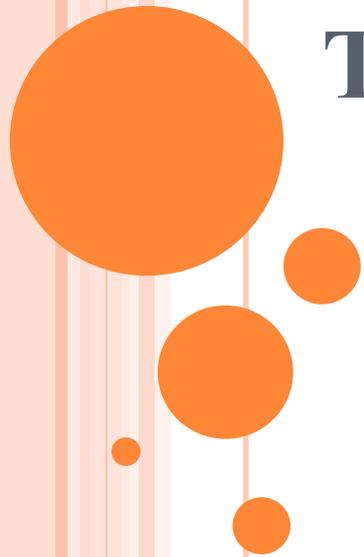


# **ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ**



# 1. ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ СВЯЗИ НА ТЭЦ

- На электростанциях, имеющих шины генераторного напряжения, предусматривается установка трансформаторов для связи этих шин с шинами повышенного напряжения.
- Это необходимо для выдачи избыточной мощности в энергосистему в нормальном режиме, когда работают все генераторы, и для резервирования питания нагрузок на напряжении 6 — 10 кВ при плановом или аварийном отключении одного генератора.



*ЧИСЛО ТРАНСФОРМАТОРОВ СВЯЗИ ОБЫЧНО НЕ ПРЕВЫШАЕТ ДВУХ :*

- При трех или более секциях сборных шин ГРУ устанавливаются два трансформатора связи. Это позволяет создать симметричную схему и уменьшить перетоки мощности между секциями при отключении одного генератора.
- Один трансформатор связи ГРУ с РУ высокого напряжения может быть установлен, если на ТЭЦ один или два генератора, например для первой очереди станции.



**Трансформаторы связи должны обеспечить выдачу в энергосистему всей активной и реактивной мощности генераторов за вычетом нагрузок собственных нужд и нагрузок распределительного устройства генераторного напряжения в период минимума нагрузки, а также выдачу в сеть активной мощности, вырабатываемой по тепловому графику в нерабочие дни**



## МОЩНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРОВ СВЯЗИ ВЫБИРАЕТСЯ

- с учетом возможности питания потребителей в летний период.
- учитывается необходимость резервирования питания нагрузок в период максимума при выходе из строя наиболее мощного генератора, присоединенного к ГРУ.



МОЩНОСТЬ, ПЕРЕДАВАЕМАЯ ЧЕРЕЗ ТРАНСФОРМАТОР, ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ  $\cos \phi$  ГЕНЕРАТОРОВ, НАГРУЗКИ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД:

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{(\sum P_{\text{Г}} - P_{\text{Н}} - P_{\text{с.н}})^2 + (\sum Q_{\text{Г}} - Q_{\text{Н}} - Q_{\text{с.н}})^2}$$

$\sum P_{\text{Г}}, \sum Q_{\text{Г}}$  — суммарные активная и реактивная мощности генераторов, присоединенных к сборным шинам;

$P_{\text{Н}}, Q_{\text{Н}}$  — активная и реактивная нагрузки на генераторном напряжении;

$P_{\text{с.н}}, Q_{\text{с.н}}$  — активная и реактивная нагрузки собственных нужд.



ПЕРЕДАВАЕМАЯ ЧЕРЕЗ ТРАНСФОРМАТОР СВЯЗИ МОЩНОСТЬ ИЗМЕНЯЕТСЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМА РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРОВ И ГРАФИКА НАГРУЗКИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.

□ мощность можно определить на основании суточного графика выработки мощности генераторами и графиков нагрузки.

□ При отсутствии графиков определяют мощность, передаваемую через трансформатор, в трех режимах: в режиме минимальных нагрузок, подставляя  $P_{H \min}$ , находят  $S_{1ра}$ ,  $Q_{H \min}$ ; в режиме максимальных нагрузок  $(P_{H \max}, Q_{H \max})$  находят  $S_{2рас}$ ; в режиме включения самого мощного генератора (изменяется величина  $\sum P_{Г}, \sum Q_{Г}$ ) находят  $S_{3рас}$ .

