Монтаж линий электропередач самонесущими изолированными проводами

Раздел первый

САМОНЕСУЩИЕ ИЗОЛИРОВАННЫЕ ПРОВОДА

1.1. Основные преимущества самонесущих изолированных проводов

Решению вопросов снижения потерь электроэнергии, стабильности и качеству энергообеспечения в последнее время уделяют большое внимание. Критериями при выборе решения являются повышение надежности линий электропередачи и безопасность при значительном сокращении эксплуатационных расходов. В сельской местности используются самые массовые линии низкого (до 1 кВ включительно) и среднего (до 35 кВ включительно) напряжения. Совершенствование конструкции проводов для воздушных линий электропередач (ВЛЭП) привело к созданию специальных самонесущих изолированных проводов (СИП), обладающих более высокими эксплуатационными свойствами, чем неизолированные провода. Практическое применение таких проводов в отечественной энергетике началось относительно недавно – около 10 лет назад.

По сравнению с традиционными ВЛЭП воздушные линии (ВЛ) с проводами типа СИП имеют ряд преимуществ:

- улучшаются условия эксплуатации за счет устранения случайных контактов с посторонними предметами, отсутствует риск поражения током при касании фазных проводов, находящихся под напряжением;
- практически исключается возможность короткого замыкания между проводами фаз или на землю;
- снижаются габариты подвески, что может дать экономию по материалу опор (Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) разрешена подвеска изолированных проводов на высоте 4 м над уровнем земли, а неизолированных – на высоте 6 м);
- есть возможность установки изолированных телефонных линий на тех же опорах на расстоянии не менее 0,5 м;
- есть возможность подвески на одной опоре ВЛ проводов среднего и низкого напряжения;
- сокращаются эксплуатационные расходы за счет исключения систематической расчистки трасс, сокращения объемов аварийно-восстановительных работ, замены поврежденных изоляторов;

- в лесистых районах уменьшается ширина просек и устраняется риск пожаров при падении проводов;
- возможно сооружение ВЛ без вырубки зеленых насаждений в населенных пунктах, уменьшаются безопасные расстояния до зданий и других инженерных сооружений;
- повышается безопасность в зонах обледенения, уменьшаются не менее чем на 30 % гололедноветровые нагрузки на опоры;
- облегчается сооружение новых линий вне зависимости от существующих;
- снижается падение напряжения вследствие малого реактивного сопротивления (0,1 Ом/км по сравнению с 0,35 Ом/км для неизолированных проводов);
- в населенных пунктах при прокладке по фасадам зданий отсутствует необходимость установки части опор, загромождающих тротуары, возможна прокладка полностью или частично скрытой сети, облегчается присоединение ответвлений в здания;
- исключается возможность хищения электроэнергии.

Недостатком СИП является их высокая стоимость, но срок окупаемости капитальных затрат значительно ниже нормативного благодаря ранее перечисленным преимуществам.

1.2. Конструкции низковольтных самонесущих изолированных проводов и их технические характеристики

По конструкции все СИПы можно разделить на три основных типа: самонесущая система проводов СИП; СИП с изолированной несущей нейтралью; СИП с голой несущей нейтралью. Эти типы СИП можно рассмотреть на примере изделий фирм Simel и Hellstern.

Самонесущая система СИП (рис. 1) представляет собой четыре изолированные алюминиевые жилы. Механическая прочность и сечение всех четырех жил одинаковы. В систему могут быть включены один или два добавочных изолированных алюминиевых проводника в качестве дополнительных жил или жил для уличного освещения. При натяжении линии все четыре жилы несут одинаковую нагрузку. Линии абонентов (ответвления) применяются обычно также самонесущего типа. Характеристики СИП до 1 кВ самонесущей системы приведены в табл. 1 и 2.

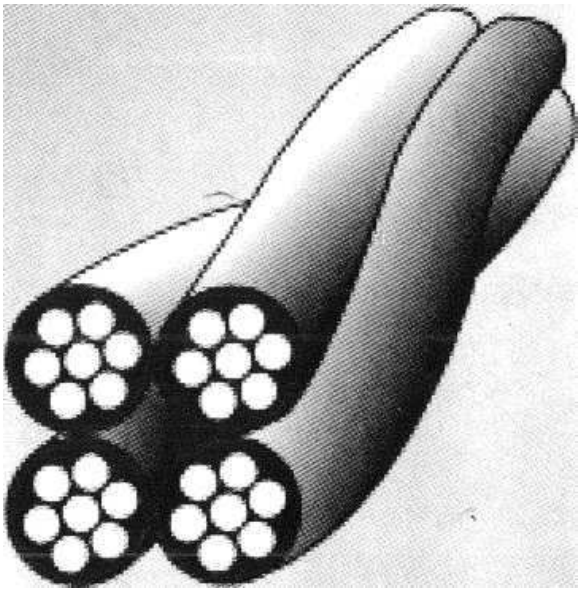


Рис. 1. Самонесущая система СИП

Таблица 1

Размеры проводов фаз самонесущей системы СИП

Сечение ($мм^2$)	Диаметр проводника		Толщина изоляции		Диаметр жилы макс. (мм)	Допустимая токовая нагрузка (А)*	Разрушающ. нагрузка (кгс)
	мин. (мм)	макс. (мм)	ном. (мм)	мин. (мм)			
16	4,6	5,1	1,2	1,00	7,8	–	260
25	5,6	6,5	1,3	1,07	10,0	107	417
35	6,6	7,5	1,3	1,07	11,0	132	578
50	7,7	8,6	1,5	1,25	12,5	165	845
70	9,3	10,2	1,5	1,25	14,0	205	1132
95	11,0	12,0	1,7	1,50	16,1	–	1530
120	12,5	13,5	1,8	1,60	17,6	–	2000
150	13,9	15,0	1,8	1,60	18,8	–	2500

* определена для температуры окружающей среды 35ºС и максимальной температуры жилы 80ºС

Таблица 2

Размеры скрученного провода самонесущей системы СИП

Количество и сечение проводов фаз + + сечение провода освещения ($мм^2$)	Примерный диаметр скрутки (мм)
2×16	15
2×25	18
2×35	20
4×16	18
4×25	22
4×35	25
4×50	28
4×70	32
4×70 + 1×35	36
4×70 + 2×35	40
4×95	37
4×120	40
4×120 + 2×35	43
4×150	44

Система СИП с изолированной несущей нейтралью (рис. 2) состоит из трех изолированных жил и одной изолированной несущей нейтрали из алюминиевого сплава. В систему могут быть включены один или два добавочных изолированных алюминиевых проводника в качестве дополнительных жил или жил для уличного освещения. Механическая прочность и сечение трех фаз одинаковы. Проводник нейтрали предназначен для подвешивания СИП и имеет высокую механическую прочность. При натяжении линии только нейтраль несет всю растягивающую нагрузку. Характеристики СИП до 1 кВ с изолированной несущей нейтралью приведены в табл. 3, 4, 5.

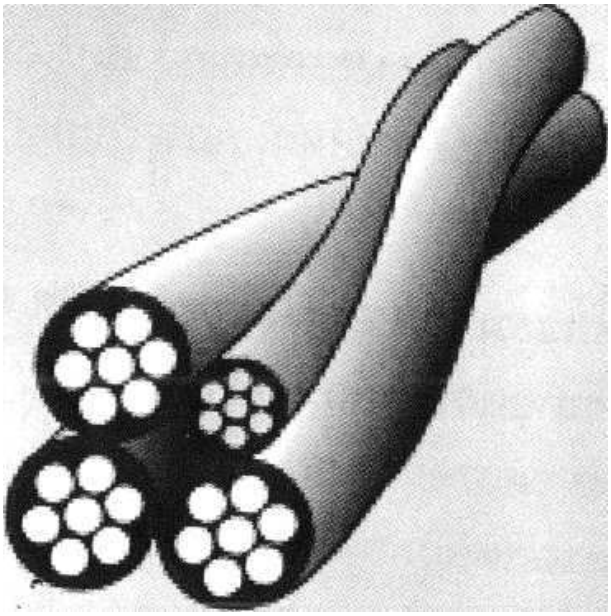


Рис. 2. СИП с изолированной несущей нейтралью

Таблица 3

Размеры проводов фаз СИП с изолированной несущей нейтралью

Сечение ($мм^2$)	Диаметр проводника		Толщина изоляции ном. (мм)	Диаметр жилы		Допустимая токовая нагрузка (А)*	Разрушающ. нагрузка (кгс)
	мин. (мм)	макс. (мм)		мин. (мм)	макс. (мм)		
16	4,6	5,1	1,2	7,0	7,8	–	–
25	5,8	6,3	1,4	8,6	9,4	112	–
35	6,8	7,3	1,6	10,0	10,9	138	–
50	7,9	8,4	1,6	11,1	12,0	168	–
70	9,7	10,2	1,8	13,3	14,2	213	–
95	11,0	12,0	1,8	14,6	15,7	258	–
120	12,0	13,1	1,8	15,6	16,7	306	–
150	13,9	15,0	1,7	17,3	18,6	344	–

* определена для температуры окружающей среды 30ºС и максимальной температуры жилы 90ºС

Таблица 4

Размеры изолированной несущей нейтрали СИП

Сечение ($мм^2$)	Диаметр проводника		Толщина изоляции ном. (мм)	Диаметр жилы		Допустимая токовая нагрузка (А)*	Разрушающ. нагрузка (кгс)
	мин. (мм)	макс. (мм)		мин. (мм)	макс. (мм)		
54,6	9,2	9,6	1,6	12,3	13,0	–	1660
70	10,0	10,2	1,5	12,9	13,6	–	2050
95	12,2	12,9	1,6	15,3	16,3	–	2750

Таблица 5

Размеры скрученного провода СИП с изолированной несущей нейтралью

Количество и сечение проводов фаз + + сечение провода освещения + сечение нейтрали ($мм^2$)	Примерный диаметр скрутки (мм)
3×25 + 54,6	30,0
3×35 + К×16 + 54,6	33,0
3×50 + К×16 + 54,6	36,0
3×70 + К×16 + 54,6	37,5
3×70 + К×25 + 54,6	40,0
3×70 + К×16 + 70	41,0
3×95 + К×16 + 70	44,0
3×120 + К×16 + 70	46,0
3×120 + К×16 + 95	47,0
3×150 + К×16 + 70	48,0
3×150 + К×16 + 95	49,0

К – количество дополнительных проводов или проводов освещения (т. е. К – эквивалентно 0, 1, 2 или 3)

Система СИП с голой несущей нейтралью (рис. 3) состоит из трех изолированных алюминиевых жил и одной несущей нейтрали из алюминиевого сплава без изоляции. В систему могут быть включены один или два добавочных изолированных алюминиевых проводника в качестве дополнительных жил или жил для уличного освещения. Механическая прочность и сечение трех фаз одинаковы. Проводник нейтрали предназначен для подвешивания СИП и имеет высокую механиче-

скую прочность. При натяжении линии только нейтраль несет всю растягивающую нагрузку. Нейтраль может быть использована в качестве защитной и нулевой жилы. Характеристики СИП до 1 кВ с голой несущей нейтралью приведены в табл. 6, 7, 8.

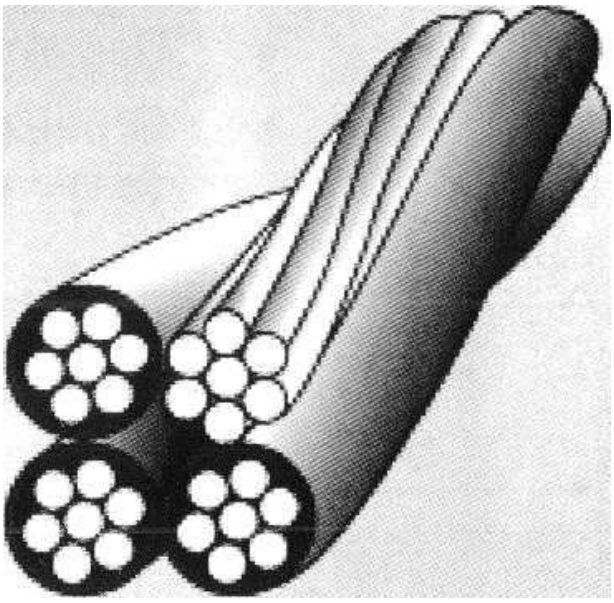


Рис. 3. СИП с голой несущей нейтралью

Таблица 6

Размеры проводов фаз СИП с голой несущей нейтралью

Сечение ($мм^2$)	Диаметр проводника		Толщина изоляции ном. (мм)	Диаметр жилы		Допустимая токовая нагрузка (А)*	Разрушающ. нагрузка (кгс)
	мин. (мм)	допуск (мм)		мин. (мм)	макс. (мм)		
16	4,4	± 0,05	1,4	7,1	7,3	70	–
25	5,9	± 0,20	1,4	8,3	9,1	95	–
35	6,9	± 0,20	1,6	9,7	10,5	115	–
50	8,1	± 0,25	1,6	10,8	11,8	140	–
70	9,7	± 0,25	1,8	12,8	13,8	180	–
120	12,8	± 0,30	2,0	16,2	17,4	250	–

Таблица 7

Размеры голой несущей нейтрали

Сечение ($мм^2$)	Диаметр проводника		Толщина изоляции ном. (мм)	Диаметр жилы		Допустимая токовая нагрузка (А)*	Разрушающ. нагрузка (кгс)
	мин. (мм)	допуск (мм)		мин. (мм)	макс. (мм)		
25	5,9	± 0,20	–	5,5	6,3	–	740
35	6,9	± 0,20	–	6,5	7,3	–	1030
50	8,1	± 0,25	–	7,6	8,6	–	1420
70	9,7	± 0,25	–	9,2	10,2	–	2060
95	11,4	± 0,30	–	10,8	12,0	–	2790

Таблица 8

Размеры скрученного провода СИП с голой несущей нейтралью

Количество и сечение проводов фаз + + сечение нейтрали ($мм^2$)	Примерный диаметр скрутки (мм)
1×16 + 25	15
3×16 + 25	22
4×16 + 25	22
3×25 + 35	26
4×25 + 35	26
3×35 + 50	30
3×50 + 70	35
3×70 + 95	41
3×120 + 95	47

В России провода типа СИП выпускает ОАО «Иркутсккабель» по ТУ 16.К71-120-91 марки САПт, САСПт, САСПсш, САПсш, которые предназначены для передачи и распределения электроэнергии на переменном напряжении до 380 В, номинальной частотой 50 Гц (рис. 4). Провода марки САПт и САПсш предназначены для ответвлений от воздушной линии для вводов в жилые дома и хозяйственные постройки, провода марки САСПт и САСПсш предназначены для прокладки наружной магистрали линий электропередачи и ответвлений к вводам в жилые дома и хозяйственные постройки. Токопроводящие жилы скручены из алюминиевых проволок и изолированы светостабилизированным полиэтиленом. Для проводов марок САПт и САСПт применяется термопластичный полиэтилен, а для проводов марок

САПсш и САСПсш – сшитый полиэтилен. Несущая жила скручена из проволок алюминиевого сплава или должна иметь сталеалюминиевую конструкцию. Изолированные жилы двухжильных проводов марок САПт и САПсш скручены между собой. Изолированные фазные жилы, а при необходимости изолированная жила наружного освещения проводов марок САСПт и САСПсш скручены вокруг неизолированной несущей жилы. Диапазон сечений: основных жил от 10 до 120 кв. мм, жил освещения 25 и 35 кв. мм, несущих жил от 16 до 95 кв. мм. Допустимый длительный ток для проводов марки САПсш и САСПсш приведен в табл. 9, для проводов марок САПт САСПт – в табл. 10. Срок службы проводов – не менее 25 лет с момента изготовления провода.

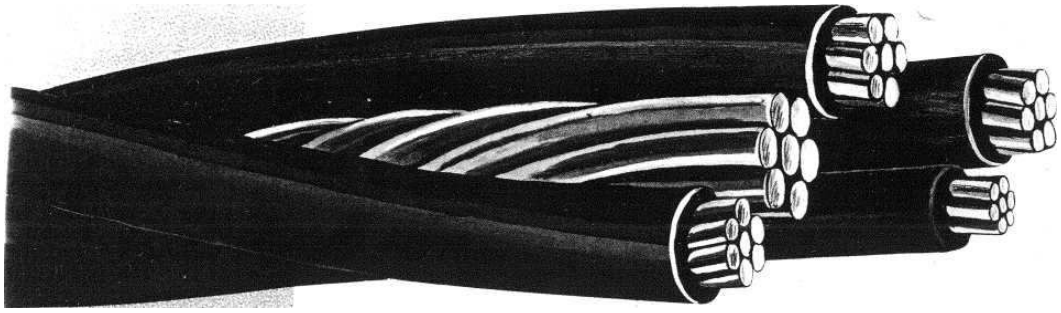


Рис. 4. СИП, выпускаемые ОАО «Иркутсккабель»

Таблица 9

Допустимый длительный ток для проводов марки САПсш и САСПсш

Сечение ТПЖ, мм^2	Ток, А при интенсивности солнечной радиации, Вт/м^2					
	0		600		1125	
	При температуре окружающего воздуха, ^{o}С					
	25	40	25	40	25	40
10	90	80	80	65	65	50
16	110	95	95	80	75	55
25	150	130	125	105	100	70
35	180	155	150	120	120	80
50	235	205	195	160	150	100
70	290	255	240	190	180	115
95	350	305	280	225	210	125
120	410	360	330	265	240	140

Прокладка и монтаж проводов должны проводиться при температуре окружающего воздуха не ниже минус 10ºС; длительная рабочая температура на жиле провода должна быть не более 70ºС для проводов марок САПт и САСПт и не более 90ºС для проводов марок САПсш и САСПсш; допустимая температура жил проводов марок САПт и САСПт при токах короткого замыкания в течение не более 1 сек не должна превышать 130ºС, для проводов марок САПсш и САСПсш – 250ºС.

