

Опыт производства кабеля с изоляцией из СПЭ на заводе «Иркутсккабель»

ОАО «Иркутсккабель» является одним из ведущих предприятий России по производству кабелей энергетического назначения. Завод основан в 1966 году на базе сырья иркутского алюминиевого завода и электроэнергетики Иркутской ГЭС. Первые годы работало производство только неизолированных проводов для воздушных ЛЭП. С 1972 года было начато производство силовых кабелей с пластмассовой изоляцией по всей номенклатуре ГОСТ 16442 с ПЭ и ПВХ изоляцией. С 1975 года вступили в строй мощности по производству силовых кабелей с бумажной пропитанной изоляцией. До 1998 года завод выпускал только кабели с алюминиевыми жилами в алюминиевых оболочках. В 1999 году были введены мощности по волочению медной проволоки и пресс для наложения свинцовых оболочек. На сегодняшний день все кабели с бумажной пропитанной изоляцией выпускаются по всей номенклатуре ГОСТ 18410, в том числе и с нестекающим пропиточным составом и с защитной проволочной броней напряжением 1, 6 и 10 кВ.

Если рассматривать область производства и потребления кабелей среднего напряжения, которые все шире используются для передачи и распределения электроэнергии в крупных и средних городах, то можно отметить яркую тенденцию перехода от кабелей с бумажной пропитанной изоляцией к кабелям с изоляцией из сшитого полиэтилена. Это обусловлено возрастающими требованиями к эксплуатационным параметрам кабелей.

Мировая практика показала, что промышленно-развитые страны начали осуществлять этот переход еще в 70-х годах, и в настоящее время многие страны уже не производят и не используют кабели с бумажной пропитанной изоляцией (США, Япония, Франция, Финляндия, Швеция). Этот переход обусловлен многолетним положительным опытом эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого ПЭ. Преимущества кабелей данного типа являются следующее:

1. Рабочие температуры кабелей повышаются до 90°C с 70°C у кабелей с БПИ, что повышает пропускную способность кабельной линии.
2. Более высокий тон термической устойчивости при коротком замыкании (250°C вместо 160°C).
3. Более высокие диэлектрические свойства сшитого ПЭ и малая гигроскопичность изоляции.
4. Более низкая температура прокладки кабеля на трассе без предварительного подогрева жил (-20°C для ПЭ и -15°C для ПВХ оболочек вместо 0°C для БПИ).



5. Возможность прокладки на трассах с неограниченной разностью уровней.

6. Меньший вес, диаметр и радиус изгиба, что облегчает прокладку на сложных трассах.

7. Более высокая надежность в эксплуатации.

8. Более экологичный монтаж и эксплуатация (отсутствие свинца, масла, битума).

В России с 1996 до 2003 года единственным производителем данных кабелей на среднее напряжение (до 35 кВ) по технологии пероксидной сшивки в среде азота (сухая вулканизация) было совместное предприятие «АББ — Москабель». Сшитый ПЭ имеет существенные преимущества перед термопластичным ПЭ. Максимальная рабочая температура ПЭ в термопластичном состоянии составляет 75°C, более высокие электрические и механические характеристики.

В 2003 году два российских завода «Кавказкабель» и «Камкабель» начали производство кабелей с изоляцией из СПЭ на напряжение до 10 кВ по технологии силановой сшивки по ТУ 16.К71-025. Сегодня ведется большая дискуссия по поводу преимуществ и недостатков двух методов (технологий) сшивки ПЭ изоляции, но пять лет назад наш завод выбрал все же наиболее затратный вариант организации производства кабелей по пероксидной сшивке с целью освоения кабелей до 35 кВ. Этот вариант был одобрен и специалистами московских кабельных сетей (МКС), которые в то время были основными потребителями данной продукции. В ноябре 2003 года была выпущена первая партия кабеля в одножильном исполнении 10, 20 и 35 кВ и передана для испытаний в московский институт кабельной промышленности (ВНИИКП). Были разработаны ТУ 16.К71-335 и согласованы с МКС для кабелей, изготовленных по пероксидной сшивке, но пока только



