



## СВЕРХВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

*В статье описаны кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена на сверхвысокое напряжение, дана характеристика их основных конструктивных элементов. Представлены наиболее крупные сверхвысоковольтные кабельные объекты, реализованные в мире, в том числе в странах СНГ и Украине. Показаны преимущества, темпы распространения, опыт эксплуатации таких кабелей.*

**В** настоящее время в развитых и во многих развивающихся странах мира все более широко применяются силовые высоковольтные и сверхвысоковольтные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (уровня напряжения до 500 кВ). Их основным назначением является обеспечение глубоких вводов новых мощностей в города, вывод мощности на электростанциях, осуществление соединения на подстанциях, использование на участках энергосетей, где строительство воздушных линий электропередачи затруднено или невозможно, а также там, где предъявляются повышенные требования к надежности и безопасности электроснабжения — на электростанциях (АЭС, ГЭС), нефтеперерабатывающих и металлургических комбинатах, энергоёмких промышленных предприятиях, угольных шахтах, газовых месторождениях, на транспорте, включая метрополитен, и т. п.

Преимущества силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) по сравнению с другими типами серийно выпускаемых кабелей заключаются в доступности на напряжение до 500 кВ и обеспечении передаваемой мощности до 1500 МВА, высоких эксплуатационных характеристиках, в том числе способности выдерживать достаточно высокие рабочие напряженности электрического поля (до 12 кВ/мм для переменного тока), увеличении надежности электроснабжения, экологической безопасности, простоте и дешевизне эксплуатации и реконструкции.

Конструкция кабелей с СПЭ-изоляцией достаточно проста (Рис. 1, где обозначено: 1 — токопроводящая жила; 2 — полупроводящий слой по жиле; 3 — СПЭ-изоляция; 4 — полупроводящий слой по изоляции; 5 — металлический экран; 6 — наружная оболочка) и не требует больших затрат при монтаже кабельных линий. Функциональное назначение и используемые материалы для изготовления основных конструктивных элементов силовых кабелей с СПЭ изоляцией приведены в Табл. 1.

Сшитая, структурно-модифицированная изоляция кабелей подходит для высокого напряже-

ния — вплоть до 500 кВ. Технологический процесс "сшивки" представляет собой обработку полиэтилена на молекулярном уровне, создавая такую трехмерную структуру, которая дает возможность получать высокие электрические и механические характеристики материала изоляции в большом диапазоне рабочих температур. Тепловые свойства сшитого полиэтилена обеспечивают нормальную работу кабеля даже при постоянной температуре проводника 90 °С. В случае короткого замыкания термические свойства кабеля допускают температурные скачки до 250 °С. Повышенная устойчивость сшитого полиэтилена к тепловым изменениям позволяет увеличить передаваемую по кабелю мощность и является важным фактором в условиях возникновения перегрузок.

Для кабелей на напряжение до 500 кВ применяется хорошо зарекомендовавшая себя в течение двух последних десятилетий конструкция кабелей на 110 кВ. Сечение жилы сверхвысоковольтных кабелей может составлять до 3000 мм<sup>2</sup>. При сечении более 1000 мм<sup>2</sup> жилы, как правило, изготавливается сегментированной с целью уменьшения поверхностного эффекта. Изоляция и электропроводящие слои накладываются и сшиваются вместе в процессе тройной экструзии. Применяемая современная технология дает возможность в максимальной степени сгладить поверхность перехода между проводящими слоями и изоляцией, а также достичь незначительного количества технологических дефектов — включений и микрополостей в изоляции, что особенно важно для продления срока службы кабелей. Вместе с тем, для сверхвысоковольтных кабелей скрутка проводника, процесс наложения полимерной изоляции и оболочки, а также другие операции несколько отличаются от технологии производства кабелей на среднее и высокое напряжения. Отличие существует также в толщине изоляции и защитной оболочки. Тенденция изменения толщины изоляции в зависимости от напряжения кабелей и при их усовершенствовании показана в Табл. 2 [22], а зависимость средних значений рабочей напряженности электрического поля от напряжения



Таблица 1. Характеризация основных элементов конструкции кабелей с СПЭ-изоляцией.

