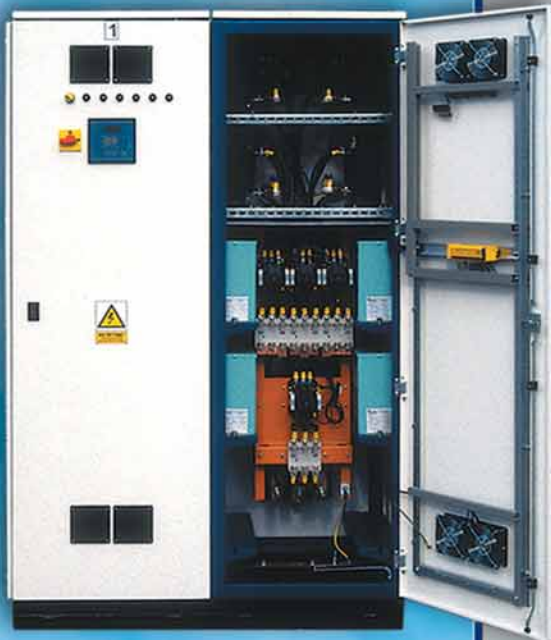


Twelve[®] *electric*

www.twelvee.com.pl



Компенсация реактивной МОЩНОСТИ



Мониторинг качества электро сети



TWELVE ELECTRIC Sp. z o.o.

04-987 Warszawa

ul. Wał Miedzeszyński 162

тел: +48 (022) 872-20-20

факс: +48 (022) 612-79-49

e-mail: twelvee@twelvee.com.pl

Динамически - шаговый компенсатор реактивной мощности FAST – 12

В последнее время в области энергетики наблюдается возрастание мощности оборудования с нелинейными характеристиками (инвекторные привода, электроэнергетические инвектора с фазным управлением и др.). Кроме того увеличивается количество приемников небольшой мощности, периодически включаемых в сеть (компактные источники света, системы питания компьютеров, выпрямители с емкостными фильтрами и т.д.). Следствием этого является значительное мгновенное увеличение нагрузок электрической сети, а также появление в сети некомпенсированной реактивной мощности.

При мгновенном изменении потребляемой активной и реактивной мощности протекающие в этом оборудовании несинусоидальные токи вызывают падение и колебание напряжения в сети питания, а также приводят к значительному искажению и несимметрии питающего напряжения.

По этому компенсация реактивной мощности призвана не только корректировать коэффициент мощности, но и, прежде всего, уменьшить помехи в сети питания, а следовательно, - повысить качество электроэнергии, поставляемой потребителям, подключенным к этой сети. Реактивная мощность, потребляемая из трехфазной сети переменного тока нелинейным оборудованием с нелинейными характеристиками имеет две составляющие: составляющую фазного сдвига и составляющую представляющую собой важную, быстро изменяющуюся во времени и требующую компенсации часть реактивной мощности.

По этому компенсирующая система подключенная параллельно к сети питания переменного тока до оборудования, должна обеспечить необходимые динамические условия. Это означает, что выходная мощность компенсатора, должна успевать за изменениями реактивной мощности, потребляемой оборудованием, и достигать значений, обеспечивающих получение высокой результативности компенсации.

Строение компенсатора

Для мощного оборудования, самым простым экономически обоснованным решением по компенсации реактивной мощности, интегрированная система с многоступенчатой переключаемой конденсаторной установкой, а также регулятором индуктивного тока. Функциональная схема системы компенсации динамической мощности фазового сдвига представлена на рис.1. Переключение конденсаторных установок по этой системе осуществляется микропроцессорными соединителями конденсаторов с торговой маркой В&T-4.

Реактивная мощность, получаемая с помощью подключения регулятора реактивной мощности MRM-12 конденсаторов, носит ступенчатый характер. Поэтому для получения плавной регулировки реактивной мощности параллельно с конденсаторам подключен датчик индуктивного

Рис. 1

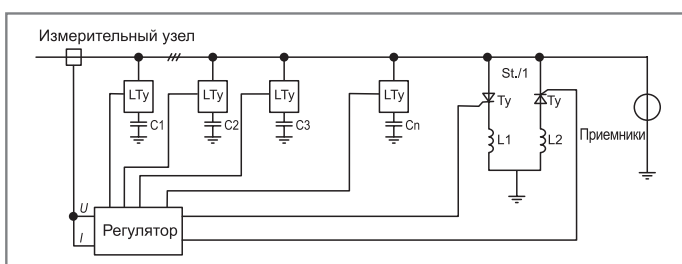
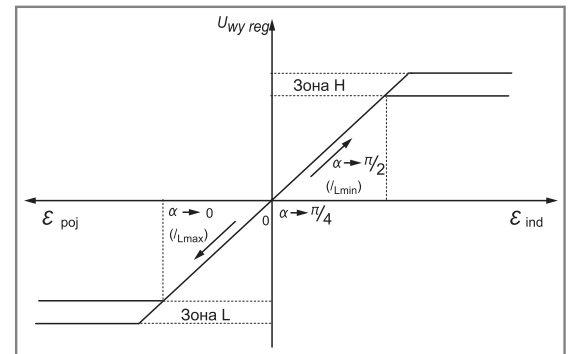


