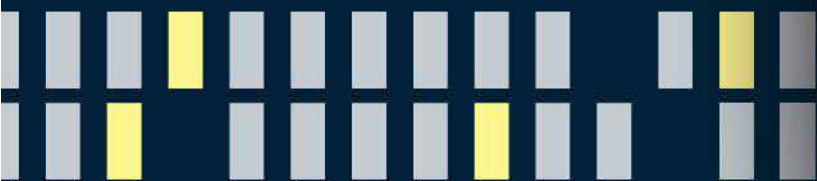


ESTRALIN^{HVC}

**СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ
И КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ
110-220 кВ**



**СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ
В ОБЛАСТИ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ**



Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.....	2
Технология производства	3
Эстралин ЗВК – пионер в производстве СПЭ-кабелей в России.....	4
Основные виды продукции и услуг	5
Маркировка	6
Кабели с СПЭ-изоляцией на напряжение 110-220 кВ	7
Сравнительные характеристики	
Преимущества	
Общее описание	
Технические характеристики	
Нагрузочная способность	
Токи короткого замыкания	
Электрические характеристики	
Условия прокладки и испытания	



Кабели на напряжение 110-220 кВ широко используются для передачи и распределения электроэнергии, особенно в крупных городах и на промышленных предприятиях, где уровень энергопотребления и плотности нагрузки чрезвычайно высоки. Стоимость кабеля составляет значительную часть от общей стоимости системы передачи электроэнергии, поэтому предъявляемые к кабелю требования по надежности, функциональности и низким затратам на обслуживание имеют огромное значение.

Кабели должны служить долгие годы, постоянно обеспечивая потребителя достаточной электрической мощностью. В отличие от кабелей с бумажной пропитанной или маслонаполненной изоляцией, применение которых ограничивается с каждым годом, кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (российское обозначение — СПЭ, английское — XLPE, немецкое — VPE, шведское — PEX) в полной мере отвечают этому требованию. Благодаря своей конструкции, современной технологии изготовления и совершенным материалам кабели среднего и высокого напряжения с СПЭ изоляцией обладают наилучшими электрическими и механическими свойствами и самым длительным сроком службы среди других типов кабеля, выпускаемых серийно.

По пропускной способности эти кабели значительно превосходят кабели маслонаполненные с бумажной изоляцией. По международным стандартам кабель рассчитан на работу в длительно допустимом режиме при температуре жилы 90°C, а в послеаварийном режиме и при более высокой температуре, в то время как кабели маслонаполненные с бумажной изоляцией допускают нагрев лишь до 70°C.

Достоинством кабеля с СПЭ-изоляцией является его экологическая безопасность. Отсутствие жидких включений обеспечивает сохранение чистоты окружающей среды, что позволяет прокладывать кабель на любых объектах и эксплуатировать кабельные линии практически без обслуживания.

Благодаря одножильной конструкции, кабель значительно легче прокладывать и монтировать, даже в самых тяжелых условиях. Прокладка кабеля с ПЭ оболочкой может вестись при температуре до -20°C с предварительным подогревом.



Технология создания кабельной изоляции из сшитого полиэтилена появилась в 70-х годах XX века. Сшивка — создание пространственной решетки за счет образования продольно-поперечных связей между макромолекулами полимера. По сочетанию физических и электрических свойств, сшитый полиэтилен идеально подходит для изоляции кабелей среднего, высокого и сверхвысокого напряжения.

В процессе производства кабеля из СПЭ особое внимание уделяется чистоте и качеству изоляционных материалов, так как любое инородное включение, попавшее в изоляцию, приводит к сокращению срока службы кабеля. Именно по этой причине концепция чистых комнат, исключающих попадание инородных материалов, равно как и взаимодействие с надежными поставщиками качественного сырья, являются одним из основ производства надежного кабеля с длительным сроком безотказной эксплуатации.



Необходимо подчеркнуть, что изоляция и электропроводящие экраны накладываются в процессе тройной экструзии, после чего происходит одновременная сшивка всех трех слоев. Такая технология обеспечивает хорошую адгезию между экранами и изоляцией.

Преимущества усовершенствованной конструкции и современной технологии производства кабелей с СПЭ-изоляцией обусловили его повсеместное применение в развитых странах и заметное сокращение использования других типов кабеля.

Цель предприятия «Эстралин Завод Высоковольтного Кабеля» («Эстралин ЗВК») – внедрение новейших технологий в области производства силовых кабелей. Обеспечивая высокое качество продукции и услуг, мы помогаем нашим заказчикам быть более конкурентноспособными и снижать негативное воздействие на окружающую среду.

В своей работе компания «Эстралин ЗВК» уделяет много внимания развитию и совершенствованию технологий, которые обеспечивают высокое качество выпускаемых изделий. Для изоляции кабелей используются только лучшие материалы ведущих мировых производителей. Это пероксидосшиваемые полиэтилены – триинг-стойкий (ТСПЭ) и сополимерный (ССПЭ). Высокая квалификация сотрудников компании и использование качественных исходных материалов позволяет выпускать продукцию, соответствующую передовым российским и международным стандартам и не уступающую западно-

европейским аналогам. Постоянный контроль на всех этапах работы, от выбора кабеля и арматуры на стадии проектирования до ввода кабельной линии в строй, позволяет компании наиболее полно удовлетворять все возрастающие требования заказчика к современным кабельным линиям. На предприятии освоен системный подход к обеспечению международных стандартов качества. Большое внимание уделяется экологическим аспектам производства. Успехи «Эстралин ЗВК» по созданию и внедрению систем качества были отмечены крупнейшей независимой европейской сертификационной компанией TUV CERT, которая выдала предприятию сертификаты соответствия требованиям стандартов ISO 9001: 2008, ISO 14001:2004.



