

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ РЕГУЛИРУЕМЫХ КОНДЕНСАТОРНЫХ БАТАРЕЙ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38 кВ

В.П.СЧАСТНЫЙ к.т.н.,доц., А.И. ЖУКОВСКИЙ, В.В.ГРИГОРИК, инженеры БАТУ

Развитие электрификации сельского хозяйства тесно связано с ростом потребления реактивной мощности элементами электрических сетей.

Потребление реактивной мощности дополнительно к активной приводит к ряду отрицательных явлений: снижается пропускная способность линий передачи и трансформаторов; увеличиваются потери мощности и энергии в сети; снижаются уровни напряжения на зажимах электроприемников и др.

Передача реактивной мощности на большие расстояния экономически не целесообразна. Поэтому генерация реактивной мощности должна осуществляться в местах ее потребления.

Для сельских электрических сетей наиболее приемлема компенсация реактивной мощности (КРМ) с помощью батарей статических конденсаторов, имеющих ряд преимуществ по сравнению с другими устройствами. Статические конденсаторы имеют малые потери мощности (0.3...1.0%), износоустойчивы, не содержат вращающихся частей, просты, удобны в эксплуатации и могут быть подобраны на малые мощности, что особенно важно для сельских электрических сетей.

Высокая степень КРМ в сельских электрических сетях 0,38 кВ достигается с помощью ступенчато-регулируемых конденса-

торных батарей (РКБ). Необходимость регулирования мощности конденсаторных батарей обусловлена резким изменением нагрузок сельскохозяйственных потребителей в течение суток и года. Расчеты показали, что для большинства сельскохозяйственных потребителей целесообразно использовать РКБ, имеющие не более 4-х ступеней регулирования мощности [1].

Экономические показатели при выборе параметров РКБ должны увязываться с техническими условиями нормальной работы сети и приемников. Например, отклонения напряжения у потребителей согласно ГОСТу 13109-87 не должны выходить за пределы $(+5...-5)\% U_{ном}$.

На кафедре электроснабжения сельского хозяйства БАТУ разработана методика определения оптимальных параметров РКБ в сельских электрических сетях 0.38 кВ. Исходными данными для расчета служат суточные графики реактивной нагрузки потребителей, параметры электрической сети и нормы отклонения напряжения на шинах питания потребителей. Критерием оптимизации является минимум затрат на КРМ. Полученные выражения позволяют определять оптимальные параметры РКБ (номинальную мощность, число и мощность ступеней регулирования, диапазон времени

работы каждой ступени), при известных параметрах электрической сети и заданных графиках реактивной нагрузки потребителей [1,2,3].

На основании методики разработана прикладная программа расчета на ЭВМ оптимальных параметров РКБ в сельских электрических сетях 0,38 кВ.

Практическая ценность программы заключается в возможности обоснования экономической целесообразности КРМ в электрической сети, сравнительной эффективности регулируемой и нерегулируемой КРМ и определения оптимальных параметров РКБ, необходимых для выбора статических конденсаторов и последующей настройки регуляторов [1].

Управление режимом РКБ должно осуществляться автоматически. Способ автоматического регулирования необходимо выбирать с учетом характера технологического процесса предприятия и требований энергосистемы.

Известны различные способы автоматического регулирования [4]. Наиболее перспективным из них является автоматическое регулирование по различным комбинированным схемам (по времени суток с коррекцией по напряжению; по времени суток, напряжению и направлению реактивной мощности; по току нагрузки с коррекцией по напряжению и др.).

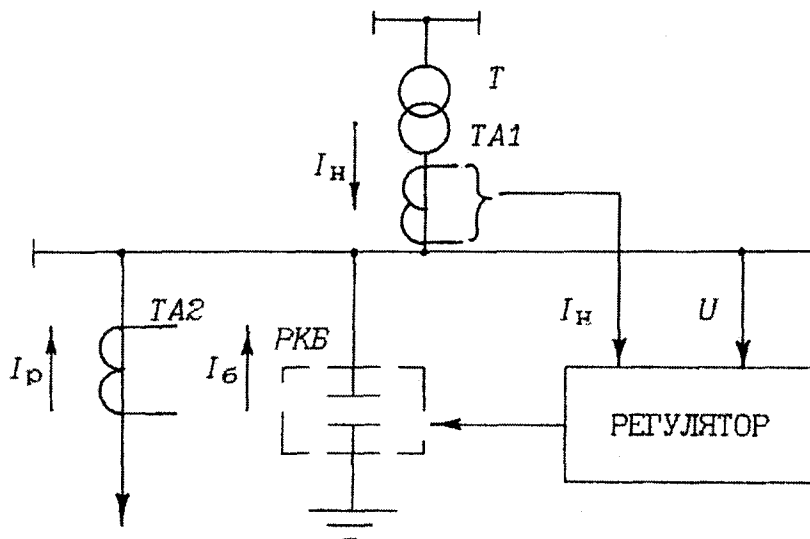


Рис. 1. Схема управления режимом РКБ при ее установке на стороне низкого напряжения ТП 10/0,4 кВ.