По наибольшей расчетной нагрузке определяется мощность трансформаторов связи. При установке двух трансформаторов

$$S_T \geq \frac{S_{\text{расч max}}}{k_{\text{ПГ}}}$$

- где  $k_{\text{ПГ}}$  — коэффициент допустимой перегрузки трансформатора
- трансформаторы связи могут работать как повышающие в режиме выдачи мощности в энергосистему и как понижающие при передаче мощности из энергосистемы. Реверсивная работа вызывает необходимость применения трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой.

- Трансформаторы могут быть трехобмоточными, если на ТЭЦ, кроме нагрузок 6—10 кВ, имеются нагрузки на 35 кВ. Мощность таких трансформаторов выбирают по наиболее загруженной обмотке, учитывая перетоки в трех режимах.
- Для каждого сочетания напряжений устанавливается, как правило, два трехобмоточных трансформатора или автотрансформатора



## 2. ВЫБОР БЛОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ТЭЦ КЭС, ГЭС и АЭС

- От энергоблока получают питание только собственные нужды, остальная мощность отдается в систему

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{(P_{\Gamma} - P_{\text{с,н}})^2 + (Q_{\Gamma} - Q_{\text{с,н}})^2}.$$



### 3. ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ СВЯЗИ НА КЭС, ГЭС и АЭС

- На мощных КЭС, ГЭС и АЭС выдача электроэнергии в энергосистему происходит на двух, а иногда на трех повышенных напряжениях.
- Связь между распределительными устройствами разного напряжения осуществляется обычно с помощью автотрансформаторов, применение которых обусловлено рядом преимуществ.



*Мощность автотрансформаторов выбирается по максимальному перетоку между распределительными устройствами высшего и среднего напряжения, который определяется по наиболее тяжелому режиму.*



## РАСЧЕТНЫМ РЕЖИМОМ МОЖЕТ БЫТЬ

- Выдача мощности из РУ среднего напряжения в РУ высшего напряжения, имеющего связь с энергосистемой. Необходимо учитывать в расчете минимальную нагрузку на шинах СН.
- Более тяжелым может оказаться режим передачи мощности из РУ высшего напряжения в РУ среднего напряжения при максимальной нагрузке на шинах СН и отключении одного из энергоблоков, присоединенных к этим шинам.



# ЧИСЛО АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ СВЯЗИ

определяется схемой прилегающего района энергосистемы.

- При наличии дополнительных связей между линиями высшего и среднего напряжения в энергосистеме на электростанции может быть установлен один автотрансформатор, иногда нет автотрансформатора связи (упрощается конструкция РУ и уменьшаются токи КЗ на шинах высшего и среднего напряжения).
- Если связей между линиями высшего и среднего напряжения нет, то устанавливаются два автотрансформатора.



# ПЕРЕТОК МОЩНОСТИ ЧЕРЕЗ АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ СВЯЗИ

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{(\sum P_{\Gamma} - P_{\text{с.н}} - P_{\text{С}})^2 + (\sum Q_{\Gamma} - Q_{\text{с.н}} - Q_{\text{С}})^2}$$

- Расчетная мощность определяется для трех режимов: максимальная, минимальная нагрузка СН и отключение энергоблока, присоединенного к шинам СН при максимальной нагрузке потребителей. По наибольшей расчетной мощности выбирается номинальная мощность автотрансформатора по формуле

с учетом допустим

$$S_{\Gamma} \geq \frac{S_{\text{расч max}}}{k_{\text{пг}}},$$



*Возможна установка автотрансформаторов в блоке с генератором. В этом случае мощность автотрансформатора выбирается с учетом коэффициента типовой мощности.*

Обмотка низшего напряжения рассчитывается на типовую мощность автотрансформатора:

где  $S_{НОМ} S_{НН} = S_{тип} = K_{тип} S_{НОМ}$ ,  
автотрансформатора по каталогу,  $K_{тип}$  —  
коэффициент типовой мощности



ОБМОТКА НИЗШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ДОЛЖНА БЫТЬ  
РАССЧИТАНА НА ПОЛНУЮ МОЩНОСТЬ ГЕНЕРАТОРА

$$S_{\Gamma} \leq S_{\text{НН}} = K_{\text{ТИП}} S_{\text{НОМ}},$$

$$S_{\text{НОМ}} \geq \frac{S_{\Gamma}}{K_{\text{ТИП}}}.$$

Коэффициент  $K_{\text{ТИП}}$  зависит от  
коэффициента трансформации  
автотрансформатора  $n_{\text{вс}}$  и находится в  
пределах 0,33-0,667.