Основной сферой деятельности «Эстралин ЗВК» является производство кабеля на напряжение 110-220 кВ для сетей с изолированной и заземленной нейтралью.

Все кабели по конструкции, техническим характеристикам и эксплуатационным свойствам отвечают требованиям российских и международных стандартов: ГОСТ Р МЭК 60840-2011 (кабели 110 кВ), ГОСТ Р МЭК 62067-2011 (кабели 220 кВ), сертификации по ГОСТ Р в области пожарной безопасности, а также техническим условиям предприятия-изготовителя.

Кроме кабеля на напряжение 110-220 кВ наша компания предлагает:

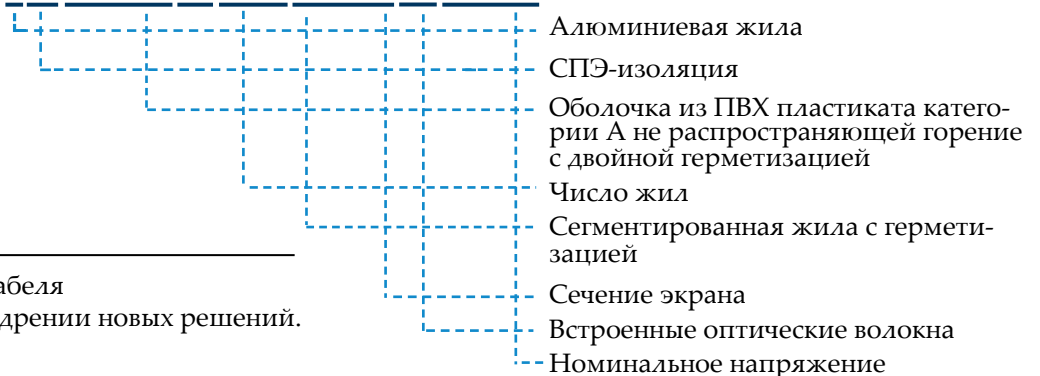
- кабельную арматуру среднего и высокого напряжения;
- техническую поддержку на всех этапах сотрудничества.



Материал жилы	Без обозначения А гж сгж	Медная жила сечение ≤ 1200 мм² - круглая жила Алюминиевая жила Герметизация жилы Сегментированная жила с герметизацией сечение ≥ 1200 мм² - сегментированная жила
Материал изоляции	Пв	Изоляция из сшитого (вулканизированного) полиэтилена
Оболочка	П Пу Пнг-НF-A(B)	Оболочка из полиэтилена Для 10 кВ усиленная оболочка увеличенной толщины из полиэтилена Для 110 кВ усиленная оболочка из полиэтилена с ребрами жесткости Оболочка из полимерной композиции, не распространяющей горение, не содержащей галогенов А – нераспространение горения по категории А; В – нераспространение горения по категории В;
	В Внг-A(B) Внг-LS-A(B)	Оболочка из ПВХ пластика Оболочка из ПВХ пластика пониженной горючести с индексом, не распространяющей горение Оболочка из ПВХ пластика пониженной горючести, с пониженным дымо- и газовыделением
Наличие свинцовой оболочки	С Без обозначения	Да Нет
Наличие брони	Ка	Броня из проволок из алюминиевого сплава
Материал экрана	Без обозначения А АС	Медь Алюминий Алюминиевый сплав
Герметизация экрана	г (после обозначения оболочки) 2г	Продольная герметизация экрана водоблокирующими лентами Кабель с продольной герметизацией водоблокирующими лентами и поперечной герметизацией из алюмо-полимерной ленты, сваренной с оболочкой
Наличие оптоволоконных модулей	ов (после обозначения экрана)	Оптические волокна в стальных трубках, встроенные в медный экран

АПвВнг2г-А 1x1600 сгж/185ов64/110

Пример обозначения¹:



¹ Конструкция и маркировка кабеля могут быть изменены при внедрении новых решений.



Сравнительные характеристики	Кабель с СПЭ-изоляцией	Масло-наполненный кабель высокого давления
Длительно допустимая температура, °С	90	85
Допустимый нагрев в аварийном режиме, °С	105	90
Предельно допустимая температура при протекании тока КЗ, °С	250	200
Плотность 1-сек. тока КЗ, А/мм ² - медная жила - алюминиевая жила	144 93	101 67
Относительная диэлектрическая проницаемость δ при 20°С	2,5	3,3
Коэффициент диэлектрических потерь tg при 20°С	0,001	0,004

Основными преимуществами кабеля с СПЭ-изоляцией являются:

- большая пропускная способность за счет увеличения допустимой температуры жилы;
- высокий ток термической устойчивости при коротком замыкании, что особенно важно в случае, когда сечение кабеля выбрано только на основании номинального тока короткого замыкания;
- низкий вес, меньший диаметр и, вследствие этого, легкость прокладки как в кабельных сооружениях, так и в земле на сложных трассах;
- твердая изоляция, дающая огромные преимущества при прокладке на местности с большими наклонами, возвышенностями и на пересеченной местности, то есть на трассах с большой разницей уровней, за счет отсутствия эффекта отека массы;
- отсутствие жидкости (масла) под давлением и, следовательно, дорогостоящего подпитывающего оборудования, что ведет к значительному уменьшению эксплуатационных расходов, упрощению монтажного оборудования, сокращению времени и стоимости работ по прокладке и монтажу;
- возможность быстрого ремонта в случае пробоа;
- отсутствие утечек масла и опасности загрязнения окружающей среды при повреждении оболочек.

Конструкция

Кабель с СПЭ-изоляцией на напряжение 110-220 кВ состоит из круглой уплотненной или сегментированной медной или алюминиевой жилы, полупроводящего слоя по жиле, изоляции из сшитого полиэтилена, полупроводящего слоя по изоляции, полупроводящей ленты, экрана из медных проволок и медной ленты, полупроводящей ленты, оболочки из полиэтилена или ПВХ пластиката.

На жилу накладывается экструдированный экран из полупроводящего материала, изоляция и полупроводящий экран по изоляции, связанные между собой. Толщина изоляции зависит от диаметра жилы.

Металлический экран состоит из медных проволок и спирально наложенной поверх них медной ленты. Сечение экрана выбирается по условию протекания токов короткого замыкания.

Для обеспечения продольной герметизации в кабелях с индексом «Г» используется слой водоблокирующего материала. При контакте с водой этот слой разбухает и формирует продольный барьер, предотвращая таким образом распространение влаги при повреждении наружной оболочки.

Кабели с индексом «2Г» помимо продольной герметизации имеют оболочку из алюмополимерной ленты, сваренной с полиэтиленовой или ПВХ оболочкой. Такая конструкция создает эффективный диффузионный барьер, препятствующий проникновению паров воды, а наружная оболочка из черного полиэтилена служит как механическая защита.

Также для обеспечения герметизации может применяться свинцовая оболочка. В этом случае кабель имеет индекс «С». Свинцовая оболочка не только обеспечивает герметизацию, но и также может заменить частично или полностью экран, пропуская через себя токи КЗ.

Для обеспечения дополнительной механической защиты в конструкции кабеля может быть предусмотрена броня из проволок из алюминиевого сплава, индекс «Ка».

Кабели с усиленной полиэтиленовой оболочкой с продольными ребрами жесткости, предназначенными для предотвращения повреждений оболочки при прокладке на сложных участках кабельных трасс, имеют в маркировке индекс «У».

По требованию заказчика производится кабель 110-220 кВ со встроенным оптоволоконном для измерения температуры по всей длине кабеля и передачи любых сигналов.



Кабели на напряжение 110 кВ

Технические характеристики кабеля на напряжение 110 кВ

Сечение жилы (S)	мм ²	185	240	300	350	400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	2000	
Сечение экрана (S _{экр})	мм ²	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
Толщина изоляции	мм	16,0	16,0	16,0	16,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	
Толщина оболочки	мм	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	
Диаметр кабеля (D)	мм	71,7	74,0	76,5	77,9	77,5	80,5	83,7	88,6	92,8	97,8	102,6	104,9	112,9	
Вес приблизительно	кг/км	Al	5496	5832	6193	6443	6483	6988	7590	8442	9311	10553	11485	12218	13800
		Cu	6642	7319	8051	8612	8961	10085	11605	13541	15684	17989	20160	22132	26192
Минимальный радиус изгиба (15·D)	м	1,071	1,110	1,148	1,169	1,163	1,208	1,256	1,329	1,392	1,469	1,539	1,574	1,694	
Допустимые усилия тяжения	кН	Al (30·S)	5,55	7,20	9,00	10,5	12,0	15,0	18,9	24,0	30,0	36,0	42,0	48,0	60,0
		Cu (50·S)	9,25	12,00	15,00	17,5	20,00	25,0	31,5	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	100,0
Сопротивление жилы постоянному току	Ом/км	Al	0,1640	0,1250	0,1000	0,0890	0,0778	0,0605	0,0460	0,0367	0,0291	0,0247	0,0212	0,0186	0,0149
		Cu	0,0991	0,0754	0,0601	0,0543	0,0470	0,0366	0,0280	0,0221	0,0176	0,0151	0,0129	0,0113	0,0090
Индуктивность между жилами	мГн/км	0,494	0,473	0,455	0,444	0,429	0,412	0,397	0,382	0,368	0,356	0,347	0,339	0,328	
Емкость, на фазу	мкФ/км	0,135	0,146	0,157	0,164	0,179	0,194	0,209	0,228	0,248	0,274	0,293	0,308	0,336	

Кабели на напряжение 110 кВ

Длительно допустимые токи при прокладке в земле для кабелей напряжением 110 кВ

Нагрузочная способность кабелей высокого напряжения рассчитывается при следующих условиях прокладки:

- прокладка в земле;
- прокладка треугольником вплотную;
- прокладка в плоскости, расстояние между фазами – диаметр в свету;
- глубина прокладки – 1,5 м;
- максимальная температура грунта +15°C;
- удельное термическое сопротивление грунта – 1,2 К·м/Вт;
- температура жилы - +90°C;
- количество цепей – 1;
- коэффициент нагрузки (K_n) – 0,1 и 0,8.

