

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЯЕМЫХ ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

КАДОМСКАЯ К.П., профессор, д.т.н., ГОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

МИХАЙЛОВСКИЙ Г.Г., студент ГОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

Установка шунтирующих реакторов (ШР) в электропередачах высокого напряжения преследует следующие цели:

- регулирование потоков реактивной мощности в режиме минимальных нагрузок и ограничение длительно приложенного напряжения до величины, не превышающей $1,05 U_{ф}$;
- ограничение напряжения на разомкнутом конце линии в режиме синхронизации и при осуществлении разного рода неполнофазных коммутаций, в частности, в процессе включения ВЛ в цикле ОАПВ и ТАПВ;
- ограничение перенапряжений в послеаварийном режиме одностороннего питания линии до величин, безопасных для изоляции электрооборудования, установленного на ВЛ.

При передаче по линии мощности равной натуральной модули напряжений в любой точке линии равны между собой. При передаче мощности меньше натуральной угол между векторами напряжений в начале и в конце линии уменьшается по сравнению с ее волновой длиной и возникает реактивный ток. В результате прохождения реактивного тока напряжение вдоль линии изменяется, достигая максимального значения в ее средней части. Наличие емкостного тока в начале линии, который может протекать через обмотки генераторов станций, является нежелательным, так как работа генераторов становится менее устойчивой. Поэтому у шин

высокого напряжения (ВН) отправной системы всегда устанавливается шунтирующий реактор, обычно не отключаемый. Поскольку передаваемая мощность по ВЛ при ее эксплуатации меняется (даже в течение суток в соответствии с графиком нагрузки), то, очевидно, должна изменяться и реактивная мощность, потребляемая шунтирующими реакторами. Следовательно, наиболее эффективными будут управляемые реакторы, содержащие в своем составе элементы управления, позволяющие судить о необходимости изменения мощности, потребляемой ШР. В настоящее время для ВЛ ВН разработаны два типа управляемых шунтирующих реакторов – с подмагничиванием, разработанного под руководством проф. д.т.н. А.М. Брянцева (РТУ – реактор с тиристорным управлением) [1...3], и трансформаторного типа, разработанного под руководством проф. д.т.н. Г.Н. Александрова (УШРТ – управляемый шунтирующий компенсатор трансформаторного типа) [4, 5].

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТЬЮ ШР

Основная обмотка УШР любого конструктивного исполнения – сетевая обмотка (СО), подключенная к ВЛ ВН. Индуктивность этой обмотки может быть определена по выражению:

$$L_1 = \frac{\mu N_1^2 F_{эфф}}{l},$$

где μ – магнитная проницаемость среды, проводящей магнитный поток, R_m – магнитное сопротивление среды, по которой замыкается магнитный поток, l – средняя длина магнитного потока, $F_{эфф}$ – площадь эффективного поперечного сечения магнитного потока, N – число витков в СО УШР.

Из приведенного выражения видно, что изменение индуктивности при неизменном числе витков СО может быть достигнуто путем:

- изменения магнитной проницаемости среды;
- изменения площади эффективного поперечного сечения магнитного потока;
- изменения средней длины магнитного потока.

В УШР типа РТУ управление величиной индуктивности реактора достигается первым путем, т.е. путем изменения магнитной проницаемости среды. Эти реакторы обычно называют **реакторами с подмагничиванием**.

В УШР типа УШРТ управление величиной индуктивности реактора достигается вторым (и, частично, третьим) путем, т.е. путем изменения площади эффективного поперечного сечения магнитного потока. Это осуществляется с помощью мощной обмотки управления (ОУ), трансформаторно-связанной с СО. Поэтому эти реакторы обычно называются **реакторами трансформаторного типа (УШРТ или УШРТ – управляемый шунтирующий реактор трансформаторного типа или**

управляемый шунтирующий компенсатор трансформаторного типа).

Изменение магнитной проницаемости в РТУ осуществляется путем подмагничивания магнитопровода постоянным током, причем магнитная проницаемость меняется вплоть до μ_0 . Поскольку РТУ используется в сети переменного тока, подмагничивание необходимо осуществлять в двух направлениях. Это возможно лишь при разделении магнитопровода на две части, с подмагничиванием каждой из них в одном направлении. Сетевая обмотка охватывает оба полустержня. В состав оборудования управляемых реакторов серии РТУ входит электромагнитная часть или фазы реактора; трансформатор со встроенным полупроводниковым преобразователем; системы управления, регулирования, защит и автоматики; устройство коррекции формы тока; заземляющий фильтр нулевой последовательности (нейтраллер). Простейшие принципиальная и эквивалентная схемы РТУ приведены на рис.1.

Преимуществом реактора с подмагничиванием является низкое напряжение ОУ, поскольку падение напряжения на ней от выпрямленного тока определяется лишь ее активным сопротивлением. Следовательно, для питания обмотки управления требуется источник малого напряжения. Это – плюс данного типа реактора. Минус же в том, что управление производится за счет изменения **амплитуды магнитного потока**. **Следовательно, этот реактор инерционен** – постоянная изменения его индуктивности составляет секунды. Следует также отметить еще один недостаток реактора с подмагничиванием. При неполном подмагничивании возникают высшие гармонические, вызывающие повышенный нагрев стали и возможные резонансные явления. В УШР серии РТУ потребляемая мощность регулируется в диапазоне **0,01–0,12 номинальной мощности реактора**. В настоящее время ШР типа РТУ установлены более чем на 10 подстанциях 110, 220, 330 и 500 кВ.

