

# Вставки переменного тока для ограничения тока короткого замыкания и компенсации реактивной мощности с использованием управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов

БРЯНЦЕВ А.М., ЛУРЬЕ А.И., СМОЛОВИК С.В.

*Рассмотрен ограничитель тока короткого замыкания – вставка переменного тока, составленная из последовательно включенного в сеть неуправляемого токоограничивающего реактора и двух источников реактивной мощности (каждый состоит из параллельно включенной батареи статических конденсаторов и управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора). Вставка выполнена на основе электротехнического оборудования, выпускаемого промышленностью и имеющего положительный опыт эксплуатации. Наряду с повышением надежности работы электрической сети выполняются функции технологии управления сетями FACTS.*

**Ключевые слова:** электрическая сеть, короткое замыкание, ограничитель тока, вставка переменного тока, управляемый подмагничиванием реактор, батарея статических конденсаторов

В настоящее время возник повышенный интерес к ограничению в сетях токов короткого замыкания (ТКЗ), в особенности в мощных сетях 110–220 кВ. Это требуется, например, для увеличения надежности работы закольцованных сетей при КЗ, для облегчения работы выключателей, имеющих ограниченный ток отключения, и другого оборудования линий и подстанций. По существу ограничители ТКЗ должны выполнять роль вставок переменного тока, так как они осуществляют связь между двумя частями линии электропередачи, позволяя при необходимости заимствовать из соседней части линии активную или реактивную мощность. Применение вставок переменного тока с возможностью ограничения ТКЗ должно сохранить положительные качества и кольцевых схем (для резервирования участков), и кольцевых схем с делением (для снижения ТКЗ).

В настоящее время токоограничивающие устройства практически применяют только в низковольтных электрических сетях (6–35 кВ). Для этого используют последовательно включенные в сеть линейные неуправляемые электрические реакторы [1], чаще всего дешевые и надежные бетонные или более дорогие сухие реакторы. Высоковольтные (110 кВ и более) масляные токоограничивающие реакторы применяются редко, отечественные заводы и заводы в СНГ такие реакторы не выпускают,

*A short-current limiter in the form of an AC insert is considered. The AC insert comprises an uncontrolled current-limiting reactor connected in series with the power network and two sources of reactive power (each consisting of a battery of static capacitors connected in parallel with a bias-controlled shunt reactor). The insert is made using commercially available electrical equipment with well-proven field experience. Along with achieving more reliable operation of the electric network, the device performs functions of the technology of flexible AC transmission systems (FACTS).*

**Key words:** electric network, short-circuit fault, current limiter, AC insert, bias-controlled reactor, battery of static capacitors

их разработка связана с некоторыми трудностями. Однако в последние годы ряд зарубежных фирм осваивают номенклатуру сухих высоковольтных реакторов последовательного включения для сетей напряжением 220 кВ и выше.

Главный недостаток неуправляемых реакторов – большое падение напряжения при нагрузке («потеря напряжения»), невозможность изменения и регулирования их параметров.

В литературе предложено много различных более совершенных способов токоограничения [1]. Большое число новых схем – резонансные схемы, в которых при нормальных режимах последовательно включенные индуктивность и емкость не создают большой потери напряжения [1]. Для эффективного ограничения ТКЗ индуктивностью реактора при КЗ емкость следует шунтировать. Однако при этом оказывается необходимым ограничивать ТКЗ самой емкости, применяя для этого, например, быстродействующие тиристорные устройства. В результате получаются сложные электротехнические комплексы. Отечественные токоограничители в настоящее время только разрабатываются и не прошли эксплуатационной проверки.

