

## Второе рождение

В 1896 г. на окраине села Всехсвятское (ныне район станции метро “Сокол” в Москве) был построен небольшой деревянный завод, начавший выпуск фарфоровых изоляторов к телеграфным и телефонным проводам. В начале XX в., в годы выполнения страной плана ГОЭЛРО завод освоил производство фарфоровых изоляторов для линий электропередачи высокого напряжения – это и стало главным направлением деятельности предприятия. Бурное развитие электроэнергетики в СССР поставило перед заводом “Изолятор” новые задачи – выпуск высоковольтных вводов (проходных изоляторов) на напряжения 35, 110, 220, 330, 500, 750 и 1150 кВ с бумажно-масляной, твердой и элегазовой внутренней изоляцией для трансформаторов и реакторов, высоковольтных выключателей и линейных вводов. Предприятие успешно справлялось с этим: продукция завода “Изолятор” была широко известна в нашей стране и за ее пределами. В 80-х годах прошлого столетия завод был практически монополистом в СССР и экспортировал продукцию в 26 стран!

Рыночные отношения коренным образом изменили жизнь почти 100-летнего предприятия. В 1992 г. завод “Изолятор” стал акционерным обществом и вступил в жестокую борьбу за рынки сбыта с конкурентами – мировыми лидерами в области производства высоковольтных вводов. Борьба была сложной, но она многому научила руководство и специалистов завода, помогла по-новому взглянуть на ситуацию и сделать правильные выводы.

О сегодняшнем дне предприятия и перспективах на будущее рассказывает генеральный директор ЗАО “Мосизолятор”, доктор технических наук **А. З. Славинский**.

Современный мировой рынок электротехнического оборудования предъявляет к высоковольтным вводам и их производителям целый ряд требований, выполнение которых, в конечном счете, гарантирует потребителю высокое качество и удобство эксплуатации приобретаемого оборудования.

В последнее десятилетие нами был разработан и реализован комплекс мер, направленных на учет этих требований и тем самым – на повышение конкурентоспособности нашей продукции.

Во-первых, в 2000 г. на нашем предприятии была внедрена в действие международная система менеджмента качества EN ISO 9001, а в 2003 г. – система менеджмента качества и управления окружающей средой EN ISO 14001.

Во-вторых, была принята программа технического развития и перевооружения предприятия, в которой определены три генеральные линии:



**А. З. Славинский**

разработка и скорейшее внедрение в производство высоковольтных вводов принципиально новых конструкций;

техническая кооперация с ведущими западными фирмами;

строительство нового завода, оснащенного самым современным технологическим оборудованием.

**Собственные разработки.** Ассортимент выпускаемых заводом высоковольтных вводов достаточно велик, поэтому имеет смысл разделить его по видам внутренней изоляции.

**Твердая изоляция мина “RIP” (Resin Impregnated Paper).** Наиболее полное решение проблем, возникающих при эксплуатации высоковольтных вводов, дает использование твердой RIP-изоляции, с применением которой отпадает необходимость в нижней фарфоровой крышке, появляется возможность замены верхней фарфоровой крышки защитной оболочкой с ребрами из кремнийорганической резины. В результате этого значительно (в 2 – 3 раза) снижается масса ввода, уменьшаются его радиальные размеры, отпадают проблемы герметизации конструкции; отсутствие масла делает ввод взрыво- и пожаробезопасным. Таким образом, в настоящее время наиболее совершенной и перспективной для высоковольтных вводов на все классы напряжения является RIP-изоляция.

ЗАО “Мосизолятор” в 2002 – 2004 гг. разработана собственная уникальная технология промышленного производства RIP-изоляции. На стадии разработки технологии решен ряд сложных научно-технических задач. Был подобран конкретный химический состав пропиточного компаунда, т.е. выбраны марки и соотношения основных компонентов – эпоксидной



Рис. 1. Высоковольтные вводы 110 кВ с внутренней RIP-изоляцией на трансформаторе мощностью 63 МВ·А

смола, отвердителя, модификатора и катализатора. Определены оптимальные соотношения “бумага – компаунд”, режимы и параметры выполнения главных технологических операций: плотность намотки изоляционной бумаги, скорость подачи компаунда, температура, уровень вакуума, избыточное давление. Получены 10 патентов на изобретения и полезные модели по конструкции изоляционных остовов, вводов, установок для изготовления остовов из бумажной изоляции, пропитанной смолой. Выработаны технические требования к установкам для промышленного производства. Разработано, изготовлено и отлажено необходимое технологическое оборудование и оснастка. Установка для подготовки компаунда спроектирована и изготовлена по техническим требованиям ЗАО “Мосизолятор” одной из ведущих западных фирм по производству установок для смолотитья под вакуумом для предприятий электротехнической промышленности.

