МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО

ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра электрооборудования

КУРСОВАЯ РАБОТА

по курсу: «Оптимизация и энергосбережение в системах электроснабжения»

на тему: «Компенсация реактивной мощности в сетях общего назначения»

Выполнил студент

гр. ЭО – 95 Васин А.В.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 1999

Принял доцент, к. т. н.

 Красичков А. А

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 1999

Липецк 1999

ЗАДАНИЕ

От шин 10 кВ главной понизительной подстанции 110/10 кВ предприятия питаются три распределительных пункта и две цеховых трансформаторных подстанции. К распределительным пунктам подключены цеховые трансформаторные подстанции и нагрузка 10 кВ. Расчетные нагрузки представлены в табл. 1. Данные синхронных двигателей представлены в табл. 2. Все расчеты и выбор элементов привести с учетом обоснования их и привести записи.

1. Изобразить схему электроснабжения предприятия. Распределительные пункты и трансформаторные подстанции питаются по радиальной схеме. Приемники, подключенные к цеховым трансформаторным подстанциям, питаются от магистрали.

2. Найти расчетные нагрузки всех распределительных пунктов и трансформаторных подстанций на стороне 10 кВ, предварительно выбрать трансформаторы главной понизительной подстанции с учетом резервирования электропотребителей первой категории.

3. Найти число и мощность трансформаторов на трансформаторных подстанциях с первой по девятую. Ориентироваться на трансформаторы мощностью от 630-2500 кВ\*А.

4. Найти мощность батарей конденсаторов на стороне 0,4 кВ всех трансформаторных подстанций. Выбрать батареи конденсаторов по справочнику, указать тип, технические данные, привести схемы подключения батареи конденсаторов, рассчитать токи, выбрать аппараты коммутации, защиты.

5. Определить не скомпенсированную реактивную нагрузку на шинах 10 кВ всех распределительных пунктов и главной понизительной подстанции. Вначале определить располагаемую мощность синхронных двигателей, выбрать батареи конденсаторов на 10 кВ, указать их тип, технические характеристики, схемы включения, подобрать аппараты управления, защиты.

6. Изобразить схемы шинопровода с указанием расчетных реактивных нагрузок в узлах для всех трансформаторных подстанций. Найти место подсоединения батарей конденсаторов ниже 1 кВ.

При суммарной реактивной нагрузке трансформаторных подстанций менее 1 МВАр рекомендуется выбирать 1 шинопровод. Если более 1 МВАр - то 2 или 3; число узлов на каждом шинопроводе: 5...7. Реактивная нагрузка вдоль шинопровода распределена неравномерно. Реактивная мощность, поступающая от энергосистемы, в часы максимума нагрузки - *Qэ1*=0,3\**Qmax. расч*..

Таблица 1

# Расчетные нагрузки

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *Рmax*, МВт | *cosϕ* |
| 1 РП: |  |  |
| ТП 1 | 4,5 | 0,75 |
| ТП 2 | 7,2 | 0,81 |
| ТП 3 | 3 | 0,86 |
| 2 РП: |  |  |
| ТП 4 | 12 | 0,8 |
| ТП 5 | 5,8 | 0,7 |
| ТП 6 | 6,7 | 0,8 |
| 3 РП: |  |  |
| ТП 7 | 4,1 | 0,75 |
| СД | - | - |
| ТП 8 | 10,1 | 0,9 |
| ТП 9 | 8,4 | 0,9 |

Таблица 2

Данные синхронных двигателей

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Рсд2*, МВт | 1,5 | 3,5 |
|  *Qсд ном*, МВАр | 0,76 | 1,76 |
|  *n,* об/мин | 3000 | 3000 |
|   *βсд* | 0,85 | 0,8 |
|  *cosϕ* |  |  |
|  Кол-во СД | 2 | 3 |

ОГЛАВЛЕНИЕ.

ВВЕДЕНИЕ 5

1. ПОСТРОЕНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 6

2. ВЫБОР ЧИСЛА И ТИПА ТРАНСФОРМАТОРОВ ГЛАВНОЙ

 ПОНИЗИТЕЛЬНОЙ ПОДСТАНЦИИ 7

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ БАТАРЕЙ

 КОНДЕНСАТОРОВ 8

4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ БАТАРЕЙ КОНДЕНСАТОРОВ

 В СЕТИ ДО 1 кВ 14

5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ БАТАРЕЙ КОНДЕНСАТОРОВ

 В СЕТИ ВЫШЕ 1 кВ 21

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 25

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ

 ИСТОЧНИКОВ 26

ВВЕДЕНИЕ

В системе электроснабжения потери в сетях составляют 8-12 % от объема производства. Для уменьшения этих потерь необходимо: правильно определять электрические нагрузки; рационально передавать и распределять электрическую энергию; обеспечивать необходимую степень надежности; обеспечивать необходимое качество электроэнергии; обеспечивать электромагнитную совместимость приемника с сетью; экономить электроэнергию. Мероприятия, могущие обеспечить вышеперечисленные задачи это - создание быстродействующих средств компенсации реактивной мощности, улучшающей качество; сокращение потерь достигается компенсацией реактивной мощности, увеличением загрузки трансформаторов, уменьшением потерь в них, приближением трансформаторов к нагрузкам, использование экономичного оборудования и оптимизация его режимов работы, а также использование автоматических систем управления электроснабжением. Режим работы энергосистемы характеризуется тремя параметрами: напряжением, током и активной мощностью. Вспомогательный параметр - реактивная мощность. Реактивная мощность и энергия ухудшают показатели работы энергосистемы, то есть загрузка реактивными токами генераторов электростанций увеличивает расход топлива; увеличиваются потери в подводящих сетях и приемниках; увеличивается падение напряжения в сетях. Реактивную мощность потребляют такие элементы питающей сети как трансформаторы электростанций; главные понизительные электростанции, линии электропередач - на это приходится 42 % реактивной мощности генератора, из них 22 % на повышающие трансформаторы; 6,5 % на линии электропередач районной системы; 12,5 % на понижающие трансформаторы. Основные же потребители реактивной мощности - асинхронные электродвигатели, которые потребляют 40 % всей мощности совместно с бытовыми и собственными нуждами; электрические печи 8 %; преобразователи 10 %; трансформаторы всех ступеней трансформации 35 %; линии электропередач 7 %. Говоря иначе, существуют приемники электроэнергии, нуждающиеся в реактивной мощности. Одной реактивной мощности, выдаваемой генератором явно недостаточно. Увеличивать реактивную мощность, выдаваемую генератором нецелесообразно из-за вышеперечисленных причин, т.е. нужно выдавать реактивную мощность именно там, где она больше всего нужна. Задача данной курсовой работы - определить наиболее рациональное место присоединения батарей конденсаторов (определив их мощность и тип) для оптимизации работы системы электроснабжения.

1. ПОСТРОЕНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

**ТП1**

**ТП2**

**ТП3**

**ТП4**

**ТП5**

**ТП6**

10 кВ

10 кВ

0,4 кВ

0,4 кВ

0,4 кВ

0,4 кВ

0,4 кВ

0,4 кВ

4.5/0.75

7.2/0.81

3/0.86

12/0,8

5,8/0,7

6,7/0,8

М

М

М

М

М

**ГПП**

**РП2**

**РП3**

**ТП8**

**ТП9**

110 кВ

10 кВ

**ТП7**

10 кВ

0,4 кВ

4,1/0,75

10,1/0,9

8,4/0,9

СД

0,4 кВ

**РП1**

Рис.1. Структурная схема электроснажения

2. ВЫБОР ЧИСЛА И ТИПА ТРАНСФОРМАТОРОВ ГЛАВНОЙ ПОНИЗИТЕЛЬНОЙ ПОДСТАНЦИИ

При выборе числа и мощности трансформаторов, которые следует установить на главной понизительной подстанции следует учитывать электроприемники первой категории, подключенные к шинам 10 кВ. Расчет начинаю с определения максимальной нагрузки групп трансформаторов за наиболее загруженную смену. Результаты расчета приведены в табл.3.

## Таблица 3

### Максимальные нагрузки групп трансформаторов за наиболее

загруженную смену

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| РП | ТП | *Р*, МВт | *сosϕ*  | *Q=P\*tg(ϕ)*, МВАр |
|  | ТП1 | 4,5 | 0,75 | 3,97 |
| РП1 | ТП2 | 7,2 | 0,81 | 5,21 |
|  | ТП3 | 3 | 0,86 | 1,78 |
|  | ТП4 | 12 | 0,8 | 9,00 |
| РП2 | ТП5 | 5,8 | 0,7 | 5,92 |
|  | ТП6 | 6,7 | 0,8 | 5,03 |
| РП3 | ТП7 | 4,1 | 0,75 | 3,62 |
|  | ТП8 | 10,1 | 0,9 | 4,89 |
|  | ТП9 | 8,4 | 0,9 | 4,07 |

Максимальная активная нагрузка синхронных двигателей за наиболее загруженную смену:

 *Рсд=βсд\*Рсд.ном,*

где *βсд* - коэффициент загрузки синхронных двигателей.

 *Рсд*=2⋅0,85⋅1,5+3⋅0,8⋅3,5=10,95, МВт.

Общая максимальная активная нагрузка группы трансформаторов:

 *Рт.мах=кнд\*∑Рi,*

где *кнд* - коэффициент неодновременности нагрузки, равен 0,9.

 *Рт.мах*=0,9⋅(4,6+7,2+3+12+5,8+6,7+4,1+10,1+8,4)=55,62, МВт.

 *Р∑=Рт.мах+Рсд*=55,62+10,95=66,57, МВт.

 *Q∑=кнд⋅∑Q*=0,9⋅(3,97+5,21+1,78+9+5,92+5,03+3,62+4,89+4,07)=

=39,14, МВАр.

 *S∑=* МВ⋅А.

По данному значению следует произвести выбор трансформаторов главной понизительной подстанции.

Максимальная полная расчетная мощность приемников, запитанных от выбираемых трансформаторов равна 77,22 МВ⋅А. Из условий надежности электроснабжения выбираем схему с двумя трансформаторами. Среднегодовая температуру принимаем 50С. Так как подстанция снабжает электроэнергией потребителей первой категории и учитывая необходимость 100%-ного резервирования, находим номинальную мощность одного из двух трансформаторов[5]

 МВ\*А

Исходя из этого по [3] выбираю 2 трансформатора марки ТРДН 63000/110/10, технические данные которого представлены в табл. 4.. При аварии одного из трансформатора оставшийся в работе сможет обеспечить заданную мощность, работая с перегрузкой.

Таблица 4

Технические характеристики трансформатора типа ТРДН

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощность КВ⋅А | Напряжение, кВ | ПотериРХ , кВт | ПотериРК , кВт | Ток ХХ,% | Напряжение КЗ, % |
| ВН | НН |
| 630000 | 115 | 10,5 | 50 | 345 | 0,5 | 10,5 |

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ БАТАРЕЙ КОНДЕНСАТОРОВ

Оптимизация баланса реактивной мощности в системе, выбор мощности и места присоединения компенсационных установок (КУ) проводится путем сравнения затрат на различные варианты. Исходя из расчетной нагрузки предприятия, имеющихся источников реактивной мощности и задания энергосистемы на переток реактивной мощности на предприятии определяют мощность КУ при минимальных затратах.

