

КРУ-СТРОЕНИЕ. ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ГЕНЕРАЦИЯ И ПЕРЕДАЧА



КРУ 6(10) «ВОЛГА»



Комплектующие производства «ПО Элтехника»



ОПОРНЫЕ И ПРОХОДНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ



ВАКУУМНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ VF12



ПОЛЮС ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ VF12

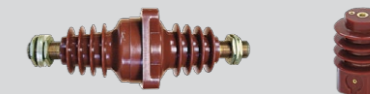
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ПОДСТАНЦИИ



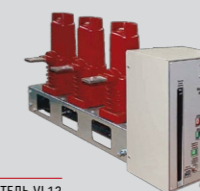
КСО 6(10), 20 «ОНЕГА»



Комплектующие производства «ПО Элтехника»



ОПОРНЫЕ И ПРОХОДНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ



ВАКУУМНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ VL12



ПОЛЮС ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ VL12



ЭЛЕГАЗОВЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ SL12



КОРПУС ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ SL12

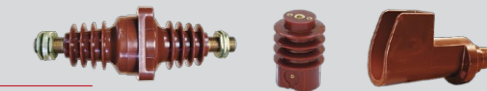
ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ



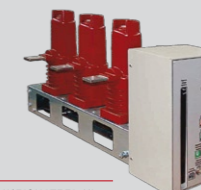
МОНОБЛОК КРУ 6(10) «ОНЕГА-М»



Комплектующие производства «ПО Элтехника»



ОПОРНЫЕ И ПРОХОДНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ



ВАКУУМНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ VL12



ПОЛЮС ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ VL12



ЭЛЕГАЗОВЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ SL12



КОРПУС ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ SL12



Владимир Аргунов,
Генеральный директор ОАО «ПО Элтехника»:

«КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ВОПРОСАМ КРУ-СТРОЕНИЯ ВОЗМОЖЕН ТОЛЬКО С УЧЕТОМ МИРОВОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОПЫТА»

- *Владимир Иннокентьевич, рассказывая о стратегии «ПО Элтехника», Вы упомянули о вертикально интегрированном бизнесе, каждое направление которого имеет автономную структуру развития. Можно ли подробнее узнать о планах в направлении КРУ-строения, тем более что на выставке «Энергетика и электротехника-2010» компания представила несколько новинок в этой линейке продукции?*
- Если говорить о КРУ-строении в общем, то существуют два подхода.

Первый из них – это разработка компоновочных решений, ориентированных на оборудование и комплектующие изделия других производителей. В результате получается универсальное, но не всегда оптимальное решение с точки зрения эксплуатации. Отмечу, что по такому пути следует большинство КРУ-строителей в России.

Второй подход заключается в том, что разработчики КРУ сначала определяют концепцию построения ячейки под конкретные задачи и условия, а уже под функциональное назначение создают аппараты, производят комплектующие либо самостоятельно, либо в кооперации с другими предприятиями.

Как правило, подобная стратегия реализуется глобальными компаниями, но мы готовы показать, что такой подход возможно использовать и в нашей стране.

Для полноценного выполнения поставленной задачи сделано очень много. Сейчас мы обладаем современными технологиями композитного литья, производства элегазовых выключателей и их диагностики, активно сотрудничаем с различными предприятиями как в Европе, так и в Азии.

В качестве примера приведу КРУ «Волга», которое позволяет говорить не только об оптимальном конструкторском решении, но и об экономически эффективном продукте для потребителя.

- *Вопрос экономической эффективности изделия в последнее время стал одним из основных критериев оценки любого продукта. Какие аргументы в пользу новых изделий «ПО Элтехника» Вы можете привести?*

– Наша новая ячейка КРУ «Волга» – результат оптимальных конструкторских решений (уменьшенный габарит по ширине, возможность как одностороннего, так и двухстороннего обслуживания, модульная конструкция ячеек), снижения производственных издержек и освоения современных технологий производства. Это переход от универсальности к функциональной специализации.

Установка собственных коммутационных аппаратов (вакуумных выключателей VF12, заземлителей ЗРФ) и возможность параллельной сборки составных отсеков КРУ «Волга» значительно уменьшают как финансовые, так и временные затраты предприятия. Это, как и производство изделий из эпоксидных смол (компаунда) – проходных и опорных изоляторов, позволило существенно оптимизировать стоимость КРУ «Волга».

В этом году было открыто наше представительство в Китае. Это дало возможность более эффективно решать вопросы промышленного дутсорсинга, организовать изготовление деталей и контролировать качество производства, находясь в непосредственной близости от предприятий-производителей необходимой нам продукции.

Хочется отметить, что потенциал Китая как промышленной державы сложно переоценить. В течение полутора лет мы активно изучали рынок электротехнических изделий и их основных производителей в этой стране. Наши специалисты посетили около сотни компаний в большинстве наиболее развитых провинций Китая. Масштабы увиденного поражают. Огромный внутренний рынок сбыта позволяет производителям иметь самую

низкую себестоимость изделий, активная экспортная деятельность поддерживается государством, стремительно растет качество производимой продукции – таков Китай сегодня.

Мы уверены в том, что строительство производственной площадки в Китае, которое мы завершаем в этом году, – верный шаг в развитии бизнеса.

Результаты нашей работы, проделанной в последнее время, – это стоимость ячейки, которая более чем на 40% меньше среднерыночной для таких устройств, и самый короткий срок изготовления.

- **Всё больше в России находят применение моноблочные конструкции КРУ. И всё чаще именно моноблоки вызывают множество вопросов.**

– Предмет для обсуждения и споров всегда состоял в одном вопросе – что использовать в качестве изоляции КРУ и что использовать в качестве среды дугогашения в аппаратах.

Мировые лидеры применяют различные решения. Такие компании, как Siemens и ABB, в своих моноблочных конструкциях используют элегаз как изоляционную среду и вакуум как дугогасящую. Schneider Electric в моноблоках RM6 использует элегаз как для изоляции, так и для гашения дуги. Безусловно, это оправданный шаг в Европе с уровнем напряжения сети 24 кВ. В России вторичное распределение осуществляется на уровне напряжения 6(10) кВ. Требования к прочности изоляции на данном уровне существенно ниже тех, которые предъявляются к элегазовым моноблокам в Европе.