Рис. 2



тока, который имеет реактивную мощность, соответствующую мощности одного уровня конденсаторной установки. Для обеспечения нормальных условий работы конденсаторных установок (при одновременном обеспечении плавности регулирования реактивным сопротивлением конденсатора) применяются контроллеры индуктивного тока с отдельными дросселями. Схема такого управления показана на рис. 2. Управляющий контроллер индукционного тока с отдельными дросселями обеспечивает постоянную регулировку тока в зависимости от изменения угла отключения тиристоров при незначительном его отклонении от синусоиды. Условием малых отклонений тока от синусоидального является поддержание угла отключения тиристоров управления в пределах от 0 до $\pi/2$.

Традиционные конденсаторные установки имеют конденсаторные единицы с емкостями, подобранными в соответствии с рядом 1:2:4:8 и т.д. Это приводит к значительному уменьшению количества уровней установки, а также к увеличению точности компенсации. Поэтому в оборудовании с нелинейными характеристиками, исходя из специфических условий работы, применяются конденсаторы одинаковой мощности, т.е. используется ряд 1:1:1... и т.д. Такой способ разделения емкостной установки имеет следующие преимущества:

- каждая ступень установки имеет одну и ту же емкость и начальный ток, что позволяет применять одинаковые микропроцессорные соединения конденсаторов;
- появляется практическая возможность замены отдельных уровней установок, что облегчает ремонт и консервацию установки;
- в процессе регулировки можно выбрать произвольную неподключенную ступень.

Система компенсации реактивной мощности с использованием одинаковых уровней конденсаторной установки работает совместно с

Емкостная регулируемая ступень



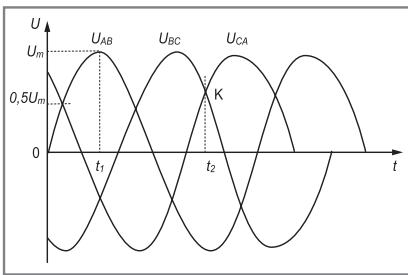


Рис. 3

контроллером индуктивного тока с отдельными дросселями при максимальном значении величины тока управления, равном значению тока одного уровня установки. Работа такого компенсатора носит динамически-шаговый

характер и протекает следующим образом. При скачкообразном увеличении индуктивного тока оборудования, ток управления уменьшается до минимального значения. Если этого недостаточно для получения полной компенсации, происходит включение следующих уровней конденсаторных установок, вплоть до получения состояния, приближенного к компенсации: заданную точность компенсации получаем путем плавного увеличения тока управления индуктивным током. Продолжительность регулировки не превышает 0,5с. В конденсаторной установке используется микропроцессорное соединение конденсаторов, подключенных в виде треугольника. Эта система имеет два тиристорных ключа переменного тока, размещенных в фазных проводах, питающих соединенный треугольником трехфазный конденсатор. Третий фазный провод подключен непосредственно к конденсаторной установке. Схема такого соединения показана на рис. 3.

При таком соединении конденсаторов включение установки происходит в два этапа. На первом этапе происходит включение конденсатора С1 после предварительной его зарядки с помощью тиристора Т_у и сопротивления R до напряжения, равного максимальному значению