Фаза РТУ – это, по существу, двухобмоточный трансформатор с расщепленным стержнем. Одна из обмоток (сетевая) подключена к электрической сети, вторая (управляющая) подключена к регулируемому источнику посто-

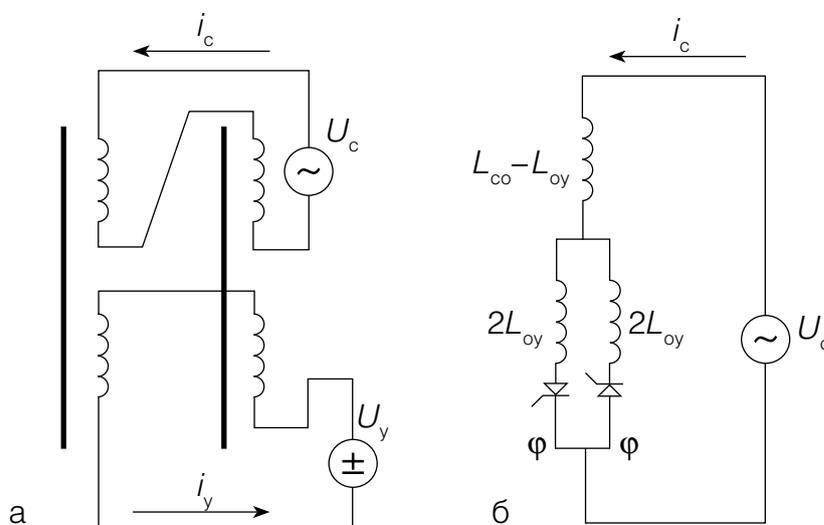


Рис. 1. Принципиальная (а) и эквивалентная (б) схемы УШР типа РТУ

янного напряжения. Секции сетевой и управляющей обмоток включены встречно. Сетевая обмотка создает магнитный поток промышленной частоты, управляющая – регулируемый по величине постоянный поток подмагничивания, смещающий переменный поток в область насыщения кривой намагничивания стали, что и приводит к изменению индуктивного сопротивления устройства.

УШР управляется по результатам измерений угла сдвига фаз тока в линии относительно напряжения в месте установки реактора. Если ток в линии опережает напряжение, индуктивный ток в сетевой обмотке УШРТ увеличивается до тех пор, пока угол сдвига фаз ϕ не достигает нуля. Напротив, если ток в линии отстает от напряжения, угол зажигания увеличивается (вплоть до 180°), пока угол сдвига не достигает нуля. Таким путем обеспечивается 100%-ная компенсация избыточной реактивной мощности линии и стабилизация напряжения в месте установки УШР.

При любой коммутации в сети система управления УШР выдает команду на замыкание компенсационной обмотки с помощью вакуумного выключателя на время переходного периода (около 100 миллисекунд), что приводит к форсировке мощности УШРТ и обеспечивает глубокое ограничение перенапряжений.

При к.з. на линиях система управления вырабатывает команду на увели-

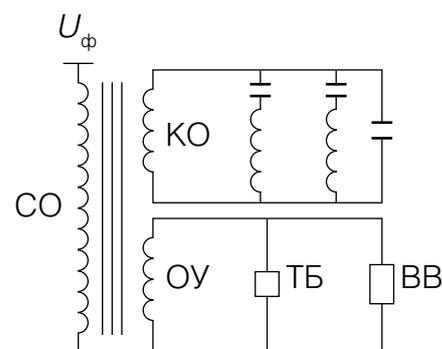


Рис. 2. Принципиальная схема УШР типа УШКТ. СО – сетевая обмотка, ОУ – обмотка управления, ВВ – вакуумный выключатель, КО – компенсационная обмотка, ТБ – тиристорный блок

чение индуктивного тока в фазе УШР, связанной с поврежденной фазой линии, и изменяет ток в фазах УШРТ, соединенных со здоровыми фазами линии, для компенсации емкостного тока, питающего дугу. Быстродействие УШРТ (время отклика не более 10 мсек) обеспечивает глубокое ограничение коммутационных перенапряжений и быстрое гашение дуги к.з.

Принципиальная схема УШР типа УШРТ приведена на рис. 2 (одна фаза).

При разомкнутой обмотке управления магнитный поток пронизывает все пространство внутри и вне СО. Наоборот, при короткозамкнутой ОУ магнитный поток вытесняется из пространства внутри ОУ, поскольку в ней индуцируется ток, создающий встречный магнитный поток, в точ-

