

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
“ЭНЕРГО - МЕХАНИЧЕСКИЙ” факультет
кафедра “ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА”

“Допущен к защите по выпускной работе”

“ _____ ” _____ 2013 г

Зав кафедрой _____ доц. Товбаев А.Н

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Расчетно - пояснительная записка

Тема Исследование компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях

Выпускник гр№2-09ЭЭ, Мадраимов Бехзод Кадамбаевич
(группа, подпись Ф.И.О)

Руководитель
выпускной работы Ст.преп. Саъдуллаев Мардулло
(должность, звание, подпись, Ф.И.О)

Консультанты:
Экономическая часть _____
(должность, звание, подпись, Ф.И.О)

Охрана труда _____
(должность, звание, подпись, Ф.И.О)

Рецензент _____
(должность, звание, подпись, Ф.И.О)

Норма контроля _____
(должность, звание, подпись, Ф.И.О)

Зав. кафедрой _____ доц. Товбаев А.Н

Навои 2013г.

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
“ЭНЕРГО - МЕХАНИЧЕСКИЙ” факультет

кафедра “ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ”

“Утверждено”

Зав кафедрой _____ доц. Товбаев А.Н
“ _____ ” _____ 2013г

З А Д А Н И Е

На выпускную квалификационную работу студента IV курса
Группы гр 2-09 ЭЭ по направлению Электроэнергетика
Мадраимов Бехзод Кадамбаевич
(Ф.И.О)

Тема выпускной работы. Исследование компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях

Утверждена решением института “ _____ ” _____ 2013г

2.Сроки выпускной работы от _____ до _____

3.Исходные данные выпускной работы Ген.план,электрическая схема и установленные мощности

4.Содержание расчетно - пояснительной работы :Введение, технологическая часть, электрическая часть, экономическая часть и охрана труда

5.Графическая часть: Ген план с картограммой электрических нагрузок, Однелинейная схема электроснабжения,автоматическое регулирование мощности КБ,,план резрез подстанции №5

Руководитель
выпускной работы ст.преп.Садуллаев Мардулло Саъдуллаевич
(должность, звание, подпись Ф.И.Ш)

Принял задание : _____

Студент Мадраимов Бехзод Кадамбаевич

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№	Наименование этапов выпускной работы	Сроки выполнения этапов работы	Отметка при проверке
I	Введение		
1.1	Реактивная мощность в системе электроснабжения		
2	Глава II		
2.1	Выбор мощности конденсаторных батарей		
2.2	Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей по углу φ на базе тиристоров		
2.3	Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей		
2.4	Компенсация реактивной мощности в электродвигателях напряжением до 1000В использованием двухтиристорного устройства		
III	Глава III. Бесконтактный способы автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей.		
3.1	Бесконтактное реле напряжения на базе тиристоров		
3.2	Регулирование мощности конденсаторных батарей в функции напряжения		
3.3	Расчет элементов схемы автоматического регулирования мощности конденсаторных установок и пуска электродвигателей.		
3.4	Автоматическое регулирование мощности трехфазных конденсаторных батарей.		
3.5	Преимущество бесконтактных коммутационных аппаратов		
4	ГЛАВА 4 Расчет элементов схемы автоматического регулирования мощности конденсаторных установок		
V	Экономическая часть		
5.1	Общие сведения		
5.2	Практические расчеты до и после внедрения однотиристорного		

	устройства в хлопкоочистительном заводе		
Vi	Охрана труда		
6.1	Анализ несчастных случаев и оформление		
6.2	Критерии оценки травматизма		
6.3.	Обязанности работодателя		
6.4	Расследование и учет несчастных случаев		
6.5	Порядок расследования		
6.6	Особенности расследования группового несчастного случая на производстве, тяжелого несчастного случая, несчастного случая на производстве со смертельным исходом		
6.7	Содержание акта формы Н-1		
6.8	Порядок расследования профессиональных заболеваний		
6.9	Порядок расследования обстоятельств и причин возникновения профессионального заболевания		
6.10	Порядок оформления акта о случае профессионального заболевания		
6.11	Учет несчастных случаев на производстве и профзаболеваний		
6.12	Чрезвычайные ситуации при землетрясении		
	Заключение.		
	Список литературы		

Студент выпускник Мадраимов Бехзод Кадамбаевич

Руководитель работы Саъдуллаев Мардулло

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава I. Реактивная мощность в системе электроснабжения.....	7
1.1. О необходимости компенсации реактивной мощности.....	8
1.2. Характеристики источников реактивной мощности.....	12
1.2.1. Конденсаторные батареи.....	12
1.2.2. Синхронные машины.....	14
1.2.3. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях с специфическими нагрузками.....	17
1.3. Регулирование мощности компенсирующих устройств.....	18
1.4. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батареи по напряжению.....	20
1.5. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батареи по току нагрузки.....	21
1.6. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батареи по току нагрузки с использованием бесконтактных элементов.....	23
1.7. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батареи по направлению реактивной мощности.....	24
1.8. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батареи по $\cos\varphi$	25
1.9. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батареи в функции угла φ	26
Глава II.	
2.1. Выбор мощности конденсаторных батарей.....	30
2.2. Выбор мощности компенсирующих устройств в сетях со специфическими нагрузками.....	34
2.3. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батареи по углу φ на базе тиристоров.....	37
2.4. Экспериментальное исследование одно и двух тиристорные автоматическое регулирование мощности конденсаторных батареи по углу φ нагрузки.....	41
2.4.1. Компенсация реактивной мощности в электродвигателях Напряжением до 1000В использованием однотиристорного устройства.....	41
2.4.2. Решение дифференциальных уравнений компенсаций реактивной мощности.....	43
2.4.3. Компенсация реактивной мощности в электродвигателях напряжением до 1000В использованием двухтиристорного устройства.....	47
Глава III.	
3.1. Бесконтактное реле напряжения на базе тиристоров.....	
3.2. Регулирование мощности конденсаторных батарей в функции напряжения.....	

Глава I V. Расчет элементов схемы автоматического регулирования мощности конденсаторных установок и пуска электродвигателей.	
4.1. Общие положения.....	
4.2. Расчёт элементов схемы.....	
4.2.1. Выбор типа тиристора.....	
4.3. Расчет элементов тиристорной схемы для выключения и отключения конденсаторной батареи.....	
4.4. Расчета трансформатора.....	
4.4.1. Пример расчета трансформатора.....	
4.5. Расчет трансформатора для управления.....	
4.6. Расчет элементов симисторной схемы включения и отключения конденсаторной батареи.....	
V. Экономическая часть.	
5.1. Общие сведения	
5.2. Практические расчеты до и после внедрения однатиристорного устройства в хлопкоочистительном заводе	
VI. Охрана труда	
6.1. Анализ несчастных случаев и его оформление.....	
6.2. Критерии оценки травматизма.....	
6.3. Обязанности работодателя.....	
6.4. Расследование и учет несчастных случаев.....	
6.5. Порядок расследования	
6.6. Особенности расследования группового несчастного случая на производстве, тяжелого несчастного случая, несчастного случая на производстве со смертельным исходом	
6.7. Содержание акта формы Н-1	
6.8. Порядок расследования профессиональных заболеваний	
6.9. Порядок расследования обстоятельств и причин возникновения профессионального заболевания.....	
6.10. Порядок оформления акта о случае профессионального заболевания.	
6.11. Учет несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.....	
6.12. Чрезвычайные ситуации при землетрясении	
6.13. Чрезвычайные ситуации при пожаре.	
6.14. Взрывозащищенное электрооборудование.	
Заключение.....	
Список литературы.....	

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития электроэнергетики необходим форсированный переход к энергосберегающим технологиям и различным способам снижения потерь электрической энергии.

Неотъемлемой составляющей проблем электроэнергетики является рациональная компенсация реактивной мощности, поскольку более трети реактивной мощности генерируется компенсирующими устройствами поблизости от потребителей электроэнергии. В результате в электрической системе существенно уменьшаются потери активной мощности, напряжения и повышается пропускная способность линии и трансформаторов.

Дополнительные и значительные преимущества в этих отношениях дает оптимизация размещения компенсирующих устройств в электрических сетях.

Проблема компенсации реактивной мощности – ярко выраженная проблема, предусматривающая решение проблемы регулирования напряжения, повышение качества электроэнергии и надежность работы энергосистемы.

Физическая взаимосвязь вопросов компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения учитывалась всегда, но в последнее время в связи понижающимися уровнями напряжения, возникла необходимость учитывать и вопросы надежности при вынужденном учете статических характеристик нагрузок, обеспечивающих положительный регулирующий эффект по напряжению. Это распространенное явление, называемое местным дефицитом реактивной мощности, сопровождается недоотпуском электроэнергии в часы максимальных нагрузок.

Необходим комплексный подход и к проблеме повышения качества электроэнергии: соответствующие средства регулирования содержат емкости, и это влияет на баланс реактивной мощности, и наоборот, показатели качества электроэнергии зависят от режимов компенсации реактивной мощности.

Максимальная экономия всех видов энергетических ресурсов и повышение качества промышленной продукции - это две наиболее актуальные задачи. В области электроэнергетики они сводятся большей частью к снижению потерь мощности и электроэнергии и повышению ее качества в точках потребления.

Наиболее эффективным способом снижения потерь активной мощности, электроэнергии и потерь напряжения в электрических сетях является установка компенсирующих устройств у потребителей. Оптимальное решение соответствующей проблемы не только создает возможность существования максимальных режимов работы электрических систем за счет обеспечения баланса реактивной мощности но и существенно дополнительно уменьшает все перечисленные потери, а также приведенные затраты на сооружение и эксплуатацию сетей.

В настоящее время прирост потребления реактивной мощности превышает рост потребления активной мощности (бурное развитие новых систем освещения и рекламы, импульсных блоков питания компьютерной техники, частотных преобразователей электроприводов, использующих для работы нелинейные элементы). Эффективным способом снижения потерь электроэнергии в электрических сетях, повышения пропускной способности линий и трансформаторов является установка компенсирующих устройств у потребителей. На промышленных предприятиях широкое применение находят конденсаторные батареи.

В связи с тем, что количество потребляемой предприятием электроэнергии изменяется в течение суток, изменяется и потребность в реактивной мощности. Поэтому для обеспечения экономичной работы конденсаторных установок, необходимо автоматически регулировать мощность конденсаторных батарей при изменении величины и характера нагрузок за счет использования автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей в зависимости от напряжения в точке присоединения конденсаторов с использованием бесконтактных электрических аппаратов. С широкой автоматизацией производственных процессов, внедрением систем автоматического управления в промышленности существенно возросли требования к надежности, быстродействию и долговечности электрических аппаратов; до минимума должен быть сведен уход за аппаратами в процессе эксплуатации. Этим требованиям в значительной степени отвечают бесконтактные электрические аппараты [13].

Важными преимуществами бесконтактных аппаратов является их быстродействие, высокая скорость и частота переключения, долговечность, простота обслуживания, механическая стойкость, способность к работе во взрывоопасных и загрязненных средах, уменьшенный уровень радиопомех, бесшумность, малые габариты. Управление режимом компенсирующих устройств должно осуществляться автоматически. Для этой цели в настоящее время применяют различные автоматические регуляторы. [2]

В связи с широкой автоматизацией производственных процессов, внедрением систем автоматического управления в промышленности существенно возросли требования к надежности, быстродействию и долговечности электрических аппаратов; до минимума должен быть сведен уход за аппаратами в процессе эксплуатации. Уменьшение потери энергии используя новые методы автоматического регулирования мощности компенсирующих устройств при этом с наименьшим потреблением мощности и более надежностью работы управляемого устройства. Этим требованиям в значительной степени отвечают бесконтактные электрические аппараты. В бесконтактных аппаратах подвижных частей нет. Поэтому время переключения бесконтактных аппаратов обычно на несколько порядков меньше, чем контактных. и в бесконтактных элементах меньше расходуемые материалы и потребляемая энергия.

Целью данной ВКР является создание малогабаритного автоматического регулятора мощности, увеличение надежности и качества работы электрических аппаратов за счет использования автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей в зависимости от напряжения в точке присоединения конденсаторов с использованием бесконтактных электрических аппаратов. Устройств реагирующей непосредственно на изменение нужных параметров.

В работе использованы аналитические формулы для выбора элементов автоматического регулятора мощности компенсирующих устройств. Предлагаемые схемы автоматических регуляторов исследованы экспериментально в лабораторных условиях. Применена экспериментальная устройства в качестве регулятора мощности конденсаторных батарей на хлопкоочистительном заводе.

Регулирование мощности компенсирующих устройств выбранным методом будет осуществляться разработанной для этого схемой тиристорного переключающего устройства с использованием схемы бесконтактного реле напряжения.

Использование указанной схемы с бесконтактным реле напряжения для автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей обеспечивает синусоидальную форму кривой напряжения на нагрузке, повышает быстродействие и упрощает обслуживание.

Предложенный способ автоматического регулирования мощности компенсирующих устройств рекомендуется в схемах устройств автоматики, бесконтактной коммутационно-регулирующей аппаратуры в системах электроснабжения промышленных предприятий при автоматическом управлении режимами работ компенсирующих устройств, в разработке надежных регуляторов напряжения и тока.

Глава I. Реактивная мощность в системе электроснабжения.

Одним из основных вопросов, решаемых как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации систем промышленного электроснабжения, является вопрос о компенсации реактивной мощности, включающий выбор целесообразных источников, расчет и регулирование их мощности, размещение источников в системе электроснабжения.

Количественные и качественные изменения, происходящие в промышленном электроснабжении за последние годы, придают этому вопросу особую значимость. В настоящее время прирост потребления реактивной мощности существенно превосходит прирост потребления активной мощности. При этом передача активной мощности на значительные расстояния от мест генерации до мест потребления существенно ухудшает технико-экономические показатели систем электроснабжения.

Все большую долю в общем объеме суммарных нагрузок занимают резкопеременные и нелинейные нагрузки с повышенным потреблением реактивной мощности (вентильные преобразователи для электроприводов постоянного и переменного тока, термических установок, и т.д.) в этих условиях установка конденсаторных батарей без специальных мер защиты их от перегрузки токами высших гармоник может оказаться недопустимой.

Широкое применение потребителей энергии с резкопеременной нагрузкой и несинусоидальным током, сопровождается значительным потреблением электрической мощности и искажением питающего напряжения, что приводит к росту потерь электроэнергии за счет низкого $\cos \varphi$ и нарушению нормального функционирования потребления электроэнергии.

Это предприятия, где используются:

- Асинхронные двигатели ($\cos \varphi \sim 0.7$)
- Асинхронные двигатели, при неполной загрузке ($\cos \varphi \sim 0.5$)
- Выпрямительные электролизные установки ($\cos \varphi \sim 0.6$)
- Электродуговые печи ($\cos \varphi \sim 0.6$)
- Водяные насосы ($\cos \varphi \sim 0.8$)
- Компрессоры ($\cos \varphi \sim 0.7$)
- Машины, станки ($\cos \varphi \sim 0.5$)
- Сварочные трансформаторы ($\cos \varphi \sim 0.4$)
- и производства:
- Пивоваренный завод ($\cos \varphi \sim 0.6$)
- Цементный завод ($\cos \varphi \sim 0.7$)
- Деревообрабатывающее предприятие ($\cos \varphi \sim 0.6$)
- Горный разрез ($\cos \varphi \sim 0.6$)
- Сталелитейный завод ($\cos \varphi \sim 0.6$)
- Табачная фабрика ($\cos \varphi \sim 0.8$)
- Порты ($\cos \varphi \sim 0.5$)

Для компенсации реактивной мощности и обеспечения требуемого

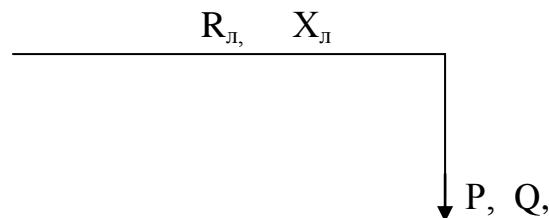
качества электроэнергии при резкопеременной нагрузке, наличии несимметрии и несинусоидальности формы кривой тока и напряжения разрабатывают специальные фильтрокомпенсирующие (ФКУ) и филтросимметрирующие (ФСУ) устройства. В реальных условиях установка ФКУ и ФСУ может привести к неправильному увеличению капитальных затрат и к дополнительному расходу электроэнергии. Достаточно сказать, что суммарная установленная мощность этих устройств для обеспечения требуемого качества электроэнергии может быть соизмерима с мощностью нагрузки, вызывающей несимметрию или несинусоидальность, а их габариты и удельные показатели стоимости могут превосходить соответствующие показатели нагрузки. К сожалению, в литературе [2,4,5,8,12,13] многие вопросы компенсации реактивной мощности, возникающие при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения, не нашли должного отражения. В первую очередь это методические вопросы расчета установленной мощности и определения места расположения компенсирующих устройств, защиты конденсаторов от перегрузок в нелинейных цепях и т.д.

При выборе оптимального варианта следует исходить из технико-экономических расчетов, основанных на системном подходе к задаче компенсации реактивной мощности. Это означает, что оптимальное решение должно удовлетворять интересам как электроснабжающих систем, так и потребителей электроэнергии с учетом эффекта во всей системе в целом.

1.1. О необходимости компенсации реактивной мощности.

Компенсация реактивной мощности экономически целесообразно по следующим причинам:

1. Увеличиваются потери активной мощности и энергии в элементах сети по которым передается реактивная мощность Q при напряжении U . Дополнительные потери активной мощности в элементе сети с активным сопротивлением R .



$$\Delta P = I^2 R = \frac{S^2}{U} R_l = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R_l = \frac{P^2}{U^2} R_l + \frac{Q^2}{U^2} R_l = \Delta P_a + \Delta P_p$$

здесь:

I – эффективное значение тока, протекающего по линии электропередачи;

R_l – активное сопротивление линии;

X_l – индуктивное сопротивление линии;

P – передаваемая активная мощность;
 Q – передаваемая реактивная мощность;
 U – напряжения сети;

$\Delta P_a = \frac{P^2}{U^2} R_n$ – активные потери мощности от передачи активной мощности;

$\Delta P_p = \frac{Q^2}{U^2} R_n$ – активные потери активной мощности от передачи реактивной мощности;

2. Возникают дополнительные реактивные потери в элементах с реактивным сопротивлением X , вызванные передачей реактивной мощности Q :

$$\Delta Q = \frac{Q^2}{U^2} X$$

В ряде случаев это вызывает к увеличению сечения проводников и номинальной мощности трансформаторов.

3. Увеличивается потери напряжения в элементах сети. Потери напряжения в элементе сети, вызванные передачей активной P , и реактивной мощности Q , определяются по следующей зависимости:

$$\Delta U = IR_n \cos \varphi + IX_n \sin \varphi = \frac{UI \cos \varphi}{U} R_n + \frac{UI \sin \varphi}{U} \cdot X_n = \frac{P}{U} R + \frac{Q}{U} X = \Delta U_a + \Delta U_p$$

здесь: R_n и X_n – активное и индуктивное сопротивление линии электропередачи;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки;

$\Delta U_a = \frac{P}{U} R_n$ – потери напряжения от передачи активной мощности;

$\Delta U_p = \frac{Q}{U} X_n$ – потери напряжения от передачи реактивной мощности;

Увеличение потерь напряжения в сети может потребовать установки дополнительных средств регулирования напряжения.

4. Уменьшается пропускная способность линии и трансформаторов за счет передачи реактивной мощности и это требует увеличения сечений проводов воздушных и кабельных линии и увеличения номинальной мощности трансформаторов подстанций. Расчетный ток линии зависит от передаваемой активной и реактивной мощностей.

$$I^2 = \frac{S^2}{U^2} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} = \frac{P^2}{U^2} + \frac{Q^2}{U^2} \quad \text{таким образом, реактивная мощность}$$

вызывает увеличение тока, то есть приводит к увеличению сечения провода.

Основными потребителями реактивной мощности индуктивного характера на промышленных предприятиях являются асинхронные двигатели АД (60-65% общего его потребления), трансформаторы, включая сварочные (20÷25%), вентильные преобразователи, ректоры и прочие ЭП.

Реактивной мощностью дополнительно нагреваются питающие и распределительные сети предприятия, соответственно увеличивается общее потребление электроэнергии. Меры по снижению потребления реактивной мощности: естественная компенсация (естественный $\cos\varphi$) без применения специальных компенсирующих устройств (КУ); искусственная компенсация, называемая просто компенсацией.

Естественная компенсация реактивной мощности не требует больших материальных затрат и должна проводиться на предприятиях в первую очередь. К естественной компенсации относятся:

упорядочение и автоматизация технологического процесса;
ведущие к улучшению энергетического режима оборудования, равномерное распределение нагрузок по фазам;
смещение времени объединенных перерывов отдельных цехов и участков;

перевод энергоёмких крупных электропотребителей на работу вне часов максимума энергосистемы и наоборот;

вывод в ремонт мощных электропотребителей в часы максимума в энергосистеме и т.п.;

Создание рациональной схемы электроснабжения за счет уменьшения количества ступеней трансформации;

Замена трансформаторов и другого электрооборудования старых конструкций на новое более совершенные с меньшими потерями.

Замена мало нагруженных трансформаторов и двигателей трансформаторами двигателями меньшей мощности и их полная загрузка.

Известно, что номинальная мощность трансформатора определяется расчетной полной мощностью:

$$S_p = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad ()$$

отсюда можно заметить, что передачи реактивной мощности через трансформатор требует увеличения его номинальной мощности.

Например: Выбрать номинальную мощность трансформатора для случая когда

- 1) $P_p = 800 \text{ кВт}$, $\cos\varphi = 0,7$,
- 2) $P_p = 800 \text{ кВт}$, $\cos\varphi = 0,95$,

Решение:

В первом варианте $S_p = \frac{P_p}{\cos\varphi} = \frac{800}{0,7} = 1142 \text{ кВА}$

Необходимо применять трансформатор с $S_n = 1600 \text{ кВА}$.

Во втором варианте

$$S_p = \frac{P_p}{\cos\varphi} = \frac{800}{0,95} = 875 \text{ кВА}$$

принимается мощность трансформатора $S_n = 1000 \text{ кВА}$.

Ограничение продолжительности холостых ходов двигателей и сварочных трансформаторов, сокращение деятельности и распределение во время пуска крупных электроприемников.

Применение синхронных двигателей вместо асинхронных двигателей, когда это допустимо по условиям технологического процесса.

Улучшение качества ремонта электродвигателей и уменьшение переходных сопротивлений контактных соединений.

Отключение при малой нагрузке (например в ночное время в выходные и праздничные дни), часть силовых трансформаторов.

Для оценки степени компенсации реактивной мощности используется нормативным показателем

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P},$$

который называется коэффициентом реактивной мощности. По этому коэффициенту судят об эффективности работы системы электроснабжения от генераторов энергосистемы до приемников электроэнергии.

На рис.1.2 приведена векторная диаграмма для предприятия до и после компенсации реактивной мощности. При снижении потребления реактивной мощности до $Q-Q_k$ величины угла φ уменьшается до φ_1 при постоянстве передаваемой активной мощности.

С уменьшением потребляемой реактивной мощности тоже снизятся потери активной мощности.

$$I_{n.k}^2 R_{эс} < I_{д.к}^2 R_{эс}$$

$$\text{или } \Delta P_{д.к} < \Delta P_{n.k}$$

Экономия активной мощности

$$\Delta P_{д.к} - \Delta P_{n.k} = P_c$$

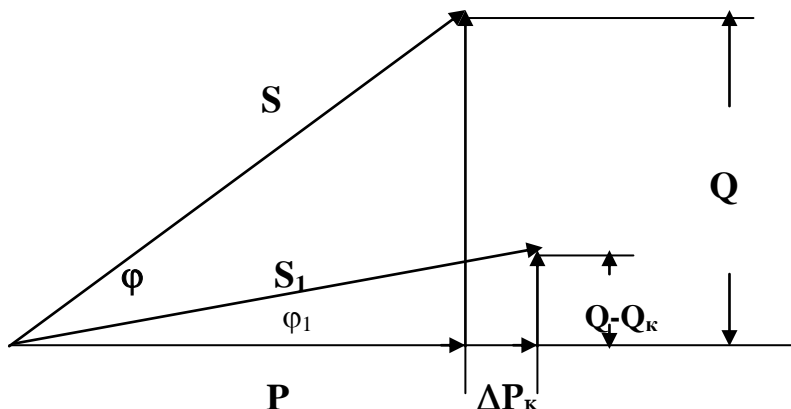


Рис.1.2. Векторная диаграмма мощности предприятий до и после компенсации реактивной мощности.

где $I_{д.к}$ $I_{n.k}$ токи в элементах системы до и после компенсации; $R_{эс}$ – сопротивление элементов системы; $\Delta P_{д.к}$ - $\Delta P_{n.k}$ потери мощности до и после компенсации реактивной мощности; P_c – сэкономленная мощность после компенсации реактивной мощности.

1.2. Характеристики источников реактивной мощности.

Для искусственной компенсации реактивной мощности потребителей используются следующие устройства, батареи конденсаторов, синхронные компенсаторы, специальные статические источники реактивной мощности.

1.2.1. Конденсаторные батареи.