Имеются и более экзотические предложения использования для ограничения ТКЗ устройств с применением явления высокотемпературной сверхпроводимости – ВТСП [1]. Однако и при этом воз-

никает ряд принципиальных трудностей – требуются надежные постоянно действующие ожижители азота. Кроме того, цена проводниковых ВТСП материалов пока высока. Необходимо отметить, что требуются специальные сложные понижающие трансформаторы, мощность которых приходится выбирать не по мощности ВТСП ограничителя ТКЗ, а близкой к проходной мощности самой сети. А ограничители ТКЗ с такими мощными трансформаторами становятся слишком дорогими.

Высказывались также предложения по использованию в качестве токоограничивающих управляемых подмагничиванием реакторов [1 и др.], однако сведения о конкретных разработках не известны.

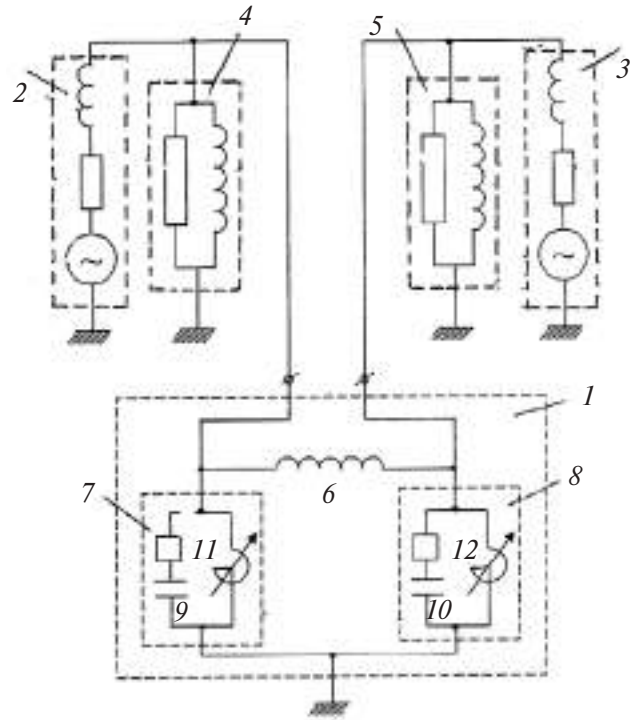
В настоящее время низковольтные управляемые подмагничиванием реакторы (УР) нашли широкое применение как дугогасящие реакторы. В сетях 6–10 кВ с незаземленной нейтралью успешно эксплуатируется уже около 200 таких реакторов серии РУОМ мощностью от 190 до 1520 кВ·А [2].

В высоковольтных сетях 110–500 кВ уже работают около 50 трехфазных управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов (УШР) и трехфазных групп УШР серии РТУ мощностью от 25 до 180 МВ·А. Эти шунтирующие реакторы используются для компенсации реактивной мощности и стабилизации напряжения [2–4]. Успешный опыт эксплуатации УШР насчитывает для ряда реакторов уже более 10 лет. Достижением последних лет является не только разработка, освоение в производстве и внедрение УШР, но и проработка многих теоретических и методических вопросов [2–10].

Рассмотрим вопросы использования УШР, прежде всего, для ограничения тока КЗ в сети [8].

На рисунке в однофазном изображении показаны две части электрической сети, соединенные между собой регулируемым токоограничивающим устройством. В каждой части сети имеются источники мощности – генераторы и активно-индуктивная нагрузка. Токоограничивающее устройство (по существу вставка переменного тока) состоит из последовательно включенного в сеть неуправляемого токоограничивающего реактора и двух источников реактивной мощности (ИРМ). Каждый ИРМ состоит из параллельно включенной батареи статических конденсаторов (БСК) и управляемого подмагничиванием УШР.