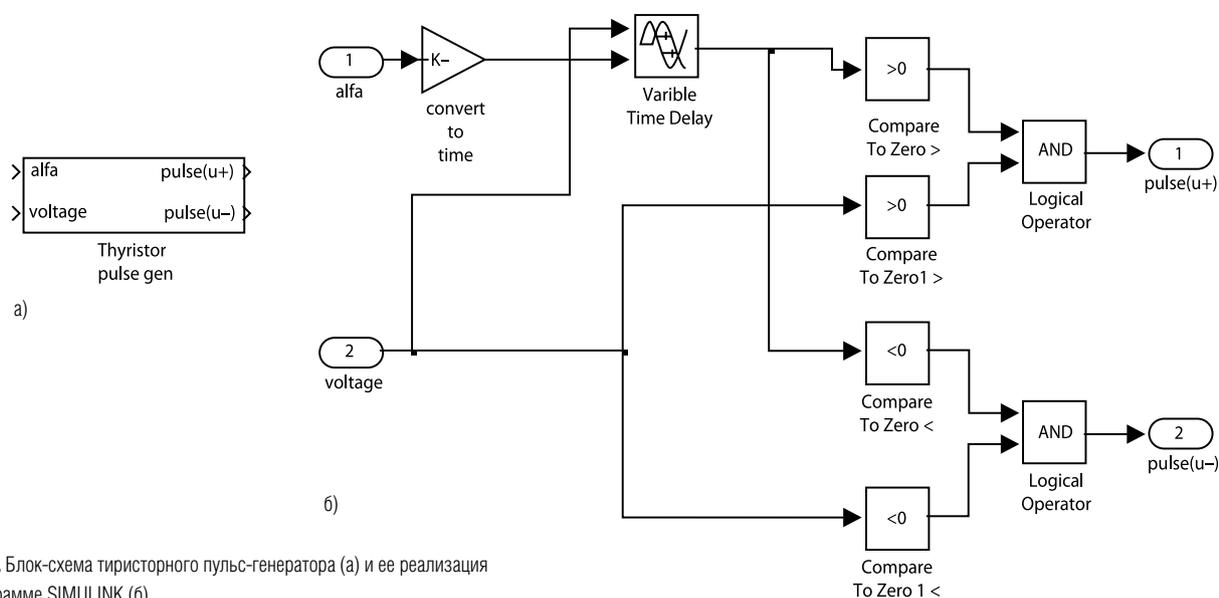


Рис. 3. Блок-схема тиристорного пульс-генератора (а) и ее реализация в программе SIMULINK (б)

ности равной части потока Φ , занимавшего часть пространства внутри ОУ, когда она была разомкнута. При использовании в качестве управляющего ключа выключателя УШР может находиться лишь в двух состояниях. При этом индуктивность ОУ принимает лишь два значения – максимальное и минимальное. При использовании же в качестве ключа тиристорного блока можно изменять длительность короткозамкнутого состояния обмотки управления путем изменения угла зажигания тиристор. При этом амплитуда магнитного потока Φ сохраняется при неизменном напряжении на СО неизменной. Неизменность амплитуды потока при изменяющемся его эффективном сечении определяет безынерционность устройства. Изменение индуктивности реактора происходит практически без переходного процесса.

В реакторе трансформаторного типа высшие гармонические также могут возникнуть за счет прерывания тока в тиристорном устройстве. Для исключения неприятных последствий такого явления имеется компенсационная обмотка (КО), расположенная между СО и ОУ. Компенсационные обмотки трех фаз соединены в треугольник, что исключает появление в СО третьей гармонической нулевой последовательности. К КО трех фаз подключены фильтры пятой и седьмой гармонических. Гармонические в ОУ индуцируют в КО токи тех же гармонических, но противоположно направленные.

Следовательно, в сетевой обмотке эти гармонические 3, 5, 7 и 9 отсутствуют, а содержание более высоких гармонических не превосходит одного процента. На частоте 50 Гц сопротивление фильтров носит емкостный характер, причем оно существенно больше индуктивного сопротивления реактора на этой частоте. Можно увеличить емкостный ток, тем самым сделав реактор аппаратом двухстороннего действия.

Увеличение напряжения КЗ у управляемого реактора до 100 % (при номинальном токе) по сравнению примерно с 15 % напряжением КЗ у силовых трансформаторов достигается за счет увеличения числа витков в СО и ОУ и увеличением расстояния между ними, позволившем расположить КО между ними. Полное вытеснение магнитного потока из стержня магнитопровода при номинальном токе не привело к повышенным потерям в разного рода металлических элементах конструкции, так как этот поток канализируется магнитной системой с замыканием через ярма. Торцевые части обмоток с обеих сторон прикрываются магнитными шунтами, выполненными из электротехнической стали.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РТУ Режим холостого хода

Ток в обмотке управления равен нулю. В расщепленном стержне возникают одинаковые по значению и направлению магнитные потоки, и ток в сетевой обмотке практически равен нулю.

Режимы при управлении

Ток в обмотке управления не равен нулю. Изменение знака этого тока приводит к увеличению или уменьшению сетевого тока, т.е. осуществляется изменение индуктивности УШР. Простейшая эквивалентная схема, позволяющая осуществить такое управление, приведена на рис. 1б. Когда вентили открыты, то индуктивность устройства наибольшая (L_{co} , что отвечает так называемому холостому ходу устройства). Когда вентили открыты в противоположном направлении, то индуктивность устройства наименьшая ($L_{co} - 2L_{oy}$), что отвечает наименьшей индуктивности, а следовательно, и наибольшей мощности УШР. Промежуточные режимы определяются углом зажигания тиристорного устройства. Математическая модель управляющего пульс-генератора (рис. 3а), реализованная в программе SIMULINK, входящей в пакет MATLAB, приведена на рис. 3б.