Суммарная расчетная реактивная мощность определяется по минимуму приведенных затрат в два этапа. Это выбор экономически оптимального числа трансформаторов в цеховых подстанциях и определение дополнительной мощности батарей конденсаторов для оптимального уменьшения потерь в сети 6-10 кВ и в трансформаторах.

Суммарная мощность батарей конденсаторов на низкой стороне:

 *Qнк=Qнк1+Qнк2*  (1)

где *Qнк1* - мощность, определяемая на 1 этапе;

 *Qнк2* - дополнительная часть мощности, определяемая на 2 этапе.

Суммарная мощность батарей конденсаторов распределяется между трансформаторами пропорционально их реактивным нагрузкам. Сначала определяют минимальное число трансформаторов подстанции. Для каждой группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности минимальное их число определяется наибольшей расчетной активной нагрузкой:

 *Nт.min=Рст/(βт\*Sт)+ΔN,* (2)

где *Рст* - средняя суммарная активная нагрузка за наиболее загруженную смену;

 *βт* - коэффициент загрузки трансформаторов;

 *Sт* - мощность одного трансформатора;

 *ΔN* - добавка до ближайшего целого числа.

Экономически оптимальное число трансформаторов [1]:

 *Nт.э.= Nт.min + m,*  (3)

где *m* ***–*** добавочное число трансформаторов;

 *Nт.э* определяется удельными затратами на передачу реактивной мощности с учетом постоянной составляющей капитальных затрат:

 *З\*=βт\*З\*пс,*  (4)

где *З\*пс* -усредненные приведенные затраты на конденсаторы на подстанции. При отсутствии достоверных стоимостных показателей для практических расчетов принимают *З\*пс*=0,5. Тогда *m* определяется в зависимости *m*(*Nт.min;ΔN*) из графиков [1] для заданного коэффициента использования трансформаторов.

По выбранному числу трансформаторов *Nт.э* определяется реактивная мощность, которую целесообразно передать через трансформатор в сеть до 1 кВ:

 *Qт=.* (5)

Полученное значение используется при расчете мощности батарей конденсаторов ниже 1 кВ для данной группы трансформаторов:

 *Qнк1= Qт.max - Qт* . (6)

где *Qт.max, Рт.max* - максимальные нагрузки данной группы трансформаторов за наиболее загруженную смену.

Если *Qнк1* ≤ 0, то по 1-му этапу расчета установка батарей конденсаторов не требуется и следует принять *Qнк1*=0.

Дополнительная мощность батарей конденсаторов Qнк2 для данной группы трансформаторов равна:

 *Qнк2= Qт.max- Qнк1-γ\*Nт.э.\*Sт,* (7)

где *γ* - коэффициент, зависящий от некоторых показателей *к1* и *к2* и схемы питания цеховой подстанции (магистральная или радиальная). Коэффициенты *к1* и *к2* зависят от расчетной стоимости потерь электроэнергии, от района страны, от сменности работы предприятия и от других факторов, причем, *к1* - коэффициент удельных потерь, *к2* - коэффициент, зависящий от конструкции линии. Из [1] значение коэффициента *к1*:

 *к1=103\*(Знк-Звк)/Сo,* (8)

где *Знк* и *Звк* - усредненные приведенные затраты на конденсаторы низкой и высокой стороны, *Со* - удельная стоимость батарей конденсаторов. При отсутствии достоверных стоимостных показателей для практических расчетов к1 рекомендуется принимать по таблице [1], для объединенной энергосистемы центра при двухсменной работе к1=12. При мощности трансформатора 1000 кВ⋅А и принятой длине линий до 0,5 км находим к2=2 по графику [1]. Тогда из графиков [1] определяю *γ*=0,6.

Зная максимальные нагрузки групп трансформаторов за наиболее загруженную смену табл.3., для каждой группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности минимальное их число определяю наибольшей расчетной активной нагрузкой:

 *Nт.min=Рст/(βт\*Sт)+ΔN.*

При выборе числа и мощности трансформаторов для питания сети ниже 1 кВ цехов следует учитывать, что при повышении мощности трансформаторов 10/0,4 кв выше 1000 кВ⋅А резко возрастает их стоимость. Для цеховых трансформаторных подстанций ТП1-ТП9 выбираю трансформаторы мощностью 1000 кВ\*А каждый марки ТМ (номинальные данные которого в табл. 4).

## Таблица 4

#### Технические характеристики трехфазного двух обмоточного

#### трансформатора типа ТМ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Напряжение, кВ | Мощность кВ\*А | ПотериРХ ,кВт | ПотериРК ,кВт | Ток ХХ,% | Напряжение КЗ, % |
| 10 | 1000 | 3,3 | 11,6 | 1,4 | 5,5 |

Коэффициент загрузки трансформаторов примем равным 0.7 с учетом резервирования и возможной работы с перегрузкой. В первом этапе расчета рассчитываю минимальное число трансформаторов (2), экономически оптимальное число трансформаторов (3), определяю реактивную мощность, которую целесообразно передавать через трансформатор в сеть до 1 кВ (5), определяю мощность батарей конденсаторов ниже 1 кВ для данной группы трансформаторов (6) и определяю дополнительную мощность батарей конденсаторов для данной группы трансформаторов (7). Результаты расчета для подстанций ТП1 - ТП9 представлены ниже.

Для подстанции ТП1:

 *Nт.min*= 4,5/(0,7⋅1)=7

Из графика [1] при *Nт.min = 7, ΔN = 0,57 и βт = 0,7* находим *m = 0* ;

 *Nт.э.*= 7+0=7;

 *Qт*==1,94, МВАр;

 *Qнк1*=3,97-1,94=2,03 ,МВАр;

 *Qнк2* =3,97-2,03-0,6⋅7⋅1=0.

