## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

#### Выбор числа и мощности трансформаторов

Цель занятия: изучить методы определения мощности трансформаторов.

### Пояснения к работе

Правильный выбор числа и мощности трансформаторов на подстанции промышленного предприятия является одним из основных вопросов рационального построения системы электроснабжения.

#### Выбор трансформаторов на главной понизительной подстанции (ГПП):

При преобладании на предприятии нагрузок первой и второй категории надежности главная понизительная подстанция выполняется двух- трансформаторной. Мощность трансформаторов выбирается такой, чтобы при выходе из работы одного из них, второй воспринял основную нагрузку подстанции с учетом допускаемой перегрузки в послеаварийном режиме до 60–70 % на время максимума и возможного временного отключения потребителей 3 категории.

Мощность трансформаторов ГПП можно определять по заданному суточному графику нагрузки за характерные сутки года для нормальных и аварийных режимов, с учётом компенсации реактивной мощности.

Для этого по суточному графику нагрузки потребителя устанавливают продолжительность максимальной нагрузки t и коэффициент заполнения графика Кзг.

Кзг = Sср / Smax,

где Sср , Smax – средняя и максимальная нагрузки трансформаторов.

По значениям коэффициента загрузки Кзг и продолжительности t максимальной активной нагрузки определяется коэффициент кратности допустимой нагрузки трансформаторов Кн (рис. 1).



Рисунок 1 – Кривые кратности допустимых нагрузок трансформатора

Номинальная мощность трансформатора определяется по формуле:

$$S\_{ном.тр}=\frac{S\_{max}}{K\_{н}}=\frac{P\_{см}}{N∙\cos(φ)∙K\_{н}},$$

где $S\_{max}$ – максимальная расчетная мощность предприятия, кВА;

N – количество трансформаторов на ГПП.

Трансформатор выбирается по шкале стандартных мощностей: 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500 кВА.

Установленную мощность трансформатора проверяют в аварийном режиме при выводе одного трансформатора в ремонт. При длительных перегрузках до 6 часов в сутки допускается перегрузка на 40 % сверх номинального тока в течение не более 5 суток.

$$1,4∙S\_{ном.тр}\geq \frac{S\%\_{потр.1и2кат}}{100\%}∙S\_{max}$$

где $S\%\_{потр.1и2кат} $– процентное содержание нагрузки I и II категории надежности.

***Пример 1.*** *Максимальная нагрузка на шинах 110/10кВ ГПП составляет Smax= 20 МВА при времени максимума t = 2 ч. Среднесуточная нагрузка Sср = 15 МВА. Потребители I и II категории составляют 75 % от максимальной нагрузки. Требуется выбрать число и мощность трансформаторов ГПП.*

Решение. Так как на предприятии имеются потребители I и II категории, то на ГПП устанавливаются два трансформатора. Коэффициент заполнения графика составит:

Кзг = Sср / Smax = 15 / 20 = 0,75.

По величинам Кзг = 0,75 и t = 2 ч. Находим коэффициент допустимой нагрузки трансформатора Кн = 1,16 ( рис. 1).

Номинальная мощность трансформатора составит:

$$S\_{ном.тр}=\frac{S\_{max}}{K\_{н}}=\frac{20}{1,16}=17 МВА.$$

К установке принимаем два трансформатора по 16 МВА. Коэффициент загрузки в нормальном режиме при максимуме составит:

Кзг = Smax /2 Sном = 20 / 2 ·16 = 0,63, что соответствует экономическому режиму.

Проверяем установленную мощность трансформатора в аварийном режиме при отключении одного трансформатора:

1,4 · Sном.тр = 1,4· 16 = 22500 > 0,75 · Smax = 0,75· 20 = 15 МВА.

Следовательно выбранные мощности трансформаторов обеспечивают электроснабжение предприятия как в нормальном, так и в аварийном режимах.

### Выбор мощности трансформаторов цеховых подстанций

Ориентировочно выбор единичной мощности трансформаторов цеховых подстанций может производиться по удельной плотности нагрузки и полной расчетной нагрузке объекта. При удельной плотности более 0,2–0,3 кВ А/ м2 и суммарной нагрузке более 3000–4000 кВА целесообразно применять цеховые трансформаторы мощностью соответственно 1600, 2500 кВА. При удельной плотности и суммарной нагрузке ниже указанных значений наиболее экономичны трансформаторы мощностью 400–1000 кВА. Прежде чем определить число цеховых трансформаторов, необходимо выбрать тип, единичную мощность и коэффициент загрузки трансформатора.

Число цеховых трансформаторов N:

N = Sр / Sном · Кз,

где Sр – полная расчетная мощность потребителей; Кз – коэффициент загрузки трансформаторов.