Наибольшее распространение на промышленных предприятиях имеют конденсаторные батареи специальные устройства, предназначенные для выработки реактивной ёмкостной мощности. Конденсаторы изготовляют на напряжение 220, 320, 660, 6300, и 10500В в однофазном и трёхфазном исполнении. Широкое применение конденсаторов для компенсации реактивной мощности объясняется их значительными преимуществами по сравнению с другими видами КУ, незначительные удельные потери активной мощности до 0.005 кВт/квар, отсутствие вращающихся частей, простота монтажа и эксплуатации, относительно невысокая стоимость, малая масса, отсутствие шума во время работы, возможность установки около отдельных групп ЭП и т.д. Недостатки конденсаторных батарей: пожароопасность, наличие остаточного заряда повышающего опасность при обслуживании; зависимость генерируемой мощности от напряжения, чувствительность к пере напряжениям и толчкам тока; возможность только ступенчатого, а не плавного регулирования мощности.

$$Q = \left(\frac{U_{\phi}}{U_n} \right)^2 Q_n$$

где U_{ϕ} - фактические напряжения на зажимах конденсаторов,
 U_n - номинальное напряжения конденсации,
 Q_n – номинальная реактивная мощность устройства.

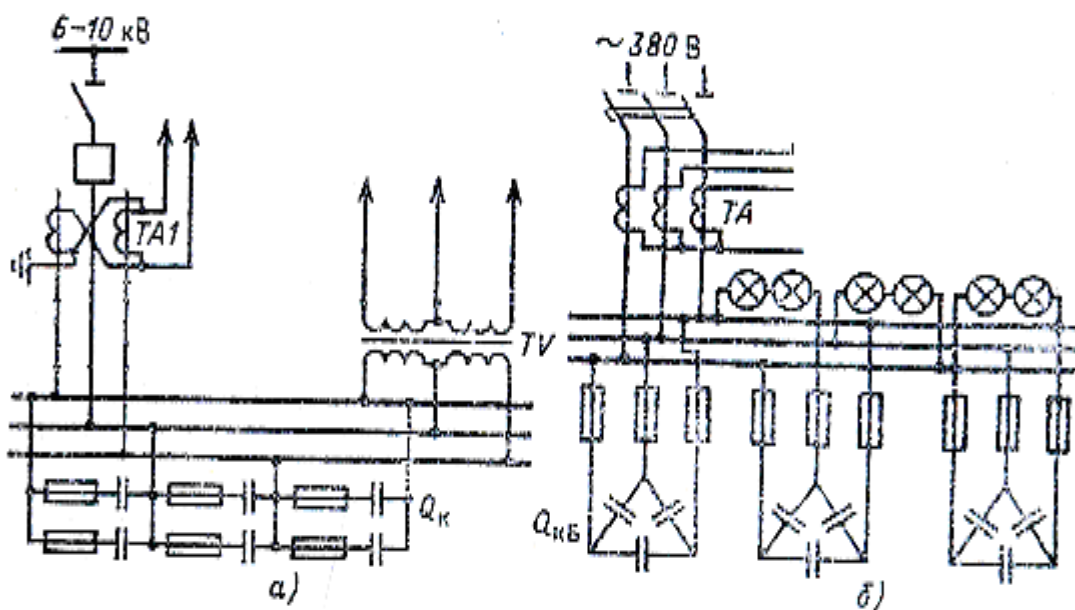


Рис. 1.2.1. Схема включения конденсаторных установок на шинах 6-10кВ (а) и распределительной сети 0,38кВ (б).

Конденсаторы, как правило, собираются в батареи (**КБ**) и выпускаются заводами электротехнической промышленности в виде комплектных компенсирующих устройств (**ККУ**) на (рис.1.2.1)

В таблице 1 приведены технические характеристики некоторых видов комплектных конденсаторных установок.

Таблица 1. Технические данные некоторых типов комплектных конденсаторных установок						
Тип Установки	Мощность квар	Количество ступеней	Удельные потери $\Delta P_{\text{кв}}$, кВт/квар	Удельная стоимость $Z_{\text{кв}}$, руб/квар	Приведенные затраты, руб/квар, в год	Габариты (длина x ширина x высота), мм
Для осветительных сетей 380 В						
УКЗ-0,38-50УЗ	50	2	0,0045	6,7	1,48	375 x 430 x 650
УКЗ-0,38-75УЗ	75	3	0,0045	5,8	1,28	580 x 430 x 650
УКЗ-0,38-100УЗ	100	2	0,0045	5,6	1,23	375 x 430 x 965
Для силовых сетей 380 В						
УКБНО,38-100-50УЗ	100	2	0,0045	10,5	2,31	800 x 440 x 895
УКБТ-0,38-150УЗ	150	1	0,0045	8	1,76	630 x 520 x 1400
УКТ-0,38-150УЗ	150	1	0,0045	7,5	1,65	700 x 560 x 1660
УКБ-0,38-150УЗ	150	-	0,0045	6,2	1,36	580 x 460 x 1200
УКБНО,38-200-50УЗ	200	4	0,0045	9,3	2,05	800 x 440 x 1685

Удельная стоимость конденсаторов высокого напряжения меньше удельной стоимости конденсаторов низкого напряжения, но конденсаторы низкого напряжения проще в эксплуатации. Комплектные конденсаторные установки имеют встроенное разрядное сопротивление R для снятия остаточного напряжения при отключении ККУ от сети. Иногда в качестве разрядного сопротивления применяют два однофазных трансформатора напряжения TV (Рис.1.2.1.а)

Установки конденсаторов бывают индивидуальные, групповые и централизованные. Индивидуальные установки применяют чаще на напряжениях до 660В. В этих случаях конденсаторы присоединяют наглухо к зажимом приемника. При этом наблюдается плохое использование конденсаторов, так как с отключением приемника отключается и компенсирующая установка. При групповой установке конденсаторы присоединяют к распределительным пунктам сети. При этом использование установленной мощности конденсаторов улучшается. При централизованной установке батареи конденсаторов присоединяют на стороне высшего напряжения трансформаторной подстанции. Использование установленной мощности конденсаторов в этом случае получается наиболее высоким.

Во избежание существенного возрастания затрат не рекомендуется установка батарей конденсаторов напряжением 6-10кВ мощностью не менее 400кВар с помощью отдельного выключателя.

При отключении конденсаторов необходимо, чтобы запасенная в них энергия разряжалась автоматически на постоянно включенное активное сопротивление. Значение сопротивления должно быть таким, чтобы при отключении конденсаторов не возникало перенапряжения на зажимах.

1.2.2. Синхронные машины.

Синхронные компенсаторы – это синхронные двигатели облегченной конструкции без нагрузки на валу. Они могут работать как в режиме генерирования реактивной мощности, так и в режиме ее потребления.

В настоящее время промышленность изготавливает синхронные компенсаторы мощностью 5000 – 160000 кВар.

К достоинством синхронных компенсаторов как источников реактивной мощности относится: положительный регулирующий эффект, заключающийся в том, что при этом уменьшении напряжения в сети генерируемая мощность компенсатора увеличивается возможность плавного и автоматического регулирования генерируемой реактивной мощности, достаточная термическая и электродинамическая стойкость обмоток компенсаторов во время короткого замыкания; возможность восстановления поврежденных компенсаторов путем ремонтных работ.

К недостатком синхронных компенсаторов относится удорожание и усложнение эксплуатации и значительный шум во время работы. Потери активной мощности в синхронных компенсаторах довольно значительны и в зависимости от номинальной мощности находятся в пределах 0,011 - 0,03 кВт/квар (рис.1.2.2.1)

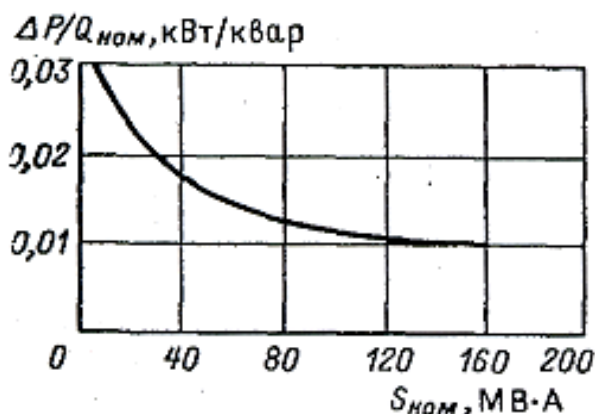


Рис.1.2.2.1. Потери активной мощности в синхронных компенсаторах.

Затраты на генерацию реактивной мощности Q синхронным компенсатором находят из выражения

$$Z_{с.к} = k_{1.с.к} Q + k_{2.с.к} / Q^2$$

$$\text{где } k_{1.c.k} = (k_{\text{сум}} C_{\text{уст}} + c_x \Delta P_x) / Q_{\text{ном}}$$

$$k_{2.c.k} = c_k \Delta P_k Q_{\text{ном}}^2$$

$k_{\text{сум}}$ - общие отчисления от капиталовложений, определяемые суммой нормативного коэффициента экономической эффективности $k_{\text{н.э}}$, коэффициента амортизационных отчислений k_a и расходов на обслуживание $k_{\text{обс}}$; $C_{\text{уст}}$ - стоимость установки компенсатора, с\`ум; c_x , c_k - удельная стоимость потерь холостого хода и короткого замыкания, с\`ум/кВт; ΔP_x , ΔP_k - номинальные потери холостого хода и короткого замыкания соответственно, кВт; $Q_{\text{ном}}$ - номинальная мощность компенсатора, Мвар.

Удельная стоимость синхронных компенсаторов и потери активной мощности значительно увеличиваются при уменьшении их номинальной мощности.

Высокая удельная стоимость синхронных компенсаторов небольших мощностей и большие потери активной мощности в них обуславливают применение синхронных компенсаторов лишь значительных мощностей. Компенсаторы установлены на открытом воздухе, что значительно удешевило затраты на них.

Синхронные двигатели, применяемые для электропривода, в основном изготавливают с коэффициентом мощности 0,9 при опережающем токе. Они являются эффективным средством компенсации реактивной мощности.

Максимальное значение реактивной мощности зависит от загрузки двигателя активной мощностью k_3 , подводимого напряжения и технических данных двигателя:

$$Q_{C.D} = k_{п.рм} \frac{P_{\text{ном.д}} \tan \varphi_{\text{ном}}}{k_{п.д}}$$

где $P_{\text{ном}}$ - номинальная активная мощность двигателя.

$k_{п.рм}$ - коэффициент перегрузки по реактивной мощности (определяют по справочным данным).

В режиме возбуждения синхронного двигателя возникают дополнительные потери активной мощности на генерацию реактивной мощности

$$\Delta P = k_{1,C,D} \frac{Q_{C,D}}{Q_{\text{ном}}} + k_{2,C,D} \frac{Q_{C,D}^2}{Q_{\text{ном}}^2}$$

где $k_{1C,D}$, $k_{2C,D}$ - расчетные коэффициенты, зависящие от параметров двигателя.

Потери активной мощности на генерацию реактивной мощности синхронными двигателями существенно зависит от номинальной мощности и частоты вращения двигателя. Например, для двигателей серии СДН напряжением 6кВ потери при их номинальной нагрузке находится в пределах 0,009 - 0,054 кВт/квар (рис 1.2.2.2)

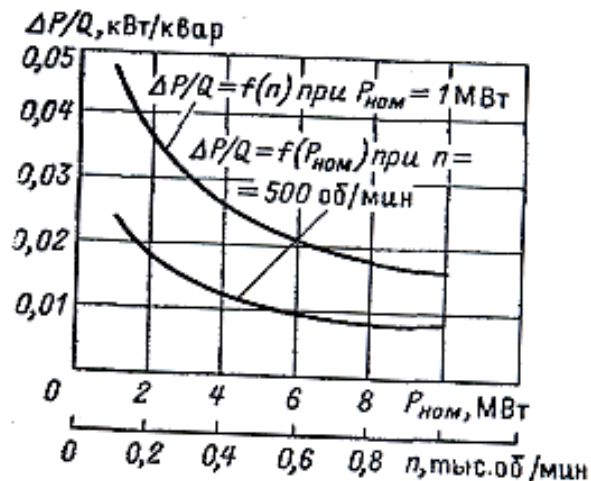


Рис 1.2.2.2. Зависимость потерь в синхронных двигателях на генерацию реактивной мощности от номинальной активной мощности $P_{ном}$ и частоты вращения n .

Реактивная мощность генерируемая синхронным двигателем определяется по следующей формуле.

$$Q_{CD} = P_{н.сд} k_{сд} tg \varphi_{ном}$$

где $P_{н.сд}$ – номинальная активная мощность двигателя;

$k_{сд}$ – коэффициент загрузки по активной мощности;

$tg \varphi$ – номинальный коэффициент реактивной мощности;

1.2.3. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях со специфическими нагрузками.

Мощные приемники с резкопеременной нагрузкой требуют создания специальные источники реактивной мощности, позволяющие быстро регулировать генерируемую мощность. Колебания реактивной мощности таких приемников, вызывают значительные изменения питающего напряжения.

Обычно такие приемники как нелинейные элементы вызывает дополнительные искажения токов и напряжений. Поэтому к компенсирующим устройствам предъявляют:

- Высокое быстродействие изменения реактивной мощности;
- достаточный диапазон регулирования реактивной мощности;
- возможность регулирования и потребления реактивной мощности;
- минимальные искажения питающего напряжения;

Основными элементами статических компенсирующих устройств является конденсатор и дроссель – накопители электромагнитной энергии и вентили (тиристоры), обеспечивающие ее быстрое преобразование.

На рис.1.2.3.1 приведена один из вариантов схем статических компенсирующих устройств, она содержит фильтры высших гармоник (генерируемая часть) и регулируемый дроссель в различных исполнениях.

Схема статического компенсирующего устройства состоит из двух частей:

Управляемая часть индуктивный элемент LR для компенсации колебания напряжения и не управляемая часть – конденсаторные батареи и фильтры высших гармоник. Для регулирования индуктивности используются тиристорные элементы.

Основными достоинствами этих устройств являются высокое быстродействие, надежность работы и малые потери активной мощности.

К недостатку их можно отнести необходимость установки дополнительного регулируемого дросселя и тиристорных элементов.

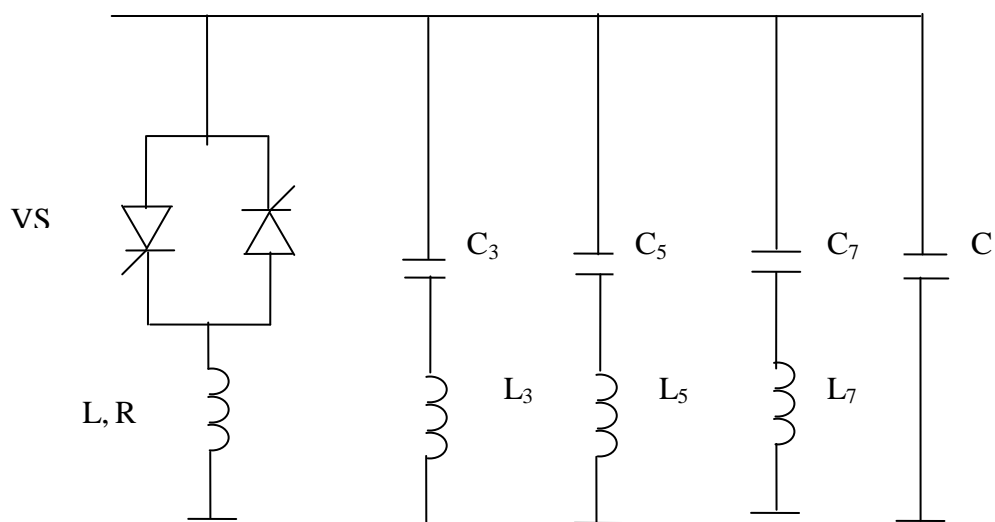


Рис.1.2.3.1. Схем статических компенсирующих устройств.

1.3 Регулирование мощности компенсирующих устройств.

Для обеспечения наиболее экономичных режимов систем электроснабжения, необходимо регулирование мощности компенсирующих устройств.

Если средствами компенсации является синхронный компенсатор или синхронные двигатели, то управление их режимами осуществляют путём плавного регулирования тока возбуждения.

Регулирование генерируемой конденсаторами реактивной мощности можно вести ступенями путём деления батарей на части. Чем больше число таких частей, тем совершеннее регулирование, но тем больше капитальные затраты на установку переключателей и защитной аппаратуры.

Режим работы компенсирующих устройств устанавливают, учитывая допустимые отклонения напряжения на зажимах приёмников электроэнергии.[]

В качестве параметров управления могут использоваться напряжение, ток нагрузки, направления реактивной мощности, коэффициента реактивной мощности, времени.

Регулирование мощности компенсирующих устройств по напряжению осуществляют в зависимости от отклонения напряжения. При этом управление компенсирующими устройствами должен быть согласован с управлением напряжения другими средствами.

Наиболее простым является управления по времени. В этом случае режим работы системы электроснабжения должен быть предварительно изучен. На суточный потребления реактивной мощности, что одна часть батарей конденсаторов включается постоянно в течение 24 ч, а вторая часть включается только за время t_1 .

Ступенчатое регулирование компенсирующих устройств имеет следующие недостатки:

1) удорожание компенсирующей установки за счёт увеличения капитальных затрат на установку дополнительной отключающей аппаратуры (выключатель, разъединитель, трансформаторы тока и т. п.)

Ступенчатое регулирование батарей конденсаторов производят в основном автоматически. При наличии на подстанции постоянного дежурного персонала или телемеханического управления в системе электроснабжения автоматизация этого процесса не имеет существенных преимуществ. На подстанциях, не имеющих постоянного обслуживающего персонала, автоматизация включения и отключения батарей конденсаторов являются необходимостью.

Известно, что лучше сберегать энергию, чем производить её в больших количествах. Это так же наглядно можно проследить из опыта многих передовых предприятий.

Дополнительные потери активной мощности от передачи реактивной мощности прямо пропорциональны квадрату коэффициента реактивной мощности. Этим объясняется стремление эксплуатационников и проектировщиков к снижению значения $\text{tg}\varphi$.

Для повышения мощности и улучшения качества электроэнергии на промышленных предприятиях широкое применение находят конденсаторные батареи высокого и низкого напряжения.

Вопрос о выборе способов компенсации решается на основании технико-экономических расчётов. Чаще всего на предприятиях применяются групповая и частично индивидуальная компенсация.

В связи с тем, что количество электроэнергии, потребляемой предприятием изменяется в течение суток, изменяется и потребность в реактивной мощности, вырабатываемой конденсаторными батареями для поддержания определённого значения коэффициента мощности на предприятий.

Оставление в работе конденсаторных установок при уменьшении нагрузки промышленного предприятия является не экономичным, так как приводит к увеличению электрических потерь. Кроме того, оставление

конденсаторов в работе в две смены, повышает и без того высокое напряжение в сети, что может привести к сокращению срока службы, как самых конденсаторов, так и другого оборудования.

При выборе мощности компенсирующих устройств, при их автоматическом регулировании следует учитывать, что дробление мощности приводит к значительному усложнению схемы.

Поэтому для напряжений до 1000В рекомендуется применять комплектные конденсаторные установки (ККУ) мощностью 75, 100, 150, 200, 250, 300 кВар в единице. При напряжении 6-10кВ – комплектные конденсаторные установки мощностью 300, 450, 600, 750, 900, 1050, 1200кВар в единице с присоединением через отдельный выключатель. При напряжении 35кВ применение конденсаторных батарей считается экономически выгодным начиная с 2500кВар.

1.4. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей по напряжению.

Требование потребителей промышленных предприятий по обеспечению минимального отклонения рабочего напряжения от номинального можно удовлетворить регулированием мощности конденсаторной батареи в зависимости от напряжения []. В этом компенсирующие батареи наряду с основной функцией – улучшением коэффициента реактивной мощности предприятия -используются также для регулирования напряжения. Мощность однофазной конденсаторной батареи выражается зависимостью:

$$Q_6 = \omega C U^2;$$

где ω - угловая частота;

C – ёмкость батареи, Ф

U – линейное напряжение, кВ;

Регулирование мощности конденсаторной батареи осуществляется ступенями, следовательно, регулирование напряжения также будет осуществляться ступенями.

В часы минимальной нагрузки, когда напряжение высокое, наличие конденсаторных батарей приводит к ещё большему повышению напряжения.

Для поддержания на шинах подстанций номинального напряжения конденсаторные батареи отключают при повышении напряжения сверх допустимого значения, а при понижении напряжения – включают. Принципиальная схема одноступенчатого автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей по напряжению показана на рисунке 1.4.1

осуществить в зависимости от тока нагрузки.[]. Принципиальная схема одноступенчатого регулирования мощности компенсирующих устройств по току нагрузки показана на рис.1.5.1.. Регулирование мощности конденсаторных батарей производится двумя токовыми реле, включенными в одну фазу (1Т,2Т), а соответствующими уставками тока срабатывания. Одно из этих реле (1Т) включает свою батарею при росте нагрузки, а другое (2Т) её отключает при снижении нагрузки. Уставки срабатывания реле тока выбирают, например, следующим образом:

$$\text{для КБ} \quad I_{\text{ср}1\text{T}}=6\text{А}, \quad I_{\text{ср}2\text{T}}=5\text{А};$$

Схема работает следующим образом. При нагрузке меньше уставки срабатывания реле 1Т, конденсаторные батареи отключены. Если нагрузок соответствует уставке реле 2Т, то эти реле сработают и замкнут свои замыкающие контакты, соответственно в цепях реле 2П и 4П (цепи 8-11 и 108-111). Однако реле 2П и 4П не сработают и включения не произойдет так как контакты выключателей 1В и 2В в этих цепях разомкнуты. При повышении нагрузки до значения соответствующего току срабатывания реле 3Т, оно срабатывает и замыкает цепь 108-113. Реле 4П срабатывает и замыкает свой контакт 4П в цепи 110-115. Реле В-3 получает питание, с заданной выдержкой времени замыкают свой замыкающий контакт в цепи катушки включения выключателя 2В (цепь 101-102) и конденсаторная батарея (КБ) 2 включается. При дальнейшем росте нагрузки срабатывает реле 1Т и через своё промежуточное реле времени В1 включает выключатель 1В. При уменьшении нагрузки до значения уставки реле 2Т размыкает свои контакты в цепи реле 2П (цепь 8-11), которое в свою очередь включает реле В-2 (цепь 12-17).

Реле В-2 с заданной выдержкой времени замыкает свои контакты в цепи отключения выключателя 1В (цепь 1-4) и выключатель 1В отключается. При дальнейшем уменьшении нагрузки до значения срабатывания реле 4Т отключается выключатель 2В. Для отстройки от кратковременных колебаний нагрузки включение и отключение выключателей 1В и 2В происходят с выдержкой времени обеспечиваемой реле В1 - В4. Отключение выключателей от защиты происходит так же как и в схеме рис.1.4.1.

На таком же принципе можно создать схему многоступенчатого автоматического регулирования мощности конденсаторных установок по току нагрузки.

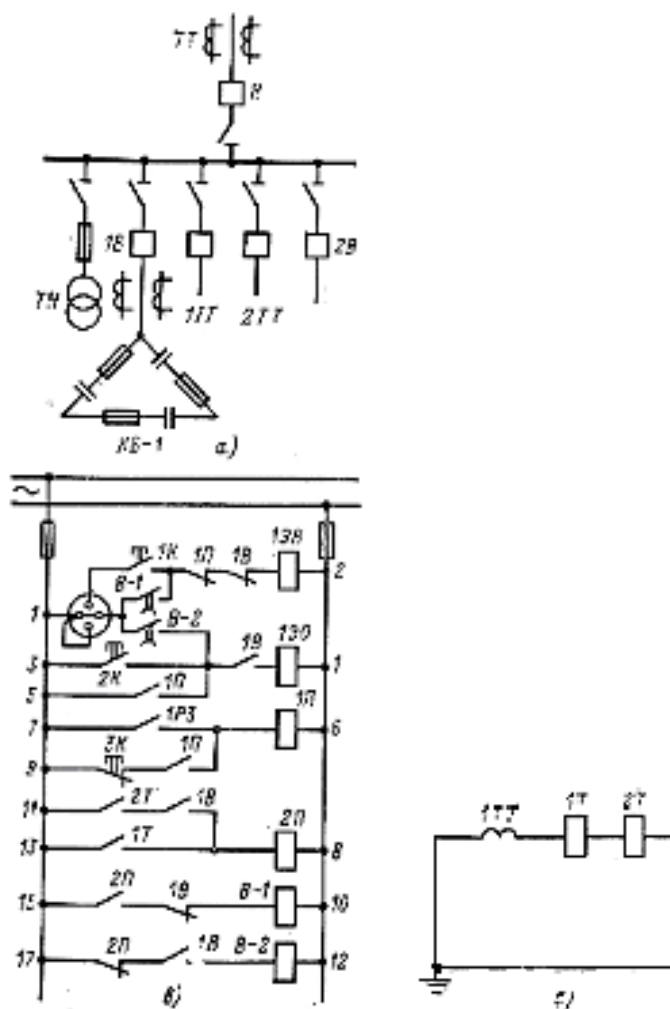


Рис.1.5.1. Принципиальная схема одно ступенчатого регулирования мощности КУ по току нагрузки.

- а) схема подключения конденсаторных батарей к шинам подстанции;
- б) токовые цепи ввода для запуска автоматического регулирования КБ;
- в) цепи управления защиты и автоматики конденсаторных батарей.

1.6. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей по току нагрузки с использованием бесконтактных элементов.