Таблица 10

Допустимый длительный ток для проводов марок САПт и САСПт и допустимый ток короткого замыкания

Сечение ТПЖ, мм^2	Ток, А при интенсивности солнечной радиации, Вт/м^2					
	0		600		1125	
	При температуре окружающего воздуха, ºС					
	25	40	25	40	25	40
10	75	60	60	40	40	40
16	95	75	70	45	45	–
25	125	100	95	60	55	–
35	150	120	110	65	60	–
50	195	160	140	85	65	–
70	240	195	170	95	–	–
95	290	235	200	110	–	–
120	340	275	230	120	–	–

Сечение ТПЖ, мм^2	Допустимый ток короткого замыкания			
	Провода марок САПсш, САСПсш		Провода марок САПт, САСП	
	ток, кА, при длительности к. з., с.		ток, кА, при длительности к. з., с.	
	1	3	1	3
10	0,9	0,5	0,6	0,3
16	1,4	0,8	1,0	0,5
25	2,3	1,3	1,5	0,8
35	3,2	1,8	2,0	1,2
50	4,6	2,6	3,0	1,7
70	6,4	3,7	4,0	2,4
95	7,6	4,4	5,0	2,9
120	7,6	4,4	5,0	2,9

В последние годы расширяется применение в России и СИПов зарубежных фирм. Французская группа «АЛКАТЕЛЬ-Кабель» или «NEXANS» (новое название группы) изготавливает СИПы марки «Торсада». Они предназначены для сооружения ВЛЭП напряжением до 1 кВ с подвеской на опорах или фасадах зданий и сооружений. Провода рекомендуются к использованию во всех климатических районах по ветру и гололеду при температуре окружающей среды от – 45ºС до + 50ºС, могут быть использованы при сооружении ВЛ с совместной подвеской проводов вещания и телефонных линий; отвечают требованиям ГОСТ 2744-79.

СИП «Торсада» изготавливаются в двух конструктивных исполнениях: с несущим нулевым проводом (для магистральных участков) и без несущего провода (для участков ответвлений). Провод для магистральных участков состоит из несущего нулевого провода, вокруг которого скручены три фазных провода и, при необходимости, провода наружного освещения и контрольные провода. СИП для ответвлений состоит из двух или четырех фазных проводов и, при необходимости, проводов управления, скрученных в жгут. Все провода, включая несущий нулевой провод, имеют изолирующую оболочку из полиэтилена с поперечными связями с включением до 10 % газовой сажи для обеспечения длительного срока эксплуатации. Жилы фазных проводов выполнены из алюминия, жила несущего провода – из алюминиевого сплава под названием «альмелек». Для фазных проводов сечением 25–70 мм^2 используется несущий провод сечением 54,6 мм^2, для фазных проводов сечением 95–150 мм^2 используется несущий провод сечением 70 мм^2. СИП «Торсада» характеризуется стойкостью к ультрафиолетовому излучению, стойкостью к воздействию озона, сопротивляемостью погодным условиям, сохранением механической прочности и электрических параметров при температурах от – 45ºС до + 85ºС и влагонепроницаемостью. Конструкция магистральной «Торсады» показана на рис. 5, ответвительной «Торсады» – на рис. 6, технические характеристики «Торсады» приведены в табл. 11, 12.

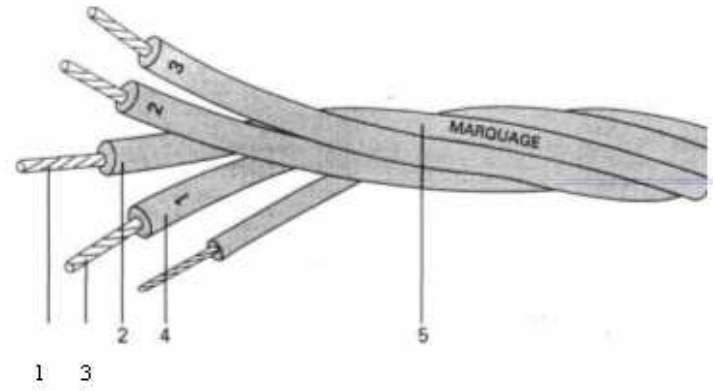


Рис. 5. Конструкция магистрального СИП «Торсада»

Несущий нулевой трос: 1 – жила – круглая, скрученная, из алюминиевого сплава AGS, сечения 70 мм^2; 2 – изоляция – сшитый полиэтилен, экструзионный, черного цвета. Характеристики несущего нуля: номинальное сечение: 70 мм^2 (7 проволок по 3,45 мм); диаметр жилы: 10 мм; диаметр жилы с изоляцией: 13,1 – 13,6 мм; минимальный предел прочности: 2000 даН; модуль эластичности: 62000 МПа; коэффициент линейного расширения: 23×10^{-6}.

Проводники фазные или наружного освещения:

3 – жила – алюминиевая, круглая (2 класс); 4 – изоляция – сшитый полиэтилен, экструзионный, черного цвета; 5 – маркировка – 268 NFC 33209 ретилен 268, цифры выдавлены через 1 м.

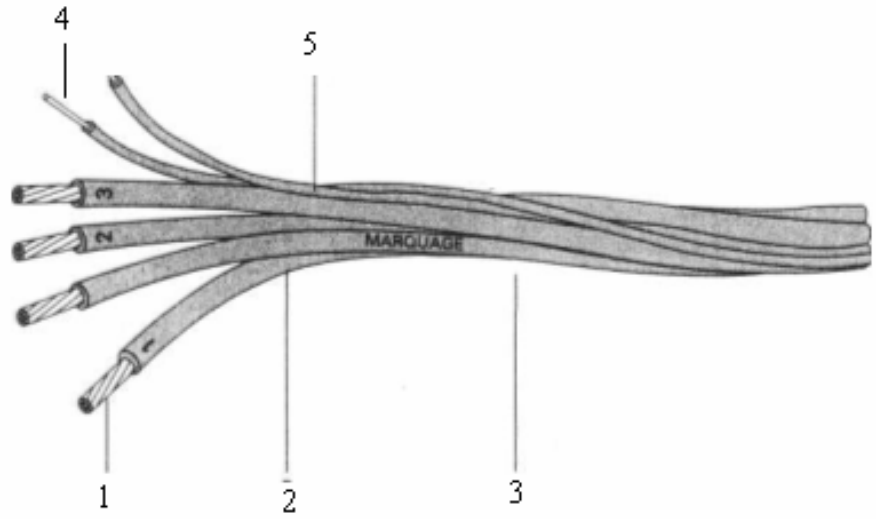


Рис. 6. Конструкция ответвительного СИП «Торсада»

Проводник фазный:

1 – жила – алюминиевая, круглая (2 класс); 2 – изоляция – экструзионный сшитый полиэтилен черного цвета ; 3 – маркировка – 268 NFC 33 209 ретилен 268S, цифры выдавлены через 1 м.

Провод телемеханики:

4 – жила – медная, круглая, литая; 5 – изоляция – экструзионный сшитый полиэтилен черного цвета.

Таблица 11

Технические характеристики магистрального СИП «Торсада»

Конструкция жгута	Диаметр, мм					Масса жгута, кг/км	Линейное сопротивление при 20^0С, Ом/км		Сила тока в рабочем режиме, А	
	жила		жилы с изоляцией		жгута				в фазном проводе	в проводе освещения
	фазного провода	провода освещения	фазного провода	провода освещения			фазного провода	провода освещения		
3Х25 + 54.6	5,8	–	8,6	–	24	531	1.200	–	97	–
3Х25 + 54.6 + 16	5,8	4,6	8,6	7,0	25	600	1,200	1,910	97	74
3Х25 + 54.6 + 2Х16	5,8	4,6	8,6	7,0	26,5	670	1,200	1,910	97	74
3Х35 + 54.6	6,8	–	10,0	–	24,6	641	0,868	–	118	–
3Х35 + 54.6 + 16	6,8	4,6	10,0	7,0	25,5	710	0,868	1,910	118	74
3Х35 + 54.6 + 2Х16	6,8	4,6	10,0	7,0	27,5	779	0,868	1,910	118	74
3Х50 + 54.6	7,9	–	11,1	–	27	770	0,641	–	141	–
3Х50 + 54.6 + 16	7,9	4,6	11,1	7,0	28,5	839	0,641	1,910	141	74
3Х50 + 54.6 + 2Х16	7,9	4,6	11,1	7,0	30	907	0,641	1,910	141	74
3Х70 + 54.6	9,7	–	13,3	–	30	985	0,443	–	213	–
3Х70 + 54.6 + 16	9,7	4,6	13,3	7,0	32,2	1054	0,443	1,910	213	74
3Х70 + 54.6 + 2Х16	9,7	4,6	13,3	7,0	33	1122	0,443	1,910	213	74
3Х70 + 70	9,7	–	13,3	–	32	1034	0,443	–	213	–
3Х70 + 70 + 16	9,7	4,6	13,3	7,0	33	1103	0,443	1,910	213	74
3Х70 + 70 + 2Х16	9,7	4,6	13,3	7,0	34	1172	0,443	1,910	213	74
3Х150 + 70	13,9	–	17,3	–	40	1749	0,206	–	335	–
3Х150 + 70 + 16	13,9	4,6	17,3	7,0	41	1817	0,206	1,910	335	74
3Х150 + 70 + 2Х16	13,9	4,6	17,3	7,0	42	1885	0,206	1,910	335	74

Таблица 12

Технические характеристики ответвительного СИП «Торсада»

Конструкция жгута	Диаметр, мм				Масса жгута, кг/км	Линейное сопротивление при 20°С, Ом/км	Сила тока при 20°С, А	Падение напряжения, В/А, км	Прочность жилы на разрыв, даН
	жилы	Жилы с изоляцией		жгута					
		мин.	макс.						
2×16	4,6	7,0	7,8	14,0	137	1,91	83	3,98	190
2×25	5,8	8,6	9,4	17,2	210	1,20	108	2,54	300
4×16	4,6	7,0	7,8	17,8	274	1,91	74	3,28	190
4×25	5,8	8,6	9,4	20,2	420	1,20	97	2,18	300
2×16 + 2×1,5	4,6	7,0	7,8	16,0	191	1,91	83	3,98	190
4×16 + 2×1,5	4,6	7,0	7,8	19,4	328	1,91	74	3,28	190
2×25 + 2×1,5	5,8	8,6	9,4	19,5	264	1,20	108	2,54	300
4×25 + 2×1,5	5,8	8,6	9,4	21,6	474	1,20	97	2,18	300

Подвеска СИП «Торсада» на опорах ВЛ 0,4 кВ осуществляется с помощью линейной арматуры (поддерживающие и натяжные зажимы), в которой закрепляется только несущий нулевой провод.

В расчетах подвески СИП «Торсада» учитываются две климатические модели нагрузок:

- температура + 15°С и давление ветра на СИП 360 Па для нормальных ветровых нагрузок и 480 Па для высоких ветровых нагрузок;
- температура – 10°С и давление ветра на СИП 135 Па.

Для районов с сильными снеговыми отложениями (налипание снега) и опасностью обледенения в расчетах необходимо учитывать дополнительную климатическую модель:

- температура – 5°С и давление ветра на СИП без снежного покрова 360 Па.

Тяжение при подвеске СИП «Торсада» на опорах ВЛ определяется по монтажным таблицам в зависимости от длины пролета и расчетных параметров при + 40°С без ветра (табл. 13).

Таблица 13

Тяжения несущего провода СИП «Торсада» при подвеске на опорах ВЛ

Тяжения несущего провода СИП определяются по следующим формулам:

Сечение СИП 3×25 + 54,6 3×25 + 54,6 + 1×16 3×25 + 54,6 + 2×16							
Пролет, м	40	50	60	70	80	90	Формула расчета тяжения несущей жилы СИП
Температура воздуха при подвеске СИП, ºС	Стрела провеса, м						
40	0,47	0,62	0,88	1,18	1,60	2,10	$T = \frac{7{,}05a^2}{100f}$, *даН*
25	0,37	0,52	0,72	1,01	1,42	1,90	
15	0,32	0,46	0,65	0,92	1,34	1,78	
5	0,28	0,42	0,56	0,82	1,17	1,64	
Сечение СИП 3×35 + 54,6 3×35 + 54,6 + 1×16 3×35 + 54,6 + 2×16							
Пролет, м	40	50	60	70	80	90	Формула расчета тяжения несущей жилы СИП
Температура воздуха при подвеске СИП, ºС	Стрела провеса, м						
40	0,54	0,77	1,02	1,47	1,94	2,55	$T = \frac{8{,}55a^2}{100f}$, *даН*
25	0,43	0,65	0,87	1,30	1.77	2,35	
15	0,37	0,57	0.79	1,20	1,68	2,22	
5	0,33	0,50	0,71	1,10	1,55	2,10	
Сечение СИП 3×50 + 54,6 3×50 + 54,6 + 1×16 3×50 + 54,6 + 2×16							
Пролет, м	40	50	60	70	80	90	Формула расчета тяжения несущей жилы СИП
Температура воздуха при подвеске СИП, ºС	Стрела провеса, м						
40	0,59	0,85	1,22	1,69	2,26	2,93	$T = \frac{10a^2}{100f}$, *даН*
25	0,49	0,73	1,07	1,54	2,10	2,78	
15	0,43	0,65	0,99	1,44	2,00	2,68	
5	0,38	0.59	0,90	1,34	1,89	2,56	

Окончаниетаблицы 13

Сечение СИП 3×70 + 54,6 3×70 + 54,6 + 1×16 3×70 + 54,6 + 2×16							
Пролет, м	40	50	60	70	80	90	Формула расчета тяжения несущей жилы СИП
Температура воздуха при подвеске СИП, ºС	Стрела провеса, м						
40	0,69	1,03	1,52	2,08	2,80	3,48	$T = \frac{13a^2}{100f}$, *даН*
25	0,60	0,92	1,39	1,94	2,66	3,29	
15	0,54	0,85	1,31	1,86	2,57	3,24	
5	0,48	0,78	1,23	1,78	2,48	3,14	
Сечение СИП 3×70 + 70 3×70 + 70 + 1×16 3×70 + 70 + 2×16							
Пролет, м	40	50	60	70	80	90	Формула расчета тяжения несущей жилы СИП
Температура воздуха при подвеске СИП, ºС	Стрела провеса, м						
40	0,69	1,03	1,52	2,08	2,80	3,48	$T = \frac{13a^2}{100f}$, *даН*
25□15	0,60	0,92	1,39	1,94	2,66	3,29	
15	0,54	0,85	1,31	1,86	2,57	3,24	
5	0,48	0,78	1,23	1,78	2,48	3,14	
Сечение СИП 3×150 + 70 3×150 + 70 + 1×16 3×150 + 70 + 2×16							
Пролет, м	40	50	60	70	80	90	Формула расчета тяжения несущей жилы СИП
Температура воздуха при подвеске СИП, ºС	Стрела провеса, м						
40	0,88	1,38	1,99	2,70	3,53	4,47	$T = \frac{20,3a^2}{100f}$, *даН*
25	0,79	1,24	1,78	2,40	3,15	3,98	
15	0,73	1,15	1,65	2,25	2,92	3,72	
5	0,67	1,05	1,50	2,07	2,70	3,40	

a – пролет подвески (расстояние между двумя смежными опорами ВЛ)

При подвеске СИП «Торсада» на стенах зданий натяжение СИП осуществляется при помощи анкерных клиновых зажимов, в которых закрепляется несущий провод СИП. Провод натягивается горизонтально и крепится к стене здания специальными крепежными изделиями через каждые 5 – 6 м. Зазор между стеной и СИП

– около 10 см, наиболее низкая температура при монтаже минус 10ºС, ветровая нагрузка отсутствует, усилие на несущий провод СИП не должно превышать 300 даН.

СИП, протягиваемые через улицу или незастроенное пространство от здания к зданию, крепятся к вцементированным в стены зданий кронштейнам с помощью анкерных зажимов. Тяжение несущего провода СИП не должно превышать 300 даН. Анкерные зажимы с обеих сторон провода должны находиться на одинаковой высоте. Климатические условия подвески СИП такие же, как для подвески СИП на опорах ВЛ 0,4 кВ.

Для СИП «Торсада», подвешиваемых на ответвлениях от магистрали ВЛ к вводам в здания, максимально допустимые пролеты при стреле провеса 0,5 м и температуре воздуха + 15ºС указаны в табл. 14.