Исследованы электрические, теплофизические и механические свойства RIP-изоляции. На основании ресурсных испытаний выбраны допустимые значения рабочих напряженностей в RIP-изоляции и разработаны методики (нормы) контрольных испытаний. С помощью специальных моделирующих программ, в том числе разработанных ЗАО “Мосизолятор”, были произведены компьютерные расчеты электрической и механической прочности с учетом электродинамических усилий и сейсмического воздействия, расчеты термической стойкости к токам короткого замыкания вводов с RIP-изоляцией. Кроме того, на натурных образцах на напряжение 110 кВ проведены комплексные испытания на надежность.

Для предотвращения возможных деформаций и растрескивания в состав компаунда были введены в экспериментально определенной пропорции модификаторы. При изготовлении изоляционных остовов на напряжение 220 кВ и выше могут использоваться эластичные материалы в качестве демпфирующего слоя между центральной трубой и изоляционной бумагой. Полученные результаты позволяют сделать заключение, что именно подбор состава компаунда и тщательный контроль за соблюдением технологиче-



Рис. 2. Высоковольтные вводы 220 кВ с внутренней RIP-изоляцией на трансформаторе мощностью 200 МВ·А

ских режимов, отработанных как расчетным, так и экспериментальным путем, являются гарантией надежности высоковольтных вводов с RIP-изоляцией, изготовленных ЗАО “Мосизолятор”, в течение всего срока эксплуатации.

ЗАО “Мосизолятор” в 2002 – 2005 гг. были проведены ОКР по разработке принципиально новых конструкций высоковольтных вводов с RIP-изоляцией с использованием САПР. Разработана серия вводов для трансформаторов на напряжение 110 – 220 кВ и токи 630, 800, 1000 и 2000 А с внутренней RIP-изоляцией и двумя вариантами внешней изоляции: с фарфоровой крышкой и полимерной изоляцией.

*Полимерная внешняя изоляция* вводов изготовлена из кремнийорганической композиции типа RTV-2, соединенной воедино с изоляционным остовом путем непосредственной полимеризации. Разработаны высоковольтный ввод для выключателей и линейный ввод на напряжение 110 кВ и ток 2000 А с внутренней RIP-изоляцией и полимерной внешней изоляцией. Трансформаторное масло во вводах с полимерной внешней изоляцией отсутствует.

Серия вводов для трансформаторов на напряжение 220 кВ с внутренней RIP-изоляцией и внешней фарфоровой или полимерной изоляцией, а также с компенсацией температурного изменения объема масла газовой подушкой разработана взамен вводов со встроенными компенсаторами давления в виде сильфонов, созданных в конце 80-х – начале 90-х годов XX в. Также разработаны вводы на напряжение 150 кВ с внутренней RIP и фарфоровой внешней изоляцией.

По сравнению с вводами с бумажно-масляной и твердой RBP-изоляцией (*Resin Bounded Paper*) новые вводы имеют следующие преимущества:

- снижена масса вводов по сравнению с прототипами (в 1,5 – 2 раза при применении фарфоровых крышек и в 2,5 – 3 раза при применении полимерной внешней изоляции);

- снижен с 250 пКл (RBP-изоляция) до 10 пКл уровень частичных разрядов и, как следствие, увеличен нормативный срок службы вводов с 25 до 30 лет;

снижено потенциально опасное воздействие на окружающую среду за счет уменьшения массы трансформаторного масла внутри вводов в 2 – 6 раз (в зависимости от типа ввода), а также исключено в эксплуатации вытекание масла из самого силового трансформатора (содержащего его десятки тонн) через поврежденный ввод и возгорание;

значительно снижены суммарные издержки в эксплуатации, как следствие снижения затрат на обслуживание и ликвидацию последствий от аварий.

Кроме того, вводы с полимерной внешней изоляцией имеют высокую грязестойкость и гидрофобность, взрыво- и пожаробезопасны, стойки к умышленным повреждениям, высокотехнологичны в изготовлении и являются экологически чистыми изделиями.

Образцы установочных серий указанных вводов прошли квалификационные (приемочные) испытания в объеме, по методике и в условиях, соответствующих требованиям международных и национальных стандартов, и выдержали их в полном объеме.

Совместно с Московским энергетическим институтом (Техническим университетом) проведены исследования по определению значений напряженности электрического поля во внутренней изоляции, при которых с заданной вероятностью обеспечивается требуемый срок ее службы. Также проведены измерения частичных разрядов на образцах RIP-изоляции.

