 13

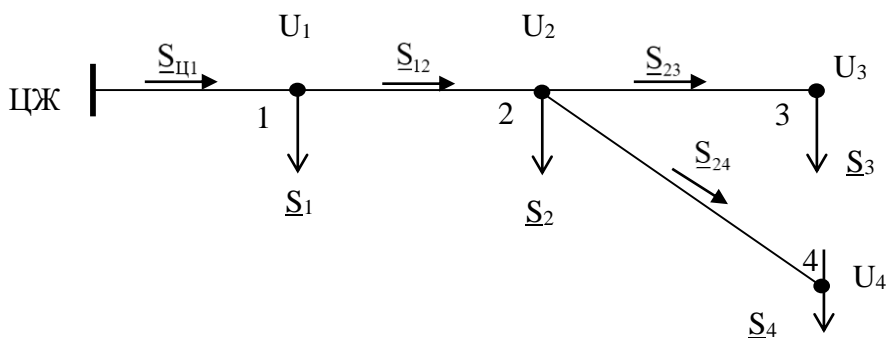


Рисунок 13 – Розрахункова схема розімкненої мережі 10 кВ

$$\underline{S}_{23} = \underline{S}_3; \underline{S}_{24} = \underline{S}_4;$$

$$\underline{S}_{12} = \underline{S}_{23} + \underline{S}_{24} + \underline{S}_2;$$

$$\underline{S}_{Ц1} = \underline{S}_{12} + \underline{S}_1.$$

$U_{Ц}$ – дано;

$$\Delta U_{Ц1} = \frac{P_{Ц1} \cdot r_{Ц1} + Q_{Ц1} \cdot x_{Ц1}}{U_{НОМ}}; U_1 = U_{Ц} - \Delta U_{Ц1};$$

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot r_{12} + Q_{12} \cdot x_{12}}{U_{НОМ}}; U_2 = U_1 - \Delta U_{12};$$

$$\Delta U_{23} = \frac{P_{23} \cdot r_{23} + Q_{23} \cdot x_{23}}{U_{НОМ}}; U_3 = U_2 - \Delta U_{23};$$

$$\Delta U_{24} = \frac{P_{24} \cdot r_{24} + Q_{24} \cdot x_{24}}{U_{НОМ}}; U_4 = U_2 - \Delta U_{24}.$$

Варіанти завдання № 6

Задача № 6.1

Навести у загальному вигляді розрахунок мережі 10 кВ (рис.14). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.

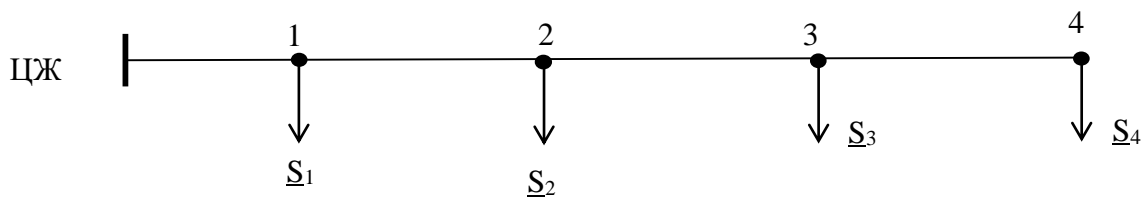


Рисунок 14 – Вихідна схема розімкненої мережі 10 кВ

Задача № 6.2

Навести у загальному вигляді розрахунок мережі 10 кВ (рис. 15). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.

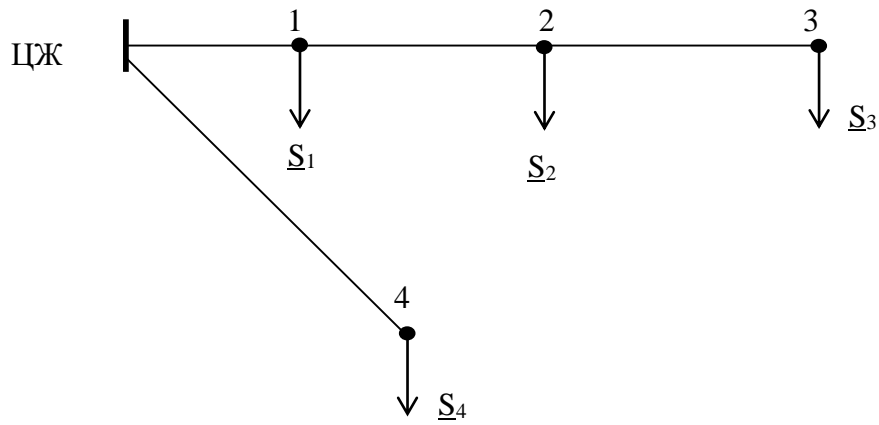


Рисунок 15 – Вихідна схема розімкненої мережі 10 кВ

Задача № 6.3

Навести у загальному вигляді розрахунок мережі 10 кВ (рис. 16). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.

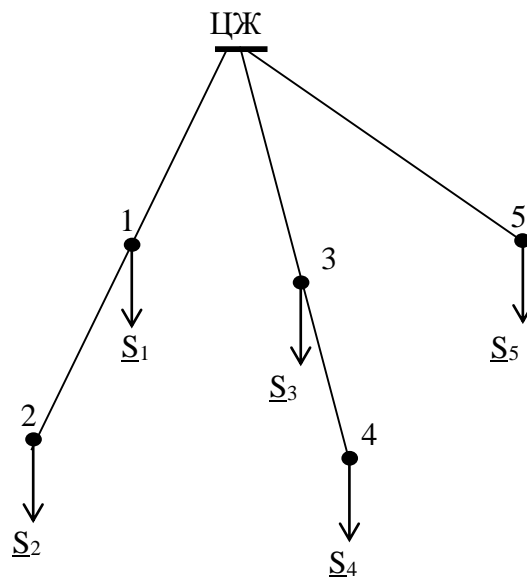


Рисунок 16 – Вихідна схема розімкненої мережі 10 кВ

Задача № 6.4

Навести у загальному вигляді розрахунок мережі 10 кВ (рис.17). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.

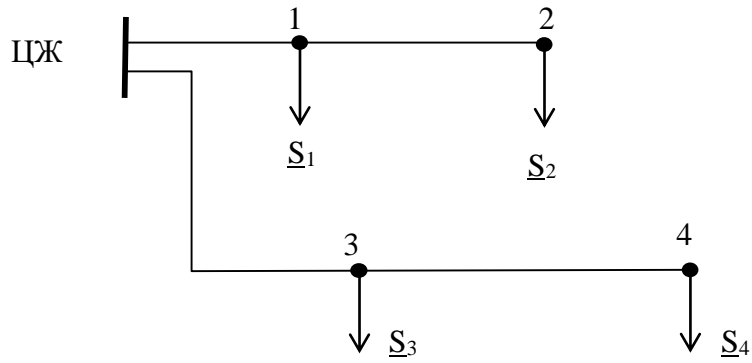


Рисунок 17 – Вихідна схема розімкненої мережі 10 кВ

Задача № 6.5

Навести у загальному вигляді розрахунок мережі 10 кВ (рис.18). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.