Элемент конструкции	Назначение	Материал и некоторые особенности изготовления
Токопроводящая жила	– протекание тока (в номинальных режимах, при перегрузках, коротких замыканиях); – выдерживание механических напряжений при прокладке.	– медные или алюминиевые многопроволочные уплотненные жилы; – сегментированные жилы при большом сечении (более 1000 мм <sup>2</sup> ); – продольная герметизация жилы; – скрученные жилы с возможным нанесением на них дополнительного слоя – заполнителя.
Полупроводящий слой по жиле (внутренний экструдированный слой)	– сглаживание скачка напряженности поля между жилой и изоляцией; – сглаживание напряженности поля на поверхности проводника; обеспечение эквипотенциального соединения между проводником и изоляцией.	материал – полупроводящий сшитый (вулканизированный) полиэтилен
Изоляция	– выдерживание различной напряженности электрического поля при эксплуатации кабеля; – защищенность от внутренних, фазовых, грозовых перенапряжений.	материал – сшитый полиэтилен; внутренний, внешний полупроводящие слои и изоляция накладываются одновременно в процессе тройной экструзии.
Полупроводящий слой по изоляции (внешний экструдированный слой)	– сглаживание скачка напряженности электрического поля между изоляцией и металлическим экраном; обеспечение эквипотенциального соединения между изоляцией и внешним металлическим экраном.	материал – полупроводящий сшитый полиэтилен
Металлический экран	– предотвращение распространения электрического поля за пределы кабеля; – обеспечение герметичности кабеля (устранение попадания воды в изоляцию); – отвод токов короткого замыкания на землю; – обеспечение повышенной механической прочности.	– медный проволочный экран; – медный ленточный экран; – экран из алюминиевых проводников, скрепленных с оболочкой из полиэтилена; – поперечная герметизация экрана (алюмополимерная лента/меднополимерная лента/свинцовая оболочка); – продольная герметизация экрана водонабухающими лентами; – комбинация медной проволоки и свинцовой оболочки.
Неметаллическая наружная оболочка	– изоляция металлического экрана от окружающей среды; – защита металлического экрана от коррозии; – повышение механической прочности (защита кабеля от механических воздействий); – повышение стойкости кабеля к распространению огня; – герметизация кабеля от проникновения влаги, воздуха, химических продуктов.	– оболочка из полиэтилена или ПВХ пластика; – ПВХ пластикат пониженной горючести; – ПВХ пластикат пониженной пожароопасности; – безгалогенный материал, не распространяющий горение, с низким газодымовыделением; – токопроводящий слой, экструдированный поверх оболочки для ее специальной проверки; – увеличенная толщина оболочки при тяжелых условиях прокладки.
Броня	– дополнительная защита кабеля, в том числе от механических повреждений.	– броня из профилированных проволок; – броня из круглых алюминиевых проволок; – броня из стальных лент; – броня из круглой стальной оцинкованной проволоки.

Таблица 2. Изменение толщины изоляции кабелей со сшитого-полиэтиленовой изоляцией [22]

Напряжение (кВ)	Изменение толщины изоляции (мм)
500	35 → 32 → 27
275	27 → 23
220	23 → 20
154	23 → 19 → 17
77	17 → 15 → 13 → 11
66	15 → 13 → 11 → 9

Таблица 2. Общая протяженность СПЭ-кабелей на высокое и сверхвысокое напряжения в мире по состоянию на 2005 год [20]

Номинальное напряжение (кВ)	Протяженность (км)
60–109	310
110–170	1398
171–300	216
301–500	20
Всего	1944

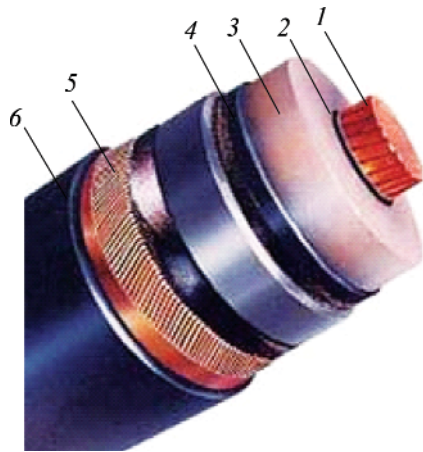


Рис. 1.

