

# ПО «ФОРЭНЕРГО»: импортозамещение и инновации по-настоящему

Уже более 25 лет остается неизменным кредо ПО «ФОРЭНЕРГО» — «Только передовые решения для самых современных ВЛ». Предприятия Объединения постоянно и эффективно занимаются разработкой и освоением в серийном производстве инновационных изделий (зарегистрировано более 150 патентов РФ), имеют огромный опыт реального импортозамещения широкой номенклатуры линейной арматуры, устройств птицевезащиты, изоляторов и ограничителей перенапряжения для линий электропередачи и подстанций всех классов напряжения. Продукция российского производителя успешно эксплуатируется на всех крупнейших отечественных электросетевых объектах, а также в 30 странах мира.

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ

**П**роизводственное Объединение «ФОРЭНЕРГО» является крупнейшей отечественной компанией арматурно-изоляторной подотрасли промышленности страны. Сегодня в состав Объединения входит более 20 предприятий. Выручка в 2023 году составила более 15 миллиардов рублей, ассортимент продукции — более 14 000 позиций. Предприятия расположены в 5 регионах: Москве, Челябинской, Свердловской, Нижегородской областях и Пермском крае. Численность персонала — более 1770 сотрудников. Вся серийно выпускаемая продукция аттестована на соответствие техническим требованиям ПАО «Россети». Производство продукции заводов ПО «ФОРЭНЕРГО» полностью локализовано в России, не имеет критической зависимости от применения импортных материалов и комплектующих, что в сегодняшней ситуации санкционной политики, которая проводится в отношении нашего государства, является важным фактором.

В классе напряжения 0,4–35 кВ предприятиями Объединения произведено полное импортозамещение линейной арматуры, изоляторов для ВЛ с проводами СИП-3, СИП-2 и СИП-4. В 2013 году линейная арматура для проводов СИП 0,4 кВ производства «МЗВА» была первой в России аттестована в ПАО «Россети». Накоплен большой опыт экс-

плуатации арматуры для ВЛИ 0,4 кВ и ВЛЗ 6–35 кВ с СИП, сформировано понимание, какими должны быть современные линии электропередачи в этом классе напряжения. В данной статье освещены некоторые важные, с нашей точки зрения, вопросы проектирования и эксплуатации таких линий.

## ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ УСТРОЙСТВ ГРОЗОЗАЩИТЫ

Линии 6–20 кВ с проводами СИП-3 обычно экранированы от прямых ударов молнии, однако они подвержены воздействию индуктивных перенапряжений, которые вызывают удары молнии в деревья или в сооружения, расположенные в непосредственной близости от линий электропередачи. Отсутствие защиты приводит к перегоранию проводов высоковольтной дугой при перекрытии изоляторов. При однофазном перекрытии линия не отключается, и после перекрытия изолятора дуга продолжает гореть под воздействием тока и напряжения промышленной частоты. Длительное воздействие дуги в одной точке на провод приводит к его перегоранию. Происходит это потому, что дуга не может перемещаться по проводу под воздействием электромагнитных сил — этому препятствует изоляция провода. В лаборатории завода

## Основные производственные предприятия ПО «Форэнерго»



«ЮМЭК» производилось моделирование процесса перекрытия изоляторов под воздействием индуктированных перенапряжений. Было отмечено, что, несмотря на то что в районе установки проводов на изоляторы применяются спиральные вязки, они не экранируют провода от воздействия высоковольтной дуги. Важно отметить, что, когда происходит перекрытие изолятора, дуга загорается сразу в двух местах: от штыря до спиральной вязки и на ее конце. Вот именно в этом месте происходит повреждение провода (рисунок 1).

Следует отметить, что иногда дуга может приводить к не полному пережогу провода, а только к его повреждению. Летом оставшейся механической прочности провода еще достаточно для работы линии, а обрывается он зимой, когда происходит нарастание гололеда и повышение ветровых нагрузок. Возникают опасные ситуации, приводящие к попаданию людей под шаговое напряжение, поэтому безусловно необходимо устанавливать современные устройства грозозащиты для таких линий электропередачи.

