

Savinysch Vadim Vladimirovich – ООО «ElectroMost»; e-mail: L_most@mail.ru; 9, Dostoevskiy street, Krasnodar, 350901, Russia; phone: +78612527182.

Savenko Aleksey Valentinovich – Kuban State Agrouniversity; e-mail: mfsav@mail.ru; 21, Burgasskay street, ap. 14, Krasnodar, 350040, Russia; phones: +78612354273; +79184322479.

Tropin Vladimir Valentinovich – ООО «ElectroMost»; e-mail: tropin.V09@mail.ru; 15, Atarbekova street, ap. 8, Krasnodar, 350062, Russia; phones: +78612263602; +789184872325.

УДК 621.316.1.017:681.3

В.В. Савиных, В.В. Тропин

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА КОММУТАТОРОВ ДЛЯ СИЛОВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Установлены удобные в электротехнической практике соотношения для пускового тока силового конденсатора и скорости его изменения, ограничиваемых предвключённым резистором контактора, специально предназначенного для коммутации силовых конденсаторов или постоянно включённой последовательно с силовым конденсатором катушкой индуктивности. Анализ переходного процесса подключения силового конденсатора к шинам сети показал, что предвключённый резистор специального контактора не ограничивает скорости нарастания пускового тока конденсатора, от величины которой зависит надёжность работы конденсатора. Поэтому по техническим критериям минимизации скорости нарастания тока и устранения паразитных резонансных процессов использование катушки индуктивности предпочтительнее.

Пусковой ток конденсатора; скорость изменения тока; резистор; катушка индуктивности.

V.V. Savinysch, V.V. Tropin

THE DISTINCTION OF A SWITCH SELECTION FOR POWER CAPACITORES

The ease of electrotechnical handling relation for an amplitude and a rate of change of amplitude of the start up current of capacitor limited of the precede connected resistor of a special contactor or the constant connected inductance coil have been stated. Analis of transite process of connection of energetical capacitor to bus of network read, what the precede connected resistor of a special contactor not limit a rate of change of the start up current of energetical capacitor. Reliability of work of the energetical capacitor depend of a rate of change of the start up current. Utilization of the constant connected inductance coil is preference for technical criteria: a minimization of the winding speed of a current and eliminate of an parazit resonance processes.

The start up current of capacitor; rate of change of current; the precede connected resistor; inductance coil.

Электрический конденсатор, в отличие от металлического проводника, резистора, катушки индуктивности, из которых, как из элементов, состоят энергопреобразующие и энергопередающие электросетевые устройства, направляющие поток электроэнергии от источника к нагрузке посредством низкодобротного процесса потока свободных электронов высокой плотности, слабо зависящего от частоты, очень чувствителен к динамическим изменениям режима, поскольку его ток, формирующийся электрической индукцией в диэлектрике между обкладками значительной площади, является высокодобротным процессом, а его величина линейно-пропорциональна частоте действующего напряжения. Для стационарного

синусоидального переменного тока частотой 50 Гц плотность тока конденсатора мала (на три и более порядка меньше тока в проводнике), очень мала при этом и скорость выделения паразитной активной энергии, но для импульса тока (например, в момент подключения к сети), состоящего из колебаний широкополосного спектра частот, плотность тока повышается на порядки, особенно в приэлектродных областях металлических обкладок и диэлектрика ввиду их планарной распределённой структуры. Соответственно повышаются и скорость выделения, и плотность паразитной активной энергии, особенно в объёмной зоне диэлектрика, охватывающей кратчайший путь тока между выводами конденсатора. Анализ режимов и ситуаций, послуживших причиной выхода из строя силовых конденсаторов (как отечественного, так и импортного производства) в сети 0,4 кВ, показал, что в большинстве случаев пробой конденсаторов происходит в момент коммутации, несмотря на то, что соответствующий коммутатор имел функцию предварительного заряда конденсатора через специальный предвключённый резистор. Исследование, в общем случае, цепи заряда конденсатора показало, что отсутствие в контуре индуктивного элемента приводит к значительной величине скорости нарастания тока, так называемого «фактора di/dt ». Даже если включать конденсатор тиристорным коммутатором в момент «перехода синусоиды напряжения через ноль», то в момент коммутации производная тока теоретически имеет бесконечное значение (при синусном напряжении ток является косинусной функцией), кстати, что также очень отрицательно сказывается и на работоспособности тиристора, процесс развития в пространстве и во времени проводящей области для тока между анодом и катодом которого, после воздействия управляющего импульса, аналогичен такому в конденсаторе. Причём для всех тиристорных коммутаторов «фактор di/dt » является важным ограничивающим применением показателем, входящим в основные справочные данные [1].