При возникновении аварийного КЗ в левой части электрической сети возникает ток КЗ, который является суммой двух токов КЗ. Первый ток  $I_{кз1}$  создается источником мощности левой (первой) части сети и ограничен внутренним сопротивлением первой части сети (в основном индуктив-



Две части схемы трехфазной электрической сети, соединенные между собой регулируемым токоограничивающим устройством: 1 – вставка переменного тока (однофазное изображение); 2 и 3 – источники мощности в частях системы – генераторы (ЭДС с индуктивно-активными внутренними сопротивлениями); 4 и 5 – активно-индуктивная нагрузка; 6 – токоограничивающий неуправляемый линейный реактор; 7 и 8 – ИРМ; 9 и 10 – статические конденсаторы; 11 и 12 – управляемый подмагничиванием шунтирующий реактор

ным сопротивлением). Второй ток КЗ создается источником мощности правой (второй) части сети и ограничен суммой внутреннего сопротивления второй части сети и сопротивления линейного токоограничивающего реактора. Естественно, что из-за наличия линейного токоограничивающего реактора суммарный ток оказывается меньшим, чем ток КЗ при его отсутствии. При заданном (нормируемом) максимально допустимом по условиям эксплуатации электрооборудования сети токе КЗ  $I_{кз.нор}$  индуктивное сопротивление линейного токоограничивающего реактора должно быть равно:

$$x_{p1} = U_{ф.с} / (I_{кз.нор} - I_{кз1}) - x_{c2}, \quad (1)$$

где  $x_{p1}$  – индуктивное сопротивление линейного токоограничивающего реактора в первом варианте КЗ;  $x_{c2}$  – индуктивное сопротивление второй части электрической сети;  $U_{ф.с}$  – расчетное фазное напряжение каждой части электрической сети;  $I_{кз.нор}$  – нормируемый максимально допустимый ток КЗ электрической сети;  $I_{кз1}$  – расчетный ток КЗ в первой части электрической сети при разомкнутом линейном токоограничивающем реакторе.

Соответственно, при возникновении аварийного КЗ во второй части электрической сети также возникает ток КЗ. При заданном (нормируемом) токе КЗ электрической сети  $I_{\text{кз.нор}}$  индуктивное сопротивление линейного токоограничивающего реактора должно быть

$$x_{\text{р2}} = U_{\text{ф.с}} / (I_{\text{кз.нор}} - I_{\text{кз2}}) - x_{\text{с1}}, \quad (2)$$

где  $x_{\text{р2}}$  – индуктивное сопротивление линейного токоограничивающего реактора во втором варианте КЗ;  $x_{\text{с1}}$  – индуктивное сопротивление первой части электрической сети;  $I_{\text{кз2}}$  – расчетный ток КЗ во второй части электрической сети при разомкнутом линейном токоограничивающем реакторе.

Расчетное индуктивное сопротивление нерегулируемого линейного токоограничивающего реактора  $x_{\text{р}}$  должно быть не ниже максимального из двух сопротивлений  $x_{\text{р1}}$  и  $x_{\text{р2}}$ .

Ранее были рассмотрены вариант работы при аварийных КЗ и основная функция рассматриваемой схемы – ограничение тока КЗ. В нормальных условиях работы электрической сети в общем случае существует переток активной и реактивной мощности из одной части в другую. Это может быть или нормальным режимом работы, когда идет заимствование энергии из одной части сети в другую, или послеаварийным (или ремонтным) режимом работы после выхода из строя или плановой остановки (например на ремонт) генерирующих мощностей одной из частей сети.

При перетоках мощности на неуправляемом линейном токоограничивающем реакторе в отсутствие ИРМ возникает потеря напряжения. Кроме того, из-за потребления нагрузкой реактивной мощности и перетока реактивной мощности в частях сети напряжение может недопустимо снижаться по сравнению с номинальным (в дневное время, при максимуме потребления электроэнергии), а также могут возрасти потери энергии в сети и трансформаторах. Возможно и недопустимое повышение напряжения, когда в сети возможен избыток реактивной мощности (в ночное время, при минимальной нагрузке). В этих случаях необходимый уровень напряжения поддерживается за счет компенсации реактивной мощности двумя источниками реактивной мощности ИРМ.

