

ВНТУ
Кафедра ЕСС

Дослідження нормальних режимів вузла АТ-ТПР

Студент групи ЕС-16м

**Муравський Максим
Володимирович**

Керівник, к.т.н., доцент
Рубаненко О.Є.

Мета роботи, об'єкт, предмет досліджень

Мета роботи: Дослідити параметри блочних трансформаторів, вольтододаткових трансформаторів та високовольтного обладнання ВРП 750 кВ АЕС (6×ВВЕР-1000) в нормальному режимі ЕЕС.

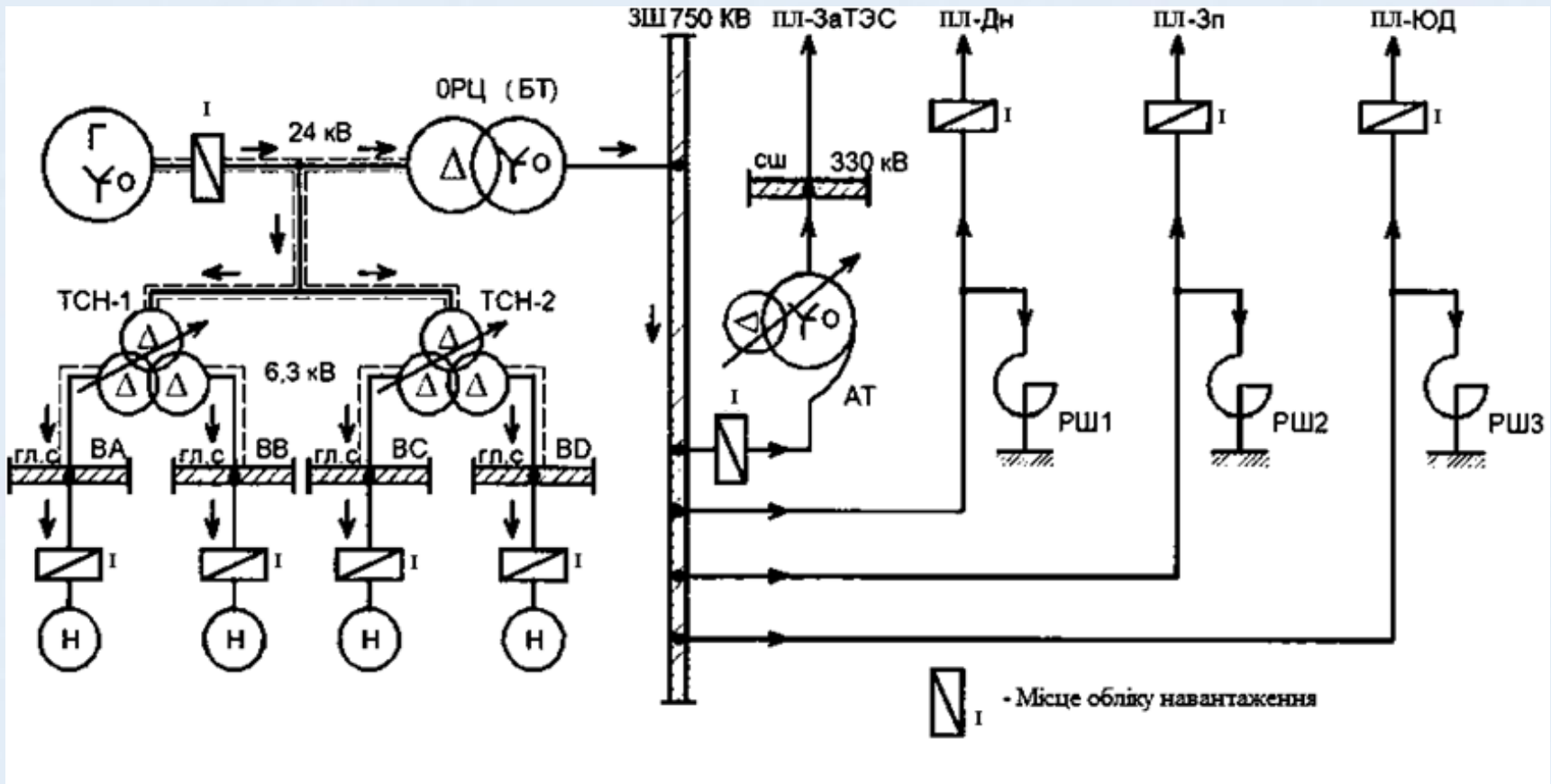
Об'єкт досліджень: електричні процеси в схемі блочний трансформатор АЕС (6×ВВЕР-1000) – вольтододатковий трансформатор – лінія електропередачі 750 кВ в нормальному режимі ЕЕС.

