

Тиристорные контакторы

для коммутации низковольтной емкостной нагрузки

Статья продолжает тему конструкционного построения коммутационных аппаратов автоматических конденсаторных установок компенсации реактивной мощности, начатую в первом номере журнала «Силовая Электроника» за 2005 год [1].

Сергей Шишкин,
к. т. н.

shishkin53@mail.ru

Для защиты конденсаторов установок компенсации реактивной мощности (УКРМ) от перенапряжений, которые могли бы возникнуть за счет наложения их остаточного потенциала и напряжения сети, переключение конденсаторных батарей (КБ) должно проводиться с временной задержкой. Интервал включения ступеней УКРМ обусловлен требованиями стандарта IEC 831 к времени t (не более 180 с) и уровню разряда конденсаторов $U_{\text{раз}}$ перед повторным включением КБ (не более 10% от номинального напряжения батареи $U_{\text{ном.КБ}}$), а также необходимостью отстройки от кратковременных колебаний реактивной мощности (РМ) в компенсируемой сети. При этом значение t , в зависимости от сопротивления разрядного модуля R и емкости C одной фазы КБ, определяется по выражению [2]:

$$t = R \times C \times \ln \frac{\sqrt{2} U_{\text{ном.КБ}}}{U_{\text{раз}}} \quad (1)$$

В среднем стандартные резисторные модули осуществляют разряд (1) металлопленочных косинусных конденсаторов типа PhaseCap и PhiCap [3, 4] за 60 с [5]. Возможное подключение некоторыми сериями электромеханических конденсаторных контакторов параллельно резисторным модулям КБ допол-

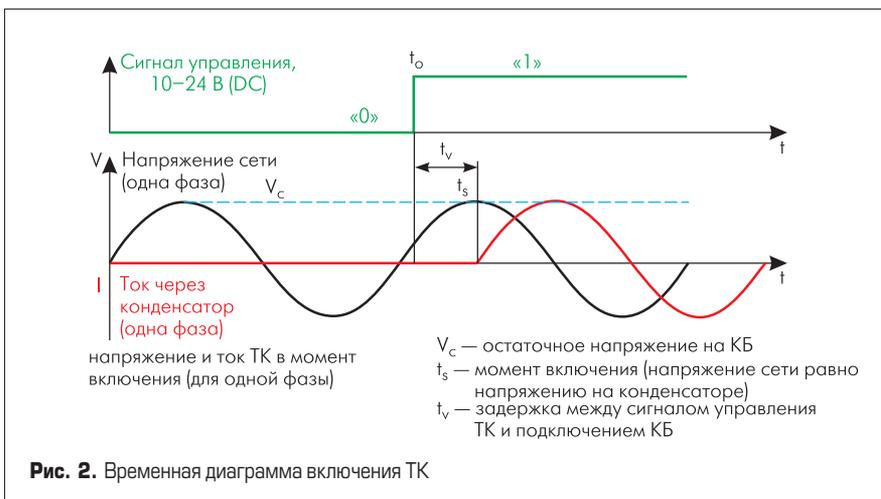


Рис. 2. Временная диаграмма включения ТК

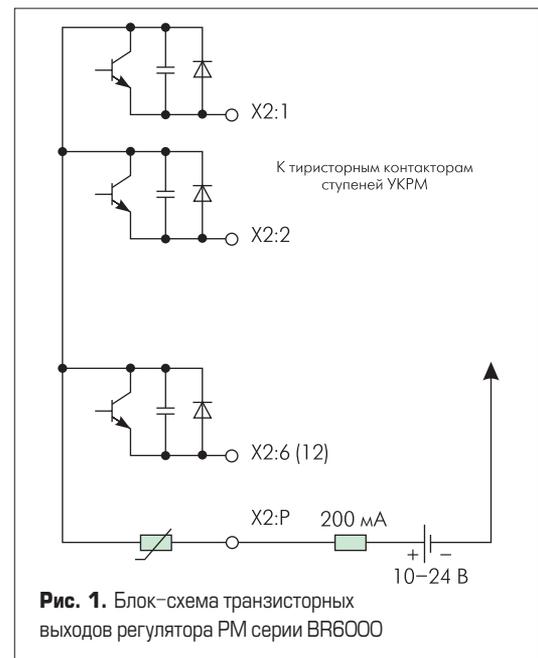


Рис. 1. Блок-схема транзисторных выходов регулятора РМ серии BR6000

нительных разрядных сопротивлений [1] снижает значение t (1) и, соответственно, интервал включения ступеней УКРМ до единиц секунд [6]. Однако даже такая скорость переключения не позволяет реализовать функцию компенсации РМ в режиме реального времени, ограничивая применение УКРМ для больших групп технологического оборудования с квазистационарным режимом работы. Поэтому при резком изменении РМ нагрузки в течение небольшого периода применяется быстродействующая безынерционно регулируемая так называемая «динамическая компенсация» — Dynamic Power Factor Correction [3].