В первом случае при избыточном потреблении в сети реактивной мощности это компенсируется подключением БСК выключателями и переводе УШР в режим их минимальной мощности – режим холостого хода. Реактивная мощность нагрузки и линейного токоограничивающего реактора компенсируется при соблюдении условия

$$Q_{\text{бск}} = Q_{\text{наг}} + Q_{\text{р}} / 2, \quad (3)$$

где  $Q_{\text{бск}}$  – реактивная мощность батареи конденсаторов каждой части электрической сети;  $Q_{\text{наг}}$  – реактивная мощность нагрузки каждой части электрической сети;  $Q_{\text{р}} = I_{\text{р}}^2 x_{\text{р}}$  – расчетная реактивная мощность линейного токоограничивающего реактора;  $I_{\text{р}}$  – расчетный ток линейного токоограничивающего реактора в длительном режиме.

Во втором случае при переизбытке в сети реактивной мощности из-за генерирования ее распределенной емкостью линий передачи это компенсируется переводом УШР в режим максимальной мощности и при отключении выключателей БСК.

В промежуточных режимах плавным регулированием мощности УШР (автоматическим или ручным) и коммутацией выключателей БСК осуществляется плавное регулирование напряжения в сети на двух ее участках. Для того чтобы плавное регулирование было во всем диапазоне от выдаваемой максимальной реактивной мощности – суммарной мощности двух батарей конденсаторов – до потребляемой максимальной реактивной мощности – суммарной номинальной мощности двух УШР, необходимо соблюдение условия

$$Q_{\text{ушр}} \geq 0,5 Q_{\text{бск}}. \quad (4)$$

В нормальных условиях работы электрической сети может оказаться и частный случай, когда обе части сети одинаковы и ток в линейном токоограничивающем реакторе отсутствует. При этом выключателями БСК могут быть отключены, а УШР переведены в режим холостого хода при отсутствии подмагничивания.

При возможном аварийном отключении источника мощности одной из частей сети, например при отключении источника мощности в правой части сети, нагрузка в этой части системы будет получать электрическую энергию из левой части системы от его источника мощности через линейный токоограничивающий реактор. При этом напряжение на нагрузке в аварийной части сети резко упадет из-за большого падения напряжения на неуправляемом реакторе и продольных сопротивлениях (внутреннем сопротивлении левого источника и сопротивлении линии передачи). В этом предельном случае предлагаемое устройство обеспечивает поддержание напряжения на необходимом уровне, но при этом мощность батарей конденсаторов должна быть существенно увеличена по сравнению с предельным минимальным значением по условию (4). В целях предотвращения неблагоприятных последствий (отключения части сети)

при возможном аварийном отключении источника мощности одной из частей сети в предлагаемом устройстве мощность батареи конденсаторов каждой части электрической сети должна соответствовать условию

$$Q_{\text{бск}} \geq K_S S_{\text{наг}} + Q_p / 2, \quad (5)$$

где  $S_{\text{наг}}$  — полная (кажущаяся) мощность нагрузки каждой части электрической сети;  $K_S = 1 \div 3$  — расчетный коэффициент.

Перекомпенсация реактивной мощности необходима для того, чтобы ток из неаварийной части сети в аварийную (ток неуправляемого реактора) имел не индуктивный, а емкостный характер. При этом на индуктивности линейного токоограничивающего реактора возникает не снижение напряжения, а его возрастание. Этим и поддерживается напряжение на нагрузке аварийной части сети.

Диапазон изменения коэффициента  $K_S$  дан ориентировочно и для каждой сети уточняется расчетом.

Важно подчеркнуть, что во всех рассмотренных режимах работы сети два ИРМ могут быть использованы не только как элементы токоограничивающего устройства, но и как регулируемые источники реактивной мощности, стабилизирующие напряжение в двух участках сети, т.е. как наиболее простое оборудование для освоения технологии управления сетей FACTS [9, 10].