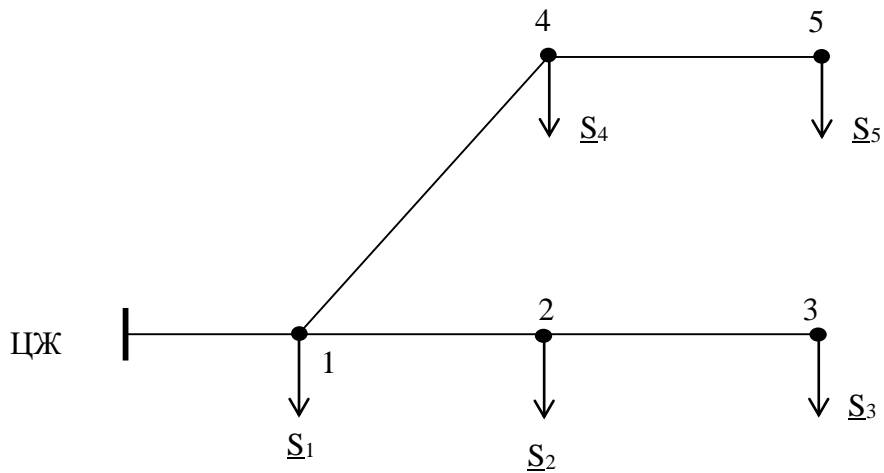


Рисунок 18 – Вихідна схема розімкненої мережі 10 кВ

Завдання № 7

Розрахувати втрати потужності і напруги в лінії з рівномірно розподіленим навантаженням. $U_{\text{ном}} = 380$ В, довжина $L = 300$ м, питома навантаження $i_0 = 0,2$ А/м, провід А16 ($\rho = 28,8$ Ом мм²/км) (рис.19).

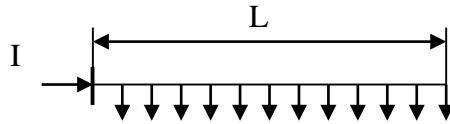


Рисунок 19 – Схема лінії з рівномірно розподіленим навантаженням

Рішення

Визначаємо втрати потужності за формулою

$$\Delta P = I^2 \cdot r_0 \cdot L;$$

Визначаємо падіння напруги за формулою

$$\Delta U = \frac{I \cdot r_0 \cdot L}{2},$$

де $I = i_0 \cdot L$; $r_0 = \frac{\rho}{F}$; F – перетин дроту, мм².

$$I = 0,2 \cdot 300 = 60 \text{ А};$$

$$r_0 = \frac{28,8}{16} = 1,8 \frac{\text{Ом}}{\text{км}};$$

$$\Delta P = I^2 \cdot r_0 \cdot L = 60^2 \cdot 1,8 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} = 1,944 \text{ кВт};$$

$$\Delta U = \frac{I \cdot r_0 \cdot L}{2} = \frac{60 \cdot 1,8 \cdot 0,3}{2} = 16,2 \text{ В}.$$

Варіанти завдання № 7

Задача № 7.1

Розрахувати втрати потужності і напруги в лінії з рівномірно розподіленим навантаженням. $U_{\text{ном}} = 380$ В, довжина $L = 250$ м, питоме навантаження $i_0 = 0,2$ А/м, провід А16 ($\rho = 28,8$ Ом мм²/км).

Задача № 7.2

Розрахувати втрати потужності і напруги в лінії з рівномірно розподіленим навантаженням. $U_{\text{ном}} = 380$ В, довжина $L = 400$ м, питоме навантаження $i_0 = 0,1$ А/м, провід А16 ($\rho = 28,8$ Ом мм²/км).

Задача № 7.3

Розрахувати втрати потужності і напруги в лінії з рівномірно розподіленим навантаженням. $U_{\text{ном}} = 380$ В, довжина $L = 350$ м, питоме навантаження $i_0 = 0,15$ А/м, провід А16 ($\rho = 28,8$ Ом мм²/км).

Задача № 7.4

Розрахувати втрати потужності і напруги в лінії з рівномірно розподіленим навантаженням. $U_{\text{ном}} = 380$ В, довжина $L = 200$ м, питоме навантаження $i_0 = 0,3$ А/м, провід А16 ($\rho = 28,8$ Ом мм²/км).

Задача № 7.5

Розрахувати втрати потужності і напруги в лінії з рівномірно розподіленим навантаженням. $U_{\text{ном}} = 380$ В, довжина $L = 150$ м, питоме навантаження $i_0 = 0,35$ А/м, провід А16 ($\rho = 28,8$ Ом мм²/км).

Завдання № 8

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на нижній стороні трансформатора ТДН-16000/110 у режимі найбільших навантажень Навантаження на стороні 10 кВ $S_H = 15 + j5$ МВ·А, напруга на стороні 110 кВ $U_1 = 90$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 16 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН: $\pm 9 \times 1,78\%$.

Розрахункові дані:

$$R_T = 4,38 \text{ Ом}; X_T = 86,7 \text{ Ом}.$$

Рішення

Відповідно до розрахункової схеми на рис. 20 визначимо напругу на нижній стороні трансформатора

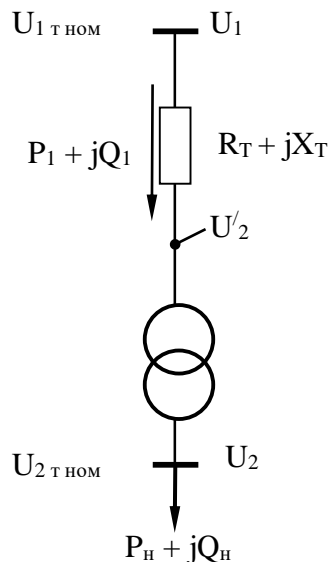


Рисунок 20 – Розрахункова схема

$$U'_2 = U_{1 \text{ Т ном}} - \Delta U_T,$$

$$\text{де } \Delta U_T = \frac{P_n \cdot R_T + Q_n \cdot X_T}{U_1} = \frac{15 \cdot 4,38 + 5 \cdot 86,7}{90} = 5,55 \text{ кВ.}$$

$$U'_2 = 90 - 5,55 = 84,45 \text{ кВ.}$$

Бажана напруга на стороні НН: $U_{2 \text{ баж}} = 1,05 U_{2 \text{ ном}} = 10,5 \text{ кВ.}$

$$\text{Бажаний коефіцієнт трансформації: } K_{T \text{ баж}} = \frac{U'_2}{U_{2 \text{ баж}}}.$$

Умови регулювання будуть виконуватися в тому випадку, якщо бажаний і реальний коефіцієнти будуть рівні ($K_{T \text{ баж}} = K_T$). З цієї умови випливає формула

$$n'_{\text{від}} = \left(\frac{U'_2 \cdot U_{2T \text{ ном}}}{U_{2 \text{ баж}} \cdot U_{1T \text{ ном}}} - 1 \right) \frac{1}{\Delta U_{\text{рег}}^*},$$

де $n'_{\text{від}}$ – розрахункове значення шуканого номер відгалуження пристрою РПН;

$\Delta U_{\text{рег}}^* = 0,0178$ – відносна величина кроку регулювання пристрою РПН.

$$n'_{\text{від}} = \left(\frac{84,45 \cdot 11}{10,5 \cdot 115} - 1 \right) \cdot \frac{1}{0,0178} = -12,96.$$

Значення $n_{\text{від}}$ округляємо до найближчого, це є $n_{\text{від}} = -9$ (діапазону регулювання не вистачає). Розраховуємо реальний коефіцієнт трансформації:

$$K_T = \frac{U_{1T \text{ ном}} (1 + n_{\text{від}} \cdot \Delta U_{\text{рег}}^*)}{U_{2T \text{ ном}}} = \frac{115 \cdot (1 - 9 \cdot 0,0178)}{11} = 8,78.$$

Дійсна напруга на низькій стороні трансформатора буде дорівнювати

$$U_{2 \text{ реал}} = \frac{U'_2}{k_T} = \frac{84,45}{8,78} = 9,62 \text{ кВ.}$$

Варіанти завдання №8

Задача № 8.1

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на стороні нижчої напруги трансформатора ТМН-4000/35 у режимі найбільших навантажень. Навантаження на стороні 10 кВ $S_H = 3,2 + j0,5$ МВ·А, напруга на стороні 35 кВ $U_1 = 31$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 4 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 35 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН: $\pm 6 \times 1,5\%$.

Розрахункові дані:

$$R_T = 2,6 \text{ Ом}; X_T = 23,0 \text{ Ом}.$$

Задача № 8.2

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на стороні нижчої напруги трансформатора ТДН-10000/110 у режимі найбільших навантажень. Навантаження на стороні 10 кВ $S_H = 8 + j2$ МВ·А, напруга на стороні 110 кВ $U_1 = 95$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 10 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН: $\pm 9 \times 1,78\%$.