Управляющие сигналы синхронизированы с генератором, моделирующим напряжение сети при внутреннем сопротивлении источника, равном нулю (сигнал «voltage»), вторым сигналом является угол зажигания тиристора (сигнал «alfa»). Следует отметить, что программы управляющего пульс-генератора разработаны аспирантом каф. ТиЭВН НГТУ И.А. Лебедевым. Эти программы существенно проще соответствующей реализации пульс-генератора, содержащейся в пакете SIMULINK. Управляющие сигналы синхронизированы с генератором.

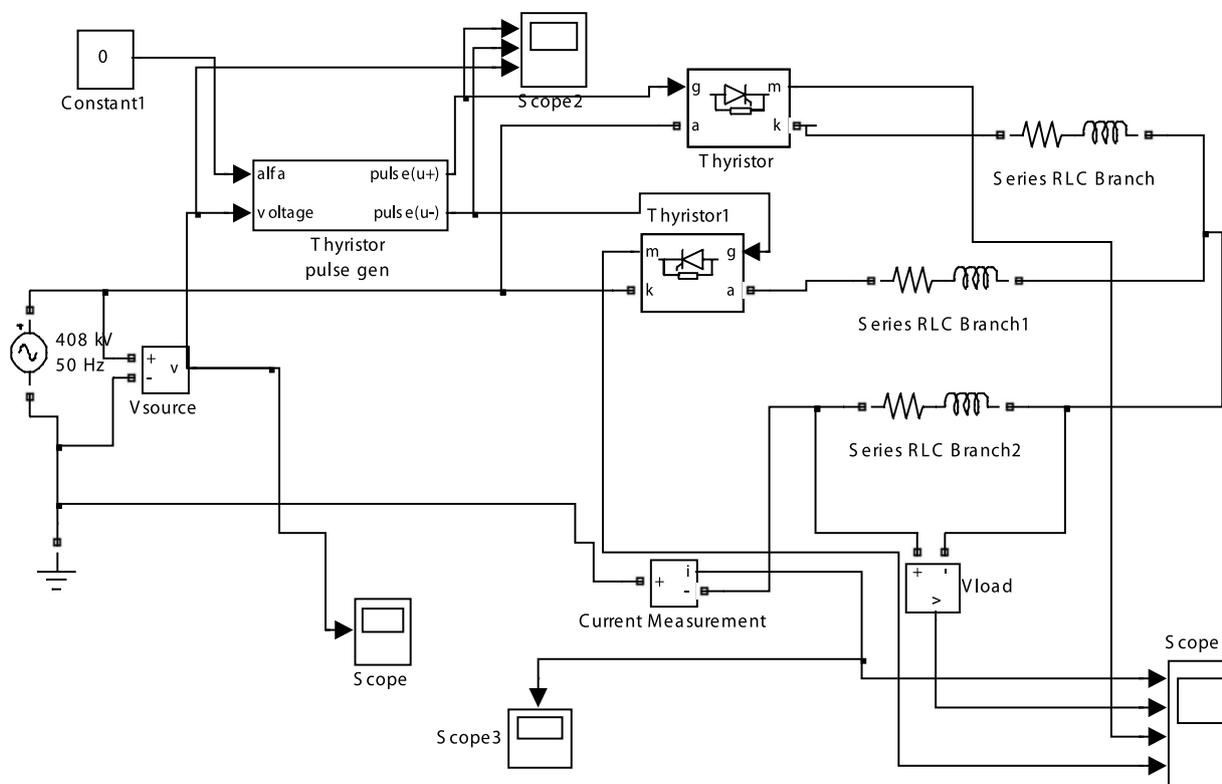


Рис. 4. Расчетная схема для исследования процессов в УШР типа РТУ при его управлении

На рис. 4 приведена блок-схема программы для исследования эффективности РТУ в пакете SIMULINK.

Следует отметить, что в этой схеме не учтена инерционность самой обмотки управления, т.е., по существу, анализируется влияние системы управления на стационарные режимы РТУ. Исследования проводились при различных соотношениях индуктивности обмотки управления (L_y) и сетевой обмотки (L_c). Компьютерные осциллограммы тока в СО РТУ при управлении с помощью изменения угла зажигания (при $\alpha=0$ и 180°) приведены на рис. 5.

Из осциллограмм видно, что амплитудное значение тока в сетевой обмотке при изменении угла зажигания от 0 до 180° снизилось с 270 до 38 А (номинальное значение тока в сетевой обмотке составляет 272 А). Активное сопротивление обмотки управления составляет $R_{упр}=0,05$ Ом, индуктивность этой обмотки, определенная на основе прямого эксперимента (проведенного к.т.н. М.В. Дмитриевым) нарастания тока в обмотке управления в холостом режиме эксплуатации УШР при подаче толчком напряжения на ОУ при этом значении активного сопротивления составляет $0,042$ Гн. Следовательно, постоянная времени обмотки управления оказывается равной $0,84$ сек. Таким образом, изменение режима эксплуатации реактора с подмагничиванием происходит примерно за $3T_{oy} = 2,8$ сек, т.е. в течение достаточно длитель-