Как показывает практика, комбинированные схемы автоматического регулирования позволяют обеспечить высокое быстродействие и точность регулирования, исключают появление ненормальных режимов работы электрической сети и приемников.

В случае многоступенчатого регулирования мощность РКБ изменяется многократно во времени в соответствии с требованием режима напряжения узла электрической сети, где она установлена. В результате роста реактивных нагрузок узла электрической сети (возмущающее воздействие) возникают отклонения регулируемого параметра от заданной величины, и для восстановления регулируемой величины до заданного значения необходимо включить одну из секций РКБ. Зафиксированное измерительным органом автоматического регулятора отклонение параметра сопровождается появлением регулирующего воздействия, которое приводит к включению коммутирующего аппарата одной из секций РКБ. После этого параметр восстанавливается до желательного уровня. Это фиксируется измерительным органом регулятора, который прекращает дальнейшую посылку сигнала на увеличение мощности РКБ.

Если в дальнейшем, в связи с ростом реактивной нагрузки, регулируемая величина изменится, то регулятор повторно посылает регулирующее воздействие на дополнительное увеличение мощности РКБ. При изменении регулируемого параметра в обратную сторону будет послан импульс на уменьшение мощности РКБ.

Автоматическое регулирование РКБ является управлением по замкнутой схеме. В этом случае в качестве параметра регулирования необходимо использовать комбинацию таких величин, которые существенно изменяются с изменением режима РКБ, к примеру, напряжение сети в сочетании с реактивной составляющей тока нагрузки или углом фазового сдвига между током нагрузки и напряжением.

Принцип управления режимом РКБ удобно рассмотреть для простейшего случая - присоединения ее к шинам низкого напряжения ТП 10/0,4 кВ (рис.1). В более сложных схемах вносятся лишь определенные количественные поправки, но не изменяется принцип управления.

Включение одной из секций РКБ емкостью C приводит к изменению напряжения на шинах на величину, %:

$$\Delta U_{б.с} = \frac{\omega \cdot C \cdot U \cdot X_c}{U_n} \cdot 10^2, (\text{г})$$

где X_c - индуктивное сопротивление внешней сети по отношению к месту присоединения установки; U - значение напряжения в точке присоединения установки до регулирования; U_n - номинальное напряжение сети; $\omega = 2\pi f$ - угловая частота сети.

Включение данной секции РКБ приводит также к изменению тока на величину:

$$I_{б.с} = \frac{\omega \cdot C \cdot U}{\sqrt{3}} \cdot 10^3, (\text{г})$$

Этому изменению тока соответствует изменение напряжения на измерительном органе регулятора. Результирующее изменение напряжения на шинах при включении секции РКБ будет равно:

$$\Delta U = \Delta U_{б.с} + I_{б.с} \cdot R \cdot \frac{1}{k_T}, (\text{г})$$

где k_T - коэффициент трансформации трансформатора тока ТА (рис.1);

R - сопротивление в цепи измерительного органа регулятора, определяемое, как

$$R = \frac{\Delta U}{I_{б.с}} \cdot k_T, (\text{г})$$

где ΔU - желаемое изменение напряжения на измерительном органе регулятора, вследствие изменения реактивного тока потребителей.

При этом должна обеспечиваться зона нечувствительности регулирования по напряжению, которая должна быть больше изменения напряжения на измерительном органе на величину погрешности регулятора, связанной с диапазоном изменения уставки

по напряжению.

Разработанный авторами регулятор реактивной мощности, предназначен для многоступенчатого автоматического регулирования реактивной мощности конденсаторных установок напряжением 0,38 кВ. Функционирование регулятора направлено на обеспечение близкой к оптимальной КРМ в электрической сети, недопущение перекомпенсации и поддержание уровней напряжения на шинах питания потребителей в установленных пределах.

Работа регулятора основана на контроле величин суммарного тока нагрузки, напряжения на шинах питания потребителей, сдвига фазы тока относительно напряжения и выработке соответствующих сигналов, управляющих режимом РКБ. Таким образом, регулятор позволяет включать и отключать секции РКБ с целью достижения необходимого коэффициента мощности ($\cos \varphi$) с коррекцией по напряжению сети.