Таблица 14

Максимально допустимые пролеты для СИП «Торсада»,
подвешиваемых на ответвлениях от магистрали ВЛ к вводам в здания

Количество жил ×сечение, шт.×мм^2	2×16	2×25	4×16	4×25
Расчетные климатические условия	длина пролета ответвления к вводу, м			
Наиболее неблагоприятный скоростной напор ветра (либо ветер 480 Па при – 15ºС, либо ветер 180 Па при –20ºС)	30	40	39	40
1 даН снежного слоя при –10ºС без ветра	30	40	39	40
2 даН снежного слоя при –10ºС без ветра	25	30	35	40

Финская фирма «Нокия» выпускает подвесные скрученные кабели, которые используются в качестве воздушного провода низкого напряжения. Кабель марки АМКА на напряжение до 1кВ (рис. 7) имеет алюминиевые токопроводящие жилы сечением 16 мм^2 – круглая проволока, сечением 25 ÷ 120 мм^2 – уплотненный трос круглой формы. Изоляция каждой фазы из атмосферостойкого полиэтилена черного цвета. Фазное обозначение осуществлено с помощью двух, трех или четырех параллельных гребней, вытисненных на поверхности изоляции. Когда в дополнение к трем нормальным токопроводящим жилам требуется использование дополнительного провода, кабели АМКА оснащаются жилой управления, не имеющей вытисненного обозначения, сечением 16 или 25 мм^2. Подвесной трос кабеля – круглый, уплотненный из алюминиевого сплава, используется одновременно в качестве жилы PEN (защитная и нулевая жила). В пятижильном кабеле подвесной трос используется также в качестве жилы PE (защитная жила). Изолированные токопроводящие жилы скручены вокруг подвесного троса таким образом, что механическая на-

грузка проложенного в воздухе кабеля сосредотачивается целиком на подвесном тросе. Конструктивные параметры кабелей АМКА приведены в табл. 15, электрические параметры – в табл. 16.

Рис. 7. Подвесной скрученный кабель АМКА

Таблица 15

Конструктивные параметры кабеля АМКА

n×S мм^2	Токопроводящие жилы		Подвесной трос; нулевая жила			Комплектный кабель		
	D, неизолированной жилы, не более мм	Алюминий, масса кг/км	D, не более мм	Алюминиевый, сплав, масса, кг/км	Разрушающая нагрузка при растяжении миним., кН	эффект.* диаметр на ветру, мм	компл. масса, кг/км	радиус изгиба миним., мм
1×16 + 25	4,45	41	6,10	65	7,40	11	135	200
3×16 + 25	4,45	123	6,10	65	7,40	20	270	240
4×16 + 25	4,45	164	6,10	65	7,40	22	330	240
3×25 + 35	6,10	200	7,10	92	10,3	23	390	280
4×25 + 35	6,10	267	7,10	92	10,3	25	490	280
3×35 + 50	7,10	280	8,35	125	14,2	27	530	320
3×50 + 70	8,35	375	9,95	183	20,6	31	700	370
3×70 + 95	9,95	545	11,7	250	27,9	36	1000	400
3×120 + 95	13,1	960	11,7	250	27,9	42	1500	500

Таблица 16

Электрические параметры кабеля АМКА

n×d, мм^2	Токопроводящие жилы				Нулевая жила		
	сопротивление постоянному току		реактивное сопротивление прямой последовательности, Ом/км	реактивное сопротивление нулевой последовательности, Ом/км	сопротивление** постоянному току		реактивное сопротивление нулевой последовательности, Ом/км
	+20ºС Ом/км	+70ºС Ом/км			+20ºС Ом/км	+70ºС Ом/км	
1×16 + 25	1,91	2,30	0,090	–	1,38	1,62	0,074
3×16 + 25	1,91	2,30	0,108	0,055	1,38	1,62	0,074
3×25 +35	1,20	1,44	0,106	0,045	0,986	1,16	0,073
3×35 + 50	0,868	1,04	0,104	0,045	0,720	0,846	0,073
3×50 + 70	0,641	0,770	0,101	0,045	0,493	0,579	0,071
3×70 + 95	0,443	0,532	0,097	0,045	0,363	0,427	0,070
3×120 + 95	0,253	0,304	0,092	0,030	0,363	0,427	0,078

При монтаже кабелей АМКА используется анкерная и поддерживающая арматура, разработанная для СИПов. Температура окружающей среды не должна при монтаже кабеля быть ниже – 20ºС. При соблюдении особых мер предосторожности допускается монтаж кабеля и при более низкой температуре. Все работы по кабелю (монтаж соединений, ответвлений) необходимо всегда производить в обесточенном состоянии сети. При стыковке с кабелями другого типа следует помнить, что подвесной трос кабеля АМКА служит одновременно нулевой жилой, который необходимо соединять с соответствующей нулевой жилой.

1.3. Высоковольтные изолированные кабели и провода для воздушных линий электропередач

Кроме самонесущих проводов на низкое напряжение, в последнее время на рынке сбыта появились высоковольтные кабели, в частности, кабели, изготовленные предприятием «Нокиа Кабель» (Финляндия). Изоляция из сшитого полиэтилена, применяемая для этих кабелей, позволила, в сравнении с неизолированными проводами, значительно уменьшить расстояние между проводами. Эти кабели нечувствительны к соприкосновениям, что в значительной мере повышает надежность электроснабжения потребителей. Кабели обеспечивают экономию места и возможность прокладки линий в относительно узком пространстве.

Подвесной скрученный кабель SAXKA выпускается фирмой «Нокиа Кабель» на номинальное напряжение 12/20 кВ, 6/10 и 18/30 кВ (рис. 8). Кабель марки SAXKA представляет собой кабель с пластмассовой изоляцией, состоящий из трех одножильных кабелей, скрученных вокруг стального подвесного троса. Токопроводящая жила – уплотненная, круглая, алюминиевая; экран по жиле – полупроводящая пластмасса; изоляция – сшитый полиэтилен; экран по изоляции – полупроводящие пластмасса и лента;

Рис. 8. Подвесной высоковольтный кабель SAXKA

общий экран – алюмо-полиэтиленовая лента; оболочка – атмосферостойкая, противостоящая трению пластмасса; подвесной трос – многопроволочный, оцинкованный стальной трос; скрутка – три одножильных кабеля с оболочкой, скрученные вокруг подвесного троса. Конструктивные параметры кабеля приведены в табл. 17, электрические параметры – в табл. 18.

Таблица 17

Конструктивные параметры кабеля SAXKA

Сечение жил	мм^2	70	120	185
Массы Алюминий	кг/км	700	1120	1660
Сталь	кг/км	530	530	530
Комплектный кабель	кг/км	2800	3600	4400
Внешний диаметр фазы	мм	29	33	36
Внешний диаметр кабеля (диаметр окружности)	мм	70	76	82
Прочность троса на растяжение	кН	85	85	85
Допустимый радиус изгиба, не менее				
кабель	м	0,60	0,70	0,75
фаза	м	0,40	0,45	0,55

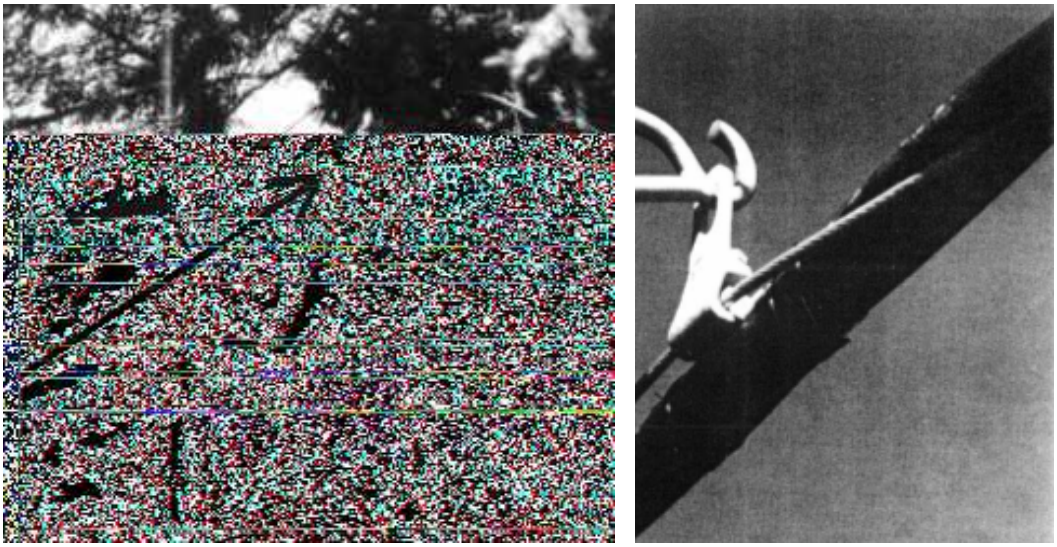
Таблица 18

Электрические параметры кабеля SAXKA

Номинальное напряжение 12/20 кВ, рабочее напряжение, не более 24 кВ

Сечение жилы,	мм^2	70	120	185
Сопротивление токопроводящей жилы постоянному току, +20ºС	Ом/км	0,443	0,253	0,164
Сопротивление токопроводящей жилы переменному току, +90ºС	Ом/км	0,571	0,328	0,215
Реактивное индуктивное сопротивление/фаза	Ом/км	0,14	0,13	0,12
Рабочая емкость	мкФ/км	0,18	0,23	0,26
Зарядный ток	А/км	0,7	0,8	0,9
Ток замыкания на землю	А/км	2,0	2,5	2,8
Токовые нагрузки на воздухе, +25ºС	А	235	330	425
Макс. допустимый 1-секундный ток короткого замыкания жилы	кА	6,7	11,4	17,5
Макс. допустимый 1-секундный ток короткого замыкания общего экрана	кА	1,8	2,0	2,2
Макс. допустимый, длительный ток замыкания общего экрана на землю	А	70	70	70

Кабель SAXKA не требует прокладки обычной кабельной трассы (рис. 9). Следует только предусмотреть, чтобы ветки и стволы деревьев не могли повредить кабель. Защитное заземление общего экрана кабеля обеспечивает возможность работы на значительно меньшей, минимальной дистанции от самого кабеля, причем требования по отдаленности кабеля от зданий и от других проводов, проложенных по той же трассе, менее жесткие, чем в связи с применением неизолированных проводов.



а б

Рис. 9. Подвеска кабеля SAXKA в лесном массиве (а) и на столбе (б)

Наиболее подходящие места, где целесообразно применение кабелей марки SAXKA: лесные площади, где монтаж кабельной трассы связан с трудностями или требует крупных расходов, деревья, упавшие на кабель, не приводят к перерывам в эксплуатации; густонаселенные пункты в тех случаях, когда прокладка неизолированного провода проблематична из-за отсутствия места; прокладка на столбах совместно с подвесными проводами низкого напряжения и слабого тока; выводы с трансформаторных подстанций и распредустройств; временная подача электроэнергии, в частности, распределение электроэнергии на стройплощадках; работы по изменению и дополнению имеющейся сети.

При монтаже кабеля SAXKA на практике было установлено, что наиболее выгодная длина пролета равна 50 метрам, но возможна длина пролета до 70 метров. Высоту столба рекомендуется выбирать в пределах от 8 до 10 м, в пунктах пересе-

чения – от 9 до 11 м. Подвесные крюки следует крепить на расстоянии 30 см от верхнего торца столба. Подвесной трос следует заземлять на обоих концах кабеля. На протяженной трассе подвесной трос необходимо заземлять не менее чем на каждом километре кабеля. Так как кабель SAXKA отлично подходит для монтажа на столбах совместно с кабелями и проводами другого типа, это необходимо учитывать в связи с планировкой прокладки кабеля. Крепление проводов различного типа на одном и том же столбе дает экономию расходов. Температура окружающей среды при монтаже кабеля не должна быть ниже – 20ºС. На каждой стадии монтажа необходимо следить за тем, чтобы в кабель не проникала вода. Вода снижает срок службы кабелей на среднее и высокое напряжение.

Предприятие «Нокиа Кабель» разработало комплект монтажных принадлежностей, предусмотренных специально для кабелей SAKXA. Монтажные принадлежности поставляет Туотайайн Коне А.О. по каталогу «Оборудование на напряжение 10 – 20 кВ»,

К группе изолированных воздушных проводов высокого напряжения относятся также провода фирмы «Нокиа» типа SAX. Провода выполнены из уплотненной токопроводящей жилы из алюминиевого сплава, имеют круглую форму. В качестве изоляции используется сшитый полиэтилен PEX, обладающий отличными термомеханическими свойствами. Полиэтилен выдерживает биение проводов и в течение какого-то времени – напор падающего дерева или другого предмета. Длительно допустимая температура проводов SAX +800ºС, а предельная температура при токах короткого замыкания + 200ºС. Эти значения аналогичны значениям, принятым для неизолированных проводов из алюминиевого сплава. Изоляция проводов позволила значительно уменьшить расстояния между фазами и сузить трассу прокладки проводов (рис. 10). Для проводов SAX разработана система SAX, которая включает изолированные провода, относящиеся к ним монтажные принадлежности и арматуру для опор, т. н. пакеты SAX. Система SAX представляет собой комплексное решение, в котором защита от электрической дуги обеспечивается по всему протяжению линии, не требуя для этого специальных мероприятий по защите. Метод подвески проводов обеспечивает защиту проводов от вибрационных повреждений.

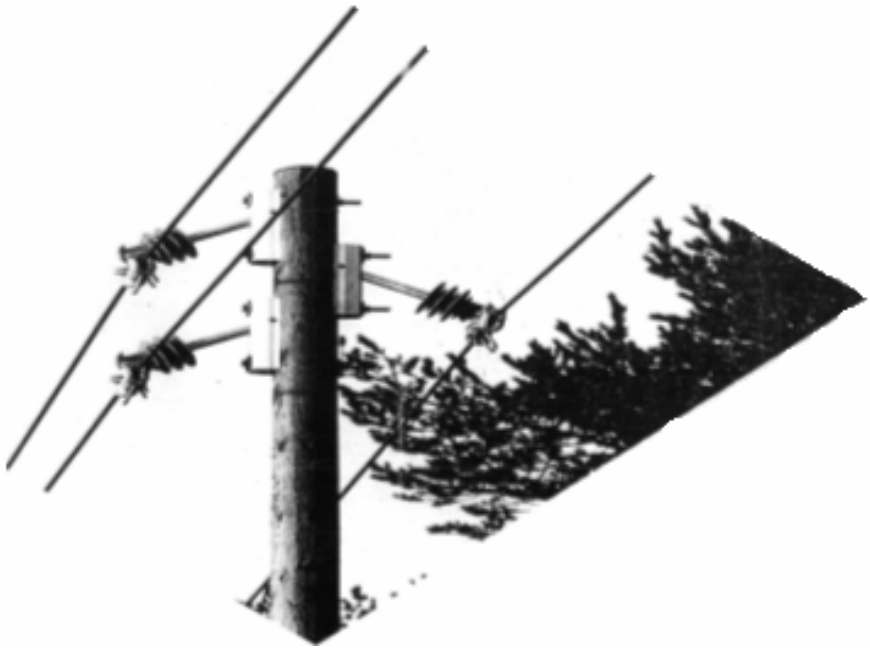


Рис. 10. Провода марки SAX (общий вид)

Провода SAX выпускаются сечением от 50 до 180 мм^2, могут использоваться в сетях напряжением до 20 кВ.

Прокладка SAX осуществляется в соответствии с руководством информации SETI T 68–91 «Воздушные линии, осуществленные с помощью изолированных проводов на напряжение 20 кВ». Монтажные принадлежности указаны в каталоге «Система SAX и арматура PAS», поставляются предприятием Туотайайн Коне А.О.

Раздел второй

АРМАТУРА ДЛЯ САМОНЕСУЩИХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ (СИП ДО 1 кВ)

2.1. Арматура ОАО «Иркутсккабель»

Большим плюсом СИПов является их поставка комплектно с линейной арматурой для подвески, крепления, присоединения, поддержки и натяжения проводов. Комплексная поставка обеспечивает удобство и высокую производительность при монтаже, а также надежность, безопасность и высокое качество эксплуатации. Все необходимые и дополнительные аксессуары для монтажа могут поставляться по желанию заказчика.

Отечественные СИПы поставляются в комплекте с арматурой для монтажа, которая выпускается по соответствующим техническим условиям.

По ТУ 3449-016-17361067-93 изготавливаются зажимы натяжные для ответвлений марки К-НО-1 (рис. 11), предназначенные для крепления к опорам и стенам зданий изолированного нулевого и фазного проводов, ответвленных к электроприемникам.

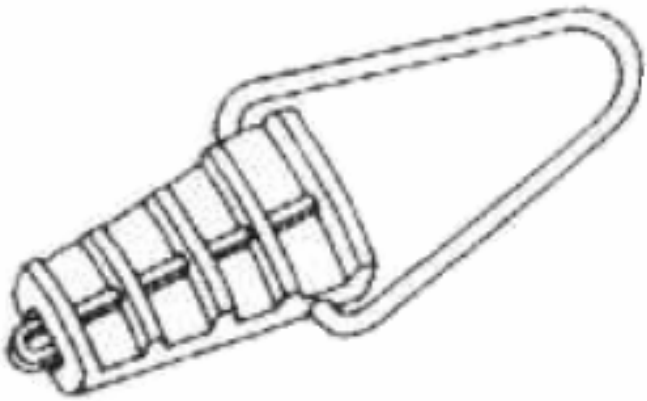


Рис. 11. Зажим для ответвлений К-НО-1

ТУ 3449-009-17361067-93 соответствуют зажимы поддерживающие для магистрали марки К-ПМ-2 (рис. 12). Они предназначены для крепления за неизолированный нулевой провод СИПов на промежуточных и углевых опорах при углах поворота до 50 градусов.