В подобных системах компенсации РМ вместо электромеханических используются тиристорные контакторы (ТК), управление которыми производится от внешнего источника постоянного тока напряжением 10–24 В через транзисторные выходы специальной модификации регулятора РМ (рис. 1), например, серии BR6000-Т или Pprophi-Т [3, 4, 7]. Поскольку низковольтные КБ соединяются в «треугольник», ТК содержит только два встречно-па-

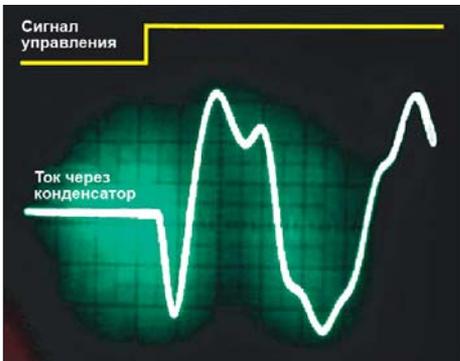


Рис. 3. Осциллограмма пускового тока КБ при коммутации ТК

раллельных симисторных ключа [2–4], включение которых, благодаря встроенной микропроцессорной схеме «нулевого потенциала», происходит при равенстве мгновенных линейных напряжений сети и соответствующих фаз КБ (рис. 2), а отключение — в момент, близкий к переходу фазных токов батареи через нулевое значение. Вследствие этого коммутационные броски тока в компенсируемой сети будут крайне незначительны (рис. 3) — на порядок меньше, чем при включении КБ электромеханическими конденсаторными контакторами [1]. Это позволит с минимальным временем выдержки регулятора РМ [2–4, 7] поочередно подключать ступени УКРМ и быстро достичь баланса РМ, соответствующего заданному на регуляторе значению коэффициента мощности — $\cos \phi$, так как ТК переключается в течение нескольких миллисекунд (табл. 1, 2). Комплектация контакторов TSM (табл. 1) специальным высоковольтным разрядным резистором EW-22 [3] сокращает время разряда КБ (1) и соразмерное ему время переключения ступеней УКРМ до ≤ 20 мс. Стандартные резисторные модули [5] или разрядные дроссели (discharge reactors) [2–4] использовать в КБ, управляемых ТК, нельзя.

Режим перекомпенсации при резком сбросе РМ нагрузки исключается за счет возможного форсированного отключения КБ ступеней — снятием управляющего сигнала (пода-

Таблица 2. Технические данные тиристорных контакторов Condensotronic CT 2000 производства «ELECTRONICON Kondensatoren GmbH» [2]

Параметр	Номинальное значение
Номинальное напряжение	400/525 В
Номинальный ток	50/100 А
Номинальная мощность	Тип СТ 2000-25/3; 25 квар Тип СТ 2000-50/3; 50 квар
Напряжение управления	От внешнего источника с постоянным напряжением 10 ± 2 В
Время переключения	1...20 мс
Время повторного включения	40 мс
Температурный класс	-10/D (при средней температуре на протяжении года +35 °С) Контактор СТ 2000-50/3 оборудован встроенным вентилятором
Степень защиты	IP20
Размеры	141×141×163 мм

Таблица 1. Технические данные тиристорных контакторов TSM-AT, TSM-C, TSM-LC производства «EPCOS AG» [4, 5]