Розрахункові дані:

$$R_T = 7,95 \text{ Ом}; X_T = 139,0 \text{ Ом}.$$

Задача № 8.3

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на стороні нижчої напруги трансформатора ТРДН-25000/110 у режимі найбільших навантажень.

Навантаження на стороні 10 кВ $S_H = 20 + j4$ МВ·А, напруга на стороні 110 кВ $U_1 = 96$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 25 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН: $\pm 9 \times 1,78\%$.

Розрахункові дані:

$$R_T = 2,54 \text{ Ом}; X_T = 55,9 \text{ Ом}.$$

Задача № 8.4

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на стороні нижчої напруги трансформатора ТРДН-32000/150 у режимі найбільших навантажень. Навантаження на стороні 10 кВ $S_H = 25 + j8$ МВ·А, напруга на стороні 150 кВ $U_1 = 141$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 32 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 158 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН: $\pm 8 \times 1,5\%$.

Розрахункові дані:

$$R_T = 3,54 \text{ Ом}; X_T = 82,0 \text{ Ом}.$$

Задача № 8.5

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на стороні нижчої напруги трансформатора ТДН-40000/220 у режимі найбільших навантажень. Навантаження на стороні 10 кВ $S_H = 35 + j10$ МВ·А, напруга на стороні 110 кВ $U_1 = 205$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 40 \text{ МВА};$$

$$U_{1 T \text{ ном}} = 230 \text{ кВ}, U_{2 T \text{ ном}} = 11 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН: $\pm 8 \times 1,5\%$.

Розрахункові дані:

$$R_T = 5,6 \text{ Ом}; X_T = 158,7 \text{ Ом}.$$

Завдання № 9

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на сторонах середньої та нижчої напруг автотрансформатора АТДЦТН-200000/330/110 у режимі найбільших навантажень. За результатами розрахунку режиму отримані приведені значення напруги на стороні середньої і нижчої напруг: $U'_C = 315$ кВ, $U'_H = 305$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 200 \text{ МВА};$$

$$U_{B \text{ Т ном}} = 330 \text{ кВ}, U_{C \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{H \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ}.$$

Діапазон регулювання пристрою РПН з сторони СН: $\pm 6 \times 2 \%$.

Рішення

Відповідно до розрахункової схеми на рис. 21 пристрій РПН встановлено на стороні СН.

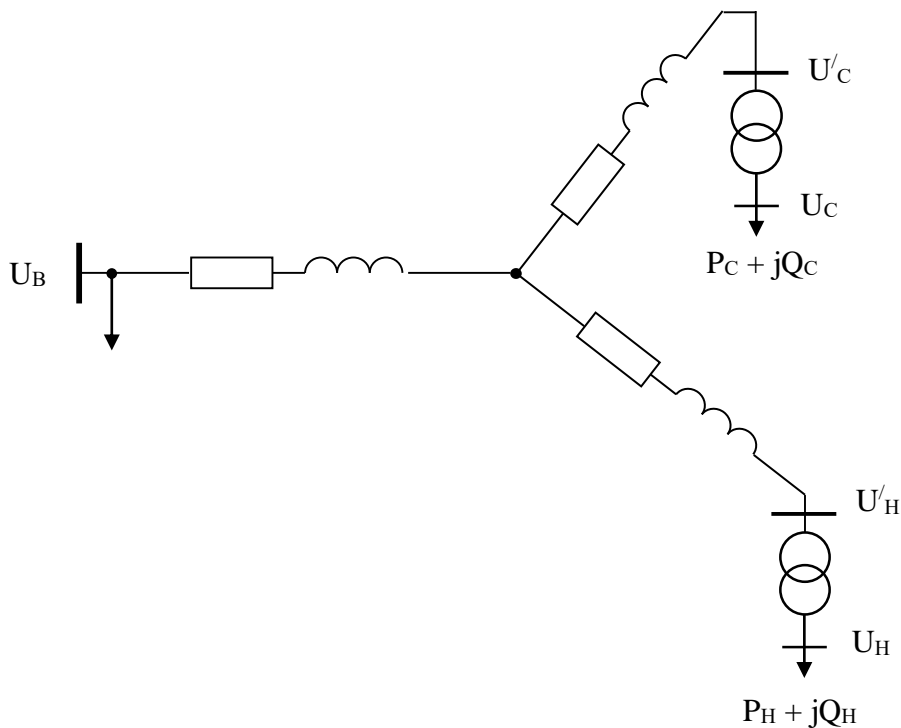


Рисунок 21 – Розрахункова схема

Бажана напруга на шинах СН у режимі найбільших навантажень з умови зустрічного регулювання складає

$$U_{C \text{ баж}} = 1,05 \cdot U_{C \text{ ном}} = 1,05 \cdot 110 = 115,5 \text{ кВ.}$$

Відносна зміна кількості витків обмотки СН:

$$\omega_i^* = \frac{U_{ВТ \text{ ном}} \cdot U_{C \text{ баж}}}{U_{СТ \text{ ном}} \cdot U'_C} - 1 = \frac{330 \cdot 115,5}{115 \cdot 315} - 1 = 0,052.$$

Розрахункове значення номера відгалуження складає

$$n'_{\text{від}} = \frac{\omega_i^*}{\Delta U_{\text{рег}}^*} = \frac{0,052}{0,02} = 2,6.$$

$\Delta U_{\text{рег}}^* = 0,02$ – відносна величина кроку регулювання пристрою РПН.

Округляємо до стандартного найближчого номера відгалуження: $n_{\text{від}} = 3$.

Розраховуємо реальні коефіцієнти трансформації:

$$K_T^{\text{B-C}} = \frac{U_{ВТ \text{ ном}}}{U_{СТ \text{ ном}} \cdot (1 + n_{\text{від}} \cdot \Delta U_{\text{рег}}^*)} = \frac{330}{115 \cdot (1 + 3 \cdot 0,02)} = 2,707;$$

$$K_T^{\text{B-H}} = \frac{U_{ВТ \text{ ном}}}{U_{HT \text{ ном}}} = \frac{330}{10,5} = 31,43.$$

Дійсні напруги:

на стороні СН

$$U_C = \frac{U'_C}{K_T^{\text{B-C}}} = \frac{315}{2,707} = 116,36 \text{ кВ,}$$

на стороне НН

$$U_H = \frac{U'_H}{K_T^{\text{B-H}}} = \frac{305}{31,43} = 9,7 \text{ кВ.}$$

На шинах НН немає регулювання напруги. Бажана напруга в режимі найбільших навантажень $U_{H \text{ баж}} = 1,05 \cdot U_{H \text{ ном}} = 10,5 \text{ кВ}$. Для забезпечення необхідної

напруги на шинах НН автотрансформаторів використовують вольтододаткові трансформатори.

Варіанти завдання №9

Задача № 9.1

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на сторонах середньої та нижчої напруг автотрансформатора АТДЦТН-250000/330/150 у режимі найбільших навантажень. За результатами розрахунку режиму отримані приведені значення напруги на стороні середньої і нижчої напруг: $U'_C = 305$ кВ, $U'_H = 300$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 250 \text{ МВА};$$

$$U_{B \text{ Т ном}} = 330 \text{ кВ}, U_{C \text{ Т ном}} = 158 \text{ кВ}, U_{H \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ}.$$

Діапазон регулювання пристрою РПН з сторони СН: $\pm 6 \times 2 \%$.

Задача № 9.2

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на сторонах середньої та нижчої напруг групи з трьох автотрансформаторів АОДЦТН-133000/330/220 у режимі найбільших навантажень. За результатами розрахунку режиму отримані приведені значення напруги на стороні середньої і нижчої напруг: $U'_C = 315$ кВ, $U'_H = 305$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 133 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 330/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 230/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН з сторони СН: $\pm 6 \times 2 \%$.