Наша идея заключается в том, чтобы элегаз и вакуум использовать только как среду для дугогашения, а соответствующие узлы аппаратов располагать в пыле- и влагозащищенном или герметичном корпусе КРУ и за счет постоянства параметров внутренней среды гарантировать стабильность электрической прочности.

При этом мы ориентируемся на самый современный опыт. Например, в Японии на уровнях напряжения 6–36 кВ используется исключительно вакуум как дугогасящая среда, а в Европе подразделение Holec концерна Eaton предлагает в качестве изолирующей среды сухой воздух в сочетании с твердой изоляцией.

Такие тенденции абсолютно предсказуемы: кроме своих положительных свойств оборудование с элегазовой изоляцией не исключает проблем при монтаже КРУ, эксплуатации и утилизации.

Не стоит забывать, что герметичный элегазовый моноблок требует бережного обращения при монтаже и эксплуатации. Нарушение целостности оболочки (где-то стукнули, уронили) не восстанавливается.

Не всё просто и с утилизацией элегазовых моноблоков. Всем известны стандарты ISO в области качества. Но будем внимательными: первая редакция стандарта ISO 9001:1987 еще включала в себя так называемую «петлю качества», когда производитель должен был участвовать практически во всем жизненном цикле изделия, включая и процесс утилизации. В последующих редакциях ISO 9001 об утилизации – ни слова. Все проблемы, получается, ложатся на плечи потребителя. При этом процесс утилизации элегаза достаточно сложен.

Наш подход – минимизировать объем элегаза в оборудовании среднего напряжения и наиболее эффективно использовать его уникальные свойства.

Для этого мы приобрели линию по заполнению выключателей элегазом, контролю герметичности с применением гелия и проведению высоковольтных испытаний, которая не имеет аналогов у российских производителей. Она используется в производстве выключателей нагруз-

ки и разъединителей SL12, применяемых в моноблоке «Онега-М».

Мини-КРУ «Онега-М» построено на базе необслуживаемого пылезащищенного корпуса с твердой изоляцией главных цепей, вакуумными силовыми выключателями и элегазовыми выключателями нагрузки.

Развивая этот продукт, в будущем мы видим его как герметичный моноблок с твердой изоляцией и вакуумными коммутационными аппаратами. В качестве основной изоляционной среды будет использован сухой воздух.

- **Концептуальный подход к вопросам КРУ-строения требует высокого уровня технологий.**

– Только выход производителя на новый уровень знаний и технологий, за рамки «отверточного» производства, позволяет реализовать концептуальный подход к КРУ-строению.

Современным технологиям в настоящее время в нашей компании уделяется особое внимание. Например, мы внедрили технологию производства изделий из компаунда. Не каждый знает, что любая деталь из компаунда – изолятор для КРУ, полюс выключателя и т.д. – по большей части состоит из кварцевого песка. При этом большинство представленных на российском рынке изделий из компаунда – зарубежного производства. Но зачем привозить песок из-за границы, пусть даже в виде готового продукта?

Конечно, чтобы получить хороший компаунд – долговечный изоляционный материал, нужно пройти долгий и серьезный путь. Сейчас мы имеем возможность изготовления деталей из компаунда, качество которых подтверждается не только традиционными высоковольтными испытаниями, но и другими методами, например измерением интенсивности частичных разрядов.

Отмечу еще один момент, касающийся не только технологий. Серьезный подход к разработке оборудования невозможен без мощной испытательной базы. «ПО Элтехника» располагает современным измерительным комплексом и высоковольтным испытательным оборудованием. Например, анализатор характеристик выключателей TM1800 позволяет измерять весь спектр параметров коммутационных аппаратов. А измерение температуры нагрева токоведущих частей и оценка ее влияния на электрические параметры контактных соединений КРУ проводится на стенде тепловых испытаний с уровнем номинальных токов до 4000 А.

В настоящий момент согласован комплект рабочей конструкторской документации и ведется закупка оборудования для стенда синтетической схемы коммутационных испытаний высоковольтных аппаратов. Данная установка позволит проводить коммутационные испытания на уровне номинального напряжения 10 кВ при величине тока короткого замыкания до 40 кА. Аналогичными по функциональности можно считать только установки ведущих испытательных центров России.

Мы основательно подошли не только к развитию технологий и испытательной базы. В 2010 году был открыт завод в Финляндии, который производит компоненты для наших изделий, а также является мощным логистическим центром и нашей отправной точкой для выхода на европейский рынок.

В заключение отмечу, что концептуальный подход к вопросам КРУ-строения возможен только с учетом мирового и отечественного опыта.

Поэтому мы открыты для сотрудничества с разработчиками, испытателями и производителями. Ведь наш общий долг – вернуть российской электротехнике утраченные позиции и дать ход развитию отечественной инженерной мысли.

Вячеслав Тен,
член совета директоров
ОАО «ПО Элтехника»

КРУ 6(10) «ВОЛГА»: ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЙ ПРОДУКТ



Прошло то время, когда производители КРУ конкурировали между собой, ставя во главу угла основные технические характеристики оборудования: номинальный ток, ток термической стойкости, номинальный ток отключения. На современном уровне развития техники и технологии, при имеющейся глубине стандартизации в электротехнике КРУ, представленные на рынке, в целом идентичны по своим техническим параметрам.

В условиях рыночной экономики производители и потребители всё больше внимания уделяют экономическим показателям, среди которых экономическая эффективность наиболее полно отражает затраты на производство и эксплуатацию продукта.

Экономическая эффективность представляет собой суммарный показатель эффективности на разных этапах реализации проекта или жизненного цикла изделия. Так, экономическая эффективность внедрения КРУ определяется снижением возможных расходов и уменьшением издержек в цепочке: разработка проекта электроснабжения, изготовление оборудования, монтаж, пусконаладочные работы, эксплуатация. Соответственно в этом случае эффективность в целом напрямую зависит от снижения изготовителем издержек в процессе производства КРУ, кардинально влияющих на конечную цену этого продукта.

Рассмотрим, каким образом снижаются издержки при производстве КРУ «Волга» в ОАО «ПО Элтехника».

СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ достигается уже на этапе разработки, в процессе которой выбирается конструкция, технология и материалы.

Для КРУ «Волга» выбрана модульная конструкция, состоящая из трех самостоятельных модулей: главных цепей, выкатного элемента и цепей вторичной коммутации. В модуле главных цепей размещен отсек сборных шин и кабельный отсек для подключения кабеля при двухстороннем обслуживании. В модуле выкатного элемента находится отсек выкатного элемента и кабельный отсек для подключения кабеля при одностороннем обслуживании. В модуле цепей вторичной коммутации располагается низковольтное оборудование: блоки релейной и дуговой защиты, контрольно-измерительные приборы и автоматика.