Параметр	Номинальное значение
Напряжение	3×400 В для TSM-AT — 3×660 В — 50/60 Гц
Максимальная мощность	Тип TSM-C-25, TSM-LC-25; 25 квар Тип TSM-C-50, TSM-LC-50; 50 квар Тип TSM-AT 690; 100 квар при 690 В, 75 квар при 440 В Для увеличения выходной мощности возможно параллельное включение нескольких контакторов
Напряжение управления	От внешнего источника с постоянным напряжением 10–24 В
Время переключения	Примерно 5 мс
Контролируемые параметры	Напряжение (наличие и значение); последовательность подключения фаз; ток КБ. Для TSM-C и TSM-AT также температура контактора
Силовая цепь	Двухфазная, со специальным разрядным резистором EW-22 (1200 В, 100 Вт)
Мощность рассеивания	Для TSM-LC-25 — 75 Вт; TSM-C-25 — 130 Вт; TSM-C-50 и TSM-LC-50 — 150 Вт
Предохранители	Специальные быстродействующие электронные предохранители (NH00AC690V): для TSM-LC-25 номинал — 63 А; TSM-C-25 — 80 А; TSM-LC-50 — 125 А; TSM-C-50 — 160 А; TSM-AT 690 — 160 А
Размеры	190×225×200 мм (TSM-C); 157×200×180 мм (TSM-LC); 300×300×200 (TSM-AT)

чей логического «0» — рис. 2) одновременно на вход всех ранее активированных ключей ТК ступеней УКРМ.

Фаза L2 (S) компенсируемой сети присоединяется непосредственно к зажиму КБ, минуя ТК (рис. 4). Отметим, что аналогичный вариант 2-фазной схемы коммутации применяется в компактных электромеханических конденсаторных контакторах типа BF...4A [6]. Си-

стема самоконтроля контакторов TSM-C, TSM-AT верифицирует последовательность чередования фаз сети подключения (R, S, T — рис. 4) и температурный режим ТК, а интегрированная схема измерения — значение тока и напряжения КБ (табл. 1). В случае превышения допустимых пределов данных параметров ТК блокируется, срабатывает его аварийное реле и выдается предупреждение