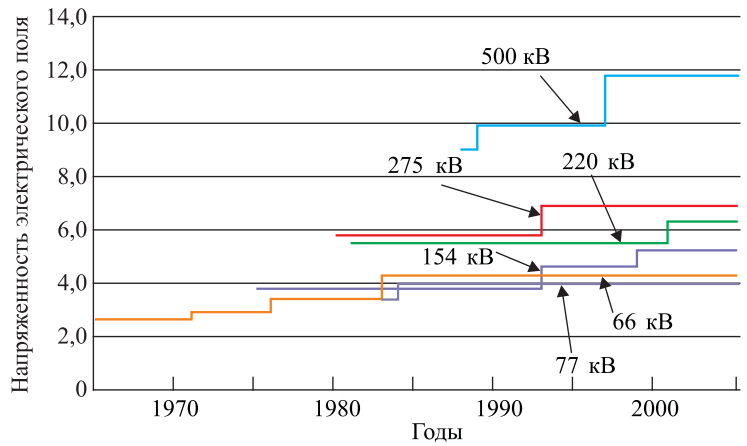


Рис. 2.

кабелей представлена на Рис. 2 [22].

Рост напряжения кабелей с полиэтиленовой изоляцией в сравнении с кабелями, имеющими бумажную изоляцию, в течение времени их совершенствования отображен на Рис. 3 [16].

Кабели с СПЭ-изоляцией среднего класса напряжения (до 35 кВ) применяются в энергетике с начала 60-х годов прошлого столетия. Пионером в этой области была

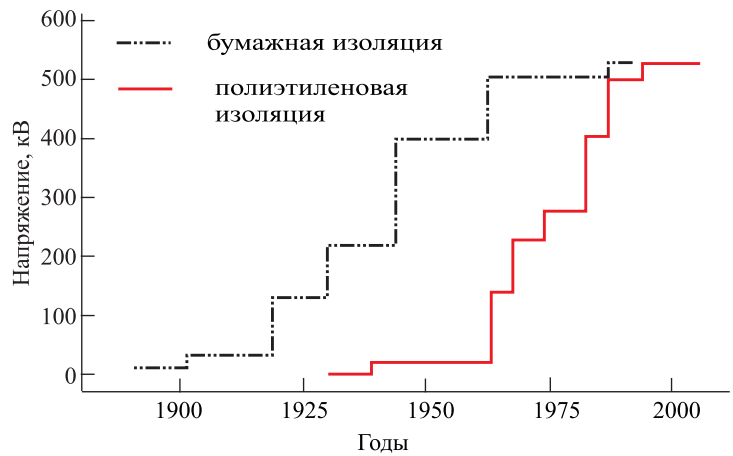


Рис. 3.



Рис. 4.

диапазоне напряжения от 12 до 420 кВ используются только кабели с изоляцией из СПЭ. Такая же ситуация имеет место и во Франции. В то же время в США и Канаде доля кабелей с СПЭ-изоляцией составляет 85 %, в Германии – 95%. Только к концу 1983 года в США было проложено 116 тыс. км кабеля с СПЭ-изоляцией.

Массовое производство кабелей с СПЭ-изоляцией на номинальное напряжение 123 кВ началось с 1971 года. Первая в мире полиэтиленовая

Япония, где все кабели на напряжение до 69 кВ и большая часть сетей, рассчитанных на высокое и сверхвысокое напряжения, выполнены из СПЭ. В скандинавских странах СПЭ применяется с начала 1970-х годов, и в проложенных на сегодняшний день кабельных сетях в



Рис. 5.