На рис.2 представлена функциональная схема устройства управления РКБ с использованием разработанного регулятора реактивной мощности.

Регулятор включает в себя следующие элементы: блок питания (БП); электронный фазометр (ЭФ); блок цифровой обработки сигнала (БЦОС) и выходной блок (ВБ).

БП регулятора выполнен по индивидуальному образцу и обеспечивает питание всех функциональных элементов схемы.

ЭФ контролирует через измерительный трансформатор тока величину суммарного тока нагрузки, сдвиг его фазы относительно фазы напряжения на шинах ("опорное напряжение") и вырабатывает аналоговый сигнал, который подается на БЦОС.

БЦОС состоит из реверсивного двоичного четырехразрядного счетчика, генератора тактовых импульсов, компаратора и логической схемы, построенной на

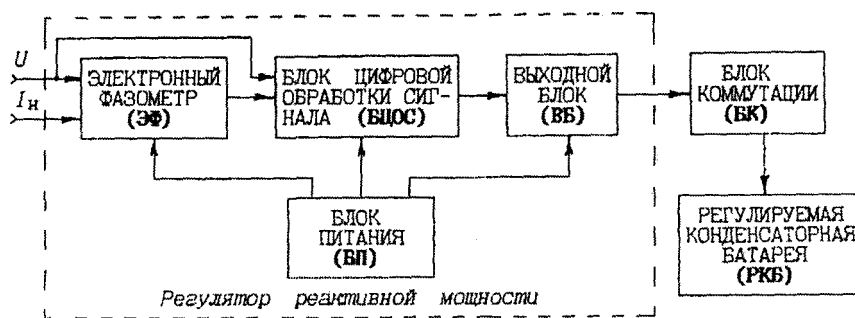


Рис.2. Функциональная схема устройства управления РКБ в сети 0,38 кВ.

элементах цифровой логики. К выходам реверсивного счетчика Q_0 и Q_1 подключены электронные ключи на транзисторах, в коллекторные цепи которых включены электромагнитные реле, которые своими контактами управляют цепями питания электромагнитных пускателей (промежуточных реле), установленных в распределительных шкафах, которые, в свою очередь, включают или отключают отдельные секции РКБ.

Принципиальная электрическая схема регулятора представлена на рис.3.

Включение секций РКБ происходит при снижении значения коэффициента мощности в сети ниже нижнего предела зоны нечувствительности, определяемого регулятором автоматически, исходя из величины тока нагрузки и максимального для данной установки шага регулирования, устанавливаемого пользователем с помощью ручки настройки. При этом недопускается перекомпенсация, т.е. включение секции РКБ, которая могла бы внести в сеть емкостной ток, при котором коэффициент мощности сети превысил бы установленный пользователем порог, что могло бы привести к отключению данной секции, а затем и к новому ее включению, т.е. к возникновению колебательного

процесса в сети и быстрому выходу из строя пусковой аппаратуры (электромагнитных пускателей).

Включение секций РКБ про-

1. Порядок включения секций РКБ

Порядковый номер команды	Состояние секций РКБ	
	Канал 1	Канал 2
1	0	0
2	0	1
3	1	0
4	1	1

исходит в порядке, описываемом табл.1.

Из табл.1 видно, что использование регулятора позволяет получить четыре ступени регулирования реактивной мощности. Шаги регулирования в реальной РКБ могут быть как равными, так и отличаться по своей величине, в зависимости от величин мощности отдельных секций батареи, определяемых технико-экономическим расчетом. При этом первая секция РКБ, соответствующая минимальной величине потребляемой реактивной мощности, может быть постоянно подключена к сети, чему соответствуют нулевые состояния обоих выходных каналов регулятора.

При необходимости иметь более плавное регулирование, количество ступеней регулирования может быть увеличено до 9 или 16, путем незначительных изменений в схеме регулятора, а именно дополнительного подключения, соответственно, одного или двух