В качестве датчика на рисунке 1.6.1 используют специальную катушку индуктивности L . При малой нагрузке напряжение на конденсаторе C_2 также мало, мало напряжение и на делителе напряжения, транзистор $T1$ закрыт, а $T2$ открыт. [] Катушка $1P$ находится в притянутом состоянии. При возрастании тока нагрузки напряжение на конденсаторе C_2 увеличивается с выдержкой времени, определяемой постоянной времени контура. При достижении определенного значения напряжения C_2 , напряжение подаваемое на $T1$ через делитель напряжения и потенциометр, становится достаточным чтобы открыть $T1$; $T2$ при этом закрывается катушка $1P$ отпадает и размыкающий контакт $1P$ в цепи $1П$ закрывается. Реле $1П$ срабатывает, закрывает свой контакт в цепи нагрузки $Л1$ и $КБ$ включается.

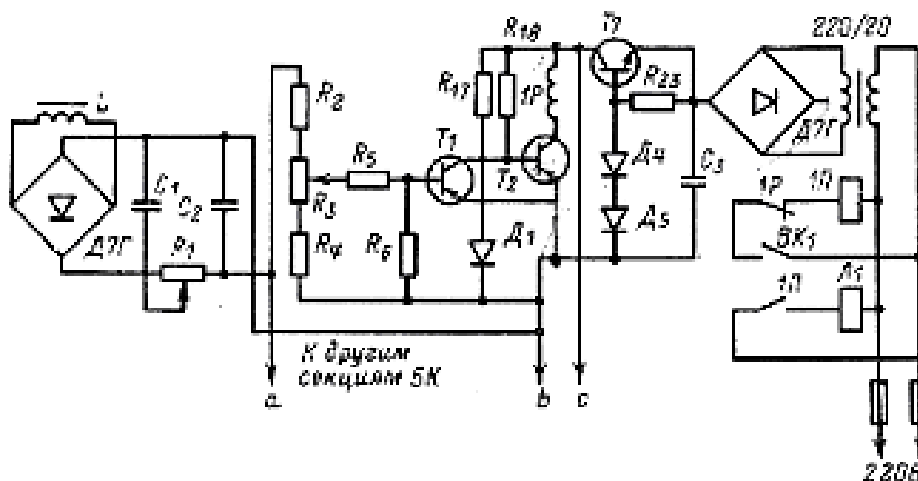


Рис.1.6.1.. Схема автоматического регулирования мощности КБ по току нагрузки с использованием бесконтактных элементов.

L – датчик, представляющий собой индуктивную катушку;

Д7Г – диодный мост;

C₁, C₂, C₃ – конденсаторы;

R₁ – потенциометр через который заряжается конденсатор C₂;

T1 и T2 – транзисторы;

Д1 – стабилитрон;

R₂, R₃, R₄ – делители напряжения;

1Р- исполнительное реле;

1П - промежуточное реле;

Л1 – линейный контактор, через который подключается конденсаторная батарея;

ВК – переключатель.

1.7. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей по направлению реактивной мощности.

Этот способ регулирования может быть рекомендоваться применить на удаленных тупиковых подстанциях. []

Для контроля направления реактивной мощности необходимо соответствие вращающего момента следующей зависимости:

$$M_{вр} = kUI \sin \varphi,$$

где k – коэффициент пропорциональности;

U и I – напряжение и ток подведенные к зажимам реле;

φ – угол сдвига между напряжением и током.

В качестве этих реле в схеме используется реле мощности типа КМБ 171/1 (1М, 2М) которые из косинусных перестраивают в синусные путем включения последовательно с обмоткой напряжения реле 1М и 2М ёмкости, равной 9мкФ. Под воздействием вращающего момента реле 1М замыкает свой контакт при направлении реактивной мощности от подстанций к системам, а реле 2М при направлении реактивной мощности от систем к подстанции. Когда реактивная мощность имеет направление от системы к подстанции, реле 2М замыкает свои контакты, в цепи 8-11 реле В-1

срабатывает и с заданной выдержкой времени замыкает свой контакт в цепи 1-2 выключатель 1В включается.

Если конденсаторная батарея вырабатывает больше реактивной мощности, чем это требуется для потребителей, то реактивная мощность будет иметь направление от подстанций к системе. При изменении направления реактивной мощности реле 2М размыкает контакты, а реле 1М, наоборот замыкает контакты в цепи 1-4 и выключатель 1В отключается. Для предупреждения включения и отключения конденсаторных батарей при кратковременном изменении направления реактивной мощности устанавливают реле времени В-1, В-2 с большой выдержкой времени. При срабатывании защиты схема работает как на рис.1.4.1.

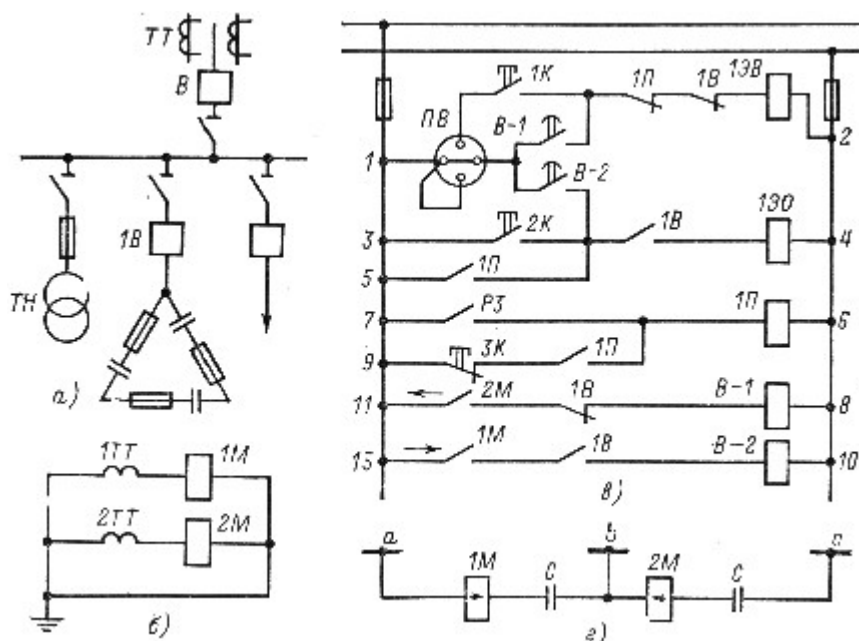


Рис.1.7.1. Схема автоматического регулирования мощности конденсаторной батареи по направлению реактивной мощности.

- а) схема подключения конденсаторной батареи к шинам подстанции;
- б) токовые цепи ввода для запуска автоматического регулирования конденсаторных батарей;
- в) цепи управления конденсаторными батареями;
- г) цепи трансформатора напряжения.

1.8. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей по $\cos\phi$.

Схема автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей по $\cos\phi$ показана на рис. 1.6.1.

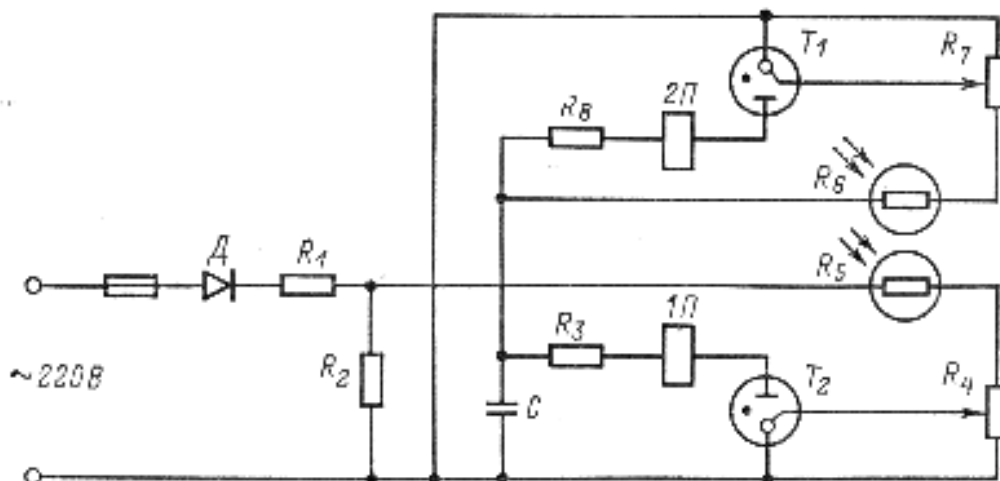


Рис.1.8.1. Схема датчика для автоматического регулирования КБ.

Для фоторезистора укрепление с внутренней стороны шкалы фазометра, включено по схеме на рис.1.8.1. Данная схема двух фоторезисторов даёт сигналы на срабатывание двух промежуточных реле 1П и 2П. Принцип ее работы заключается в следующем: с делителя напряжения R_1, R_2 выпрямленное диодом D_1 напряжение подается на аноды тиратронов T_1 и T_2 через резисторы R_3 и R_8 и обмотки промежуточных реле 1П и 2П, а через фоторезисторы R_5 и R_6 и потенциометры R_4 и R_7 на цепи питания сеток тиратронов. Когда $\cos\varphi < \cos\varphi_1$ фоторезисторы освещаются и их сопротивление резко снижается ток, проходящий через потенциометры, увеличивается, в результате чего напряжение на сетках тиратронов T_1 и T_2 повышается до значения напряжения зажигания разряда между сеткой и катодом.

Тиратроны зажигаются и реле 1П и 2П срабатывают, а их замыкающие контакты включают цепи схемы автоматического управления секций БК. Когда $\cos\varphi = \cos\varphi_1$, световой луч падающий на фоторезистор R_5 , перекрывается флажком; при этом сопротивления фоторезистора резко возрастает, в результате чего напряжение на сетке тиратрона снижается, тиратрон запирается и катушка реле 1П обесточивается

Когда $\cos\varphi > \cos\varphi_2$ аналогичным образом перекрывается световой луч, падающий на резистор R_6 , обесточивается катушка реле 2П.

1.9. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей по углу φ .

На промышленных предприятиях для выработки реактивной мощности наибольшее распространение получили конденсаторные батареи. Для эффективного использования конденсаторных батарей они должны быть оборудованы автоматическими устройствами, позволяющими регулировать генерируемую реактивную мощность. Это необходимо для обеспечения экономичного режима системы электроснабжения предприятия, имеющего неравномерный график потребления реактивной мощности. В настоящее

время применяются способы автоматического регулирования, осуществляющие изменение мощности конденсаторных батарей в функции напряжения сети, тока нагрузки, направления реактивной мощности и времени суток. Выбор того или иного способа автоматического регулирования определяется характером графика потребления реактивной мощности.

Нами предлагается схема автоматического регулирования мощности КБ работает непосредственно в функции φ , то есть угла между векторами напряжения питающей сети и тока нагрузки. Такой способ позволяет снизить число коммутационных операций, так как этот угол изменяется значительно меньше чем значения тока нагрузки и напряжения питающей сети, что приводит к увеличению качества работы.

Учитывая, что изменение потребляемой реактивной мощности вызывает изменение угла φ , предлагается использовать это свойство для формирования управляющего импульса тиристора.

Пусть напряжение питающей сети изменяется синусоидально,

$u = U_m \sin \omega t$ тогда ток нагрузки

$$i = I_m \cdot \sin(\omega t + \varphi) \quad (1.9.1)$$

Принимая в качестве аппроксимации кривой намагничивания степенную функцию девятого порядка имеем: $i_1 w_1 = K \Phi^9$ (1.9.2)

где i_1 - ток первичной обмотки трансформатора тока.

W_1 – число витков;

Φ – магнитный поток ферромагнитного сердечника, учитывая (1.9.1) из

$$(1.9.2) \text{ получен } \Phi = \sqrt[9]{\frac{W_1}{K} I_m \cdot \sin(\tau + \varphi)} \quad (1.9.3)$$

После введения базисных величин в безразмерном виде имеем

$$\bar{U} = \bar{U}_m \cdot \sin \tau \quad \bar{i}_m = \bar{I}_m \cdot \sin(\omega t + \varphi); \quad \bar{\Phi} = \sqrt[9]{I_{1m} \cdot \sin(\tau + \varphi)} \quad (1.9.4)$$

$$\text{Здесь } \bar{u}_m = \frac{u_m}{u_\sigma}; \quad \bar{I}_m = \frac{I_m}{I_\sigma}; \quad \Phi_\sigma = \sqrt[9]{\frac{w_1 I_\sigma}{K}}; \quad U_\sigma = a \cdot w \cdot \Phi_\sigma; \quad \tau = w \cdot t$$

Если принять $W_1 = W_2$ $I_\sigma = I_m$ из (1.9.4) получим: $\bar{i} = \sin(\tau + \varphi)$;

$$\bar{\Phi} = \sqrt[9]{\sin(\tau + \varphi)}; \quad u_2 = \frac{d\bar{\Phi}}{d\tau} \quad (1.9.5)$$

На рис 1.9.1. Представлена форма кривых и напряжения вторичной обмотки насыщающего трансформатора тока. Кривые $\bar{u}_2 = f(\tau)$ получены после численного дифференцирования функции $\bar{\Phi} = f(\tau)$ (1.9.2). Откуда явно видно изменения сдвига пикообразного импульса по отношению к форме кривой напряжения сети в зависимости от характера нагрузки.

Эту особенность цепи можно использовать в схеме автоматического регулирования мощности КБ для формирования импульсов управления и регулирования угла коммутаций триодного тиристора.

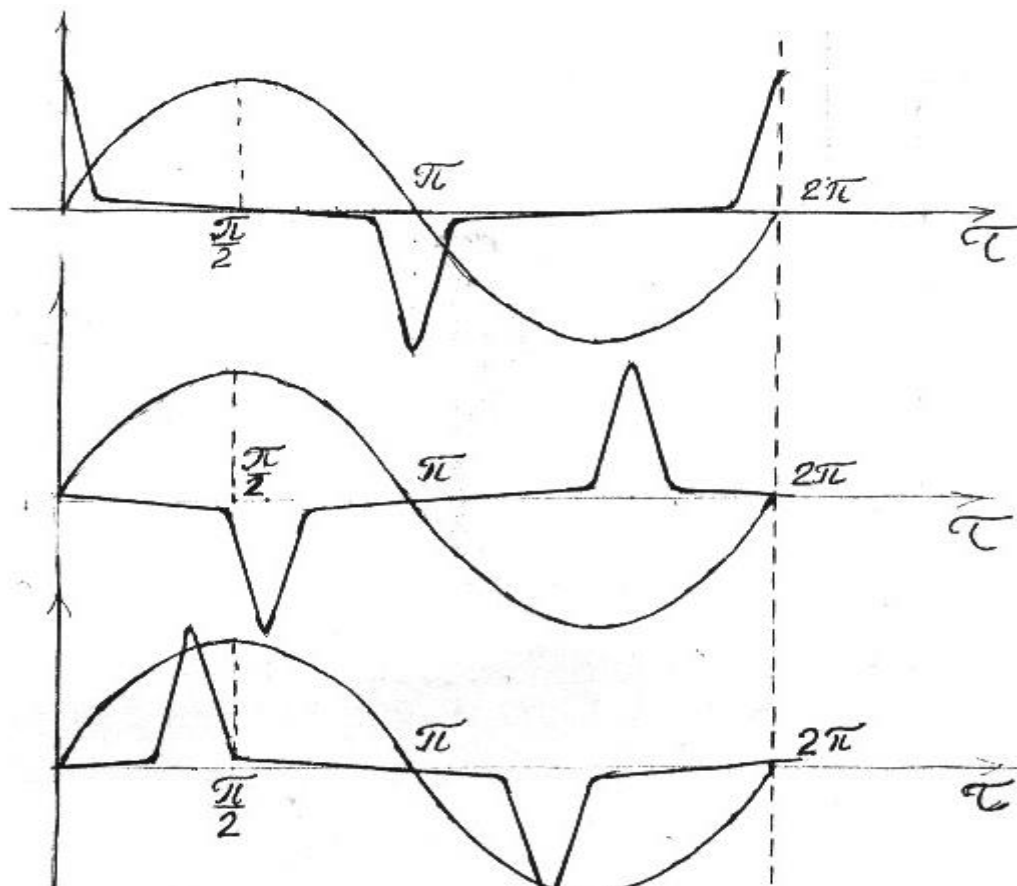


Рис.1.9.1.

а) характеристика $U_2 = f(\tau) \cdot u$ $U_c = f(\tau)$

при угла $\varphi = 0^\circ$

б) характеристика $U_2 = f(\tau) \cdot u$ $U_c = f(\tau)$

при угла $\varphi = 70^\circ$

в) характеристика при угле $\varphi = -70^\circ$

При регулировании характера нагрузки значения φ изменяется от 13° до 75° градусов. При изменении φ от 0° до 45° градусов конденсаторная установка не включается. Когда $\varphi = 45^\circ$ реле напряжения дает команду на включение КБ и значение $\text{tg}\varphi$ снижается с 2,85 – до 0,4.

Таким образом, на основе предложенной схемы можно создать простое надежное устройство автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей в функции угла сдвига фаз между напряжением питающей сети и тока нагрузки.(рис 1.9.2)

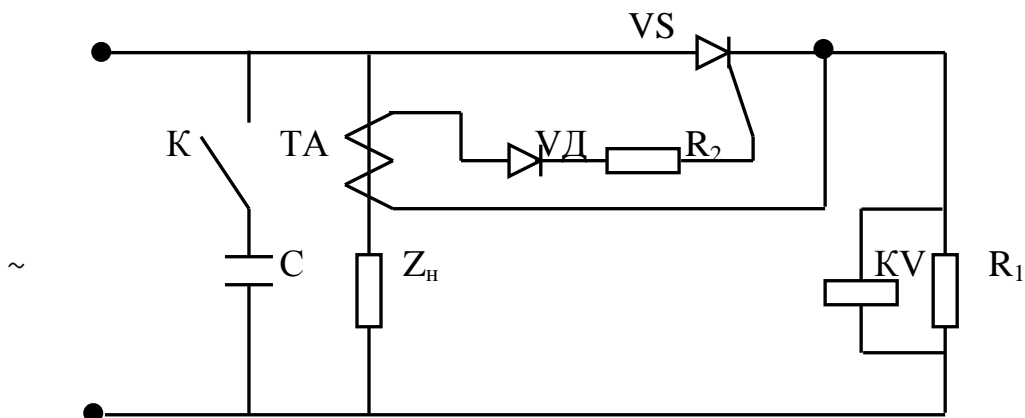


Рис 1.9.2. Схема автоматическое регулирование мощности КБ по сдвигу фаз между напряжением питающей сети и током нагрузки.

Исполнительный блок выполнен в виде тиристора VS и параллельно соединенных между собой реле напряжения (KV) и резистора (R_1), через которые силовые электроды тиристора подключены к сети. Регулирующий блок выполнен в виде насыщающегося трансформатора тока (ТА), первичная обмотка которого подключена последовательно с нагрузкой, а вторичная через последовательно соединенные диод и резисторы (R_2) подключена к управляющему электроду тиристора исполнительного блока.

Изменение значения φ нагрузки вызывает изменение фазы отпирания тиристора. При активной нагрузке фаза открывания тиристора начинается с 13^0 градусов и на резисторе R_1 наблюдается максимальное напряжение. При активно-индуктивном характере нагрузки фаза отпирания тиристора увеличивается и это приводит к снижению напряжения на резисторе (R_1). При напряжении ниже определенного значения реле KV, своими нормально замкнутыми контактами дает сигнал на включение КБ.

При уменьшении значения угла φ угол коммутации тиристора снижается и повышается напряжение на резисторе R и это вызывает превышение установленного напряжения KV, что приведет к срабатыванию реле и подаче сигнала на отключение конденсаторных батарей от сети.

Глава II

2.1. Выбор мощности конденсаторных батарей

Компенсация реактивной мощности уменьшает диффицита реактивной мощности и с одновременно улучшает качество электроэнергии. Ввод источника реактивной мощности в промышленных предприятий снижает потерь в период максимума нагрузки в среднем на 0,081кВт/кВар. По этому компенсация реактивной мощности в промышленных предприятиях даёт большой экономический эффект.

Наибольшая суммарная максимальная реактивная нагрузка предприятия применяемая для определения мощности компенсирующих устройств (КУ), равна

$$Q_M = K_{н.сов.} Q_p$$

где $K_{н.сов.}$ -коэффициент несовпадение по времени активной нагрузки энергосистем и реактивной нагрузки потребителей промышленного предприятия.

Коэффициент не совпадение по предприятиям следующие:

Горнорудная, химическая, пищевая, нефтадобывающая, строительных материалов, а также бумажная	0,9
Нефтеперерабатывающая, текстильная.....	0,95
Угольная, газовая машина строительная и Металлообрабатывающая.....	0,85
Торфоперерабатывающая, деревообрабатывающая.....	0,8
Прочие.....	0,75

По входной реактивной мощности $Q_э$ оределяют суммарную КУ предприятия, а по значению $Q_{э1}$ регулируемую часть КУ.

Суммарная мощность компенсирующих устройств

$$Q_k = Q_э - Q_{э1}$$

где $Q_э$ и $Q_{э1}$ Реактивная мощность энергосистем при наибольшей и наименьшей активной нагрузки.

Для промышленных предприятий с суммарной мощности менее 750кВА значение КУ задаёт энергосистема и выполнение предприятием обязательно.

В сетях до и выше 1000В используется средства КРМ общего назначения. До 1000В- низковольтные батарей конденсаторов НБК и выше 1000В высоковольтные батарей конденсаторов –ВБК. Также используется синхронные двигатели, силовые резонансные фильтры (СРФ), фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ), фильтросимметрирующие устройства(ФСУ), синхронные компенсаторы и др.

Так как мы занимаемся из видов компенсирующих установок конденсаторных батарей более подробно рассматриваем расчёт и выбор мощности конденсаторных батарей. Опыты показали, что при выполнении компенсации реактивной мощности на стороне низшего

напряжения даёт больше эффект. Кроме того к сетям напряжением до 1кВ промышленных предприятиях подключается большая часть потребители реактивной мощности. НБК осуществляют одновременно с выбором цеховых трансформаторных подстанций.

Сначала определяется максимальная расчётная реактивная мощность потребителей предприятия питающиеся от этой ТП. Выбирается НБК округлая до ближайшей стандартной мощности комплектных конденсаторных установок (ККУ) меньше чем Q_p . Приведём существующих КБ применяемых на промышленных предприятий.(таб. 2.1)

Таблица№2.1

№	Тип	Номинальная мощность, кВар	Общая мощность ККУ
1	УК -0,38 -75 УЗ	75	75
2	УК -0,38 -150 УЗ	150	150
3	УКБ -0,38 -150УЗ	150	150
4	УКБ -0,38 -300 УЗ	300	300
5	УКН -0,38 -75 УЗ	75	75
6	УКТ -0,38 -75 УЗ	75	75
7	УКТ -0,38 -108УЗ	108	108
8	УКТ -0,38 -150 УЗ	150	150
9	УКН - 0,38 -150УЗ	150	150
10	УКЛ(П)Н – 0,38 – 324 – 108УЗ	108	324
11	УКЛ(П)Н – 0,38 – 432 – 108УЗ	108	432
12	УКЛ(П) – 0,38 – 300 – 150УЗ	150	300
13	УКЛ(П) – 0,38 – 450 – 150УЗ	150	450
14	УКЛ(П)Н – 0,38 – 600 – 150УЗ	150	600
15	УКЛ(П)Н – 0,38 – 108 – 36УЗ	36	108
16	УКЛ(П)Н – 0,38 – 216 – 36УЗ	36	216
17	УКЛ(П)Н – 0,38 – 150– 50УЗ	50	150
18	УКЛ(П)Н – 0,38 – 216 – 108УЗ	108	216
19	УКЛ(П)Н – 0,38 – 300– 50УЗ	50	300

Если выбирается ККУ ступенчатого регулирования, желательно учитывая реактивной мощности потребителей, рекомендуется подключить мощности ККУ более 400 кВА к шинам трансформаторных подстанций с использованием соответствующего автоматического выключателя подстанции.

Для автоматического регулирование мощности КБ, для подключения в ШМА или к шинам трансформаторной подстанции (ТП) использовать автоматические выключатели АВМ или электрон в зависимости от мощности КБ рис 2.1.1.

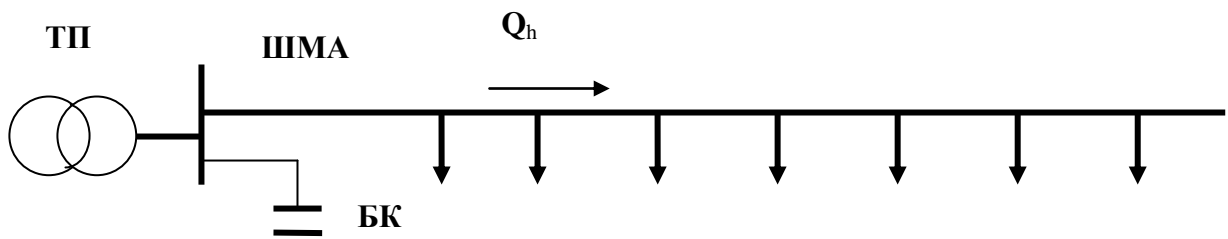


Рис 2.1.1. Схема подключения низковольтные конденсаторные батареи к магистральным шинпроводам.

