

# Конденсаторные установки ООО «ЭЛПРИ» —

## наиболее эффективное средство компенсации реактивной мощности

**Александр Лавров**

lavrov@elpry.cbх.ru

**Владимир Колпаков**

pko@elpry.cbх.ru

ООО «ЭЛПРИ» сорок лет работает на отечественном рынке электротехники и является одним из крупнейших производителей электроприводов постоянного и переменного тока в России и на их основе — низковольтных комплектных устройств управления различными технологическими объектами. Компания выпускает и другое, в том числе и энергосберегающее, оборудование, конденсаторные установки для компенсации реактивной мощности, комплекты управления для электротележек и электропогрузчиков, устройств распределения и учета электроэнергии (электронные однофазные счетчики ЦЭ2705, ЦЭ2706, пункты распределительные ПР, шкафы ШРЭ, ЯВШ, установки УККРМ).

Фирма была создана в 1998 году на базе цеха С-10 и является дочерним предприятием ОАО «ЧЭАЗ». В основе производства приводов — научные исследования и технологические разработки ОАО «ВНИИР», кафедры электропривода Чувашского государственного университета, Ивановского ГЭУ и других организаций. Основными потребителями оборудования производства ООО «ЭЛПРИ» являются:

- крупные промышленные предприятия машиностроения, металлургии и станкостроения (внедрение проектов реконструкции и организации новых производственных мощностей);
- предприятия энергетики и коммунального хозяйства (реализация программы экономии энергоресурсов).

Проблема рационального использования электроэнергии существовала всегда. В последнее время это стало особенно актуально на фоне быстрого роста тарифов и, как следствие, энергетической составляющей в стоимости продукции и услуг.

Одним из основных направлений сокращения потерь электроэнергии и повышения эффективности электроустановок промышленных предприятий является компенсация реактивной мощности с одновременным повышением качества электроэнергии непосредственно в сетях предприятия.

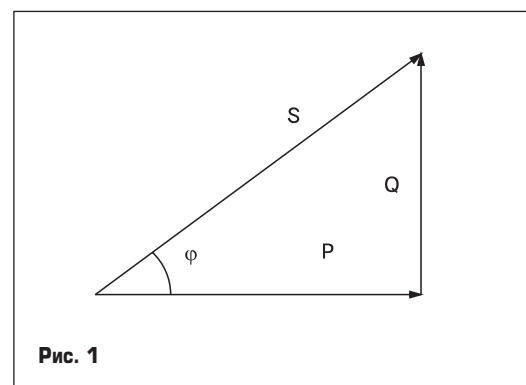
### Компенсация реактивной мощности: общие сведения

Полная мощность, забираемая из сети, складывается из активной мощности, совершающей полезную работу, и реактивной мощности, расходуемой на создание магнитных полей и создающей допол-

нительную нагрузку на силовые линии питания. Соотношение между полной и активной мощностью, выраженное через косинус угла между их векторами, называется коэффициентом мощности (рис. 1.):

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2},$$

где  $\cos\varphi = P/S$ ;  $P$  — активная мощность;  $S$  — полная мощность;  $Q$  — реактивная мощность.



Активная энергия преобразуется в полезную — механическую, тепловую и др. Реактивная энергия не связана с выполнением полезной работы, однако она необходима для создания электромагнитного поля, наличие которого является необходимым условием для работы электродвигателей и трансформаторов. Потребление реактивной мощности от энергоснабжающей организации нецелесообразно, так как приводит к увеличению мощности генераторов, трансформаторов, сечения подводящих кабелей (снижению пропускной способности), а также повышению активных потерь и падению напряжения (из-за увеличения реактивной составляющей тока питающей сети). Поэтому ее необходимо генерировать непосредственно у потребителя. Эту функцию выполняют установки компенсации реактивной мощности (УКРМ), основными элементами которых являются конденсаторы.

Значительный рост использования силовой электронной аппаратуры привел к увеличению гармонических искажений в электрических системах, что, в свою очередь, может привести к возникновению резонанса между конденсаторной установкой и индуктивностью сети. Это послужило причиной того, что последнее время все больше и больше поставщиков электроэнергии требуют установки рассогла-

сованных конденсаторных систем (конденсаторных батарей с фильтрацией). Такие системы выполняют функцию улучшения коэффициента мощности, предотвращая увеличение гармонических составляющих тока и напряжения, за счет резонанса между конденсаторами и индуктивностью электрической системы.

