



**КАФЕДРА
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ**

**Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина
кафедра «Электроснабжение»**



**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ
Контрольная работа**

1 Построение графиков нагрузки подстанции

Электрическая нагрузка отдельных потребителей, а следовательно и суммарная их нагрузка, определяющая режим работы подстанций (электростанций в энергосистеме), непрерывно меняется. Этот факт принято отражать графиком нагрузки, то есть диаграммой изменения мощности (тока) на шинах подстанции во времени.

По виду фиксируемого параметра различают графики активной P (МВт), реактивной Q (мвар), полной (кажущейся) S (МВА) мощностей и тока I (А) на шинах подстанции. 4.1 Суточные графики нагрузок потребителей

Кроме максимальной активной мощности (P_{\max}), для построения графика необходимо знать характер изменения нагрузки потребителя во времени, который можно определить в соответствии с заданием из типовых графиков силового максимума в процентах в течении суток (зима, лето). Для удобства расчетов график выполняется ступенчатым. Наибольшая возможная за сутки нагрузка принимается за 100%, а остальные ступени графика показывают относительное значение нагрузки для данного времени суток. При известной $P_{\text{расч.}}$ можно перевести типовой график в график нагрузки заданного потребителя, согласно задания, используя соотношение для каждой ступени графика:

$$P_i = n_i^{\%} \cdot P_{\text{расч.}} / 100 \quad (\text{МВА}),$$

где $n_i^{\%}$ - ордината соответствующей ступени типового графика, в %.
 $P_{\text{расч}}$ - расчетная мощность предприятия согласно задания, МВт.

2 Суммарный (совмещенный) график нагрузок потребителей

Этот график определяется с учетом потерь мощности на подстанции.

Потери мощности зависят от: протекания тока по обмоткам трансформаторов, которые являются переменными величинами, зависящими от нагрузки ($\Delta P_{пер}$).

- постоянную часть потерь мощности определяют в основном потери холостого хода трансформаторов ($\Delta P_{пост.}$).

- потери на собственные нужды зависят от параметров трансформатора и типа т т подстанции ($\Delta P_{с.н.}$).

Суммируя значения мощностей i^x -ступеней графиков нагрузки всех потребителей и потери мощности на подстанции для каждой ступени, получают суммарный (совмещенный) график нагрузки подстанции для сезонов (зима, лето) согласно выражения:

$$P_{\Sigma_{nc(i)}} = P_{(i)} + \Delta P_{пост.} + \Delta P_{пер.} + \Delta P_{с.н.} \quad \text{МВА,}$$

где $P_{(i)}$ – суммарная мощность всех предприятиями i -ступени

$\Delta P_{пост.}$ – постоянные потери, которые составляют 1% от P_{max} ,

где P_{max} – максимальное значение активной мощности i -ступени совмещенного графика;

$$\Delta P_{пост.} = 0,01 P_{max} \quad \text{МВА,}$$

$\Delta P_{с.н.}$ – потери на собственные нужды, составляют 0,5% от P_{max}

$$\Delta P_{с.н.} = 0,005 P_{max} \quad \text{МВА,}$$

$\Delta P_{пер}$ – переменные потери, зависящие от значения мощности каждой ступени и вычисляются по формуле:

$$\Delta P_{пер} = P_{(i)}^2 / 10 \times P_{max} \quad \text{МВА.}$$

3 Годовой график по продолжительности нагрузок

Этот график показывает длительность работы установки в течение года с различными нагрузками. По оси ординат откладываются нагрузки в соответствующем масштабе, по оси абсцисс – часы года от 0 до 8760. Нагрузки на графике располагают в порядке их убывания от P_{\max} до P_{\min} . Принято, что длительность сезонных времен года зима и лето составляют соответственно 200 и 165 дней.