Модульная конструкция позволяет:

- сократить сроки и стоимость изготовления ячейки за счет параллельного запуска модулей в производство на отдельных, независимых друг от друга технологических линиях;
- создавать большое количество модификаций КРУ, комбинируя отдельные унифицированные модули;
- повысить технологичность и качество сборочно-монтажных работ, т.к. при независимой сборке обеспечивается доступ ко всем элементам ячейки;
- изготавливать прочный корпус, выдерживающий большие динамические нагрузки. Ячейка КРУ «Волга» сертифицирована на сейсмостойкость до 9 баллов по шкале MSK-64.

При изготовлении КРУ не производятся сварочные работы. Все соединения несущих элементов конструкции выполняются на усиленных стальных вытяжных заклепках. Модули изготавливаются из стали толщиной 2 мм, покрытой алюмином (AlZn). Для производства металлоконструкции применяется финская сталь, покрытие которой не трескается на сгибах металла и имеет высокую степень антикоррозионной защиты. Все детали металлоконструкции производятся на высокоточном оборудовании с ЧПУ методом холодной штамповки.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ АУТСОРСИНГ как инструмент снижения издержек – чуть ли не единственный путь оптимизации технологического процесса. Доказано, что предприятие с более узкой специализацией достигает большей эффективности производства.

Уменьшение расходов на содержание специального оборудования и компетентного персонала, поддержание требуемого объема материально-производственных запасов позволяют не только компенсировать закупочную стоимость детали у поставщика, но и дают возможность оптимизировать ресурсы для выполнения основной операционной деятельности.

УМЕНЬШЕНИЕ СТОИМОСТИ КОМПЛЕКТУЮЩИХ, составляющей до 70% цены на ячейку, стало возможным за счет реализации ряда инвестиционных проектов:

- разработка и освоение производства вакуумного выключателя фронтального присоединения VF12 (VF12 – новое название серийно выпускаемого коммутационного аппарата ВВФП);
- разработка и освоение производства заземляющего разъединителя ЗРФ;
- разработка и освоение производства изоляторов различного назначения;
- закупка оборудования и внедрение в производство современной технологии высокоточного компаундного литья под давлением.

Ячейки КРУ «Волга» комплектуются коммутационными аппаратами и изоляторами собственного производства: силовыми вакуумными выключателями фронтального присоединения серии VF12, заземляющими разъединителями типа ЗРФ, проходными и опорными изоляторами.

Особенностью выключателя VF12 является использование полюсов из эпоксидного компаунда, конструкция которых исключает попадание внутрь влаги и пыли. Вакуумная дугогасительная камера погружена в эластичный изоляционный материал, чем достигается повышенная прочность изоляции поверхности камеры. Выключатель оснащен пружинно-моторным приводом. Привод может быть взведен вручную или с помощью двигателя с редуктором. Выключатель VF12 можно отключить и включить вручную с помощью кнопок, расположенных на лицевой панели привода, или дистанционно, с помощью отключающих и включающих электромагнитов. Привод выключателя обладает высокой механической надежностью и низким энергопотреблением, а система блокировок гарантирует безопасную работу обслуживающего персонала.

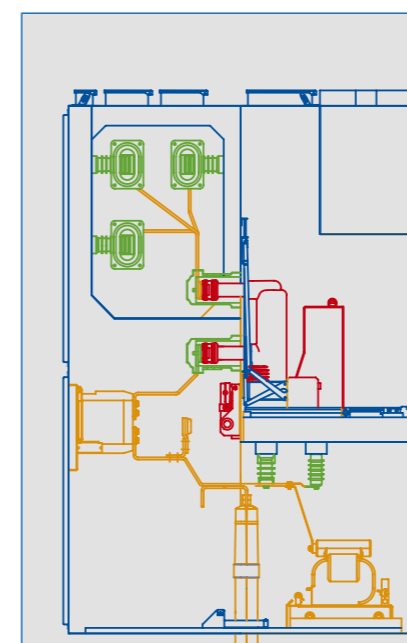
Заземляющий разъединитель ЗРФ обладает включающей способностью на ток короткого замыкания до 31,5 кА. Подвижные контакты ЗРФ могут находиться в двух взаимно перпендикулярных положениях: включен и отключен. Стабильное состояние подвижных контактов в указанных положениях обеспечивают две пружины. Эти же пружины обеспечивают необходимые усилие, скорость и одновременность включения ЗРФ, не зависящие от крутящего момента и скорости вращения вала управления.

Эффективность снижения компанией «Элтехника» издержек производства показана на диаграмме.

Благодаря продуманным конструктивным решениям, современным технологиям и установке в ячейки КРУ «Волга» комплектующих собственного производства, достигаются высокое качество продукта, уменьшение сроков изготовления и цена, объективно отражающая достижения разработчиков.

Диаграмма

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СНИЖЕНИЯ ИЗДЕРЖЕК ПРОИЗВОДСТВА КРУ КОМПАНИЕЙ «ПО ЭЛТЕХНИКА»



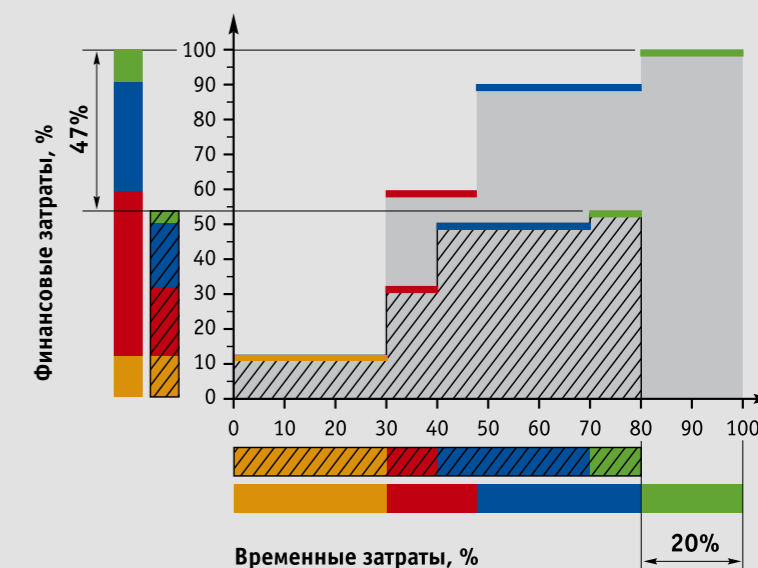
Типовая конструкция ячейки КРУ «Волга»