кабельная линия 220 кВ была проложена в 1978 году в Ливии шведской компанией High Voltage Cables, вошедшей в группу АВВ. Широкое коммерческое использование СПЭ-кабелей на 230 кВ проводится с 80-х годов прошлого века. По состоянию на 2006—2007 г.г. в мире насчитывалось более 100 км 345 кВ СПЭ кабелей в большинстве случаев длиной не более 5—7 км. Первая 400 кВ кабельная система имела значительное число соединений (72) и была установлена в Копенгагене в 1997 г. На уровень напряжения 500 кВ впервые в мире вышла японская фирма Furukawa Electric, смонтировав в 1998 г. на токийской гидроэлектростанции Kazunogawa кабельную линию с СПЭ-изоляцией длиной 2300 м [21].

Одним из наиболее интересных и сложных кабельных объектов, реализованных фирмой АВВ в Европе, является кабельная линия с СПЭ-изоляцией, проложенная в 1998 году в глубоком туннеле длиной 6,3 км, диаметром 3 м на глубине 25—35 м под Берлином [23]. На Рис. 4 показан общий вид этого туннеля с двумя трехфазными кабельными линиями напряжением 400 кВ, расположенными вертикально. Кабель имеет сечение 1600 мм<sup>2</sup>, передаваемая мощность — 1100 МВА.

США в основном используют СПЭ кабели, рассчитанные на уровень напряжения до 138 кВ. Первая в этой стране кабельная линия с СПЭ-изоляцией на 230 кВ была проложена в 1992 году, а на начало 2000-х годов насчитывалось примерно 20 км кабельных линий такого напряжения. Впервые 345 кВ СПЭ линия в США была установлена в Everett (штат Массачусетс) в 2001 году.

Общая протяженность кабелей на высокое и сверхвысокое напряжения в мире на конец 2005 года приведена в Табл. 3 [20]. Некоторые наиболее крупные сверхвысоковольтные объекты, реализованные в мире, в том числе в странах СНГ, описаны в Табл. 4.

Сверхвысоковольтные кабели с СПЭ-изоляцией прокладываются как под землей непосредственно в грунте, так и в воздушных туннелях, трубах, вертикальных шахтах. Некоторые способы прокладки кабелей показаны на Рис. 4 и 5: вертикальная прокладка кабелей в подземных туннелях — на Рис. 4 (кабель на 400 кВ в Берлине) и на Рис. 5 а (400 кВ кабельная линия в Лондоне); горизонтальная прокладка кабелей в туннеле — кабель на 500 кВ для ГЭС Kazunogawa, Токио на Рис. 5 б и прокладка кабелей треугольником в траншее — 230 кВ кабель в Новой Зеландии на Рис. 5 в.

В странах бывшего Советского Союза ис-

пользование кабелей с СПЭ-изоляцией ведется с 1983 года. Промышленное применение кабелей на 220 кВ начато в 1998 году в системе Мосэнерго прокладкой по городской территории кабельной линии к 850-летию Москвы — проект реализован фирмой АВВ-Москабель. Впервые в странах СНГ кабель с СПЭ-изоляцией на 500 кВ проложен в 2005 году на Дальнем Востоке для Бурейской ГЭС. Изготовителем кабеля была фирма АВВ, Германия. По состоянию на 2006 год в СНГ в эксплуатации находилось 1100 км высоковольтного и сверхвысоковольтного кабеля с СПЭ-изоляцией, в том числе 110 кВ кабеля — 950 км, 220 кВ кабеля — 145 км, 500 кВ кабеля — 5 км.

В Санкт-Петербурге с использованием кабеля на 330 кВ в настоящее время проводится проект по созданию кольцевой схемы электроснабжения города. Заметный рост объемов строительства высоковольтных кабельных линий происходит во многих других крупных городах СНГ, в том числе Киеве, Харькове. К примеру, в столице Украины для обеспечения надежной передачи электроэнергии проложено более 12 км 110 кВ СПЭ-кабеля отечественного производства между рядом электроподстанций (в том числе между подстанциями "Центр" и "Бастионная", "Октябрьская" и "Политехническая", "Центр" и "Вокзальная"), проводится постепенная замена воздушных линий электропередачи на кабельные линии.