Современный УШР — это электротехнический комплекс, включающий несколько электротехнических устройств. В состав его входит, прежде всего, электромагнитная часть — трансформаторное устройство с магнитопроводом, имеющим например, в каждой фазе два основных стержня, на каждом из которых размещены сетевая обмотка и обмотка управления (подмагничивания), а также торцевые и боковые ярма. Технические характеристики и экономические показатели уже порядка трех десятков эксплуатируемых УШР типа РТУ не имеют аналогов в мировом электромашиностроении. По конструкции, условиям и простоте эксплуатации управляемые реакторы сопоставимы с обычным трансформаторным и реакторным оборудованием, а по функциональным возможностям являются автоматически регулируемые электротехническими комплексами, на современном уровне решающими многие вопросы управления и оптимизации режимов работы электрических сетей.

Потери в реакторах в постоянном номинальном режиме и расход материалов на изготовление реакторов не превышают (1,5÷2)-кратного значения этих же показателей для обычных неуправляемых шунтирующих реакторов, а эксплуатационные по-

тери (при учете регулирования мощности УШР) находятся на их уровне. Реакторы типа РТУ аналогично обычному трансформаторному оборудованию способны кратковременно подвергаться значительным перегрузкам (по напряжению, току, мощности). Это возникает в нормированных режимах перегрузки до 110—130% номинальной мощности и в режиме кратковременного увеличения мощности до 200%. Перегрузки по току и мощности возникают в эксплуатации реакторов также при набросах напряжения, связанных с тем, что в переходных режимах УШР является практически линейным реактором с предшествующей набросу напряжения индуктивностью и увеличение его тока пропорционально увеличению напряжения. Такое качество УШР очень важно для эксплуатации. Все эти характеристики важны и для УШР, используемых в ИРМ рассматриваемых вставок переменного тока.

В УШР для подмагничивания обычно применяется преобразователь — регулируемый выпрямитель, питающийся через трансформатор от сети собственных нужд подстанции или от обмоток электромагнитной части реактора. Номинальная мощность трансформатора и преобразователя обычно составляет менее 1% номинальной мощности УШР. Имеется электронный блок системы управления выпрямителем, которая получает информацию от трансформаторов тока и напряжения. Системе управления задается программа работы реактора в зависимости от требуемых в технической документации нормированных требований и состояния электрической сети.

Как видно, рассматриваемая вставка переменного тока, основная роль которой — ограничение тока КЗ и стабилизация напряжения, является электротехническим комплексом, состоящим из различного оборудования. Отличие такого комплекса оборудования от рассмотренных ранее альтернативных комплексов (резонансные схемы, с использованием устройств с ВТСП и др.), которые также призваны решать задачу ограничения тока КЗ, заключается в том, что все элементы комплекса с УШР и БСК имеют ряд преимуществ. Основное преимущество в том, что все элементы комплекса и комплекс целиком реально существуют как освоенный продукт серийного промышленного производства, многократно прошли проверку в эксплуатации в течение уже 10 лет в различных районах РФ, включая Сибирь, Приморье и Крайний Север, могут быть заказаны и установлены в течение нескольких месяцев. По ряду элементов комплекса имеются и явные преимущества в технико-экономических параметрах [2 и др.].

До последнего времени было мнение, что УШР имеют органические недостатки — несинусоидальность потребляемого тока и малое быстродействие. Анализ результатов испытаний и успешной эксплуатации реакторов типа РТУ в сетях показал, что ток искажения реактора при номинальной мощности очень мал, в промежуточных режимах (даже без при подключения к реактору LC-фильтра, что практикуется на всех эксплуатируемых УШР) не превышает 3,5%. Важно подчеркнуть, что для эксплуатации имеет значение процентное искажение напряжения сети в точке подсоединения реактора, а вовсе не значение тока искажения реактора (а часто эти совершенно различные величины ошибочно отождествляются). Проценты искажения напряжения определяются далеко не УШР, в существенно большей степени они зависят от характера потребителей сети, от соотношения сопротивлений реактора и сети. Измерения в сети всех УШР показали, что дополнительное искажение напряжения сети (в %) при включении реактора не только много ниже искажения тока реактора (в %), но и вообще ниже уровня чувствительности регистрирующей аппаратуры. При эксплуатации всех УШР не было никаких замечаний относительно несинусоидальности тока реактора в некоторых его режимах.