Таблица 1.1. Токи при одностороннем заземлении или сбалансированной транспозиции





Сечение жилы (S), мм ²		185	240	300	350	400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	2000	
Длительно допустимый ток, А	Cu	$K_n=0,8$	490	569	644	684	736	837	949	1064	1173	1369	1479	1565	1669
		$K_n=1,0$	438	507	572	606	652	739	835	932	1023	1189	1280	1350	1437
	Al	$K_n=0,8$	380	442	501	535	577	661	756	859	964	1095	1189	1271	1396
		$K_n=1,0$	341	395	445	475	511	584	665	753	841	951	1030	1097	1202
Длительно допустимый ток, А	Cu	$K_n=0,8$	510	592	671	714	769	878	1000	1128	1253	1444	1567	1661	1794
		$K_n=1,0$	456	529	598	634	683	777	883	994	1100	1266	1371	1450	1562
	Al	$K_n=0,8$	396	460	522	558	601	690	792	902	1017	1146	1247	1332	1478
		$K_n=1,0$	354	411	465	496	534	611	699	794	893	1004	1091	1164	1287

Таблица 1.2. Токи при двустороннем заземлении

Сечение жилы (S), мм ²		185	240	300	350	400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	2000	
Длительно допустимый ток, А	Cu	$K_n=0,8$	463	529	589	621	660	732	807	879	944	1038	1091	1130	1181
		$K_n=1,0$	413	470	521	548	581	641	704	763	816	892	933	964	1001
	Al	$K_n=0,8$	368	423	474	504	538	605	678	752	824	902	957	1003	1071
		$K_n=1,0$	328	376	420	445	475	532	593	655	714	777	822	858	911
Длительно допустимый ток, А	Cu	$K_n=0,8$	451	505	552	576	605	656	706	752	791	840	868	891	916
		$K_n=1,0$	398	445	485	505	529	571	612	649	681	721	743	762	781
	Al	$K_n=0,8$	366	415	460	484	513	565	620	672	720	767	800	827	864
		$K_n=1,0$	325	368	405	426	450	494	539	583	622	660	687	710	739

Кабели на напряжение 110 кВ

Длительно допустимые токи в воздухе для кабелей напряжением 110 кВ

Нагрузочная способность кабелей высокого напряжения рассчитывается при следующих условиях прокладки:

- прокладка в воздухе;
- прокладка треугольником вплотную;
- прокладка в плоскости, расстояние между фазами – диаметр в свету;
- температура жилы - +90°C;
- температура окружающего воздуха - +25°C;
- защита от солнечной радиации – есть.

Таблица 1.3. Токи при одностороннем заземлении или сбалансированной транспозиции





Сечение жилы (S), мм ²	185	240	300	350	400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	2000	
Длительно допустимый ток, А 	Cu	563	660	754	806	874	1006	1153	1310	1462	1729	1888	2013	2185
	Al	437	513	587	631	684	794	918	1056	1200	1380	1515	1632	1824
Длительно допустимый ток, А 	Cu	618	727	833	892	968	1123	1296	1483	1671	1953	2145	2300	2519
	Al	480	565	647	697	756	882	1025	1185	1356	1548	1705	1842	2072

Таблица 1.4. Токи при двустороннем заземлении

Сечение жилы (S), мм ²	185	240	300	350	400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	2000	
Длительно допустимый ток, А 	Cu	540	625	706	749	804	905	1015	1125	1229	1383	1474	1543	1639
	Al	426	497	563	603	649	741	843	952	1060	1183	1274	1348	1468
Длительно допустимый ток, А 	Cu	552	628	696	732	776	852	929	1004	1072	1158	1210	1249	1306
	Al	447	514	576	612	653	731	812	894	972	1053	1110	1157	1229

Кабели на напряжение 220 кВ

Технические характеристики кабеля на напряжение 220 кВ

Сечение жилы (S)	мм ²	400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	2000	2500
Сечение экрана (S экр.)	мм ²	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265
Толщина изоляции	мм	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0
Толщина оболочки	мм	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Диаметр кабеля (D)	мм	94,3	97,3	100,5	105,4	109,6	114,5	119,3	121,6	127,6	134,5
Вес приблизительно Al Cu	кг/км	9623 12101	10202 13299	10882 14897	11854 16953	12831 19204	14103 21538	15149 23824	15929 25843	17647 30039	19742 35231
Минимальный радиус изгиба (20·D)	м	1,884	1,946	2,010	2,108	2,192	2,290	2,386	2,432	2,552	2,690
Доп. усилия тяжения Al (30·S) Cu (50·S)	кН	12,0 20,0	15,0 25,0	18,9 31,5	24,0 40,0	30,0 50,0	36,0 60,0	42,0 70,0	48,0 80,0	60,0 100,0	75,0 125,0
Сопротивление постоянному току Al Cu	Ом/км	0,0778 0,047	0,0605 0,0366	0,464 0,028	0,0367 0,0221	0,0291 0,0176	0,0247 0,0151	0,0212 0,0129	0,0186 0,0113	0,0149 0,009	0,0119 0,0072
Индуктивность между жилами	мГн/км	0,468	0,450	0,434	0,416	0,401	0,386	0,375	0,367	0,354	0,341
Индуктивность между жилой и экраном	мГн/км	0,246	0,230	0,214	0,199	0,184	0,171	0,161	0,154	0,142	0,130
Емкость, на фазу	мкФ/км	0,138	0,148	0,158	0,171	0,184	0,199	0,211	0,221	0,240	0,261

