

## Лекція 6. Вибір числа і потужності трансформаторів зв'язку на електростанціях

На електростанціях, що мають **шини генераторної напруги**, передбачається установка трансформаторів для зв'язку цих шин з шинами підвищеної напруги. Такий зв'язок необхідний для видачі надлишкової потужності в енергосистему в нормальному режимі, коли працюють всі генератори, і для резервування живлення навантажень на низькій напрузі (як правило, 6-10 кВ) при плановому або аварійному відключенні одного генератора.

Число трансформаторів зв'язку зазвичай не перевищує двох і вибирається з таких міркувань.

При трьох або більше секціях збірних шин ГРП встановлюються два трансформатора зв'язку. Це дозволяє створити симетричну схему і зменшити перетоки потужності між секціями при відключенні одного генератора. Один трансформатор зв'язку ГРП з РП ВН може бути встановлений, якщо на ТЕЦ один або два генератори, які видають в енергосистему невелику потужність.

Трансформатори зв'язку повинні забезпечити видачу в енергосистему всієї активної і реактивної потужності генераторів за вирахуванням навантажень власних потреб і навантажень РП генераторної напруги в період мінімуму навантаження, а також видачу в мережу активної потужності, що виробляється по тепловому графіку в неробочі дні.

Потужність трансформаторів зв'язку вибирається з урахуванням можливості живлення споживачів в літній період, коли при зниженні теплових навантажень може знадобитися зупинка теплофікаційних агрегатів. Також враховується необхідність резервування живлення навантажень в період максимуму при виході з ладу найбільш потужного генератора, приєднаного до ГРП.

Потужність, що передається через трансформатор, визначається з урахуванням різних значень  $\cos \phi$  генераторів, навантаження і споживачів власних потреб:

$$S_P = \sqrt{(\Sigma P_G - P_H - P_{B.П})^2 + (\Sigma Q_G - Q_H - Q_{B.П})^2}, \quad (1)$$

де  $\Sigma P_G$ ,  $\Sigma Q_G$  – сумарні активна і реактивна потужності генераторів, приєднаних до збірних шин;

$P_H$ ,  $Q_H$  – активне і реактивне навантаження на генераторній напрузі;

$P_{B.П}$ ,  $Q_{B.П}$  – активне і реактивне навантаження власних потреб.

Передана через трансформатор зв'язку потужність змінюється в залежності від режиму роботи генераторів і графіка навантаження споживачів. Цю потужність можна визначити на підставі добового графіка вироблення потужності генераторами і графіків навантаження споживачів і власних потреб ТЕЦ.

При відсутності таких графіків визначають потужність, передану через трансформатор, в трьох режимах:

1) в режимі мінімальних навантажень, підставляючи у формулі (1)  $P_{Hmin}$ ,  $Q_{Hmin}$ , знаходять  $S_{1P}$ ;

2) в режимі максимальних навантажень ( $P_{Hmax}$ ,  $Q_{Hmax}$ ) знаходять  $S_{2P}$ ;

3) в аварійному режимі при відключенні найпотужнішого генератора (змінюються величини  $\Sigma P_G$ ,  $\Sigma Q_G$ ) та максимальному навантаженні знаходять  $S_{3P}$ .

За найбільшим розрахунковим навантаженням визначається потужність трансформаторів зв'язку.

При установці двох трансформаторів

$$S_T \geq \frac{S_{Pmax}}{k_{П}}, \quad (2)$$

де  $k_{П}$  – коефіцієнт допустимого перевантаження трансформатора.

Трансформатори зв'язку можуть працювати як підвищувальні в режимі видачі потужності в енергосистему і як понижуючі при передачі потужності з енергосистеми. Реверсивна робота викликає необхідність застосування трансформаторів з регулюванням напруги під навантаженням.

Трансформатори можуть бути триобмотковими, якщо на ТЕЦ, крім навантажень на низькій напрузі, є навантаження на середній напрузі. Потужність таких трансформаторів вибирають по найбільш завантаженій обмотці, враховуючи перетоки в трьох розглянутих вище режимах.