Чем же защищать? Для эффективной защиты таких линий от перенапряжения в России уже более 10 лет, а в мире более 30 лет, применяются УЗПН — специальные устройства защиты от перенапряжения (рисунок 2). Главным достоинством этих устройств является возможность эффективной защиты проводов СИП-3 от перенапряжений без отклю-

чения ВЛ. В основе конструкции устройства — ОПН, подключаемые к защищаемым от перекрытий изоляторам через искровой промежуток. Дополнительным достоинством УЗПН является то, что один из его электродов конструктивно адаптирован для возможности присоединения переносных штанг заземления. Соответственно, имеется возможность уста-

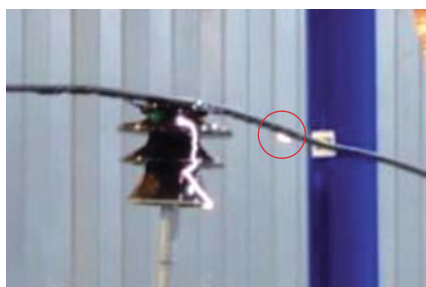


Рис. 1. Моделирование процессов перекрытия изоляторов под воздействием индуктированных напряжений (качество фотографий ограничено возможностью сканкопии протоколов испытаний)



Рис. 2. Применение УЗПН



Рис. 3. Воздействие грозового импульса: а) на провод СИП-3 линии 10 кВ с установленным на опоре УЗПН-10-ОЛ; б) пробой искрового промежутка УЗПН-10-ОЛ (качество фотографий ограничено возможностью сканкопии протоколов испытаний)

новить штанги заземления ВЛЗ без установки дополнительных устройств и безопасно проводить техническое обслуживание или ремонтные работы на ВЛЗ.

Зоной защиты каждого устройства является тот изолятор, на котором он установлен, и два соседних изолятора на этой фазе. Устройства могут устанавливаться в шахматном порядке или по три штуки на одной опоре с пропуском двух опор. Конечно, перед тем, как внедрять эти устройства, было проведено много различных испытаний, в том числе на защитную способность, которые производились при воздействии грозовых импульсов с амплитудой напряжения 2–2,5 МВ. На рисунке 3 можно видеть, как стримеры воздействовали на провод, но перекрытие защищаемого изоля-

тора не фиксировалось ни разу. Происходило штатное срабатывание устройств, загоралась дуга в искровом промежутке, которую гасил ОПН.

### ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ШТЫРЕВЫХ СТЕКЛЯННЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Главный недостаток штыревых фарфоровых изоляторов хорошо известен — стремительное старение под воздействием климатических факторов. Такие изоляторы уязвимы из-за наличия неглазурованных поверхностей на корпусе изолятора, через которые он активно поглощает влагу. В зимний период влага замерзает и тем самым расширяет пористость материала, снижая его электрическую

прочность на пробой. Также затруднена диагностика поврежденных изоляторов, которые получили сквозной пробой. Альтернатива — применение новых современных штыревых изоляторов из закаленного стекла. Сравнительная таблица преимуществ таких изоляторов представлена на рисунке 4.

Важно не путать такие изоляторы с изоляторами из отожженного стекла, которые получили массовое внедрение в 60–70-х годах при строительстве линий электропередачи и, по сути, изготавливаются по технологии производства бутылочной тары с соответствующим уровнем надежности. Их основной недостаток — низкая термическая стойкость, то есть они зачастую получают трещины под воздействием быстро набегавшего ливневого фронта, ко-

Один ГОСТ	
	
Высокая надежность, отсутствие старения	Стареет, надежность снижается
Высокая ударопрочность	Низкая ударопрочность
Меньшая масса	Большая масса
Визуальное обнаружение повреждений (изолятор разрушается)	Трудность визуальной диагностики