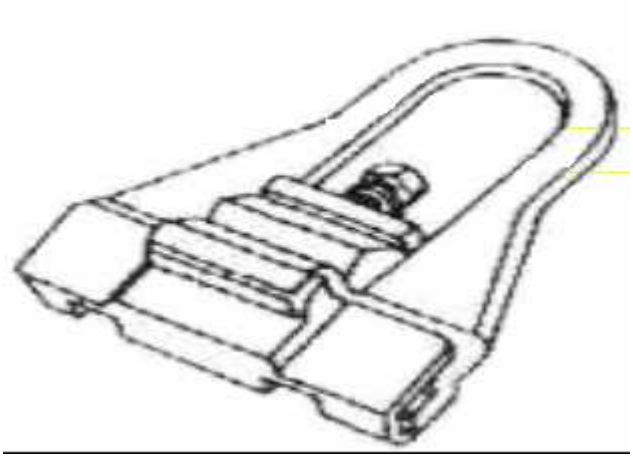


Рис. 12. Зажим поддерживающий
для магистрали К-ПМ-2

По ТУ 3449-014-17361067-93 выпускаются зажимы для магистрали марки К-НМ-1 (рис. 13). Предназначены для крепления за неизолированный нулевой провод на анкерных и анкерно-угловых опорах, а также для поддерживания в натянутом состоянии пучка СИПов.

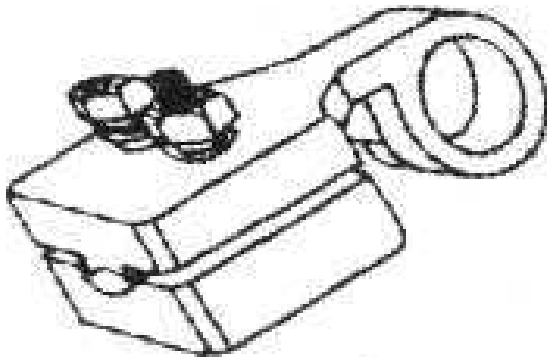


Рис. 13. Зажим натяжной
для магистрали К-НМ-1

Зажимы соединительные для фазного провода марки К-СФ-1 выпускаются по ТУ 3449-013-17361067-93, предназначены для соединения в пролетах фазного и фонарного проводов (рис. 14).

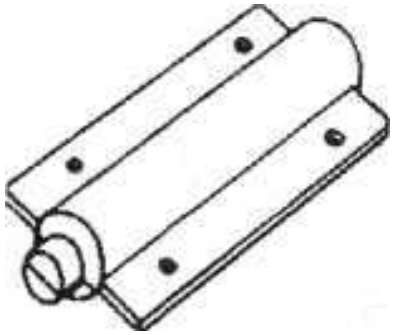


Рис. 14. Зажим соединительный
для фазового провода К-СФ-1

По ТУ 3449-015-17361067-93 выпускается несколько типов ответвительных зажимов для СИПов:

- зажим ответвительный от нулевого провода осветительный марки К-ОФН-1 (рис. 15), предназначен для присоединения провода светильника к нулевому проводу СИПов;

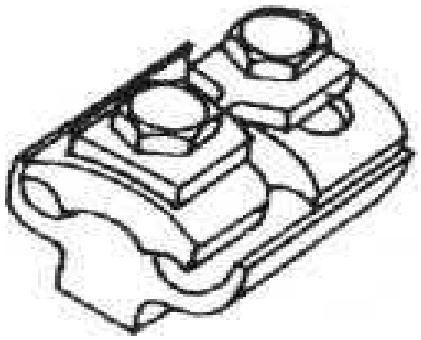


Рис. 15. Зажим ответвительный от нулевого провода
(осветительный) К-ОФН-1

- зажим ответвительный для фонарного провода марки К-ОФФ-1 (рис. 16), предназначен для присоединения провода светильника к фонарному проводу СИПов;

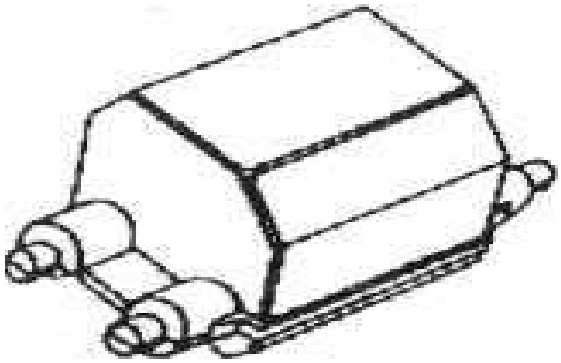


Рис. 16. Зажим ответвительный
для фонарного провода К-ОФФ-1

- зажим ответвительный для нулевого провода марки К-ОНМ-1 (рис. 17), предназначен для выполнения ответвлений от магистрального неизолированного нулевого провода пучка СИПов;

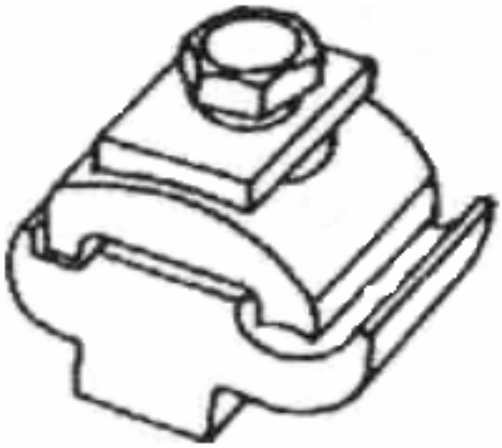


Рис. 17. Зажим ответвительный
для нулевого провода К-ОНМ-1

- зажим ответвительный для фазного провода марки К-ОФ-1 (рис. 18), предназначен для выполнения ответвлений от магистральных фазных проводов пучка СИПов.

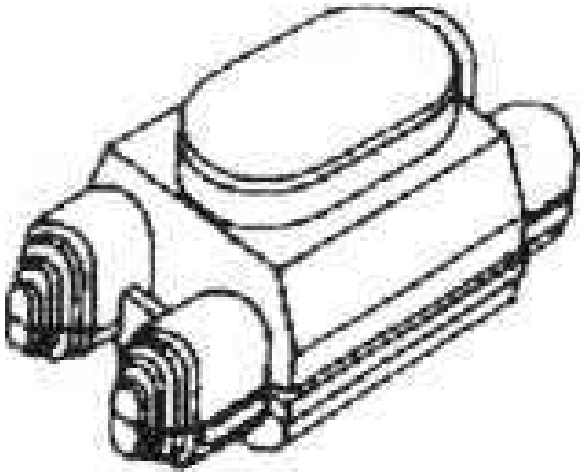


Рис. 18. Зажим ответвительный
для фазного провода К-ОФ-1

2.2. Арматура для самонесущих проводов типа АМКА

Зарубежные фирмы разработали и выпускают также различные виды натяжной, поддерживающей и соединительной арматуры. Наиболее современной является система соединителей с прокалыванием изоляции. Такую арматуру выпускает фирма SEKKO (Финляндия) для монтажа проводов АМКА.

Ответвительные зажимы, устанавливаемые через изоляционный покров, применяются для присоединения кабелей или проводов к самонесущим изолированным проводам, когда изоляционный покров с проводов главной линии не снимается. При соблюдении требований правил техники безопасности можно делать соединение в условиях, когда провод главной линии находится под напряжением. Ответвительные зажимы с наложением зубами через изоляцию выпускаются различного исполнения.

Зажим типа SM 7.1, для подсоединения светильника уличного освещения с медными проводами к алюминиевым АМКА-проводам. Зажим не подходит при работе под напряжением (рис.19). Технические данные зажимов приведены в табл. 19

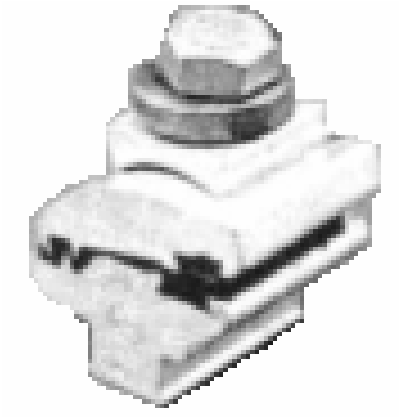


Рис. 19. Зажим ответвительный типа SM 7.1
с наложением зубами через изоляцию

Таблица 19

Технические данные зажимов SM 7.1

Тип	Главный провод, мм^2	Ответвительный провод, мм^2	Момент натяжки, Н·м
SM 7.1	16 – 50 Al	2,5 – 10	20

Ответвительный зажим типа SL 9.2 и SL 9.21 (рис. 20) предназначен для присоединения алюминиевых кабелей или проводов к главным АМКА-проводам. Для облегчения наложения в зажиме SL 9.21 имеются между нижней и верхней планкой пружины из нержавеющей проволоки, что держит зажим в открытом состоянии до его наложения. Технические данные зажимов приведены в табл. 20.

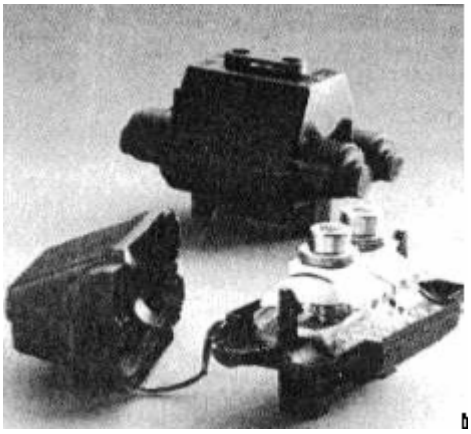


Рис. 20. Зажим типа SL 9.2 и SL 9.21
с наложением зубами через изоляцию

Таблица 20

Технические данные зажимов SL 9.2 и SL 9.21

Тип	Главный провод, мм^2	Ответвительный провод, мм^2	Момент натяжения, Н·м
SL 9.2	16 – 120 Al	16 – 95 Al	20
SL 9.21	16 – 120 Al	16 – 95 Al	20

Ответвительный зажим типа SL 11.1 (рис. 21) предназначен для подсоединения алюминиевых или медных ответвительных проводов к главным АМКА-проводам. Также не требуется снятие изоляции с конца ответвительного провода. Технические данные зажимов приведены в табл. 21.

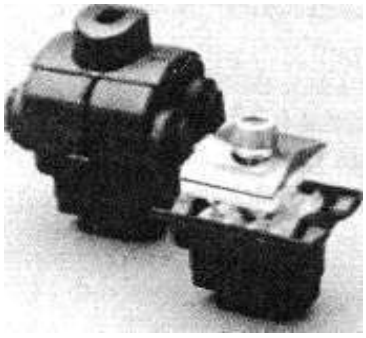


Рис. 21. Зажим ответвительный типа SL 11.1
с наложением зубами через изоляцию

Таблица 21

Технические данные зажимов SL 11.1

Тип	Главный провод, мм^2	Ответвительный провод, мм^2	Момент натяжения, Н·м
SL 11.1	16 – 95 Al 2,5 – 50 Cu	16 – 95 Al 2,5 – 50 Cu	20

Ответвительный зажим типа SL 21.1 (рис. 22) служит для соединения алюминиевых-алюминиевых проводов, алюминиевых-медных, медных-медных с сечением 1,5 – 25 мм^2. Годен для работы под напряжением. Технические данные приведены в табл. 22.

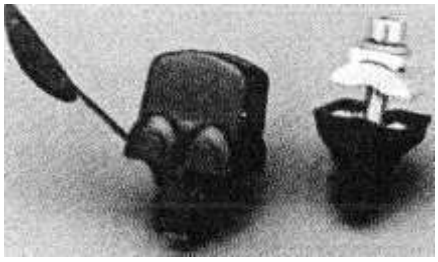


Рис. 22. Ответвительный зажим типа SL 21.1
с наложением зубами через изоляцию

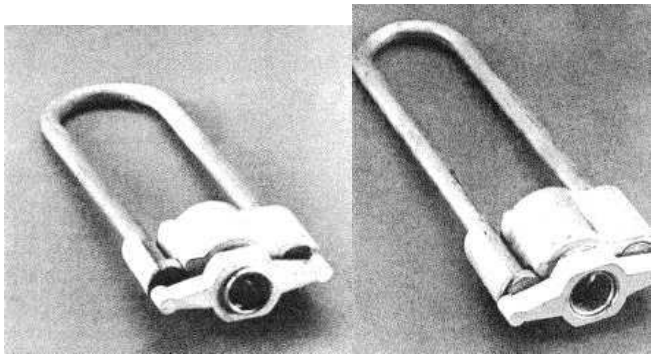
Таблица 22

Технические данные зажимов SL 21.1

Тип	Главный провод, мм^2	Ответвительный провод, мм^2	Момент натяжения, Н·м
SM 21.1	Al – Cu 16 – 50	2,5 – 10	20

Анкерные зажимы для АМКА-проводов применяют для анкеровки несущего троса провода при помощи крюков на опоре или на стене. Зажимы не имеют отделяемых во время монтажа частей.

При монтаже анкерного зажима типов SO 3.25, SO 3.35, SO 3.50, SO 4.70 и SO4,95 (рис. 23) провод проталкивается через конусообразную втулку и барашковую гайку накручивают так, что втулка вдавливается в провод. При загибании провода зажимом создается достаточно большое трение между проводом и втулкой. Цифра в обозначении зажима после точки означает сечение несущего троса.



а б

Рис. 23. Зажимы анкерные для проводов АМКА:
а – SO 3.25, SO 3.35, SO 3.50,
б – SO 4.70, SO4,95

Анкерный зажим типа SO 28 применяют для анкеровки несущего троса сечением 25 – 50 мм^2. При монтаже несущий трос не нужно разрезать, его помещают прямо в канавку зажима (рис. 24).

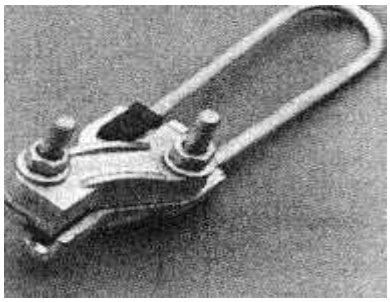


Рис. 24. Зажим анкерный типа SO 28

Анкерный зажим типа SO 113 годен для всех несущих тросов АМКА с сечением 25 –95 мм^2. Зажим открывается в сторону, в связи с чем туда можно легко вставлять несущий трос (рис. 25).

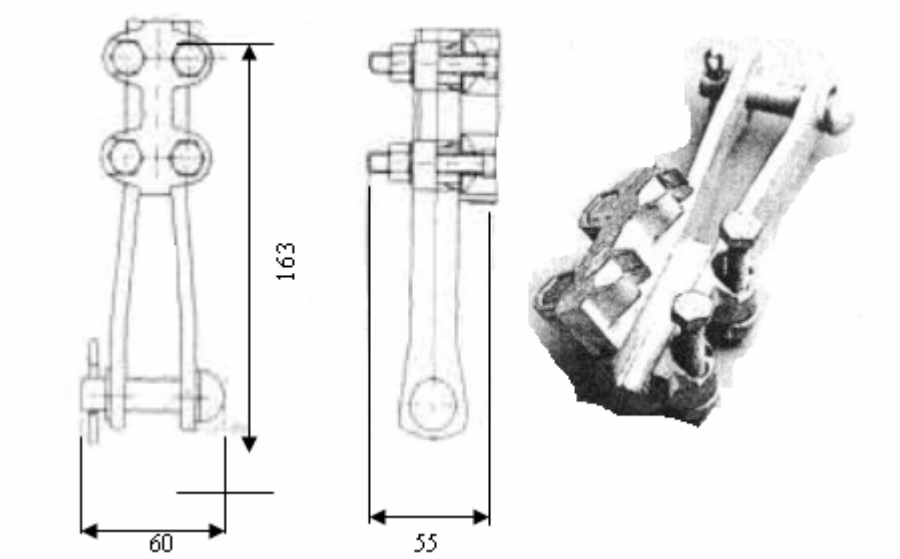


Рис. 25. Зажим анкерный типа SO 113

Подвесной зажим для проводов АМКА типа SO 14.1 (рис. 26) применяют в самонесущих скрученных проводах на прямой линии и на угловых опорах до 90º. Зажим поставляется с прижимной планкой в открытом положении, чтобы провод можно было бы легко установить в колею. Так как прижимная планка находится в поднятом виде, узкую кромку зажима легко вставлять между несущим тросом и

фазным проводом. Корпус зажима и прижимная планка из погодостойкого алюминиевого сплава. Болт из стали горячей оцинковки. В целях обеспечения надежности работы зажим оснащен снизу погодоустойчивым пластмассовым покрытием, которое исключает повреждение изоляции фазных проводов и предотвращает возникновение трудно определяемых мест повреждения.