Кабели на напряжение 220 кВ

Длительно допустимые токи при прокладке в земле для кабелей напряжением 220 кВ

Нагрузочная способность кабелей высокого напряжения рассчитывается при следующих условиях прокладки:

- прокладка в земле;
- прокладка треугольником вплотную;
- прокладка в плоскости, расстояние между фазами – диаметр в свету;
- глубина прокладки – 1,5 м;
- максимальная температура грунта +15°C;
- удельное термическое сопротивление грунта – 1,2 К·м/Вт;
- температура жилы - +90°C;
- количество цепей – 1;
- коэффициент нагрузки (К_н) – 0,1 и 0,8.

Таблица 1.5. Токи при одностороннем заземлении или сбалансированной транспозиции

Сечение жилы (S), мм ²		400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	2000	2500	
Длит. доп. ток, А	Cu	K _н =0,8	731	832	944	1060	1169	1356	1465	1550	1658	1718
		K _н =1,0	645	732	827	924	1015	1172	1261	1330	1415	1457
	Al	K _н =0,8	573	657	751	853	958	1084	1177	1258	1384	1488
		K _н =1,0	506	577	658	744	832	937	1014	1079	1182	1263
Длит. доп. ток, А	Cu	K _н =0,8	759	866	986	1112	1235	1421	1542	1638	1764	1837
		K _н =1,0	675	768	873	982	1087	1247	1350	1431	1536	1595
	Al	K _н =0,8	593	680	780	889	1002	1128	1227	1313	1453	1570
		K _н =1,0	528	604	690	784	882	990	1074	1148	1266	1363

Таблица 1.6. Токи при двустороннем заземлении

Сечение жилы (S), мм ²		400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	2000	2500	
Длит. доп. ток, А	Cu	K _н =0,8	647	716	787	855	914	995	1042	1077	1121	1151
		K _н =1,0	566	623	681	735	782	846	882	908	940	959
	Al	K _н =0,8	530	595	664	735	802	871	922	963	1024	1073
		K _н =1,0	464	519	577	634	689	743	783	814	861	897
Длит. доп. ток, А	Cu	K _н =0,8	615	670	723	772	814	866	896	918	947	967
		K _н =1,0	538	583	627	666	700	741	765	782	804	819
	Al	K _н =0,8	517	572	629	685	736	785	820	848	889	921
		K _н =1,0	454	501	548	594	635	675	703	724	757	782

Кабели на напряжение 220 кВ

Длительно допустимые токи в воздухе для кабелей напряжением 220 кВ

Нагрузочная способность кабелей высокого напряжения рассчитывается при следующих условиях прокладки:

- прокладка в воздухе;
- прокладка треугольником вплотную;
- прокладка в плоскости, расстояние между фазами – диаметр в свету;
- температура жилы - +90°C;
- температура окружающего воздуха - +25°C;
- защита от солнечной радиации – есть.

Таблица 1.7. Токи при одностороннем заземлении или сбалансированной транспозиции





Сечение жилы (S), мм ²		400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	2000	2500
Длит. доп. ток, А 	Cu	863	992	1138	1292	1443	1695	1850	1973	2141	2250
	Al	676	782	904	1039	1181	1352	1483	1596	1782	1944
Длит. доп. ток, А 	Cu	942	1087	1253	1433	1613	1883	2066	2214	2423	2565
	Al	736	854	990	1144	1307	1492	1641	1773	1992	2187

Таблица 1.8. Токи при двухстороннем заземлении

Сечение жилы (S), мм ²		400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	2000	2500
Длит. доп. ток, А 	Cu	791	891	997	1104	1203	1343	1428	1493	1581	1646
	Al	640	730	828	933	1037	1151	1236	1307	1418	1513
Длит. доп. ток, А 	Cu	798	886	975	1061	1140	1237	1298	1344	1408	1460
	Al	661	746	835	927	1015	1104	1171	1224	1307	1379

Кабели на напряжение 110-220 кВ

Поправочные коэффициенты для кабелей напряжением 110 – 220 кВ

Поправочные коэффициенты на температуру окружающей среды												
Температура, °С	- 5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
в земле	1,13	1,1	1,06	1,03	1,0	0,97	0,93	0,89	0,86	0,82	0,77	0,73
в воздухе	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,0	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

Поправочные коэффициенты на удельное сопротивление грунта						
Удельное термическое сопротивление грунта, К·м/Вт	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Поправочный коэффициент	1,13	1,05	1,0	0,93	0,85	0,8

Поправочные коэффициенты на глубину прокладки											
Глубина прокладки, м	1	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	3,0	4,0	5,0	10,0	
Поправочный коэффициент	1,05	1,0	0,98	0,96	0,95	0,93	0,91	0,88	0,86	0,8	