Затраты на производство КРУ (средние показатели на рынке)

- Шинопровод, измерительное оборудование
- Коммутационные аппараты
- Металлоконструкция
- Изоляторы

Затраты на производство КРУ «Волга» ОАО «ПО Элтехника»

- Шинопровод, измерительное оборудование
- Коммутационные аппараты
- Металлоконструкция
- Изоляторы



Вакуумный выключатель VF12



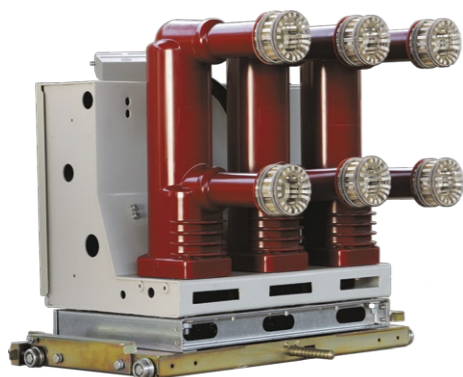
Заземлитель типа ЗРФ



Александр Ломов,
руководитель
научно-технического центра
ОАО «ПО Элтехника»

ВАКУУМНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ VF12: СУММА ТЕХНОЛОГИЙ

Установка вакуумных силовых выключателей в КРУ среднего напряжения – наилучшее решение для защиты присоединений. Однако не все существующие выключатели имеют оптимальную конструкцию. Рассмотрим на примере аппарата VF12 основные решения, которые гарантируют надежную и безопасную работу КРУ.



СТЕПЕНЬ ВАКУУМА

У многих понятие вакуума ассоциируется со средой, находящейся под давлением существенно ниже атмосферного. Это достаточно условное определение. Прежде всего не стоит забывать, что вакуум – это тоже газ, только разреженный. Плотность разреженного газа столь мала, что средняя длина свободного пробега молекул до столкновения друг с другом может быть сравнима с линейными размерами сосуда, в котором газ находится, а при высокой степени вакуума – во много раз больше. Для количественной оценки степени вакуума предложена специальная классификация (рис. 1).

Конструкция вакуумных камер выключателя VF12 обеспечивает высокую степень вакуума, что определяет прекрасные изоляционные свойства камеры, поскольку молекулы газа практически не взаимодействуют друг с другом.

ДИФFUЗНАЯ ДУГА

Эксплуатационные свойства выключателя в первую очередь зависят от состояния контактов. При коммутации аварийных токов, которые могут достигать нескольких десятков тысяч ампер, в вакуумной камере происходят сложные физические процессы.

Электрическая дуга в вакууме существует за счет процесса термоэлектронной эмиссии: при коммутации между контактами образуется токопроводящий мостик, который состоит из паров материала контакта. В дальнейшем, после гашения дуги, частицы металла конденсируются обратно на поверхность контактов, восстанавливая изоляционные свойства камеры. При этом вынос частиц металла с поверхности и термическое действие дуги вызывают эрозию контакта. Ключевым фактором в этом процессе – энергия дуги и способ ее приложения. Если при малых токах (до 10 кА) дуга является диффузной, равномерно распределенной по поверхности контакта, то при более высоких значениях она сосредоточена в одной точке.

Конструкция вакуумных камер выключателей VF12 исключает повышенный износ контактов и их преждевременную эрозию благодаря применению АМФ-системы (рис. 2). Эта контактная система основана на технологии создания аксиального магнитного поля (Axial magnetic field), которое позволяет удерживать дугу равномерно распределенной по поверхности контакта при любой величине отключаемого тока. Таким образом, дуга имеет вид диффузной дуги, сопровождающей коммутацию токов до 10 кА.

НЕРАЗБОРНЫЙ ПОЛЮС

Надежность оборудования определяется не только конструкцией исполнительных механизмов, но и его способностью противостоять внешним факторам. Очевидно, что, чем меньше обслуживания требует устройство, тем выше вероятность его стабильной, безупречной работы.

Полюса выключателя VF12 имеют неразборную конструкцию. Чтобы гарантировать их надежную работу в течение всего срока эксплуатации аппарата, приняты инженерные решения, обеспечивающие электрическую прочность изоляции. Во-первых, исключена возможность пробоя по поверхности вакуумной камеры: ее корпус перед установкой в полюс выключателя дополнительно покрывается специальным силиконом (рис. 3). Высокая степень адгезии данного материала препятствует возникновению поверхностных разрядов.

Во-вторых, для аппарата VF12 принят не самый простой, но наиболее технологичный способ изготовления полюса: сначала вакуумная камера и внутренние детали полюса помещаются в форму, а затем производится отливка корпуса. Таким образом, полюс становится неразборным и приобретает стабильные значения электрической прочности изоляции. Для определения оптимальной рецептуры компаунда и величины контролируемых параметров процесса были использованы не только результаты многократных высоковольтных испытаний, но и результаты измерений частичных разрядов в опытных отливках.

НАДЕЖНОСТЬ ПРИВОДА

Привод выключателя, пружинный или электромагнитный, служит для того, чтобы перемещать подвижный контакт вакуумной камеры на заданное расстояние, то есть включать и отключать аппарат. Было бы легкомысленно полагать, что приводы различных конструкций одинаково справляются с этой задачей. Чтобы правильно оценить выключатель, нужно знать несколько важных моментов о его приводе.

Известно, что при отключении цепи, после погасания электрической дуги между контактами дугогасительной камеры появляется переходное восстанавливающееся напряжение (ПВН), которое является характеристикой сети. Величина ПВН растет и в течение короткого промежутка времени достигает номинального напряжения сети. Для успешного отключения привод должен размыкать контакты с такой скоростью, чтобы в любой момент времени выполнения операции величина ПВН была ниже величины электрической прочности промежутка между контактами. В ином случае возможен его пробой и повторное зажигание дуги.

