

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Кузнецов П.А., студ., Степанов О.А., студ., Юдин А.В., проф., д.т.н.

(Рыбинский Государственный Авиационный Технический Университет им. П.А. Соловьева, г. Рыбинск, Российская Федерация)

Большинство электроприемников (двигатели, электромагнитные устройства, осветительное оборудование и др.), а также средства преобразования электроэнергии (трансформаторы, различные типы преобразователей), в силу своих физических свойств требуют для работы кроме активной энергии, однонаправлено поступающей из сети в электроприемник, некоторой реактивной мощности (РМ), которая в течение половины периода основной частоты сети направлена в сторону электроприемника, а в другую половину периода - в обратную сторону. Несмотря на то, что на выработку РМ, активная мощность, а, следовательно, и топливо непосредственно не расходуется, ее передача по сети вызывает затраты активной энергии, которые покрываются активной энергией генераторов (за счет дополнительного расхода топлива). Кроме того, передача РМ дополнительно загружает электрические сети и установленное в них щитовое оборудование (в первую очередь силовые трансформаторы), отнимая некоторую часть их пропускной способности.

Уменьшение потерь активной энергии, обусловленных перетоками РМ, является одним из основных энергосберегающих мероприятий для системы электроснабжения, существенно влияющим на уровень технологических транспортных потерь распределительных сетей [2].

В общем случае, в энергосистемах для КРМ применяются синхронные компенсаторы и электродвигатели, а также конденсаторные установки (КУ). Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, а целью исследований является проектирование элементов установки компенсации реактивной мощности, работающей в автономном режиме (АУКРМ).

АУКРМ является комплектной многокомпонентной системой, состоящей из компенсирующих устройств (КУ), – четырех блоков, содержащих: силовой конденсатор с разрядным дросселем, исполнительных устройств (ИУ) – четырех конденсаторных контакторов, защитного устройства (ЗУ), состоящего из разъединителя нагрузки и предохранителей, вентиляционного устройства (ВУ) – для охлаждения установки, а также системы управления – регулятора реактивной мощности (РРМ). Всё перечисленное оборудование устанавливается в соответствующей оболочке (шкафу). Структура установки показана на рис. 1.

В качестве регулятора реактивной мощности для модернизируемой установки был выбран DCRK5, производства компании Lovato electric S.P.A., - оптимальная модель по сочетанию цена/качество, для использования в конденсаторных установках компенсации реактивной мощности.

Входными сигналами являются напряжение и ток. Напряжение к ДН подается непосредственно из подключенной сети (400 В). Ток к ДТ подается от вторичной обмотки измерительного трансформатора тока ТТ включенного в цепь контролируемой сети со стандартным выходом 5 А. В датчиках сигналы гальванически изолируются и нормализуются для правильного функционирования системы регулирования.

На основе информации о токе и напряжении, поступающей на аналогово-цифровой преобразователь микроконтроллера, вычисляется сигнал, пропорциональный реактивной мощности, со знаком, определяющим характер нагрузки: индуктивный или ёмкостной.