Задача № 9.3

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на сторонах середньої та нижчої напруг автотрансформатора АТДЦТН-200000/220/110 у режимі

найбільших навантажень. За результатами розрахунку режиму отримані приведені значення напруги на стороні середньої і нижчої напруг: $U'_C = 205$ кВ, $U'_H = 200$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 200 \text{ МВА};$$

$$U_{B \text{ Т ном}} = 230 \text{ кВ}, U_{C \text{ Т ном}} = 121 \text{ кВ}, U_{H \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ}.$$

Діапазон регулювання пристрою РПН з сторони СН: $\pm 6 \times 2$ %.

Задача № 9.4

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на сторонах середньої та нижчої напруг автотрансформатора АТДЦТН-250000/500/110 у режимі найбільших навантажень. За результатами розрахунку режиму отримані приведені значення напруги на стороні середньої і нижчої напруг: $U'_C = 485$ кВ, $U'_H = 480$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 250 \text{ МВА};$$

$$U_{B \text{ Т ном}} = 500 \text{ кВ}, U_{C \text{ Т ном}} = 121 \text{ кВ}, U_{H \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ}.$$

Діапазон регулювання пристрою РПН з сторони СН: $\pm 6 \times 2$ %.

Задача № 9.5

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на сторонах середньої та нижчої напруг групи з трьох автотрансформаторів АОДЦТН-167000/500/330 у режимі найбільших навантажень. За результатами розрахунку режиму отримані приведені значення напруги на стороні середньої і нижчої напруг: $U'_C = 490$ кВ, $U'_H = 485$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 167 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 500/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 330/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН з сторони СН: $\pm 8 \times 1,5$ %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сендерович Г.А. Конспект лекцій з курсу "Основні фізичні процеси в електроенергетичних системах" – електронний носій.
2. Левицький С.М. Розрахунок і проектування трифазних трансформаторів. Курсове проектування : навчальний посібник / Левицький С. М., Бальзан І. В., Шевчук Ю. В. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 127 с.
3. Грабко В. В., Розводюк М. П., Левицький С. М. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина IV. Трансформатори. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 219 с.
4. Електричні машини і трансформатори: навч. посібник / М.О. Осташевський, О.Ю. Юр'єва; за ред. д-ра техн. наук, проф. В.І. Мілих. – Київ: Каравела, 2018. – 452 с

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни «Основні процеси в електроенергетичних системах» для студентів денної та заочної форми навчання за освітньою програмою "Електроенергетика" бакалаврського рівня освіти за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» кафедри автоматизації та кібербезпеки енергосистем

Укладачі:

СЕНДЕРОВИЧ Геннадій Аркадійович

РУДЕВИЧ Наталія Валентинівна

Відповідальний за випуск

проф. Рудевич Н.В.

Роботу до видання рекомендував

проф. Безпрозванних Г.В.

В авторській редакції

План 2024 р., поз. 410

Підп. до друку Формат 60x84 1/16.

Папір офсет. Друк ризографічний. Ум. друк. арк. 0,5.

Обл.вид. арк. Наклад 50 прим.

Замовлення № Видавничий центр НТУ

«ХІП», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

Електронна версія

ДОДАТКИ

Трифазні двообмоткові трансформатори 35 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Регулювання напруги	Каталожні данні						Розрахункові данні		
			$U_{ном}$ обмоток, кВ		u_k , %	ΔP_k , кВт	ΔP_x , кВт	I_x , %	R_r , Ом	X_r , Ом	ΔQ_x , квар
			ВН	НН							
ТМ-100/35	0,1	$\pm 2 \times 1,5\%$	35	0,4	6,5	1,9	0,5	2,6	241	796	2,6
ТМ-160/35	0,16	$\pm 2 \times 1,5\%$	35	0,4; 0,69	6,5	2,6; 3,1	0,7	2,4	127; 148	498	3,8
ТМ-250/35	0,25	$\pm 2 \times 1,5\%$	35	0,4; 0,69	6,5	3,7; 4,2	1,0	2,3	72; 82	318	5,7
ТМН (ТМ)-400/35	0,4	$\pm 6 \times 1,5\%$	35	0,4; 0,69	6,5	7,6; 8,5	1,9	2,0	23,5; 26,2	126	12,6
ТМН (ТМ)-630/35	0,63	$\pm 6 \times 1,5\%$	35	0,4; 0,69; 6,3; 11	6,5	11,6; 12,2	2,7	1,5	14,9; 14,2	79,6	15
ТМН (ТМ)-1000/35	1	$\pm 6 \times 1,5\%$	35	0,4; 0,69; 6,3; 11	6,5	16,5; 18	3,6	1,4	7,9; 8,6	49,8	22,1
ТМН (ТМ)-1600/35	1,6	$\pm 6 \times 1,5\%$	35	6,3; 11	6,5	23,5; 26	5,1	1,1	11,2; 12,4	49,2	17,6
ТМН (ТМ)-2500/35	2,5	$\pm 6 \times 1,5\%$	35	6,3; 11	6,5	23,5; 26	5,1	1,1	4,6; 5,1	31,9	27,5
ТМН (ТМ)-4000/35	4,0	$\pm 6 \times 1,5\%$	35	6,3; 11	7,5	33,5	6,7	1,0	2,6	23	40
ТМН (ТМ)-6300/35	6,3	$\pm 6 \times 1,5\%$	35	6,3; 11	7,5	46,5	9,2	0,9	1,4	14,6	56,7
ТД-10000/35	10	$\pm 2 \times 2,5\%$	38,5	6,3; 10,5	7,5	65	14,5	0,8	0,96	11,1	80
ТМН-10000/35	10	$\pm 9 \times 1,3\%$	36,75	6,3; 10,5	7,5	65	14,5	0,8	0,88	10,1	80
ТДНС-10000/35	10	$\pm 8 \times 1,5\%$	36,75	6,3; 10,5	8,0	60	12,5	0,6	0,81	10,8	60
ТД-16000/35	16	$\pm 2 \times 2,5\%$	38,5	6,3; 10,5	8,0	90	21	0,6	0,52	7,4	96
ТДНС-16000/35	16	$\pm 8 \times 1,5\%$	36,75	6,3–6,3; 10,5–10,5	10	85	18	0,55	0,45	8,4	88
ТРДНС-25000/35	25	$\pm 8 \times 1,5\%$	36,75	6,3–6,3; 10,5–10,5	9,5	115	25	0,5	0,25	5,1	125
ТРДНС-32000/35	32	$\pm 8 \times 1,5\%$	36,75	6,3–6,3; 10,5–10,5	11,5	145	30	0,45	0,19	4,8	144
ТРДНС-40000/35	40	$\pm 8 \times 1,5\%$	36,75	6,3–6,3; 10,5–10,5	11,5	170	36	0,4	0,14	3,9	160
ТРДНС-63000/35	63	$\pm 8 \times 1,5\%$	36,75	6,3–6,3; 10,5–10,5	11,5	250	50	0,3	0,1	2,5	220

Примітка.

1. Регулювання напруги здійснюється на стороні ВН шляхом "регулювання під навантаженням" (РПН) або "переключення без збудження" (ПБЗ).