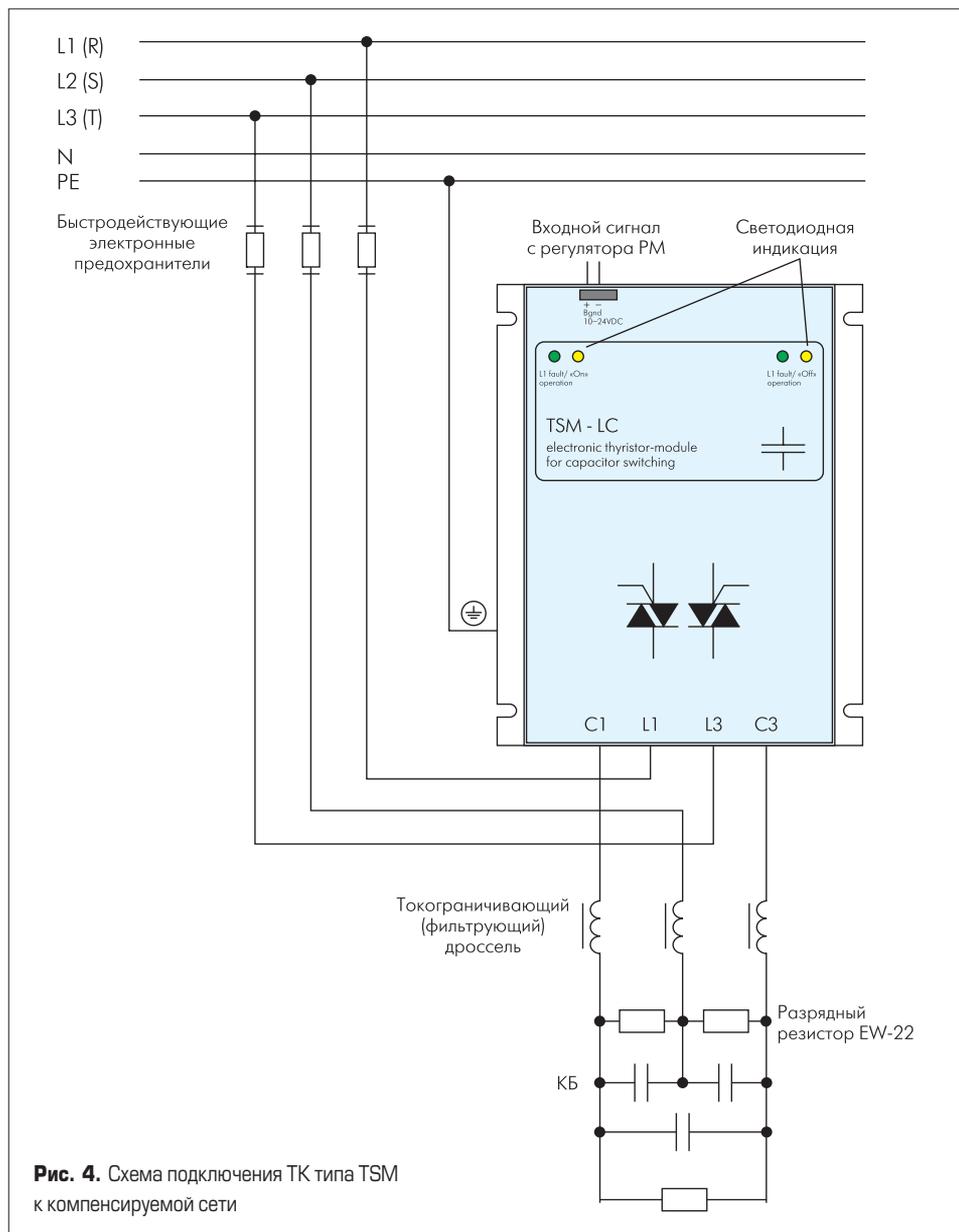


Рис. 4. Схема подключения ТК типа TSM к компенсируемой сети

о сбое в работе контактора. Таким образом, в равной степени обеспечивается защита не только ключей ТК, но и КБ.

Текущее состояние ТК отображает светодиодная индикация, расположенная на передней стороне корпуса (рис. 4). Контактор TSM-AT имеет встроенный дисплей, воспроизводящий меню уставок контролируемых параметров, их фактическое значение и текстовые сообщения о возможных ошибках, в дальнейшем сохраняемые в памяти [4]. Для ручного управления во всех модификациях ТК предусмотрена тестовая кнопка «Activation» [2–4].

В устройствах динамической компенсации РМ между выходами ТК и коммутируемой КБ ступени устанавливается трехфазный токоограничивающий дроссель (в системе EPCOS AG серии VD с током термической перегрузки до 100 А) или, при значительном уровне сетевых гармонических искажений, крайне неблагоприятном для теплового режима конденсаторов, специальный фильтрующий дроссель [2–4], но тогда, в зависимости от принятой степени частотной расстройки контура «фильтрующий дроссель — КБ», номинальное напряжение конденсаторов ступени должно быть увеличено на 10–20% [8].

Кроме того, наличие токовых перегрузок КБ, связанных с большой частотой переключений, повышает требования к надежности конструкции активной части косинусных конденсаторов [9].

Учитывая высокую скорость переходных процессов, защита ступеней УКРМ динамических систем от короткого замыкания осуществляется электронными быстродействующими предохранителями (табл. 1). Установка широко распространенных в ступенях КБ управляемых электромеханическими контакторами плавких предохранителей категории HRS с защитной (ампер-секундной) характеристикой gL/gG не допускается [3, 4].

Положительные эксплуатационные качества ТК — плавный режим коммутации, высокое быстродействие, повышенный срок службы — обосновывают целесообразность их использования в УКРМ сетей промышленного электроснабжения вместо релейно-контакторной электромеханической аппаратуры.

Литература

1. Шишкин С. А. Электромеханические контакторы для коммутации низковольтных кон-

денсаторных батарей // Силовая электроника. 2005. № 1.

2. Конденсаторы, дроссели, автоматические регуляторы для компенсации реактивной мощности. ELECTRONICON Kondensatoren GmbH Gera. Germany. 2003.
3. Power Factor Correction. Product Profile 2004. Published by EPCOS AG. Ordering No EPC: 26012-7600. Germany. 2004.
4. Power Factor Correction. Product Profile 2003/2004. Published by EPCOS AG. Ordering No EPC: 26011-7600. Germany. 2003.
5. Easy-to-mount discharge resistor module // EPCOS Components. 2005. № 1.
6. Lovato electric. Компоненты для автоматизации в промышленности. Общий каталог 2003–2004. Italy. 2004.
7. Reactive Power Controller Prophi®. Operating instructions. Janitza electronics GmbH. Dok Nr 1.020.009.a Serie II. Germany. 2003.
8. Шишкин С. А. Фильтрующие антирезонансные дроссели конденсаторных установок // Электрика. 2004. № 7.
9. Шишкин С. А. Использование косинусных конденсаторов в схемах низковольтных фильтрокомпенсирующих устройств // Компоненты и технологии. 2004. № 8.