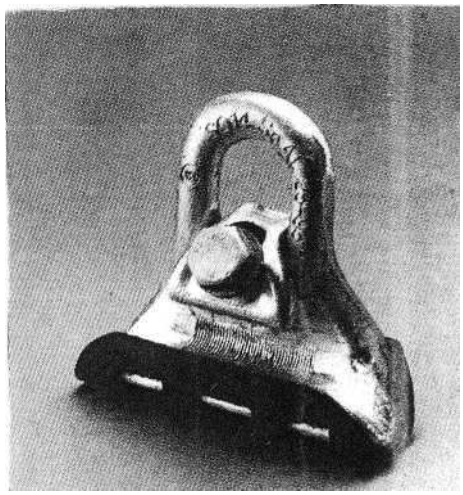
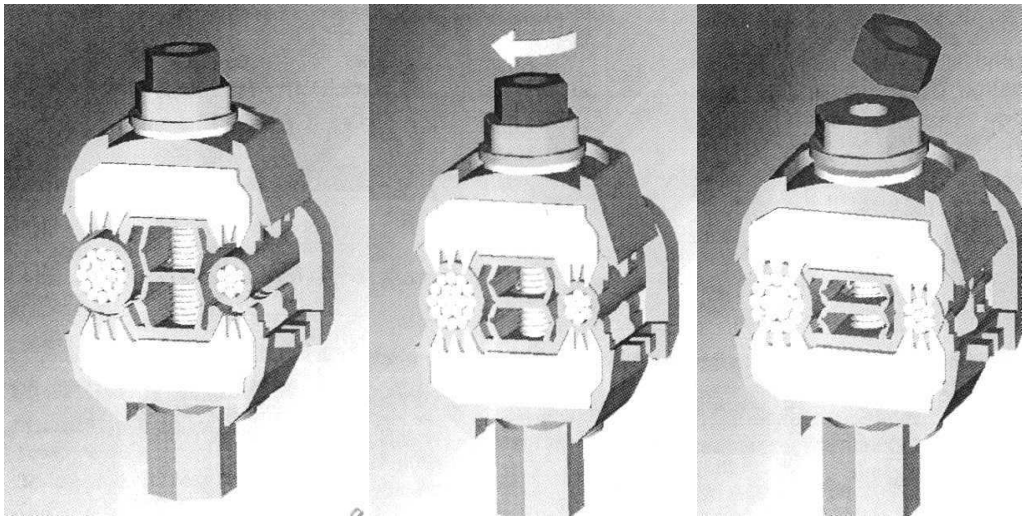


Рис. 26. Зажим подвесной типа SO 15.1

2.3. Арматура с прокалыванием изоляции

Фирмы Simel и Hellstern также создали и выпускают различную арматуру для монтажа СИПов, в том числе зажимы с прокалыванием изоляции.

Системы соединителей с прокалыванием изоляции разработаны и испытаны для применения на СИП до 1 кВ с ПВХ, полиэтиленовой изоляцией и изоляцией из сшитого полиэтилена. Процесс монтажа таких соединителей, обеспечивающий долговременную надежность, показан на рис. 27. Соединитель легко устанавливается на провод, отсутствуют выпадающие компоненты. Контактные пластины прокалывают изоляцию и обеспечивают надежный контакт с жилой (рис. 27, б). Болт изолирован от контактных пластин, обеспечивая максимум безопасности электромонтеру при монтаже под напряжением. Жилы не повреждаются от больших усилий при затягивании из-за применения срывной головки (рис. 27, в); цилиндрическая часть болта предотвращает преждевременный срыв головки от естественных усилий на излом. Герметизирующие накладки прижимаются к изоляции, обеспечивая полную защиту от проникновения влаги.



а б в

Рис. 27. Соединитель с прокалыванием изоляции (фирмы Simel и Hellstern)

Ответвительные зажимы с прокалыванием изоляции предназначены для всех типов абонентских ответвлений и проводов освещения. При затяжке болтов зубцы контактных пластин прокалывают изоляцию, внедряются в жилу и создают прекрасный контакт. Снятие изоляции жил не требуется.

Отсутствие на болтах потенциала позволяет монтировать зажимы на СИП, находящихся под напряжением. Зубцы контактных пластин имеют смазку для предотвращения проникновения влаги и коррозии. Изоляция корпуса выполнена из погодо- и ультрафиолетостойкого полимера, усиленного стекловолокном. Контактные пластины выполнХны из луженой меди, болты и нажимные детали выполнены из стали горячего цинкования. Одноболтовые зажимы показаны на рис. 28, двухболтовые – на рис. 29, технические данные приведены в табл. 23.

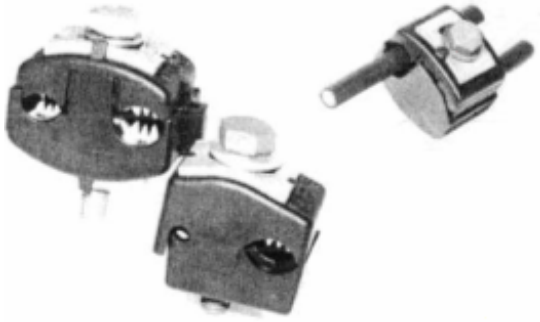


Рис. 28. Ответвительный зажим с

Рис. 29. Ответвительный зажим с прокалыванием изоляции 2-болтовый

прокалыванием изоляции 1-болтовый

Таблица 23

Технические данные ответвительных зажимов
с прокалыванием изоляции типа HEL

Сечение ($мм^2$) основной	Ответвляемый	Обозначение для заказа	Болт	Момент затяжки (Н·м)
25 – 95	1,5 – 6	HEL-5022	1×M8	15
25 – 70	6 – 35	HEL-5005	1×M8	15
25 – 95	10 – 50 или 2×16	HEL-5002	2×M8	15
25 – 95	6 – 70 или 2×16	HEL-5020	1×M10	22
50 – 150	10 – 95 или 2×16	HEL-5008	2×M8	22

Герметичные прокалывающие изоляцию ответвительные зажимы показаны на рис. 30. Они предназначены для всех видов проводников СИП до 1 кВ, а также для подключения проводов абонентов и освещения. Болты затягиваются до срыва головок, нет необходимости снимать изоляцию. Технические данные приведены в табл. 24.

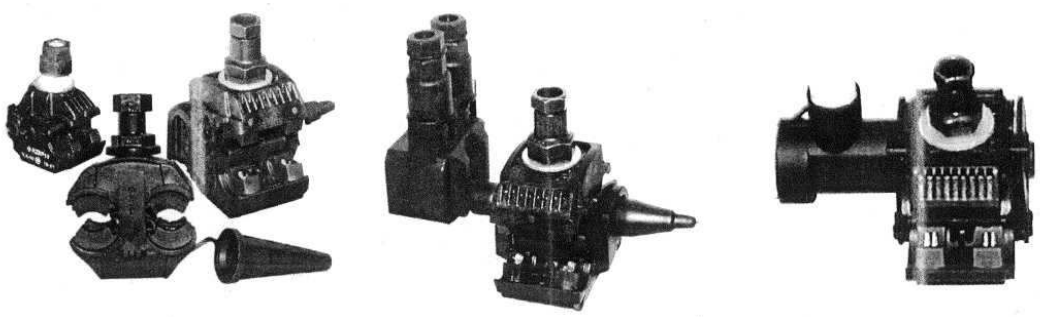


Рис. 30. Зажимы ответвительные герметичные с прокалыванием изоляции

Таблица 24

Технические данные герметичных ответвительных зажимов с прокалыванием изоляции типа KZ

Одновременное подключение с прокалыванием изоляции основного и ответвляемого проводников

Сечение ($мм^2$)		Обозначение для заказа	Болт	Момент затяжки (Н·м)
Основной	Ответвляемый			
для выполнения ответвления от основного проводника				
16 – 95	1,5 – 10	KZEP-13	1	7
16 – 95	4 – 35 (50*)	KZ2-95	1	12
50 – 150	6 – 35 (50*)	KZ2-150	1	12
для соединения основных проводников				
25 – 95	25 – 95	KZ3-95	1	18
50 – 150	50 – 150	KZ4-150	1	22
70 – 185	70 – 185	KZ4-185	1	22

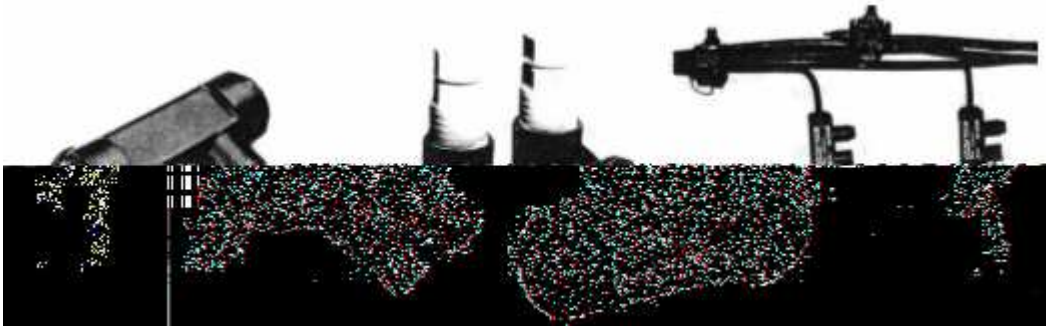
* может применяться с проводниками этого сечения, но допустимый ток соединителя ниже допустимого для данного сечения

Раздельное подключение основного (прокалывание) и ответвляемого (снятие изоляции) проводников

Сечение ($мм^2$)		Обозначение для заказа	Болт	Момент затяжки (Н·м)
Основной	Ответвляемый			
для основного и 2 ответвляемых проводников (Вр-прокалывание, В-снятие изоляции)				
25 – 150	2×6 – 35	KZ2-150 2B	3	11/10
25 – 150	2×6 – 35	KZ2-150 2Bp	3	11/10
для соединения основных проводников (сторона ответвления – со снятием изоляции)				
35 – 70	35 – 70 (95*)	KZ31-70/70	2	18/10
50 – 150	35 – 70 (95*)	KZ31-150/70	2	18/10

Другой тип герметичных изолированных соединителей показан на рис. 31. Эти соединители типа ВРС применимы для всех типов СИП до 1 кВ, для проводов абонентов и освещения. Они используются при замене абонентской линии или для подключения абонента после оплаты. Для герметизации открытого контакта используется втычная заглушка, прикрепленная к корпусу. Болт 13 мм имеет срывную головку. Соединитель имеет либо прокалывающий контакт (рис. 31 а), либо

контакт со снятием изоляции (рис. 31 б). Модификация со снятием изоляции может быть установлена или удалена под нагрузкой (максимум 90 А). Модификация со снятием изоляции допускает повторный монтаж, с прокалыванием изоляции – нет. Технические данные герметичных изолированных соединителей приведены в табл. 25.



а б

Рис. 31. Соединители герметичные для проводов абонентов и освещения

Таблица 25

Технические данные герметичных изолированных соединителей типа ВРС

Сечение ($мм^2$)		Обозначение для заказа	Тип	I макс* (А)	Момент (Н·м)
мин.	макс.				
4	35	ВРС 35-35	снятие/снятие	90	10
4	35	ВРС 35-Р35	снятие/прокол	90	10
4	35	ВРС Р35-Р35	прокол/прокол	–	10

*I макс – максимальный ток для присоединения под нагрузкой

2.4. Соединители для прямого соединения СИП с другими кабелями и проводами

Провода типа СИП могут соединяться не только между собой, но и с голыми проводами, с кабелями. Для этих целей используется специальная арматура.

Ответвительные зажимы для присоединения СИП к голым проводам алюминиевым или медным показаны на рис. 32. Один тип зажима, обеспечивающего одновременный контакт между изолированной и голой жилой, выполняет прокалывание изоляции и герметизацию ответвляемого провода (RDP25/CN, CDR/CN). Второй тип зажима, с раздельным присоединением, подразумевает необходимость сня-

тия изоляции с ответвляемого провода СИП (KZ31/70). Болт зажима имеет срывную головку 13 мм. Форма контактной поверхности со стороны голого провода позволяет работать с малыми сечениями. Технические данные зажимов приведены в табл. 26.

Тип RDP 25/CN Тип CDR/CN Тип KZ31/70

Рис. 32. Зажимы ответвительные для присоединения СИП к голым проводам

Таблица 26

Технические данные ответвительных зажимов для присоединения СИП к голым проводам

Одновременный контакт между основным (голым) и ответвляемым (изолированным, с прокалыванием изоляции) проводниками

Сечение ($мм^2$)		Обозначение для заказа	Болт	Момент затяжки (Н·м)
голый	изолированный			
7 – 100	16 – 35	RDP 25/CN	1×M8	12
7 – 100	25 – 95	CDR/CN 1S 95 UK	2×M8	16

Раздельный контакт между основным (голым) и ответвляемым (изолированным, со снятием изоляции) проводниками

Сечение ($мм^2$)		Обозначение для заказа	Болт	Момент затяжки (Н·м)
голый	изолированный			
22 – 75 Al	35 – 70	KZ31/70 CNA	M8	11/10
7 – 48Cu	35 – 70	KZ31/70 CNU	M8	11/10

Для присоединения СИП к кабелям применяются соединительные зажимы с проколом изоляции типов HEL (см. рис. 28, 29, 30). Они могут быть применены для соединения основных кабелей и проводов абонентов. Зажим типа DZ (рис. 33) раз-

работан для соединения кабелей больших сечений с проводами СИП до 1 кВ. При затягивании болта зубцы контактной пластины проходят сквозь изоляцию и обеспечивают хороший контакт. Болт под ключ 17 мм вворачивается до срыва головки. Нет необходимости снимать изоляцию кабелей. Герметизация среза кабеля обеспечивается резиновым колпачком.

Рис. 33. Зажимы ответвительные для присоединения СИП к кабелям

Для прямого соединения СИП до 1 кВ с жилами кабелей без соединительных зажимов используются соединители без осевой нагрузки (рис. 34). Перед установкой соединителя изоляция проводов и кабелей должна быть удалена. Болт затягивается до срыва головки. Соединитель может быть снят с проводов и смонтирован вновь. Для восстановления изоляции и герметизации соединения используются термоусаживаемые трубки. Трубки обладают стойкостью к воздействиям погоды и ультрафиолетовых лучей и покрыты изнутри термоплавким клеем с прекрасной адгезией к полимерам и металлам. Технические данные соединителей и трубок приведены в табл. 27.

Рис. 34. Соединители механические для жил СИП без осевой нагрузки

Таблица 27

Соединители и трубки для герметизации

Сечение жил		Обозначение для заказа		Соединитель. размеры		Ширина шестигран. глубления (мм)
провод СИП ($мм^2$)	кабель ($мм^2$)	механический соединитель	термоусаживаемая трубка тип WCSM	⦰D (мм)	L (мм)	
16 – 70	16 – 70	HEL-4896 ZAK	WCSM-33/ 8 – 150/S	25	55	SW 5
25 – 150	35 – 120	HEL-6893 ZAK	WCSM-33/ 8 – 150/S	28	75	SW 6
50 – 185	50 – 185	HEL-4993 ZAK	WCSM-43/12 – 150/S	32	80	SW 6

Для прямого соединения СИП, когда провода подвергаются действию механической нагрузки, применяются герметичные изолированные гильзы под опрессовку шестигранником (рис. 35). Применяются три типа соединителей с разными механическими нагрузками для самонесущей системы СИП и СИП с несущей нейтралью.

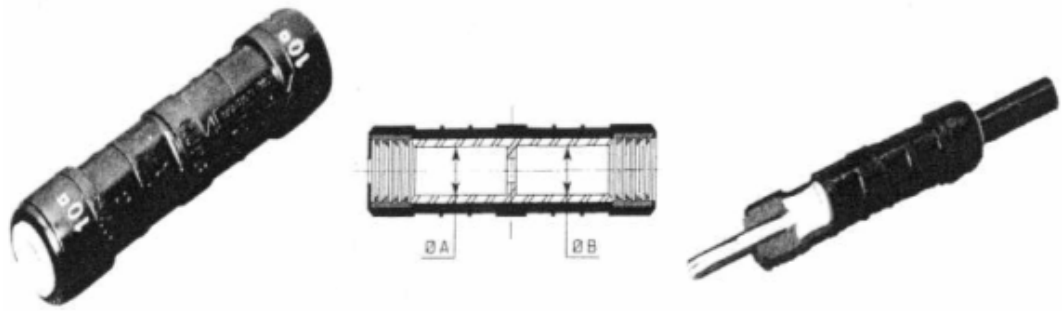


Рис. 35. Гильзы герметичные изолированные для прямого соединения СИП

Провода со снятой изоляцией вводятся в гильзу до перегородки и прессуются по разметке, через изоляцию гильзы. Электрический контакт и герметизация с помощью эластомерного кольца обеспечиваются в процессе опрессовки. Длина соединителей – 100 мм, а для несущей нейтрали – 170 мм. Каждому сечению соответствует определенный цвет герметизирующего кольца. Алюминиевая трубчатая

часть заполнена контактной смазкой. Допустимые механические нагрузки соединителей: для проводов самонесущей системы – 80 % прочности провода; для СИП с несущей нейтралью 50 % прочности фазного провода и 100 % прочности несущей нейтрали. Для опрессовки соединителей всех размеров используются только две матрицы. Технические данные гильз приведены в табл. 28.