Предмет досліджень: блочні трансформатори, вольтододаткові трансформатори та високовольтне обладнання ВРП 750 кВ АЕС (6×ВВЕР-1000)

Задачі досліджень

- виконати розрахунок втрат потужності в блочному трансформаторі АЕС, що підключений по схемі генератор – трансформатор – лінія 750 кВ.
- проаналізувати реактивний компонент потужності навантаження блочного трансформатора;
 - провести розрахунок власних витрат потужностей в БТ;
 - визначити величину зміни (зменшення) напруги на обмотках ВН БТ від ВВП електричної енергії, що трансформується між обмотками НН і ВН;
 - визначити величину зміни (зменшення) напруги на обмотках ВН БТ від ВВП електричної енергії, що трансформується між обмотками НН і ВН;
- проаналізувати електромагнітних процесів в ТКП, при відборі активних втрат потужності екраном;
 - оцінити охолодження ТКП блоку системою водяних теплообмінників (ТО) повітря, що продувається.

Спрощена розрахункова однолінійна схема видачі електричної енергії від блока АЕС в ЛЕП



Паспортні параметри генератора ТВВ-1000-4УЗ

4

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця вимірювань
Номінальна повна потужність	$S_{\text{НОМ}}$	1111	МВА
Номінальна активна потужність	$P_{\text{НОМ}}$	1000	МВА
Номінальний коефіцієнт потужності	$\cos(\varphi)_{\text{НОМ}}$	0,9	в.о.
Номінальна напруга статора	$U_{\text{НОМ}}$	24	кВ
Номінальне значення кута зсуву між активною і індуктивною складовими значення повної потужності генератора	φ	25°50'	град
Схема з'єднань обмоток статора	«зірка з нулем»		

Розрахункові параметри генератора ТВВ-1000-4У3

5

фазний струм статора:

$$I_{\text{НОМ}} = S_{\text{НОМ}} / (\sqrt{3} \cdot U) = 11111,0 / (\sqrt{3} \cdot 24) = 26,727 \text{ кА};$$

фазна напруга:

$$U / \sqrt{3} = 24 \text{ кВ} / \sqrt{3} = 13.857 \text{ кВ};$$

номінальне значення синуса кута зсуву між активною і індуктивною складовими значення повної потужності генератора:

$$\sin\varphi = 0,4359;$$

активний струм статора:

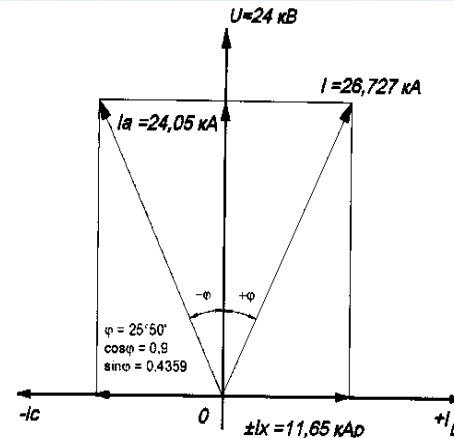
$$I_{\text{аном}} = I_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi = 26,727 \text{ кА} \cdot 0,9 = 24,05 \text{ кА};$$

реактивний струм статора:

$$\pm I_x = I \cdot \sin\varphi = 26,727 \text{ кА} \cdot 0,4359 = 11,65 \text{ кАр};$$

реактивна трифазна потужність генератора:

$$\pm Q = S \cdot \sin\varphi = 1111 \text{ МВА} \cdot 0,4359 = 483,3 \text{ МВАр}.$$