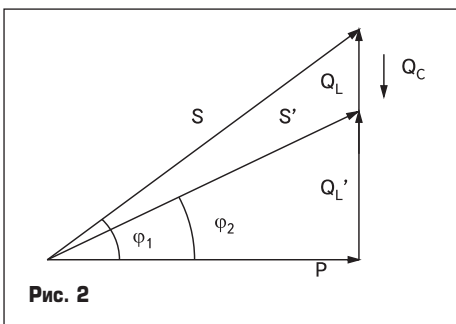
Последовательным включением дросселя и силового конденсатора создается резонансный контур. Его резонансная частота — ниже частоты самой маленькой гармоники сети (чаще всего 5-й). Поэтому для всех других гармоник, лежащих выше этой резонансной частоты, схема является индуктивной, и опасность резонанса между конденсаторной установкой и индуктивностью сети исключается.

### Расчет необходимой мощности установки УКРМ

При выборе конденсаторной установки требуемая суммарная мощность конденсаторных батарей определяется исходя из формулы

$$Q_c = P \times (tg(\varphi_1) - tg(\varphi_2)),$$

где  $P$  — потребляемая активная мощность;  $S$  и  $S'$  — полная мощность до и после компенсации;  $Q_c$  — требуемая емкостная мощность;  $Q_L$  и  $Q_L'$  — индуктивная составляющая реактивной мощности до и после компенсации.



Значение  $(tg(\varphi_1) - tg(\varphi_2))$  определяется на основе значений  $\cos(\varphi_1)$  и  $\cos(\varphi_2)$ :  $\cos(\varphi_1)$  — коэффициента мощности потребителя до установки компенсирующих устройств (действующего коэффициента мощности);  $\cos(\varphi_2)$  — коэффициента мощности после установки компенсирующих устройств (желаемого или задаваемого предприятием энергоснабжения).

### Как компенсировать реактивную мощность: виды компенсации

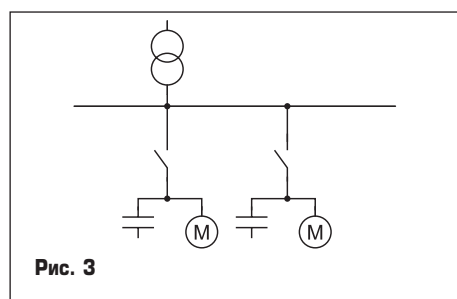
Уровень реактивной мощности двигателей, генераторов и сети предприятия в целом характеризуется коэффициентом мощности потребителя (оборудования), который определяется как отношение потребляемой активной мощности к полной, действительно взятой из сети, то есть  $\cos(\varphi) = P/S$ . Чем ближе значение  $\cos(\varphi)$  к единице, тем меньше доля взятой из сети реактивной мощности. Обычно стараются достигнуть значения  $\cos(\varphi) = 0,90 \dots 0,95$ . Компенсировать реактивную мощность возможно синхронными компенсаторами, синхронными двигателями, конденсаторными установками.

В настоящее время для компенсации реактивной мощности широкое применение получили конденсаторные установки (КУ), обладающие рядом преимуществ перед другими устройствами, а именно:

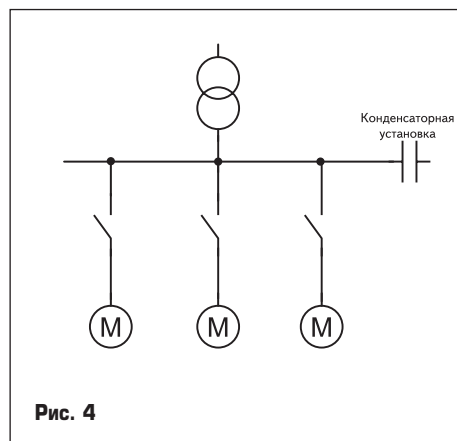
- малые потери активной мощности;
- отсутствие вращающихся частей, подверженных механическому износу;
- невысокие капиталовложения и затраты при эксплуатации;
- отсутствие шума во время работы;
- простота монтажа и эксплуатации.

Выбор оборудования для компенсации реактивной мощности зависит от типа подключенного к сети оборудования.

Компенсация реактивной мощности может быть индивидуальной (местной) и централизованной (общей). В первом случае параллельно нагрузке подключают один или несколько (батарею) косинусных конденсаторов, во втором — некоторое количество конденсаторов (батарей) подключается к главному распределительному щиту (рис. 3.).



**Индивидуальная (нерегулируемая) компенсация.** КУ размещаются непосредственно у электроприемников и коммутируются одновременно с ними. В этом случае выключатель электроприемника одновременно является и выключателем КУ (рис. 4). Данная компенсация предпочтительна при единичных, постоянно присоединенных в течение длительного времени мощностях свыше 20 кВт. Ее недостатки — зависимость времени включения КУ от времени включения электроприемников и необходимость согласования емкости КУ с индуктивностью приемника для предотвращения возникновения резонансных явлений.