Таблица 28

Технические данные гильз герметичных изолированных

Сечение ($мм^2$)		Обозначение для заказа	Цвет кольца A/B	Размеры (мм)	
многопр.	однопр.			⦰A	⦰B
MJPB для многопроволочных проводников					
4		MJPB 04	слоновая кость	2,7	2,7
4 – 6		MJPB 04-06	сл. кость/корич.	2,7	3,3
4 – 10		MJPB 04-10	сл. кость/зеленый	2,7	4,3
4 – 16		MJPB 04-16	сл. кость/голубой	2,7	5.3
4 – 25		MJPB 04-25	сл. кость/оранж.	2,7	6,5
6		MJPB 06	коричневый	3,3	3,3
6 – 10		MJPB 06-10	корич./зеленый	3,3	4,3
6 – 16		MJPB 06-16	корич./голубой	3,3	5,3
6 – 25		MJPB 06-25	корич./оранж.	3,3	6,5
6 – 35		MJPB 06-35	корич./красный	3,3	8,0
10		MJPB 10	зеленый	4,3	4,3
10 – 16		MJPB 10-16	зеленый/голубой	4,3	5,3
10 – 25		MJPB 10-25	зеленый/оранж.	4,3	6,5
10 – 35		MJPB 10-35	зеленый/красный	4,3	8,0
16		MJPB 16	голубой	5,3	5,3
16 – 25		MJPB 16-25	голубой/оранж.	5,3	6.5
16 – 35		MJPB 16-35	голубой/красный	5,3	8,0
16 – 50		MJPB 16-50	голубой/желтый	5,3	9,0
25		MJPB 25	оранжевый	6,5	6,5
25 – 35		MJPB 25-35	оранж./красный	6,5	8,0
25 – 50		MJPB 25-50	оранж./желтый	6,5	9,0
35		MJPB 35	красный	8,0	8,0

Окончание таблицы 28

Сечение ($мм^2$)		Обозначение для заказа	Цвет кольца A/B	Размеры (мм)	
многопр.	однопр.			⦰A	⦰B
MJPBAS для соединения многопроволочных жил с однопроволочными					
10	6	MJPBAS 10-06M	зеленый/корич.	4,3	3,0
10	10	MJPBAS 10-10M	зеленый/зеленый	4,3	3,8
10	16	MJPBAS 10-16M	зеленый/голубой	4,3	4,5
10	25	MJPBAS 10-25M	зеленый/оранж.	4,3	5,9
10	35	MJPBAS 10-35M	зеленый/красный	4,3	6,9
16	16	MJPBAS 16-16M	голубой/голубой	5,3	4,5
16	25	MJPBAS 16-25M	голубой/оранж.	5,3	5,9
16	35	MJPBAS 16-35M	голубой/красный	5,3	6,9
25	16	MJPBAS 25-16M	оранж./голубой	6,5	4,8
25	25	MJPBAS 25-25M	оранж./оранж.	6,5	5,9
25	35	MJPBAS 25-35M	оранж./красный	6,5	6,9
35	35	MJPBAS 35-35M	красный/красный	8,0	6.9

При вводе линий СИП в трубы и кабельные каналы, а также при переходе от кабельной линии к линии СИП для изоляции перехода применяются термоусаживаемые перчатки (рис. 36). Они могут быть использованы и для герметизации кабелей в корешке. Для лучшей герметизации на внутреннюю поверхность перчатки нанесен термоплавкий клей. Перчатки обладают стойкостью к ультрафиолету солнца и воздействию других погодных условий. Монтажные операции перехода от кабельной линии к линии СИП показаны на рис. 37, технические данные перчаток приведены в табл. 29.

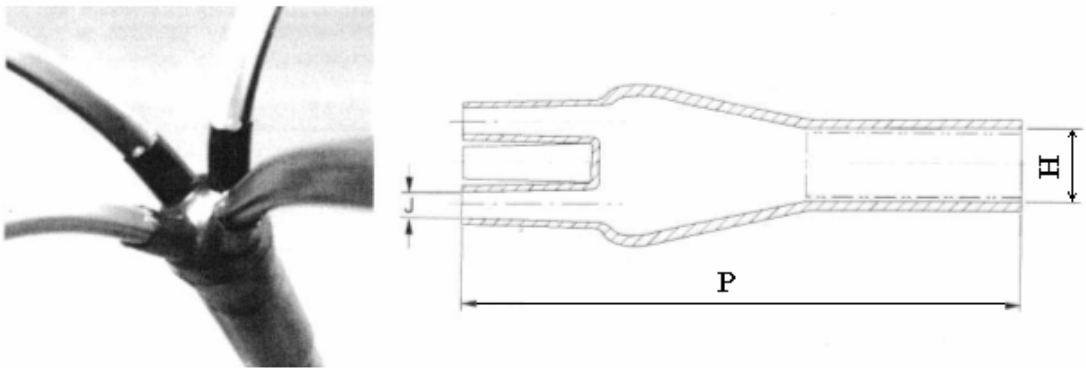


Рис. 36. Перчатки термоусаживаемые для проводов СИП

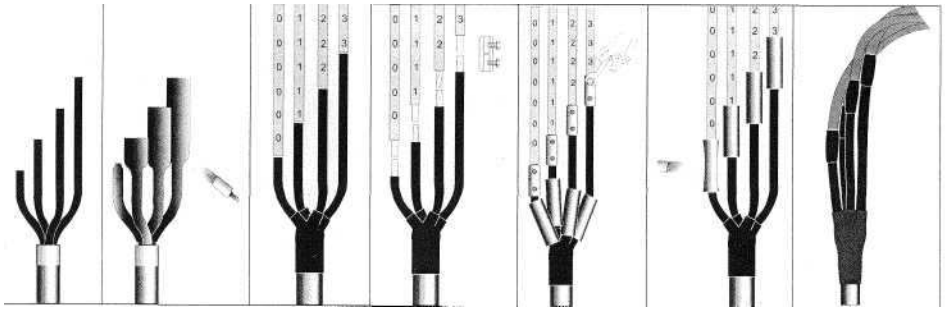


Рис. 37. Монтажные операции перехода от кабельной линии к СИП

Таблица 29

Технические данные перчаток термоусаживаемых

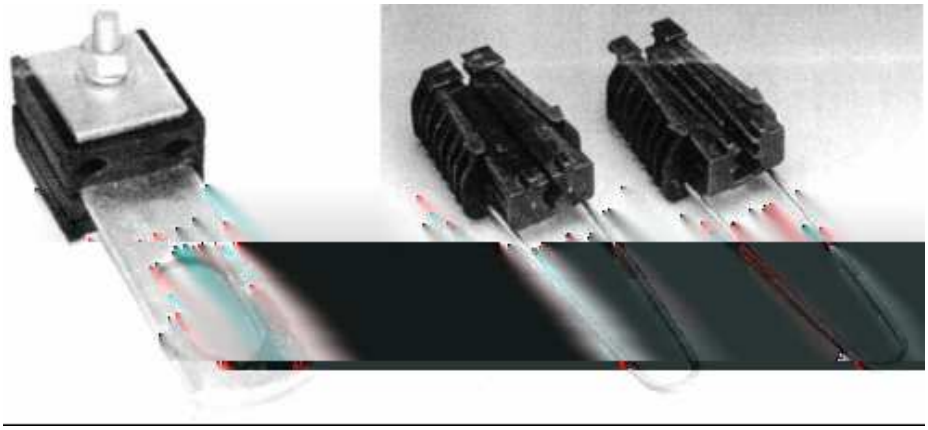
Рекомендуемые сечения ($мм^2$)	Обозначение для заказа	Размеры (мм)				
		H		J		P
		a (мин.)	b (макс.)	a (мин.)	b (макс.)	b (±10%)
для 2-жильных кабелей						
4 – 25	302K333/S	28	9	15	4,1	90
35 – 150	302K224/S	48	32	22	7	172
150 – 400	302K466/S	86	42	40	16	200
для 3-жильных кабелей						
4 – 35	402W533/S	38	13	16	4,2	103
50 – 150	402W516/S	63	22	26	9	180
95 – 500	402W526/S	95	28	44	13	205
для 4-жильных кабелей						
1,5 – 10	502S013/S	23	9,5	7	2	60
4 – 35	502K033/S	36	16,5	14	3,4	96
25 – 95	502K046/S	45	19	20	7	165
50 – 150	502K016/S	60	25	25	9	217
120 – 400	502K026/S	100	31	40	13,5	223
–	502R810/S	170	60	46	21	255
для 5-жильных кабелей						
25 – 120*	603W035/S	68	26	20	7	182

*Для меньших сечений следует применять перчатку 502K033 с двумя жилами на один палец.

2.5. Арматура для самонесущей системы СИП

Для самонесущей системы изолированных проводов применяются зажимы и крепления для абонентов (ответвлений) и зажимы для магистральной линии – анкерные, угловые, промежуточные.

Для анкерного крепления двух или четырех изолированных проводов абонентов применяются зажимы типа HEL, PA и PAS (рис. 38). У зажима типа HEL небольшая длина – 165 мм, отверстие диаметром 22 мм подходит для подвеса ко всем известным крюкам. Зажимы типа PA, PAS имеют подвижный клин, который не требует монтажного инструмента; легко открывающаяся дужка позволяет крепить зажим к кронштейнам и крюкам; длина дужки изменяется до 220 мм. Клин изготовлен из погодо- и ультрафиолетостойкого полимера. Технические данные зажимов приведены в табл. 30.



HEL PA, PAS

Рис. 38. Зажимы для анкерного крепления проводов абонентов

Таблица 30

Технические данные анкерных зажимов
для крепления изолированных проводов абонентов

Анкерные зажимы для самонесущей системы изолированных проводов				
Сечение ($мм^2$)		Обозначение для заказа	Разрушающая нагрузка (кгс)	Макс. длит.-доп. нагрузка ($кгс/мм^2$)
мин.	макс.			
2×16	2×35	HEL-5505-2		4,0
4×16	4×35	HEL-5505		4,0
2×16	4×25	PA 25x100	300	–

Окончание таблицы 30

Анкерные зажимы с жесткой дужкой для круглых кабелей				
Диаметр кабеля (мм)		Обозначение для заказа	Разрушающая нагрузка (кгс)	Макс. длит.-доп. нагрузка
мин.	макс.			
⦰9	⦰17	PA 9-17	300	–
⦰18	⦰25	PAS 35/10	300	–

Для подвески и углового крепления двух или четырех изолированных проводов абонентов применяется крепление типа RA 25. Может быть использовано для углов поворота линии до 90º; инструмент для разделения жил не требуется; легко открывающаяся дужка позволяет крепить зажим к кронштейнам и крюкам (рис. 39).

Рис. 39. Крепление типа RA
для подвески проводов абонентов

Для анкерного и промежуточного крепления двух или четырех изолированных проводов абонентов предназначены также зажимы типа DUL (рис. 40). Зажим может быть использован в качестве промежуточного при повороте фиксирующей части на 90º; поставляется с отверстием в крепежной части открытого или закрытого типа; простой монтаж – один болт 17 мм, небольшая длина зажима – 18 мм. Технические данные зажимов приведены в табл. 31.

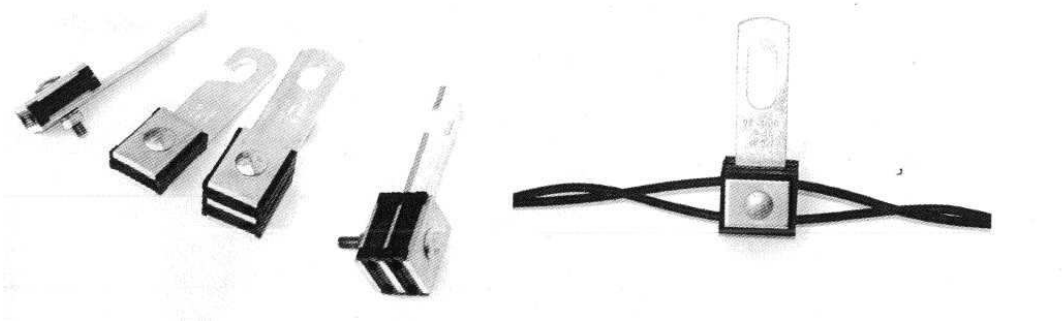


Рис. 40. Зажимы анкерные и промежуточные для проводов абонентов

Таблица 31

Технические данные промежуточных и анкерных зажимов
для проводов СИП до 1кВ

Сечение ($мм^2$)		Обозначение для заказа	Тип крепежного отверстия	
Мин.	Макс.		Закрытое	Открытое
2×10	2×35	DUL-IBTC 21635	×	
2×10	2×35	DUL-IBTH 21635		×
2×10	4×35	DUL-IBTC 41635	×	
2×10	4×35	DUL-IBTH 41635		×

Для анкерного крепления магистральной линии самонесущей системы СИП до 1 кВ с двумя или четырьмя несущими жилами предназначены зажимы типа PA и HEL (рис. 41). Дополнительные провода освещения, если они есть, прокладываются вдоль зажима. Прижимная часть клинового типа является саморегулируемой. Клинья легко раздвигаются благодаря пружине, что облегчает установку проводов. Специальная модификация с подвижными щеками облегчает процедуру установки проводов в клинья. Зажим крепится на крюках опор с помощью единственного болта M12 и самоконтрящейся гайки. Технические данные зажимов приведены в табл. 32.

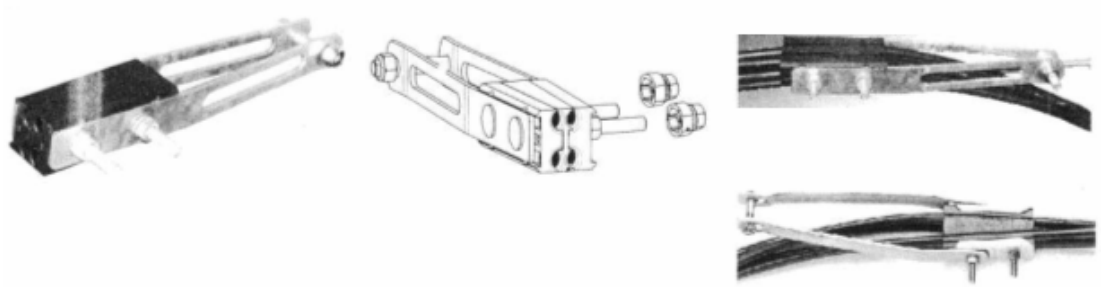


Рис. 41. Зажимы анкерные для самонесущей системы СИП

Для подвеса магистральной линии самонесущей системы СИП с четырьмя несущими жилами предназначены промежуточные зажимы типа PS. Они также могут быть использованы для СИП с изолированной или голой несущей нейтралью (рис. 42). Трасса линии может быть прямой и под углами: до 30º к опоре и 50º от опоры. Технические данные зажимов приведены в табл. 33.

Таблица 32

Технические данные анкерных зажимов типа PA и HEL

Сечение ($мм^2$)	Обозначение для заказа	Разрушающая нагрузка (кгс)	Макс. длительно доп. нагрузка ($кгс/мм^2$)
Анкерные зажимы с неподвижными щеками			
2×35	PA 235	1230	–
2×50 – 95	PA 295	2000	–
4×25 – 35	PA 435	1230	–
4×50 – 95	PA 495	4300	–
4×120	PA 4120	6000	–
Анкерные зажимы с подвижными щеками			
4×25 – 50	HEL-5503	1230	4,0
4×70 – 95	HEL-5504	4300	4,0

Рис. 42. Зажимы промежуточные для самонесущей системы СИП

Таблица 33

Технические данные промежуточных зажимов для самонесущей системы СИП

Сечение ($мм^2$)	Диаметр скрутки (мм)	Обозначение для заказа	Разрушающая нагрузка (кгс)
4×35, 2×50	21 – 25	PS 250/435	750
4×50, 2×95	26 – 30	PS 450	750
4×70	31 – 35	PS 470	750
4×95	36 – 40	PS 495	750
4×120	40 – 43	PS 4120	750

Рекомендуемая рабочая нагрузка 250 кгс.

2.6. Арматура для системы СИП с изолированной несущей нейтралью

Для системы проводов с изолированной несущей нейтралью также применяется соответствующая арматура (поддерживающие, анкерные зажимы).

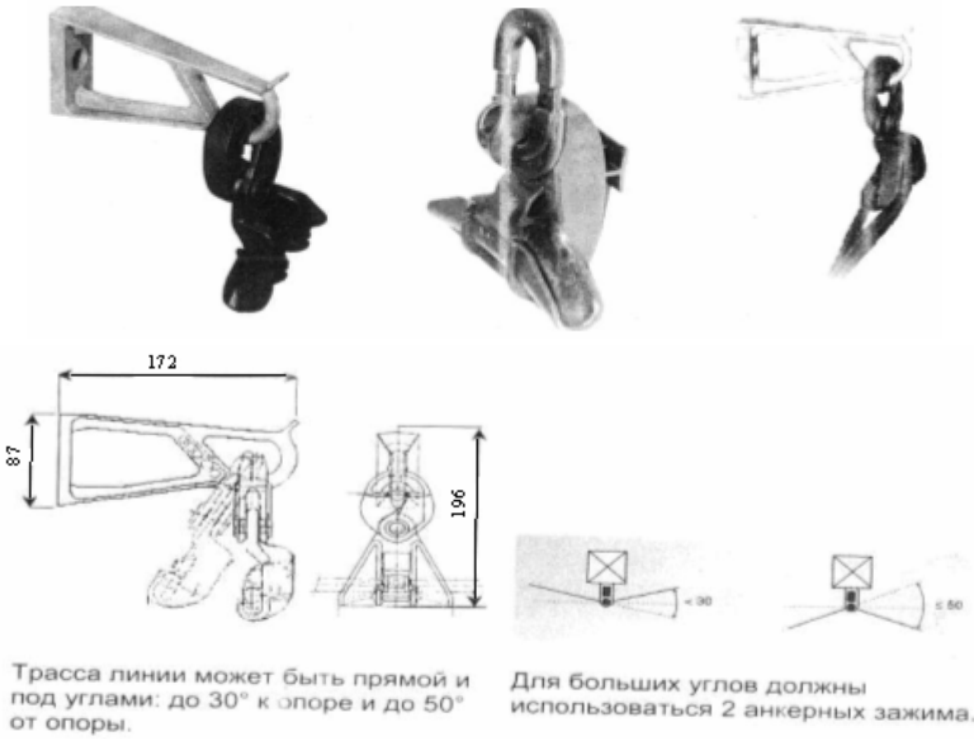


Рис. 43. Зажимы промежуточные для СИП
с изолированной несущей нейтралью

Для крепления СИП предназначены промежуточные поддерживающие зажимы типа PS и ES. Нейтраль фиксируется регулируемым зажимом. Подвижное соединение позволяет зажиму двигаться в продольном и поперечном направлениях (рис. 43). Зажим может поставляться в сборе с кронштейном. Язычок в верхней части кронштейна не позволяет зажиму вывернуться вверх. Зажим и подвижное звено, сделанные из изоляционного материала, дополнительно изолируют провода. Трасса линии может быть прямой и под углами: до 30º к опоре и до 50º от опоры. Технические данные зажимов приведены в табл. 34.

