**Практическая работа №13 «Расчет и выбор компенсирующих устройств»**

*Цель занятия: п*олучить практические навыки по выбору и расчету компенсирующих устройств реактивной мощности.

*Общие сведения*

При передаче электроэнергии от места ее выработки к месту потребления одновременно с активной энергией передается сопутствующая ей реактивная энергия, необходимая для обеспечения работы большинства электроприемников и звеньев электропередачи.

Различные группы потребителей электроэнергии обладают различными характерными коэффициентами мощности, т. е. потребляют реактивную мощность в неодинаковых количествах. К потребителям реактивной мощности промышленных предприятий относятся установки, в которых она необходима для создания магнитных полей: асинхронные электродвигатели; сварочные машины; трансформаторы подстанций, электропечи и преобразовательные агрегаты; автотрансформаторы, электроосветительные установки с газоразрядными лампами.

Активная мощность генерируется только генераторами электрических станций. Реактивная мощность генерируется наряду с активной генераторами электрических станций, а также дополнительными источниками: емкостью воз-душных и кабельных линий, синхронными двигателями, синхронными компенсаторами, батареями конденсаторов, вентильными компенсаторами.

Мероприятия по снижению потребления реактивной мощности предусматривают снижение потребления реактивной мощности самими электроприемниками и повышение естественного коэффициента мощности.

Они могут быть достигнуты:

1. Повышением загрузки технологических агрегатов и использованием их по времени, сопровождающимся повышением загрузки и коэффициентом мощности электродвигателей.

2. Снижением напряжения питания асинхронных электродвигателей, загруженных не выше, чем на 45 % путем переключения обмоток с треугольника на звезду. При этом вращающийся момент и активная мощность электродвигателя уменьшаются в 3 раза, а загрузка электродвигателя и коэффициент мощности повышаются, потребление реактивной мощности при этом снижается.

3. Отключением цеховых трансформаторов, загруженных менее 30 %, с переводом нагрузки на другие трансформаторы.

4. Установкой местных источников реактивной мощности.

Компенсация реактивной мощности и повышение коэффициента мощности cosφ имеют важное значение. Под компенсацией имеется в виду установка местных источников реактивной мощности, благодаря чему повышается пропускная способность сетей и трансформаторов, а также уменьшаются потери электроэнергии.

Компенсация реактивной мощности электрических установок промышленных предприятий осуществляется, как правило, с помощью конденсаторных батарей, включенных параллельно электроприемникам (поперечная компенсация). Мощность компенсирующих устройств определяют исходя из значений средневзвешенного коэффициента мощности. Конденсаторные установки могут быть регулируемые и нерегулируемые. Если реактивная суточная нагрузка цеха мало изменяется, используют нерегулируемые комплектные конденсаторные установки (ККУ), если указанная нагрузка значительно изменяется в течение суток, – используют регулируемые.

*Определение мощности компенсирующих устройств при установке их на низковольтном щите трансформаторной подстанции*

При установке компенсирующих устройств на низковольтном щите трансформаторной подстанции суммарная реактивная мощность на напряжение до 1000 В включает мощность, потребляемую трансформаторами на ТП.

Величина потребляемой реактивной мощности в сети равна:

(1)

где *Qc* – суммарная реактивная мощность;

Qр – реактивная мощность потребителей сети, кВАр;

Qтп – реактивная мощность, потребляемая при полной загрузке трансформатора, кВАр;

S – мощность трансформаторов, кВА.

*Пример.*

Выбрать мощность компенсирующих устройств в сети электроснабжения фермы. Реактивная мощность составляет Qр = 305 кВАр, активная Pр = 377 кВт.

Мощность ТП-2х250 кВА, коэффициент загрузки трансформаторов до компенсации 0,85. Из справочных данных (табл. 4) находим для трансформатора ТМГСУ-250, мощностью 250 кВА с первичным напряжением 10 кВ:

*Рх*.*х*.= 0.58 кВт; *Рк*.*з*.= 3,7кВт; *iх*.*х*.= 0,8 %; *uк*.*з*.= 4,56 %.

*Решение.*

Определяем реактивную мощность (Qтп), потребляемую при полной загрузке трансформатора:

Определяем суммарную величину реактивной мощности с учетом потребляемой реактивной мощности трансформаторами по (1):

*Qc* = 305 + 20,2 = 325,2 кВАр.

Определяем полную мощность:

*S* 3772 325,22 497,8 кВА.