Построение годового графика по продолжительности нагрузок производится на основании известных суммарных суточных графиков нагрузки зимнего и летнего периода, полученных ранее. Значение активной мощности i -ступени графика по продолжительности определяется проекцией соответствующих ординат суммарных суточных графиков нагрузки зимнего и летнего периода на ось ординат искомого графика, а длительность этой ступени графика по продолжительности T_i :

$$T_i = t_i^{\text{зима}} \times 200 + t_i^{\text{лето}} \times 165 \text{ ч,}$$

где $t_i^{\text{зима}}$ и $t_i^{\text{лето}}$ длительность i -ступени суточного зимнего и летнего суммарного графиков нагрузки

4 Технико – экономические показатели, определяемые из графиков нагрузки

Площадь, ограниченная кривой графика активной нагрузки, численно равна **энергии, отпущенной с шин подстанции** потребителям за рассматриваемый период (год) :

$$W_{\Pi} = \sum P_i \times T_i \text{ МВт}\times\text{ч,}$$

Средняя нагрузка по графику за рассматриваемый период (год) равна:

$$P_{cp} = W_{\Pi} / T \text{ МВт,}$$

где: T – длительность рассматриваемого периода

W_{Π} – электроэнергия за рассматриваемый период

Степень неравномерности графика работы электроустановки оценивают **коэффициентом заполнения**.

$$k_{зан} = W_n / P_{max} \cdot T = P_{cp} / P_{max}$$

Коэффициент заполнения графика нагрузки показывает, во сколько раз отпущенное с шин количество электроэнергии за рассматриваемый период меньше того количества электроэнергии, которое было бы отпущено с шин подстанции за то же время, если бы нагрузка установки все время была бы максимальной. Очевидно, что чем равномернее график, тем ближе значение $k_{зан}$ к единице.

Для характеристики графика нагрузки подстанции можно воспользоваться величиной **продолжительность использования максимальной нагрузки**

$$T_{max} = W_n / P_{max} = P_{cp} \cdot T / P_{max} = k_{зан} \times T \text{ ч.}$$

Эта величина показывает, сколько часов за рассматриваемый период T (обычно год) установка должна была бы работать с неизменной максимальной нагрузкой, чтобы отпустить с шин подстанции действительное количество электроэнергии W_{Π} за этот период времени.

5 График полной мощности подстанции

Построение графика полной мощности подстанции необходимо для выбора и проверки на перегрузочную способность трансформаторов на подстанции.

Для этого необходимо произвести расчет средневзвешенного коэффициента мощности нагрузки для каждой ступени графика нагрузки - $\text{tg } \varphi_{\text{св } (i)}$:

$$\text{tg } \varphi_{\text{св}(i)} = P_{1(i)} \cdot \text{tg } \varphi_1 + P_{2(i)} \cdot \text{tg } \varphi_2 + \dots / \sum P_{1-n(i)}$$

Далее вычисляется полная мощность с учетом выше найденных средневзвешенных коэффициентов для каждого часа графика полной мощности подстанции :

$$S_{(i)} = P_{\Sigma(i)} \times \sqrt{1 + \text{tg}^2 \varphi_{\text{св}(i)}} \quad \text{МВА,}$$

где $P_{\Sigma(i)}$ - сумма активных мощностей i -ступени графика полной мощности подстанции . По полученным значениям мощностей $S_{(i)}$ строится график полной мощности подстанции.

6 Выбор числа и мощности трансформаторов и расчет на перегрузочную способность

Число трансформаторов, устанавливаемых на подстанциях всех категорий принимается, как правило, не более двух

При установке двух трансформаторов и отсутствия резервирования по сетям низшего напряжения мощность каждого из них выбирается с учетом загрузки трансформатора не более 70% от суммарной максимальной нагрузки подстанции в номинальном режиме

Мощность трансформатора на подстанции должна быть такой, чтобы при выходе из работы одного из них второй воспринял основную нагрузку подстанции с учетом допустимой перегрузки в послеаварийном режиме и возможного временного отключения потребителей третьей категории.

$$S_{н.тр.} \geq S_{max} / 1,4 \quad \text{МВА,}$$

где S_{max} - максимальная расчетная мощность подстанции по расчету Перегрузка трансформатора – режим, при котором расчетный износ изоляции обмоток превосходит износ, соответствующий номинальному режиму работы. Такой режим возникает, если нагрузка окажется больше номинальной мощности трансформатора или температура окружающей среды больше принятой расчетной. На графике полной мощности подстанции откладывается прямая линия, соответствующая номинальной мощности принятого трансформатора. Верхняя часть графика, отсекаемая данной прямой, является зоной перегрузки трансформатора. Эквивалентная нагрузка трансформатора на рассматриваемом интервале времени определяется по уравнению:

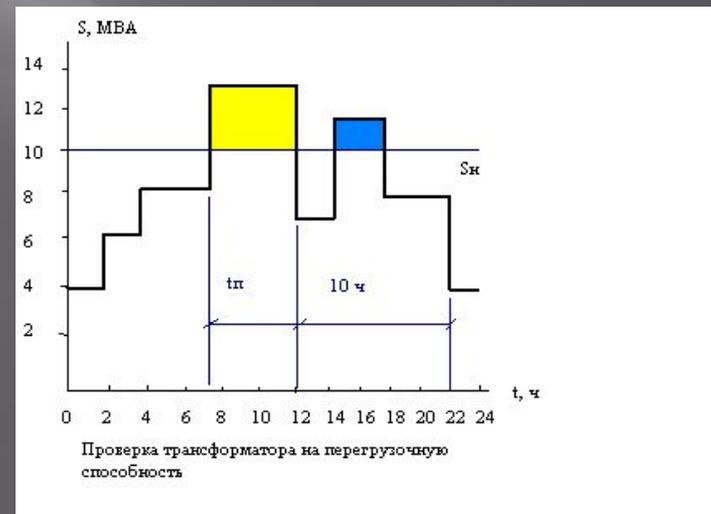
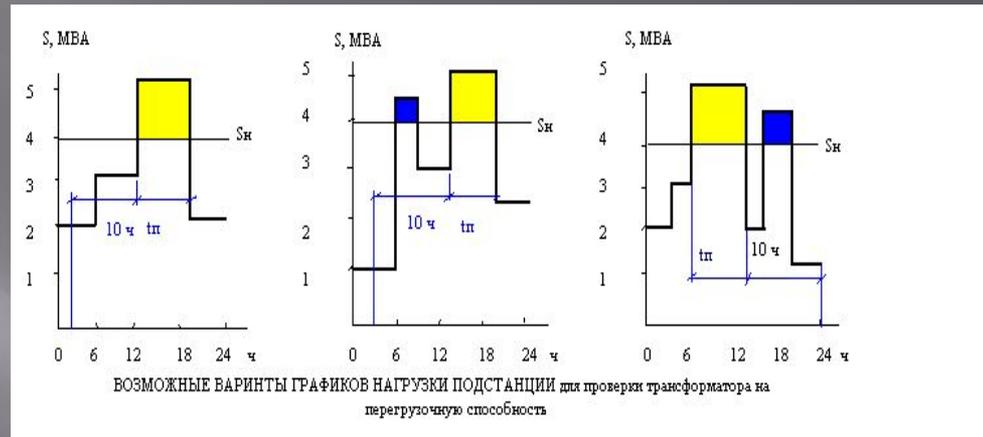
Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина
кафедра «Электроснабжение»
ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИЙ
ТРАНСФОРМАТОРЫ - ПРОВЕРКА НА ПЕРЕГРУЗОЧНУЮ СПОСОБНОСТЬ

Нагрузочная способность трансформатора – это совокупность допустимых нагрузок и перегрузок.

Допустимая нагрузка – это длительная нагрузка, при которой расчетный износ изоляции обмоток от нагрева не превосходит износ, соответствующий номинальному режиму работы.

Перегрузка трансформатора – режим, при котором расчетный износ изоляции обмоток превосходит износ, соответствующий номинальному режиму работы. Такой режим возникает, если нагрузка окажется больше номинальной мощности трансформатора или температура окружающей среды больше принятой расчетной.

Допустимые систематические перегрузки трансформатора больше его номинальной мощности возможны за счет неравномерности нагрузки течения суток.



$$S_{\text{экв.1}} = \sqrt{\frac{S_1^2 t_1 + S_2^2 t_2 + \dots + S_{10}^2 t_{10}}{t_1 + t_2 + \dots + t_{10}}} \text{ МВА,}$$

где: $S_{\text{экв.1}}$ - эквивалентная нагрузка трансформатора за десятичасовой период.