Для подстанции ТП2:

 *Nт.min*= 7,2/(0,7⋅1)=11

Из графика [1] при *Nт.min = 11, ΔN = 0,71 и βт = 0,7* находим *m = 0* ;

 *Nт.э.*= 11+0=11;

 *Qт*==2,73 ,МВАр;

 *Qнк1*=5,21-2,73=2,48 ,МВАр;

 *Qнк2* =5,21-2,48-0,6⋅11⋅1=0.

Для подстанции ТП3:

 *Nт.min*= 3/(0,7⋅1)=5

Из графика [1] при *Nт.min = 5, ΔN = 0,71 и βт = 0,7* находим *m = 0* ;

 *Nт.э.*= 5+0=5;

 *Qт*==1,80 ,МВАр;

 *Qнк1*=1,78-1,8=0 ,МВАр;

 *Qнк2* =1,78-0-0,6⋅5⋅1=0.

Для подстанции ТП4:

 *Nт.min*= 12/(0,7⋅1)=18

Из графика [1] при *Nт.min = 18, ΔN = 0,86 и βт = 0,7* находим *m = 0* ;

 *Nт.э.*= 18+0=18;

 *Qт*==3,84 ,МВАр;

 *Qнк1*=9-3,84=5,16 ,МВАр;

 *Qнк2* =9-5,16-0,6⋅18⋅1=0.

Для подстанции ТП5:

 *Nт.min*= 5,8/(0,7⋅1)=9

Из графика [1] при *Nт.min = 9, ΔN = 0,71 и βт = 0,7* находим *m = 0* ;

 *Nт.э.*= 9+0=9;

 *Qт*==2,46 ,МВАр;

 *Qнк1*=5,92-2,46=3,46 ,МВАр;

 *Qнк2* =5,92-3,46-0,6⋅9⋅1=0.

Для подстанции ТП6:

 *Nт.min*= 6,7/(0,7⋅1)=10

Из графика [1] при *Nт.min = 10, ΔN = 0,43 и βт = 0,7* находим *m = 0* ;

 *Nт.э.*= 10+0=10;

 *Qт*==2,03 ,МВАр;

 *Qнк1*=5,03-2,03=3 ,МВАр;

 *Qнк2* =5,3-3-0,6⋅10⋅1=0.

Для подстанции ТП7:

 *Nт.min*= 4,1/(0,7⋅1)=6

Из графика [1] при *Nт.min = 6, ΔN = 0,14 и βт = 0,7* находим *m = 0* ;

 *Nт.э.*= 6+0=6;

 *Qт*==0,91 ,МВАр;

 *Qнк1*=3,62-0,91=2,71 ,МВАр;

 *Qнк2* =3,62-2,71-0,6⋅6⋅1=0.

Для подстанции ТП8:

 *Nт.min*= 10,1/(0,7⋅1)=15

Из графика [1] при *Nт.min = 15, ΔN = 0,57 и βт = 0,7* находим *m = 1* ;

 *Nт.э.*= 15+1=16;

 *Qт*==4,84 ,МВАр;

 *Qнк1*=4,89-4,84=0,05 ,МВАр;

 *Qнк2* =4,89-0,05-0,6⋅16⋅1=0.

Для подстанции ТП9:

 *Nт.min*= 8,4/(0,7⋅1)=12

Из графика [1] при *Nт.min = 12, ΔN = 0 и βт = 0,7* находим *m = 1* ;

 *Nт.э.*= 12+1=13;

 *Qт*==3,5 ,МВАр;

 *Qнк1*=4,07-3,5=0,57 ,МВАр;

 *Qнк2* =4,07-0,57-0,6⋅13⋅1=0.

4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ БАТАРЕЙ КОНДЕНСАТОРОВ

#### В СЕТИ ДО 1 кВ

Для каждой цеховой трансформаторной подстанции рассматривается возможность распределения найденной мощности конденсаторов в ее сети. Найденное значение *Qнк* округляют до ближайшего стандартного. Если распределительная сеть выполнена кабельной линией, то компенсирующее устройство надо подключать к шинам цеховой подстанции. При питании от одной подстанции или трансформатора более двух магистральных шинопроводов, к каждому из них присоединяют по 1 батареи конденсаторов, причем общая расчетная мощность батарей распределяется пропорционально реактивным нагрузкам шинопровода. В магистральных шинопроводах компенсирующие устройства единичной реактивной мощности до 400 кВАр подключаются к сети без дополнительных отключающих аппаратов. Большие мощности - через собственный отключающий аппарат. На одном шинопроводе следует устанавливать не более двух батарей суммарной мощностью *Qнк*. В данном расчете суммарная реактивная нагрузка трансформаторных подстанций более 1 МВАр, поэтому принимаем схему ТП с двух магистральным шинопроводом, к каждому из которых присоединю по батарее конденсаторов рис.2. Выбираем по [2] батареи конденсаторов типа УКБН-038-100-50-УЗ.

Qh

Qh+1

1

h

Qнк1111111

Qf

Qf+1

ТП

f

Qнк2111111

Рис.2. Схема присоединения низковольтных БК к магистральным шинопроводам.

Точку подключения батареи (рис. 2) находим из условия:

 *(Qh-Qнк2) ≥ (Qнк1/2) ≥ (Qh+1-Qнк2).* (9)

Для трансформаторной подстанции ТП1 Qнк1=2,03 МВАр (т.е. ставим 20 конденсаторных батарей по 100 кВАр, *Qобщ*=2000, кВАр) и Qнк2=0, а Q1=3,97, МВАр. Распределяю на первый шинопровод 3/4 реактивной нагрузки, а на второй 1/4 от общей реактивной нагрузки подстанции ТП1. На каждом шинопроводе делаю по 5 узлов. Нагрузка каждого узла (в кВАр) показана на рис. 3.