Из рис видно $Q_{н\ к1} = Q_{н\ к2}$. Места подключения конденсаторных батарей определяются в зависимости, где больше реактивная нагрузка и на одном магистральной линии шинпроводе устанавливают не более двух установки КБ. Когда установлена два установка конденсаторная батарея общая мощность $Q_{н\ к}$ будет

$$Q_{н\ к} = Q_{н\ к1} + Q_{н\ к2}$$

где $Q_{н\ к1}$ и $Q_{н\ к2}$ конденсаторные установки установленных на местах в алюминиевые магистральные шинпроводах (ШМА).

Чтобы определить оптимальное место подключение низковольтных конденсаторных батарей используются следующая формула:

$$l_{onm} = l_1 \left(1 - \frac{Q_{бк}}{2Q_{\Sigma}} \right) l_2$$

где l_1 –длина магистральной части шинпровода; $Q_{бк}$ –мощность блока конденсаторов; Q_{Σ} –суммарная реактивная нагрузка шинпровода; l_1 –длина магистральной части шинпровода; l_2 –длина распределительной части шинпровода.(рис2.1.2)

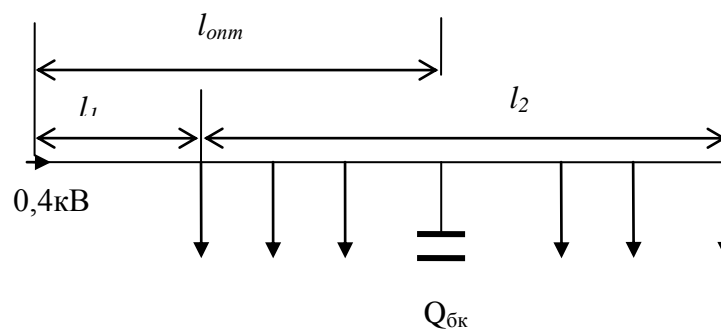


Рис 2.1.2. Схема для определения места подключения конденсаторных батарей.

По данным электрическими параметрами определяется активная и реактивная мощность каждого или группа потребителей и по мере возможности, как уже рассмотрели выше, выбирается стандартные мощности ККУ для компенсаций реактивной мощности.

Расчётная активная мощность

$$Q_p = P_p \cdot t\varphi$$

Реактивная мощность, которая подлежат компенсации

$$Q_k = P_p (t\varphi - t\varphi_n)$$

где P_p – расчётная активная мощность, кВт.

$t\varphi$ и $t\varphi_n$ – существующий и нормативное значение коэффициента реактивной мощности.

Для расчёта реактивной мощности всех источников предприятия (синхронных генераторов, двигателей, конденсаторных батарей) определяют из баланса

$$Q_{k\Sigma} = Q_p - Q_3$$

где Q_p – расчётная реактивная мощность всех потребителей, кВар;

Q_3 – реактивная мощность наибольшей активной нагрузки системы.

При наличии в системе электроснабжения предприятия КУ мощностью $Q_{k\Sigma}$ обеспечивается баланс реактивной мощности предприятия в наиболее нагруженный период в часы максимума.

Для каждой цеховой ТП не компенсированную реактивную нагрузку на стороне 6-10 кВ определяют следующим образом:

$$Q_{не\ ком} = Q_p + Q_{пр\ \phi} + \Delta Q_T$$

где Q_p – наибольшая расчётная реактивная нагрузка трансформатора;

$Q_{пр\ \phi}$ – фактическая принятая реактивная мощность НКБ;

ΔQ_T – суммарные реактивные потери в трансформаторах.

Суммарную расчётную мощность ВБК для всего предприятия определяют из условия баланса реактивной мощности.

$$Q_{вв} = \sum_{i=1}^n Q_{р\ vi} - Q_{св.р} - Q_3$$

где $Q_{р\ vi}$ – расчётная реактивная нагрузка на шинах 6-10 кВ i -го распределительного пункта (РП); $Q_{св.р}$ – располагаемая мощность СД;

n – количество располагаемая мощность на шинах 6-10 кВ i -го РП на предприятий; Q_3 – входная реактивная мощность заданная энергосистемой на шинах 6 или 10кВ.

Если $Q_{вк} < 0$ её принимает равной нулю и по согласованию с энергосистемой, выдавший технические условия на присоединение потребителей устанавливают значение входной мощности.

Каждой секции РП рекомендуется подключать ККУ одинаковой мощности, но не менее 1000 кВар.

Компенсаций реактивной мощности в сетях 6 -10 кВ так как они является большие нагрузки лучше использовать синхронные двигатели (СД)

и синхронных компенсаторов. Входная реактивная мощность Q_3 задаётся энергосистемой как оптимальная передаваемая мощность в период наибольшей нагрузки энергосистемы. Синхронные компенсаторы (СК) на промышленных предприятиях применяется очень редко и тем не менее лучше использовать синхронные двигатели которых использованных этих предприятиях.

Мощность каждого синхронного двигателя, который являются источником реактивной мощности, определяются по формуле

$$Q_{сд} = P_{н\ сд} * k_{сд} \cdot t\varphi_n$$

где $P_{н\ сд}$ – номинальная активная мощность двигателя;

$k_{сд}$ – коэффициент его загрузки по активной мощности; $t\varphi_n$ – номинальный коэффициент реактивной мощности;

Когда $k_{сд} < 1$ то можно использовать СД в качестве источника реактивной мощности. Если номинальная мощность рано или больше 1 то используемая реактивная мощность СД будет определяться

$$Q_{сд.э} = \alpha_m \sqrt{P_{н.сд}^2 + Q_{н.сд}^2}$$

где α_m – коэффициент допустимой перегрузки синхронного двигателя зависящий от его загрузки по активной мощности $P_{н.сд}$;

Таким образом выбираем компенсируемая реактивная мощность использованием синхронного двигателя.

2.2. Выбор компенсирующих устройств в сетях со специфическими нагрузками

В электрических сетях к специфическим нагрузкам относятся нелинейные, несимметричные и резкопеременные нагрузки которых режим работы требует иные принципы компенсации реактивной мощности.

В резко переменных нагрузках при низком коэффициентом мощности необходимо компенсировать постоянного и переменного составляющего реактивной мощности. Когда компенсируется постоянной составляющей реактивной мощности, то увеличивается $\cos\varphi$. Если компенсировать переменное составляющие реактивное мощности, тогда уменьшается колебания напряжения в питающей сети.

Из- за быстрых изменениях потреблений РМ необходимо применять быстродействующих конденсаторных установок быстрого действия, которая составляла 75÷2000 Мвар/с.

В неравномерное потребление реактивной мощности по фазам необходимо по фазное управление конденсаторных установок.

Когда в сетях работают, потребители резкопеременным вентильной нагрузкой ограничиваются применение компенсации РМ. Это объясняется наличием высших гармоники тока и напряжения в работе нелинейных

нагрузок. Так как высшие гармоники приводит к значительным перегрузкам батарей конденсаторов по току.

В таких режимах работы с резкопеременных и вентильных нагрузок компенсация реактивной мощности выполняется на основании графиков потребления активной и реактивной мощности потребителей.

Для определения допустимые колебания напряжения в процентных отношениях используем следующую формулу

$$V_{t.эКВ} = 100 \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta Q_i^2 / n_k / S_k}$$

где δQ_i – значение i -го размаха реактивной мощности, определяется по графику; n_k – суммарное число размахов за время расчетного цикла.

Для проверки допустимости $V_{t.эКВ}$ вычисляют среднюю частоту колебания по формуле $f_{cp} = n_k / T$, где T – время цикла работы нагрузки по графику изменения потребляемой реактивной мощности.

Для дуговых сталеплавильных печей (ДСП) при отсутствии графиков реактивной мощности рекомендуется определять размах колебания напряжения по следующим формулам, %:

Для группы одинаковых ДСП

$$V_{t.эКВ} = 100 \sqrt{N \cdot S_{п.м}} / S_k,$$

где N – количество ДСП; $S_{п.м}$ – мощность печного трансформатора; для группы печей разной мощности

$$V_{t.эКВ} = 100 \sqrt{\sum_{i=1}^n S_{п.м.i} / S_{п.м.макс}} \cdot S_{п.м.макс} / S_k$$

где $S_{п.м.макс}$ – мощность наибольшего печного трансформатора.

В практических расчетах считается допустимыми колебание напряжения если они не превышает 1%.

Для резкопеременных нагрузок рекомендуется применять устройства динамической и статической компенсации реактивной мощности.

В отдельных случаях, когда не требуется большого быстрогодействия можно использовать специальные синхронные компенсаторы.

Для специального синхронного компенсатора условия оптимального регулирования реактивной мощности имеет вид:

$$Q_{сск} = Q_{\sim} \cdot K_{\sim} + Q_{cp} \cdot K_{cp},$$

где $Q_{\sim} = \sqrt{Q_{эф}^2 - Q_{cp}^2}$ – переменная составляющая реактивной мощности

нагрузки; $Q_{эф} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T Q^2(t) dt}$ – эффективное значение потребляемой

реактивной мощности; $Q_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T Q(t) dt$ – среднее значение реактивной

мощности нагрузки за время цикла T ;

$K_{\sim} \geq (\delta Q - \delta Q_{доп}) / \delta Q = 1 - V_{t.доп} S_k / 100 \delta Q_{эКВ}$ – доля компенсации переменной составляющей потребляемой реактивной мощности;

$\delta Q = Q_{\text{макс}} - Q_{\text{мин}}$ – максимальный размах колебаний; $V_{\text{т.доп}}$ – допустимое значение размаха колебаний напряжения; $\delta Q_{\text{экв}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta Q_i^2 / n}$ – значение эквивалентного размаха колебаний потребляемой реактивной мощности;

$K_{\text{ср}} = 1 - \text{tg}\varphi / \text{tg}\varphi_{\text{ср}}$ – доля компенсации постоянной составляющей реактивной мощности; $\text{tg}\varphi_{\text{доп}}, \text{tg}\varphi_{\text{ср}} = Q_{\text{ср}} / P_{\text{ср}}$ – соответственно допустимое и среднее значения коэффициента мощности резкопеременной нагрузки.

Для определения среднего и эффективного значений реактивной мощности рекомендуется график печи ДСП с начальными значение реактивной мощности Q_{1i} и конечные Q_{2i} . При n количестве средняя реактивная мощность $Q_{\text{ср}}$

$$Q_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n \frac{Q_{1i} + Q_{2i}}{2} t_i$$

При выборе средства компенсаций реактивной мощности в сети с резкопеременными нагрузками рекомендуется применять быстродействующие источники реактивной мощности (статические компенсаторы). Они основаны на принципе прямой и косвенной компенсаций.

При использовании принципа прямой компенсации ступенчатым подключением к сети конденсаторов или фильтров с тиристорными ключами мощность конденсаторных установок для компенсации переменной составляющей реактивной мощности нагрузки определяют по формуле

$$Q_{\text{к.у}} \geq \delta Q_{\text{экв}} K_{\sim}$$

Значение реактивной мощности каждой ступени определяют из условия

$$Q_{\text{ст}} \leq V_{\text{т.доп}} S_{\text{к}} / 100$$

При использовании принципа косвенной компенсации по схеме с управляемыми тиристорами мощность группы равна:

$$Q_{\text{тир}} \geq \delta Q_{\text{экв}} K_{\sim}$$

Мощность, генерируемая нерегулируемой частью БК (фильтра), равна:

$$Q_{\text{б.к}} \geq (Q_{\text{с.р}} + Q_{\text{тир}}) K_{\text{ср}}$$

Параметры специальные компенсирующих устройств (компенсаторов) косвенной компенсации для ДСП при отсутствии графиков потребляемой реактивной мощности рекомендуется определить:

Для группы одинаковых ДСП

$$Q_{\text{тир}} \geq S_{n,m} \sqrt[4]{N} - V_{\text{т.доп}} S_{\text{к}} / 100$$

$$Q_{\text{б.к}} \geq (S_{n,m} \sqrt[4]{N} - V_{\text{т.доп}} S_{\text{к}} / 200) K_{\text{ср}}$$

Для группы печей разной мощности

$$Q_{\text{тир}} \geq S_{n,m,\text{макс}} \sqrt{\sum_{i=1}^n S_{n,m,i} / S_{n,m,\text{макс}}} - V_{\text{т.доп}} S_{\text{к}} / 100$$

$$Q_{б.к} \geq (S_{n,m,макс} \sqrt{\sum_{i=1}^n S_{n,m} / S_{n,m,макс}} - V_{t.дон} S_k / 200) \cdot K_{cp}$$

Если в сетях имеется вентильных преобразователи или других не линейных элементов, тогда применение в качестве источников реактивной мощности конденсаторных батарей выполняются следующие условия:

для вентильных преобразователей

$$S_k / S_{н,л} \geq 200 ;$$

для других нелинейных нагрузок

$$S_k / S_{н,л} \geq 100 ;$$

где S_k - мощность короткого замыкания; $S_{н,л}$ – суммарная мощность нелинейной нагрузки.

При коэффициенте несинусоидальности менее 5% можно применять компенсирующие устройства реактивной мощности батарей конденсаторов с защитным реактором или фильтром.

Напряжение блока конденсаторов определяют по формуле

$$U_{б,к} \geq v^2 U_{ном} / (v^2_{мин} - 1)$$

где $v_{мин}$ –наименьший порядковый номер гармоники; $U_{ном}$ –номинальное напряжение сети установленных БК и защищённых реактором.

Если коэффициент несинусоидальности 5% и более рекомендуется применять силовые фильтры высших гармоник.

2.3. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей по углу ϕ на базе тиристорov.

В настоящее время уделяется особое внимание электросберегающей технологии и способам снижения потерь электрической энергии.

Рациональная компенсация реактивной мощности является важной задачей комплекса научно – технических проблем электроэнергетики. Эффективным способом снижения потерь электроэнергии в электрических сетях, повышения пропускной способности линий и трансформаторов является установка компенсирующих устройств у потребителей. На промышленных предприятиях широкое применение находят конденсаторные батареи высокого и низкого напряжения [1].

Компенсация реактивной мощности может осуществляться следующими способами:

- а) централизованная компенсация, когда конденсаторные батареи устанавливаются на шинах 6 – 10кВ или на шинах 0,4кВ силового трансформатора;
- б) групповая компенсация, когда конденсаторные батареи устанавливаются на распределительных пунктах 0,4кВ;
- в) индивидуальная компенсация, когда конденсаторные батареи устанавливаются непосредственно у потребителя.

Вопрос о выборе способов компенсации решается на основании технико – экономических расчётов.

В связи с тем, что количество электроэнергии потребляемой предприятием изменяется в течение суток, изменяется и потребность в реактивной мощности. Поэтому для обеспечения экономической работы конденсаторных установок необходимо автоматически регулировать мощность конденсаторных батарей при изменении величины и характера нагрузок.

Регулирование мощности конденсаторной установки может производиться в зависимости от напряжения в точке присоединения конденсаторов, тока нагрузки, направления реактивной мощности, времени суток.

Нами предлагалась схема автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей в функции угла между напряжением питающей сети и током нагрузки [3]. Этот способ позволяет уменьшить число коммутационных операций, так как этот угол изменяется значительно меньше, чем значения тока нагрузки и напряжения сети, что приводит к увеличению надёжности и качества работы [2].

При синусоидальном напряжении сети $U=U_m \sin \omega t$ ток активно – индуктивной нагрузки изменяется по закону $i=I_m \sin (\omega t-\varphi)$, где φ угол между векторами напряжения и тока. Значение этого угла изменяется в зависимости от соотношения активного и индуктивного сопротивлений нагрузки.

$$\varphi = \arctg \frac{X_n}{R_n}$$

Подключая в цепь нагрузки первичную обмотку трансформатора тока с насыщающимся магнитопроводом, используем вторичные обмотки для управления состояниями тиристоров, находящихся в цепи с активным сопротивлением R. На рис.2.3.1 представлена принципиальная схема автоматического регулирования мощности конденсаторной батареи в

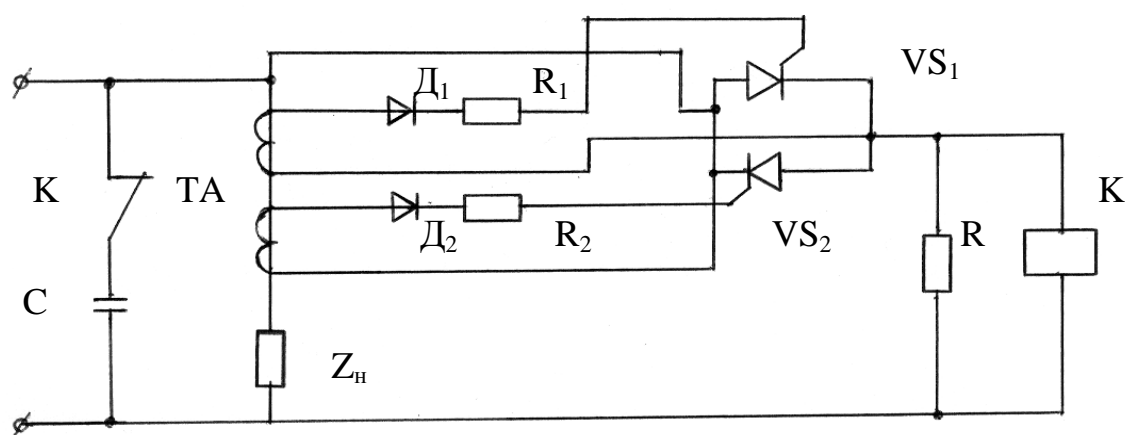


Рис 2.3.1. Схема автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей.

Исполнительный блок выполнен на базе встречно – параллельно включённых тиристоров, которые последовательно соединяются с резистором R. Значения напряжения на резисторе R зависит от угла

включения тиристорov VS_1, VS_2 . При определённом угле включения реле напряжения подаёт сигнал на включение конденсаторной батареи. Управляющие сигналы для тиристорov снимаются со вторичных обмоток трансформатора тока с насыщающимся сердечником через последовательно соединенные диода и резистора.

Изменение характера нагрузки вызывает изменение фазы отпирания тиристорov. Сигналы отпирания подаются на управляющий в те моменты, когда напряжение на аноде положительное относительно катода. Тиристор отпирается в момент, когда

$$I_y \geq I_{y \text{ спр}}$$

Если нагрузка чисто активная, то прибор включается в самом начале положительного полупериода анодного напряжения и остаётся открытым до конца этого полупериода. Вентили D_1, D_2 защищают цепь управления от обратного тока, а резисторы R_1, R_2 ограничивают ток управления.

При экспериментальном исследовании схемы при активной нагрузке фаза отпирания тиристора начиналось с 30° (рис.2.3.2.а)

Это объясняется тем, что в данном случае используется амплитудно – фазовый способ управления, при котором на управляющий электрод поступает сигнал, достигающий уровня, необходимого для включения прибора, через определённое время.

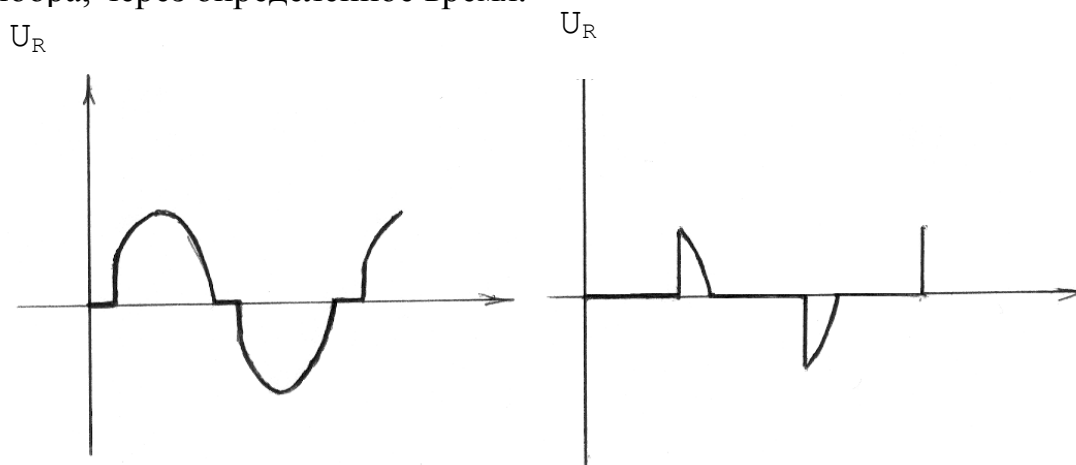


Рис.2.3.2. Форма кривой напряжения на R при чисто активной нагрузке (а) и при активно – индуктивной нагрузке (б).

Среднее значение тока I_{cR} определяется по следующей зависимости.

$$I_{cR} = \frac{I_m}{2\sqrt{\pi}} (1 + \cos \varphi),$$

где φ - угол включения тиристора, определяемый характером нагрузки. Выбор элементов схемы осуществляется, учитывая наибольшую амплитуду напряжения, прикладываемым к элементам, величину рабочих токов, проходящих через $VS_1, VS_2, D_1, D_2, R_1, R_2, R$.

Сопrotивление резисторов в цепи управления тиристоров может быть рассчитана по следующей формуле (4)

$$R_1 = \frac{0.05U_m - U_{y.cnp}}{(1,1 \div 1,2)I_{y.cnp}}$$

Здесь U_m – амплитуда напряжения источника.

Для расчета трансформатора тока с насыщающимся магнитопроводом можно использовать известную методику расчёта дросселей насыщения с использованием сердечников стандартных размеров. При этом исходными данными являются: номинальная мощность, частота питания, материал и форма магнитопровода, допустимая температура перегрева проводов обмоток, внутренний и внешний диаметры трансформатора, площадь обмоточного окна, коэффициенты заполнения и исполнения, поверхность охлаждения [5].

Таким образом, предложенная схема может служить основой устройства автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей в функции коэффициента реактивной мощности.

2.4. Экспериментальные исследование одно и двух тиристорные автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей по углу ϕ нагрузки.

2.4.1. Компенсация реактивной мощности в электродвигателях напряжением до 1000В использованием однотиристорного устройства.

В сетях напряжением до 1000В промышленных предприятиях для технологических процессах используется асинхронные двигатели, которые потребляет реактивной мощности более 60%. Для этого электродвигатели работающие на переменном напряжении, трансформаторы, выпрямители, когда потребляет больше реактивной мощности, возникает дефицит реактивной мощности. Чтобы уменьшить дефицита реактивной мощности к этим электрических сетям с использованием коммутационных аппаратов подключаются конденсаторных батареи.

Предлагаемая устройства реагирующий на изменение угла ϕ между током нагрузки и напряжением сети автоматически регулирует включение и отключение конденсаторных батарей в цепи асинхронного двигателя (Рис.2.4.1).

Использованный асинхронный двигатель экспериментальной установке имеет следующие данные

$$P_n = 180\text{Вт} \quad U_n = 380\text{В} \quad \cos\phi = 0,64$$

и нагрузка на валу вентилятор.

Во время работы асинхронный двигатель без включением конденсаторных батарей имеет:

Номинальная реактивная мощность

$$Q_n = P_n \cdot \text{tg}\phi = 180 \cdot 1,2 = 216 \text{ Вар}$$

где $\operatorname{tg}\varphi = 1,2$ при $\cos\varphi = 0,64$

Полная номинальная мощность

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{80^2 + 216^2} = 280 \text{ В} \cdot \text{А}$$

Для компенсаций реактивной мощности асинхронного двигателя определяем ёмкость конденсатора

$$C_{\kappa} = \frac{Q_{\kappa}}{U^2 \omega} = \frac{0,216}{0,38^2 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 3,14} = 4,7 \text{ мкФ}$$

Если исходя из нормативного значения $\cos\varphi_n = 0,95$, то величина реактивная мощность который подлежат к компенсацию будет

$$Q_{\kappa} = P_n (\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi_n) = 180(1,2 - 0,327) = 157,14 \text{ Вар}$$

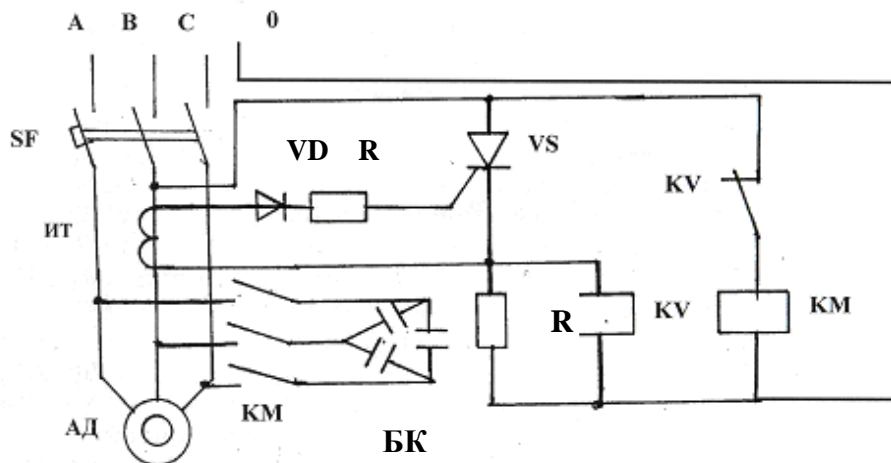


Рис. 2.4.1. Экспериментальная модельная установка компенсации реактивной мощности.

Данная установка состоит из импульсного трансформатора, которая к его вторичной обмотке через диод VD и резистор R подключен управляющий электрод тиристора VS и второй конец катоду тиристора. Катод тиристора включен резистору R₁ и реле напряжения KV. Другие концы R₁ и KV в месте с концом КМ нулевому проводу сети. К аноду тиристора через нормальный закрытый контакт подана фаза В. Магнитопускатель КМ, применена для включения и отключения БК. Магнитопускатель КМ управляет реле напряжения KV.