В дополнение к данным Табл. 4 отметим, что первый в Украине проект сверхвысоковольтной кабельной линии (330 кВ) был полностью выполнен украинским институтом "Укрсельэнергопроект". Трасса линии пересекает пути Приднепровской железной дороги шириной около 0,5 км и реку Самара — 0,5 км, проходит по дамбе длиной 3,5 км и по улицам Днепропетровска. Под дном реки Самара кабели проложены в трубах, длина перехода составляет 464 м. Это первая кабельная линия, построенная полностью с применением транспозиции экранов на всей длине и использованием системы термоконтроля. Линия проложена без бетонных лотков для лучшей теплоотдачи и увеличения пропускной способности; кабели проложены в слое песчано-цементной смеси [8].

Основным производителем кабельной продукции в Украине является ПАО "Завод "Южкабель" (г. Харьков), где выпускаются кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение до 330 кВ включительно с максимальным сечением токопроводящей сегментированной (алюминевой или медной) жилы 2000 мм<sup>2</sup> [10].

Ведущими мировыми фирмами-производи-



Таблиця 4. Наиболее крупные сверхвысоковольтные кабельные объекты

Место и фирма, реализующая проект	Количество линий, напряжение, сечение и материал жилы, прокладка	Протяженность в однофазном исчислении, км	Годы реализации проекта
1	2	3	4
Швеция, Стокгольм (проект АВВ для компании Fortum)	2×245 кВ 1×630 мм <sup>2</sup> , алюминий 1×1200 мм <sup>2</sup> , алюминий прокладка в туннеле	93	1985 – 1999
Дания, Копенгаген, метрополитен	1×420 кВ, 1×1600 мм <sup>2</sup> , медь подземная прокладка	104	1997 – 1999
Япония, Токио, гидроэлектростанция Kazunogawa (разработка и установка фирмы Furukawa Electric)	1×500 кВ 1×1000 мм <sup>2</sup> наземная и туннельная прокладка	2,3	1998
Катар	2×400 кВ 1×1600 мм <sup>2</sup>	141	1998
Швеция, Стокгольм (проект АВВ для компании Virka Energi), реализация подземного ввода мощности в городские районы	1×245 кВ 1×1200 мм <sup>2</sup> , алюминий подземная прокладка	10	1999
Германия, Берлин (проект АВВ)	2×400 кВ 1×1600 мм <sup>2</sup> , медь сегментированный проводник, кабель проложен длинами ≈730 м в вентилируемом подземном туннеле диаметром 3 м протяженностью 6,3 км на глубине 25–35 м (Рис. 4)	41 34	1997–1998 2000
Арабские Эмираты, Abu Dhabi, ГАЭС Тавела	2×400 кВ, 1×800 мм <sup>2</sup> , прокладка в глубоком туннеле	15,7	1999–2000
Китай, Guangdong (проект АВВ для компании Electrical Power Holding Company)	1×245 кВ 1×1000 мм <sup>2</sup> , медь	24,3	2000
Испания, Мадрид, аэропорт Barajas	2×400 кВ, 1×2500 мм <sup>2</sup> , медь, проложен в вентилируемом туннеле	72	2001–2003
Вьетнам, Хо Ши Мин (проект АВВ для компании City Power Company)	1×245 кВ 1×1600 мм <sup>2</sup> , медь	38	2001–2004
Великобритания, Nunthorpe	1×420 кВ, 1×2000 мм <sup>2</sup> , прокладка непосредственно в грунте	65	2002
Великобритания, Лондон	1×400 кВ 1×2500 мм <sup>2</sup> , медь прокладка непосредственно в грунте	60	2002–2005
США, Сан-Хосе	2×230 кВ, 1×1267 мм <sup>2</sup> , прокладка в трубах	57	2003
Дания, Afrhus-Aalborg	2×400 кВ 1×2000 мм <sup>2</sup> , прокладка непосредственно в грунте	84	2003–2004
Великобритания, Лондон, кабельная линия от Elstree до St. John's Wood (проект АВВ)	1×400 кВ 1×2500 мм <sup>2</sup> прокладка в туннеле диаметром 3 м	20	2003–2005
Дания, Jutland	1×400 кВ 1×1200 мм <sup>2</sup> , алюминий подземная прокладка	84	2004
Россия, Дальний Восток, Бурейская ГЭС (кабель фирмы АВВ)	1×500 кВ 1×800 мм <sup>2</sup> , кабель диаметром 125 мм проложен длинами 900 м, вес одного метра кабеля – 22 кг, туннельная прокладка и частично в вертикальной шахте; особенность – большой перепад высот.	общая протяженность – 15 км, в том числе в вертикальной шахте – 345 м	2004–2005