Следует подчеркнуть, что быстродействие УШР (реактора, включенного параллельно напряжению в точке сети) не влияет на основную функцию рассматриваемой вставки переменного тока и на скорость ограничения тока КЗ. Ведь при КЗ реактор закорачивается (выключается из схемы), а ток КЗ ограничивается как обычно линейным неуправляемым токоограничивающим реактором, включенным в рассечку сети. Быстродействие УШР влияет только на скорость восстановления напряжения после ликвидации КЗ. Однако при этом УШР при внезапном возникновении напряжения практически мгновенно переходит в режим номинальной мощности.

Кроме основной функции рассмотренная вставка переменного тока выполняет роль регулируемого источника реактивной мощности, стабилизирующего напряжение в двух участках сети. А для этой роли быстродействие УШР имеет значение. Для поддержания номинальной мощности УШР и ее набора от режима холостого хода в течение 3-5 с необходима мощность преобразователя всего около 0,15–0,20%. При использовании полной мощности преобразователя (для обеспечения режимов с форсировкой подмагничивания), которая составляет около 1% мощности реактора, время набора или сброса мощности по осциллограмме переходного процесса составляет 0,3 с. Опыт эксплуатации всех УШР показал, что полученных параметров быстро-

действия в режимах стабилизации напряжения вполне достаточно для их нормальной эксплуатации.

Рассматриваемый ограничитель тока КЗ — вставка переменного тока — составлен из электротехнического оборудования, выпускаемого промышленностью. Это относится к конденсаторным батареям и управляемым шунтирующим реакторам, имеющим положительный опыт эксплуатации в отечественной энергетике. Токоограничивающие реакторы 110 кВ и выше у нас пока почти не применяются, однако при необходимости они могут быть до освоения их производства в РФ и СНГ уже сейчас закуплены у зарубежных фирм. Таким образом, нет никаких технических препятствий для немедленного внедрения ограничителей тока КЗ с БСК и УШР.

В настоящее время при необходимости могут быть проведены дополнительные расчетные исследования регулируемых токоограничивающих устройств — вставок переменного тока для конкретных точек их установки в электрических сетях на нескольких специализированных математических моделях — и разработаны технические предложения по их комплектации, установке и наладке. В частности, уже проведенные оценки для кольцевой системы 220 кВ показывают, что затраты на установку комплексов линейных нерегулируемых токоограничивающих реакторов, батарей конденсаторов и УШР в десятки раз меньше затрат, чем по существу единственный в ближайшем будущем практически доступный альтернативный вариант — строительство резервных электростанций.

**Выводы.** 1. В настоящее время целесообразно внедрять в сетях 110–500 кВ (особенно закольцованных) токоограничивающие устройства в виде вставок переменного тока, состоящих из линейного последовательного нерегулируемого токоограничивающего реактора и подключенных к его вводам конденсаторных батарей и управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов. Кроме ограничения тока, возможно плавно регулировать эквивалентную реактивную мощность сети, регулировать и стабилизировать напряжение сети. При отключении источника электрической энергии в одной из частей электрической сети оказывается возможным передача энергии из соседней части сети при сохранении необходимого уровня напряжения за счет компенсации падения напряжения на линейном токоограничивающем реакторе.

2. Рассматриваемый ограничитель тока КЗ — вставка переменного тока — составлен из электротехнического оборудования, выпускаемого промышленностью и имеющего положительный опыт эксплуатации. В настоящее время нет никаких тех-

нических препятствий для внедрения ограничителей тока КЗ с БСК и УШР.