Для подачи напряжения к двигателю использовали кабель длиной 20м с поперечным сечением 4мм². Учитывая удельное сопротивление кабельной линии определяем сопротивление КЛ

$$R = r_0 l = 7,74 \cdot 0,02 = 0,155 \text{ Ом.}$$

где r_0 - удельное сопротивление кабельной линии $r_0 = 7,72 \text{ Ом/км.}$

Теоретическое определение потери активной мощности до и после компенсаций реактивной мощности

$$\Delta P_1 = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_n^2} R = \frac{180^2 + 216^2}{380^2} \cdot 0,155 = 0,085 \text{ Вт}$$

$$\Delta P_2 = \frac{P_n^2 + (Q_n - Q_{\kappa})^2}{U_n^2} = \frac{180^2 + (216 - 157,14)^2}{380^2} \cdot 0,155 = \frac{180^2 + 58,86^2}{380^2} \cdot 0,155 = 0,0385 \text{ Вт}$$

Разность потери активной мощности до и после компенсаций в процентах

$$\Delta P = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_1} \cdot 100 = \frac{0,085 - 0,0385}{0,085} \cdot 100 = 54,7\%$$

Результаты исследование дали такие же результаты.

2.4.2. Решение дифференциальных уравнений компенсаций реактивной мощности.

Немаловажное значение имеет вопрос компенсации реактивной мощности для снижения потерь активной мощности, а также повышение качество электроэнергии на промышленных предприятиях.

Для решения вопросы существует различные устройства и методы автоматически регулирование реактивной мощности конденсаторных батарей. Этим автоматическим регулированием относится: автоматические регулирование мощности конденсаторных установок по напряжению на шинах подстанции, тока нагрузки, с использованием бесконтактных элементов, направлению реактивной мощности, по $\cos\phi$, АРКОН и другие автоматические регулирование.[1].

Каждые автоматические регуляторы реактивной мощности конденсаторных батарей по сдвигу фаз между напряжением питающей сети и током нагрузки отличающиеся тем, что вторичная обмотка ИТ через диод D_1 и резистором R_1 соединен с управляющим электродом тиристора T , а силовые электроды тиристора через резистор R_2 контролирует реле напряжения KV . (Рис.2.4.2.)

При активно-индуктивном характере нагрузки Z_H тиристор T запирается и реле напряжения KV отключается. Нормально закрытом контактом реле KV дает сигнал на включение конденсаторных батарей. При активной нагрузке тиристор T отпирается, напряжение на резисторе R_2 увеличивается, реле напряжения KV срабатывает и своим размыкающим контактно дает сигнал на отключение конденсаторных батарей.[2]

Обеспечения надежности работу устройство принята в схеме реле тока KA и она включена последовательно к нагрузке Z_H .

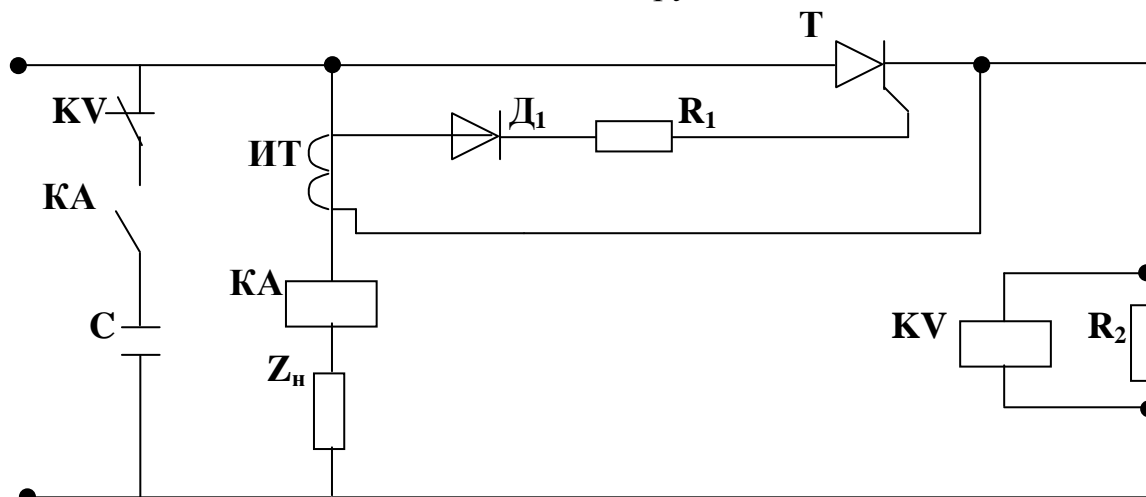


Рис.2.4.2. Схема включения конденсаторной батареи

Для компенсации реактивной мощности использован конденсатор С. Для управления тиристора важна импульсная напряжения во вторичной обмотке импульсного трансформатора ИТ. Если определить магнитный поток создающего напряжения во вторичной обмотке тогда

$$\Phi = \sqrt{I_{1m} \sin(\tau + \varphi)} \quad (1)$$

и напряжения

$$U_2 = \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

Таким образом, устройство автоматическое регулирование реактивной мощности конденсаторных батарей простой, надежен, непосредственно точно реагирует изменение угла между напряжением питающей сети и током нагрузки и разработанная программа в Паскале очень много сокращает времени для определения параметров устройства компенсации реактивной мощности.

Глава I I.Бесконтактный способы автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей.

3.7. Бесконтактное реле напряжения на базе тиристоров

Данная схема (рис. 3.7.1) относится к области электротехники и может быть использовано при создании устройства автоматики, бесконтактной коммутационно-регулирующей аппаратуры в системах электроснабжения промышленных предприятий.

Известны бесконтактные реле напряжения, созданные на базе электроферромагнитного элемента состоящий из магнитного усилителя, диодного моста и добавочного сопротивления.

Недостатком таких устройств является их большие весогабаритные показатели, а также применение дополнительных источников постоянного тока.

Также известны реле напряжения, выполненные на базе полупроводниковых элементов, состоящий из тиристора, двух диодов, стабилитрона и двух добавочных сопротивлений [9].

Недостатком таких устройств является их малая мощность, использование источника постоянного тока, а также стабилитрона, у которого номинальные параметры имеют большой разброс, что приводит к неточному срабатыванию реле.

Наиболее близким к предлагаемому устройству является реле напряжения, состоящая из диодного моста, в диагональ которого включен управляемый тиристор, причем диодный мост включается в сеть последовательно с нагрузкой, а сигналы управления состоянием тиристора подаются от сети через активное сопротивление [14]. Недостатком данного реле является несинусоидальная форма кривой напряжения на нагрузке.

Задача - создание бесконтактного реле напряжения имеющее синусоидальную форму кривой напряжения на нагрузке.

Поставленная задача решается тем, что бесконтактное реле напряжения содержащий диодный мост, в диагональ которого включен управляемый тиристор, причем диодный мост включается в сеть последовательно с нагрузкой, к управляющим электродам силового тиристора сигналы управления подаются через резистор с обкладок конденсатора, который последовательно соединён с двумя маломощными управляемыми тиристорами, подключенными к вторичной обмотке понижающего трансформатора, сигналы управления на эти тиристоры подаются от этого же трансформатора соответственно через резистор и последовательно соединенных диода и резистора.

Выполнение бесконтактного реле напряжения по указанной схеме позволяет получить на нагрузке напряжение с синусоидальной формой и достичь коэффициента возврата реле близкой к единице.

На рис. 3.7.1 изображена принципиальная электрическая схема бесконтактного реле напряжения. Реле содержит диодный мост 1, подключенный к сети последовательно с конденсатора C_2 , в диагональ моста включен управляемый тиристор T_3 , к управляющему электроду силового тиристора сигналы управления подаются через резистор R_3 с обкладок конденсатора C_1 , который последовательно соединен с двумя маломощными управляемыми тиристорами T_1 , , управляющие электроды маломощного тиристора T_2 , через последовательно соединенные резистора и диода D_1 подключены к вторичным обмоткам трансформатора, а управляющий электрод маломощного тиристора T_1 , через резистор R_2 и тиристор T_2 также подключен к вторичной обмотке трансформатора.

Бесконтактное реле напряжения работает следующим образом. При достижении определенного значения входного напряжения подается отпирающие сигналы на управляющий электрод тиристора T_2 и он открывает скачком тиристор T_1 при угле 90^0 (рис. 3.7.2). После открытия тиристора T_2 открывается тиристор T_1 и конденсатор C_1 заряжается до напряжения вторичной обмотки. В этот же момент с обкладок конденсатора C_1 подается импульс управляющего сигнала на силовой тиристор T_3 , имеющую форму, показанную на рис. 3.7.3 Так как на управляющие электроды тиристора T_3 подается сигнал постоянного тока, то он остается постоянно открытым, и по конденсаторе C_2 будет протекать ток синусоидальной формы. Момент срабатывания тиристора T_2 , T_2 регулируется при помощи подбора параметров резистора R_1 .

Данное бесконтактное реле напряжения испытана в лаборатории кафедры «Электроэнергетика» энергетического факультета Ташкентского Государственного технического университета. При этом использованы в качестве тиристоры T_1 , T_2 , T_3 соответственно тиристоры типа КУ 201К, КУ 201В, КУ 201В, в качестве диодов – Д 206Б, в качестве активных сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 , соответственно 2 кОм, 470 Ом, 360 Ом, в качестве емкости C_1 – конденсатор с емкостью 200 мкФ, в качестве трансформатора

использован однофазный трансформатор 220/24 Вольт. Экспериментальные исследования показали, что емкость C_2 включалась в сеть при напряжении 113 В. На рис. 3.74. представлена характеристика вход- выход рассмотренного реле при вышеприведенных параметрах. Форма кривой напряжения на нагрузке – синусоидальная.

3.12. Регулирование мощности конденсаторных батарей в функции напряжения

В настоящее время особое внимание уделяется разработке и внедрению энергосберегающих технологий и способов снижения потерь электроэнергии. На экономичность системы электроснабжения влияют многие факторы, одним из главных среди них является оптимальная компенсация реактивной мощности и размещение средств компенсации в сети [1,2].

В связи с тем, что количество потребителей электроэнергии на предприятиях изменяется в течение суток, изменяется также потребность в реактивной мощности. Поэтому для обеспечения экономичной работы конденсаторных установок необходимо автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей при изменении величины и характера нагрузок [4].

С учетом вышесказанного разработана новая схема трехфазного бесконтактного автоматического регулятора мощности конденсаторных батарей, которая работает в зависимости от величины напряжения в точке присоединения. В этой схеме использованы несколько тиристорных устройств, в цепь управления которых применены полупроводниковые реле напряжения.

Важным преимуществом бесконтактных аппаратов является их быстродействие, частота переключения, долговечность, простота обслуживания, механическая стойкость, способность к работе во взрывоопасных и загрязненных средах, бесшумность, малые габариты.

Схема бесконтактного реле напряжения (рис.3.12.1) содержит конденсатор C_1 , который последовательно соединяет с двумя маломощными тиристорами VS_1 , VS_2 . управляющий электрод тиристора VS_1 подключен к вторичной обмотке трансформатора через последовательно соединенной резистор R_1 и диод VD , а управляющий электрод тиристора VS_2 через резистор R_2 и тиристор VS_1 также подключается к этой обмотке трансформатора. Реле работает следующим образом: при определенном значении напряжения сети управляющий сигнал открывает тиристор VS_1 под углом 90° . После этого откроется тиристор VS_2 и конденсатор C_1 заряжается до максимального напряжения вторичной обмотки трансформатора.

Тиристорное устройство для включения и отключения конденсаторных батарей, собранных по схеме треугольника, содержит диодные мосты, в диагональ которых включены управляющие силовые

тиристоры (рис.3.12.2). К управляющим электродам тиристоров в цепи силовых конденсаторов сигналы подаются через понижающий трансформатор и бесконтактное реле напряжения. Коммутация трехфазных конденсаторных батарей в функция напряжения осуществляется с помощью двух таких реле, настроенных на разные напряжения срабатывания.

Рис.3.12.1.Схема реле напряжения

Рис.3.12.2. Схема включения силовых конденсаторных установок

Выбор элементов рассмотренной схемы реле напряжения осуществляется с учетом мощности нагрузки, напряжения вторичной обмотки трансформатора, рабочие и управляющие токи тиристоров. Значение сопротивления в цепи управления тиристора можно определить по следующей формуле [3]:

$$R_y = \frac{0,05U_n - U_{упр}}{(1,1 \div 1,2)I_{y.упр}};$$

где U_n - амплитуда напряжения вторичной обмотки трансформатора;

$U_{упр}$ - напряжения между управляющим электродом и катодом соответствующее току $I_{упр}$ цепи управляющего электрода.

Значение емкости реле напряжения определяется с учетом токов нагрузки и требуемой величины постоянной времени цепи R_n, C .

Предложенный регулятор мощности конденсаторных батарей в функции напряжения испытан в лаборатории кафедры “Электроснабжение” Энергетического факультета Ташкентского государственного технического университета. Схема была собрана на базе следующих элементов:

- а) Тиристоры КУ 201А, КУ 201Н;
- б) Диод Д226Б;
- в) Резисторы на 3,4 кОм, 210 Ом, 4,7кОм, 150 Ом, 1,2 кОм;
- г) Емкостей по 220 мкФ.

Экспериментальные исследования нового устройства показали, что конденсаторные батареи включаются в сеть при напряжении 140В, а при напряжении 190В они отсоединяются от сети.

Использование данного устройства для бесконтактного включения и отключения конденсаторных батарей способствует оптимальному использованию мощности конденсаторных батарей и уменьшению дефицита реактивной мощности. Также достигается экономия определенной величины электроэнергии. Кроме этого регулирование мощности конденсаторных батарей на производственных предприятиях дает возможность разгружать систему от реактивной нагрузки.

Предложенный способ автоматического регулирования мощности компенсирующих устройств рекомендуется использовать в схемах бесконтактной коммутационно - регулирующей аппаратуры систем электроснабжения промышленных предприятий.

3.13. Автоматическое регулирование мощности трехфазных конденсаторных батарей.

В настоящее время уделяется особое внимание энергосберегающим технологиям и способом снижения потерь электрической энергии.

Экономичность электроснабжения достигается путем разработки совершенных систем распределения электроэнергии, использования рациональных конструкций комплексных распределительных устройств. На экономичность влияют многие факторы, один из главных среди них является компенсация реактивной мощности и размещения средств компенсации в сети. [1]

В связи с тем, что количество потребляемой предприятием электроэнергии изменяется в течение суток, изменяется и потребность в реактивной мощности. Поэтому для обеспечения экономичной работы конденсаторных установок, необходимо автоматически регулировать мощность конденсаторных батарей при изменении величины и характера нагрузок за счет использования автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей в зависимости от напряжения в точке присоединения конденсаторов с использованием бесконтактных электрических аппаратов. С широкой автоматизацией производственных процессов, внедрением систем автоматического управления в промышленности существенно возросли требования к надежности, быстродействию и долговечности электрических аппаратов; до минимума должен быть сведен уход за аппаратами в процессе эксплуатации. Этим требованием в значительной степени отвечают бесконтактные электрические аппараты. [2]

Важными преимуществами бесконтактных аппаратов является их быстродействие, высокая скорость и частота переключения, долговечность, простота обслуживания, механическая стойкость способность к работе во взрывоопасных и загрязненных средах, уменьшенный уровень радиопомех, бесшумность, малые габариты. Управление режимом компенсирующих устройств должно осуществляться автоматически. Для этой цели в настоящее время применяют различные автоматические регуляторы. [3]

Целью данной работы является создание малогабаритного автоматического регулятора мощности, увеличение надежности и качества работы электрических аппаратов за счет использования автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей в зависимости от напряжения в точке присоединения конденсаторов с использованием бесконтактных электрических аппаратов.

Недостатком таких устройств является их сложность системы управления и использование одновременно датчиков напряжения и тока с блоком управления тиристорными ключами.

Задача разработка схем бесконтактного тиристорного устройства для включения и отключения конденсаторных батарей, которая обеспечивает уменьшение весогабаритных показателей и увеличения надежности его работы. Задача решается тем, что бесконтактное тиристорное устройство для включения и отключения конденсаторных батарей, содержащее диодный мост, в диагональ которого включен управляемый силовой тиристор, причем диодный мост, включается в сеть последовательно с конденсаторных батарей. К управляющим электродом силового тиристора сигналы

управления подается через понижающий трансформатор Тр1. Диодный мост и через резисторы в управляющий электрод каждого силового тиристора. На вход понижающего трансформатора сигнал подается от электронного (бесконтактного) реле напряжения. Реле напряжения состоит из двух частей. Первая часть реле напряжения включает в себя обмоток, резисторы R_3 , R_4 , диод VD_2 , тиристоры VS_3 , VS_4 , VS_6 и конденсатор C_2 , который открывает тиристора VS_5 и ограничивается управляющий ток с помощью резистора R_6 при определенной величины входного напряжение к трансформатора реле напряжения. Сигнал через диодный мост и тиристор VS_5 подается к трансформатором Тр2. Открывается силовые тиристоры VS_7 , VS_8 , VS_9 и включается трехфазная конденсаторная батарея. При повышении напряжения на входе реле напряжения больше определенной величины срабатывает вторая часть реле напряжения, которая состоит из обмоток, резисторы R_1 , R_2 , R_5 , диод VD_1 , тиристоры VS_1 , VS_2 , и конденсатор C_1 . Открывается тиристоры VS_1 , VS_2 , и тиристор VS_6 на первый части реле напряжения закрывается тиристор VS_3 и VS_4 . Закрывание тиристоров VS_3 и VS_4 разрывает цепь управления тиристора VS_5 и тиристор закрывается. Снимается напряжения с входа трансформатора Тр2. Конденсаторы C_{12} , C_{23} , C_{31} отключаются. (Рис .3.12.1)

В схеме использованы в качестве тиристоров VS_1 , VS_2 , VS_3 , VS_4 , VS_5 , соответственно тиристоры типа КУ 202К, КУ 202Н, КУ 202Н, КУ 202Н, КУ 202Н и VS_6 - КУ 202Н, в качестве диодов VD_1 , VD_2 – Д 226Б, в качестве активных сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 , R_7 , соответственно резисторы на 1,8 кОм, 300 Ом, 3,9 кОм, 300 Ом, 3,8 кОм, 330 Ом, 200 Ом. Активных сопротивлений R_8 , R_9 , R_{10} соответственно по 330 Ом каждый, в качестве емкостей C_1 и C_2 – конденсаторы переменного напряжения на 50В. с емкостью 220мФ. Экспериментальные исследования показали, что конденсаторная батарея включалась в сеть при напряжении 180В, а отключалась при напряжении 238В (Рис .3.13.1) .

На рис.3.13.2 показана характеристика напряжения вход-выход бесконтактное тиристорное устройство для регулятора мощности конденсаторных установок в функции напряжения

Рис. 3.13.1. Схема бесконтактное тиристорное устройство для регулятора мощности конденсаторных установок в функции напряжения.

Рис.3.13.2. Характеристика «вход- выход»

Предложенный способ автоматического регулирования мощности компенсирующих устройств рекомендуется в схемах устройств автоматики, бесконтактной коммутационно - регулирующей аппаратуры в системах электроснабжения промышленных предприятий при автоматическом управлении режимами работ компенсирующих устройств, в разработке надежных регуляторов напряжения и тока.

3.14. Преимущество бесконтактных коммутационных аппаратов.

Основные преимущества бесконтактных коммутационных:

бездуговое отключение электрических цепей и высокая частота включений;

повышенная надежность в эксплуатации. отсутствию электрической дуги при коммутации, подвижных частей и кинетических связей;

быстродействие позволяющее создавать качественно новую защиту электрических цепей и обеспечение бесперебойное электроснабжение;

- возможность наряду с выполнением функций обычных аппаратов регулировать напряжение (мощность), осуществлять реверсирование, торможение, регулирование электродвигателей и т.д.;
- незначительная мощность управления;
- высокая технологичность и возможностью использования унифицированных узлов;
- возможность применения во взрыво- и пожароопасных помещениях;

Основные преимущества бесконтактных коммутационных - аппаратов в сравнении с коммутационные аппараты:

-бездуговое отключение электрических цепей и высокая частота включений;

-повышенная надежность в эксплуатации при коммутации, подвижных частей и кинетических связей;

-быстродействие (время отключения может составлять единицы и даже доли миллисекунд), позволяющее создавать качественно но-

вую защиту электрических цепей с высоким уровнем токоограничения, а также обеспечивать бесперебойное электроснабжение;

-возможность наряду с выполнением функций обычных аппаратов регулировать напряжение (мощность), осуществлять реверсирование, торможение, регулирование скорости электроприводов и т.д.;

-незначительная мощность управления;

-высокая технологичность, блочности конструкции и возможностью использования унифицированных узлов;

-возможность применения во взрыво- и пожароопасных помещениях;

Электронный коммутационный аппарат, является основным элементом силовой части как бесконтактных и представляют собой коммутационные устройства, выполняющие функции прерывателя тока. Они позволяют включать и отключать нагрузку в цепи электрического тока, а также регулировать ее мощность.

Электронный коммутационный аппарат, полно охватить диапазон возможного использования электронного контактора в составе полупроводниковой автоматики. Их классифицировать их в зависимости от следующих определяющих факторов: способа бездуговой коммутации, рода тока, способа управления, числа фаз, схемы соединения.

ГЛАВА 4

Расчет элементов схемы автоматического регулирования мощности конденсаторных установок

4.1. Общие положения

Расширение областей применения и увеличение объемов производства силовых полупроводниковых преобразовательных устройств определяют необходимость их постоянного совершенствования, оптимизации параметров и технико-экономических показателей. Одним из важнейших моментов в решении этих вопросов является правильное и рациональное применение силовых полупроводниковых приборов в схемах автоматического регулирования. Вид и тип номинал силового полупроводникового прибора, выбранные для применения, определяют как выбор способов, так и параметры элементов устройств ограничения перенапряжений, ограничения и отключения токов перегрузки, ограничения скоростей нарастания токов и напряжений, деления токов и напряжений при групповом соединении

приборов. Указанные элементы и узлы устройства, как правило, составляют значительную его часть, и, следовательно, выбор силового полупроводникового прибора оказывает существенное влияние не только на надежность работы устройства, но и на его массу, габаритные размеры, стоимость и коэффициент полезного действия.

Опыт разработки и эксплуатации силовых полупроводниковых преобразовательных устройств показывает, что анализу, расчетам и экспериментальным исследованиям режимов и условий работы силовых полупроводниковых приборов в реальных схемах применения следует уделять не меньшее внимание, чем анализу и расчетам электромагнитных процессов, энергетических показателей и внешних характеристик преобразовательных устройств, в которых эти приборы применены. Без проведения на должном уровне и в достаточном объеме этих исследований не может быть однозначно определено и тем более гарантировано надежное функционирование устройства.

Требования, предъявляемые к силовым полупроводниковым приборам в каждом конкретном случае, могут быть сформулированы достаточно точно и в полном объеме. Качество и возможности силовых полупроводниковых приборов достаточно полно определяются совокупностью параметров и характеристик, приводимых в технических условиях на их поставку и информационных технических материалах, составляемых поставщиком приборов. В связи с этим для обеспечения правильного и эффективного применения силовых полупроводниковых приборов необходимо в каждом конкретном случае правильно решить вопрос сопоставления качества и возможностей прибора с теми требованиями, которые к нему предъявляются [4].

Свойства и качество силовых полупроводниковых приборов обеспечивающие их работоспособность, описывают определенным набором показателей, состоящих из ряда параметров и характеристик.

Параметрами силовых полупроводниковых приборов называют установленные действующими стандартами величины, определяющие допустимые значения основных воздействующих на прибор факторов в оговоренных условиях и характеризующие основные отличительные свойства прибора, относящие его к определенным виду и подвиду прибора.

Характеристиками силовых полупроводниковых приборов называют установленные действующими стандартами взаимосвязи, определяющие зависимости свойств прибора от величин воздействующих на него факторов, условий и режимов его работы, выражаемые в виде графиков, математических формул, таблиц и числовых показателей, определяемых на основании этих взаимосвязей для оговоренных условий и не отнесенных действующими стандартами к параметрам.

Максимальные и минимальные значения предельно допустимых параметров силовых полупроводниковых приборов определяют также значения воздействующих на них факторов, за пределами которых приборы могут быть повреждены или оказаться неработоспособными, т.е. не смогут

выполнять требуемую функцию. Характеристики силовых полупроводниковых приборов определяют путем непосредственных или косвенных измерений или расчетов, устанавливающих количественные зависимости свойств прибора от тех или иных воздействующих на него факторов в определенных условиях. Числовые значения характеристик приборов устанавливают на основании этих зависимостей при фиксированных значениях воздействующих факторов.

Все параметры и характеристики силовых полупроводниковых приборов можно разделить на две основные группы: электрические (параметры по току, напряжению, электрическому сопротивлению, мощности потерь, коммутационным процессам и зависимости от условий и режимов работы) и неэлектрические (температурные, тепловые, механические и климатические параметры и зависимости их от условий и режимов работы).

Предельно допустимые значения параметров силовых полупроводниковых приборов, относящие данный прибор к тому или иному виду, принято называть классификационными параметрами силовых полупроводниковых приборов, а значения параметров силовых полупроводниковых приборов, определяющие допустимые величины воздействующих на приборы факторов, называют эксплуатационными параметрами силовых полупроводниковых приборов.