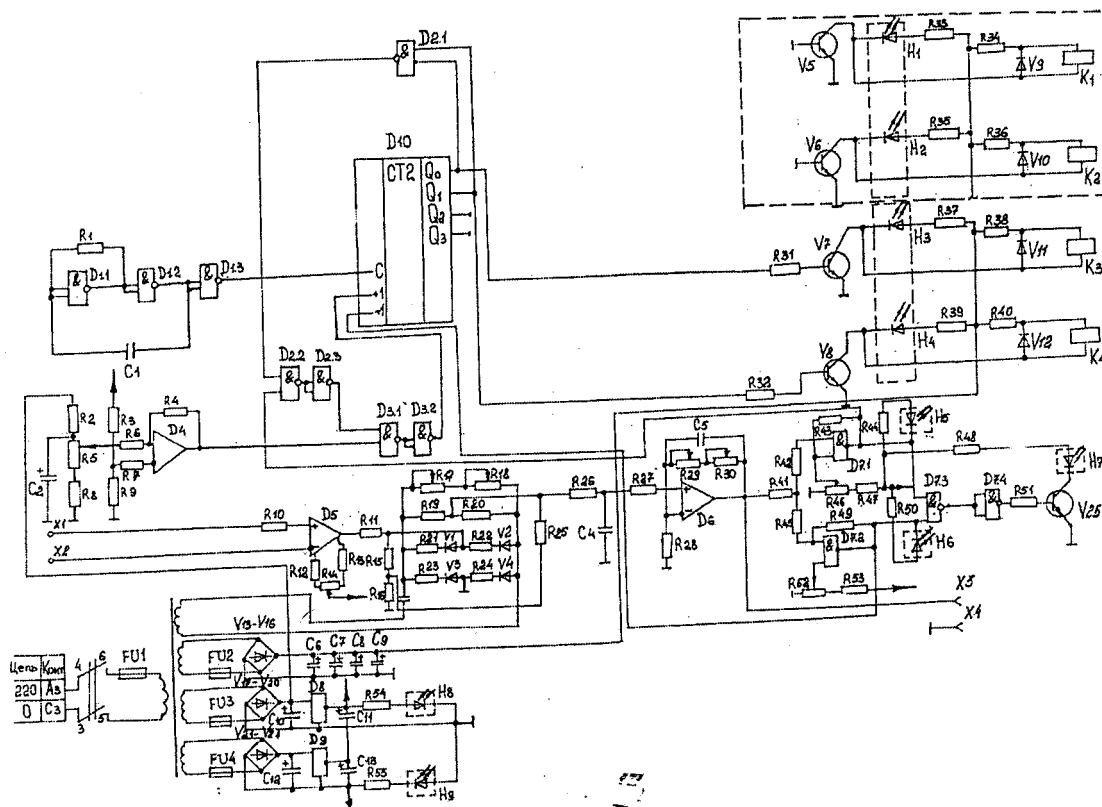


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема регулятора реактивной мощности.

выходных электронных ключей к выходам реверсивного счетчика Q_2 и Q_3 .

Во избежание повышения уровней напряжения на шинах питания потребителей выше допустимых значений при включении отдельных секций РКБ, возможное в сетях с силовыми трансформаторами без устройств регулирования под напряжением (РПН), предусмотрен контур контроля напряжения на шинах питания потребителей, осуществляющий блокировку выходного сигнала реверсивного счетчика. Величина порога срабатывания устанавливается с помощью ручки настройки в зависимости от конкретных условий, определяющих допустимые отклонения напряжения на шинах питания потребителей.

Преимуществами регулятора являются: обеспечение относительно плавного регулирования выдаваемой в сеть реактивной мощности; наличие регулировок

порогов срабатывания; недопущение ложных срабатываний вследствие кратковременных бросков реактивного тока в сети и блокировка срабатывания при превышении величины напряжения в сети выше допустимого значения; простота настройки параметров. Кроме того, регулятор имеет небольшие габаритные размеры и может монтироваться на лицевых панелях распределительных шкафов.

Стоимость изготовления РКБ на базе предлагаемого регулятора, серийных конденсаторов и коммутационных аппаратов значительно ниже стоимости комплектов регулируемых конденсаторных установок, изготавливаемых в РБ и ряде зарубежных стран.

Литература

1. Счастный В.П., Жуковский А.И. Проблемы компенсации реактивной мощности в сельских электрических сетях 0.38 кВ. - "Агропанорама",

1998, N2, с. 22-27.

2. Счастный В.П., Жуковский А.И. Эффективность регулирования конденсаторных установок в сельских электрических сетях 0.38 кВ. // Материалы международной научно-технической конференции "Повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в АПК" 3-4 июня 1997 г. - Мн., 1997. - с. 114 - 118.

3. Счастный В.П., Жуковский А.И. Оптимизация параметров регулируемых конденсаторных установок для компенсации реактивной мощности в сельских электрических сетях 0.38 кВ. // Эксплуатация, ремонт и восстановление сельскохозяйственной техники. Доклады международной научно-практической конференции. - Горки, 1997. - с. 226 - 229.

4. Баркан Я.Д. Автоматическое управление режимом батарей конденсаторов. - М.: Энергия, 1978. - 112 с.