2. Трансформатори типу ТМ, що вказані у дужках, мають ПБЗ $\pm 2 \times 2,5\%$ на стороні ВН

Трифазні двообмоткові трансформатори 110 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Регулюван- ня напруги	Каталожні дані						Розрахункові дані		
			$U_{ном}$, кВ		u_k , %	ΔP_k , кВт	ΔP_x , кВт	I_x , %	R_T , Ом	X_T , Ом	ΔQ_x , квар
			ВН	НН							
ТМН-2500/110	2,5	+10×1,5% – 8×1,5%	110	6,6; 11	10,5	22	5,5	1,5	42,6	508,2	37,5
ТМН-6300/110	6,3	±9×1,78%	115	6,6; 11	10,5	44	11,5	0,8	14,7	220,4	50,4
ТДН-10000/110	10	±9×1,78%	115	6,6; 11	10,5	60	14	0,7	7,95	139	70
ТДН-16000/110	16	±9×1,78%	115	6,6; 11; 34,5	10,5	85	19	0,7	4,38	86,7	112
ТДЦ-21000/110	21	±2×2,5%	121	10,5	–	–	–	–	–	–	–
ТДН-25000/110	25	±9×1,78%	115	11	–	–	–	–	–	–	–
ТРДН-25000/110 (ТРД-НФ-25000/110)	25	±9×1,78%	115	6,3–6,3; 6,3–10,5; 10,5–10,5	10,5	120	27	0,7	2,54	55,9	175
ТДНЖ-25000/110	25	±9×1,78%	115	27,5	10,5	120	30	0,7	2,5	55,5	175
ТРДН-32000/110	32	±9×1,78%	115	6,3–6,3	–	–	–	–	–	–	–
ТД-40000/110	40	±2×2,5%	121	3,15; 6,3; 10,5	10,5	160	50	0,65	1,46	38,4	260
ТДН-40000/110	40	±9×1,78%	115	36,5; 10,5	–	–	–	–	–	–	–
ТРДН-40000/110	40	±9×1,78%	115	6,3–6,3; 6,3–10,5; 10,5–10,5	10,5	172	36	0,65	1,4	34,7	260
ТРДЦН-63000/110 (ТРДН)	63	±9×1,78%	115	6,3–6,3; 6,3–10,5; 10,5–10,5	10,5	260	59	0,6	0,87	22	410
ТРДЦНК-63000/110	63	±9×1,78%	115	6,3–6,3; 6,3–10,5; 10,5–10,5	10,5	245	59	0,6	0,8	22	378
ТДЦ-80000/110	80	±2×2,5%	121	6,3; 10,5; 13,8	10,5	310	70	0,6	0,71	19,2	480
ТРДЦН (ТРДН)-80000/110	80	±9×1,78%	115 (121)	6,3–6,3; 6,3–10,5; 10,5–10,5	10,5	310	70	0,6	0,6	17,4	480

ТДЦ-100000/110	100	$\pm 2 \times 2,5\%$	115	10,5	—	—	—	—	—	—	—
ТДЦ-125000/110	125	$\pm 2 \times 2,5\%$	121	10,5; 13,8	10,5	400	120	0,55	0,37	12,3	687,5
ТРДЦН-125000/110	125	$\pm 9 \times 1,78\%$	115	10,5–10,5	10,5	400	100	0,55	0,4	11,1	687,5
ТДЦ-200000/110	200	$\pm 2 \times 2,5\%$	121	13,8; 15,75	10,5	550	170	0,5	0,2	7,7	1000
ТДЦ-250000/110	250	$\pm 2 \times 2,5\%$	121	15,75	10,5	640	200	0,5	0,15	6,1	1250
ТДЦ-400000/110	400	$\pm 2 \times 2,5\%$	121	20	10,5	900	320	0,45	0,08	3,8	1800

Трифазні триобмоткові трансформатори 35 та 110 кВ

Тип	$S_{\text{ном}}$ МВ·А	Каталожні дані									Розрахункові дані						
		$U_{\text{ном}}$, обмоток, кВ			μ_k , %			ΔP_k , кВт	ΔP_x , кВт	I_x , %	R_p , Ом			X_p , Ом			Q_k , квар
		ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н				ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
ТДТН-25000/35	25	36,75	10,5	6,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ТМТН-6300/110	6,3	115	38,5	6,6; 11	10,5	17	6	58	14	1,2	9,7	9,7	9,7	225,7	0	131,2	75,6
ТДТН-10000/110	10	115	11,5; 22,0; 34,5; 38,5	6,6; 11	10,5	17	6	76	17	1,1	5	5	5	142,2	0	82,7	110
ТДТН-16000/110*	16	115	22,0; 34,5; 38,5	6,6; 11	10,5	17	6	100	23	1,0	2,6	2,6	2,6	88,9	0	52	160

Тип	$S_{\text{ном}}$ МВ·А	Каталожні дані									Розрахункові дані						
		$U_{\text{ном}}$, обмоток, кВ			$\mu_{\text{к}}$, %			$\Delta P_{\text{к}}$, кВт	$\Delta P_{\text{х}}$, кВт	$I_{\text{к}}$, %	$R_{\text{т}}$, Ом			$X_{\text{т}}$, Ом			$Q_{\text{к}}$, квар
		ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н				ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
ТДТН-25000/110	25	115	11; 22,0; 34,5; 38,5	6,6; 11	10,5	17,5	6,5	140	31	0,7	1,5	1,5	1,5	56,9	0	35,7	175
ТДТНЖ-25000/110	25	115	38,5; 27,5	6,6; 11; 27,5	10,5 (17)	17 (10,5)	6	140	42	0,9	1,5	1,5	1,5	57	0 (33)	33 (0)	225
ТДТН-40000/110*	40	115	11; 22; 34,5; 38,5	6,6; 11	10,5 (17)	17 (10,5)	6	200	43	0,6	0,8	0,8	0,8	35,5	0 (22,3)	22,3 (0)	240
ТДТНЖ-40000/110	40	115	27,5; 35,5	6,6; 11; 27,5	10,5 (17)	17 (10,5)	6	200	63	0,8	0,9	0,9	0,9	35,5	0 (20,7)	20,7 (0)	320
ТДТН-63000/110* (ТДЦТН, ТДТНМ)	63	115	11; 34,5; 38,5	6,6; 11	10,5	17	6,5	290	56	0,7	0,5	0,5	0,5	22,0	0	13,6	441
ТДТН-80000/110* (ТДЦТН, ТДЦТНК)	80	115	38,5	6,6; 11	11 (17)	18,5 (10,5)	7 (6,5)	390	82	0,6	0,4	0,4	0,4	18,6 (21,7)	0 (10,7)	11,9 (0)	480

* При Хт обмотки СН, що дорівнює нулю, обмотки НН виготовляються з $U_{\text{ном}}$, що дорівнює 6,3 або 10,5 кВ.

Примітка.

Усі трансформатори мають РПН $\pm 9 \times 1,78\%$ в нейтралі ВН, за винятком трансформатора ТНДТЖ-40000 з РПН $\pm 8 \times 1,5\%$ на ВН.

Трансформатори ТДТН-10000, 16000, 25000, 40000, 63000/110 мають також ПБЗ на стороні 34,5 та 38,5 кВ $\pm (2 \times 2,5\%)$.

Трансформатори ТДТН-25000/35 мають РПН на ВН $\pm 8 \times 1,5\%$.

Трифазні двообмоткові трансформатори 150 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Регулювання напруги	Каталожні дані						Розрахункові дані			
			$U_{ном}$ обмоток, кВ			u_k , %	ΔP_k , кВт	ΔP_x , кВт	I_x , %	R_T , Ом	X_T , Ом	ΔQ_x , квар
			ВН	НН								
ТДН-16000/150	16	$\pm 8 \times 1,5\%$	158	6,6; 11		11	85	21	0,8	8,3	172	128
ТРДН-32000/150	32	$\pm 8 \times 1,5\%$	158	6,3–6,3; 6,3–10,5; 10,5–10,5		10,5	145	35	0,7	3,54	82	224
ТРДН-63000/150	63	$\pm 8 \times 1,5\%$	158	6,3–6,3; 6,3–10,5; 10,5–10,5		10,5	235	59	0,65	1,48	41,6	410
ТЦ-250000/150, ТДЦ-250000/150	250	–	165	10,5; 13,8; 15,75		11	640	190	0,5	0,3	12	1250

Примітка.