Кз = 0,65÷0,7 – при преобладании нагрузок первой категории для двух трансформаторных ТП.

Кз = 0,7÷0,8 – при преобладании нагрузок второй категории для однотрансформаторных подстанций в случае взаимного резервирования трансформаторов на низшем напряжении.

Кз = 0,9÷0,95 – при преобладании нагрузок второй категории и наличии централизованного резерва трансформаторов и при нагрузке третьей категории.

Кз = 0,5÷0,55 – на ступенях высшего напряжения и СЭС (ГПП, УРП).

На двух трансформаторных подстанциях дополнительно проверяется перегрузка трансформаторов в аварийном режиме.

Выбор мощности однотрансформаторных ТП производится по средней нагрузке:

Sном ≥ Sср.

С проверкой перегрузочной способности трансформатора в часы максимальной нагрузки:

Sр ≤ Кн· Sном.

Кн определяют по кривым кратностей дополнительных перегрузок с использованием коэффициента загрузки, полученного для ГПП, а продолжительность максимальной нагрузки t берем по суточному графику.

Прежде чем определить количество цеховых трансформаторов, необходимо выбрать тип, единичную мощность Sном.т и Кз.т.

Количество трансформаторов в целом по предприятию зависит от степени компенсации реактивной мощности в сетях напряжением до 1 кВ и допустимых перегрузок нормальных и аварийных режимов.

Количество трансформаторов при практически полной компенсации реактивной мощности в сети до 1кВ:

$$N\_{min}=\frac{P\_{расчΣнн}}{K\_{з.т.}∙S\_{ном.т.}}$$

Количество трансформаторов при отсутствии компенсации в сети до1 кВ Nmax:

$$N\_{max}=\frac{S\_{расчΣнн}}{K\_{з.т.}∙S\_{ном.т.}}$$

Далее необходимо сравнить варианты количества трансформаторов:

Nmin; Nmin + ∆Nт; Nmax;

(∆Nт = 1,2· (Nmax – Nmin).

Оптимальный вариант выбирается на основании технико-экономических расчетов.

При окончательном выборе количества цеховых трансформаторов в целом по заводу принимаются во внимание следующие основания: обеспечение требования надежности электроснабжения; длина кабельных линий напряжением до 1 кВ не должна превышать 200 м; учет взаимного расположения трансформаторов и питающих линий напряжением 6–10 кВт на генеральном плане предприятия. В сетях напряжением 6–10 кВ с трансформацией на напряжение до 1 кВ преимущественно рекомендуется использование однотрансформаторных подстанций при преобладании нагрузок III и II категории и при нагрузках I категории надежности, если их величина составляет не более 15–20 % нагрузки подстанции. Взаимное резервирование схем с однотрансформаторными подстанциями осуществляется при помощи перемычек на напряжение до 1 кВ.

Двухтрансформаторные ТП с установкой секционного выключателя с АВР на напряжение до 1 кВ рекомендуется применять при преобладании нагрузок I и II категории, при сосредоточенных нагрузках с высокой удельной плотностью (0,5–0,7 кВА/м2) и если имеются электроприемники особой группы (компрессоры, вентиляторы). Двухтрансформаторные подстанции также целесообразны при неравномерном суточном и годовом графиках нагрузки. В случаях режимов минимальных нагрузок целесообразно отключать один трансформатор, что определяется условиями оплаты за электроэнергию по двухставочному тарифу.

### Задание.

Выбрать число и мощность трансформаторов на ГПП напряжением 110/10 кВ. Исходные данные представлены в таблице 1.

*Таблица 1. Исходные данные*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Smax, МВА | Sср, МВА | T, ч | %, 1 и 2 кат. |
| 1 | 25 | 20 | 2 | 70 |
| 2 | 32 | 28 | 2 | 65 |
| 3 | 28 | 22 | 3 | 68 |
| 4 | 31 | 26 | 4 | 77 |
| 5 | 42 | 37 | 4 | 80 |
| 6 | 18 | 12 | 5 | 85 |
| 7 | 19 | 14 | 5 | 75 |
| 8 | 22 | 18 | 2 | 70 |
| 9 | 17 | 11 | 2 | 82 |
| 10 | 23 | 18 | 3 | 87 |

### Контрольные вопросы

* 1. Какие существуют методы выбора номинальной мощности трансформатора ГПП?
	2. От чего зависит количество трансформаторов на цеховых ТП?
	3. Решить задачу. Термический цех имеет расчетную активную мощность Рpн = 5400,0 кВт, реактивную – Qрн = 3771,3 квар. Производственная площадь цеха F = 15 800 м2. Требуется выбрать мощность и число трансформаторов цеховых ТП при условии полного резервирования электроснабжения потребителей.