1650

850

150

450

5

4

3

2

1

2650

Qнк1

3970

1000

150

300

400

800

820

120

220

520

5

4

3

1

2

1320

Qнк2

120

100

300

300

500

Рис. 3. Распределение мощности батарей конденсаторов подстанции ТП1.

Суммарная мощность БК до 1 кВ распределяется пропорционально их реактивным нагрузкам. Соответственно *Qнк1*=(3/4)\*Qобщ=1500, кВАр, *Qнк2*=(1/4)\*Qобщ=500, кВАр. Далее по (9) нахожу место присоединения батарей конденсаторов:

850 ≥ (1500/2) ≥ 450 к узлу 3;

520 ≥ (500/2) ≥ 220 к узлу 3.

Таким образом, осталось нескомпенсированной 30 кВАр реактивной нагрузки подстанции ТП1.

Для трансформаторной подстанции ТП2 Qнк1=2,48 МВАр (т.е. ставим 25 конденсаторных батарей по 100 кВАр, *Qобщ*=2500, кВАр) и Qнк2=0, а Q2=5,21, МВАр. Распределяю на первый шинопровод 4/5 реактивной нагрузки, а на второй 1/5 от общей реактивной нагрузки подстанции ТП2. На каждом шинопроводе делаю по 5 узлов. Нагрузка каждого узла (в кВАр) показана на рис. 4.

3168

1168

268

568

5

4

3

2

1

4168

Qнк1

5210

1000

268

300

600

2000

542

130

280

342

5

4

3

1

2

1042

Qнк2

130

150

62

200

500

Рис. 4. Распределение мощности батарей конденсаторов подстанции ТП2.

Суммарная мощность БК до 1 кВ распределяется пропорционально их реактивным нагрузкам. Соответственно *Qнк1*=(4/5)\*Qобщ=2000, кВАр, *Qнк2*=(1/5)\*Qобщ=500, кВАр. Далее по (9) нахожу место присоединения батарей конденсаторов:

1168 ≥ (2000/2) ≥ 568 к узлу 3;

280 ≥ (500/2) ≥ 130 к узлу 4.

Таким образом, скомпенсирована вся реактивная мощность на ТП2.

Для трансформаторной подстанции ТП4 *Qнк1*=5,16 МВАр, округляю до 5,2 МВАр (т.е. ставим 52 конденсаторную батарею по 100 кВАр, *Qобщ*=5200, кВАр) и *Qнк2*=0, а Q4=9,00, МВАр. Распределяю на первый шинопровод 1/2 реактивной нагрузки, и на второй 1/2 от общей реактивной нагрузки подстанции ТП3. На каждом шинопроводе делаю по 5 узлов. Нагрузка каждого узла (в кВАр) показана на рис. 5.

3500

1500

800

900

5

4

3

2

1

4500

Qнк1

9000

1000

800

100

600

2000

4000

500

1500

3000

5

4

3

1

2

4500

Qнк2

500

1000

2500

1000

500

Рис. 5. Распределение мощности батарей конденсаторов на подстанции ТП4.

Суммарная мощность БК до 1 кВ распределяется пропорционально их реактивным нагрузкам. Соответственно *Qнк1*=(1/2)⋅Qобщ=2600, кВАр, *Qнк2*=(1/2)⋅*Qобщ*=2600, кВАр. Далее по (9) нахожу место присоединения батарей конденсаторов:

1500 ≥ (2600/2) ≥ 900 к узлу 3;

1500 ≥ (2600/2) ≥ 500 к узлу 4.

Таким образом, скомпенсирована вся реактивная мощность на ТП4.

Для трансформаторной подстанции ТП5 *Qнк1*=3,46 МВАр, округляю до 3500 кВАр (т.е. ставим 35 конденсаторных батарей по 100 кВАр, *Qобщ*=3500,кВАр) и *Qнк2*=0, а *Q5*=5,92, МВАр. Распределяю на первый шинопровод 1/5 реактивной нагрузки, а на второй 4/5 от общей реактивной нагрузки подстанции ТП5. На каждом шинопроводе делаю по 5 узлов. Нагрузка каждого узла (в кВАр) показана на рис. 6.

Суммарная мощность БК до 1 кВ распределяется пропорционально их реактивным нагрузкам. Соответственно *Qнк1*=(4/5)⋅Qобщ=2800, кВАр, *Qнк2*=(1/5)⋅*Qобщ*=700, кВАр. Далее по (9) и (10) нахожу место присоединения батарей конденсаторов:

1736 ≥ (2800/2) ≥ 836 к узлу 3;

984 ≥ (700/2) ≥ 684 к узлу 2.

2736

1736

336

836

5

4

3

2

1

4736

Qнк1

5920

2000

336

500

900

1000

984

284

484

684

5

4

3

1

2

1184

Qнк2

284

200

200

300

200

Рис. 6. Распределение мощности батарей конденсаторов на ТП5.

Таким образом, скомпенсирована вся реактивная мощность на ТП5.

Для трансформаторной подстанции ТП6 *Qнк1*=3 МВАр, (т.е. ставим 30 конденсаторную батарею по 100 кВАр, *Qобщ*=3000, кВАр) и *Qнк2*=0, а Q6=5,03, МВАр. Распределяю на первый шинопровод 1/2 реактивной нагрузки, и на второй 1/2 от общей реактивной нагрузки подстанции ТП6. На каждом шинопроводе делаю по 5 узлов. Нагрузка каждого узла (в кВАр) показана на рис. 7.