Анализ развития переходного процесса в цепи «конденсатор ёмкостью C – катушка индуктивности с индуктивностью L » показывает, что в момент коммутации ($t = 0$) ток также имеет нулевое значение (что следует и из закона коммутации для катушки индуктивности – ток в катушке индуктивности не может измениться скачком), но уже через четверть периода собственных колебаний контура амплитуда тока I_m примет значение $I_m = k(U_m/X_C)$, где k – коэффициент отношения частоты собственного резонанса к промышленной частоте; U_m – амплитуда действующего напряжения; X_C – реактивное сопротивление конденсатора. Через четверть периода колебаний основной частоты (от начала отсчёта) – примет значение $(k+1)(U_m/X_C)$. Формула легко сводится к известной [2], широко применяемой на практике, формуле

$$I_m = U_m \sqrt{\frac{C}{L}}.$$

Отметим, что в полемической статье [2] говорится, такое значение амплитуда тока принимает «в первый момент после коммутации (при $t = +0$)».

Сравнивая два наиболее распространённых способа ограничения пускового тока силового конденсатора – резистивный и индуктивный, можно утверждать, что, если амплитуду пускового тока предвключённый резистор специального контактора для силовых конденсаторов и постоянно включённая катушка (ПВК) индуктивности могут ограничивать в одинаковой степени, то скорость нарастания тока включения ограничивается только с помощью ПВК. Применение ПВК даёт на практике ещё три важных преимущества. Во-первых, конденсатор не перегружается токами высших гармоник широкого спектра, которые значительно возросли за последние двадцать лет, даже в сети 0,4 кВ, из-за широкого применения компью-

терной техники, полупроводниковых преобразователей напряжения и частоты, энергосберегающей светотехники (на практике уже встречаются случаи, когда ток нейтрали сети 0,4 кВ, состоящий в основном из тока третьей гармоники, сопоставим по действующему значению с токами фаз). Во-вторых, конденсатор с ПВК можно использовать как силовой фильтр 3-й (или 5,7-й) гармоники, решая одновременно задачи и снижения потерь электроэнергии, и повышения качества напряжения в сети. В-третьих, коммутацию конденсатора с ПВК можно осуществлять с помощью обычного (а не специального, дорогого, импортного) контактора. То есть по нашему мнению, более перспективным способом обеспечения рабочей надёжной коммутации конденсатора в сети является использование катушки индуктивности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абрамович М.И.* Диоды и тиристоры в преобразовательных установках. – М.: Энергоатомиздат. 1992. – 432 с.
2. *Фельдман М.* Расчёт токов коммутации конденсаторной батареи // *Новости электротехники.* – 2000. – № 5. – С. 1-6.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. И.И. Надтока.

Савиных Вадим Владимирович – ООО «ЭлектроМост»; e-mail: L_most@mail.ru; 350901, г. Краснодар, ул. Достоевского, 9; тел.: 88612527182;

Тропин Владимир Валентинович – ООО «ЭлектроМост»; e-mail: tropin.V09@mail.ru; 350062, г. Краснодар, ул. Атарбекова, 15, кв. 8; тел.: 88612263602; +79184872325.

Savinysch Vadim Vladimirovich – ООО «ElectroMost»; e-mail: L_most@mail.ru; 9, Dostoevskiy street, Krasnodar, 350901, Russia; phone: +78612527182.

Tropin Vladimir Valentinovich – ООО «ElectroMost»; e-mail: tropin.V09@mail.ru; 15, Atarbekova street, ap. 8, Krasnodar, 350062; Russia; phones: +78612263602; +79184872325.