Регулювання напруги здійснюється за рахунок РПН в нейтралі ВН (трансформатори 16-63 МВА) або ПБЗ (трансформатори 250 МВА)

Трифазні триобмоткові трансформатори та автотрансформатори 150 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Регулювання напруги	Каталожні дані										Розрахункові дані							
			$U_{ном}$ обмоток, кВ			u_k , %			ΔP_k , кВт			ΔP_x , кВт	I_x , %	R_T , Ом			X_T , Ом			ΔQ_x , квар
			ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н	В-С	В-Н	С-Н			ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
ТДТН-16000/150	16	$\pm 8 \times 1,5\%$	158	38,5	6,6; 11	10,5	18	6	96	–	–	25	1,0	4,7	4,7	4,7	176	0	103,5	160
ТДТН-25000/150	25	$\pm 8 \times 1,5\%$	158	38,5	6,6; 11	10,5	18	6	145	–	–	34	0,9	2,9	2,9	2,9	112,5	0	67,5	225
ТДТНЖ-25000/150	25	$\pm 8 \times 1,5\%$	158	27,5; 38,5	6,6; 11; 27,5	18	10,5	6	145	–	–	34	0,9	2,9	2,9	2,9	112,5	0	67,4	225

Тип	$S_{ном}$, МВА	Регулювання напруги	Каталожні дані										Розрахункові дані							
			$U_{ном}$ обмоток, кВ			u_k , %			ΔP_k , кВт			ΔP_x , кВт	I_x , %	R_p , Ом			X_p , Ом			ΔQ_x , квар
			ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н	В-С	В-Н	С-Н			ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
ТДТН-40000/150	40	$\pm 8 \times 1,5\%$	158	38,5	6,6; 11	10,5	18	6	185	—	—	53	0,8	1,45	1,45	1,45	70	0	42,2	320
ТДТН-63000/150	63	$\pm 8 \times 1,5\%$	158	38,5	6,6; 11	10,5	18	6	285	—	—	67	0,7	0,9	0,9	0,9	44,7	0	26,8	431
АТДТНГ-100000/150	100	$\pm 4 \times 2,5\%$	158	115	6,6	5,3	15	15	310	235	230	75	1,5	0,54	0,2	14,2	6,6	6,6	30,9	1500

Примітка.

1. Для автотрансформаторів потужністю обмотки НН, що дорівнює 20% номінальної.

2. Регулювання напруги здійснюється шляхом РПН в нейтралі ВН або (для автотрансформатора 100 МВА) на стороні СН.

Трифазні двообмоткові трансформатори 220 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Регулювання напруги	Каталожні дані						Розрахункові дані		
			$U_{ном}$ обмоток, кВ		u_k , %	ΔP_k , кВт	ΔP_x , кВт	I_x , %	R_p , Ом	X_p , Ом	ΔQ_x , квар
			ВН	НН							
ТРДНС-25000/220	25	РПН в нейтралі ВН $\pm 12\%$, ± 12 ступеней	230	6,3–6,3	—	—	—	—	—	—	—
ТРДН-32000/220	32		230	6,3–6,3; 6,6–6,6	11,5	150	45	0,65	7,7	190,5	208
ТРДНС-40000/220	40		230	11–11; 11–6,3	11,5	170	50	0,9	5,6	152,4	360
ТРД (ДЦ) Н-63000/220 (ТРДН)	63		230	20–20	11,5	265	70	0,5	3,4	96,7	315
ТРДНС-63000/220	63		230	6,3–6,3	11,5	300	82	0,8	3,9	96,7	504
ТДЦ-80000/220	80	ПБЗ на стороні ВН $\pm 2 \times 2,5\%$	242	6,3; 10,5; 13,8	11	320	105	0,6	2,9	80,5	480

ТРДЦН-100000/220	100	РПН в нейтралі ВН $\pm 12\%$, ± 12 ступеней	230	20–20	17	460	70	0,5	2,4	90	500
ТДЦ-125000/220	125	ПБЗ на стороні ВН $\pm 2 \times 2,5\%$	242	10,5; 13,8; 15,75	11	380	135	0,5	1,4	51,5	625
ТРДЦН-160000/220	160	РПН в нейтралі ВН $\pm 12\%$, ± 12 ступеней	230	38,5*; 11–11	13,5	525	167	0,6	1,08	44,9	960
ТДЦ (Ц) -200000/220	200	ПБЗ на стороні ВН $\pm 2 \times 2,5\%$	242	13,8; 15,75; 18	11	580	200	0,45	0,77	32,2	900
ТДЦ (Ц) -250000/220	250	Без регулювання	242	13,8; 15,75	11	650	240	0,45	0,6	25,7	1125
ТДЦ (Ц) -400000/220	400		242	15,75; 20	11	880	330	0,4	0,29	16,1	1600
ТЦ-630000/220	630		242	15,75; 20; 24	12,5	1300	380	0,35	0,2	11,6	2205
ТЦ-1000000/220	1000		242	24	11,5	2200	480	0,35	0,2	6,7	3500

* Виготовлений без розщеплення обмотки НН (38,5 кВ) для металургії. З розщепленою можно виготовити за окремим заказом.
Примітка.

Трансформатори з розщепленою обмоткою можуть виготовлятися також з нерозщепленою обмоткою НН на 38,5 кВ.

Трифазні триобмоткові трансформатори та автотрансформатори 220 кВ

Тип	$S_{\text{ном}}$, МВ·А	Регулювання напруги	Каталожні дані											Розрахункові дані						
			$U_{\text{ном}}$ обмоток, кВ			u_k , %				ΔP_x , кВт		ΔP_x , кВт	I_x , %	R_b , Ом			X_b , Ом			ΔQ_x , квар
			ВН	СН	НН	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН			ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
ТДТН-25000/220	25	РПН в нейтралі ВН $\pm 12\%$, 12 ступеней ПБЗ СН $\pm 2 \times 2,5\%$	230	38,5	6,6; 11	12,5	20	6,5	135	–	–	50	1,2	5,7	5,7	5,7	275	0	148	300

Тип	$S_{\text{ном}} \text{ МВ}\cdot\text{А}$	Регулювання напруги	Каталожні дані											Розрахункові дані						
			$U_{\text{ном}} \text{ обмоток, кВ}$			$u_{\text{к}} \%$				$\Delta P_{\text{к}}, \text{кВт}$		$\Delta P_{\text{х}}, \text{кВт}$	$I_{\text{к}} \%$	$R_{\text{в}} \text{ Ом}$			$X_{\text{в}} \text{ Ом}$			$\Delta Q_{\text{х}}, \text{квар}$
			ВН	СН	НН	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН			ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
ТДТНЖ-25000/220	25	РПН в нейтралі ВН $\pm 12\%$, 8 ступеней ПБЗ СН $\pm 2 \times 2,5\%$	230	27,5; 38,5	6,6; 11; 27,5	12,5	20	6,5	135	-	-	50	1,2	5,7	5,7	5,7	275	0	148	300
ТДТН-40000/220	40	РПН в нейтралі ВН $\pm 12\%$, 8 ступеней ПБЗ СН $\pm 2 \times 2,5\%$	230	38,5	6,6; 11	12,5	22	9,5	220	-	-	55	1,1	3,6	3,6	3,6	165	0	125	440
ТДТНЖ-40000/220	40	РПН в нейтралі ВН $\pm 12\%$, 8 ступеней ПБЗ СН $\pm 2 \times 2,5\%$	230	27,5; 38,5	6,6; 11; 27,5	12,5	22	9,5	240	-	-	66	1,1	3,9	3,9	3,9	165	0	125	440
АТДЦТН-63000/220/110	63	РПН в лінії СН $\pm 12\%$, ± 6 ступеней	230	121	6,6; 11; 27,5; 38,5	11	35	22	215	-	-	45	0,5	1,4	1,4	2,8	104	0	195,6	315
АТДЦТН-63000/220/110/0,4*	63	РПН в лінії СН $\pm 12\%$, 8 ступеней ПБЗ 0,4 кВ $\pm 2 \times 2,5\%$	230	121	0,4	11	-	-	180	-	-	33	0,4	1,2	1,2	120	104	0	-	-
АТДЦТН-125000/220/110 (в знаменателі – випуск после 1985 г.)	125	РПН в лінії СН $\pm 12\%$, ± 6 ступеней	230	121	6,6; 11; 38,5	11/ 11	31/ 45	19/ 28	290/ 305	-	-	85/ 65	0,5	0,5/ 0,52	0,5/ 0,52	1,0/ 3,2	48,6/ 49,0	0	82,5/ 131	625