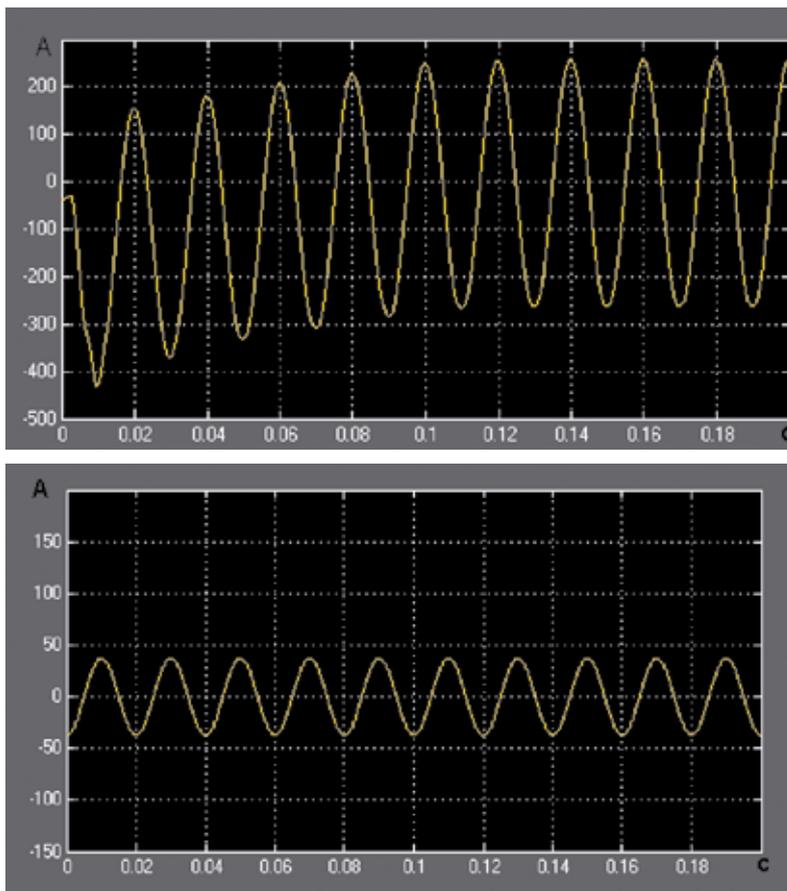


Рис. 5. Токи в СО РТУ-500 при $\alpha=0^\circ$ (а) и $\alpha=180^\circ$ (б) ($L_y/L_c=0,1$)

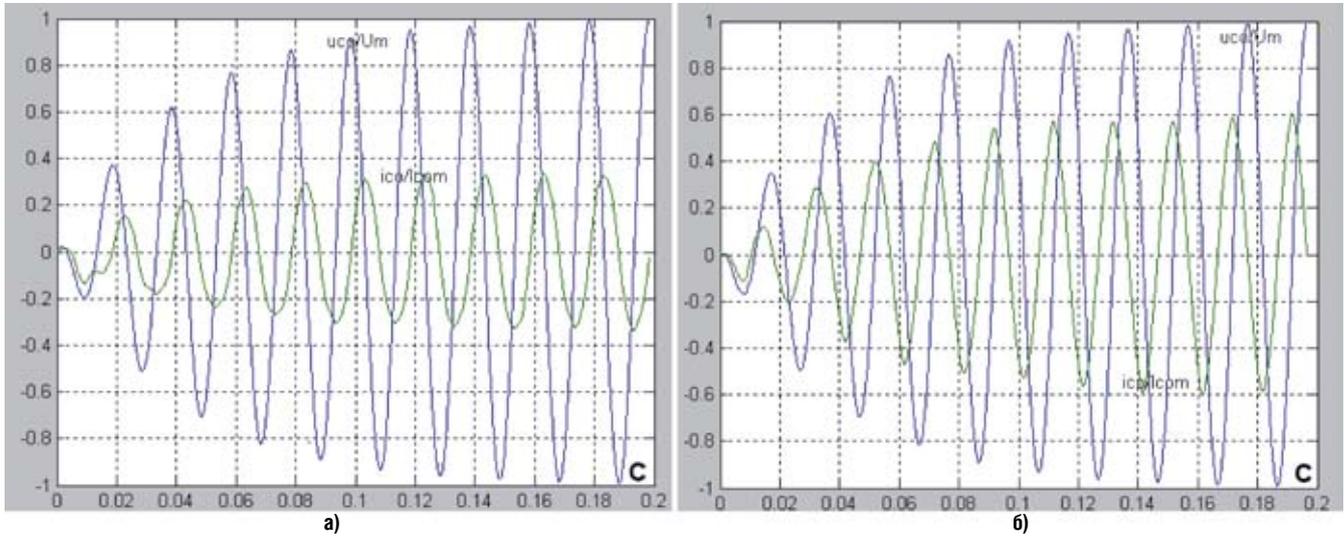


Рис. 6. Напряжение на сетевой обмотке и ток в ней при эксплуатации УШКТ в индуктивном (а) и емкостном (б) режимах