Включение может происходить при несколько меньшей скорости движения контактов, поскольку в начале процесса ток отсутствует и нет условий для горения дуги. Однако при недостаточной скорости движения контактов во время включения происходит так называемый встречный пробой промежутка между движущимися навстречу друг другу контактами. При этом возникает искровой разряд, вызывающий местную эрозию материала поверхности контактов.

Привод выключателя VF12 (рис. 4) выполняет коммутационные операции с высокой скоростью перемещения подвижных контактов: 0,8–1,0 м/с при включении и 1,2–1,5 м/с при отключении.

Для равномерного использования коммутационного ресурса всех трех полюсов выключателя работа механизмов привода должна быть практически синхронной. При высокой разновременности срабатывания полюсов тот полюс, который отключается первым, изнашивается сильнее, чем остальные.

Привод выключателя VF12 обеспечивает очень низкую разновременность размыкания и замыкания контактов (порядка 0,5–1,0 мс), поэтому коммутационный ресурс полюсов вырабатывается одинаково.

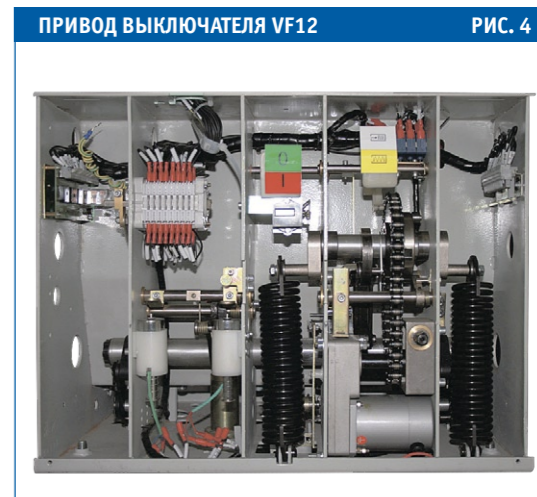
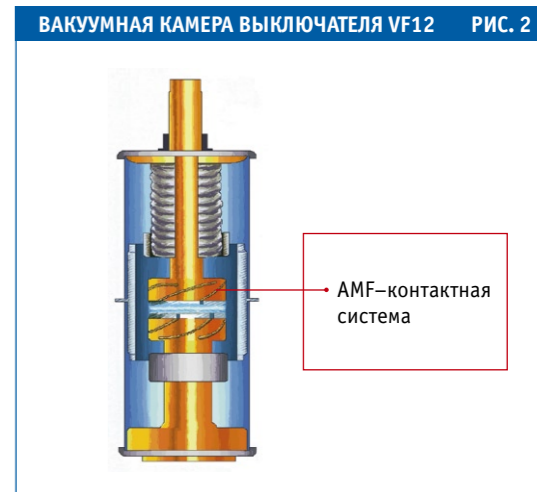
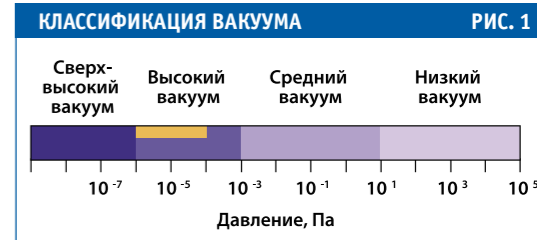
Контактную систему невозможно мгновенно заставить двигаться с необходимой скоростью, однако уменьшение времени разгона напрямую сокращает собственное время отключения, т.к. размыкание контактов необходимо осуществлять уже при установившемся (наибольшем) значении скорости.

Особенность механизма действия привода выключателя VF12 – короткие по времени участки разгона и торможения. Эффективное демпфирование, реализованное в приводе выключателя VF12, позволяет избежать нежелательного дребезга контактов при включении, который приводит к их повышенному износу, а также кратковременного появления высокочастотных гармоник в подключенной цепи, неблагоприятно сказывающихся на работе микропроцессорного оборудования.

В приводе выключателя VF12 обеспечено предварительное поджатие подвижных контактов во включенном состоянии при помощи специальных пружин. Помимо демпфирующей функции, эти пружины гарантируют надежное контактное поджатие, необходимое для поддержания минимального переходного сопротивления электрическому току. При таких условиях обеспечивается минимальное выделение тепла внутри дугогасительных камер при длительном протекании рабочего тока.

Современный вакуумный выключатель – результат работы сотен исследователей и разработчиков, усилия которых позволили эффективно использовать достоинства такой уникальной дугогасящей среды, как вакуум.

Вакуумный силовой выключатель VF12 – высокотехнологичный коммутационный аппарат продуманной и неоднократно испытанной конструкции, поэтому именно он стал базовым для ячеек КРУ «Волга» во всем диапазоне номинальных токов от 630 до 3150 А.



Геннадий Ефимов,
ведущий инженер
научно-технического центра
ОАО «ПО Элтехника»

КРУ 6(10) «ОНЕГА-М»: МОНОБЛОК НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ



Вакуумный выключатель VL12



Элегазовый выключатель SL12



Развитие сетевой инфраструктуры требует оснащения трансформаторных подстанций надежным и недорогим в эксплуатации оборудованием. Поэтому всё большее распространение получают моноблочные КРУ с элегазовой изоляцией. Эти необслуживаемые устройства имеют целый ряд преимуществ по сравнению с РУ на базе классических ячеек КСО. Однако, наряду с явными достоинствами моноблочных элегазовых КРУ, есть существенные ограничения, препятствующие их широкому распространению. Опыт эксплуатации показал, что их наиболее уязвимые качества – это ограниченность схемных решений и возможностей выбора оборудования главных цепей, крайне низкая ремонтпригодность и сложный процесс утилизации.

Кроме того, распространение моноблочных КРУ существенно сдерживает низкая эффективность производства данного класса оборудования в малых и средних электротехнических компаниях. Сложные технологические операции (сварка нержавеющей стали, заполнение элегазом, контроль герметичности и др.) не только требуют специального, довольно дорогого оборудования, но и не позволяют оптимизировать издержки, если выпускается менее 1500 моноблоков в год. Помимо этого, изготовитель вынужден работать с большим количеством поставщиков комплектующих узлов, которые не могут быть выпущены на типовой производственной базе отечественных КРУ-строителей.

Одно из перспективных направлений в развитии электротехники среднего класса напряжения – производство малогабаритных КРУ с комбинированием твердой и воздушной изоляции. Это направление берет начало от моноблочных элегазовых КРУ, однако составляет немалую конкуренцию этим изделиям, поскольку лишено большинства их недостатков.