Рис. 4. Преимущества изоляторов из закаленного стекла



Рис. 5. Опорные линейные изоляторы



Рис. 6. Изолятор-разрядник типа ОЛСК-РО на базе ОПН



Рис. 7. Изолятор-разрядник на базе мультикамерных систем типа ОЛСКИРМ

торый стремительно охлаждает изолятор, имеющий высокую температуру нагрева от проводов при номинальных токах, а также от высокой температуры окружающего воздуха и воздействия солнечного света летом. Изолятор, получивший такую трещину, очень сложно обнаружить.

Термомеханическая прочность изоляторов из закаленного стекла в два раза выше, чем у изоляторов из отожженного стекла. В редких случаях сквозного пробоя изолятор из закаленного стекла полностью разрушается. Даже если разрушение изолятора из закаленного стекла происходит, то падения провода на землю нет. Провод остается закреплен на штыре траверсы вязальной проволокой либо спиральной вязкой. До определенного момента сдерживающим фактором применения таких изоляторов были ограниченные производственные мощности, но с этого года проблемы решены. Сегодня введены в эксплуатацию новые мощности, позволяющие в принципе всю номенклатуру применяемых штыревых изоляторов полностью заменить на изоляторы из закаленного стекла.


### ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Дальнейшим развитием изоляции ВЛ и ВЛЗ 6–20 кВ являются опорные линейные изолято-

ры (рисунок 5). Эти изоляторы, в принципе, «непробиваемые» с точки зрения электрического воздействия. Напряжение пробоя у этих изоляторов всегда будет выше, чем напряжение перекрытия, то есть такой изолятор может быть многократно перекрыт при воздействии перенапряжений, но никогда не будет пробит насквозь. Также такие изоляторы имеют высокую механическую прочность, в два раза превышающую механическую прочность современных штыревых узлов крепления и изоляции проводов.

На базе этих изоляторов предприятия Объединения сегодня выпускают более совершенные изделия — это изоляторы-разрядники с оснащением устройствами птицевезащиты. Есть технические решения разрядников типа ОЛСК-РО (рисунок 6) на базе ОПН и с разрядниками на базе мультикамерных систем типа ОЛСКИРМ (рисунок 7); есть решение с изоляторами, где в корпусе одного изделия собраны ОПН и изолятор. Из преимуществ таких изоляторов можно отметить, что ОПН производства «Энергии+21», применяемые в составе данных изделий, имеют инновационную конструкцию, в которую внедрены множественные проемы в корпусе, что обеспечивает их взрывобезопасность и улучшают теплоотвод, а также увеличивает качество сборки.

Сегодня новые конструктивные и технологические решения при производстве современной изоляции и грозозащиты эффективно применяются при строительстве компактных изолированных линий для классов напряжения 35 кВ с использованием проводов, защищенных изоляцией. В отличие от неизолированных проводов, применение проводов, защищенных изоляцией, позволяет не бояться их схлестывания и замыканий при сближении, что соответственно позволяет многократно сократить габариты линии и строить ВЛЗ 35 кВ в габаритах ВЛ 10 кВ. Соответственно, обеспечивается снижение стоимости строительства таких линий, упрощается монтаж, обеспечивается возможность передачи значительно больших мощностей в тех же габаритах ВЛ 10 кВ.

Все эти решения сегодня интегрированы в современные типовые проекты и внедрены в системы автоматического проектирования ВЛ (САПР), которые находятся в открытом доступе на сайте ПО «ФОРЭНЕРГО». 

**ФОРЭНЕРГО**  **FORENERGO**  
производственное объединение industrial group

ООО ПО  
 «ФОРЭНЕРГО»  
 111398, г. Москва, ул. Лазо, д. 9  
 тел./факс (495) 305-58-73  
[info@forenergo.ru](mailto:info@forenergo.ru)  
[www.forenergo.ru](http://www.forenergo.ru)