При блочному з'єднанні генераторів потужність трансформатора вибирається за розрахунковою потужністю:

$$S_P = \sqrt{(P_G - P_H - P_{B.П})^2 + (Q_G - Q_H - Q_{B.П})^2}, \quad (3)$$

де  $P_H$  – навантаження, що приєднане до відгалуження від енергоблоку.

Якщо навантаження приєднане до двох енергоблоків, то приймають  $P_H/2$ .

Якщо від енергоблоку живляться лише власні потреби ЕС, то

$$S_P = \sqrt{(P_G - P_{B.П})^2 + (Q_G - Q_{B.П})^2}. \quad (4)$$

На потужних КЕС, ГЕС і АЕС видача електроенергії в енергосистему відбувається **на двох, а іноді на трьох підвищених напругах**. Зв'язок між РП різної напруги здійснюється зазвичай за допомогою автотрансформаторів (АТ).

Потужність АТ вибирається по максимальному перетоку між РП ВН та РП СН, який визначається за найбільш важким режимом.

Розрахунковим режимом може бути видача потужності з РП СН в РП ВН, що має зв'язок з енергосистемою. При цьому необхідно враховувати в розрахунку мінімальне навантаження на шинах СН. Більш важким може виявитися режим передачі потужності з РП ВН в РП СН при максимальному навантаженні на шинах СН і відключенні одного з енергоблоків, приєднаних до цих шин.

Число автотрансформаторів зв'язку визначається схемою прилеглого району енергосистеми. При наявності додаткових зв'язків між лініями ВН і СН в енергосистемі на ЕС може бути встановлений один автотрансформатор, а в деяких випадках можлива відмова від установки автотрансформатора зв'язку.

При такому рішенні спрощується конструкція РП і зменшуються струми КЗ на шинах ВН та СН.

Якщо зв'язків між лініями ВН і СН в прилеглому районі енергосистеми немає, то встановлюються два автотрансформатора.

Перетікання потужності через автотрансформатори зв'язку визначається виразом

$$S_p = \sqrt{(\sum P_G - P_{В.П} - P_C)^2 + (\sum Q_G - Q_{В.П} - Q_C)^2}, \quad (5)$$

де  $\sum P_G, \sum Q_G$  – потужності генераторів, приєднаних до шин СН;

$P_{В.П}, Q_{В.П}$  – навантаження власних потреб блоків, приєднаних до шин СН;

$P_C, Q_C$  – навантаження на шинах СН.

Розрахункова потужність визначається для трьох режимів: максимальне, мінімальне навантаження СН і відключення енергоблоку, приєданого до шин СН при максимальному навантаженні споживачів. За найбільшою розрахунковою потужністю вибирається номінальна потужність автотрансформатора за формулою (2) з урахуванням допустимого перевантаження.

Можлива установка автотрансформаторів в блоці з генератором. Оскільки обмотка НН повинна бути розрахована на повну потужність генератора, то

$$S_G \leq S_{НН} = k_{\text{виг}} S_{НОМ}, \quad (6)$$

де  $k_{\text{виг}}$  – коефіцієнт вигідності;  $S_{НОМ}$  – номінальна потужність АТ.

Звідки

$$S_{НОМ} \geq \frac{S_G}{k_{\text{виг}}}. \quad (7)$$

Коефіцієнт вигідності залежить від коефіцієнта трансформації автотрансформатора і знаходиться в межах 0,33–0,667.

Відповідно потужність АТ в блоці з генератором становить:

$$S_{НОМ} = (1,5 - 3)S_G. \quad (8)$$

Збільшення потужності АТ при установці його в блоці з генератором знижує ефективність застосування АТ зв'язку. АТ працює в комбінованому режимі, тобто передає електроенергію з боку НН на сторону ВН або СН і здійснює перетікання потужності РП СН та ВН. Комбіновані режими вимагають обов'язкового контролю завантаження обмоток.

Остаточний вибір того чи іншого способу приєднання автотрансформаторів повинен бути обґрунтований техніко-економічним розрахунком.