В 2009 г. компания «ПО Элтехника» начала серийное изготовление малогабаритных КРУ «Онега-М» 6(10) кВ – необслуживаемых распределительных устройств с твердой и воздушной изоляцией главных цепей. «Онега-М» выгодно отличается применением в ее составе вакуумных силовых выключателей VL12 и элегазовых выключателей нагрузки SL12. Эти аппараты имеют более высокий коммутационный ресурс и большую функциональность по сравнению с аналогичными аппаратами, применяемыми в моноблоках, поскольку ими можно оснащать ячейки КСО «Онега», ориентированные на установку в распределительных подстанциях.

Конструкция «Онега-М» не ограничивает возможности функциональной адаптации главной схемы моноблока к требованиям заказчика, что существенно расширяет область применения этого оборудования в распределительных сетях общего и специального назначения.

Высокая ремонтпригодность позволяет наиболее эффективно использовать КРУ «Онега-М» в отдаленных от производителя регионах. В случае аварийной ситуации выключатель, вышедший из строя, подлежит замене, но при этом сохраняет работоспособность оставшаяся часть КРУ, в то время как элегазовые моноблоки не восстанавливаются: при выходе из строя одной из частей они подлежат полной замене.

Компания «ПО Элтехника» заинтересована в расширении географии применения малогабаритного КРУ «Онега-М» и проводит открытую политику в области передачи технологии производства данного оборудования. В лицензионный пакет включено обучение, полный комплект конструкторской и технологической документации, комплект сертификационных и эксплуатационных документов, услуги по запуску изделия в производство.

Широкая известность бренда «ПО Элтехника» на рынке электротехнической продукции, высокий технический и эксплуатационный уровень «Онега-М» гарантируют успешное продвижение малогабаритного КРУ в распределительных сетях 6(10) кВ общего и специального назначения.

ПРЕИМУЩЕСТВА МАЛОГАБАРИТНОГО КРУ «ОНЕГА-М»

ДЛЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Надежность

Необслуживаемое устройство.

Модульная конструкция и отдельно установленные коммутационные аппараты повышают ремонтпригодность.

Коммутационные аппараты обладают повышенным ресурсом и функциональностью.

Устройство релейной защиты обеспечивает отключение выключателя без оперативного тока.

Безопасность

Самый полный набор блокировок, включая использование навесных замков.

Индикация наличия напряжения и возможность фазировки кабеля.

Удобство эксплуатации

Габаритные размеры соответствуют габаритам элегазовых моноблоков.

Гибкость при построении функциональных схем.

Возможна организация кабельного ввода на трансформатор как в верхней, так и в нижней части моноблока.

Мнемосхемы правильного оперирования коммутационными аппаратами исключают ошибки персонала.

Количество элегаза в пять раз меньше, чем в аналогичных элегазовых моноблоках.

ДЛЯ ЛИЦЕНЗИАТА

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

Постановка на производство

Полный комплект конструкторской, сертификационной и эксплуатационной документации.

Отработанная технология производства, полный комплект технологической документации.

Отсутствие специальных технологий, требующих значительных инвестиций.

Техническая поддержка от разработчика на весь период срока действия лицензии.

Производственная логистика

Ограниченная номенклатура комплектующих изделий.

Возможность изготовления основных частей в регионах, не обладающих мощной производственной базой.

Возможность получения большинства комплектующих изделий у одного поставщика.

Сбыт

Конкурентная цена по отношению к аналогичным элегазовым моноблокам.

Известность бренда «ПО Элтехника» на российском рынке.

Отсутствие взаимной конкуренции между правообладателем и лицензиатом.

Функциональная адаптация к требованиям сетей общего и специального назначения.

Возможность получить наибольший эффект от продвижения в своем регионе, в связи с тем что продукт ориентирован на применение в электрических сетях.

Роман Иванов,
руководитель
конструкторско-технологического отдела
ОАО «ПО Элтехника»

ЭЛЕГАЗОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ SL12: ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Компания «ПО Элтехника», выбрав для себя аппаратостроение как наиболее перспективную область развития, направила усилия и инвестиции на освоение ключевых для этого производства технологий и процессов. Так, за прошедшие годы было налажено производство элементов из компаунда, которые применяются в вакуумных и в элегазовых аппаратах. Для организации полного цикла производства элегазовых выключателей компания не только приобрела специальное технологическое оборудование, но и внедрила автоматизированный процесс мониторинга и контроля.



ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРПУСА

Прежде чем цех компаундного литья выпустил первую партию элементов для коммутационных аппаратов, специалисты ОАО «ПО Элтехника» в течение полутора лет изучали опыт отечественных и иностранных производителей.

По завершении подготовительной работы были определены основные этапы освоения технологии производства изделий из компаунда:

- выбор материалов для компаунда и организация контроля их качества;
- выбор оборудования для всех этапов технологического процесса;
- изготовление форм;
- контроль качества готовых изделий.

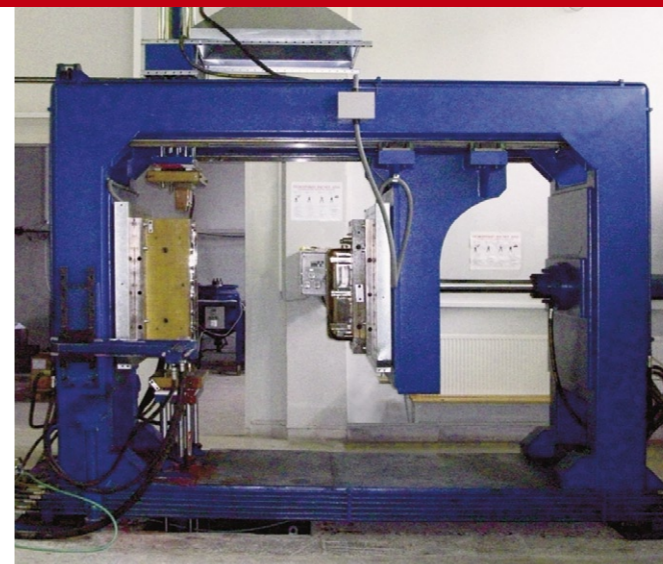
Качество готовых изделий напрямую зависит от выбора и дозировки составляющих компаунда, поскольку точность полученной отливки в свою очередь зависит от усадки материала. В выборе составляющих компаунда участвовали специалисты Санкт-Петербургского государственного технологического университета. Совместно с Лабораторией физики полимеров было проведено большое количество опытов, опробовано более 50 рецептов и определен оптимальный по механической и электрической прочности состав компаунда, а также наилучший технологический режим формовки и полимеризации изделий для применения в высоковольтной аппаратуре. Кроме того, после серии экспериментов была выбрана разделительная жидкость для форм, которая предотвращает адгезию компаундной смеси на стенки формы и сокращает время на подготовку следующей заливки.