Поправочные коэффициенты при прокладке кабеля в трубах в земле			
Условия прокладки	Кабели частично проложены в трубах	Кабели в отдельных трубах	Кабели в общей трубе
Поправочный коэффициент	0,94	0,9	0,9

Поправочные коэффициенты на количество работающих рядом кабелей							
Расстояние между КЛ, мм	Число параллельных КЛ						
	2	3	4	5	6	7	
500	0,86	0,76	0,72	0,68	0,65	0,63	
700	0,87	0,79	0,75	0,72	0,7	0,68	
900	0,89	0,81	0,78	0,75	0,73	0,72	
1000	0,9	0,82	0,79	0,76	0,75	0,74	
1500	0,92	0,86	0,84	0,82	0,81	0,8	
2000	0,94	0,9	0,88	0,87	0,86	0,85	
2500	0,95	0,92	0,9	0,89	0,89	0,88	
3000	0,96	0,93	0,92	0,91	0,91	0,91	
3500	0,97	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	
4000	0,97	0,95	0,95	0,94	0,94	0,94	
4500	0,98	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	
5000	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	
5500	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	
6000	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	

Кабели на напряжение 110-220 кВ

Пример ориентировочного расчета пропускной способности для кабелей напряжением 110 – 220 кВ

Кабельная линия 110 кВ

Материал жилы – медь;
Сечение жилы – 800 мм²;
Прокладка в земле;
Расположение фаз – треугольником вплотную;
Глубина прокладки КЛ – 3,0 м;
Количество цепей – 2;
Расстояние между параллельными цепями – 1,5 м;
Заземление экранов кабелей – двухстороннее;
Температура окружающего грунта +30°С;
Коэффициент нагрузки – 1,0;
Удельное термическое сопротивление грунта – 2,0 К·м/Вт.

Согласно данным, допустимая токовая нагрузка для стандартных условий прокладки для КЛ проложенной кабелем с медной жилой сечением 800 мм² при двустороннем заземлении, при коэффициенте нагрузки 1,0 составляет 816 А. $I_{ст}=816$ А.

Поправочные коэффициенты:

Поправочный коэффициент на глубину прокладки $K_g=0,91$;
Поправочный коэффициент на работающие рядом кабели $K_{рк}=0,92$;
Поправочный коэффициент на температуру окружающей среды $K_{тс}=0,86$;
Поправочный коэффициент на удельное сопротивление грунта $K_{утс}=0,85$.

Длительно допустимый ток для данных условий прокладки вычисляется по формуле:

$$I_{дл. доп.} = I_{ст} \cdot K_g \cdot K_{рк} \cdot K_{тс} \cdot K_{утс} = 816 \cdot 0,91 \cdot 0,92 \cdot 0,86 \cdot 0,85 \approx 499 \text{ А.}^*$$

*Точное значение длительно допустимого тока может быть получено при выполнении расчетов согласно методике МЭК 60287.

Формулы для вспомогательных расчетов

1. Динамические усилия при КЗ

$$F = \frac{0.2}{s} \cdot I_{max}^2 \text{ [Н/м]}$$

Где: I_{max} – $2.5 \cdot I_{кз}$ [кА];
 $I_{кз}$ – Ток КЗ [кА];
 s – расстояние между осями кабеля [м];
 F – максимальное усилие [Н/м].

2. Напряженность электрического поля

$$E_{max} = \frac{U_0}{r_1 \cdot \ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)} \text{ [кВ/мм]} \quad E_{min} = \frac{U_0}{r_e \cdot \ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)} \text{ [кВ/мм]}$$

Где: r_e – внешний радиус изоляции [мм];
 r_i – внутренний радиус изоляции [мм];
 U_0 – номинальное напряжение [кВ];
 E_{max} – напряжение на полупроводящем слое по жиле [кВ/мм];
 E_{min} – напряжение на полупроводящем слое по изоляции [кВ/мм].

3. Диэлектрические потери

$$W = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot U_0^2 \cdot C \cdot \tan(\delta) \text{ [Вт/км]}$$

Где: f – частота [Гц];
 U_0 – номинальное напряжение [кВ];
 C – емкость [мкФ/км];
 $\tan(\delta)$ – тангенс угла диэлектрических потерь.

4. Индукция и индуктивное сопротивление.

$$L = 2 \cdot \ln\left(\frac{k \cdot b}{r_0}\right) \cdot 10^{-1} \text{ [мГн/км]}$$

Где: $k=1$ при прокладке треугольником, $k=1.26$ при прокладке в плоскости;
 b – расстояние между осями [мм];
 r_0 – средний радиус проводника [мм].

$$X = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}{1000} \text{ [Ом/км]}$$

Где: f – частота [Гц];
 L – индуктивность [мГн/км];
 X – индуктивное сопротивление [Ом/км].