**Централизованная (как правило, регулируемая) компенсация.** Для узлов нагрузки с широким диапазоном изменения потребления реактивной мощности. Регулирование мощности КУ осуществляется реактивным током нагрузки, для этого она оборудована специаль-

ным автоматическим регулятором, а ее полная компенсационная мощность (равная реактивной мощности установленных конденсаторов) разделена на отдельно коммутируемые ступени. Такие комплектные КУ называются автоматизированными. Данный тип КУ производит компенсацию реактивной мощности в соответствии с ее фактическим потреблением.

### Конденсаторные установки УККРМ

Для решения указанных проблем и снижения потребления реактивной мощности из сети предназначены установки конденсаторные компенсации реактивной мощности типа УККРМ, производимые ООО «ЭЛПРИ». С 2005 года ООО «ЭЛПРИ» выпускает установки УККРМ-5 на напряжение 380 В, до этого времени (с 1998 г.) выпускало УККРМ2-УККРМ4. С 2007 года объединение приступило к выпуску установок УККРМ-6 на напряжение 660 В и установок УККРМ-7 на напряжение 6 и 10 кВ.

Особенности УККРМ:

- Изготавливаются из отдельных, расположенных в металлических шкафах силовых модулей, конструкция которых обеспечивает взаимозаменяемость идентичных элементов установки, а также при необходимости и увеличение ее мощности.
- Сборка комплектных УККРМ производится на предприятии-изготовителе, а на месте их размещения — только монтаж и подключение шкафов. Размещать УККРМ лучше всего вблизи распределительного щита, так как в этом случае упрощается их присоединение. При соблюдении требований ПУЭ комплектные УККРМ можно устанавливать непосредственно в производственных помещениях.
- В конструкции УККРМ применяются конденсаторы с экологически чистым наполнителем (инертный газ), имеющие защиту от перенапряжения и коротких замыканий (самовосстанавливающийся диэлектрик) защиту от прикосновения: подключающие элементы конструкции имеют степень защиты IP20, то есть все токопроводящие части недоступны. При перегрузках по напряжению и перегреве или в конце срока службы в конденсаторе из-за большого количества самовосстанавливающихся пробоев может возникнуть избыточное давление. Для защиты корпуса конденсатора от разрыва предусмотрен предохранитель-прерыватель избыточного давления. В установках до 660 В для подключения конденсаторов применены специальные пускатели с предварительно замыкающимися контактами, которые последовательно соединены с резисторами предварительной зарядки для понижения больших пусковых токов. В установках 6 и 10 кВ для этих целей применены вакуумные контакторы с токоограничивающими реакторами.
- Охлаждение тепловыделяющих элементов внутри шкафа приточными вентиляторами.
- Применен регулятор реактивной мощности, обеспечивающий соблюдение требуемого коэффициента мощности с большой точностью и в широком диапазоне компенсируемой мощности. Кроме того, микропроцес-