При выборе технологического оборудования особое внимание уделялось изучению установок, применяемых в России, Германии, Италии и Китае. В первую очередь предстояло выбрать устройства для подготовки наполнителя компаунда – кварцевой муки. От параметров ее просеивания и степени влажности зависит качество конечного изделия. Если наполнитель, который используется при подготовке компаунда, не обладает нужными характеристиками, то корпус готового изделия будет содержать пустоты, из-за которых возникают внутренние пробой и микротрещины, что существенно сокращает срок эксплуатации изделия и становится причиной его аварийного выхода из строя.

Компаундное производство компании оборудовано также установками для смешивания и дегазации компаунда, кокильными машинами для формовки изделий и полимеризационными печами, в которых компаунд приобретает нужные механические и электрические свойства. Особые требования предъявляются к тем материалам, которые влияют на внешний вид изделий, получаемых после формовки.

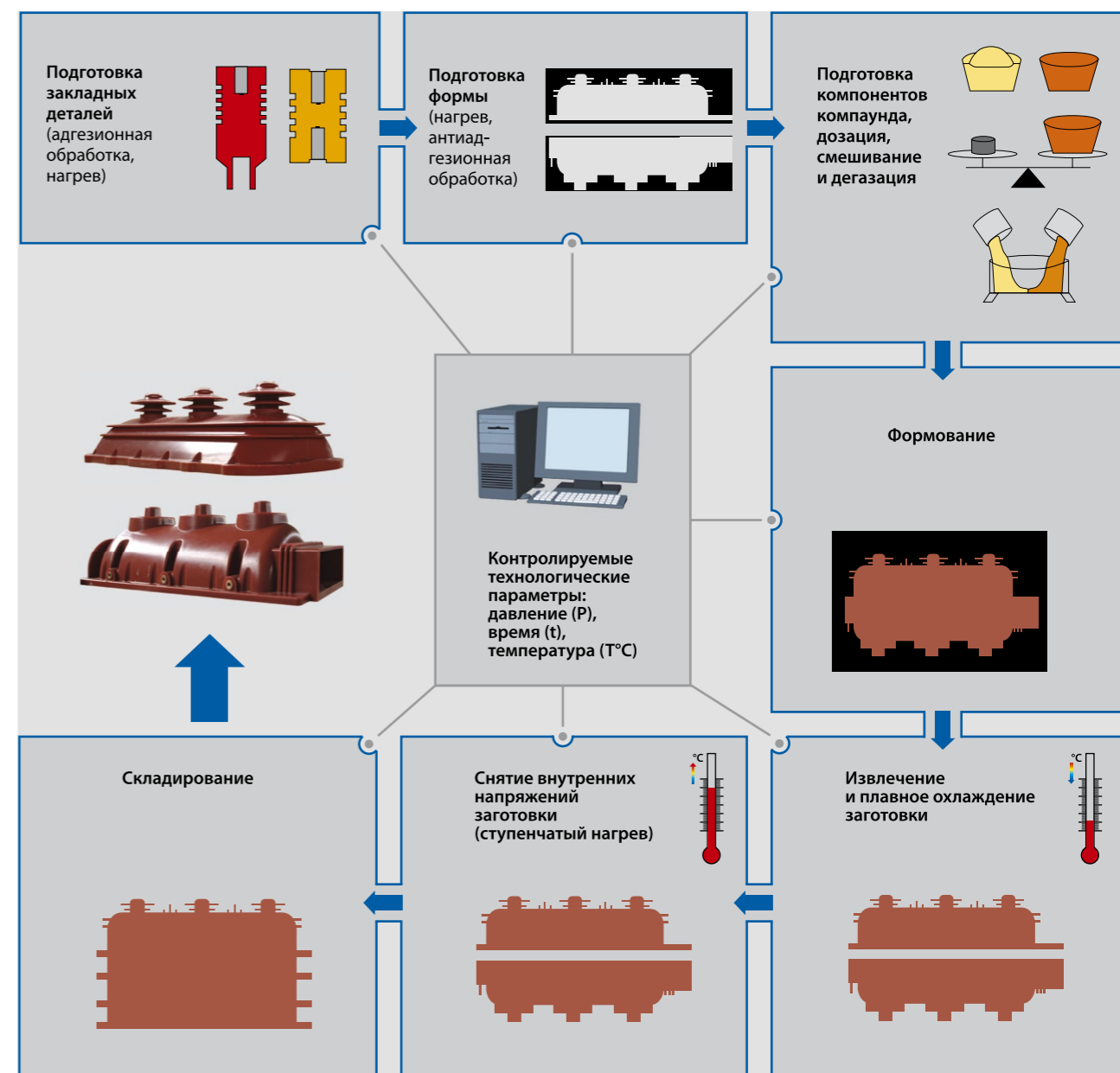
Качество продукции контролируется по методикам, разработанным научно-техническим центром ОАО «ПО Элтехника». Приемосдаточные испытания включают в себя контроль механических характеристик изделия, а также высоковольтные испытания и измерение интенсивности частичных разрядов для наиболее полной оценки электрической прочности.

Открытие цеха по изготовлению деталей из компаунда позволило компании освоить производство не только корпусов SL12, но и полюсов вакуумных выключателей и высоковольтных изоляторов для комплектации КРУ и КСО собственного производства (рис. 1).



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕПОЧКА ПРОИЗВОДСТВА КОРПУСОВ SL12 ИЗ КОМПАУНДА

РИС. 1



ТЕХНОЛОГИЯ

**СБОРКА И ИСПЫТАНИЯ**

Элегазовый выключатель SL12 – высокотехнологичный продукт, серийный выпуск которого был бы невозможен без должного уровня организации производственного процесса. Оптимизация издержек производства в свою очередь предполагает развитие технологии от уровня пооперационной сборки до автоматизированного контроля этапов изготовления и формирования единой базы данных о каждом изделии.