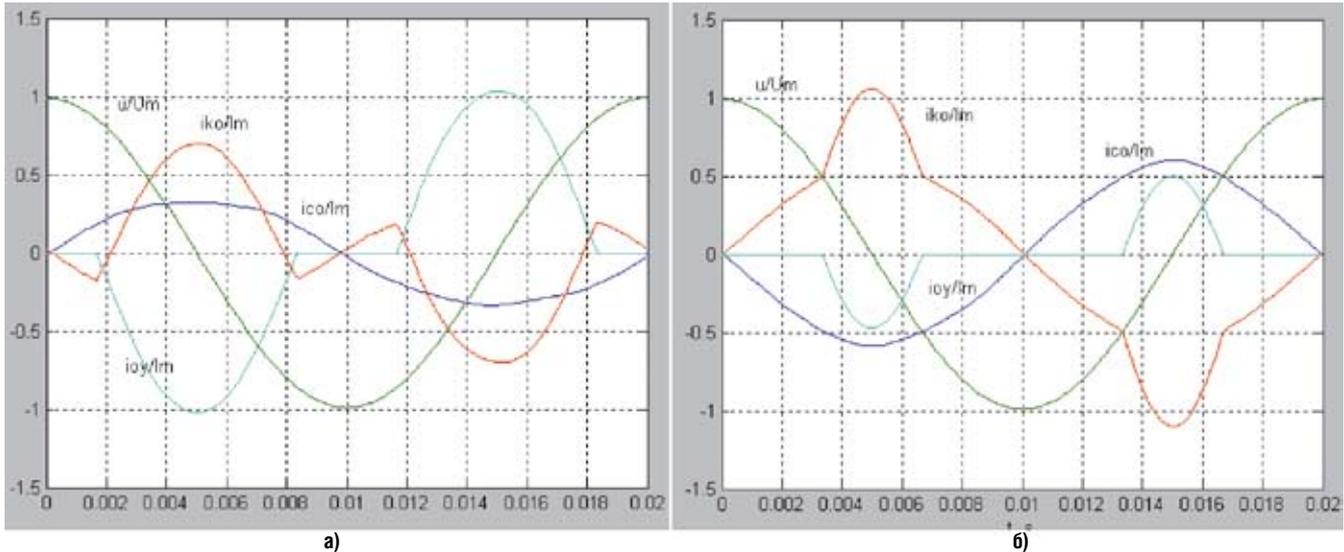


Рис. 7. Периоды в стационарных режимах; а – индуктивный режим УШКТ, б – емкостный режим УШКТ

ного времени. Таким образом, реактор с управлением на основе подмагничивания магнитопровода является достаточно инерционным аппаратом.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УШРТ

Конструкция УШРТ 500 кВ и его схема замещения с использованием принципа магнитоэлектрической аналогии [6] достаточно подробно описаны в [7]. В [7] приведены также уравнения, описывающие процессы в магнитоэлектрической схеме замещения УШРТ в различных условиях его эксплуатации. Эти уравнения (при некоторой их модернизации, согласованной с авторами [7]), были реализованы авторами настоящей публикации в среде MATLAB. Взаимосвязь

электрических подсистем (СО, КО, ОУ) с магнитной подсистемой в модели осуществляется с помощью 2 X 2 – полюсников, содержащих источники напряжения, управляемые токами. В этой связи реализуется закон электромагнитной индукции в электрической цепи. Через такой двухполюсник (электромагнитный дуализатор) осуществляется идеальный переход от электрической схемы к магнитной и наоборот. Он играет роль смесителя электрических и магнитных величин, включая преобразование электрической мощности в магнитную и наоборот.

При анализе стационарного режима в модели применен прием, заключающийся в том, что начальные значения всех переменных задаются нулевыми и осуществляется плавный выход на

стационарный синусоидальный режим сетевого напряжения, т.е.

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi),$$

$$\text{где } U'_m = U_m (1 - e^{-t/\tau})$$

$$\tau = (0,1 - 0,3) T_{расч.}$$

При таком моделировании управление тиристорами может осуществляться изменением начальной фазы ψ . При проведении компьютерных расчетов регистрировались напряжение на сетевой обмотке, токи в сетевой обмотке, в обмотке управления и в компенсационной обмотке. Анализировался также период промышленной частоты в стационарном режиме.

Рассматривались следующие режимы эксплуатации УШРТ:

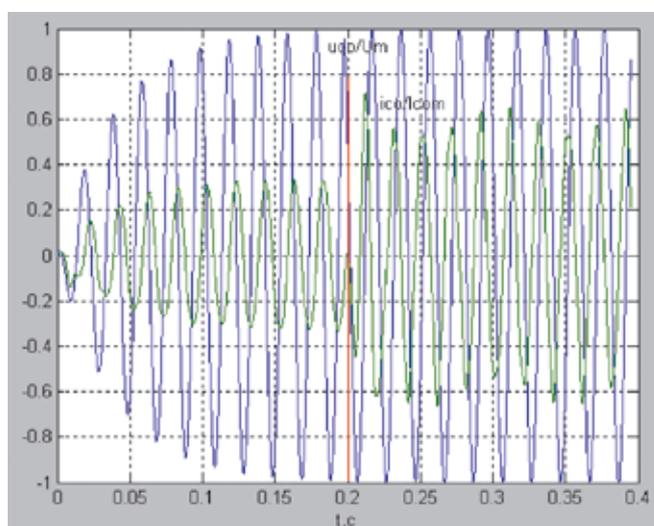


Рис. 8. Переход в момент $t=0,2$ с индуктивного режима эксплуатации УШРТ в емкостный

Индуктивный режим – $\psi=\pi/6+\pi/2$, емкостный режим – $\psi=\pi/3+\pi/2$, индуктивный номинальный режим – $\psi=\pi/2$, емкостный номинальный режим – $\psi=\pi$, переход из индуктивного режима в емкостный – изменение фазировки и величины тока в обмотке управления. На рис. 6 приведены компьютерные осциллограммы напряжения на сетевой обмотке и тока в ней при эксплуатации УШРТ в индуктивном (а) и емкостном (б) режимах.