Определяем cosφ до компенсации по формуле:

сos *S* 497,8 0,75,

*p*

*P*

377

1

находим tq 1 0,885, соответствующий cos 1.

Коэффициент мощности, требуемый для энергосистемы предприятия:

cos 2 0,96 0,98; tg 2 0,292 0,203.

Определяем мощность компенсирующего устройства:

*Q*к.у. *Рр* (tg φ1 tg φ2) 3770,8850,292223,5 кВАр.

Выбираем две типовые конденсаторные установки АСК1-2-0,38-110У3 мощностью 110 кВАр каждая.

Определяем фактический cos φ2 при включении компенсирующего устройства:

что соответствует cos2 0,96.

Полная мощность после компенсации:

Фактический коэффициент загрузки трансформатора после компенсации:

*Задания для практических занятий*

Для выбора компенсирующих устройств, устанавливаемых на низковольтном щите трансформаторной подстанции, использовать для расчета данные, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 Исходные данные для расчета и выбора компенсирующих устройств

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Мощность ТП | РР, кВт | QР, кВАр |  | Тип трансформатора |
| 1 | 2х160 | 212,9 | 114,5 | 0,75 | ТМГСУ |
| 2 | 2х250 | 377,2 | 302 | 0,96 | ТМГСУ |
| 3 | 2х160 | 168 | 134 | 0,67 | ТМГСУ |
| 4 | 2х160 | 168 | 126 | 0,65 | ТМГСУ |
| 5 | 2х160 | 189,5 | 151 | 0,73 | ТМГСУ |
| 6 | 2х250 | 326 | 244,5 | 0,81 | ТМГСУ |
| 7 | 2х160 | 145 | 139,8 | 0,62 | ТМГСУ |
| 8 | 2х160 | 210 | 185,2 | 0,9 | ТМГСУ |
| 9 | 2х250 | 250 | 187,5 | 0,63 | ТМГСУ |
| 10 | 2х100 | 135 | 83,7 | 0,79 | ТМГСУ |
| 11 | 2х160 | 175 | 131,2 | 0,68 | ТМГСУ |
| 12 | 2х250 | 340 | 299,9 | 0,9 | ТМГСУ |
| 13 | 2х100 | 140 | 105 | 0,87 | ТМГСУ |
| 14 | 2х100 | 125 | 77,5 | 0,73 | ТМГСУ |
| 15 | 2х250 | 280 | 202,7 | 0,69 | ТМГСУ |
| 16 | 2х160 | 187 | 120,8 | 0,69 | ТМГСУ |
| 17 | 2х160 | 155 | 124,3 | 0,62 | ТМГСУ |
| 18 | 2х250 | 302 | 226,5 | 0,75 | ТМГСУ |
| 19 | 2х250 | 320 | 282,2 | 0,85 | ТМГСУ |
| 20 | 2х250 | 380 | 285 | 0,95 | ТМГСУ |
| 21 | 2х100 | 162 | 96 | 0,94 | ТМГСУ |
| 22 | 2х160 | 270 | 145,8 | 0,95 | ТМГСУ |
| 23 | 2х250 | 340 | 255 | 0,85 | ТМГСУ |
| 24 | 2х400 | 410 | 275,5 | 0,61 | ТМГ11 |
| 25 | 2х400 | 480 | 360 | 0,75 | ТМГ11 |

*Компенсирующие устройства:*

Агрегаты секционные компенсирующие типа КУ-Лег 01: КУ – Лег 01-Х1-Х2Х3-Х4Х5-Х6Х7-ХХХ;

КУ – конденсаторная установка;

Лег 01 – отличительный индекс производителя (ООО «Легир»); Х1 – Р – регулируемые; Н – нерегулируемые;

Х1Х2 – номинальное напряжение кВ: 0,4; 0,44; 0,525; 0,69;

Х4Х5 – номинальная мощность установки, кВАр: 35; 50; 75; 100; 125; 175; 150; 200; 250; 300; 400;

Х6Х7 – номинальная мощность ступени, кВАр: 35; 12,5; 25; 50; ХХХ – климатическое исполнение и категория исполнения У3.