Эксплуатационные параметры, характеризующие свойства и возможность силовых полупроводниковых приборов в конкретных условиях и режимах его применения, определяя потребитель на основании классификационных параметров силовых полупроводниковых приборов и его параметров и характеристик, приводимых изготовителем в каталожной информации. Методы расчетов и выбора диодов и тиристоров для применения в схемах преобразовательных устройств, практически сводятся к определению эксплуатационных параметров силовых полупроводниковых приборов [3].

4.2.Расчёт элементов схемы.

Катушки с торроидальными (кольцевыми) сердечниками.

Торроидальные сердечники изготавливаются из ферритов и альсиферов. Эти торроидальные сердечники изготавливают из альсиферов внешним диаметром до 75мм, а из ферритовых колец с внешним диаметром до 45 мм для радиотехники.

Размеры колец выбирают с учетом требований к индуктивности и добротности катушки. Чем больше индуктивность, тем больше должны быть размеры кольца.

Для намотки катушки с кольцевыми сердечниками следует применять обмоточные провода с повышенной механической прочностью изоляции (с дополнительной шелковой изоляцией или изолированными высокопрочными эмалями). Намотку выполняют при помощи шпули, на которую

предварительно наматывают провод. Перед намоткой кольцо следует обмотать лентой из лакоткани.

Число витков катушки с кольцевым сердечником определяется по формуле.

$$\omega \approx 280 \sqrt{Ll_{cp} / \mu_d S_c}$$

где L- индуктивность катушки, мГ.

l_{cp} - средняя длина пути магнитной линии, см; μ_d - динамическая магнитная проницаемость материала сердечника.

S_c - площадь поперечного сечения сердечника, см².

Магнитная проницаемость - коэффициент, показывающий во сколько раз магнитная индукция в ферромагнетике больше, чем в воздухе. Магнитная проницаемость ферромагнетика зависит от напряженности поля, температуры и других факторов.

Абсолютная магнитная проницаемость

$$\mu_a = B/H,$$

а относительная $\mu = B/\mu_0 H$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Г/м} = 1,257 \text{ мкГ/м}$ - магнитная постоянная.

μ_n -отношение магнитной проницаемости на основной кривой намагничивания по индукции при $H \rightarrow 0$ к магнитной постоянной

$$\mu_n = \frac{\Delta B}{\Delta H \mu_0}.$$

В таблице 4.2.1 приведены основные параметры пермаллоев.

таблица.4.2.1

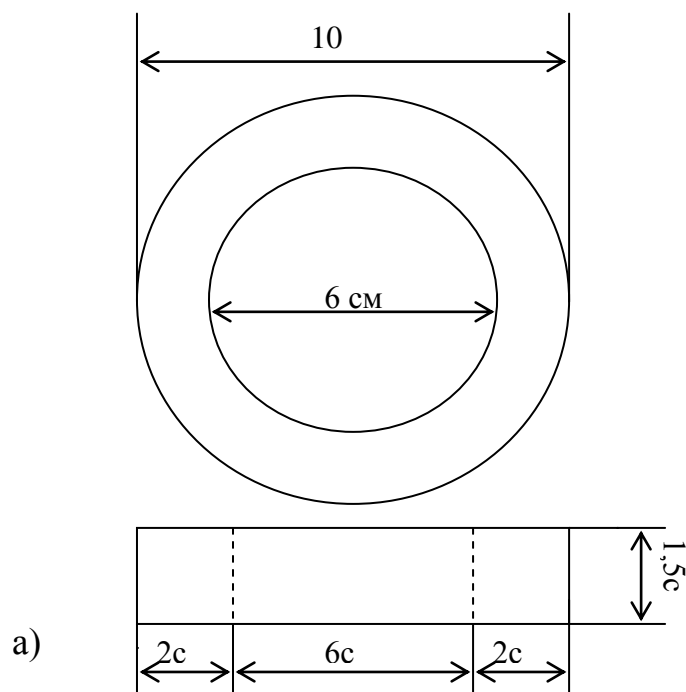
Марка	Магнитная проницаемость		Коэрцитивная сила А/м	Индукция насыщения, Т	Удельное электрическое сопротивление Ом мм ² /м
	Начальная	максимальная			
45 Н	1700÷2800	$(16\div 25) \cdot 10^4$	16÷25	1,5	0,45
50Н	1800÷3000	$(20\div 35) \cdot 10^4$	10÷24	1,5	0,45
50Н-У	3000÷4000	$(30\div 40) \cdot 10^4$	10÷14	1,5	0,45
38НС	2500÷3000	$(20\div 25) \cdot 10^4$	12	0,95	0,9
42НС	2500÷3000	$(20\div 25) \cdot 10^4$	8	1,0	0,85
50НХС	1500÷3000	$(15\div 20) \cdot 10^4$	10÷24	1,0	0,9
76НХД	$(10\div 18) \cdot 10^3$	$(5\div 15) \cdot 10^4$	1,6÷5,6	0,75	0,57
77НМД	$(10\div 90) \cdot 10^3$	$(15\div 25) \cdot 10^4$	0,04÷1,0	-	-
78НХ	$(10\div 12) \cdot 10^3$	$(30\div 35) \cdot 10^4$	2	1,07	0,16
79НМ	$(16\div 25) \cdot 10^3$	$(7\div 15) \cdot 10^4$	1,6÷4	0,75	0,55
79НМА	$(16\div 50) \cdot 10^3$	$(8\div 30) \cdot 10^4$	0,8÷4,8	0,75	0,56

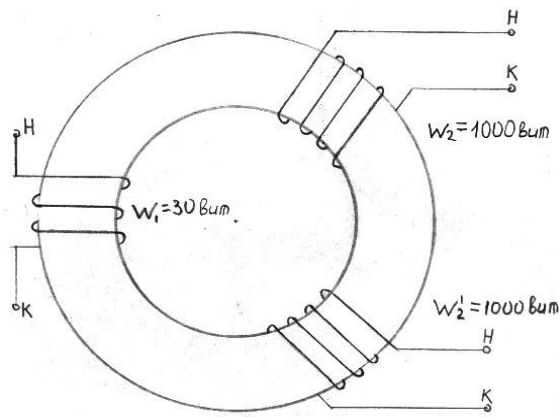
	³				
79НМ-У	$(18 \div 50) \cdot 10$ ₃	$(10 \div 22) \cdot 10^4$	1,2 ÷ 2,4	0,73	0,55
80НМ	$(20 \div 30) \cdot 10$ ₄	$(3 \div 4,5) \cdot 10^4$	0,48 ÷ 0,72	-	-
80НХС	$(18 \div 35) \cdot 10$ ₄	$(7 \div 17) \cdot 10^4$	1,2 ÷ 4,0	0,65	0,63

В качестве сердечника импульсного трансформатора для нашего устройства можно выбирать лигированные пермаллои марок 38НС, 42НС и 50НХС, отличающимся повышенным удельным электрическим сопротивлением и поэтому широко используется для изготовления магнитопроводов трансформаторов, катушек индуктивности и других намоточных узлов.

В качестве торроидального магнитопровода нашей установки выбран ферритовый магнитный материал с размерами 100х60х15(Рис4.2.1 а). Рассчитываем катушки с торроидальными (кольцевыми) сердечниками с последующими данными (Рис. 4.2.1 б.)

На торроидальный (кольцевыми) сердечник намотана токовая катушка в количестве 30 витков(первичная обмотка) с номинальным током 5А и две катушки каждый по 1000 витков для получения тока управления тиристора.





б)

Рис.4.2.1. Ферритовый магнитный материал с размерами и намотанной на него обмотки.

Определим индуктивность, напряженность и индукцию торроидального сердечника с катушками.

Средняя длина окружности торроидального сердечника.

$$l_{cp} = \pi D_{cp} = \pi \frac{D+d}{2} = 3,14 \frac{10+6}{2} = 25,12 \text{ см,}$$

где D и d наружный и внутренний диаметры торроидального сердечника (см).

Длина (l) одного витка в обмотках W_2 W_2' : $l_{внутр} = 7,5 \text{ см}$ и $l_{внеш.} = 15 \text{ см}$.

Определим площадь поперечного сечения сердечника

$$S = ah = 2 \times 1,5 = 3 \text{ см}^2 = 3 \times 10^{-4} \text{ м}^2$$

Если определим напряженность первичной обмотки, то

$$H_1 = \frac{I_H W_1}{l} = \frac{5 \cdot 30}{25,12} = 5,97 \text{ А/м.}$$

Индуктивность катушки L_1

$$L_1 = \frac{\mu_0 \cdot W_1^2 \cdot S}{2\pi r} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 30^2 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{25,12 \cdot 10^{-2}} = 0,000135 \cdot 10^{-2} \text{ Гн,}$$

где $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ - магнитная постоянная.

Магнитная индукция

$$B = \frac{\mu_0 \cdot IW}{2\pi r} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 30}{2 \cdot 3,14 \cdot 4} = 0,075 \cdot 10^{-4} \text{ Тл.}$$

Абсолютная магнитная проницаемость

$$\mu_a = \frac{B}{H} = \frac{0,075 \cdot 10^{-4}}{597,134} = 0,000125 \cdot 10^{-4} \text{ Гн/м}$$

Относительная магнитная проницаемость

$$\mu = \frac{\mu_a}{\mu_o} = \frac{0,000125 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7}} = \frac{0,000125 \cdot 10^{-4}}{0,01256 \cdot 10^{-4}} = 0,01 \text{ Гн/м}$$

Для вторичной обмотки

$$L_2 = L_2' = \frac{\mu_0 W_2^2 \cdot S}{2\pi r} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 1000^2 \cdot 3}{25,12 \cdot 10^{-2}} = \frac{5,426 \cdot 10^{-4}}{25,12 \cdot 10^{-2}} = 0,216 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}$$

Магнитная индукция

$$B_m = \frac{U_{2cp}}{4,44 \cdot f \cdot W_2 \cdot S_c} = \frac{35}{4,44 \cdot 50 \cdot 1000 \cdot 3 \cdot 10^{-4}} = \frac{35}{22,2} = 1,57 \text{ Тл}$$

Первичный ток и вторичные напряжения импульсного трансформатора при холостом ходе даны в таблице:

I_A	U_{2B}	U_{2B}'
0,5	7	8
1	17	17
2	23	24
3	28	28,5
4	31	32
5	33	35

а)

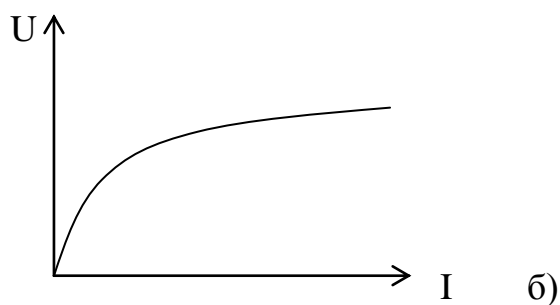


Рис.4.2.2. Таблица напряжения и тока (а), вольт-амперная характеристика (б) импульсного трансформатора при холостом ходе.

4.2.1. Выбор типа тиристора.

Наибольшая амплитуда рабочего напряжения, прикладываемое к тиристорам $U_{\max} = \sqrt{2} \cdot 220 = 311,1275\text{В}$, минимальная амплитуда $U_{\min} = 220\text{В}$

$$P_{d\max} = 1100\text{Вт}$$

$$P_{d\max} = U \cdot I \Rightarrow I_n = \frac{P_{d\max}}{U} = \frac{1100}{220} = 5\text{А}$$

$$I_n = \frac{U}{R_n} \Rightarrow R_n = \frac{U}{I_n} = \frac{220}{5} = 44\text{Ом}$$

По полученным данным выбираем тиристор типа КУ202Н. Ниже приведены справочные данные на данный тип тиристоров.

$$R_{\text{доб}} = \frac{0,05U_m - U_{y.cnp}}{(1,1 \div 1,2) \cdot I_{y.cnp}}, \text{ где}$$

где U_m - амплитуда напряжения источника питания;

$U_{y.cnp}$ - напряжение спрямления (между управляющим электродом и катодом, соответствующее току $I_{y.cnp}$);

$I_{y.cnp}$ - спрямления (постоянный ток в цепи управляющего электрода тиристора при котором исчезает участок тока ВАХ).

$$R_{\text{доб}} = \frac{0,05 \cdot 311,127 - 5}{1,1 \cdot 100 \cdot 10^{-3}} = \frac{10,556}{0,11} = 95,964\text{Ом}$$

Тиристор отпирается в начале каждого положительного полупериода напряжение на аноде в момент, когда мгновенное значение анодного напряжения U_m достигает значения, при котором будет выполняться

условие:

$$I_y = \frac{U}{R_{\text{доб}} + R_n} \geq I_{y.\max}$$

I_y - ток управления; *

$I_{y.\max}$ - наибольшая амплитуда тока управления (справочные данные) - 2,5 мА.

$$I_y = \frac{220}{95,964 + 44} = \frac{220}{139,964} = 1,57\text{А}$$

Добавочное сопротивление для исследуемой схемы выбираем по току управления тиристора КУ202Н:

$$U = I_y R_{доб} \Rightarrow R_{доб} = \frac{U}{I_y} = \frac{220}{1,57} = 140 \text{ Ом}$$

Тиристоры кремниевые планарно – диффузионные *p-n-p-n* триодные незапераемые. Предназначены для работы в качестве ключей средней мощности. Выпускается в металлостеклянном корпусе с жесткими выводами. Тип прибора указывается на корпусе.

4.3. Расчет элементов тиристорной схемы для выключения и отключения конденсаторной батареи

Исходными данными для расчета схемы (рис. 3.4.1) реле напряжения являются:

- Номинальная напряжения сети $U_n = 220 \text{ В}$.
- Частота импульсов рабочего тока $f = 50 \text{ Гц}$.
- Угол проводимости равен 180 эл.град.
- Коммутация естественная.
- Охлаждение воздушное принудительное.
- Максимальная температура охлаждающей среды $T_{max} = 50^\circ\text{C}$, минимальная $T_{min} = -30^\circ\text{C}$.
- Число температурных циклов работы прибора за срок службы $N_{ц} = 5 \cdot 10^6$.
- $Q_k = 400 \text{ вар}$ – максимальная мощность (выходная).

Выбор типа тиристора осуществляется по расчетному току.

$$I_H = \frac{Q_k}{U} = \frac{400}{220} = 1,81 \text{ [А]}$$

Тогда сопротивления нагрузки:

$$R_H = \frac{U}{I_H} = \frac{220}{1,81} = 122 \text{ [Ом]}$$

По полученным результатам выбираем триодный тиристор типа КУ201К.[4] Тиристор кремниевый, планарно-диффузионный, *p-n-p-n* триодный, незапираемый. Предназначен для работы в качестве ключей средней мощности. Выпускается в металлостеклянном корпусе с жесткими выводами.

Тип прибора указывается на корпусе.

Электрические параметры тиристора КУ 201К

Напряжения в открытом состоянии при $I_{откр} = 2 \text{ А}$ не более:

при 298 К.....2 В

при 213 К.....2,5 В

Постоянное отпирающее напряжения управляющего электрода

при $U_{пр,зкр} = 10 \text{ В}$: $T = 213 \text{ К}$. не более.....100 мА

при 358 К не менее.....2 мА

Ток в закрытом состоянии при максимальном напряжении и

температуре 358 К не более5 мА
 Обратные ток при максимальном обратном напряжении
 и температуре 358 К не более.....5 мА
 Время включения при максимальном напряжении
 $I_{откр} = 2 \text{ А}$ не более10мкс
 Время выключения при максимальном напряжении
 $I_{откр} = 2 \text{ А}$ не более100мкс
 Минимальная ток в обратном состоянии $U_{пр,зкр} = 10 \text{ В}$ не более...100 мА
 Значения сопротивлений R_1, R_2 определяем по следующей формуле []:

$$R_{доб} = \frac{0,05U_m - U_{y.cnp}}{(1,1 \div 1,2)I_{y.cnp}}; \quad (23)$$

здесь: U_m - амплитуда напряжения источника питания;
 $U_{y.cnp}$ - напряжение спрямления (между управляющим электродом и катодом, соответствующее току $I_{y.cnp}$);
 $I_{y.cnp}$ - ток спрямления (постоянный ток в цепи управляющего электрода тиристора при котором исчезает участок тока ВАХ.)

$$R_{доб} = \frac{0,05 * 311,127 - 5}{1,1 * 100 * 10^{-3}} = \frac{10,556}{0,11} = 95,964 \text{ [Ом]}$$

Тиристор отпирается в начале каждого положительного полупериода напряжения на аноде в момент, когда мгновенное значение анодного напряжения U_m достигнет значения, при котором будет выполняться условие:

$$I_y = \frac{U}{R_{доб} + R_n} \leq I_{y.max}; \quad (24)$$

I_y - ток управления;

$I_{y.max}$ - наибольшая амплитуда тока управления.

Принимая $I_y = 0,1 \text{ А}$, $U_{max} = 24 \cdot \sqrt{2} = 34[B]$

Добавочное сопротивление для исследуемой схемы выбираем по току управления тиристора КУ 201К:

$$R_3 = \frac{U}{I_y} = \frac{34}{0,1} = 340 \text{ [Ом]}$$

Для выбора значения емкости конденсатора задаемся постоянной времени $\tau = RC = 0,7 \text{ сек.}$

$$\text{Тогда: } C = \frac{\tau}{R} = \frac{0,07}{340} = 0,00021 \cdot 10^6 = 206 \text{ мкФ}$$

Выбираем конденсатор с емкостью 200 мкФ.

Тиристоры T_1, T_2 выбран по $U_H = 24 \text{ В}$. Выбираем тиристор КУ 201В, для которого постоянное прямое напряжение в закрытом состоянии $U = 50 \text{ В}$.

Выбираем типа полупроводникового диода.

Средний ток вентильного плеча:

$$I = I_H = \frac{Q_k}{NU} = \frac{400}{1 * 220} = 1,81 \text{ [А]}$$

$N = I$ - число параллельно работающих плечей преобразователя.

По справочнику выбираем диоды типа Д 231Б [4]. Диоды кремниевые, диффузионные. Выпускаются в металлоглазном корпусе с гибкими выводами. Тип диода и схема соединения электродов с выводами приводятся на корпусе. Масса диода не более 2 гр.

Электрические параметры диода Д 231Б (справочные данные):

Среднее прямое напряжение при $I_{пр.ср} = I_{пр.срmax}$, и $U_{обр.н} = U_{обр.max}$ не более от 213 до 348 К.....1 [В]
 средний обратный ток при, $U_{обр.н} = U_{обр.н.max}$ и $I_{пр.ср} = I_{пр.срmax}$ не более: при 213 до 393 К.....3 [мА]

Предельные эксплуатационные данные диодов Д231 Б:

Импульсное обратное напряжение.....300 [В]
 Средний прямой ток при температуре от 213 К до 348 К.....5 [мА]
 Средний прямой ток перегрузки на частоте 50 Гц: в течение при $U_{обр.н} = 2U_{обр.н.max}$ при 298 К.....50 [А]
 от 213 К до $T_k = 348$ К.....25 [А]
 при $T_k = 403$ К.....10 [А]
 в течение 1,5 с при $U_{обр.н} = U_{обр.max}$ от 213 К до $T_k = 348$ К.....15 [А]
 при $T_k = 403$ К.....6 [А]
 Частота без снижения режимов1,1 кГц
 Температура окружающей среды.....от 218 до $T_k = 403$ К

Диоды защищают цепь управления от обратного напряжения при отрицательных полупериодах напряжения на аноде. Максимальное допустимое обратное напряжения этих диодов должно быть:

$$U_{обр.max} \geq U_m; \quad (25)$$

U_m - амплитуда напряжения источника питания.

В результате проведенного расчета были выбраны элементы тиристорного переключателя: тиристор типа КУ 201К, диоды типа Д 231Б по току нагрузки, и добавочное сопротивление по току управления тиристора.

4.4. Расчет трансформатора.

Целью расчета является получение заданных выходных параметров трансформатора (для сети с частотой 50 Гц) при его минимальных габаритах и массе. Расчет трансформатора целесообразно начать с выбора магнитопровода, т. е. определения его конфигурации и геометрических размеров. Наиболее широко распространены три вида конструкции магнитопроводов, приведенные на рисунке.

Для малых мощностей, от единиц до десятков Вт, наиболее удобны броневые трансформаторы. Они имеют один каркас с обмотками и просты в изготовлении.

Трансформатор с кольцевым сердечником (торроидальный) может использоваться при мощностях от 30 до 1000 Вт, когда требуется минимальное рассеяние магнитного потока или когда требование

минимального объема является первостепенным. Имея некоторые преимущества в объеме и массе перед другими типами конструкций трансформаторов, торроидальные являются вместе с тем и наименее технологичными (удобными) в изготовлении.

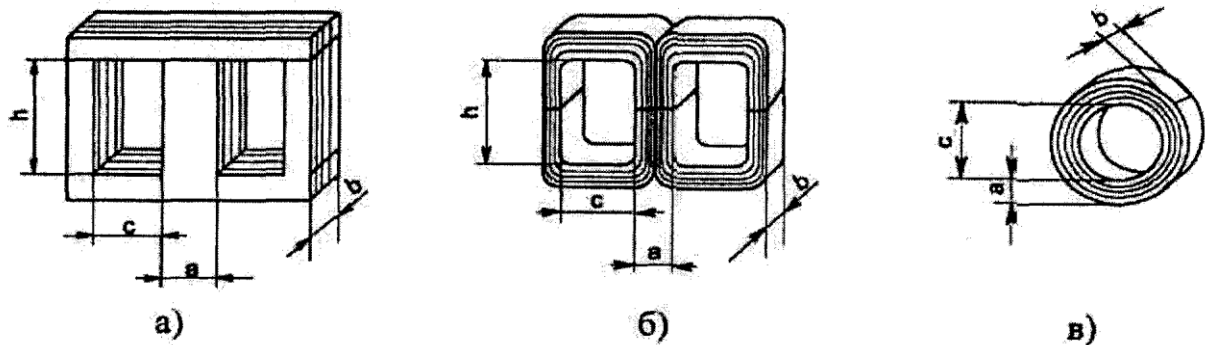


Рис. 4.4.1. Конструкции магнитопроводов трансформаторов: а) броневое пластинчатого; б) броневое ленточного; в) кольцевого ленточного

Исходными начальными данными для упрощенного расчета являются:

- напряжение первичной обмотки U_1 ;
- напряжение вторичной обмотки U_2 ;
- ток вторичной обмотки I_2 ;
- мощность вторичной обмотки

$$P_2 = I_2 \cdot U_2 = P_{\text{вых}}; \quad (26)$$

Если обмоток много, то мощность, отдаваемая трансформатором, определяется суммой всех мощностей вторичных обмоток ($P_{\text{вых}}$).

Размеры магнитопровода выбранной конструкции, необходимые для получения от трансформаторов заданной мощности, могут быть найдены на основании выражения:

$$S_{\text{ст}} \cdot S_{\text{ок}} = \frac{0,901 \cdot P_{\text{вых}}}{B_{\text{max}} \cdot J \cdot K_{\text{ок}} \cdot K_{\text{ст}}}; \quad (27)$$

Где, $S_{\text{ст}}$ — сечение стали магнитопровода в месте расположения катушки;

$S_{\text{ок}}$ — площадь окна в магнитопровода;

B_{max} — магнитная индукция, см. табл.4.4.1.;

J — плотность тока, см. табл. 4.4.2.;

$K_{\text{ок}}$ — коэффициент заполнения окна, см. табл. 4.4.3.;

$K_{\text{ст}}$ — коэффициент заполнения магнитопровода сталью, см. табл. 4.4.3.;

Величины электромагнитных нагрузок B_{max} и J зависят от мощности, снимаемой с вторичной обмотки цепи трансформатора, и берутся для расчетов из таблиц 4.4.1. и 4.4.2.

Таблица 4.4.1.

Конструкция магнитопровода	Магнитная индукция B_{max} , [Тл] при $P_{\text{вых}}$, [Вт]				
	5-15	15-50	50-150	150-300	300-1000
Броневая (пластинчатая)	1,1-1,3	1,3	1,3-1,35	1,35	1,35-1,2
Броневая (ленточная)	1,55	1,65	1,65	1,65	1,65

Кольцевая	1,7	1,7	1,7	1,65	1,6
-----------	-----	-----	-----	------	-----

Таблица 4.4.2.

Конструкция магнитопровода	Магнитная индукция B_{max} , [Тл] при $P_{вых}$, [Вт]				
	5-15	15-50	50-150	150-300	300-1000
Бронева (пластинчатая)	3,9-3,0	3,0-2,4	2,4-2,0	2,0-1,7	1,7-1,4
Бронева (ленточная)	3,8-3,5	3,5-2,7	2,7-2,4	2,4-2,3	2,3-1,8
Кольцевая	5-4,5		4,5-3,5	3,5	3,0

Коэффициент заполнения окна $K_{зо}$ приведен в таблице 4.4.3. для обмоток, выполненных проводом круглого сечения с эмалевой изоляцией.

Таблица 4.4.3.