Развернутые периоды в стационарных режимах рассмотренных случаев с показом токов в обмотках управления (i_{ou}) и компенсационной ($i_{ок}$) приведены на рис. 7. Практическая безынерционность перехода УШРТ из одного режима в другой (из индуктивного в емкостный) проиллюстрирована на компьютерной осциллограмме, приведенной на рис. 8.

Из приведенных компьютерных осциллограмм следует, что переход из режима в режим осуществляется практически за период промышленной частоты. Следует отметить, что в момент перехода наблюдается всплеск тока в компенсационной обмотке. Следовательно, конденсаторы фильтров должны выдерживать кратковременные всплески напряжений и токов. Установленные в УШРТ конденсаторы выдерживают четырехкратные перенапряжения, т.е. рассматриваемый режим безопасен.

Достоверность разработанной модели, в том числе, подтверждается моделированием нормального режима эксплуатации УШРТ (рис. 9).

Из компьютерной осциллограммы рис. 9 следует, что амплитуда тока в СО составляет $I_{cm}=0,87 \cdot 169,5=148,05$ А, $I_{с.эфф}=104,68$ А. Параметры рассматриваемого реактора: $Q_p=100/3$ МВА,

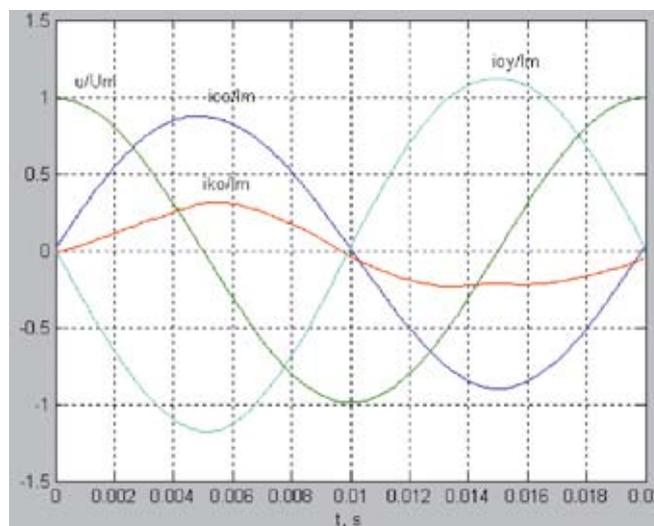


Рис. 9. Номинальный стационарный режим эксплуатации УШКТ (обмотка управления закорочена)

$x_p=2756,3$ А, $I_{р.эфф}=109,97$ А. Следовательно, математическая модель воспроизводит ток в сетевой обмотке при закороченной обмотке управления с точностью до 4,8 %, что вполне приемлемо. Из осциллограмм рис. 9 также видно, что в этом режиме сумма токов в обмотке управления и компенсационной обмотке примерно равна току в сетевой обмотке.

ВЫВОДЫ

1. Исследования эффективности двух типов управляемых ШР, проведенные с помощью математических моделей, показали, что с точки зрения быстрейшего при изменении режима эксплуатации несомненные преимущества имеет УШР трансформаторного типа (УШРТ): изменение режима происходит менее чем за период промышленной частоты, тогда как это время при применении



REEnergy 2010



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

организаторы:



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



Устойчивое
Энергетическое
Развитие
Международный центр
под эгидой ЮНЕСКО



Электрификация
Альтернативная энергетика

со-организатор конференции:



Latref
international

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ И АЛЬТЕРНАТИВНЫМ ВИДАМ ТОПЛИВА

25 - 28 мая 2010 г

МОСКВА, ВП «ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ», ВВЦ

www.REEnergy2010.ru

contact@REEnergy2010.ru тел. +7 (499) 181-52-02

партнеры:

генеральные
информационные спонсоры:

интернет-партнер

информационные спонсоры:



реактора с подмагничиванием (РТУ) занимает 2–3 секунды.

2. Некоторым преимуществом УШР с подмагничиванием может служить маломощная тиристорная система управления, тогда как принцип управления УШР трансформаторного типа предполагает использование достаточно мощного тиристорного устройства.

3. При изменении режима передачи мощности по ВЛ ВН степень быстрого действия изменения индуктивности УШР не имеет существенного значения. Необходимость быстрого изменения режима УШР может иметь место в разного рода неполнофазных штатных и нештатных режимах эксплуатации ВЛ ВН. Так, при внедрении элегазовых выключателей с автокомпрессорной системой дугогашения и осуществлении неуспешного ТАПВ в отключаемом токе «здоровой» фазы ВЛ, оснащенной ШР, может содержаться асериодическая составляющая достаточно большой величины, что, в свою очередь, может привести к взрывному повреждению выключателя [8]. Следова-

но, перед повторным отключением ВЛ следовало бы переводить УШР в холостой режим, а затем перед повторным включением ВЛ вновь переводить реакторы в требуемый режим. Такую последовательность коммутаций в приемлемое время осуществления ТАПВ можно осуществить при практически безынерционном управлении параметрами ШР, т.е. при использовании УШРТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Брянцев А.М.* Управляемые подмагничиванием электрические реакторы. – М. Знак, 1998.