2015

1500

800

900

5

4

3

2

1

2515

Qнк1

5030

500

800

100

600

515

2015

315

515

1015

5

4

3

1

2

2515

Qнк2

315

200

500

1000

500

Рис. 7. Распределение мощности батарей конденсаторов на подстанции ТП6.

Суммарная мощность БК до 1 кВ распределяется пропорционально их реактивным нагрузкам. Соответственно *Qнк1*=(1/2)⋅Qобщ=1500, кВАр, *Qнк2*=(1/2)⋅*Qобщ*=1500, кВАр. Далее по (9) нахожу место присоединения батарей конденсаторов:

800 ≥ (1500/2) ≥0 к узлу 5;

1015 ≥ (1500/2) ≥ 515 к узлу 3.

Таким образом, скомпенсирована вся реактивная мощность на ТП6.

Для трансформаторной подстанции ТП7 *Qнк1*=2,71 МВАр, округляю до 2,7 МВАр (т.е. ставим 27 конденсаторную батарею по 100 кВАр, *Qобщ*=2700, кВАр) и *Qнк2*=0, а Q7=3,62, МВАр. Распределяю на первый шинопровод 1/3 реактивной нагрузки, и на второй 2/3 от общей реактивной нагрузки подстанции ТП7. На каждом шинопроводе делаю по 5 узлов. Нагрузка каждого узла (в кВАр) показана на рис. 8.

2000

1500

400

500

5

4

3

2

1

2413

3620

Qнк1

413

400

100

1000

500

707

107

207

507

5

4

3

1

2

1207

Qнк2

107

100

300

200

500

Рис. 8. Распределение мощности батарей конденсаторов на подстанции ТП7.

Суммарная мощность БК до 1 кВ распределяется пропорционально их реактивным нагрузкам. Соответственно *Qнк1*=(2/3)⋅Qобщ=1800, кВАр, *Qнк2*=(1/3)⋅*Qобщ*=900, кВАр. Далее по (9) нахожу место присоединения батарей конденсаторов:

1500 ≥ (1800/2) ≥ 500 к узлу 3;

507 ≥ (900/2) ≥ 207 к узлу 3.

Таким образом, осталось нескомпенсированной 10 кВАр реактивной нагрузки подстанции ТП7.

Для трансформаторной подстанции ТП9 *Qнк1*=0,57 МВАр, округляю до 0,6 МВАр (т.е. ставим 6 конденсаторных батарею по 100 кВАр, *Qобщ*=600, кВАр) и *Qнк2*=0, а Q4=4,07, МВАр. Распределяю на первый шинопровод 1/2 реактивной нагрузки, и на второй 1/2 от общей реактивной нагрузки подстанции ТП9. На каждом шинопроводе делаю по 5 узлов. Нагрузка каждого узла (в кВАр) показана на рис. 5.

1035

1300

500

1000

5

4

3

2

1

2035

4070

Qнк1

1000

500

500

300

200

1535

135

335

535

5

4

3

1

2

2035

Qнк2

135

200

200

1000

500

Рис. 9. Распределение мощности батарей конденсаторов на подстанции ТП9.

Суммарная мощность БК до 1 кВ распределяется пропорционально их реактивным нагрузкам. Соответственно *Qнк1*=(1/2)⋅Qобщ=300, кВАр, *Qнк2*=(1/2)⋅*Qобщ*=300, кВАр. Далее по (9) нахожу место присоединения батарей конденсаторов:

500 ≥ (300/2) ≥ 0 к узлу 5;

335 ≥ (300/2) ≥ 135 к узлу 4.

Таким образом, скомпенсирована вся реактивная мощность на ТП4.

Схема присоединения конденсаторных батарей на напряжение 0,4 кВ. В силовых сетях напряжением 0,4 кВ применяют главным образом трехфазные конденсаторные установки с параллельным соединением по схеме треугольника. В качестве защитной и коммутационной аппаратуры на напряжение 0,4 кВ нужен быстродействующий малогабаритный автоматический выключатель или контактор для коммутации чисто емкостной нагрузки на номинальный ток 300-200 А, допускающий 20-30 операций в сутки при автоматическом регулировании. Ударный ток короткого замыкания, допускаемый в защищаемой этими выключателями сети, должен быть не менее 50 кА. При отсутствии такового выключателя применяю контактор типа КТ 6043-600 с предохранителями типа ПНБ2-60 с закрытыми патронами, быстродействующие [4]. В схемах конденсаторных батарей предусматривают специальные активные или индуктивные сопротивления, которые подключают параллельно конденсаторам. Эти сопротивления необходимы для разряда конденсаторов после их отключения, так как естественный саморазряд происходит медленно. Разряд конденсаторных батарей должен осуществляться автоматически после каждого отключения батареи от сети. Разрядное сопротивление:

 *rраз=15\*(U2ф/Q)\*106,*

где *Uф* - фазное напряжение;

 *Q*- мощность батареи.

Так как все мои батареи конденсаторов мощностью по 100 кВАр, то разрядное сопротивление:

 *rраз*=15\*(0,42/100)\*106=24 кОм.

Присоединение конденсаторов к шинам на напряжение 0,4 кВ изображено на рис. 10.

Максимальный ток, который способен отключить контактор, 600/1,5=400, А. Максимальный ток будет на подстанции ТП4:

Imax4 =52⋅100/⋅0,4=7505,6 А. Ставлю выключатель на две батареи конденсаторов: 2⋅100/⋅0,4=288,7 А (т.е. произвожу секционирование рис.11).

При коммутации батарей конденсаторов возникают перенапряжения и броски тока, особенно при включении на параллельную работу, отсюда для переключения батарей конденсаторов обычные коммутационные аппараты должны выбираться с запасом по номинальному току на 50 %. Если защита осуществляется предохранителем, то ток плавкой вставки:

СР

СР

П

П

П

КТ

Рис. 10. Присоединение батареи конденсаторов на напряжение 0,4 кВ.