в одножильном варианте, что явилось ошибкой, т. к. другие энергосистемы («Иркутскэнерго») практически отказались от одножильных кабелей, отдавая предпочтение кабелям 3-х жильного исполнения в общей оболочке. Сегодня эта ошибка исправлена и в данные ТУ внесены конструкции 3-х жильных кабелей, кроме того, разработаны ТУ на кабели напряжением 6 кВ — ТУ 16.K71-359. По техническим требованиям «московского метрополитена» совместно с ВНИИКП были разработаны ТУ 16.K71-374 на кабели с изоляцией из сшитого ПЭ на напряжение 0,66; 1,0; 3,0; 6,0 и 10 кВ, в том числе и бронированные в одножильном и 3-х жильном исполнении с оболочками из безгалогенных материалов, а также огнестойкие кабели (на 0,66; 1 и 3 кВ) с работоспособностью 180 минут в условиях пожара.

Производство всех этих кабелей освоено, и получены сертификаты соответствия и пожарной безопасности. Партия кабелей, изготовленных по ТУ 16.K71-335 напряжением 10 кВ, успешно прошла 2-х годовые испытания по подтверждению срока службы и надежности. В условиях 100% влажности под напряжением 18 кВ (ЗИо) кабели находились в течение 17500 часов при постоянном контакте с водой наружных электропроводящих экранов. При этом температура воды в ванне после года испытаний поддерживалась на уровне $40 \pm 5^\circ\text{C}$. Электрическая прочность образцов кабелей после 2-х годовых испытаний осталась на уровне $32,2 \text{ мм}^2$ (при норме 18 мм^2). Минимальное пробивное напряжение образцов составило 102 кВ. Результаты исследования водных тренингов в образцах после старения показали, что длина тренинга не превышает в среднем 106 микрон, причем размеры тренингов не изменились за последний год старения. Это говорит о высоком качестве изоляции данных кабелей и о том, что заложенный в ТУ срок службы кабелей (30 лет) может быть значительно превышен при соблюдении условий эксплуатации кабельной

линии. Необходимо отметить, что параметры кабелей, их технические характеристики полностью соответствуют требованиям стандарта международной электротехнической комиссии (МЭК 60502-72) и гармонизированному стандарту НД 62051.

Отмечу, что кабели, выпускаемые на заводе «Иркутсккабель», имеют сечение ТПЖ до 630 мм^2 для медных и до 800 мм^2 для алюминиевых одножильных кабелей. Для 3-х жильных кабелей максимальное сечение ТПЖ — 240 мм^2 , (для кабелей 35 кВ — пока 120 мм^2 , т. к. есть ограничения по диаметру приемного барабана и необходимо приобретение нового оборудования с большими габаритами экструзионных головок и приемных устройств. Жилы могут изготавливаться с водоблокирующими нитями и лентами — для этого смонтированы крутильные машины фирмы «Кортиновис», оснащенные специальными ните- и лентоотдатчиками.

Количество проволок в жилах увеличено по сравнению с другими кабелями, и соответственно уменьшен их диаметр для снижения фактора проволочности при уплотнении и, следовательно, уменьшения напряженностей электрического поля на первых слоях изоляции. Уплотнение ТПЖ производится по каждому повиву, что позволяет также увеличить коэффициент уплотнения (50 и 70 мм^2 — 18 проволок; $95/185 \text{ мм}^2$ — 37 проволок; $240/400 \text{ мм}^2$ — 60 проволок и $500, 630$ и 800 мм^2 — 80 проволок). Обе экструзионные наклонные линии газовой вулканизации оснащены устройствами для удаления металлической пыли с ТПЖ, что снижает вероятность ее попадания в экран по жиле. Особое внимание уделено чистоте изоляционного ПЭ. Используется только тренингостойкие ПЭ фирмы «Бореалис». При запуске первой линии с пневматической подачей ПЭ из чистой комнаты обнаружилось образование большого количества полимерных волокон, что приводило к их скоплению в дозирующем устройстве и ухудшению переработки в экструдере. Снижение скорости подачи уменьшило данный фактор, но не исключило его. Вторую линию запустили уже с подачей полиэтилена сверху под действием собственной массы непосредственно в загрузочный бункер экструдера, что полностью исключило образование полимерных волокон и контакт с воздухом окружающей среды. В настоящее время и первая линия переводится на загрузку под собственным весом. Линии газовой вулканизации оснащены рентгеновскими установками для измерения толщин и эксцентриситета каждого слоя п/п экранов и изоляции и лазерными для измерения на выходе из охлаждающей трубы диаметра готового кабеля.