Векторна діаграма струмів і напруг нормального режиму

Параметри еквівалентного навантаження АЕС

$$S^{\Gamma} = 5037 \text{ МВА};$$

$$P^{\Gamma} = 4977 \text{ МВт};$$

$$Q^{\Gamma} = -753 \text{ МВАр};$$

$$U^{\Gamma} = 21,92 \text{ кВ};$$

$$I^{\Gamma} = 131,62 \text{ кА};$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q^{\Gamma}}{P^{\Gamma}} = \frac{-753 \text{ МВАр}}{4977 \text{ МВт}} = -0,1513;$$

$$\varphi = -8^{\circ}36'; \cos\varphi = 0,9887 ; \sin\varphi = -0,1496 ;$$

$$I_a^{\Gamma} = I^{\Gamma} \cdot \cos\varphi = 131,62 \text{ кА} \cdot 0,9887 = 130,133 \text{ кА} ;$$

$$-I_c^{\Gamma} = I^{\Gamma} \cdot \sin\varphi = 131,62 \text{ кА} \cdot -0,1496 = -19,69 \text{ кАр} .$$

Узагальнені параметри власних потреб за результатами ДКЗ

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{10 \Delta Q_{\kappa}^{\text{ТВП}}}{10 \Delta P_{\kappa}^{\text{ТВП}}} = \frac{12,79 \text{ МВАр}}{0,725 \text{ МВт}} = 17,6414$$

$$\varphi = 86^{\circ}45'$$

$$\cos \varphi = 0,0566$$

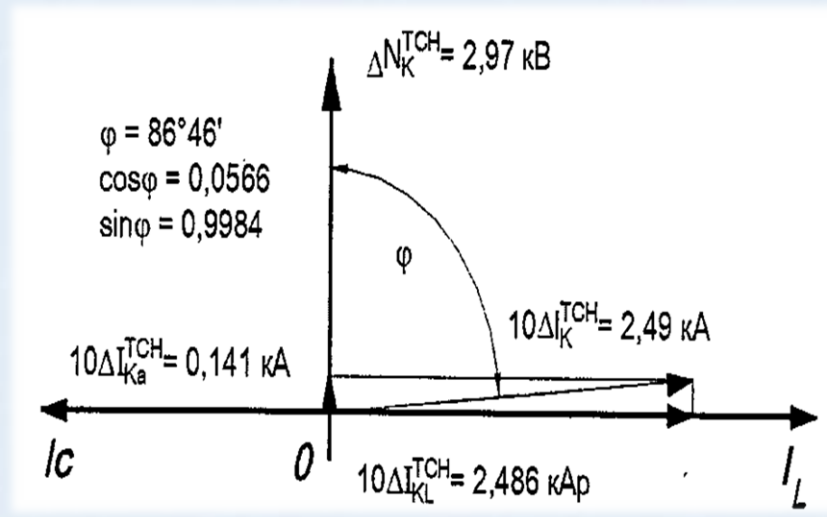
$$\sin \varphi = 0,9984$$

$$10 \Delta S_{\kappa}^{\text{ТВП}} = \frac{10 \Delta P_{\kappa}^{\text{ТВП}}}{\cos \varphi} = \frac{0,725 \text{ МВт}}{0,0566} = 12,81 \text{ МВА}$$

$$10 \Delta I_{\kappa}^{\text{ТВП}} = \frac{10 \Delta S_{\kappa}^{\text{ТВП}}}{\Delta U_{\kappa} \cdot \sqrt{3}} = \frac{12810 \text{ кВА}}{2,97 \text{ кВ} \cdot \sqrt{3}} = 2,49 \text{ кА}$$

$$10 \Delta I_{\kappa a}^{\text{ТВП}} = 10 \Delta I_{\kappa}^{\text{ТВП}} \cdot \cos \varphi = 2,49 \text{ кА} \cdot 0,0566 = 0,141 \text{ кА}$$

$$10 \Delta I_{\kappa L}^{\text{ТВП}} = 10 \Delta I_{\kappa}^{\text{ТВП}} \cdot \sin \varphi = 2,49 \text{ кА} \cdot 0,9984 = 2,486 \text{ кАр}$$