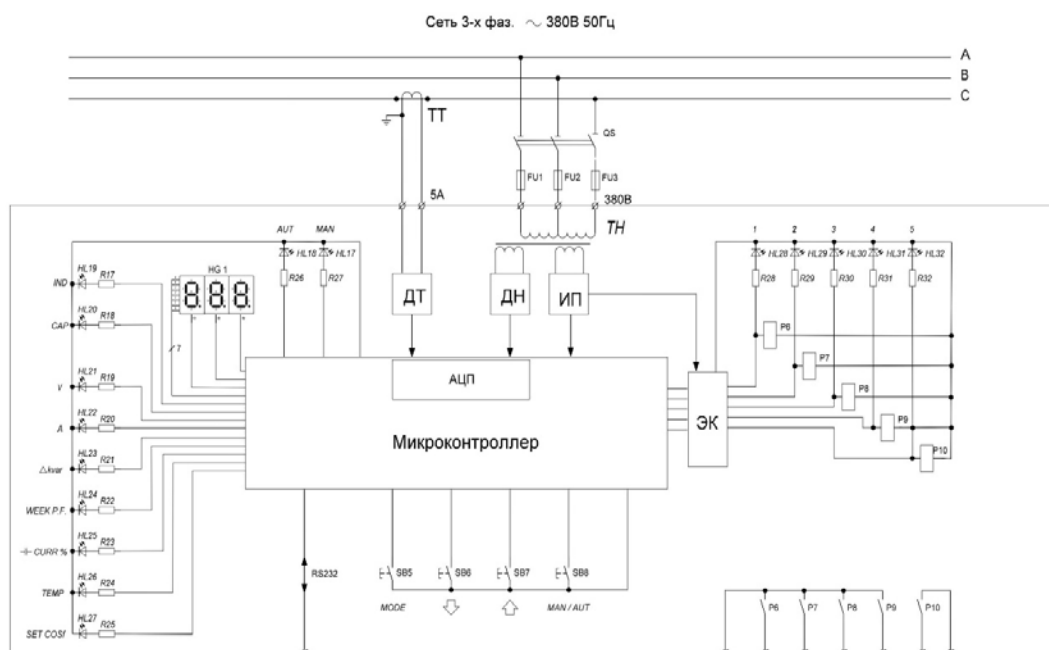


Рисунок 1 – Структурная схема АУКРМ

Сигнал сравнивается с шириной зоны чувствительности (регулируется в диапазоне от 5 до 600 с, заводская установка – 60 с) – коэффициента, который указывает скорость переключения контроллера. Высокая чувствительность обеспечивает более быстрое регулирование, но с большим числом переключений, при низкой чувствительности регулирование происходит медленнее и с меньшим количеством переключений.

Согласно принятой конфигурации конденсаторных ступеней АУКРМ (1x10+1x10+1x10+1x20 кВАр) требуется выбрать два типоминнала конденсаторов – на 10 и 20 кВ.

В результате корректировки мощности ступени 10 кВАр по расчётам приведённых выше, выбираем для установки из каталога [Ошибка! Источник ссылки не найден.] конденсатор марки 275.186-515400 12,5 кВАр 400В 50 Гц производства компании *Electronicon*. Его характеристики приведены в таблице 1, а блок выводов для подключения показан на рисунке 2.

Таблица 1 – Характеристики конденсатора 275.186-515400

Q, кВАр	C, мкФ	In, А	I _{max} , А	D x h, мм	Исполнение	масса, кг
12,5	3x68	3x15	3x30	75x230	L	1

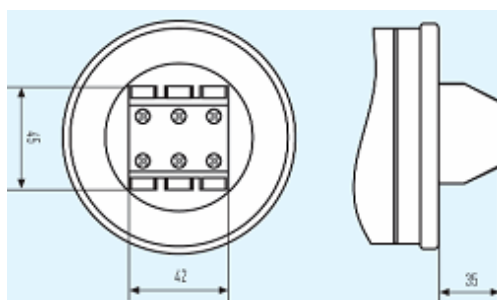


Рисунок 2 – Блок выводов конденсатора. Максимальное сечение кабеля 2x25 мм²

Для ступени мощностью 20кВАр применяем конденсатор марки 275.186-515400 25 кВАр 400 В 50 Гц, имеющего характеристики, приведённые в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики конденсатора 275.186-516600

Q, кВАр	C, мкФ	In, А	I _{max} , А	D x h, мм	Исполнение	масса, кг
25	3x137	3x29	3x56	116x230	L	2,3

Разрядные дроссели заменяют постоянные и дополнительные быстро разряжающие резисторы и одновременно значительно уменьшают потери энергии конденсаторных установок. Кроме того, исключается нагрев конденсаторных выводов, возникающий при применении разрядных резисторов. Разрядный дроссель 40E.003-60002 производства компании *Electronicon* (см. рис. 3) обеспечит разряд батареи мощностью 10 кВАр напряжением 400В до напряжения менее 50 В за 5 секунд, а 20 кВАр – за 10 с. При этом число допустимых разрядов за минуту составляет для батареи мощностью 10 кВАр – 5, а для 50 кВАр – 4. Данные сведения позволяют выбрать установку регулятора реактивной мощности, отвечающую за время переключения конденсаторных батарей равную 30 секундам.

