

Коновалов Юрий Васильевич,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:
yrvaskon@mail.ru

Головатюков Леонид Константинович, Гусев Илья Григорьевич, Терехова Анна Андреевна, Ульянов Вадим Денисович, Шитенков Григорий Александрович,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», студенты гр. ЭЭ-22-1

УСТРОЙСТВА ДИНАМИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ РЕЖИМА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Konovalev Yu.V., Golovatyukov L.K., Gusev I.G., Terekhova A.A., Ulyanov V.D., Shitenkov G.A.

DYNAMIC CORRECTION DEVICES FOR REACTIVE POWER COMPENSATION MODE IN THE POWER SUPPLY SYSTEM

Аннотация. Рассмотрено оборудование для динамической коррекции режима компенсации реактивной мощности, которое позволяет регулировать уровень реактивной энергии в системе электроснабжения, что в свою очередь способствует оптимизации использования ресурсов и снижению потерь электроэнергии. Применение такого оборудования в системах электроснабжения предприятий становится особенно актуальным в связи с увеличением потребления электроэнергии и ростом энерговооруженности труда.

Ключевые слова: оборудование, динамическая коррекция, режим компенсации реактивной мощности, система электроснабжения, снижение потерь электроэнергии.

Abstract. The equipment for dynamic correction of the reactive power compensation mode is considered, which allows regulating the level of reactive energy in the power supply system, which in turn helps optimize the use of resources and reduce energy losses. The use of such equipment in power supply systems of enterprises is becoming especially relevant in connection with the increase in electricity consumption and the growth of labor power intensity.

Keywords: equipment, dynamic correction, reactive power compensation mode, power supply system, reduction of power losses.

Промышленные предприятия должны быть обеспечены надежным электроснабжением. При определении параметров надежности необходимо провести паспортизацию системы электроснабжения и определить характер электрических нагрузок. В большинстве своем электрические нагрузки промышленных потребителей имеют индуктивный характер, так как представлены распределительными трансформаторами, приводными электродвигателями, электронными устройствами управления и т. п. [1, 2]. Наличие индуктивной нагрузки приводит к тому, что ток в проводах, кабелях и прочих элементах системы электроснабжения может в 1,5-2 раза превышать номинальное значение. Соответственно потери на нагрев этих элементов увеличиваются в 2-4 раза. Кроме прямых потерь электроэнергии увеличение токовой нагрузки элементов системы электроснабжения может привести к необходимости замены силовых трансформаторов и кабелей на более мощные, что влечет за собой дополнительные затраты. Традиционным способом борьбы с этим явлением служит подключение дополнитель-

ных конденсаторных батарей параллельно потребителю, в результате чего характер нагрузки приближается к активному. Поскольку каждый элемент электросети невозможно оснастить отдельным конденсатором, конденсаторная батарея подключается к отходящему присоединению (фидеру), питающему несколько потребителей. А так как потребители включаются независимо друг от друга и часто непредсказуемо, встает задача автоматического подключения необходимого набора конденсаторов для компенсации имеющейся в данный момент реактивной нагрузки в сети. Также для решения этой проблемы могут быть использованы комплексы синхронный двигатель - система возбуждения при работе их в режиме компенсатора реактивной мощности [3, 4].

На сегодняшний день известен ряд способов повышения качества электрической энергии в распределительных и магистральных сетях для питания промышленных предприятий. Для рационального использования электроэнергии требуется обеспечить экономичные способы ее генерации, передачи и распределения с минимальными потерями. Для этого необходимо исключить из электрических сетей все факторы, приводящие к возникновению потерь. Одним из них является запаздывание фазы протекающего тока от напряжения при наличии индуктивной нагрузки, поскольку нагрузки в промышленных и бытовых электросетях носят обычно активно-индуктивный характер. Для максимальной эффективности цепи, она должна подключаться как можно ближе к индуктивной нагрузке. Системы коррекции коэффициента мощности уменьшают реактивную составляющую тока, протекающего по сетям промышленного предприятия. При изменении характера нагрузки необходимо соответствующим образом перестроить и цепи коррекции. Для этого обычно используются системы автоматической коррекции, которые осуществляют ступенчатое подключение или отключение отдельных корректирующих конденсаторов в режиме динамического изменения нагрузки.