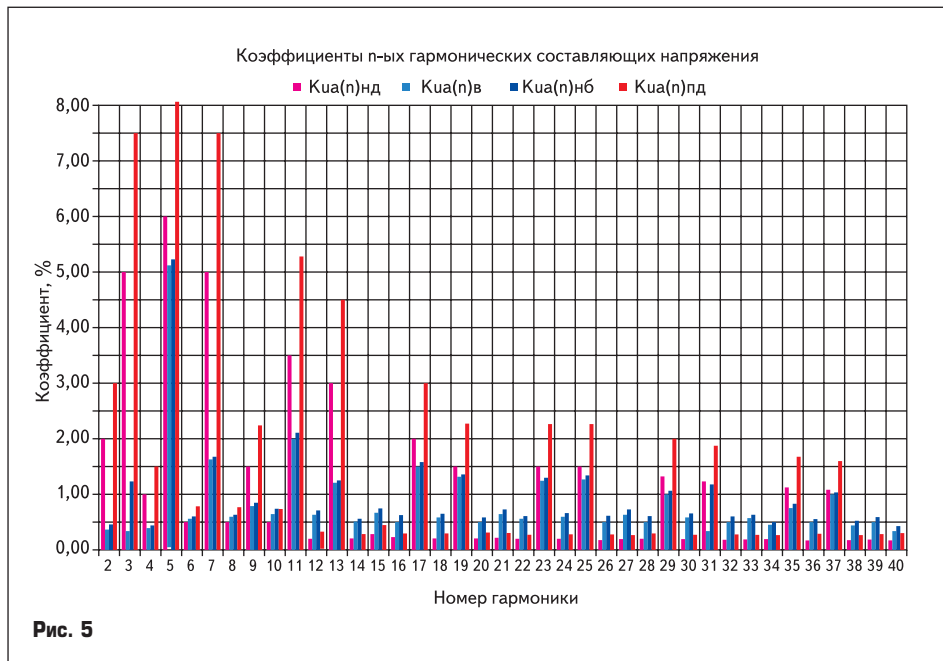


Рис. 5

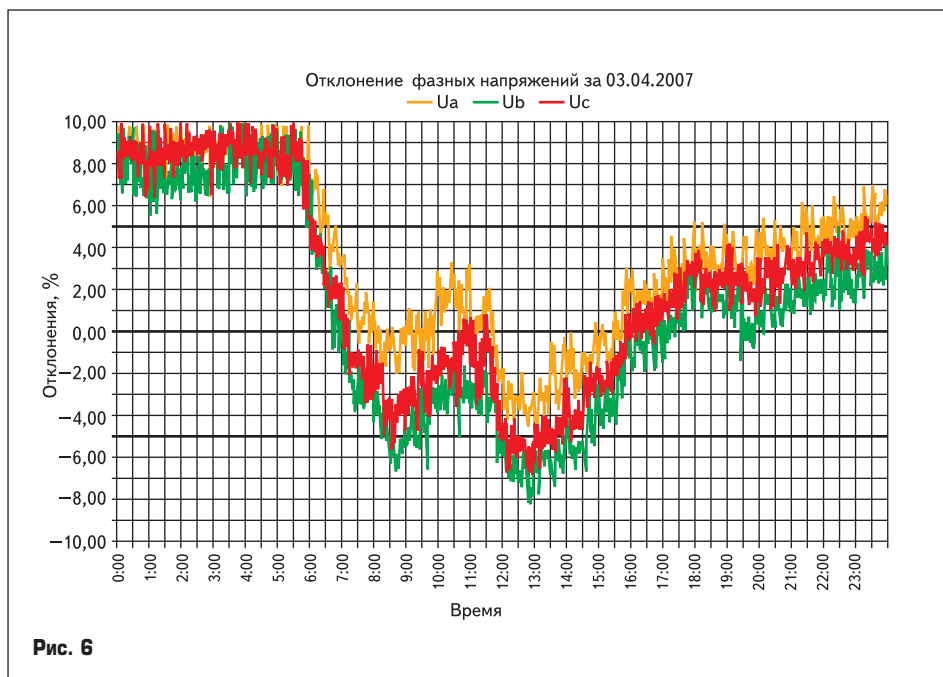


Рис. 6

- снизить влияние высших гармоник;
- подавить сетевые помехи, снизить несимметрию фаз;
- добиться большей надежности и экономичности распределительных сетей.

А также в существующих сетях:

- исключить генерацию реактивной энергии в сеть в часы минимальной нагрузки;
- снизить расходы на ремонт и обновление парка электрооборудования;
- увеличить пропускную способность системы электроснабжения потребителя, что позволит подключить дополнительные нагрузки без увеличения стоимости сетей;
- обеспечить получение информации о параметрах и состоянии сети.

И во вновь создаваемых сетях — уменьшить мощность подстанций и сечения кабельных линий, что снизит их стоимость.

Применение установок УККРМ эффективно на предприятиях, где используется оборудование, потребляющее энергию с переменной нагрузкой, — станки, компрессоры, насосы, сварочные трансформаторы, электропечи, электролизные установки и пр., то есть везде, где из-за специфики производственных и технологических процессов значение  $\cos(\varphi)$  колеблется от 0,5 до 0,8.

ООО «ЭЛПРИ» не только производит конденсаторные установки, но и проводит расчет, подбор конденсаторной установки необходимой мощности, а также целесообразность применения фильтрующих дросселей. В частности, при анализе работы сети электроснабжения предприятия ОАО «АРМА» (г. Н. Новгород) установлено превышение допустимого уровня высших гармоник (рис. 5 — коэффициенты  $n$ -х гармонических составляющих напряжения  $U_a$ ; рис. 6 — отклонение фазных напряжений); для этой фирмы изготовлена и готова к отправке УККРМ с фильтрующим дросселем.

Структура условного обозначения установок показана на рис. 7а, б.

### Технические характеристики УККРМ

сорный регулятор позволяет производить измерение параметров компенсируемой сети с выводом результатов на его дисплей, при помощи встроенного интерфейса передавать результаты измерения в память удаленного компьютера, а также выполнять настройку параметров.