3. Предложенные регулируемые вставки переменного тока приводят к повышению надежности работы электрической сети, так как по существу наряду с выполнением функций ограничения тока КЗ представляют наиболее простое оборудование для освоения технологии управления сетей FACTS.

4. Рассмотренный ограничитель тока короткого замыкания с использованием управляемых подмагничиванием реакторов имеет несомненные преимущества по сравнению с альтернативными вариантами как по возможности их конкретного применения в ближайшей перспективе, так и по затратам на их производство и эксплуатацию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Крючков И.П., Неклепаев Б.Н., Старшинов В.А. и др.** Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: Учебное пос. для вузов/Под ред. И.П. Крючкова и В.А. Старшинова. — М.: Издат. центр «Академия», 2005.
2. **Управляемые подмагничиванием электрические реакторы** (Сб. статей). 2-е доп. изд./Под ред. А.М. Брянцева. — М.: «Знак», 2010.
3. **Брянецв А.М., Долгополов А.Г., Лурье А.И. и др.** Ввод в эксплуатацию управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора мощностью 180 МВА, 500 кВ. — Электротехника, 2006, № 5.
4. **Брянецв 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.
5. **Патент РФ RU (11)2340028.** Способ ограничения тока короткого замыкания в сети. Опубл. 27.11.2008.
6. **Патент РФ №2132581.** Электрический управляемый подмагничиванием трехфазный реактор. — БИ, 1999, № 18.
7. **Патент РФ №2282911.** Электрический реактор с подмагничиванием. — БИ, 2006, № 24.
8. **Патент РФ №2374738.** Токоограничивающее устройство электрической сети. — БИ, 2009, № 33.
9. **Брянецв А.М., Дорофеев В., Зильберман С.М. и др.** Применение управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов на линиях электропередачи высокого и сверхвысокого напряжений. — СИГРЭ (Париж), 2006, доклад В4-307.
10. **Брянецв А.М., Брянецв М.А., Дягилева С.В. и др.** Регулируем источники реактивной мощности с управляемыми подмагничиванием шунтирующими реакторами и батареями конденсаторов. — Электротехника, 2010, № 4.

[26.12.11]

*Авторы: Брянецв Александр Михайлович окончил энергетический факультет Казахского политехнического института в 1973 г. В 1992 г. защитил докторскую диссертацию «Магнитно-вентильные управляемые реакторы с предельным насыщением магнитной цепи» в Московском энергетическом институте (МЭИ). Заместитель директора ОАО «Раменский электротехнический завод (РЭТЗ) Энергия».*

*Лурье Александр Иосифович окончил электромеханический факультет МЭИ в 1958 г. В 1965 г. защитил кандидатскую диссертацию «Исследование и применение математического моделирования магнитных полей рассеяния трансформаторов и реакторов на электропроводящей бумаге» в ВЭИ. Старший научный сотрудник ВЭИ.*

*Смоловик Сергей Владимирович окончил Ленинградский политехнический институт (ныне СПбГПУ) в 1963 г. В 1988 г. защитил докторскую диссертацию «Математические методы моделирования переходных процессов мощных генераторов» в СПбГПУ. Зав. отделением ОАО «НИИ по передаче электроэнергии постоянного тока высокого напряжения».*

\* \* \*

### Уважаемые авторы!

Редакция публикует при каждой статье краткие сведения об авторах. В связи с этим просим вас при направлении статьи в редакцию сообщать:

- полные имена и отчества всех авторов;
- какой факультет, какого вуза и когда закончил;
- когда получил ученую степень, где и по какой тематике (теме) была защита;
- место работы и должность.

Кроме того, напоминаем, что на каждую статью следует представлять краткий (4—5 предложений) реферат на русском и английском языках (включая название), а также ключевые слова.