Векторна діаграма еквівалентного режиму власних витрат потужності ТВП по параметрам ДКЗ

Максимальна повна потужність струмопроводу гнучкого зв'язку та ошинування ВРУ-750 кВ (в роботі генератори №1, 2, 3, 5, 6)

Вихідні величини:

$$Q_{L15\Phi}^{\text{ТКП}} = 37419,48 \text{ кВАр}$$

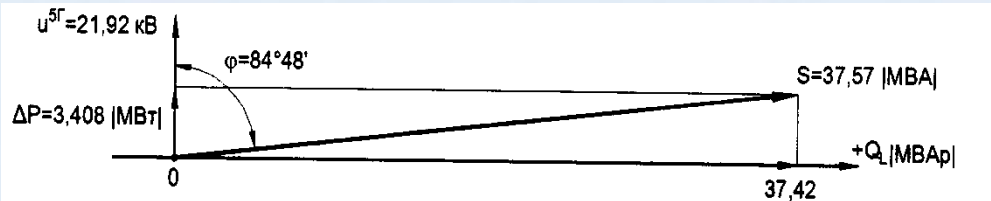
$$P_{L15\Phi}^{\text{ТКП}} = 3,408 \text{ МВт}$$

$$S_{15\Phi}^{\text{ТКП}} = \sqrt{(Q_{L15\Phi}^{\text{ТКП}})^2 + (\Delta P_{L15\Phi}^{\text{ТКП}})^2} = \sqrt{(37419,48)^2 + (3,408)^2} = 37,57 \text{ МВА}$$

$$\alpha_{\text{кр}15\Phi}^{\text{ТКП}} = \frac{Q_{L15\Phi}^{\text{ТКП}}}{\Delta P_{L15\Phi}^{\text{ТКП}}} = \frac{37419,48}{3,408} = 11,1$$

$$\alpha_{15\Phi}^{\text{ТКП}} = \text{tg } \varphi_{15\Phi}^{\text{ТКП}} = 11,1$$

$$\varphi_{15\Phi}^{\text{ТКП}} = 84^{\circ}48'$$



Вихідні величини:

$$Q_{C5Г}^{\Gamma30} = 34,42 \text{ МВАр}$$

$$\Delta P_{5Г}^{\Gamma30} = \Delta P_{5Г}^{\text{ВРУ}} = 21,0 \text{ МВт}$$

$$S_{5Г}^{\Gamma30} = \sqrt{(Q_{C5Г}^{\Gamma30})^2 + (\Delta P_{5Г}^{\Gamma30})^2} = \sqrt{(34,42)^2 + (21,0)^2} = 40,32 \text{ МВА}$$

$$\alpha_{5Г}^{\Gamma30} = \frac{Q_{C5Г}^{\Gamma30}}{\Delta P_{5Г}^{\Gamma30}} = \frac{34,42}{21,0} = 1,64$$

$$\alpha_{5Г}^{\Gamma30} = \text{tg } \varphi_{5Г}^{\Gamma30} = 11,1$$

$$\varphi_{5Г}^{\Gamma30} = 84^{\circ}48'$$

Векторна діаграма потужностей навантажувального режиму 15 фаз в струмопроводі ВРУ (в роботі - п'ять генераторів)

Розрахунок відбору ВВП ЗШ з еквівалентної потужності генератора після відбору потужності вузлом АТ-ВДТ

$$\Delta P_{3Ш}^{\Gamma} = \Delta P_{АТ}^{\Gamma} - 9 \Delta P^{3Ш} = 3928,142 - 2,7 = 3925,442 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{3Ш}^{\Gamma} = \Delta Q_{АТ}^{\Gamma} - 9 \Delta Q^{3Ш} = 64,155 + 818,55 = 882,705 \text{ МВАр}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta Q_{3Ш}^{\Gamma}}{\Delta P_{3Ш}^{\Gamma}} = \frac{882,705 \text{ МВАр}}{3925,442 \text{ МВт}} = 0,2249$$

$$\varphi = 12^{\circ}41'; \quad \cos \varphi = 0,9756; \quad \sin \varphi = 0,2194$$