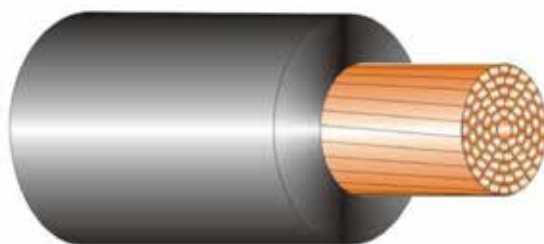
5. Максимальный односекундный ток КЗ.

$$I_{сек} = \frac{I_{кз}}{\sqrt{t_{кз}}} \text{ [кА]}$$

Где: $I_{сек}$ – максимальный односекундный ток КЗ [кА];
 $I_{кз}$ – Ток КЗ [кА];
 $t_{кз}$ – длительность тока КЗ [с].

Кабели заземления/транспозиции марки ПП

Кабели марки ПП предназначены для транспозиции или заземления экранов силовых кабелей. Кабели марки ПП также могут использоваться в качестве дополнительного провода заземления (ЕСС), соединяющего точки заземления экранов кабелей, при выполнении одностороннего заземления на кабельной линии. Дополнительный провод заземления может использоваться при одностороннем заземлении для снижения наведенных напряжений, возникающих при внешнем коротком замыкании.



Технические характеристики кабеля транспозиции/заземления

Сечение жилы (S)	мм ²	240	400
Толщина оболочки	мм	3,5	3,5
Диаметр кабеля (D)	мм	25,1	30,6
Вес приблизительный	кг/км	2414	3911
Минимальный радиус изгиба (10·D)	м	0,251	0,306
Сопротивление жилы DC току, при 20 °С, Cu	Ом/км	0,754	0,0470

Допустимые токи КЗ для кабеля марки ПП

Температура на жиле кабелей марки ПП:

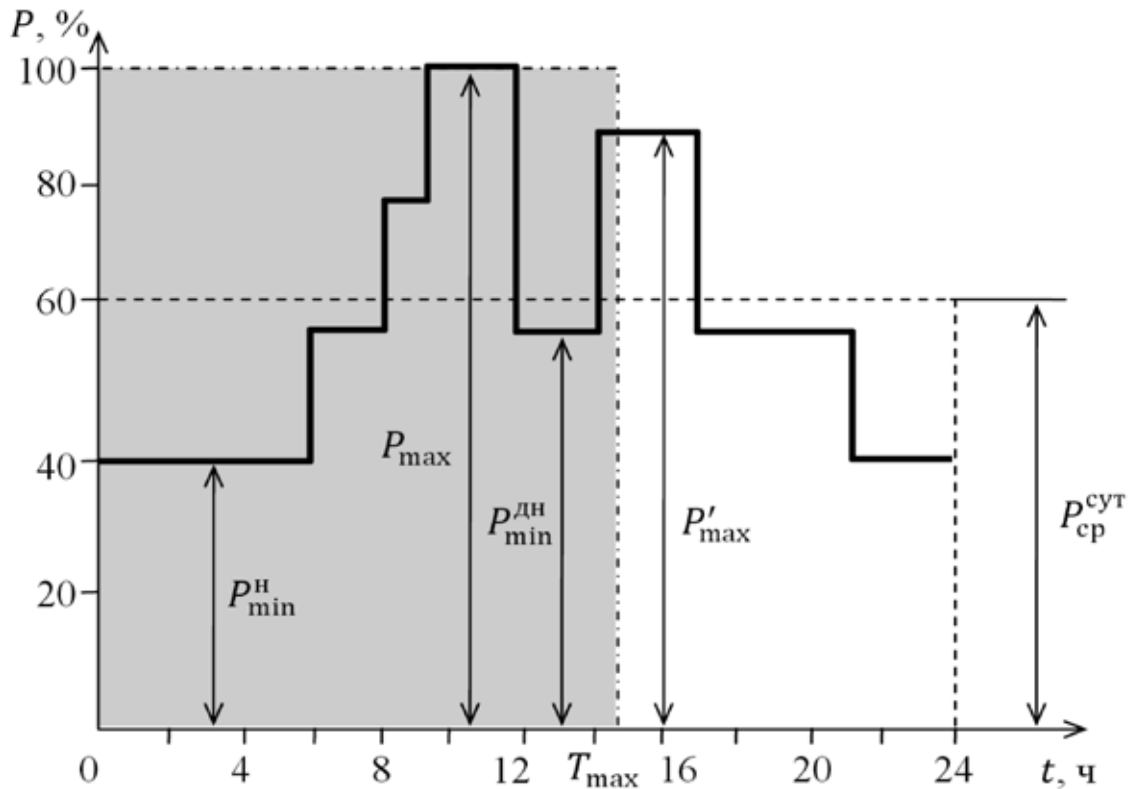
- до короткого замыкания 40°C
- после короткого замыкания 180°C

Допустимый односекундный ток КЗ по кабелю ПП		
Сечение кабеля ПП, мм ²	240	400
Ток КЗ, кА	35,3	58,7

Коэффициент нагрузки

Коэффициент нагрузки, % - отношение среднего значения нагрузки в пределах одного дня к потреблению, которое следовало бы из непрерывного использования максимума нагрузки КЛ, возможного в пределах того же самого периода. Наиболее наглядно коэффициент нагрузки можно определить из графика нагрузки КЛ.