МОЩНОСТЬ АВТОТРАНСФОРМАТОРА В БЛОКЕ С  
ГЕНЕРАТОРОМ СОСТАВЛЯЕТ:

$$S_{\text{НОМ}} = (3 - 1,5) S_{\text{Г}}$$

- Комбинированные режимы требуют строгого контроля загрузки обмоток.
- Окончательный выбор того или иного способа присоединения автотрансформаторов должен быть обоснован технико-экономическим расчетом.



## 4. ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПОДСТАНЦИИ

- ▣ *Наиболее часто на подстанциях устанавливают два трансформатора или автотрансформатора.*
- ▣ В этом случае при правильном выборе мощности трансформаторов обеспечивается надежное электроснабжение потребителей даже при аварийном отключении одного из них.



## НА ДВУХТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЯХ

- В первые годы эксплуатации, когда нагрузка не достигла расчетной, возможна установка одного трансформатора.
- В течение этого периода необходимо обеспечить резервирование электроснабжения потребителей по сетям среднего или низшего напряжения.
- Если при установке одного трансформатора обеспечить резервирование по сетям СН и НН нельзя или полная расчетная нагрузка подстанции ожидается раньше чем через 3 года после ввода ее в эксплуатацию, то подстанция сооружается с двумя трансформаторами.



*ОДНОТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ*  
*могут сооружаться для питания*  
*неответственных потребителей III*  
*категории, если замена поврежденного*  
трансформатора или ремонт его  
производится не более одних суток.



# УСТАНОВКА ЧЕТЫРЕХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

ВОЗМОЖНА НА ПОДСТАНЦИЯХ С  
ДВУМЯ СРЕДНИМИ  
НАПРЯЖЕНИЯМИ  
(220/110/35/10 кВ,  
500/220/35/ 10 кВ и др.).



## МОЩНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРОВ ВЫБИРАЕТСЯ ПРИ УСТАНОВКЕ

- одного трансформатора

$$S_{\text{НОМ}} \geq S_{\text{max}};$$

- при установке двух трансформаторов

$$S_{\text{НОМ}} \geq 0,7 S_{\text{max}};$$

- при установке  $n$  трансформаторов

$$S_{\text{НОМ}} \geq 0,7 \frac{S_{\text{max}}}{(n - 1)},$$

- где  $S_{\text{max}}$  — наибольшая нагрузка подстанции на расчетный период 5 лет.



# ТРАНСФОРМАТОРЫ

выбранные по условиям формул, обеспечивают питание всех потребителей в нормальном режиме при оптимальной загрузке трансформаторов  $(0,6 — 0,7) S_{\text{НОМ}}$ , а в аварийном режиме оставшийся в работе один трансформатор обеспечивает питание потребителей с учетом допустимой аварийной или систематической перегрузки трансформаторов.



- При выборе мощности автотрансформаторов, к обмотке НН которых присоединены синхронные компенсаторы, необходимо проверить загрузку общей обмотки автотрансформатора.
- Трансформаторы и автотрансформаторы с ВН до 500 кВ включительно по возможности выбираются трехфазными.



- Группы из однофазных трансформаторов устанавливаются при отсутствии трехфазных трансформаторов соответствующей мощности.
- При установке одной группы однофазных трансформаторов предусматривается одна резервная фаза. В ряде случаев может оказаться экономичнее применить спаренные трехфазные трансформаторы (автотрансформаторы).