ТП 8

1 шинопровод

2 шинопровод

КТ

БК

БК

КТ

БК

БК

БК

БК

КТ

КТ

 Рис. 11. Схема секционирования для подстанции ТП 8.

 *iв ≤ 1.6\*n\*,*

где *Qк* - мощность одного конденсатора, входящего в батарею;

 *n* - число конденсаторов во всех фазах.

 , А

Для выбранной по [2] батареи конденсаторов УКБН-038-100-50-УЗ существует 4 ступени регулирования с регулятором АРКОН, стремящимся поддерживать определенное напряжение в точке присоединения. Габаритные размеры батареи конденсаторов: 800\*400\*1685, мм.

5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ БАТАРЕЙ КОНДЕНСАТОРОВ

 В СЕТИ ВЫШЕ 1 кВ

Для каждой цеховой подстанции определяется не скомпенсированная реактивная нагрузка на стороне 6-10 кВ для каждого трансформатора:

 *Qнгт=Qмах.т -Qнкф+ΔQт,*

где *Qнгт* - реактивная нагрузка трансформатора;

 *Qмах.т* - максимальная расчетная нагрузка трансформатора;

 *Qнкф* - фактическая реактивная мощность конденсаторов на стороне до 1 кВ;

 *ΔQт* - потери реактивной мощности в трансформаторе, зависящие от его коэффициента загрузки.

Для каждого распределительного пункта или подстанции определяется не скомпенсированная реактивная нагрузка на высокой стороне как сумма питающихся от него цеховых подстанций и других потребителей. Суммарная мощность батарей конденсаторов 6-10 кВ определяется из баланса мощности для всего предприятия:

 *Qвк=∑Qрпi-Qсд.р-Qэ1,*

где *Qрпi* - расчетная реактивная нагрузка на шинах 10 кВ *i*-того РП;

 *Qсд.р* - располагаемая реактивная мощность синхронных двигателей.

Если *Qвк* ≤ 0, то конденсаторы на высокой стороне не устанавливают, а полученный *Qвк* сообщают в энергосистему для согласования нового значения входной мощности *Qэ1*. *Qвк* распределяется между отдельными секциями подстанции пропорционально их не скомпенсированной реактивной мощности на шинах 6-10 кВ. Затем *Qвк* отдельной секции округляются до ближайшего стандартного значения величины ККУ. Расчетная реактивная нагрузка складывается из расчетной реактивной мощности приемников 6-10 кВ (коэффициент

торая в данном случае равна нулю, т.к. нет приемников на стороне 10 кВ); из не компенсируемой реактивной мощности сетей до 1 кВ и потерь реактивной мощности в сетях 6-10 кВ. При заданных параметрах экономически выгодно использовать всю располагаемую реактивную мощность установленных синхронных двигателей, определяемую по формуле

 *Qсд.р =αм,*

где *αм*- дополнительный коэффициент перегрузки, зависящий от *β* и *cosϕ.*

В моем случае *αм*=0,58 для двигателей с номинальной мощностью 1,5 МВт, и *αм*=0,58 для двигателей с номинальной мощностью 4,0 МВт. [1]

 *Qсд.р*=2⋅0,58⋅+3⋅0,53⋅=8,76 , МВАр.

Находим наибольшие суммарные расчетные активные и реактивные электрические нагрузки предприятия Qmax.1 и Рmax.1 с учетом коэффициента разновременности максимумов нагрузок (для металлургии К=0,9) как

Qmax.1 =Qmax.расч ⋅К= 43,49⋅0,9=39,14 МВАр

Рmax.1 =Рmax.расч ⋅К= 61,8⋅0,9=49,52 МВАр

Полученные значения сообщаются в энергосистему для определения значения экономически оптимальной реактивной (входной) мощности *Qэ1*, которая может быть передана предприятию. Примем

*Qэ1*=0,4\*Qmax.расч=0,3⋅39,14=11,742 МВАр.

Для ТП1:

*Qтп1=Qмах.расч-Qку.уст+ΔQт*;

*Qтп1*=3,97-2+7⋅0,041=2,257, МВАр.

Для ТП2:

*Qтп2=Qмах.расч-Qку.уст+ΔQт;*

*Qтп2*=5,21-2,5+11⋅0,041=3,161, МВАр.

Для ТП3:

*Qтп3=Qмах.расч-Qку.уст+ΔQт;*

*Qтп3*=1,78-0+5⋅0,041=1,985, МВАр.

Для ТП4:

*Qтп4=Qмах.расч-Qку.уст+ΔQт*;

*Qтп4*=9-5,2+18⋅0,041=4,538, МВАр.

Для ТП5:

*Qтп5=Qмах.расч-Qку.уст+ΔQт;*

*Qтп5*=5,92-3,5+9⋅0,041=2,789, МВАр.

Для ТП6:

*Qтп6=Qмах.расч-Qку.уст+ΔQт*;

*Qтп6*=5,03-3+10⋅0,041=2,44, МВАр.

Для ТП7:

*Qтп7=Qмах.расч-Qку.уст+ΔQт;*

*Qтп7*=3,62-2,7+6⋅0,041=1,166, МВАр.

Для ТП8:

*Qтп8=Qмах.расч-Qку.уст+ΔQт;*

*Qтп8*=4,89-0+16\*0,041=5,546, МВАр.

Для ТП9:

*Qтп9=Qмах.расч-Qку.уст+ΔQт*;

*Qтп9*=4,07-0,6+13\*0,041=4,003, МВАр.