Пример графика нагрузки КЛ



Из графика нагрузки КЛ видно, коэффициент нагрузки в данном случае равен 0,6. Точное значение коэффициента нагрузки можно узнать в региональном диспетчерском управлении энергосистемы. Для расчета коэффициента нагрузки из суточного графика нагрузки можно воспользоваться формулой.

$$K_n = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot t_i)}{24}$$

Где: t_i – длительность i -ого промежутка времени

P_i (%) – значение отношения мощности в i -ый промежуток времени к максимальной мощности.

Токи короткого замыкания

Для всех видов кабеля и сечений ток КЗ вычисляется исходя из нижеприведенных условий:

температура на жиле:

-до короткого замыкания	90°C
-после короткого замыкания	250°C

температура на медном экране или экране из алюминиево сплава:

-до короткого замыкания	70°C
-после короткого замыкания	350°C

температура на свинцовой оболочке:

-до короткого замыкания	70°C
-после короткого замыкания	180°C

Кабель с СПЭ-изоляцией может подвергаться перегрузкам с температурой до 105°C. При этом отдельные аварийные перегрузки не повлияют значительно на срок службы кабеля. Общая длительность режима перегрузки должна быть не более 100 ч. в год и не более 1000 ч. за срок службы кабеля. Допустимые односекундные токи КЗ по жиле и экрану не должны превышать приведенных в таблицах.

Допустимый односекундный ток КЗ по жиле												
Сечение жилы, мм ²	185	240	300	350	400	500	630	800	1000	1200	1600	2000
Медная жила	26,5	34,3	42,9	50,1	57,2	71,5	90,1	114,4	14	172,8	230	288
Алюмин. жила	17,5	22,7	28,2	33,1	37,6	47	59,2	75,2	93,1	114,3	152	190

Допустимый односекундный ток КЗ по экрану														
Сечение медного экрана, мм ²	35	50	70	95	120	150	185	210	240	265	280	290	300	310
Сечение свинцовой оболочки, мм ²	249	383	551	769	968	1199	1493	1732	1963	2197	2288	2385	2458	2562
Ток КЗ, кА	6,8	9,8	13,6	17,7	22,9	28,2	34,7	40,0	45,2	50,4	52,4	54,7	56,3	58,6

Допустимый односекундный ток КЗ по экрану														
Сечение экрана из алюминиевого сплава, мм ²	35	50	70	95	120	150	185	210	240	265	280	290	300	310
Ток КЗ, кА	4,4	6,4	9,2	12,2	15,6	19,0	23,4	26,9	30,4	34,0	35,02	36,8	37,8	39,4

В случае короткого замыкания помимо нагрева следует учитывать также динамические силы, возникающие между фазами кабеля, значения которых могут достигать больших величин. Их необходимо учитывать при выборе способа крепления кабеля.

Кабели на напряжение 110-220 кВ

Условия прокладки и испытания после прокладки кабелей высокого напряжения



При прокладке кабелей с СПЭ-изоляцией на напряжение 110-220 кВ радиус изгиба не должен быть менее $20xD$, где D – наружный диаметр кабеля. После прокладки по трассе допускается изгиб кабелей с радиусом $15xD$ при условии использования специального шаблона (например, у концевых муфт и в других случаях).

При прокладке кабеля чулком или за жилу усилия тяжения не должны превышать следующие значения:

$F = S \times 50 \text{ Н/мм}^2$ — для медной жилы,
 $F = S \times 30 \text{ Н/мм}^2$ — для алюминиевой жилы,
 где S — сечение жилы в мм^2 .

При прокладке кабелей температура должна быть не ниже -5°C . При условии предварительного подогрева кабеля допускается прокладка при температуре:

- 15°C — для кабелей с оболочкой из ПВХ-пластиката и Пнг-НФ;
- 20°C — для кабелей с оболочкой из полиэтилена.

После монтажа кабельной линии, перед вводом в эксплуатацию каждая её фаза (кабель и арматура, смонтированная на нем) в течение одного часа должна выдержать испытание повышенным переменным напряжением следующих значений: для кабелей 110 кВ-напряжением 128 кВ, для кабелей 220 кВ-напряжением 180 кВ, частотой в диапазоне от 20 Гц до 300 Гц, при этом форма волны должна быть синусоидальной. По согласованию между заводом-изготовителем и заказчиком вместо испытания повышенным переменным напряжением допускается испытание номинальным рабочим переменным напряжением в течение 24 часов без нагрузки: для кабелей 110 кВ-напряжением 64 кВ, для кабелей 220 кВ-напряжением 127 кВ.

Оболочка кабеля должна быть испытана постоянным напряжением 10 кВ, приложенным между металлическим экраном и заземлением в течение 1 мин.

При прокладке кабелей «Эстралин ЗВК» должны соблюдаться требования «Руководства по прокладке силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена напряжением 110-500 кВ», № ТД-16-01П, выпущенного в 2016 году НОЧУ «ЦПК «Прокладка и монтаж».

ЭСТРАЛИН

Завод Высоковольтного Кабеля

111024, г. Москва

ул. 2-я Кабельная, д. 2, а/я 130

тел.: +7 (495) 956 66 99

факс: +7 (495)234 32 94

e-mail: info@estralin.com

www.estralin.com

**Мы оставляем за собой право вносить технические изменения или исправления
в данный каталог без уведомления.**

При заказе оборудования действительны только согласованные данные.