АТДЦТН-125000/220/110/0,4*	125	РПН в лінії СН ±12%, ± 6 ступеней ПБЗ: 0,4 кВ ±2×2,5%	230	121	0,4	11	14	14	305	–	–	54	0,25	0,52	0,52	52	49	0	–	–
АТДЦТН-200000/220/110	200	РПН в лінії СН ±12%, ± 6 ступеней	230	121	6,6; 11; 38,5	11	32	20	430	–	–	125	0,5	0,3	0,3	0,6	30,4	0	54,2	1000
АТДЦТН-200000/220/110 (Мощность обмотки НН – 80 и 100 МВА) МЭЗ	200	РПН в лінії СН ±12%, ± 6 ступеней	230	121	38,5; 6,3; 6,6 10,5; 11	11	32	20	330	–	–	80	0,24	0,2	0,2	0,5 0,4	30,4	0	54,2	480
АТДЦТН-250000/220/110	250	РПН в лінії СН ±12%, ± 6 ступеней	230	121	6,6; 10,5; 11	11	33,4	20,8	520	–	–	145	0,5	0,2	0,2	0,4	25,5	0	45,1	1250
АТДЦТН-250000/220/110 ТУ 3411-003-49890270-2006 (Мощность обмотки НН – 125 и 100 МВА)	250	РПН в лінії СН ±12%, ± 6 ступеней	230	121	10,5; 11; 38,5	11	35,0	21,0	375	–	–	85	0,2	0,16	0,16	0,3 0,4	26,5	0	47,5	500

* Призначені для зв'язку електричної мережі напругою 220 та 110 кВ і живлення власних потреб ПС потужністю 0,63 та 1,25 МВА напругою 0,4 кВ відповідно АТ АТДЦТН-63000/220/110/0,4 та АТДЦТН-125000/220/110/0,4

Примітка.

Для АТ потужність обмотки НН дорівнює 40-50 % від номінальної потужності автотрансформатора.

Трифазні двообмоткові трансформатори 330 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Регулювання напруги	Каталожні дані							Розрахункові дані		
			$U_{ном}$ обмоток, кВ		u_k , %	ΔP_k , кВт	ΔP_x , кВт	I_x , %	R_p , Ом	X_p , Ом	ΔQ_x , квар	
			ВН	НН								
ТРДНС-40000/330	40	РПН в нейтралі ВН $\pm 12\%$, 12 ступеней	330	6,3–6,3; 6,3–10,5; 10,5–10,5		11	180	80	1,4	12,3	299	560
ТРДЦН-63000/330	63		330	6,3–6,3; 6,3–10,5; 10,5–10,5		11	265	120	0,7	7,3	190	441
ТДЦ-125000/330	125	Без регулювання	347	10,5; 13,8		11	360	145	0,5	2,78	106	625
ТДЦ-200000/330	200		347	13,8; 15,75; 18		11	560	220	0,45	1,68	66,2	900
ТДЦ-250000/330	250		347	13,8; 15,75		11	605	240	0,45	1,2	52,9	1125
ТЦС-400000/330, ТДЦ-400000/330	400		347	15,75; 20		11,5	810	365	0,4	0,6	34,7	1600
ТЦ-630000/330	630		347	15,75; 20; 24		11,5	1300	405	0,35	0,4	21	2205
ТЦ-1000000/330	1000		347	24		11,5	2200	480	0,4	0,26	13,2	4000
ТЦ-1250000/330	1250		347	24		14,5	2300	750	0,75	0,2	11	5375

Трифазні та однофазні автотрансформатори 330 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА		Регулювання напруги	Каталожні дані										Розрахункові дані							
	АТ	об- мот- ки НН		$U_{ном}$ обмо- ток, кВ			u_k , %			ΔP_k , кВт			ΔP_x , кВт	I_x , %	R_p Ом			X_p Ом			ΔQ_x , квар
				ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н	В-С	В-Н	С-Н			ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
АТДЦТН- 125000/330/110	125	63	РПН в лінії СН	330	115	6,6; 11; 15,75; 38,5	10	35	24	370	–	–	115	0,5	1,3	1,3	2,6	91,5	0	213,4	625

АТДЦТН- 125000/ 330/110* ТУ 3411-001- 49890270-2006	125	63	±12%, ±6 ступеней	330	115	6,3; 6,6; 10,5; 11,0; 38,5	10	35	24	340	–	–	85	0,45	1,2	1,2	2,4	91,5	0	213,4	562
АТДЦТН- 200000/330/110	200	80		330	115	6,6; 10,5; 38,5	10	34	22,5	600	–	–	180	0,5	0,8	0,8	2,0	58,5	0	126,6	1000
АТДЦТН- 200000/ 330/110* ТУ 3411-001- 49890270-2005	200	80		330	115	6,3; 6,6; 10,5; 11,0; 38,5	10,5	38	27	450	–	–	105	0,2	0,6	0,6	1,5	58,5	0	148	400
АТДЦТН- 250000/330/150	250	100		330	158	10,5; 38,5	10,5	54	42	660	490	400	165	0,5	1,07	0,08	4,3	49	0	186,2	1250
АТДЦТН- 240000/330/220 250000/330/220	240 250	60 60	Без регулю- вання	330	242	11; 38,5	7,3/ 9,6	70/ 74	60	430/ 560	260	250	130	0,5	0,4/ 0,53	0,4/ 0,53	7,3/ 7,2	39,2/ 59,2	0	278,4/ 312,1	1200
АО ДЦТН- 133000/330/220	133	33	РПН в лінії СН ±12%, ±6 ступеней	330/ $\sqrt{3}$	230/ $\sqrt{3}$	10,5; 38,5	9	60,4	48,5	280	125	105	55	0,15	0,62	0	3,5	28,7	0	136,5	599
АО ДЦТН- 133000/330/220 ТУ 3411-001- 49890270-2008	133	33		330/ $\sqrt{3}$	230/ $\sqrt{3}$	10,5; 38,5	9	60	48	250	–	–	45	0,2	0,26	0,26	1,05	28,6	0	136,7	798

Тип	$S_{ном}$ МВА		Регулювання напруги	Каталожні дані										Розрахункові дані							
	АТ	обмотки НН		$U_{ном}$ обмоток, кВ			$u_k, \%$			$\Delta P_k, \text{кВт}$			$\Delta P_x, \text{кВт}$	$I_x, \%$	$R_T, \text{Ом}$			$X_T, \text{Ом}$			$\Delta Q_x, \text{квар}$
				ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н	В-С	В-Н	С-Н			ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
АТДЦТН-400000/330/150	400	400	РПН в нейтралі ВН від -8,4% до +7,2%, ± 6 ступеней	330	-	165	-	11	-	-	720	-	180	0,25	0,5	-	0,5	29,9	-	0	1000

Трифазні та однофазні двообмоткові трансформатори 500-750-1150 кВ (без регулювання напруги)

Тип	$S_{ном}$ МВ·А	Каталожні дані						Розрахункові дані (на три фази)			
		$U_{ном}$ обмоток, кВ		$u_k, \%$	$\Delta P_k, \text{кВт}$	$\Delta P_x, \text{кВт}$	$I_x, \%$	$R_T, \text{Ом}$	$X_T, \text{Ом}$	$\Delta Q_x, \text{квар}$	
		ВН	НН								
ТДЦ-250000/500, ТЦ-250000/500	250	525	13,8; 15,75; 20	13	600	250	0,45	2,65	143	1125	
ТДЦ-400000/500, ТЦ-400000/500	400	525	13,8; 15,75; 20	13	800	350	0,4	1,4	89,5	1600	
ТЦ-630000/500	630	525	15,75; 20; 24	14	1300	500	0,35	0,9	61,3	2205	
ТЦ-1000000/500	1000	525	24	14,5	2000	600	0,38	0,55	40	3800	
ОЦ-533000/500*	533	$525/\sqrt{3}$	24-24	13,5	1400	300	0,3	0,45	23,3	4797	
ОРЦ-417000/750*	417	$787/\sqrt{3}$	20-20; 24-24	14	800	400	0,3	0,96	69,3	3753	
ОРЦ-417000/1150*	417	$1200/\sqrt{3}$	20-20	15	817	350	0,3	2,26	173	3753	