Компенсатор

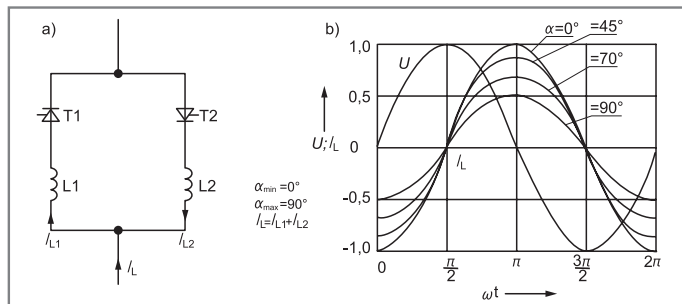


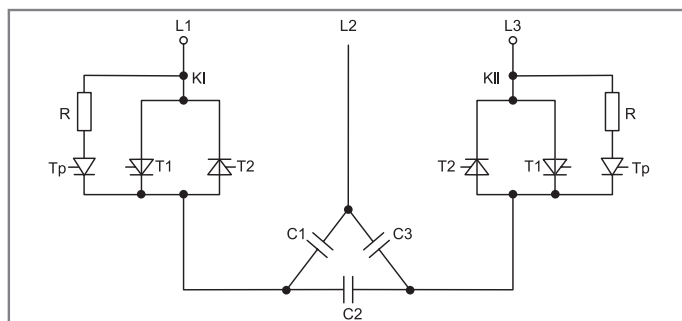
Рис. 4

напряжения сети. В тот момент, когда напряжение сети достигнет максимального значения, наступает освобождение главных тиристорov T_{у1} и T_{у2}. Такой способ обеспечивает безперегрузочное включение однофазового конденсатора С1. Второй этап - включение остальных однофазовых конденсаторов, подключенных в треугольник. Включение конденсаторов С2 и С3 аналогично включению конденсатора С1, с той лишь разницей, что оно отличается напряжением, от которого предварительно заряжается конденсатор, и моментом освобождения главных тиристорov второго соединителя. Чтобы включения конденсаторов С2 и С3 наступило при как можно меньшей перегрузке, выбран такой момент включения ключа, когда напряжены на обоих конденсаторах равны между собой и соответствуют мгновенному напряжению питающей сети. На рис. 4 показано, как напряжение питающей сети изменяется во времени, а также место оптимального включения второго ключа, обозначенного буквой К. Следует отметить, что в периоде, предшествующем включению другого ключа, на обоих конденсаторах, переменная составляющая напряжения равна половине напряжения конденсатора С1.

Описанный выше тиристорный соединитель дает возможность осуществить простую модернизацию компенсирующих систем, не прибегая к замене конденсаторных установок на однофазные. Соединители последовательных ступеней конденсаторных установок, а также датчик индуктивного тока управляются сигналами, поступающими с регулятора. Регулятор MRM-12T необходим также для поддержания заданного значения коэффициента фазового сдвига cos φ скомпенсированной сети. Подключение соответствующего количества ступеней конденсаторной установки либо их отключение происходит в зависимости от разности между заданными и измеренными значениями коэффициента фазового сдвига скомпенсированной сети. Далее управление контроллером индуктивного тока осуществляется с помощью регулятора таким образом, чтобы индуктивный ток обеспечивал полную компенсацию мощности фазового сдвига оборудования (вместе с подключенной к нему параллельно конденсаторной установкой) на заданном уровне. Регулятор дает возможность поддерживать коэффициент мощности фазового сдвига на уровне от 0,3 - при индуктивном характере нагрузки и до уровня 0,7 - при емкостном характере нагрузки.

Емкостные конденсаторы успешно работают в случае применения оборудования с линейными характеристиками, которые потребляют синусоидальный ток, при неискаженном во времени питающемся напряжении. Если напряжение с нелинейными характеристиками потребляет ток, значительно отличающимся от синусоидального при напряжении питания, содержащем высшие гармоники, то может наступить значительная токовая перегрузка конденсаторов емкостного компенсатора. В этом случае необходимо выполнить анализ содержания

Рис. 5



высших гармоник в системе питания, а затем (при наличии большого количества этих гармоник) применить систему фильтров, устанавливаемых последовательно в цепи питания дросселей конденсаторов, что позволит правильно работать всей системе компенсации.

Фирма Twelve Electric имеет техническую и производственную базу для проведения такого вида работ, предлагая дроссели, обозначенные символом DWD.

Большие токи высокой частоты, протекающие в сети питания, являются причиной значительных падений напряжения, что вызывает искажение напряжения с течением времени. Кроме того, высшие гармоники тока могут вызвать в цепи источника питания – компенсатора резонансные явления, которые могут привести к последующему искажению формы кривых тока и напряжения питания.

Чтобы избежать чрезмерных искажений формы кривой напряжения питания и не допустить перегрузку конденсаторной установки, для компенсации мощности фазного сдвига в настоящее время вместо конденсаторов используются элемент LC (последовательное подключение конденсатора с дросселем). При этом ветви LC компенсатора подбираются так, чтобы для тока, протекающего с основной частотой (50Гц), они представляли полное емкостное сопротивление, а для всех высших гармоник тока скомпенсированного оборудования – полное индуктивное сопротивление.

Хотя такое решение не приводит к полному исключению высших гармонических составляющих в кривой тока оборудования, которые в дальнейшем нагружают сеть питания, оно однако не только уменьшает протекание этих составляющих тока через конденсаторные установки, но также величину высших гармонических тока конденсаторов.

Строение и способ действия регулятора

Регулятор состоит из следующих функциональных блоков:

- блока определения коэффициента фазного сдвига компенсируемого объекта;
- аналогового блока, который управляется датчиком управления индуктивного тока;
- цифрового блока, который управляется микропроцессорными соединителями конденсаторов в конденсаторной установке.