Ключевой компонентой систем компенсации реактивной мощности является конденсатор. Конденсаторы для цепей коррекции коэффициента мощности должны выдерживать большие пусковые токи, возникающие при коммутации конденсаторов. При параллельном подключении конденсаторов в батарее пусковые токи становятся еще выше, поскольку пусковой ток протекает не только от цепей питания, но и от подключенных параллельно конденсаторов.

Рассмотрим целесообразность применения оборудования компании EPCOS AG для модернизации систем электроснабжения промышленных предприятий при обеспечении динамической коррекции режима компенсации реактивной мощности. Компания EPCOS AG выпускает конденсаторы напряжением от 230 до 800 В мощностью от 0,25 до 100 кВАр. В зависимости от условий эксплуатации конденсаторы могут быть как сухие, так и маслonaполненные.

Основными отличиями конденсаторов данного производителя являются:

- широкий диапазон рабочих - 40...+55° С (- 40...+70° С для конденсаторов MKV серии);
- выдерживают пусковые токи до 200·I_{ном} от номинального (до 300·I_{ном} для серии PhaseCap compact и до 500·I_{ном} для серии MKV);
- сроки службы конденсаторов от 100000 ч до 300000 ч (при температурном классе -40/D по IEC 60831-1);
- для серии PhaseCap compact и MKV допустимое количество коммутаций 10000 в год и 20000 соответственно;
- размыкатель от избыточного давления срабатывает по всем трем фазам исключая полностью возможность попадания потенциала на корпус конденсатора;
- допускается эксплуатация до 4000 м над уровнем моря;
- присутствуют технология самовосстановления, волновой обрезки.

Также для коррекции коэффициента мощности используют современные контроллеры. Микропроцессор анализирует сигнал от трансформатора тока и подает команды на управление батареями конденсаторов, подключая или отключая отдельные конденсаторы или целые батареи. Интеллектуальное управление корректирующими конденсаторами позволяет не только обеспечить максимально полную загрузку батарей конденсаторов, но и минимизировать количество операций по коммутации и таким образом оптимизировать срок службы батареи конденсаторов.

В линейке продуктов компании EPCOS AG имеются контроллеры для коммутации 4, 6, 7, 12, и 13 ступеней конденсаторов. По требованию заказчика контроллеры оборудуются интерфейсом для подключения к компьютеру или системе АСКУЭ.

Основными отличиями контроллеров данного производителя являются:

- русскоязычное текстовое цифровое меню;
- жидкокристаллический дисплей работающий при низких температурах;
- есть подсветка дисплея;
- фиксирование и хранение основных параметров, которые влияют на срок службы конденсаторов (перенапряжения, повышения температур, гармоника тока и напряжения по девятнадцатую включительно, количество включений и время работы каждой ступени);
- имеет функции защиты и отключения системы компенсации при превышении параметров, которые влияют на срок службы конденсаторов;
- имеются также более упрощенные и более дешевые модели для применения в простых системах.

Кроме этого, у компании EPCOS AG имеются коммутирующие устройства. Электромеханическое или тиристорные контакторы используется для коммутации конденсаторов в стандартных системах коррекции или конденсаторов и

дросселей в расстроенных системах. Коммутация в силовых цепях осуществляется либо при помощи механических контактов, либо за счет использования полупроводниковых приборов. Электронная коммутация предпочтительнее, особенно при необходимости осуществления быстрой коммутации в системах динамической коррекции.

Электромеханические контакторы производства EPCOS AG выпускаются на мощности до 100 кВАр. Тиристорные же контакторы имеют самую широкую линейку на сегодняшний день: 10 кВАр, 25 кВАр, 50 кВАр, 100 кВАр, 200 кВАр на напряжение 400 В и 50 кВАр и 200 кВАр для работы в сетях 690 В.