*∑Qрп*=2,257+3,161+1,985+4,538+2,789+2,44+1,166+5,546+4,003=

=27,885, МВАр.

*Qвк=*0,9\**∑Qрпi-Qсд.р-Qэ1*=0,9⋅27,885-8,76-11,742=4,5945, МВАр.

В качестве батарей конденсаторов на стороне 10 кВ выбираю и ставлю [6] 4 трехфазных батарей УК-10-900-ЛУ3 (т.е. получается недокомпенсация). Схема включения батарей конденсаторов показана на рис. 12. Для компенсирующих устройств на напряжение 10 кВ в качестве высоковольтной коммутационной аппаратуры обычные масляные и воздушные выключатели не полностью удовлетворяют специальным требованиям, предъявляемым к выключателям, коммутирующим чисто емкостную нагрузку. Их следовало бы дооборудовать специальными гасительными камерами или дополнительными шунтирующими сопротивлениями. Наиболее пригодны для работы в компенсирующих устройствах вакуумные и элегазовые выключатели, допускающие быстрые и частые переключения и практически исключающие повторные зажигания дуги. Но у них мала отключающая мощность. Самым лучшим образом при работе в компенсирующих устройствах показал себя малообъемный масляный выключатель типа ВМП-10-1000/500, который я и ставлю. Он надежно включает и отключает токи компенсирующего устройства мощностью до 2500 кВАр при номинальном напряжении 10,5 кВ и максимальном рабочем напряжении 12 кВ без повторных зажиганий и перенапряжений.

10 кВ

Р

В

ТН

Рис. 12. Схема включения батарей конденсаторов на 10 кВ.

Предохранители для батарей конденсаторов на 10 кВ выбираю из условия:

 *iв ≤ 1.6\*n\*.*

Получившийся ток *iв* ≤ 46, А. Ставлю предохранитель ПК1-10-32/32-12,5-У3.

Мощность *Qвк* распределяется между отдельными секциями подстанции пропорционально их не скомпенсированной реактивной мощности на шинах 10 кВ. Так как мощность моих батарей конденсаторов менее 1000 кВАр, то устанавливать их следует на цеховых подстанциях.

*Qтп1*=0,9⋅2,257=2,0313, МВАр;

*Qтп2*=0,9⋅3,161=2,8449, МВАр;

*Qтп3*=0,91,985=1,7865, МВАр; *Qрп1*=6,6627, МВАр;

*Qтп4*=0,9⋅4,538=4,0842, МВАр;

*Qтп5*=0,9⋅2,789=2,5101, МВАр;

*Qтп6*=0,9⋅2,44=2,196, МВАр; *Qрп2*=8,7903, МВАр;

*Qтп7*=0,9⋅1,166=1,0494, МВАр; *Qрп3*=1,0494, МВАр;

*Qтп8*=0,9⋅5,546=4,9914, МВАр;

*Qтп9*=0,9⋅4,003=3,6027, МВАр.

*∑Qрп*=0,9⋅27,885=26,097 МВАр принимаю за 100 %. Считаю, сколько не скомпенсированной реактивной мощности придется на каждую подстанцию в процентном отношении.

*Qтп1*=7,8 %

*Qтп2*=10,9 %

*Qтп3*=6,8 %  *Qрп1*=25,5 %;

*Qтп4*=15,7 %

*Qтп5*=9,6 %

*Qтп6*=8,4 % *Qрп2*=33,7 %;

*Qтп7*=4,0 %  *Qрп3*=4 %;

*Qтп8*=19,1 %

*Qтп9*=13,8 %

Подключаю по одной батарее конденсаторов к подстанциям ТП2, ТП4, ТП8 и ТП9.

##### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данной курсовой работе были проведены следующие расчеты и построения. Была построена схема электроснабжения предприятия, найдены расчетные нагрузки всех распределительных пунктов и трансформаторных подстанций на стороне 10 кВ, выбраны трансформаторы главной понизительной подстанции марки ТРДН-63000/110/10 с учетом резервирования электропотребителей первой категории. Было найдено число и мощность трансформаторов на трансформаторных подстанциях с первую по девятую, на которой были установлены трансформаторы марки ТМ. Найдены мощности батарей конденсаторов на стороне 0.4 кВ, выбраны батареи конденсаторов типа УКБН-038-100-50-У3, приведена схема ее подключения, рассчитаны токи, выбраны аппараты коммутации и защиты: это контактор типа КТ 6043-600 с предохранителями типа ПНБ2-60 с плавкими вставками. Затем была определена не скомпенсированная реактивная нагрузка на шинах 10 кВ всех распределительных пунктов и главной понизительной подстанции. Определена располагаемая мощность синхронных двигателей, выбраны батареи конденсаторов на 10 кВ типа УК-10-900-ЛУ3, приведена схема включения, в качестве коммутационного аппарата выбран малообъемный масляный выключатель типа ВМП-10-1000/500. Также были изображены схемы шинопровода с указанием расчетных реактивных нагрузок для всех трансформаторных подстанций.

##### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ

ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов В.С., Соколов В.И. режимы потребления и качество электрожнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.
2. Конденсаторные установки промышленных предприятий. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Крючков И. П., Кувшинский Н. Н.-3-е изд., перераб. и доп.-М.: Энергия, 1978.

4. Электрическая часть станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Крючков И. П., Кувшинский Н. Н.-3-е изд., перераб. и доп.-М.: Энергия, 1978.

1. Электроснабжение: Учебное пособие Шпиганович А.Н., Шпиганович А.А. /Липецкий государственный технический университет. Липецк, 1998. 80 с.
2. Князевский Б. А., Липкин Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий-3-е изд., перераб. и доп.-М.: Высш. шк., 1986.
3. Конденсаторные установки промышленных предприятий. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1983.