* Обмотка НН виконується розчепленою на дві потужністю 50 % кожна

Трифазні та однофазні автотрансформатори 500-750-1150 кВ

Тип	$S_{ном}$ МВ·А		Регулювання напруги	Каталожні дані									Розрахункові дані (на три фази)							
	АТ	об- мот- ки НН		Найб. доп. ток в об- шей обмотке, $I_{доп.} \cdot A$	$U_{ном}$ обмоток, кВ			$u_k, \%$			$\Delta P_{кв}$ ВН- СН кВТ	$\Delta P_{хв}$ кВТ	$I_{хв}$ %	R_p Ом			X_p Ом			$\Delta Q_{хв}$ квар
					ВН	СН	НН	ВН- СН	ВН- НН	СН- НН				ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
АОДЦТН- 135000/ 500/110	135	6,0		РПН в лінії СН $\pm 12\%$, ± 8 ступеней	500/ $\sqrt{3}$	121/ $\sqrt{3}$	10,5	13,5	90	100	320	75	0,25	0,49	0,49	11	10,8	72,5	545	1013
АТДЦТН- 250000/ 500/110	250	100		РПН в ней- тралі ВН от $-11,8\%$ до $+11\%$, ± 8 ступеней	500	121	10,5; 38,5	10,5; 13	24; 33	13; 18,5	550; 640	270; 230	0,45; 0,45	1,7; 2,28	0,47; 0,28	3,52; 5,22	107,5; 137,5	0; 0	132,5; 192,5	1125; 1125
АТДЦТН- 250000/ 500/110	250	100 ¹	983	РПН в ней- тралі від $-11,8\%$ до $+11\%$ на СН, ± 8 ступеней	500	121	10,5; 38,6	13	33	18,5	670	140	0,3	1,34	1,34	3,35	137,5	0	192,5	750
АТДЦТН- 500000/ 500/220	500	110	750	РПН в нейтралі ВН від -12% до $+10\%$, на стороні 230 кВ ± 8 ступеней	500	230	20	12,0 (12)	50 (51,8)	35 (36,6)	950	150	0,15	0,95	0,95	4,3	67,5 (68)	0 (0)	212,5 (191)	750

Тип	$S_{ном}$, МВ·А		Найб. доп. струм в заг. обмотці $I_{доп.} \cdot A$	Регулювання напруги	Каталожні дані								Розрахункові дані (на три фази)							
	АТ	обмотки НН			$U_{ном}$ обмоток, кВ			u_k , %			$\Delta P_{кв}$, ВН-СН кВТ	$\Delta P_{х}$, кВТ	$I_{х}$, %	R_c , Ом			X_c , Ом			$\Delta Q_{х}$, квар
					ВН	СН	НН	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН				ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
АТДЦТН-500000/500/220	500	500		РПН в нейтралі ВН від -11,2% до +9,4%, ± 8 ступеней	500	—	230	—	12	—	1050	230	0,3	1,05	—	1,05	60,4	—	0	1500
АОДЦТН-167000/500/220	167	50	750	РПН в лінії СН $\pm 12\%$, ± 6 ступеней	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	11;	11	35	21,5	325	125	0,4	0,65	0,65	1,6	61,1	0	113,5	2004
		38,5																		
		13,8																		
АОДЦТН-167000/500/220 МЭЗ	167	50	750	РПН в лінії СН $\pm 12\%$, ± 6 ступеней	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	10,5;	11	35	21,5	285	77	0,11	0,43	0,43	1,4	61,1	0	113,5	551
		11,0;																		
		38,5																		
АОДЦТН-167000/500/330	167	33		РПН в лінії СН $\pm 12\%$, ± 6 ступеней	$500/\sqrt{3}$	$330/\sqrt{3}$	10,5;	9,5	67	61	320	70	0,3	0,48	0,48	2,4	38,8	0	296	1503
		38,7																		

АОДЦГН-167000/500/330 ТУ 3411-005-49890270-2008	167	33	345	РПН в лінії СН $\pm 8 \times 1,5\%$	$500/\sqrt{3}$	$330/\sqrt{3}$	10,5; 38,5	9,5	67	61	280	50	0,2	0,42	0,42	2,1	38,8	0	296	1002
АОДЦГН-267000/500/220	267	67		РПН в лінії СН $\pm 12\%$, ± 8 ступеней	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	10,5; 15,75; 38,5	11,5	37	23	490	150	0,35	0,28	0,28	1,12; 0,9; 0,6	39,8	0	75,6	2803
АОДЦГН-333000/750/330	333	120		РПН в нейтрал ВН від $-12,2\%$ до $+9,9\%$, ± 20 ступеней	$750/\sqrt{3}$	$330/\sqrt{3}$	15,75	10	28	17	580	250	0,35	0,49	0,49	1,36	59,1	0	98,5	3497
АОДЦГН-417000/750/500	417	120		РПН в нейтрал ВН від $-7,3\%$ до $+5,4\%$, ± 20 ступеней	$750/\sqrt{3}$	$500/\sqrt{3}$	10,5; 15,75	11,5	81	68	700	280	0,2	0,38	0,38	1,3	55,1	0	309	2502
АОДЦГН-417000/750/500	417	6		ПБЗ в заг. нейтралі Диапаз. рег. СН $+4\%$ та -4%	$750/\sqrt{3}$	$500/\sqrt{3}$	10,5	13,0	250 ми- ни- мум	250 ми- ни- мум	520	80	0,1	0,28	0,28	19,5	29,2	29,2	1098	1251

Тип	$S_{\text{ном}} \text{ МВ} \cdot \text{А}$		Регулювання напруги	Каталожні дані									Розрахункові дані (на три обмотки)						
	АТ	обмотки НН		$U_{\text{ном}} \text{ обмоток, кВ}$			$u_k, \%$			$\Delta P_{\text{к}}, \text{ ВН-СН кВТ}$	$\Delta P_{\text{х}}, \text{ кВТ}$	$I_{\text{х}}, \%$	$R_p \text{ Ом}$			$X_p \text{ Ом}$			$\Delta Q_{\text{х}}, \text{ квар}$
				ВН	СН	НН	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН				ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
АОДЦТ 667000/ 1150/500	667	180	—	1150/ $\sqrt{3}$	500/ $\sqrt{3}$	20	11,5	35	22	1290	360	0,35	0,83	0,42	3,7	80,9	0	150,4	7004
АОДЦТ 667000/ 1150/500	667	180	—	1150/ $\sqrt{3}$	500/ $\sqrt{3}$	20	11,5	35	22	1100	270	0,35	0,7	0,36	3,2	80,9	0	150,4	7004

Послідовні регулювальні трансформатори

$S_{\text{ном}} \text{ МВ} \cdot \text{А}$	Тип регулювального трансформатора	Тип силового автотрансформатора	Каталожні дані									Розрахункові дані $\Delta Q_{\text{ст}}, \text{ квар}$
			Номінальна напруга автотрансформатора, кВ			Номінальна напруга обмоток, кВ		$u_k, \%$	$\Delta P_{\text{к}}, \text{ кВТ}$	$\Delta P_{\text{х}}, \text{ кВТ}$	$I_{\text{х}}, \%$	
			ВН	СН	НН	збуджуючої	регулювальної					
240	ВРТДНУ- 240000/35/35	АТДЦТГ- 240000/220	230	121	11	11	$\pm 24,2$	10,9–0–10,5	154	40	3,8	9120
			230	121	38,5	38,5	$+24,9 + -26,2$	11,1–0–11,3	178	47	3,8	9120