В климатической камере ГУП “Всероссийский электротехнический институт им. В. И. Ленина” проведены циклические испытания на температурное воздействие в диапазонах  $-60 \div +50^\circ\text{C}$  и  $-30 \div +90^\circ\text{C}$ . До и после термоциклов проводились измерения уровня частичных разрядов, импульсные испытания и испытания длительным воздействием напряжения промышленной частоты, до трех раз превышающим фазное. Кроме того, вводы с полимерной внешней изоляцией были подвергнуты всем возможным испытаниям по определению трекинг-эрозионной стойкости, гидрофобности, влагонепроницаемости, электрическим испытаниям границы раздела срезанным грозовым импульсом и другим испытаниям.

Решениями межведомственных комиссий, в состав которых вошли представители ОАО “ФСК ЕЭС”, ОАО “Электросетьсервис”, ОАО “ВНИИЭ”, ГУП “ВЭИ им. В. И. Ленина”, ОАО “НИЦ ВВА”, ОАО “Мосэнерго”, ОАО “ЗТЗ”, ОАО “Тольяттинский трансформатор”, образцы вводов признаны выдержавшими испытания.

Все вводы получили сертификаты соответствия требованиям ГОСТ 10693-81 и публикации МЭК 60137:2003 в органе по сертификации средств информатизации, приборостроения, медицинской техники и электрооборудования – Всероссийском научно-исследовательском институте стандартизации и сертификации в машиностроении. Сертификационные испытания проведены в аккредитованном Испытательном центре высоковольтного оборудования Энергетического института им. Г. М. Кржижановского (ЭНИН).



**Рис. 3. Высоковольтный ввод 220 кВ с внутренней RIP и внешней полимерной изоляцией на испытаниях**

В 2004 – 2005 гг. наш завод освоил серийное производство высоковольтных вводов с RIP-изоляцией на классы напряжения 110 – 220 кВ. На заводе создан современный участок по производству изоляционных остовов с RIP-изоляцией с первоклассным технологическим оборудованием и уникальными передовыми технологиями. Это позволило выпустить в 2004 – 2005 гг. 1820 вводов с RIP-изоляцией. В 2006 г. планируется выпуск уже 3250 вводов. В общем объеме выпускаемой заводом продукции вводы с RIP-изоляцией по количеству составили: в 2004 г. – 2%, в 2005 г. – 32%, а в 2006 г. (запланировано) – 56%.

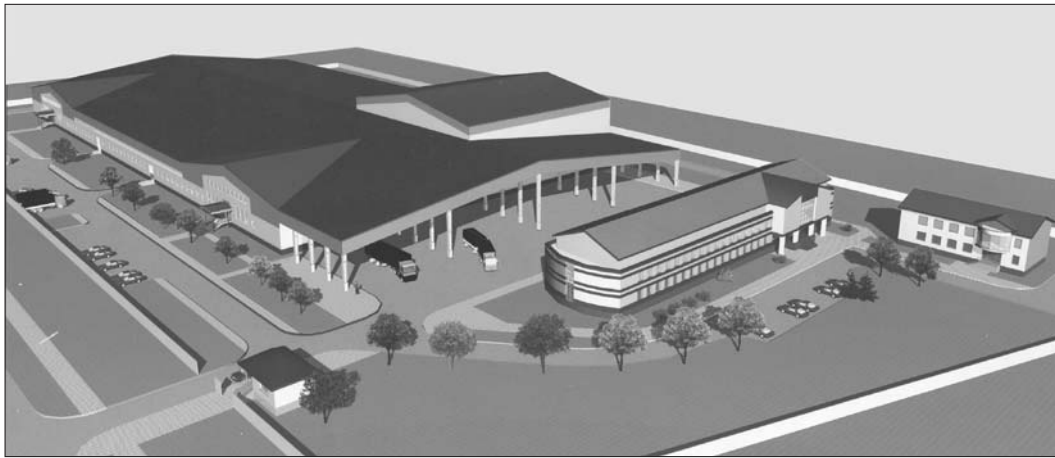
Разработка и постановка на серийное производство высоковольтных вводов с RIP-изоляцией осуществлены ЗАО “Мосизолятор” целиком за счет собственных средств.

На выставке “Электрические сети России”, проходившей во Всероссийском выставочном центре (ВВЦ) в 2004 и 2005 гг., трансформаторным вводам с внутренней RIP и полимерной внешней изоляцией на классы напряжения 110 и 220 кВ присуждены II места в номинации “Электротехническое высоковольтное оборудование подстанций” с вручением дипломов и серебряных медалей ВВЦ.