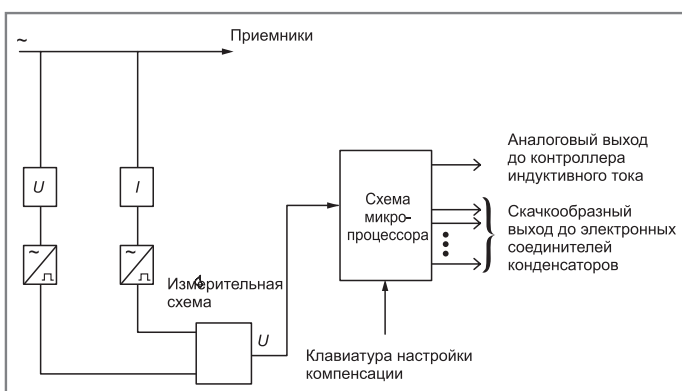
К регулятору поступают следующие сигналы:

- сигнал измеряемого напряжения;
- сигнал измеряемого тока компенсационного оборудования вместе с компенсатором;
- сигналы, задающие величину точности компенсации коэффициента мощности (вводятся с клавиатуры).

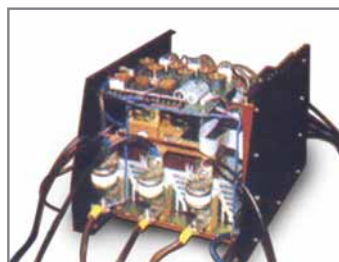
Блок определения коэффициента мощности составляет часть аналоговой системы, построенной с использованием операционных усилителей и компараторов. Цифровой блок изготовлен на базе микропроцессорной техники. Схема регулятора представлена на рис. 5.

Сигналы измеряемого напряжения и тока подводятся к входам регулятора, в котором получен сигнал напряжения пропорциональный коэффициенту мощности фазного сдвига компенсированной сети, определяющий сигнал отрицательного обратного сжатия. На аналоговые выходы регулятора подводится сигнал погрешности E в виде разности значений заданного сигнала и сигнала обратного сжатия.

Рис. 6



Контроллер индуктивного тока ↓



Электронный соединитель конденсаторов ⇒

Выход регулятора через системы подбора напряжения соединен с входом, который управляется контроллером управления индуктивного тока. Ступенчатые выходы регулятора соединены с входом систем электронного подключения конденсаторов.

За всю работу регулятора (измерение, управление, анализ точности компенсации) отвечает микропроцессор. Простой доступ пользователя к регулируемым параметрам дает возможность осуществлять результативную компенсацию реактивной мощности.

Эффективность работы динамически-шаговой системы компенсатора реактивной мощности определяется поддержанием постоянного (независимо от изменений нагрузки системы питающей реактивной мощности) коэффициента мощности фазного сдвига в питающей сети, где осуществляются измерения напряжения и тока. Как уже было сказано ранее, предусматривается возможность плавной установки коэффициента мощности фазного сдвига в пределах от 0,3 (индуктивного) до 0,7 (емкостного). Характеристика напряжения выхода регулятора, отображенная в качестве функции сигнала погрешности коэффициента фазного сдвига, представлена на рис. 6.

Компенсаторы такого типа могут быть использованы не только в качестве индивидуальных компенсаторов для оборудования с быстро изменяющимся потреблением реактивной мощности, но также как и групповые компенсаторы например для компенсации в электрической сети с симметричной нагрузкой. Однако существует возможность применения такой стратегии управления и для получения симметричной реактивной нагрузки сети. Для этого потребуются расширение измерительной части установки и части управления компенсатора.

Такое решение представлено динамическим компенсатором мощности FAST-126 который выпускает фирма Twelve Electric. Отдельные части компенсатора имеют торговые марки:

- регулятор реактивной мощности MRM-12T;
- управляющий контроллер реактивного тока SPL-12T с системой отдельных дросселей;
- электронный соединитель конденсаторов BŁT-4;
- конденсаторы мощности K.99/3;

Такие конденсаторы приспособлены для питания с искаженной формой напряжения.

Дополнительным применением управляющего контроллера индуктивного тока SPL-12T и системы отдельных дросселей является проведение регулируемой компенсации емкостной реактивной мощности.

Рабочей частью такого компенсатора является система дросселей. Необходимая величина индуктивности контроллера для получения состояния компенсации достигается изменением протекающего тока путем изменения индуктивности. Компенсатор состоит из регулятора реактивной мощности MRM-12T и контроллера управления индуктивного тока SPL-12T, а также подобранных (в случае необходимости) дросселей. Вышеуказанный компенсатор применяется для компенсации длинных кабельных линий, которые используются для питания, например глубинных насосов, систем питания аэродромов, военных полигонов и т.п. Более точную информацию о компенсаторе реактивной мощности вы можете получить по адресу: twelve@twelve.com.pl

С уважением,
Krzysztof Dąbrowski