Наложение медных проволочных экранов производится сечением от 16 мм² по 95 мм² (по требованию потребителя). Имеются две технологии для наложения экранов:

1. На крутильной машине типа Дран-Твистер нанесением повива со скреплением лентой шириной 10 мм.

2. На совмещенной линии с одновременным наложением водоблокирующих электропроводящих лент, повива медных проволок со знакопеременным направлением и скреплением медной пряжи из 8 проволок Ø 0,4 мм, наложением 2-й электропроводящей ленты, наложением алюмополимерной ленты (в случае кабеля 2г) и наложения наружной оболочки из ПЭ, ПВХ (или ППО) безгалогенного материала в зависимости от марки кабеля.

На все кабели наносится оболочка из материала с твердостью порядка 57/58 единиц. Применение ПЭ с твердостью более 60 единиц увеличивает жесткость кабеля и усложняет его монтаж. По требованию МКС освоена технология изготовления кабелей с оболочкой с продольными ребрами для уменьшения повреждаемости при протяжке через стеновые проемы и асбестоцементные трубы. В настоящее время готовится изменение к ТУ 16.К71-335 по внесению кабелей с такими усиленными оболочками.

Кабели марок ПвВнг-LS (АПвВнг-LS) и кабели ПвПнг-НФ (АПвПнг-НФ) не распространяют горение при прокладке в пучках и сертифицированы по категории «А» (т.е. предел распространения горения ПРГП-1 по классификации НПБ248-97). Конструктивно кабели категории «А» (кроме материала оболочки) отличаются наличием температурных барьеров из медных или алюминиевых лент и стеклолент.

Трехжильные кабели среднего напряжения могут изготавливаться с круглыми или секторными жилами. Секторные жилы — для диапазона сечений 120/240 мм². Кабели с круглыми жилами имеют отдельные проволочные экраны по каждой жиле, кабели с секторными жилами имеют общий экран по скрученному сердечнику. По скрученным жилам методом экструзии наносится межфазное заполнение, а под броню кабеля — еще внутренняя оболочка.

Комплекс испытательного оборудования фирмы «Hipotronics» позволяет проводить испытания кабелей на наличие в изоляции частичных разрядов, а также испытание высоким напряжением. Все эти испытания проводятся в экранирующей камере для исключения каких-либо наводок.

Все оборудование оснащено системами управления на базе современных промышленных ком-



пьютеров, позволяющих создавать, хранить, а при необходимости и выдавать на принтер технологические параметры или результаты испытаний для принятия управленческих решений.

Особое внимание хочется обратить на новое, освоенное в производстве изделие — это прежде всего «кабели силовые с изоляцией из СПЭ для ВПЭ с несущим тросом на напряжение 10, 20, 35 кВ типа «Иркаб» (аналог кабеля «Multi-Wiski»). Кабели разработаны по просьбе заказчиков, имеют три марки:

1. С изолированным несущим тросом и экраном из алюмополимерной ленты марки АПВАП-1Т.
2. С изолированным несущим тросом с экраном из алюмополимерной ленты марки АПВАП-2Т.
3. С изолированным несущим тросом с экраном из медных проволок марки АПВП-1Т.

Стальной несущий трос изготавливается 2-х сечений: 65 мм² или 67 мм². 65 мм² — из 19 пр-к Ø 2,10 мм — для изолированных; 67 мм² из 7 пр-к Ø 3,5 мм (более жесткий) — для неизолированных.

В основном конструкция соответствует обычным кабелям среднего напряжения.

Практически уже выполнен один заказ и проведена сертификация кабеля на соответствие ТУ 16.К22-027 — 2006. Кабель соответствует и требованиям МЭК 60502-2 ч. Токпроводящие жилы и несущий трос в оболочке содержит водоблокирующие элементы (нити и ленты), исключающие продольное распространение влаги вдоль жилы и троса. Разрывная нагрузка троса 80,5 кН и 87,2 кН.

Кабели предназначены для передачи и распределения электрической энергии в воздушных линиях электропередачи, а также в стационарных установках при прокладке в земле и помещениях.

В.А. Темеров

Советник технического директора
ОАО «Иркутсккабель» по технологии