$S_1 - S_{10}$ - нагрузка трансформатора за десятичасовой период.

$t_1 - t_{10}$ - длительность ступеней нагрузки десятичасового периода графика полной нагрузки подстанции.

$$S_{\text{экв.2}} = \sqrt{\frac{S_i^2 t_i + \dots + S_n^2 t_n}{t_i + \dots + t_n}} \text{ МВА,}$$

где $S_{\text{экв.2}}$ - эквивалентная нагрузка трансформатора за период перегрузки.

$S_i - S_n$ - мощности графика нагрузки подстанции в период перегрузки.

$t_1 - t_2$ - длительность ступеней перегрузки.

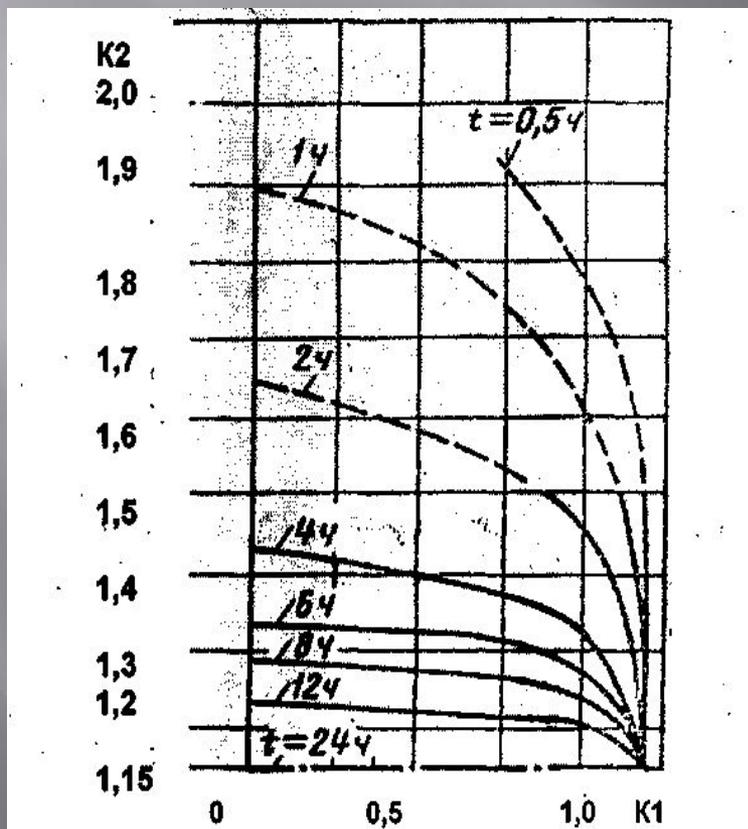
Для получения эквивалентного двухступенчатого графика значения мощностей для десятичасового периода предшествующего перегрузке и периоду перегрузки откладываются на графике полной мощности подстанции.

Далее определяются коэффициенты начальной нагрузки k_1 и k_2 - превышения нагрузки по :

$$k_1 = S_{\text{экв.1}} / S_{\text{н.тр.}}, \quad k_2 = S_{\text{экв.2}} / S_{\text{н.тр.}}$$

Далее по графикам на рисунках при известных k_1 и длительности перегрузки. $t_{\text{пер}}$, определяется коэффициент допустимой перегрузки $k_{2\text{доп}}$. Если окажется, что $k_{2\text{доп}} > k_2$, то трансформатор может систематически перегружаться по данному графику нагрузки. В противном случае необходимо предусмотреть меры по снижению нагрузки трансформатора, если это возможно, либо принять трансформатор следующей ступени мощности.

Кривые перегрузочной способности трансформатора системы охлаждения Д, мощностью 6,3-32 МВА, $t_{\text{охл.}}=0\text{ }^{\circ}\text{C}$



Кривые перегрузочной способности трансформатора системы охлаждения Д, мощностью 32-63 МВА, $t_{\text{охл.}}=0\text{ }^{\circ}\text{C}$