Технологическая цепочка сборки элегазовых выключателей SL12 включает в себя следующие этапы (рис. 2):

- установка подвижного вала и сборка контактной группы;
- сборка корпуса аппарата;
- контроль электрических параметров главной цепи;
- проверка герметичности корпуса и заполнение элегазом;
- контроль электрической прочности изоляции;
- установка привода коммутационного аппарата;
- проведение приемосдаточных испытаний аппарата.

На всех этапах изделие проходит контроль качества, что позволяет обеспечить высокие эксплуатационные параметры.

На этапе сборки корпуса выключателя качество контактных поверхностей проверяется с помощью замеров переходного сопротивления на постоянном токе силой не менее 100 А.

Герметичность корпусов коммутационных аппаратов проверяется с помощью гелия. Молекулы гелия значительно меньше молекул элегаза, поэтому отсутствие утечки гелия, подтверждаемое спектральным анализом на специальной испытательной установке, гарантирует отсутствие скрытых дефектов в закладных элементах, деталях корпуса, а также по периметру сопрягаемых поверхностей. Таким образом подтверждается, что утечка элегаза не превысит допустимых значений в течение 30 лет – всего периода эксплуатации.

Всеми технологическими процессами испытаний (создание вакуума, заполнение гелием, спектральный анализ, откачка гелия и заполнение элегазом) управляет цифровое программное устройство (ЦПУ). Благодаря этому существенно снижаются затраты времени и численность персонала: полный производственный цикл на линии сборки выключателей SL12 обслуживают два высококвалифицированных специалиста, прошедшие специальную теоретическую и практическую подготовку.

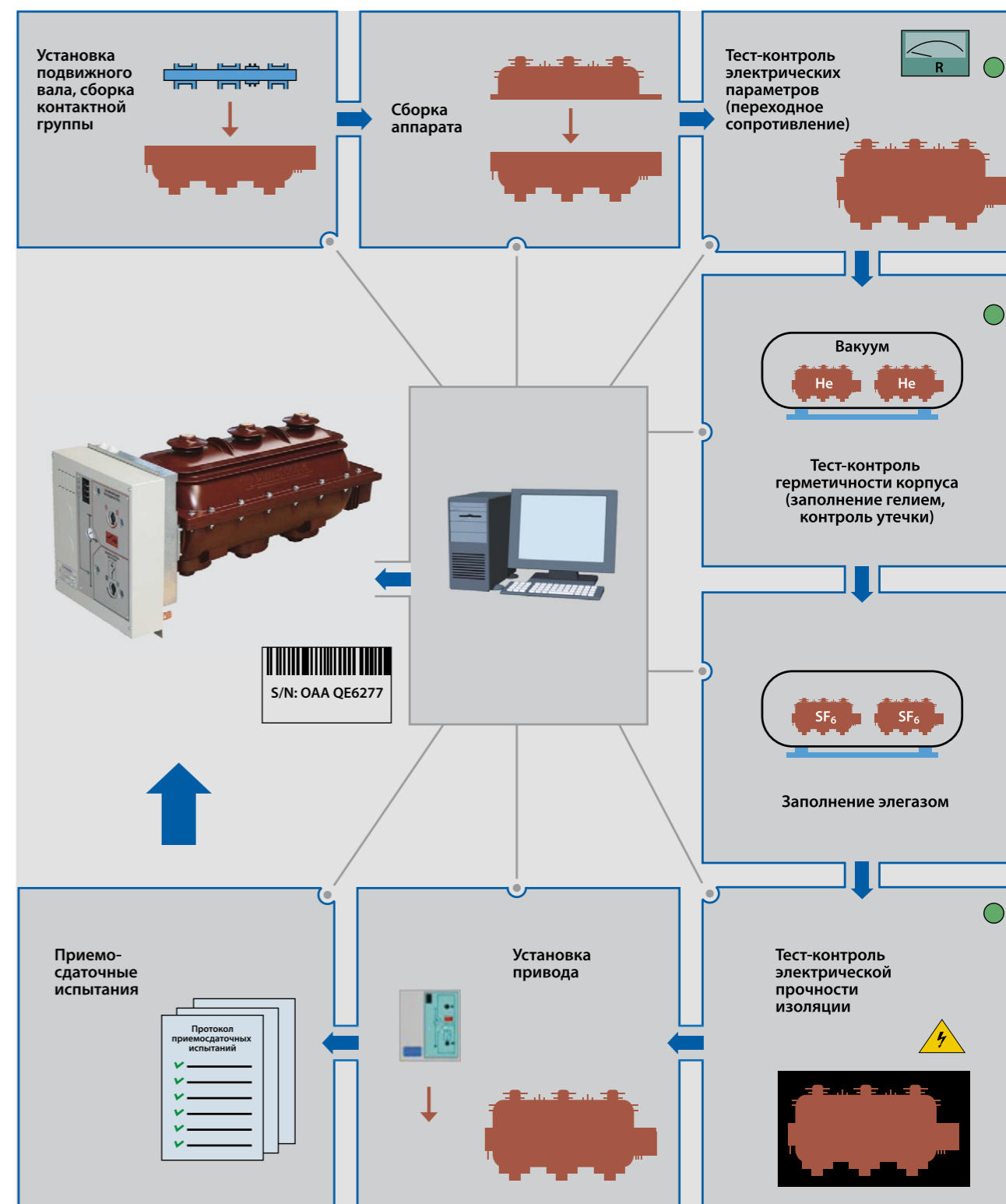
После заполнения корпуса элегазом аппарат проходит на высоковольтной испытательной установке тест-контроль электрической прочности изоляции. На заключительном этапе сборки элегазовых выключателей выполняются приемосдаточные испытания, в ходе которых проверяется механическая работоспособность аппарата.

Все операции сборки коммутационных аппаратов фиксируются автоматизированной системой контроля, присваивающей каждому изделию индивидуальный идентификационный номер, по которому доступна вся информация об аппарате, хранящаяся в единой базе данных: дата изготовления, результаты испытаний, ответственные исполнители на каждом этапе сборки.

ТЕХНОЛОГИЯ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕПОЧКА СБОРКИ ЭЛЕГАЗОВЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ SL12

РИС. 2



Элегазовый выключатель SL12 – современный продукт, благодаря которому распределительные устройства будут надежно работать в течение нескольких десятилетий.



ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ 0,4–6(10), 20 кВ