Материалы по разработке и запуску в серийное производство типового ряда вводов с RIP-изоляцией представлены в Межведомственный совет по присуждению премий Правительства России в области науки и техники.

В числе первоочередных задач стоят разработка и собственное производство вводов с RIP-изоляцией на напряжение 330 и 500 кВ.

**Вводы с бумажно-масляной изоляцией.** С 2002 г. завод перешел на выпуск вводов с бумажно-масляной изоляцией на напряжение 220 – 750 кВ для трансформаторов и масляных выключателей с измененной конструкцией компенсатора температурного расширения масла – вместо сифонного узла испо-



**Рис. 4. Новый производственный комплекс по выпуску высоковольтных вводов (проект)**

льзуется газовая подушка. В верхней части вводов имеется корпус, заполненный газом, объем которого составляет примерно 10% объема масла во вводе. Для визуального контроля уровня масла служит маслоуказатель из боросиликатного стекла, расположенный в верхней части ввода. При этом благодаря свойству стекла не пропускать ультрафиолетовые лучи старения масла не происходит.

Среди всех производителей высоковольтных вводов только четыре фирмы в мире, включая наше предприятие, изготавливают вводы на сверхвысокие классы напряжения. В настоящее время заводом серийно выпускаются вводы для трансформаторов и реакторов на напряжение 750 и 1150 кВ.

В классе напряжения 750 кВ мы полностью отказались от выносных баков давления – компенсация температурного расширения масла осуществляется газовой подушкой с визуальным контролем уровня масла или встроенным сифонным компенсатором. Аналогичной модернизации будут подвергнуты все вводы, в том числе и на напряжение 1150 кВ.

**Техническая кооперация.** В 2002 г. ЗАО “Мосизолятор” и фирма “HSP” (ФРГ, г. Кельн) заключили соглашение о техническом и коммерческом сотрудничестве, в соответствии с которым на наш завод поставляются изоляционные остова с RIP-изоляция, служащие основой для сборки вводов на напряжение 330 и 500 кВ. Кроме того, ЗАО “Мосизолятор” является эксклюзивным представителем фирмы “HSP” на территории России, СНГ и стран Балтии – наряду с собственной продукцией нашего завода мы предлагаем потребителям высоковольтные вводы с бумажно-масляной, твердой и элегазовой изоляцией производства фирмы “HSP”.

Высоковольтные вводы фирмы “HSP”, предлагаемые для российского рынка, полностью соответствуют по установочным и присоединительным размерам вводам, выпускаемым ЗАО “Мосизолятор”. Работы по адаптации вводов “HSP” были выполнены конструкторскими подразделениями обоих предприятий, что гарантирует их взаимозаменяемость с вводами нашего производства.

У фирмы “Passoni&Villa” (Италия, г. Милан) мы приобретаем изоляционные остова для сборки вводов на напряжение 110 кВ для масляных выключателей.

**Развитие производства.** В настоящее время ЗАО “Мосизолятор” в ближнем Подмосковье ведет строительство нового предприятия по производству высоковольтных вводов с ориентировочным сроком сдачи в эксплуатацию в 2007 – 2008 гг.

Завод будет оснащен самыми современными технологическими линиями, позволяющими наладить массовый выпуск вводов с различными видами изоляции, включая внешнюю изоляцию из кремнийорганических композиций. Мощность производственного комплекса составит 7400 вводов в год, из них 670 – на напряжение 220 – 1150 кВ.

Ввод в строй нового производственного комплекса позволит нам встать в один ряд с ведущими мировыми производителями высоковольтных вводов.

Кроме того, в рамках диверсификации производства планируется выпуск ограничителей перенапряжения, измерительных трансформаторов тока и напряжения, высоковольтных разрядников, кабельных муфт на различные классы напряжения.

В заключение, выражаю благодарность многочисленным потребителям нашей продукции, поставщикам, научным организациям, а также зарубежным партнерам-коллегам (конкурентам). Ведь наши успехи последнего десятилетия не были бы возможны без вашей доброй воли к открытому и долгосрочному сотрудничеству, вашего опыта, инициативы и понимания.

Особое слово – о ветеранах предприятия. Отдав заводу многие годы жизни, они и сегодня без остатка вкладывают свою энергию и опыт в масштабные преобразования предприятия, а ведь порой это так нелегко. Это люди высокой трудовой чести!

Благодарю всех сотрудников ЗАО “Мосизолятор”, чьими руками, знаниями и неравнодушием построено настоящее предприятие и возводится надежная основа для будущего. В конечном счете то, на что может решиться руководитель, определяется трудовым потенциалом коллектива, квалификацией и способностями сотрудников. Могу заявить без преувеличения: наш коллектив может все!