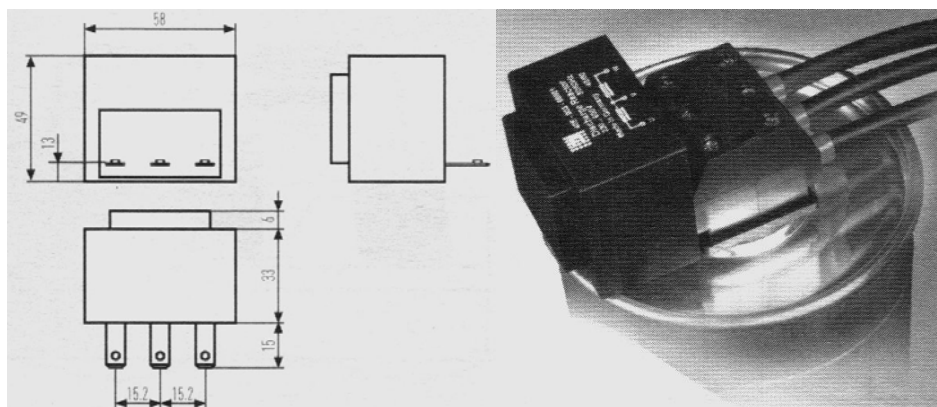


Рисунок 3 – Разрядный дроссель 40E.003-60002 «ELECTRONICON Kondensatoren GmbH», установленный на выводах цилиндрического косинусного силового конденсатора

Технические параметры разрядного дросселя.

- Для разрядки конденсаторов мощностью: 5 – 50 кВАр.
- Конструкция: двойной дроссель с сердечником в пластиковом корпусе.
- Сопротивление каждой катушки постоянному току: 7600 Ом.
- Номинальное напряжение: 230 – 600 В 3ф., 50 Гц.
- Мощность рассеивания: менее 1 Вт.
- Температура окружающей среды: +40 max.

Так как разрядный дроссель подключается непосредственно к блоку выводов конденсатора, то в ступенях по 10 кВАр и 20 кВАр будет использоваться один разрядный дроссель, таким образом, потребуется четыре разрядных дросселя.

Исходя из характера нагрузки в месте установки АУКРМ, а точнее скорости её изменения от минимума до максимума (20 – 40% в течении часа) для коммутации конденсаторных батарей подходят специальные конденсаторные контакторы.

Для включения батарей мощностью 10кВАр применимы контакторы КЗ-18К10 230 компании *BENEDIKT & JÄGER*, а для секций батарей 20 кВАр – контакторы КЗ-24К00 230.

Реализация спроектированной установки позволяет поддерживать коэффициент мощности на уровне $\cos(\varphi)=0,98$, что в свою очередь разгружает питающие сети предприятия, поддерживает требуемое напряжение в узлах потребителей и в целом дает экономию электрической энергии 10%.

Перечень ссылок

1. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. – М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2003. – 176с.
2. Инструкция по эксплуатации *Automatic power factor regulators DCRK5- DCRK7- DCRK8- DCRK12. Lovato Electric S.P.A. 24020 Gorle (Bergamo) Italia.*
3. Каталог конденсаторы и дроссели для компенсации реактивной мощности *Electronicon Kondensatoren GmbH, 2006. Kerlerstrasse 2, 07549 Gera.*