Применение УККРМ позволяет:

- снизить общие расходы на электроэнергию;
- уменьшить нагрузку подводящих линий, трансформаторов и распределительных устройств;
- снизить тепловые потери тока и расходы на электроэнергию;

УККРМ-5 (рис. 9): номинальная мощность от 100 до 1000 квар.; номинальное напряжение питающей сети 380 В, частота 50 Гц.

УККРМ-6: номинальная мощность от 100 до 700 квар.; номинальное напряжение питающей сети 660 В, частота 50 Гц.

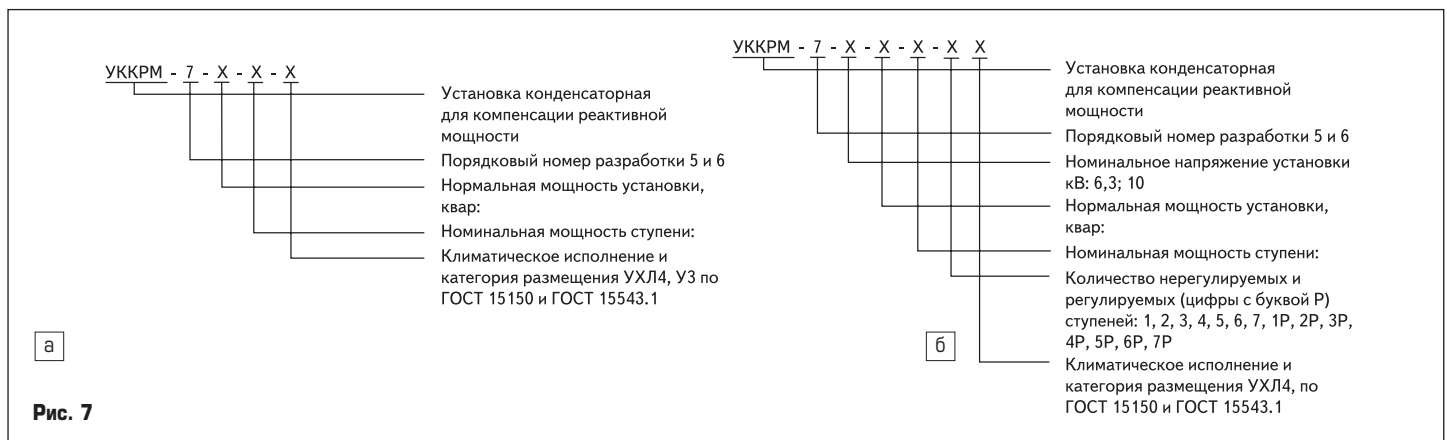


Рис. 7



Рис. 8



Рис. 9

УККРМ-7 (рис. 8): номинальная мощность от 150 до 3600 квар.; номинальное напряжение питающей сети 6 и 10 кВ, частота 50 Гц.

Возможно изготовление промежуточных вариантов мощности установок по согласованию с заказчиком.

Подключение установки к питающей сети производится кабелем, ввод которого выполняется снизу (по согласованию с заказчиком может быть выполнено иное подключение).

Пример заказа: УККРМ-6-200-12,5 УЗ, УККРМ-7-6,3-900-450-1 УХЛ4.

**Настраиваемые параметры**

Требуемый косинус — от 0,80 индуктивно до 0,90 емкостного.

Стандартная величина косинуса — 0,98 индуктивного.

Время переключения ступеней — от 5 до 1200 с.

Блокировка повторного включения ступени — от 5 до 1200 с.

Ток наименьшего конденсатора, А —  $(0,05 - 2) \times \text{коэф. ИТТ}$  (измерительный трансформатор тока).

Установка величины ступеней — автоматически или вручную.

Установка способа подключения — автоматически или вручную.

**Входы/выходы**

Количество выходных реле — до 14.

Нагрузочная способность выходов — 4 А / 250 В переменного тока.

Напряжение питания вспомогательных цепей — 230 В  $-15...+10\%$ ; частотой 50 Гц.

Потребляемая мощность — не более 10 ВА.

Категория перенапряжений — II.

Степень защиты — класс А.

Производственное помещение — класс В2 по МЭК654-1.

Температура рабочая — от  $-40$  до  $+40$  °С для УЗ; от  $+1$  до  $+35$  °С для УХЛ4.

Температура хранения — от  $-20$  до  $+70$  °С.

Относительная влажность — от 10 до 75%.

Относительная влажность — от 10 до 75%.

**Комплект поставки:**

- установка УККРМ;
- комплект ЗИП;
- техдокументация.