Таблиця 4. Наиболее крупные сверхвысоковольтные кабельные объекты

Место и фирма, реализующая проект	Количество линий, напряжение, сечение и материал жилы, прокладка	Протяженность в однофазном исчислении, км	Годы реализации проекта
1	2	3	4
Вена, Австрия (подвод энергии к центру города)	2×400 кВ подземная прокладка	5,5	2004–2005
Милан, Италия Секция линии Turbigio-Rho	2×400 кВ подземная прокладка	8,5	2005–2006
Швейцария – Италия Mendrisio – Cagno	1×400 кВ подземная прокладка	8	2007–2008
Украина, Днепропетровск, кабельная линия внешнего электроснабжения электросталеплавильного комплекса ООО "Металлургический завод "Днепросталь" на участке Приднепровская ТЭС – подстанция Печная (кабель фирмы "Südkabel")	2×330 кВ 1×800 мм <sup>2</sup> 1×1000 мм <sup>2</sup> на большей части трассы подземная прокладка в траншее, а также в стальных трубах и трубах из полиэтилена	~ 13	2008
Республика Беларусь, Березовской ГРЭС (кабель ПАО "Завод "Южкабель", Украина)	1×330 кВ кабель успешно испытан и первая линия пушена в эксплуатацию.	8,6	2011
Россия, Саяно-Шушенская ГЭС, (кабель производства Taihan Electric Wire Co., Ltd., Корея)	1×500 кВ 1×2500 мм <sup>2</sup>	1,5 (3 фазы длиной 350 м каждая)	конец 2012 (начата прокладка кабеля)

телями силовых кабелей с СПЭ-изоляцией на высокое и сверхвысокое напряжения являются АВВ (Asea Brown Boveri), французская компания Nexans (бывшая Alcatel Cable), Prysmian (бывшая Pirelli) (США), Sudkabel – Suddeutsche Kabelwerke (Германия), NKT Cables (Германия), Sumitomo Electric (Япония), Fuzukawa Electric (Япония). К примеру, АВВ первая из европейских компаний освоила рубеж 500 кВ и в настоящее время сооружает приблизительно третью часть всех кабельных линий сверхвысокого напряжения в мире. Промышленная группа Nexans является лидером среди кабельных компаний мира по совокупному объему выпуска кабелей высокого напряжения. Prysmian имеет большой опыт прокладки подводных кабельных систем с большими строительными длинами и общей протяженностью.

К настоящему времени в мире сооружено и действует большое количество кабельных линий с СПЭ-изоляцией напряжением 220–500 кВ, получен положительный опыт их эксплуатации. Как сообщается в [20], удельная повреждаемость высоковольтных и сверхвысоковольтных СПЭ-кабелей (количество отказов на 100 км кабелей в год) за период 1973–2003 гг. составила 0,024. При этом необходимо учитывать, что большинство высоковольтных и сверхвысоковольтных кабельных проектов реализовано в последние 10–15 лет, и срок эксплуатации таких кабелей с СПЭ-изоляцией еще достаточно мал.

Дальнейшее развитие ведущими мировыми

разработчиками силовых кабелей на сверхвысокое напряжение считается перспективным и проводится по таким направлениям:

- повышение эксплуатационной надежности;
- увеличение строительной длины с целью уменьшения числа соединений;
- снижение веса кабеля;
- сокращение времени строительства кабельных линий;
- уменьшение общих затрат.

Объемы промышленного производства и применения в мире силовых сверхвысоковольтных кабелей с СПЭ-изоляцией непрерывно растут, продолжаются системные исследования в этой области, совершенствуются элементы дизайна, методы испытания и установки таких кабельных систем с целью повышения качества электрооборудования, надежности и безопасности национальных энергосистем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бутерус Р. Изоляция из сшитого полиэтилена – требование времени для силовых кабелей. // Новости электротехники. – 2003. – № 3. – с. 21.
2. Кабели 220–500 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена. – АВВ BU Cables 1, Production. – 2004. – Каталог. – 58 с.
3. Кабельные системы высокого напряжения 110–500 кВ. – Nexans. – Каталог. – 54 с.
4. Кабельные системы с изоляцией из сшитого полиэтилена. – АВВ. – Руководство пользователя. – 32 с.