2. *Брянцев А.М., Долгополов А.Г., Лурье А.И.* и др. Впервые в сети 500 кВ введен в эксплуатацию новый управляемый подмагничиванием шунтирующий реактор мощностью 180 МВА. – *Электричество*, 2006, № 8. – С. 65–68.

3. *Долгополов А., Ахметжанов Н., Кондратенко Д., Соколов Ю., Райченко М., Уколов С., Богатко А., Горбач А.* Управляемый шунтирующий реактор на Игналинской АЭС. Ввод в эксплуатацию. – *Новости электротехники*, 2008, № 6 (54).

4. *Александров Г.Н.* Быстродействующий управляемый реактор трансформаторного типа 420 кВ, 50 МВАр пущен в эксплуатацию. – *Электричество*, 2002, № 3. – С. 64–66.

5. *Александров Г.Н., Дардеер М.М.* Регулирование напряжения в системе электропередачи 500 кВ Египта при помощи управляемых шунтирующих реакторов // *Научно-технические ведомости СПбПГУ*, 2007. – № 2, С. 195–203.

6. *Шакиров М.А.* Магнитоэлектрические схемы замещения катушек индуктивности и трансформаторов. – *Электричество*. – 2003. – № 11. – С. 34–45.

7. *Александров Г.Н., Шакиров М.А.* Исследование переходных режимов работы управляемого шунтирующего компенсатора трансформаторного типа с помощью магнитоэлектрических схем замещения. – *Электричество*, 2005, № 6. – С. 20–32.

8. *Кадомская К.П.* Новое коммутационное электрооборудование в электрических сетях средних классов напряжения. – *Энергоэксперт*, 2009, № 1 (12). – С. 46–50.

ПРАКТИКА ПОДТВЕРЖДАЕТ ТЕОРИЮ



УШРТ 220 кВ 60 Мвар



Регулятор УШРТ производства «АО Ансальдо-ВЭИ»

В журнале «Энергоэксперт», № 1 за 2010 г. мы продолжим рассмотренную тему публикацией статьи сотрудников «АО Ансальдо-ВЭИ» Чуприкова В.С. и Мологина Д.С. «Реализация пилотного проекта CSRT в энергосистеме Norte de Angola», в которой будут подробно представлены результаты внедрения первого в мире проекта с системным использованием УШРТ, подтверждающие основные выводы представленной выше теоретической статьи Кадомской К.П. и Михайловского Г.Г. «Математическое моделирование и эффективность управляемых шунтирующих реакторов высокого напряжения».

Реализация проекта позволила при сохранении передаваемой по линиям активной мощности повысить напряжение на шинах 220 кВ подстанций на 11 % и снизить токи в линиях на 15 % с соответствующим уменьшением активных потерь. Наличие быстродействующих УШРТ обеспечило ограничение напряжения на шинах 220 кВ после аварийного отключения нагрузок и предотвратило отключение линий 220 кВ и полный развал энергосистемы, что всегда ранее имело место в аналогичных случаях.

Крупнейшая на Юге России

12 - ая ЕЖЕГОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ЭЛЕКТРО 2010

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА и ЭНЕРГЕТИКА

17 - 19 ФЕВРАЛЯ 2010
РОСТОВ-НА-ДОНУ
(Дворец Спорта)

Тематика выставки

- Электрическое оборудование, машины и аппараты;
- Электростанции; трансформаторы и трансформаторные подстанции;
- Электроэнергетические и энергосберегающие технологии;
- Высоковольтное оборудование;
- Низковольтная аппаратура;
- Электроустановочные изделия;
- Оборудование связи;
- Автономные источники питания;
- Электромонтажное оборудование и инструмент;
- Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации;
- Электроизоляционные материалы; аксессуары;
- Новые технологии в электротехнике и энергетике.

Дополнительные разделы выставки:

- Светотехника;
- Кабели и провода
- Электроника и приборостроение

Организатор:
ООО "ВФ "Экспо-Дон"
ExpoDON
г. Ростов-на-Дону, Халтуринский, 103
т./ф.: (863) 267-04-33, 267-91-06, 269-51-82
E-mail: expo-don@aaanet.ru
http://www.expo-don.pp.ru

Поддержка:
Министерство энергетики, инженерной инфраструктуры и промышленности Администрации Ростовской области
Торгово-Промышленная палата Российской Федерации
Торгово-Промышленная палата Ростовской области

Ген. интернет спонсор: elec.ru

Ген. интернет партнер: RusCable.Ru



реклама

Администрация Волгоградской области, Администрация Волгограда
ВЦ "Царицынская ярмарка"

Х межрегиональная специализированная выставка

23-25 марта 2010

ЭНЕРГЕТИКА. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ



ВОЛГОГРАД
Дворец Спорта Профсоюзов

Выставочный центр "ЦАРИЦЫНСКАЯ ЯРМАРКА"

400005, Волгоград, пр. Ленина, 88, офис 504
тел./факс: (8442) 23-33-77; 26-50-34,
e-mail: zarexpo@avtlg.ru, marina@zarexpo.ru

www.zarexpo.ru



energy and electrical engineering exhibition

реклама