В сетях распределения электроэнергии часто присутствуют гармонические искажения, вызванные использованием современных электронных приборов, создающих нелинейную нагрузку. Такими приборами могут быть, например, управляемые электроприводы, источники бесперебойного питания, электронные балласты, сварочные аппараты и т. д. Гармоники могут быть опасны для конденсаторов в цепях коррекции, особенно если конденсаторы работают на резонансной частоте. Включение дросселя последовательно с корректирующим конденсатором позволяет несколько отстроить частоту резонанса в системе и избежать её возможного повреждения.

Особенно критичными являются пятая и седьмая гармоники (250 и 350 Гц в сети 50 Гц). Настроенные ступени конденсаторов позволяют снизить гармонические искажения в цепях электропитания.

Ряд дросселей от EPCOS AG имеет мощности от 10 до 200 кВАр.

В линейке продуктов EPCOS AG имеются также аксессуары для построения систем коррекции реактивной мощности по специальным требованиям:

- защитные колпаки и корпуса для увеличения степени защиты конденсаторов вплоть до IP64;
- разрядные дроссели, позволяющие сделать быстродействие системы коррекции реактивной мощности порядка одной секунды, не уменьшая при этом срок службы конденсаторов и специальные разрядные резисторы, и дроссели для систем с тиристорными контакторами;
- устройства, позволяющие в отличие от суммирующего трансформатора управлять сразу системой из четырех систем коррекции;
- адаптеры для подключения контроллера к линейному напряжению.

Рассмотренное оборудование для динамической коррекции режима компенсации реактивной мощности позволяет регулировать уровень реактивной энергии в системе электроснабжения, что в свою очередь способствует оптимизации использования ресурсов и снижению потерь электроэнергии [5, 6]. Применение такого оборудования в системах электроснабжения предприятий становится особенно актуальным в связи с увеличением потребления электроэнергии и ростом энерговооруженности труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Устинов, Д.А.** Вероятностные характеристики энергопотребления нефтегазодобывающих предприятий / Д.А. Устинов, Ю.В. Коновалов, И.Г. Плотников, А.В. Турышева // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2011. № 4 (135). – С. 90-94.
2. **Коновалов, Ю.В.** Применение цифровых регуляторов для оптимального использования компенсирующей способности синхронных двигателей совместно с конденсаторными батареями / Ю.В. Коновалов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2010. № 7(47). – С. 175-182.
3. **Абрамович, Б.Н.** Дополнительные потери активной мощности в комплексах синхронный двигатель - система возбуждения при работе их в режиме компенсатора реактивной мощности / Б.Н. Абрамович, Ю.В. Коновалов // Промышленная энергетик. 1988. № 4. – С. 55-57.
4. **Чаронов, В.Я.** Электродвигатели насосных станций как потребители-регуляторы активной и реактивной мощности / В.Я. Чаронов, А.Н. Евсеев, Б.Н. Абрамович, Ю.В. Коновалов, А.С. Логинов // Нефтяное хозяйство. 1990. № 5. – С. 9.
5. **Konovalov, Y.V.** The role of human factor in ensuring the safety of electric power objects after their intellectualization / Y.V. Konovalov, N.V. Kuznetsova // Proceedings of IFOST-2016. 11-th International Forum on Strategic Technology. 2016. – С. 378-381.
6. **Коновалов, Ю.В.** Анализ качества электроэнергии на предприятии / Ю.В. Коновалов, И.И. Воробьев // Вестник Ангарской государственной технической академии. 2014. № 8. – С. 57-60.
7. **Konovalov, Y.V.** Optimization of power supply system reactive power compensation at the oil field electrical substation / Y.V. Konovalov, D.N. Nurbosynov // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 - Proceedings. electronic edition. 2017. – С. 8076228.