Конструкция магнитопровода	Рабочее напряж. [В]	Магнитная индукция B_{max} , [Тл] при $P_{вых}$, [Вт]				
		5-15	15-50	50-150	150-300	300-1000
Бронева (пластинчатая)	до 100	0,22-0,29	0,29-0,30	0,30-0,32	0,32-0,34	0,34-0,38
	100-1000	0,19-0,25	0,25-0,26	0,26-0,27	0,27-0,30	0,30-0,33
Бронева (ленточная)	до 100	0,15-0,27	0,27-0,29	0,29-0,32	0,32-0,34	0,34-0,38
	100-1000	0,13-0,23	0,23-0,26	0,26-0,27	0,27-0,30	0,30-0,33
Кольцевая	-----	0,18-0,20		0,20-0,26	0,26-0,27	0,27-0,28

Коэффициент заполнения сечения магнитопровода сталью $K_{ст}$ зависит от толщины стали, конструкции магнитопровода (пластинчатая, ленточная) и способа изоляции пластин или лент друг от друга. Величина коэффициента $K_{ст}$ для наиболее часто используемой толщины пластин может быть найдена из таблицы 4.4.4.

Таблица 4.4.4

Конструкция магнитопровода	Коэффициент заполнения			$K_{ст}$ при толщине стали, мм	
	0,88	0,1	0,15	0,2	0,35
Бронева (пластинчатая)	---	0,7(0,75)	---	0,85(0,89)	0,9(0,95)
Бронева (ленточная)	0,87	---	0,90	0,91	0,93
Кольцевая	0,85			0,88	

ПРИМЕЧАНИЕ:

1. Коэффициенты заполнения для пластинчатых сердечников указаны в скобках при изоляции пластин лаком или фосфатной пленкой.

2. Коэффициент заполнения для ленточных магнитопроводов указаны при изготовлении их методом штамповки и гибки ленты.

Определив величину $S_{ст} \cdot S_{ок}$, можно выбрать необходимый линейный размер магнитопровода, имеющий соотношение площадей не менее, чем получено в результате расчета.

Величину номинального тока первичной обмотки находим по формуле:

$$I_1 = \frac{P_{\text{вых}}}{U_1 \cdot \eta \cdot \cos \varphi}; \quad (28)$$

где, величина η и $\cos \varphi$ трансформатора, входящие в выражение, зависят от мощности трансформатора и могут быть ориентировочно определены по таблице 4.4.5.

Таблица 4.4.5

Величина	Суммарная мощность вторичных обмоток $P_{\text{вых}}$, [Вт]				
	2-15	15-50	50-150	150-300	300-1000
η броневая	0,5-0,6	0,6-0,8	0,8-0,9	0,90-0,93	0,93-0,95
ленточный	0,76-0,88		0,88-0,92	0,92-0,95	0,95-0,96
$\cos \varphi$	0,85-0,90	0,90-0,93	0,93-0,95	0,95-0,93	0,93-0,94

Токи вторичных обмоток обычно заданы. Теперь можно определить диаметр проводов в каждой обмотке без учета толщины изоляции. Сечение провода в обмотке:

$$S_{np} = \frac{I}{J}; \quad (29)$$

диаметр

$$d = 1,13 \sqrt{S_{np}}; \quad (30)$$

Определяем число витков в обмотках трансформатора:

$$w_n = 45 \cdot \frac{U_n \cdot (1 - \frac{\Delta U_n}{100})}{B \cdot S_{cm}}; \quad (31)$$

где, n — номер обмотки;

ΔU_n - падение напряжения в обмотках, выраженное в процентах от номинального значения, см. таблицы 4.4.6 и 4.4.7. Следует отметить, что данные для U , приведенные в таблице 4.4.6, для многообмоточных трансформаторов требуют уточнения.

Рекомендуется принимать значения ΔU для обмоток, расположенных непосредственно на первичной обмотке на 10...20% меньше, а для наружных обмоток на 10...20% больше указанных в таблице.

В тороидальных трансформаторах относительная величина полного падения напряжения в обмотках значительно меньше по сравнению с броневыми трансформаторами. Это следует учитывать при определении числа витков обмоток — значения ΔU берутся из таблицы 4.4.7.

Таблица 4.4.6.

Конструкция броневая, величина ΔU	Суммарная мощность вторичных обмоток $P_{\text{вых}}$, [Вт]				
	5-15	15-50	50-150	150-300	300-1000
ΔU_1	20-13	13-6	6-4,5	4,5-3	3-1
ΔU_2	25-18	18-10	10-8	8-6	6-2

Таблица 4.4.7.

Конструкция броневая, величина ΔU	Суммарная мощность вторичных обмоток $P_{вых}$, [Вт]				
	8-25	25-60	60-125	125-250	250-600
ΔU_1	7	6	5	3,5	2,5
ΔU_2	7	6	5	3,5	2,5

4.4.1. Пример расчета трансформатора.

Исходные данные:

Входное напряжение $U_1 = 220$ [В].

Выходное напряжение $U_2 = 12$ [В].

Максимальный ток нагрузки $I_2 = 0.2$ [А].

Мощность вторичной цепи определяем из формулы:

$$P_2 = I_2 \cdot U_2 = P_{вых} = 0.2 \cdot 12 = 2.4 \text{ [Вт]}$$

Имеется пластинчатый магнитопровод с размерами: $a=0.9$ [см], $b=0.9$ [см], $c=0.9$ [см], $h=2.25$ [см] (рис. 35., в).

$$S_{ок} = 2 \cdot c \cdot h = 2 \cdot 0.9 \cdot 2.25 = 4.05 \text{ [см}^2\text{]}$$

$$S_{ст} = a \cdot b = 0.9 \cdot 0.9 = 0.81 \text{ [см}^2\text{]}$$

Воспользовавшись формулой мощности и таблицами, определяем, какую максимальную мощность можно снять сданного магнитопровода:

$$P = \frac{B_{max} \cdot J \cdot K_{ок} \cdot K_{ст} \cdot S_{ст} \cdot S_{ок}}{0.901} = \frac{1.1 \cdot 3.9 \cdot 0.19 \cdot 0.85 \cdot 0.81 \cdot 4.05}{0.901} = 2.522 \text{ [Вт]}$$

где, $S_{ст}$ – сечение стали магнитопровода в месте расположения катушки;

$S_{ок}$ – площадь окна в магнитопровода;

B_{max} – магнитная индукция, выбираем из *таблица 4.4.1.* $B_{max} = 1.1$ [см].

J – площадь тока, выбираем из *таблица 4.4.2.* $J = 3.9$ [см].

$K_{ок}$ – коэффициент заполнения окна, выбираем из *таблица 4.4.3*

$K_{ок} = 0.19$ [см].

$K_{ст}$ – коэффициент заполнения магнитопровода сталью, выбираем из *таблица 4.4.4.* $K_{ст} = 0.85$ [см].

Расчетная величина превышает необходимую по исходным данным ($P_2 = 2.4$ [Вт]), что позволяет применить данный магнитопровод для намотки нужного трансформатора, но если требуются минимальные габариты трансформатора, то железо магнитопровода можно взять меньших размеров (или снять часть ленты), в соответствии с расчетом.

Номинальный ток первичной обмотки:

$$I_1 = \frac{P_{вых}}{U_1 \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{2.4}{220 \cdot 0.6 \cdot 0.9} = 0.02 \text{ [А]}$$

где, величина φ и $\cos \varphi$ трансформатора, входящие в выражение, зависят от мощности трансформатора и могут быть ориентировочно определены по *таблица 4.4.5.* $\varphi=0.6$; $\cos \varphi=0.9$.

Сечение провода в обмотках:

$$S_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{0.02}{3.9} = 0.005 \quad [\text{мм}^2]$$

$$S_2 = \frac{I_2}{J} = \frac{0.2}{3.9} = 0.051 \quad [\text{мм}^2]$$

Диаметр провода в обмотках:

$$d_1 = 1,13 \cdot \sqrt{S_1} = 1,13\sqrt{0.005} = 0.08 \quad [\text{мм}]$$

$$d_2 = 1,13 \cdot \sqrt{S_2} = 1,13\sqrt{0.051} = 0.255 \quad [\text{мм}]$$

Выбираем ближайшие диаметры провода из ряда стандартных размеров, выпускаемых промышленностью, — 0,08553 и 0,2552 мм, типа ПЭВ или ПЭЛ.

Число витков в обмотках трансформатора:

$$w_1 = 45 \cdot \frac{U_1 \cdot (1 - \frac{\Delta U_n}{100})}{B \cdot S_{CT}} = 45 \cdot \frac{220 \cdot (1 - \frac{20}{100})}{1.1 \cdot 0.81} = 8888;$$

$$w_2 = 45 \cdot \frac{U_2 \cdot (1 - \frac{\Delta U_n}{100})}{B \cdot S_{CT}} = 45 \cdot \frac{12 \cdot (1 - \frac{25}{100})}{1.1 \cdot 0.81} = 455;$$

где, n – номер обмотки;

ΔU_n - падение напряжения в обмотках, выраженное в процентах от номинального значения, [см²], *таблица 4.4.6.* и *4.4.7.* Следует отметить, что данные для U , приведенные в *таблица 4.4.4.*, для многообмоточных трансформаторов требуют уточнения.

По расчетным данным изготовлен трансформатор, на базе броневое пластично сердечника. $U_1 = 220$ [кВ], $U_2 = 12$ [кВ]

Экспериментальная внешняя характеристика имел следующий вид:

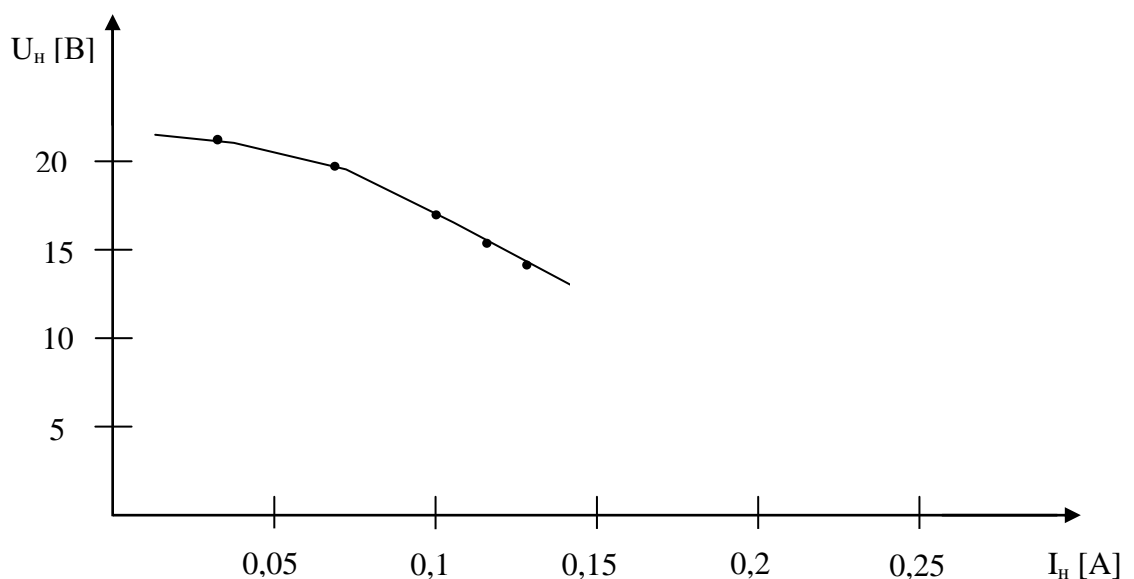


Рис. 4.4.1.1. Внешняя характеристика трансформатора.

4.5. Расчет трансформатора для управления

Рассчитываем силовой трансформатор для устройства бесконтактного автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей со следующими данными:

- а) напряжения питающей сети $U_1=220$ В;
- б) частота питающей сети $f=50$ Гц;
- в) напряжения и токи вторичных обмоток $U_2=12$ В, $I_2=0,4$ А; $U_3=12$ В, $I_3=0,4$ А; $U_4=12$ В, $I_4=0,4$ А;
- г) температура окружающей среды $-60^0, +60^0$ С;
- д) масса трансформатора минимальная

1. Определяем суммарную мощность вторичных обмоток:

$$S_2=U_2I_2+ U_3I_3+U_4I_4=3 \cdot 12 \cdot 0,4 = 14,4 \text{ В} \cdot \text{А}$$

2. Выбираем магнитопровод типа ШЛМ20х25. Табличные данные магнитопровода:

Таблица №

Размеры				l	lc	Sc	Gc	Mг	P	Δг	R _{TR}	R _{TMB}	R _T
a	c	h	в	мм	см	см ²	кг	мм	Вт	мм	град/Вт	град/Вт	град/Вт
(мм)	(мм)	(мм)	(мм)										
10	12	36	25	33	12,7	4,65	0,454	98	22	1	-	6	23

Конструктивная постоянная-0

V. Экономическая часть.

5.1. Общие сведения

В настоящее время Антикризисная программа мер по предотвращению и нейтрализации последствий мирового экономического кризиса после апробирования и своего утверждения доведена до конкретных исполнителей,

как в отраслевом, так и в территориальном плане. Говоря коротко, Антикризисная программа находится в действии и итоги января месяца 2010 года свидетельствуют о скромных, но достаточно убедительных результатах ее реализации. Антикризисная программа направлена на решение следующих ключевых задач:

В первую очередь, это дальнейшее ускоренное проведение модернизации, технического и технологического перевооружения предприятий, широкое внедрение современных гибких технологий. Это прежде всего касается базовых отраслей экономики, экспортоориентированных и локализуемых производств.

Ставится задача ускорение реализации принятых отраслевых программ модернизации технического и технологического перевооружения производства, переход на международные стандарты качества, что позволит обеспечить устойчивые позиции как на внешнем, так и на внутренних рынках.

Во-вторых, ...

Тарифы на электрическую энергию (мощность) дифференцируются по категориям (группам) потребителей исходя из: соответствия устанавливаемых для различных категорий потребителей тарифов реальным затратам энергоснабжающих организаций по родству, передаче и распределению электрической энергии для конкретной категории потребителей, равноприбыльности энергоснабжения различных категорий потребителей;

В качестве основного фактора дифференциации принимается уровень напряжения в точке подключения потребителя к электрической сети энергоснабжающей организации, кроме того, учитывается режим использования потребителями различных категорий, заявленной максимальной электрической мощности.

В настоящее время используется:

- А) три категории потребителей электрической энергии: потребители, получающие электрическую энергию от энергоснабжающей организации на высоком напряжении 110кВ и выше;
- Б) Потребители, получающие электрическую энергию от электроснабжающей организации на среднем напряжении 35-6кВ;
- В) Потребители, получающие электрическую энергию от организации на низком напряжении -0,4кВ.

5.2. Практические расчеты до и после внедрения однатиристорного устройства в хлопкоочистительном заводе

Сняты показания приборов до включения устройства, т.е. до включения конденсаторных батарей на главном счетчике на стороне 10 кВ.

Линейное напряжение:

$$U_{AB}=9,2 \text{ кВ}; \quad U_{BC}=9,25 \text{ кВ}; \quad U_{AC}=9,2 \text{ кВ}$$

Линейные токи:

$$I_A=I_a K_{TT}=1,8 \cdot 60=108 \text{ А}; \quad I_B=I_b K_{TT}=1,79 \cdot 60=107,4 \text{ А}; \quad I_C=I_c K_{TT}=1,8 \cdot 60=108 \text{ А}$$

По этим данным угол сдвига фаз между током и напряжением: $\varphi_1=60^0$

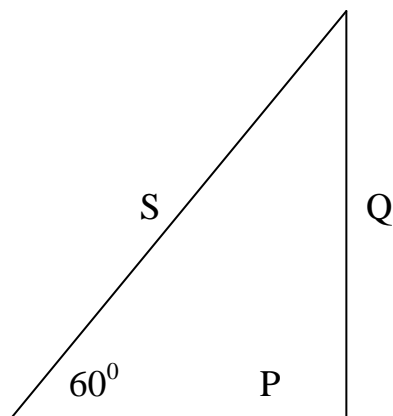
По показаниям приборов аналитическим методом составим треугольник мощностей.

Полная мощность до компенсации будет:

$$S_1 = \sqrt{3}U_{л} \cdot I_{л} = 1,73 \cdot 9,2 \cdot 108 = 1719 \text{ кВА}$$

Выберем масштаб равный $m=200 \text{ кВА/см}$

Начертим треугольник мощностей



Здесь активная и реактивная мощности будут равны:

$$P_1 = mI = 200 \cdot 4,4 = 880 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = mI = 200 \cdot 7,38 = 1476 \text{ кВар}$$

Коэффициент мощности до компенсации:

$$\cos \varphi_1 = P_1/S_1 = 0,51$$

Теперь для компенсации реактивной мощности за счет реактивного характера нагрузки конденсаторные батареи включаются в сеть с помощью устройства автоматического регулирования реактивной мощности конденсаторных батарей. Мощность компенсирующего устройства включенного в сеть составляет

$$Q_{ку} = 400 \text{ кВар}$$

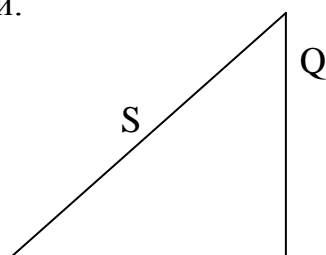
Снимаем показания вольтметров и счетчиков после включения компенсирующего устройства.

Здесь напряжение и токи в линии 10 кВ

$$U_{л} = 9,4 \text{ кВ} \quad I_{л} = 1,2 \cdot 60 = 72 \text{ А}$$

Угол сдвига фаз между линейным током и напряжением уменьшился до 50° .

На основе полученных данных после компенсации рассчитаем и построим треугольник мощностей.



$$50^0 \quad P$$

Здесь полная мощность $S_2 = \sqrt{3}U_{л}I_{л} = 1,73 \cdot 9,4 \cdot 72 = 1171 \text{ кВА}$

Активная и реактивная мощности $P_2 = 3,8 \cdot 200 = 760 \text{ кВт}$ и

$Q_2 = 4,45 \cdot 200 = 890 \text{ кВар}$

Коэффициент мощности $\cos \varphi = 760 / 1171 = 0,65$

Сэкономленная за 1 час активная мощность: $P_{сэк} = P_1 - P_2 = 880 - 760 = 120 \text{ кВт}$

КПД завода составил $\eta = P_2 / P_1 = 760 / 880 = 0,86$

На основе этого с учетом режима реальной работы при $T_M = 6552 \text{ ч}$ определим сэкономленную энергию за год.

$$W_{эк} = P_{эк} T_M = 120 * 6552 = 786240 \text{ кВт*ч}$$

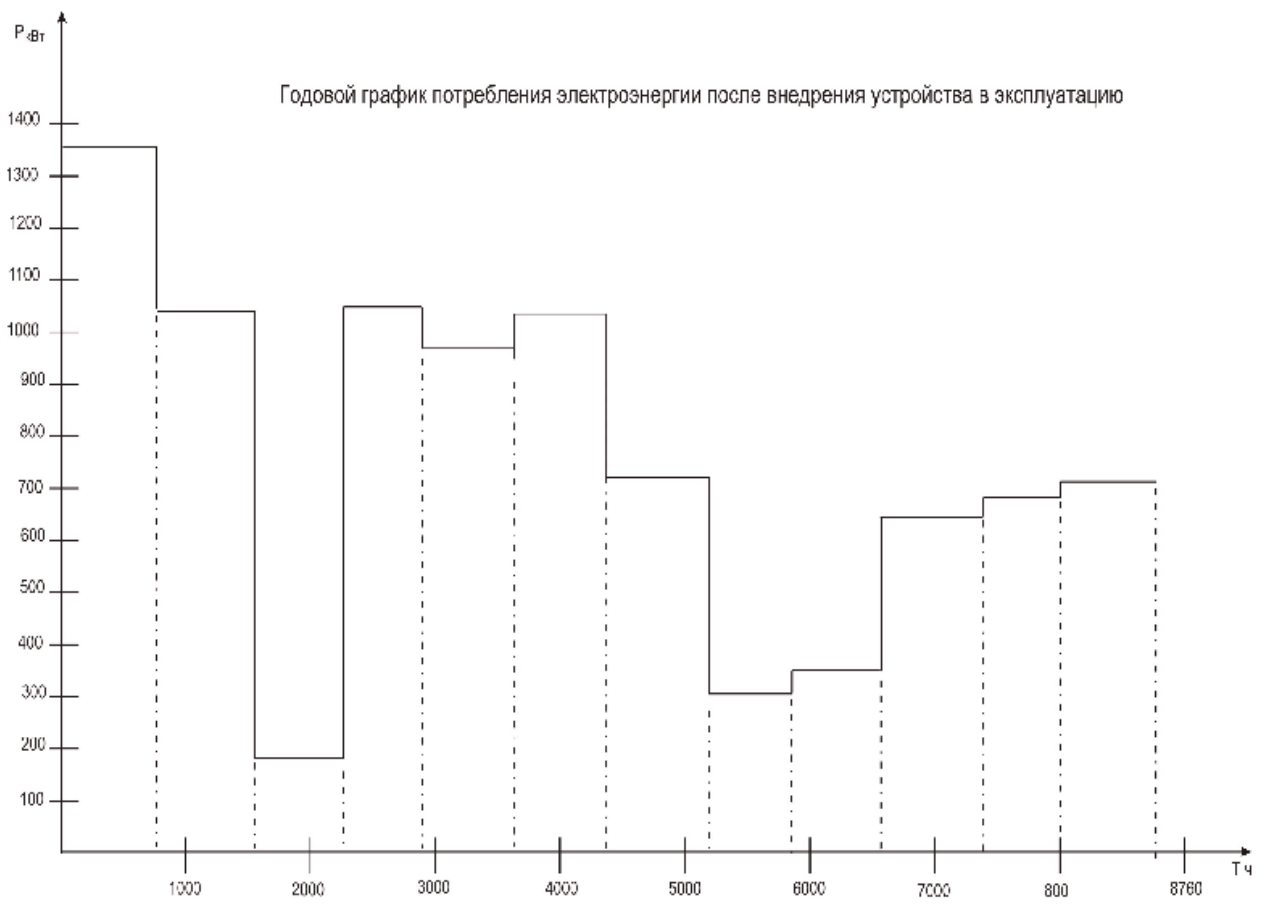
Стоимость 1 кВт*ч примем равным $\beta = 112 \text{ сў/ам}$. Тогда стоимость сэкономленной электроэнергии будет: $U_{сэк} = W_{сэк} \beta = 786240 * 112 = 88 \text{ млн. сў}$

Приведем практические результаты внедрения регулирующего устройства в сравнении с предыдущим годом работы без него.

Таблица-5.2.

№	Месяца	До применения нового метода регулирования $P_{реал}$ кВт	После применения нового регулирования $P_{реал}$ кВт
1	Январь	900	1062,4
2	Февраль	768	1005,2
3	Март	897,6	1100
4	Апрель	1175,4	1000
5	Май	1112,8	920
6	Июнь	1140	1000
7	Июль	920	666
8	Август	979	261
9	Сентябрь	542	220
10	Октябрь	1275	600
11	Ноябрь	1155	610
12	Декабрь	1101	630
13	Итого:	11966540	9075760

Примечание. По месяцам потреблена разного количество энергии в зависимости выпускаемой продукции, но в течение каждого года выработана одинакового количество продукция



VI. Охрана труда

6.1. Анализ несчастных случаев и его оформление

Травма – нарушение анатомической целостности тканей и органов тела или физиологических функций организма под действием внешних факторов, сопровождающееся их расстройством.

По тяжести повреждений организма травмы могут быть легкие – с временной потерей трудоспособности, тяжелые – с инвалидным исходом и смертельные.

Характерным признаком травмы, отличающим ее от заболевания, является внезапное и мгновенное (или, по крайней мере, быстрое) повреждение тканей и органов человека, возникающее, как правило, после однократного воздействия на него внешнего фактора.

Травматизм – совокупность травм у определенных групп населения (работников, учащихся и т.д.) за определенный период времени.

Причины травматизма.

К техническим причинам относятся: конструктивные недостатки оборудования; неисправность и недостаточная надежность машин, инструмента, сооружений; несовершенство средств защиты и т.д.

Организационными причинами являются: неправильная организация работ; отсутствие инструкций по охране труда; допуск к работе неподготовленных работников и т.п.

Личностные причины (человеческий фактор): физические, психические и эмоциональные перегрузки; несоответствие возможностей человеческого организма выполняемой работе и т.д.

6.2. Критерии оценки травматизма

Коэффициент частоты ($K_{\text{ч}}$) – количество несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих:

$$K_{\text{ч}}=1000N/n, \quad (5.1)$$

где N – количество несчастных случаев, происшедших за определенный период времени; n – среднесписочное число трудящихся в тот же период времени.

Коэффициент частоты обычно определяется по общему числу подлежащих учету несчастных случаев, а также по травматизму со смертельным исходом.

Коэффициент тяжести ($K_{\text{т}}$) – количество дней нетрудоспособности, приходящихся на один несчастный случай:

$$K_{\text{т}}=D/N, \quad (5.2)$$

где D – общее число дней нетрудоспособности травмированных, временная трудоспособность которых закончилась в отчетном периоде.

Коэффициент опасности производства ($K_{\text{оп}}$):

$$K_{\text{оп}} = K_{\text{ч}} * K_{\text{т}}. \quad (5.3)$$

Данный показатель позволяет производить комплексную оценку состояния травматизма с целью принятия решения вопроса о возмещении ущерба здоровью пострадавших лиц.