Таблица 34

Технические данные промежуточных зажимов
для СИП с изолированной нейтралью

Несущая нейтраль		Обозначение для заказа	Разрушающ. нагрузка (кгс)	Крюк диаметр макс. (мм)
сечение ($мм^2$)	диаметр (мм)			
зажим без кронштейна				
50 – 70	10 – 13,5	PS 54+LM	1200	14,0
зажим без кронштейна и с ослабленным шарниром				
50 – 70	11 – 14	PS 50-70/400	400	16,0
50 – 70	11 – 14	PS 50-70/400	500	16,0
зажим в сборе с кронштейном				
50 – 70	10 – 13,5	ES 1500	1200	–
50 – 71,5	11 – 15,5	ES 71-1500	1200	–
50 – 71,5	11 – 15,5	ES 2000	1600	–

Анкерные зажимы типа PA (рис. 44), представляют собой литой корпус из алюминиевого сплава и самонастраиваемые полимерные клинья, которые зажимают провод нейтрали без повреждения изоляции. Гибкий тросик с изолированным погодостойким седлом позволяет монтировать до трех зажимов на кронштейне. Корпус зажима изготовлен из коррозионностойкого алюминиевого сплава, тросик – из нержавеющей стали, клинья – из погодо- и ультрафиолетостойкого полимера. Максимальный угол отклонения 50º для одинарного и 100º для двойного анкерного крепления. Технические данные приведены в табл. 35.

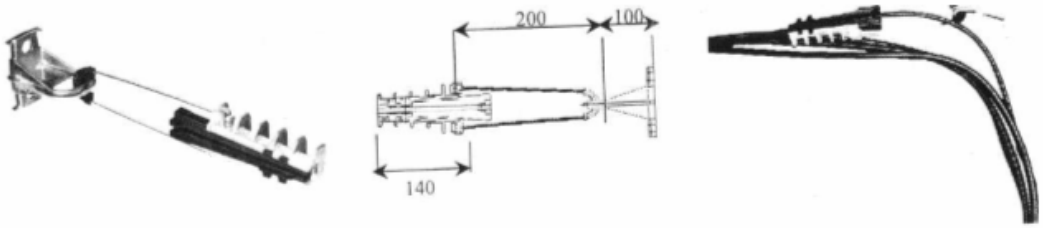


Рис. 44. Зажимы анкерные для СИП
с изолированной несущей нейтралью

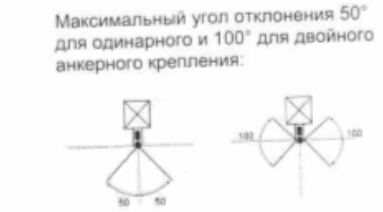


Таблица 35

Технические данные анкерных зажимов
для СИП с изолированной несущей нейтралью

Несущая нейтраль		Обозначение для заказа	Разрушающ. нагрузка (кгс)	Рекомендуемая рабочая нагрузка (кгс)
сечение ($мм^2$)	диаметр (мм)			
анкерный зажим без кронштейна				
50 – 70	12 – 14	РА 1500	1500	500
50 – 70	12 – 14	РА 2000	2000	700
70 – 71,5	14 – 16	РА 71-1500	1500	500
95	14 – 16	РА 95-2000	2000	700
анкерный зажим с кронштейна				
50 – 70	12 – 14	ЕА 1500	1500	500
50 – 70	12 – 14	ЕА 2000	2000	700
70 – 71,5	14 – 16	ЕА 71-1500	1500	500
95	14 – 16	ЕА 95-2000	2000	700
кронштейн				
–	–	СА 1500	1500	500
–	–	СА 1500-2000	2000	700

2.7. Арматура для системы СИП с голой несущей нейтралью

Для системы проводов с голой несущей нейтралью применяются поддерживающие промежуточные зажимы типа PS (рис. 42), которые используются и для самонесущей системы СИП.

Для анкерного крепления предназначены зажимы натяжные спирального типа ASDE (рис. 45). Они обеспечивают высокую механическую прочность заделки (до 90 % от разрывного усилия провода) на небольшой длине, при соблюдении других преимуществ спиральной технологии: распределение сдавливающего усилия по длине провода; быстрота, простота и единообразие монтажа; сжимающее усилие на провод таково, что он не может сместиться в результате изгибаний или вибрации. Последовательность монтажа:

1. Выровнять петлю зажима ASDE и ушко кронштейна подвеса. Начать намотку первой пряди зажима на голую несущую нейтраль с метки переплетения.

2. Пропустить вторую прядь ASDE через отверстие ушка кронштейна и расположить параллельно жиле для последующей операции.

3. Совместить метку переплетения на второй пряди, убедиться в эквивалентности зазора между ними и навернуть вторую прядь. На этом установка натяжного зажима закончена.

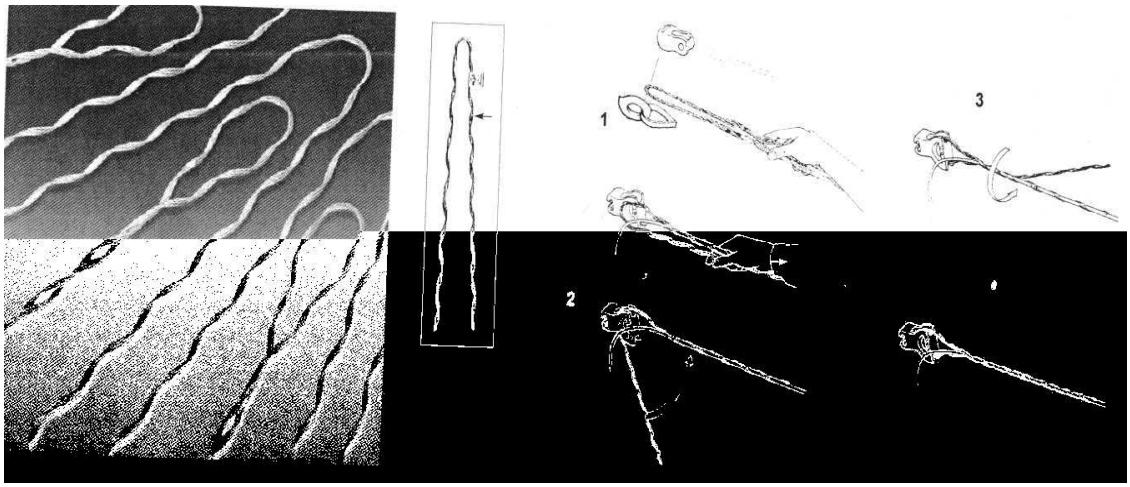


Рис. 45. Зажимы анкерные спиральные для СИП с голой несущей нейтралью

Зажимы натяжные спирального типа должны использоваться с поддерживающими кронштейнами, опорная часть которых диаметром, шириной и формой желоба обеспечивает адекватную поддержку петли зажимов. Если используется серьга, рекомендуется применять большую накладку, заполняющую петлю серьги

для предотвращения деформации. Зажим ASDE может быть использован до трех раз в процессе нового монтажа, если требуется регулировка провеса линии. Но он не может быть установлен повторно после начала эксплуатации. Технические данные зажимов приведены в табл. 36.

Таблица 36

Технические данные спиральных анкерных зажимов для СИП с голой несущей нейтралью

Несущая нейтраль сечение ($мм^2$)		Диаметр (мм)	Обозначение для заказа	Цветовой код	Длина (мм)
		4,62 – 5,17	DUL-ASDE-0465	Голубой	406
25	16	5,18 – 5,81	DUL-ASDE-0520	Коричневый	457
	25	5,82 – 6,54	DUL-ASDE-0585	Оранжевый	457
35		6,55 – 7,36	DUL-ASDE-0655	Пурпурный	559
50	35	7,37 – 8,27	DUL-ASDE-0740	Красный	635
	50	8,28 – 9,26	DUL-ASDE-0830	Зеленый	686
70		9,27 – 10,40	DUL-ASDE-0930	Желтый	686
95	70	10,41 – 11,70	DUL-ASDE-1045	Голубой	737
	95	11,71 – 13,12	DUL-ASDE-1175	Оранжевый	838

Выбор изделий должен производиться по диаметру провода. Сечения приведены для удобства

Кроме спиральных зажимов для СИП с голой несущей нейтралью, используются литые анкерные зажимы типа HEL (рис. 46). Зажимы имеют универсальное применение, в том числе в качестве анкерных зажимов для голых проводов. Корпус зажима изготовлен из коррозионностойкого, высокопрочного алюминиевого сплава, в пазах имеется поперечная насечка, которая улучшает механические и электрические характеристики соединения. Зажимы поставляются с прямым и изогнутым пазом. Технические данные анкерных зажимов приведены в табл. 37.

Таблица 37

Технические данные зажимов анкерных литых тип HEL

Сечение несущей нейтрали ($мм^2$)	Диаметр (мм)	Обозначение для заказов
Анкерные зажимы с параллельными пазами		
10 – 16	4,1 – 5,1	HEL-3825
25 – 35	6,3 – 7,5	HEL-3827
50 – 70	9,0 – 10,5	HEL-3829
95 - 120	12,5 – 14,0	HEL-3831

Окончание таблицы 37

Сечение несущей нейтрали ($мм^2$)	Диаметр (мм)	Обозначение для заказов
Анкерные зажимы с изогнутыми пазами		
25 – 35	6,3 – 7,5	HEL-38027
50 – 70	9,0 – 10,5	HEL-38029
95 – 120	12,5 – 14,0	HEL-38031
Универсальные зажимы		
16 – 70	5,1 – 11,7	HEL-3929
95 – 120	6,3 – 15,7	HEL-3932

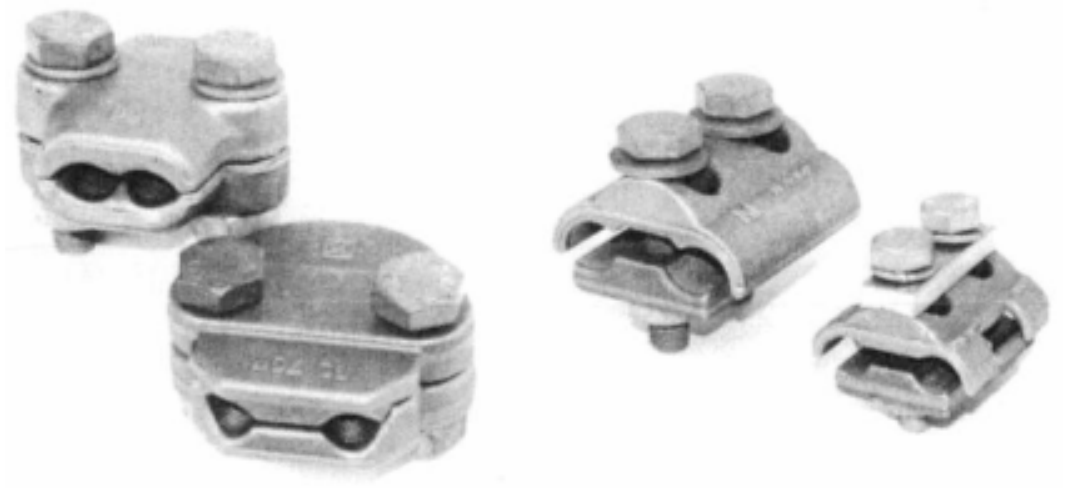


Рис. 46. Зажимы анкерные литые

2.8. Арматура для монтажа СИП вдоль стен и опор линий

Для монтажа СИП до 1 кВ (самонесущего типа и с изолированной несущей нейтралью) вдоль стен и опор линий предназначена специальная арматура (рис. 47). СИП крепится к седлу арматуры с помощью пластмассовых кабельных ремешков. Вторая линия может быть закреплена на той же арматуре с противоположной стороны дополнительным ремешком. Дюбельная часть арматуры устанавливается в предварительно просверленное отверстие диаметром 12 мм и закрепляется с помощью гвоздя. Часть арматуры с седлом надвигается на дюбельную часть

до характерного щелчка, подтверждающего фиксацию. С помощью кабельных ремешков кабели крепятся к седлу. Арматура устанавливается на стенах, обычно через 0,7 м. При монтаже на стенах и опорах из мягкого материала (деревянных) дюбельная часть срезается и гвоздь вбивается непосредственно в дерево.

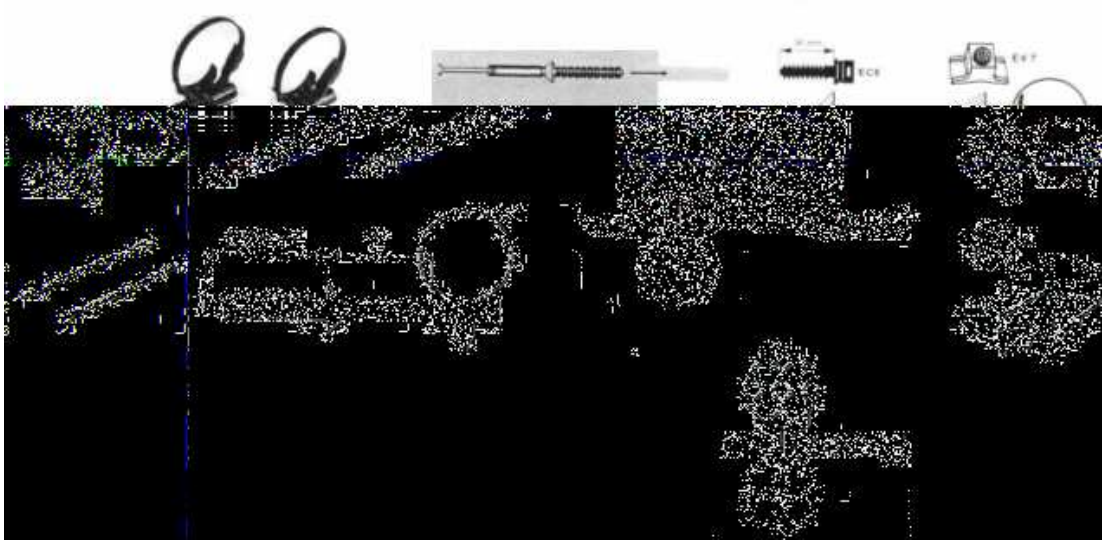


Рис. 47. Арматура для прокладки СИП по фасадам зданий

Удерживающие приспособления используют обычно для закрепления проводов на опорах. Возможны три версии применения:

- тип CSBF-C состоит из ремешка CSB и поддерживающей части с дюбелем EC8 под просверленное отверстие диаметром 8 мм;
- тип CSBF-V состоит из ремешка CSB и поддерживающей части EV7 с отверстием под шуруп диаметром 5 мм или саморез 7/150;
- тип CSB-P состоит из ремешка CSB или CSL 350 и переходной опорной части ED. Технические данные на арматуру для прокладки по стенам и удерживающие приспособления приведены в табл. 38.

Таблица 38

Технические данные арматуры для прокладки СИП по фасадам зданий

Диаметр провода (мм) мин.-макс.	Обозначение для заказа	Расстояние до стены (мм)	Разрушающая нагрузка (кгс)
Арматура для прокладки по стенам			
25 – 60 25 – 60	BRPF 70-150-1F BRPF 70-150-6F	10 60	200 200
Удерживающие приспособления с ремешками			
10 – 40 10 – 40 60 – 130	CSBF-C CSBF-V CSBF-P		
Кабельные ремешки Диаметр провода (мм) мин.-макс.	Обозначение для заказа	Длина (мм)	Разрушающая нагрузка (кгс)
8 – 27 10 – 45 26 – 66 55 - 93	CS 922 CSB CSL 260 CSL 350	132 180 265 360	35 35 51 51

2.9. Арматура для крепления зажимов

Для крепления зажимов СИП до 1 кВ на опорах ВЛЭП, на стенах зданий и сооружений применяются крюки, кронштейны, болты, стяжки, хомуты.

Анкерные кронштейны СА 1500, СА 2000 (рис. 48) из алюминиевого сплава, предназначены для крепления зажимов проводов основных линий. Крепятся двумя стальными лентами или болтами диаметрами 14 и 16 мм.