Таблица 2 – Установки конденсаторные нерегулируемые

Тип

КУ Лег 01-Н-0,4-40Уз КУ Лег 01-Н-0,4-100Уз КУ Лег 01-Н-0,4-150Уз КУ Лег 01-Н-0,4-200Уз КУ Лег 01-Н-0,4-300Уз

Номинальное напряжение, В 400 400 400 400 400

Мощность, кВАр

40 100 150 200 300

Масса, кг

40 70 80 90 150

Габариты ШхВхГ) 400х700х270 450х1000х450 450х1200х450 450х1400х450 600х1400х600

Таблица 3 – Установки конденсаторные регулируемые

Тип

КУ Лег 01-Р-0,4-35-5-Уз КУ Лег 01-Р-0,4-50-12,5Уз

Номинальное напряжение, В

400 400

Мощ-ность, кВАр

40 50

Мощ-

ность Масса, ступени, кг

кВАр

5 40 12.5 40

Габариты (ШхВхГ)

400х700х270 400х700х450

Окончание таблицы 3

Тип

КУЛег 01-Р-0,4-75-12.5-Уз КУ Лег 01-Р-0,4-100-25-Уз КУ Лег 01-Р-0,4-125-25-Уз КУЛег01-Р-0,4-150-12.5-Уз КУ Лег 01-Р-0,4-175-25-Уз КУ Лег 01-Р-0,4-200-50-Уз

Номинальное напряжение, В

400 400 400 400 400 400

Мощ-ность, кВАр

75 100 125 150 175 200

Мощ-

ность Масса, ступени, кг

кВАр

12.5 45 25 70 25 80 25 80 25 80 50 90

Габариты (ШхВхГ)

400х700х450 450х1200х450 600х1200х600 450х1200х450 450х1400х450 600х1600х600

*Агрегаты секционные компенсирующие типа АСК «Белэлектромонтаж»:* АСК Х1 – Х2 -0,38-ХХХ-У3;

АСК – агрегат секционный компенсирующий; Х1 – количество секций, шт.;

Х2 – количество ступеней регулирования; 0,38 – номинальное напряжение, кВ; ХХХ – полная мощность, кВАр;

У3 – вид климатического исполнения. Пример: АСК1-9-0,38- 425 У3.

Максимальная мощность – 425 кВАр, мощность одной ступени – 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 кВАр, количество ступеней регулирования – 12 шт., степень защи-ты оболочки IР20. Для обеспечения более плавного регулирования рекоменду-ется принимать мощность ступени, равной половине последующих. Размеры агрегата: 2000(Н) х 800(Ш) х 600 (Г) мм.

Таблица 4 – Технические характеристики трансформаторов серии ТМГСУ:

напряжение ВН-6(10)кВ; НН-0,4кВ; напряжение короткого замыкания – 4,5 %; схема и группа соединения обмоток – Y-Yо

Тип

ТМГСУ-25/10-У3 ТМГСУ-40/10-У3 ТМГСУ-63/10-У3 ТМГСУ-100/10-У3 ТМГСУ-160/10-У3 ТМГСУ-250/10-У3

Номинальная мощность, кВА 25 40 63 100 160 250

Потери, Вт х.х. к.з. 115 600 155 880

220 1280 270 1970 410 2600 580 3700

Ток х.х., %

2,8 2.6 1.8 1.2 1,0 0,8

Таблица 5 – Технические характеристики трансформаторов ТМГ11 мощностью 400…1600 кВА

0

0

0

Тип трансформатора

ТМГ11-400/10-У1(ХЛ1)

ТМГ11-400/15-У1(ХЛ1) ТМГ11-630/10-У1(ХЛ1) ТМГ11-1000/10-У1(ХЛ1) ТМГ11-1250/10-У1(ХЛ1) ТМГ11-1250/10-У1(ХЛ1)

Номин. мощ-ность, кВА

400

630

1000

1250

1600

Номинальное напряжение, кВ

ВН НН

6; 10 0,4

8,15 0,38

15 0,4

6; 10 0,4

6; 10 0,4

6; 10 0,4

6; 10 0,4

Схема и группа со-единения обмоток У/Ун-0 Д/Ун-11 Ун/д-11 У/Ун-0 Д/Ун-11 У/Ун-0 Д/Ун-11 У/Ун-0 Д/Ун-11

Д/Ун-11

Д/Ун-11

Потери, Вт

х.х. к.з.

5400 5600

830

830 5400

830 5800

1060 7450

1400 1080

1650 1350

2150 1650

Ток х.х., %

0,8

0,8

0,8

0,6

0,5

0,5

0,4

Напря-жение к. з., %

4,5

4,5

4,5

5,5

5,5

6,0