6.3. Обязанности работодателя

Работодатель или лицо, им уполномоченное, при несчастном случае обязан:

- 1) обеспечить оказание пострадавшему первой помощи, а при необходимости доставку его в лечебное учреждение;
- 2) организовать формирование комиссии по расследованию;
- 3) обеспечить сохранение до начала расследования обстановки на рабочем месте (если это не угрожает жизни и здоровью работников и не приведет к аварии), при невозможности сохранить на рабочем месте обстановку составить протокол осмотра, схему (эскизы) места происшествия с указанием точного расположения пострадавшего и механизмов, оборудования до и после происшествия несчастного случая, произвести фотографирование места происшествия;
- 4) сообщить в течение суток по установленной форме о каждом групповом несчастном случае на производстве (два или более пострадавших), тяжелом несчастном случае, несчастном случае со смертельным исходом в
 - государственную инспекцию труда;
 - прокуратуру;
 - орган исполнительной власти субъекта РУз;
 - республиканский орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности;
 - территориальное объединение профсоюзов;
 - орган государственного надзора (для организаций, подконтрольных таким органам);
 - организацию, направившую пострадавшего работника.

6.4. Расследование и учет несчастных случаев

Положение о расследовании и учете несчастных случаев на производстве. Утв. Постановлением Правительства РУз от 11 марта 1999 года №279.

Несчастный случай на производстве – случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя.

Расследованию и учету подлежат несчастные случаи, происшедшие на производстве с работниками при выполнении ими трудовых обязанностей, и работы по заданию организации или индивидуального предпринимателя. К ним откосятся:

- работники, выполняющие работу по трудовому договору;
- граждане, выполняющие работу по гражданско-правовому договору;

- студенты образовательных учреждений высшего и среднего профессионального образования – учащиеся образовательных учреждений среднего, начального профессионального образования и образовательных учреждений основного общего образования, проходящие производственную практику в организациях.

Расследованию и учету подлежат несчастные случаи на производстве, если они произошли:

- в течение рабочего времени на территории предприятия или вне территории предприятия, а также во время, необходимое для приведения в порядок рабочего места и т.п. перед началом и после окончания работы, а также при выполнении работ в сверхурочное время;
- при следовании к месту работы или с работы на предоставленном работодателем транспорте;
- при следовании к месту командировки и обратно и т.д.

Личный транспорт, используемый работником в соответствии с приказом (распоряжением) руководителя организации или уполномоченного им лица в служебных целях, рассматривается как транспорт, предоставленный организацией.

Несчастные случаи с работниками, выполняющими работы, имеющие передвижной характер, расследуются независимо от времени их происшествия, то есть во время непосредственного выполнения работником своих трудовых обязанностей, внутрисменного перерыва.

Расследованию подлежат несчастные случаи, происшедшие во время служебной командировки.

Несчастные случаи, происшедшие в результате дорожно-транспортных происшествий с водителями транспортных средств, а также работниками, следовавшими на работу или с работы на транспорте, предоставленном организацией, расследуются теми организациями, работниками которых являются (являлись) пострадавшие.

Работодатель несет ответственность за организацию и своевременное расследование и учет несчастных случаев, разработку и реализацию мероприятий по устранению причин этих случаев.

По окончании временной нетрудоспособности пострадавшего работодатель обязан направить в Узтрудинспекцию субъекта РУз и в соответствующих случаях Госгортехнадзор РУз сообщения установленной формы о последствиях несчастного случая, о решении прокуратуры по факту возбуждения уголовного дела или об отказе в нем и о выполненных мероприятиях по предупреждению подобных случаев.

6.5. Порядок расследования

Расследование проводит комиссия в составе не менее трех человек, утвержденная приказом руководителя организации.

Состав комиссии:

- специалист по охране труда;

- представители работодателя;
- представители общественной организации, уполномоченной представлять интересы трудового коллектива.

Несчастные случаи, происшедшие с работниками сторонних организаций, расследуются с участием полномочного представителя этих организаций. Срок расследования – 3 суток с момента происшествия.

Расследование несчастных случаев, о которых не было своевременно (срок не ограничен) сообщено работодателю или в результате которых нетрудоспособность наступила не сразу, расследуются в течение месяца со дня поступления заявления от пострадавшего или его доверенного лица.

Комиссия выявляет и опрашивает очевидцев и лиц, допустивших нарушение требований безопасности, получает необходимую информацию от работодателя и по возможности объяснения от пострадавшего.

На каждый несчастный случай оформляется акт по форме Н-1, который подписывается членами комиссии, утверждается работодателем и заверяется печатью организации.

Акт по форме Н-1 оформляется в трех экземплярах:

- один экземпляр выдаётся пострадавшему (его доверенному лицу) или родственникам погибшего по их требованию не позднее 3 дней после окончания расследования;
- второй экземпляр хранится вместе с материалами расследования в течение 45 лет в организации по основному месту работы пострадавшего;
- при несчастном случае на производстве с застрахованным третий экземпляр направляется в местное отделение Фонда социального страхования.

6.6. Особенности расследования группового несчастного случая на производстве, тяжелого несчастного случая, несчастного случая на производстве со смертельным исходом

Состав комиссии по специальному расследованию:

- государственный инспектор по охране труда;
- представители работодателя;
- представители органа исполнительной власти субъекта РУз;
- представители общественной организации, уполномоченной представлять интересы трудового коллектива;
- специалист по охране труда;
- представитель территориального объединения профсоюзов.

При гибели 5 и более работников в состав комиссии включаются:

- государственный инспектор по охране труда Республиканской инспекции труда;
- представители соответствующего федерального органа исполнительной власти.

На несчастные случаи в организациях подконтрольных Госгортехнадзору РУз дается по установленной форме заключение этого органа. Срок расследования 15 дней.

По требованию комиссии работодатель обязан обеспечить:

- выполнение необходимых экспертных работ (расчетов, исследований, испытаний и др.);
- фотографирование, телесъемку и т.п.;
- предоставление транспорта, служебного помещения, средств связи и средств индивидуальной защиты.

По результатам расследования оформляются следующие документы:

- акт расследования группового несчастного случая на производстве, несчастного случая с возможным инвалидным исходом, несчастного случая со смертельным исходом;
- акты по форме Н-1 на каждого пострадавшего;
- материалы расследования (планы, схемы, фото-, кино- и видеоматериалы, документы, медицинские заключения, предписания и т.д.).

Данные документы в трехдневный срок после их оформления должны быть направлены работодателем:

- в прокуратуру;
- государственную инспекцию труда субъекта РУз;
- органы государственного надзора (по их требованию). Акты расследования направляются, кроме того, в Республиканскую инспекцию труда.

6.7. Содержание акта формы Н-1

По каждому несчастному случаю на производстве, повлекшему за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату им трудоспособности либо его смерть оформляется акт о несчастном случае по форме Н-1 следующего содержания:

1. Дата и время происшедшего несчастного случая, через сколько полных часов от начала работы (смены) с пострадавшим произошел несчастный случай.
2. Наименование организации, где произошел несчастный случай, ее адрес, отрасль. Наименование цеха (участка) организации.
3. Комиссия, проводившая расследование.
4. Наименование и адрес организации, направившей работника.
5. Фамилия, имя, отчество пострадавшего. Пол. Возраст. Профессия (должность). Стаж работы (число полных лет работы, при выполнении которой произошел несчастный случай).
6. Проведение инструктажей и обучения по охране труда.
7. Описание обстоятельств несчастного случая. Краткая характеристика условий труда и действий пострадавшего; последовательность событий, предшествующих несчастному случаю; описание процесса труда; руководитель работы (организатор ее); обеспеченность средствами индивидуальной защиты и применение их. Вид происшествия. Причины несчастного случая. Полное наименование оборудования, использование которого привело к несчастному случаю. Возможное нахождение пострадавшего в состоянии опьянения.

8. Лица, допустившие нарушение государственных нормативных требований по охране труда, действия или бездействие которых стали основной или сопутствующей причиной несчастного случая. Организация, работниками которой допущены нарушения.

В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного, содействовавшей возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, в пункте 8 акта по форме Н-1 указывается степень его вины в процентах, определенная комиссией по расследованию несчастных случаев на производстве.

9. Очевидцы несчастного случая.

10. Мероприятия и сроки по устранению причин несчастного случая.

6.8. Порядок расследования профессиональных заболеваний

Расследование профессиональных заболеваний производится в соответствии с порядком, установленным Положением о расследовании и учете профессиональных заболеваний, утвержденным Постановлением Правительства РУз от 15 декабря 2000 года № 967.

Положением установлены два окончательных диагноза профессиональных заболеваний: острое профессиональное заболевание и хроническое профессиональное заболевание.

Под острым профессиональным заболеванием понимается заболевание, являющееся, как правило, результатом однократного (в течение не более одной рабочей смены) воздействия на работника вредного производственного фактора, повлекшее стойкую или временную утрату профессиональной трудоспособности.

Под хроническим профессиональным заболеванием понимается заболевание, являющееся результатом длительного воздействия на работника вредного производственного фактора, повлекшее стойкую или временную утрату профессиональной трудоспособности.

Профессиональное заболевание, возникшее у работника, подлежащего обязательному социальному страхованию от травм и профзаболеваний, является страховым случаем.

Расследованию и учету подлежат острые и хронические профессиональные заболевания (отравления), возникновение которых у работников обусловлено воздействием вредных производственных факторов при выполнении ими трудовых обязанностей или производственной деятельности по заданию организации или индивидуального предпринимателя.

К ним относятся:

- работники, выполняющие работу по трудовому договору;
- граждане, выполняющие работу по гражданско-правовому договору;
- студенты образовательных учреждений высшего и среднего профессионального образования – учащиеся образовательных учреждений, проходящие производственную практику в организациях.

6.9. Порядок расследования обстоятельств и причин возникновения профессионального заболевания

С целью расследования обстоятельств и причин возникновения профессионального заболевания работодатель обязан в течение 10 дней со дня даты получения извещения об установлении заключительного диагноза причин возникновения у работника профессионального заболевания образовать комиссию, возглавляемую главным врачом центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора. В состав комиссии входят представитель работодателя, специалист по охране труда, представитель учреждения здравоохранения, профсоюзного или иного уполномоченного работниками представительного органа.

Профессиональное заболевание у работника, направленного для выполнения работы в другую организацию, расследуется в той организации, где произошел указанный случай. В состав комиссии входит полномочный представитель организации, направившей работника. Несвоевременное прибытие представителя не является основанием для изменения сроков расследования.

В тех случаях, когда по месту настоящей работы исключено влияние вредного производственного фактора, могущего вызывать данное профзаболевание, расследование проводится по месту прежней работы с вредным производственным фактором.

Для принятия решения по результатам расследования необходимы следующие документы:

- а) приказ о создании комиссии;
- б) санитарно-гигиеническая характеристика условий труда работника;
- в) сведения о проведенных медицинских осмотрах;
- г) выписки из журналов регистрации инструктажей и протоколов проверки знаний работника по охране труда;
- д) протоколы объяснений работника, других лиц;
- е) экспертные заключения специалистов, результаты исследований;
- ж) медицинская документация о характере и степени тяжести повреждения здоровья работника;
- з) копии документов, подтверждающие выдачу работнику СИЗ;
- и) выписки из ранее выданных по данному объекту предписаний центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора и др.

Если комиссией установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, то комиссия устанавливает степень вины застрахованного (в процентах).

По результатам расследования комиссия составляет акт о случае профессионального заболевания.

Работодатель в месячный срок после завершения расследования обязан на основании акта издать приказ о конкретных мерах по предупреждению профессиональных заболеваний.

Об исполнении решений комиссии работодатель письменно сообщает в центр санитарно-эпидемиологического надзора.

6.10. Порядок оформления акта о случае профессионального заболевания.

Акт о случае профессионального заболевания составляется в трехдневный срок по истечении срока расследования в пяти экземплярах, предназначенных для работника, работодателя, центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора, центра профессиональной патологии (учреждения здравоохранения) и страховщика. Акт подписывается членами комиссии, утверждается главным врачом центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора и заверяется печатью центра.

Акты о случае профессионального заболевания вместе с материалами расследования подлежат хранению в течение 75 лет и центре государственного санитарно-эпидемиологического надзора и в организации, где проводилось расследование.

6.11. Учет несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.

Каждый акт по форме Н-1 учитывается организацией по месту основной работы (учебы, службы) пострадавшего и регистрируется в журнале регистрации несчастных случаев по установленной форме.

Каждый несчастный случай, оформленный актом по форме Н-1, включается в статистический отчет о временной нетрудоспособности и травматизме на производстве (Форма №7 – травматизм).

Профессиональное заболевание учитывается центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора, проводившим расследование в порядке, устанавливаемом Министерством здравоохранения Республики Узбекистан.

Когда произойдет землетрясение, почва будет ощутимо колебаться относительно недолгое время – только несколько секунд, самое большее – минуту при очень сильном землетрясении. Эти колебания неприятны, могут вызвать испуг, но у вас нет другого выбора, кроме как ждать их окончания. Поэтому очень важно сохранять спокойствие и самообладание. Если вы будете действовать спокойно и сознательно, у вас больше шансов остаться невредимым. Если вы почувствовали сотрясение почвы или здания, реагируйте немедленно, помня, что наибольшая опасность исходит от падающих предметов. Не смущайтесь, если придется прятаться под стол. Люди, которые медлят, чаще всего оказываются под падающими предметами, частей потолка, стен, и т.д.

1. Оставайтесь спокойными и не делайте ничего, что нарушает спокойствие других людей (например, не кричите, не бегайте).

2. Если вы находитесь в помещении, немедленно займите безопасное место. Заберитесь под стол или кровать. Встаньте в проемы внутренней двери или во внутреннем углу комнаты. Помните, что чаще всего обрушаются наружные стены здания. Держитесь вдали от стекол (окон), тяжелых

предметов, (стенки, холодильников, и т.д.), которые могут опрокинуться или сдвинуться с места.

3. Не выбегайте из здания. Обломки, падающие вдоль стен, представляют серьёзную опасность. Безопаснее переждать толчок там, где он вас застал, и лишь дождавшись его окончания, перейти в безопасное место.

4. Если вы находитесь внутри многоэтажного здания, не спешите к лифтам или лестницам. Вблизи выходов, скорее всего, будет сползновение, а лифты работать не будут. Кроме того, лестничные пролеты и лифты часто обрушаются во время землетрясения.

5. Не удивляйтесь, если выйдет из строя электричество или зазвучат сигналы пожарной тревоги. Будьте готовы услышать звон бьющегося стекла, трескающихся стен и падающих предметов.

6. Если вы находитесь в неукрепленном одно – или двухэтажном кирпичном здании, возможно, будет безопаснее покинуть здание, нежели оставаться в нем. Выходите из здания как можно быстрее, но соблюдая осторожность, остерегайтесь падающих частей кирпичной кладки, проводов, и т.д.

7. Не прыгайте в окна без крайней необходимости. Помните, что это может привести к травме, даже при полной сохранности здания.

8. Находясь на тротуаре вблизи высокого здания, войдите в подъезд или отойдите на открытое место, чтобы избежать падающих обломков.

9. Находясь в движущемся автомобиле, плавно затормозите подальше от высотных зданий, мостов, эстакад. Оставайтесь в машине до окончания толчков.

10. Не удивляйтесь, ощутив повторные толчки. После первого сотрясения обычно наступает пауза, после которой может последовать повторный толчок. Это вызвано приходом различных сейсмических волн от одного и того же землетрясения. Кроме того, может иметь место и так называемый афтершок – новый толчок, следующий за основным. Афтершоки могут возникнуть через несколько часов, мину или даже дней после основного толчка. Иногда афтершоки вызывают повреждения или разрушения конструкций зданий уже ослабленных основным толчком.

Когда сотрясение почвы прекратится, вы, возможно, обнаружите существенные разрушения и пострадавших. При этом особенно важно сохраняя спокойствие, немедленно начать помогать пострадавшим и раненым. Второе по важности дело – тушение возникших пожаров. После этого можно приступить к оценке ущерба и восстановительным работам.

1. Сохраните спокойствие и внимательно оцените обстановку.

2. Помогите раненым. Окажите им первую медицинскую помощь, укройте одеялами, чтобы не допустить охлаждения. Направьте к ним врача.

3. Постарайтесь обнаружить очаги пожара и если возможно примите меры по их тушению.

6.13. Чрезвычайные ситуации при пожаре.

Для предупреждения пожаров, аварий и взрывов от коротких замыканий, перегрузок, больших местных переходных сопротивлений и других причин

необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, машин и аппаратов.

В соответствии с «Правилами устройства электроустановок» помещения и наружные установки в зависимости от способности к возгоранию находящихся в них материалов и веществ, а также с точки зрения требований, предъявляемых к электрооборудованию, делятся на пожароопасные и взрывоопасные, которые в свою очередь, разделяются на классы. Пожароопасные помещения и наружные установки делятся на четыре класса: П-I, П-II, П-IIa, и П-III.

К классу П-I относятся помещения, в которых применяются или хранят горючие жидкости с температурой вспышки выше 45°C (например склады минеральных масел, насосные станции горючих жидкостей, цехи по пропитке хлопчатобумажной оплетки проводов и кабелей и т.д)

К классу П-II относятся помещения, характеризующиеся выделением горючей пыли или волокон, переходящих во взвешенное состояние. При этом возникает опасность пожара (но не взрыва) в силу физических свойств пыли или волокна (степень измельчения и т. п.), при которых нижний предел взрыва составляет более 65 г/м^3 , или в силу того, что содержание их в воздухе по условиям эксплуатации не достигает взрывоопасных концентраций (например деревообделочные цехи, прядильные и другие цехи текстильных фабрик, цехи хлопкообрабатывающих заводов и т. п.).

К классу П-IIa относятся производственные и складские помещения, содержащие твердые или волокнистые горючие вещества. Горючие пыли или волокна здесь не выделяются и не переходят во взвешенное состояние (например склады тканей, бумаги, мебели и т. п.)

К классу П-III относятся наружные установки, в которых применяют или хранят горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45°C , а также твердые горючие вещества (например открытые или под навесом склады минеральных масел, угля, торфа).

Взрывоопасные помещения и наружные установки делятся на шесть классов: В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II и В-IIa.

К классу В-I относятся помещения, в которых горючие газы или пары выделяются в таком количестве и обладают такими свойствами, что они могут образовывать с воздухом или другими окислителями взрывоопасные смеси при нормальных недлительных режимах работы, например при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, находящихся в открытых сосудах и т. д.

К классу В-Ia относятся помещения, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих паров или газов с воздухом или другими окислителями не образуются, а образуются они только в результате аварий или неисправностей.

К классу В-Iб относятся те же помещения, что и к классу В-Ia, но отличающиеся одной из следующих особенностей: горючие газы в этих

помещениях обладают высоким нижним пределом взрываемости (15% и более) и резким запахом при предельно допустимых по санитарным нормам концентрациях.

К классу В-Iг относятся наружные установки, содержащие взрывоопасные газы, пары, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (газгольдеры, сливо-наливные эстакады, резервуары с легковоспламеняющимися жидкостями, ректификационные и другие установки), в которых взрывоопасные смеси могут быть только в результате аварии или неисправности.

К классу В-II относятся помещения, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, обладающими такими свойствами, при которых они способны образовывать с воздухом, кислородом и другими окислителями взрывоопасные смеси при нормальных недлительных режимах работы (например: при загрузке и разгрузке технологических аппаратов).

К классу В-IIа относятся помещения, в которых в взрывоопасные концентрации, указанные в характеристике помещений класса В-II, не образуются при нормальной эксплуатации, а образуются только в результате аварий или неисправностей.

К классам В-II и В-IIа могут относиться некоторые помещения мукомольных, комбикормовых, углеразмольных производств, а так же производства по приготовлению древесной муки.

Класс взрывоопасности помещения при признаках классов В-I, В-Iа и В-II допускается снизить на одну ступень при выполнении одного из следующих мероприятий:

- устройства системы вентиляции с несколькими вентиляционными агрегатами, постоянно находящимися в работе. При выходе из строя одного из них оставшиеся в работе полностью обеспечивают поддержанием необходимой кратности обмена воздуха с равномерностью действия вентиляции по всему объему помещения, включая подвалы, каналы и их повороты;
- установки резервного вентиляционного аппарата, автоматически включающегося при остановке рабочего агрегата;
- устройства автоматической сигнализации, действующей при возникновении в любом пункте помещения концентрации газов или паров, не превышающей 50% наименьшей взрывоопасной, а для ядовитых газов - при приближении концентрации к санитарным нормам.

Число сигнальных приборов, их расположения, система резервирования должны обеспечивать безотказность действия сигнализации.

6.14. Взрывозащищенное электрооборудование.

Во избежание пожаров или взрывов все электрооборудование, предназначенное для установки взрывоопасных помещениях, должно быть взрывозащищенным.

Взрывозащищенным называется электрооборудование, обеспечивающее безопасность его использования в условиях взрывоопасных помещений и прошедшее лабораторные и промышленные испытания.

В зависимости от уровня взрывозащиты взрывозащищенное электрооборудование подразделяется на электрооборудование повышенной надежности против взрыва, взрывобезопасное и взрывобезопасное при любом числе повреждений.

Электрооборудование должно иметь маркировку с указанием:

1. уровня взрывозащиты (Н,В,О);
2. группы взрывоопасной смеси (Т1,Т2,Т3,Т4,Т5);
3. виды взрывозащиты (В,К,И,Н,П,М,С);
4. категории взрывоопасной смеси (1,2,3,4).

В электрооборудования повышенной надежности против взрыва (условное обозначение при маркировке - Н) предусматриваются средства и меры, затрудняющие возникновение опасных искр, электрических дуг и нагрева, а также обеспечивающие взрывозащиту электрооборудования только в режиме его нормальной работы.

Во взрывоопасном электрооборудовании (условное обозначение при маркировке - В) предусматриваются меры защиты от взрыва как при нормальном работе электрооборудования, так и при его вероятных повреждениях.

В электрооборудовании, взрывобезопасном при любом повреждении (условное обозначение при маркировке - О), предусматриваются меры защиты от действия искр или электрических дуг как при нормальной работе, так и при неограниченном числе повреждений любых элементов, за исключением защитных элементов источников питания, реле, зажимов, контактов, штепсельных разъемов и других элементов, выполненных в искробезопасном исполнении.

Уровня взрывозащиты можно обеспечить следующими видами защиты.

1. Повышенную надежность против взрыва – искабезопасностью только в нормальном режиме; продувание под избыточным давлением чистым воздухом или инертным газом с устройством сигнализации, срабатывающая при недопустимом снижении давления.
2. Взрывобезопасность обеспечивает взрыванепринимаемой оболочкой, предотвращающая передачу взрыва при воспламенения или только от маломощного искрения, когда невозможно образование дугового К.З.; продуванием под избыточным давлением чистым воздухом или инертным газом с использованием устройства автоматического отключение при недопустимом снижении давления;
3. Взрывобезопасность при любом числе повреждение обеспечивается искробезопасность при любом количестве повреждений с нормальным и аварийным режимами, за исключением защитных элементов схем, выполненных в соответствии с ПИВРЭ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Экономия энергии в системе электроснабжения является актуальной. Для снижения потерь электроэнергии важную роль играет компенсация реактивной мощности. Оптимальный выбор и размещение компенсирующих устройств в системе электроснабжения и их автоматическое регулирование в большой степени влияет на экономию и рациональное использование электроэнергии.

Существует много способов автоматического регулирования мощности конденсаторных батарей.

В данной выпускной работе мы осуществили обзор всех этих методов и предложили новый метод автоматического регулирования мощности компенсирующих устройств, а именно метод автоматического регулирования по углу сдвига фаз между напряжением питающей сети и током нагрузки. В процессе разработки этого метода было создано модельное устройство, по которому были изучены все параметры происходящих в ходе регулирования процессов. По данному модельному устройству были выполнены экономические расчеты, в результате которых было выявлено то, что данная установка отличается невысокой стоимостью, надежностью, а также полностью оправдывает затраты в ходе эксплуатации.

Данный способ автоматического регулирования эффективнее применять для компенсации реактивной мощности для потребителей напряжением до 1000 В, а для нагрузки напряжением выше 1000 В желательно сочетание конденсаторных батарей с синхронными двигателями, и размещение их на стороне высокого напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

- 1) «Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности в электросетях предприятий.» Красник В.В., Москва:Энергия, 1983 г, 135 стр;
- 2) «Конденсаторные установки промышленных предприятий.» Ильяшов В.П. Москва:Энергия, 1972 г.
- 3) Справочник по электроснабжению и электрооборудованию под общей редакцией Федорова А.А. 1 том. Москва: «Энергоатомиздат» 1986 г.
- 4) «Электроснабжение промышленных предприятий и установок.» Ермилов В.М., Высшая школа 1990 г.
- 5) «Тиристорные установки» Я.С. Кублановский. Издательство «Радио и связь» Москва 1987г.
- 6) «Справочник по проектированию электроснабжения» под редакцией Ю.Г. Барыбина и др. Москва, Энергоатомиздат, 1990 г.
- 7) «Основы электроснабжения промышленных предприятий». Москва, Энергоатомиздат, 1983 г.
- 8) «Обслуживание электроустановок промышленных предприятий. Коэффициент мощности и способы его повышения.» Ю.Д.Сибикин. Москва, высшая школа, 1989 г.
- 9) «Автоматика энергосистем» М.А.Беркович, В.А.Гладышев, В.А.Семенов. Москва,1991 г.
- 10) «Электротехнические чертежи и схемы.»К.К.Александров, Е.Г.Кузьмина. Москва, Энергоатомиздат, 1990 г.
- 11) «Пособие к курсовому и дипломному проектированию». В.М. Блок, Москва, Высшая школа, 1990 г.