$$\Delta S_{3Ш}^{\Gamma} = \frac{\Delta P_{3Ш}^{\Gamma}}{\cos \varphi} = \frac{3925,442 \text{ МВт}}{0,9756} = 4023,62 \text{ МВА};$$

$$\Delta I_{3Ш}^{\Gamma} = \frac{\Delta S_{3Ш}^{\Gamma}}{U_{3Ш} \cdot \sqrt{3}} = \frac{4023,62 \text{ МВА}}{716 \text{ кВ} \cdot \sqrt{3}} = 3,244 \text{ кА};$$

$$\Delta I_{a3Ш}^{\Gamma} = \Delta I_{3Ш}^{\Gamma} \cdot \cos \varphi = 3,244 \text{ кА} \cdot 0,9756 = 3,1648 \text{ кА};$$

$$\Delta I_{L3Ш}^{\Gamma} = \Delta I_{3Ш}^{\Gamma} \cdot \sin \varphi = 3,244 \text{ кА} \cdot 0,2194 = 0,71 \text{ кАр.}$$

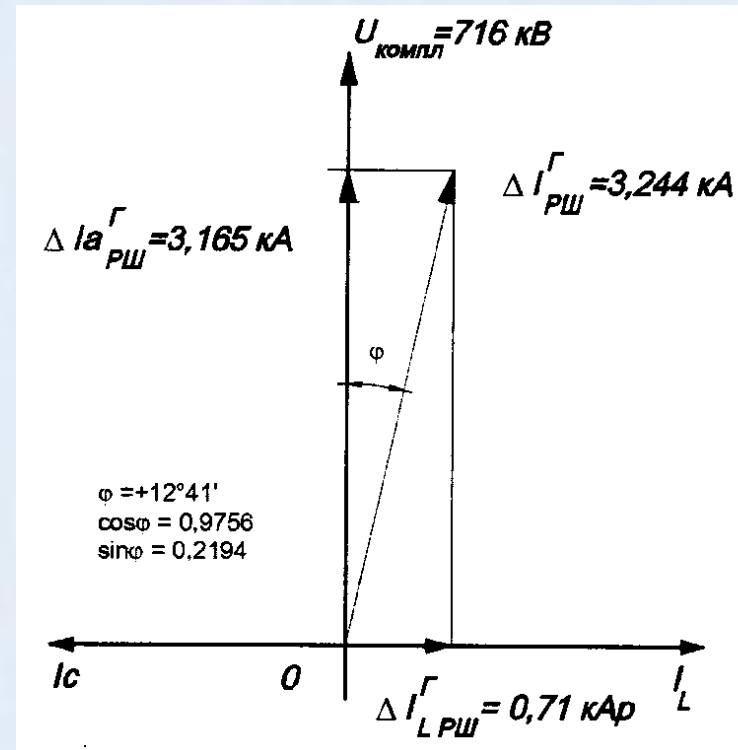


Рисунок 3.4 – Векторна діаграма залишкових параметрів потужності еквівалентного генератора після відбору потужності всіма апаратами ВП АЭС

1. Показано умови максимального використання на АЕС можливостей силових автотрансформаторів та ВДТ (передавання максимальної допустимої електричної потужності трансформаторів, забезпечення нормованих показників напруги та струму у вузлі), які є елементами головної схеми АЕС, під час експлуатації і наведені необхідні для цього розрахунки.
2. Виконано розрахунок втрат потужності в блочному трансформаторі АЕС, що підключений по схемі генератор – трансформатор – лінія 750 кВ.
3. Проведено розрахунок реактивної компоненти потужності навантаження блочного трансформатора.
4. Розраховані власних витрат потужностей в БТ.
5. Розраховано величину зміни (зменшення) напруги на обмотках ВН БТ від ВВП електричної енергії, що трансформується між обмотками НН і ВН.
6. Обчислено величину зміни (зменшення) напруги на обмотках ВН БТ від ВВП електричної енергії, що трансформується між обмотками НН і ВН.
7. Проаналізовані електромагнітні процеси в ТКП, при відборі активних втрат потужності екраном.
8. Оцінено охолодження ТКП блоку системою водяних теплообмінників (ТО) повітря, що продувається.

Дякую за увагу
Доповідь закінчена