5. *Кадиев К.* Повышение надежности и экономичности кабелей с пластмассовой изоляцией. // Рынок электротехники. — 2006. — № 3. ([www.marketelectro.ru/magazine/](http://www.marketelectro.ru/magazine/))
6. *Кожевников А.* Системы передачи на базе СПЭ-кабелей. Эффективность применения. // Новости электротехники. — 2007. — № 7 (43).
7. *Кучерявая И.Н.* Высоковольтные кабельные линии для гидроэлектростанций. // Гидроэнергетика Украины. — 2006. — № 4. — с. 53–56.
8. *Лях В.В., Молчанов В.М., Судакова И.В., Павличенко В.П.* Кабельная линия напряжением 330 кВ — новый этап развития электрических сетей Украины. // Электротехнические сети и системы. — 2009. — № 3. — с. 16–21.
9. *Макаров Е.Ф.* Справочник по электрическим сетям 0,4–35 кВ и 110–1150 кВ. /Под ред. И.Т. Горюнова, А.А. Любимова. — Том 3. — М.: Папирус-Про, 2004. — 688 с; Том 4. — М.: Папирус-Про, 2005. — 640 с.
10. *Руководство по выбору, прокладке, монтажу и эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 220 кВ и 330 кВ.* — ИЭД НАН Украины, ЗАО "Завод"Южкабель", НЭК "Укрэнерго". — Харьков: Майдан, 2011. — 42 с.
11. "Севкабель" покорил высокое напряжение. // Электропанорама. — 2007. — № 10.
12. *Силовые кабели среднего и высокого напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена.* — ЗАО "Южкабель", Харьков, Украина. — Каталог, выпуск № 5. — 43 с.
13. *Современные решения в области силовых кабелей.* Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена среднего и высокого напряжения. — АBB. — Каталог. — 21 с.
14. *Третьяков В.М.* Кабельная линия 500 кВ — уникальный проект на реке Бурея. // Новости электротехники. — 2005. — № 2 (32).
15. *Файбисович Д.Л.* Кабельные линии сверхвысокого напряжения. Зарубежный опыт строительства. // Новости электротехники. — 2003. — № 1 (25).
16. *Hampton N., Hartlein R., Lennartsson H., Orton H., Ramachandran R.* Long-life XLPE insulated power cable. [http://www.neetrac.gatech.edu/publications/jicable07\\_C\\_5\\_1\\_5.pdf](http://www.neetrac.gatech.edu/publications/jicable07_C_5_1_5.pdf)
17. *High and extra high voltage power cable systems 63 to 500 kV* — Silec Cable — Paris, France. — Каталог.
18. <http://ruscable.ru/doc/analytic/>
19. *Special report ABB review, 2004.*
20. *Steenis E.F.* Short literature survey on the reliability of EHV XLPE cables. — KEMA 70549000 Est. — 2005. — 8 p.
21. *Suzuki A., Nakamura S., Matsuda M., Tanaka H.* Installation of the world's first 500 kV XLPE cable with intermediate joints. // Furukawa Review. — 2000. — No. 19. — P. 115–122.
22. *Umeda S., Ishii N., Horiguchi N., Maeda M. et al.* Underground power cable, distribution cable, overhead transmission line, industrial cable and their accessories. // Furukawa Review. — 2007. — No. 32. — pp. 2–20. <http://www.furukawa.co.jp/review/fr032.htm>
23. [www.abb.com](http://www.abb.com)
24. [www.yuzhcable.com.ua](http://www.yuzhcable.com.ua)
25. *XLPE power cable systems for high and extra-high voltage.* — Sudkabel, Манхайм, Германия. — Каталог. — 28 p.

© Кучерявая И.Н., 2013