Рис. 48. Кронштейны анкерные СА 1500 и СА 2000

Анкерный кронштейн CAB (рис. 49) из нержавеющей стали предназначен для крепления зажимов проводов абонентов (ответвлений). Крепится стальной лентой, болтом диаметром 14 или 16 мм или четырьмя шурупами диаметром 5 мм. Технические данные анкерных кронштейнов приведены в табл. 39.

Таблица 39

Технические данные анкерных кронштейнов

Обозначение для заказа	Разрушающая нагрузка (кгс)	Рабочая нагрузка (кгс)
CA 1500	1500	500
CA 2000	1950	500
CAB 25	200	80

Рис. 49. Кронштейн анкерный CAB 25

Спиральный крюк, болтовой крюк, болтовой кронштейн HEL (рис. 50) изготовлены из стали горячего цинкования, длина выступающей части фиксирована приваренной полоской или изогнутой шайбой. Предназначены для крепления зажимов основных и абонентских линий. Максимальная горизонтальная и вертикальная нагрузка на спиральный и болтовой крюк M16 (M20) – 550 (1300) кгс. Максимальная нагрузка на болтовой кронштейн M16 (M20) – 4000 (4000) кгс в горизонтальном и 700 (1500) кгс в вертикальном направлении. Технические данные крюков и кронштейна приведены в табл. 40.

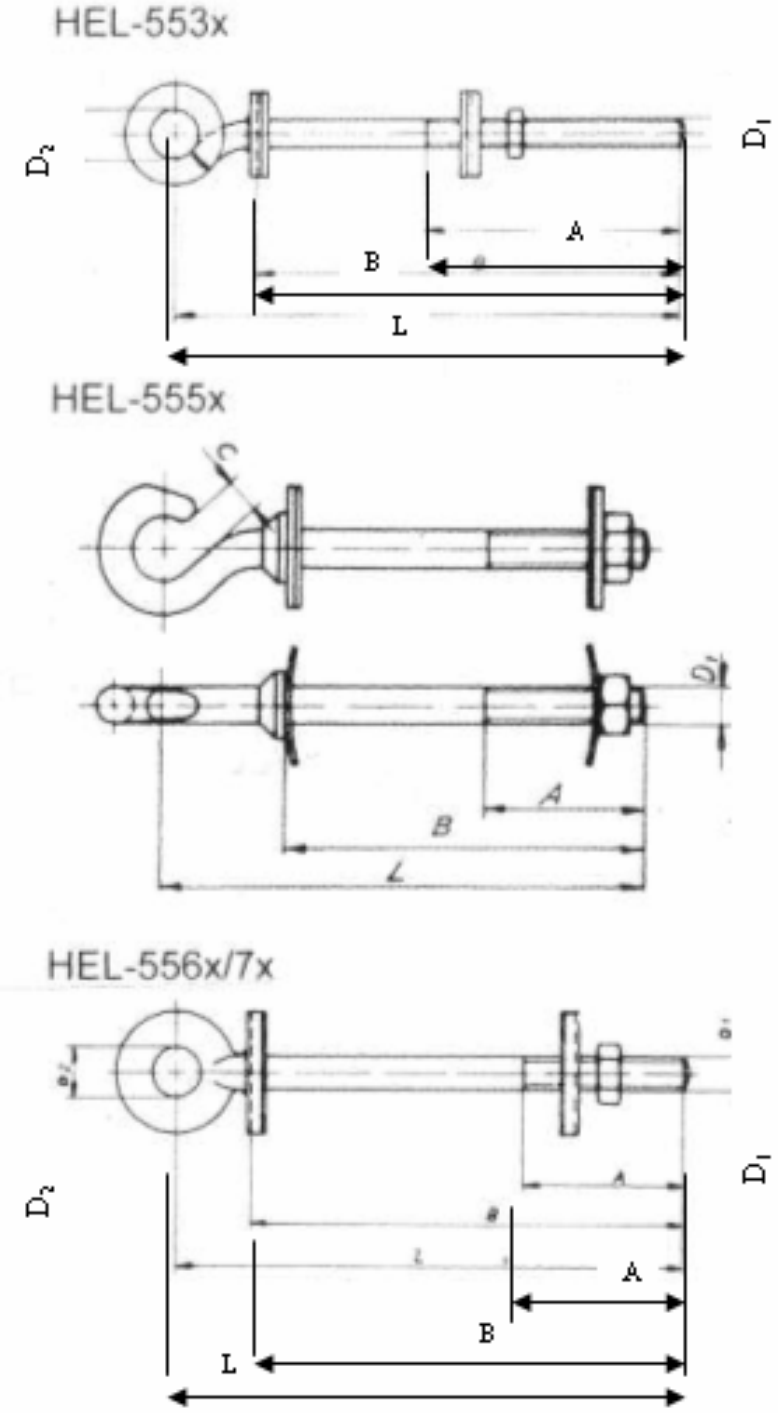


Рис. 50. Спиральный крюк, болтовой крюк, болтовой кронштейн HEL

Таблица 40

Технические данные крюков и кронштейнов HEL

Обозначение для заказа	A (мм)	B (мм)	L (мм)	D1 (мм)	D2/C (мм)
HEL-5531	80	240	295	M16	30
HEL-5532	80	240	340	M16	30
HEL-5534	80	300	400	M16	30
HEL-5541	100	240	295	M20	30
HEL-5543	100	300	355	M20	30
HEL-5551	80	240	300	M16	17/21
HEL-5552	80	300	360	M16	17/21
HEL-5556	80	240	300	M20	17/21
HEL-5561	80	240	290	M16	22
HEL-5562	80	240	340	M16	22
HEL-5574	100	300	400	M20	22

Спиральный крюк BQC (рис. 51) предназначен для крепления зажимов абонентских проводов. Крюк изготовлен из стали горячего цинкования, длина выступающей части регулируется гайками. Максимальная нагрузка – 200 кгс в горизонтальном направлении и 40 кгс – в вертикальном. Технические данные крюков приведены в табл. 41.

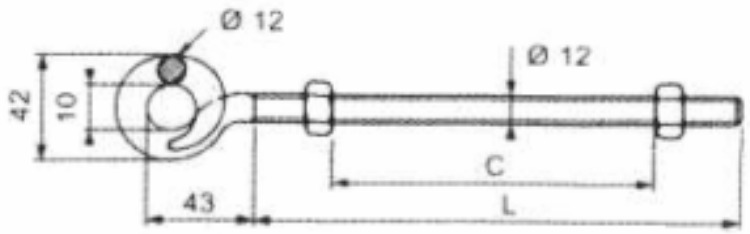


Рис. 51. Крюк спиральный BQC

Таблица 41

Технические данные крюков спиральных BQC

Обозначение для заказа	L (мм)	C макс (мм)
BQC 12-55	55	45
BQC 12-250	250	220
BQC 12-300	300	270

Промежуточные крюки «Слабое звено» HEL-564x (рис. 52) применяются как промежуточные звенья между арматурой крепления к опорам и анкерным или промежуточным зажимами СИП в местах, где предполагается падение деревьев. Промежуточные крюки выдерживают нормальные перегрузки. Они рассчитаны на срабатывание и падение провода на землю в случае недопустимой перегрузки. Технические данные крюков приведены в табл. 42.

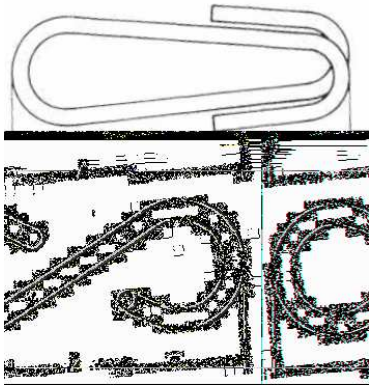


Рис. 52. Крюк промежуточный HEL – 564xx

Таблица 42

Технические данные крюков HEL-564xx

Обозначение для заказа	Разрушающая нагрузка (кгс)	Длина L (мм)
HEL-5641	400±10%	90
HEL-5642	800±10%	90

Крюк анкерного зажима CPA 25 (рис. 53) применяется для подвеса анкерного зажима абонентской линии к арматуре крепления на опоре, имеет отверстие 28 мм и выполнен из погодо- и ультрафиолетостойкого полимера. Разрушающая нагрузка – 200 кгс, рекомендуемая рабочая нагрузка – 80 кгс; крюк допускает дистанционную работу в тех местах, где работа под напряжением запрещена.

Рис. 53. Крюк для анкерного зажима CPA 25

Растяжка ТС (рис. 54) позволяет регулировать длину от 220 мм до 320 мм, имеет закрытые ушки диаметром 22 мм и выполнена из стали горячего цинкования с диаметром стержня 12 мм. Разрушающая нагрузка 800 кгс.

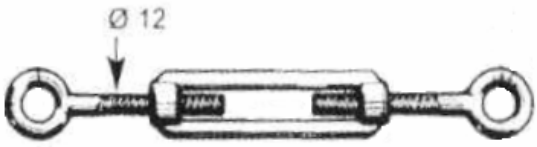


Рис. 54. Растяжка ТС

Мачтовый хомут HEL – 56 xx (рис. 55) предназначен для установки на опорах небольшого диаметра, смонтированных на крышах, имеет отверстие или крюк для крепления анкерного зажима абонентского кабеля, изготовлен из стали горячего цинкования. Технические данные хомутов приведены в табл. 43.

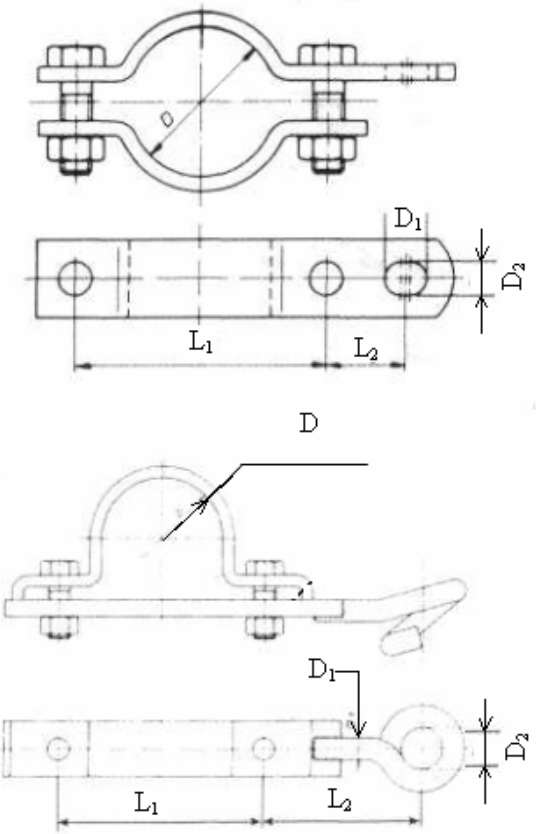


Рис. 55. Хомут мачтовый HEL-56xx

Таблица 43

Технические данные мачтовых хомутов HEL-56xx

Обозначение для заказа	D (мм)	D1 (мм)	D2 (мм)	L1 (мм)	L2 (мм)
HEL-5601	76	30	20	130	45
HEL-5602	89	30	20	140	45
HEL-5632	76	20	30	250	65

2.10. Инструмент и приспособления для монтажа СИП

Для монтажа СИП до 1 кВ используется специальный инструмент и приспособления. Характерный пример применения инструмента и приспособлений для натяжения линии СИП приведен на рис. 56.

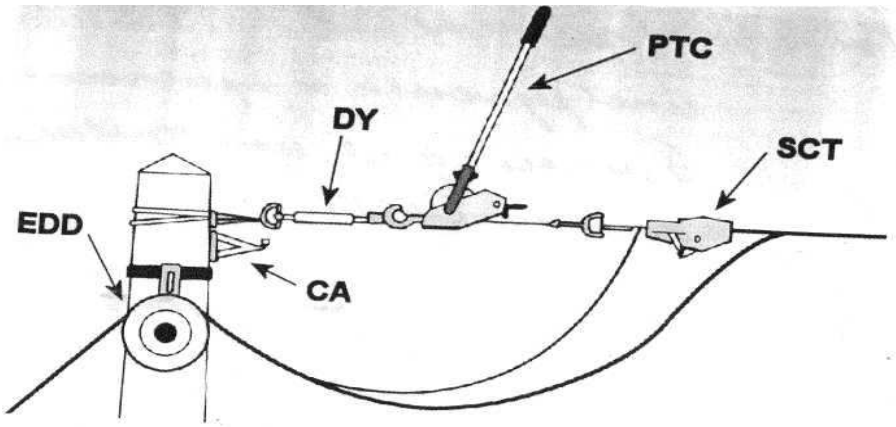


Рис. 56. Применение инструмента и приспособлений для натяжения линий СИП

Оборудование для раскатки и монтажа.

EDD 1000, EDD 1700 (рис. 57) – приспособление для раскатки, состоящее из ролика с пластиковым покрытием, устройства подвеса и металлической ленты с зажимом. Максимально допустимый диаметр кабеля 50 мм, максимальная нагрузка 1000 кгс для EDD 1000 и 1700 кгс для EDD 1700.

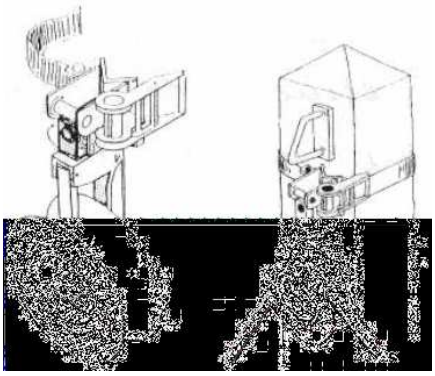


Рис. 57. Приспособление для раскатки типа EDD

Приспособление РО 1000 для раскатки (рис. 58) состоит из ролика с пластмассовым покрытием и подвесного крюка. Максимально допустимый диаметр кабеля 50 мм, максимальная нагрузка 1000 кгс.

Рис. 58. Приспособление для раскатки типа РО 1000

Устройство подвеса SPC 12, SPC 20 (рис. 59) с лентой для закрепления монтажного ролика РО 1000.

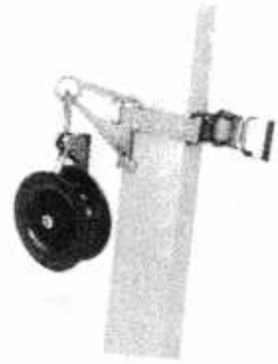


Рис. 59. Устройство подвеса ролика РО 1000

Оборудование для натяжения.

SCT (рис. 60), натяжное устройство для СИП с изолированной несущей нейтралью. Рычажное натяжное устройство преобразует усилие тяжение в усилие захвата, длинные губки и использование алюминия предотвращает повреждение проводов. Технические данные устройства приведены в табл. 44.

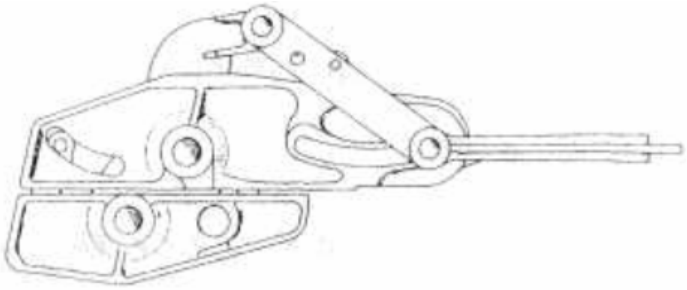


Рис. 60. Устройство натяжения SCT

Таблица 44

Технические данные натяжного устройства SCT

Обозначение для заказа	Сечение ($мм^2$)	Диаметр (мм)	Длина зажима (мм)	Нагрузка макс. (кгс)
SCT13	до 54	6 – 13,5	160	800
SCT20	70 – 120	10 – 20	175	1700

Легкая лебедка (рис. 61) с дополнительным блоком и крюком на ролике. Проста в работе, натяжение производится при помощи рычага без больших усилий. Технические данные лебедки приведены в табл. 45.

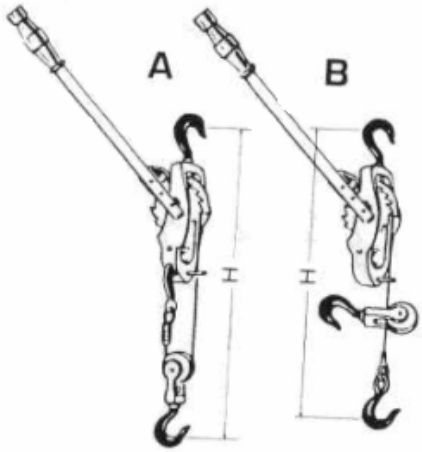


Рис. 61. Лебедка PTC

Таблица 45

Технические данные лебедки РТС

Обозначение для заказа	Крюк в положении А			Крюк в положении В		
	нагр. макс. (кгс)	длина Н		нагр. макс. (кгс)	длина Н	
		мин. (м)	макс. (м)		мин. (м)	макс. (м)
РТС 750	750	0,56	2,86	380	0,43	5,03
РТС 1000	1000	0,55	2,55	500	0,42	4,42
РТС 1600	1600	0,66	3,96	800	0,47	7,07

DY (рис. 62) – легкий и компактный динамометр с высокой точностью (0,6 %). При работе с динамометром не допускаются усилия на излом или скручивание, рекомендуется использовать совместно с вертлюгом. Технические данные динамометра приведены в табл. 46.

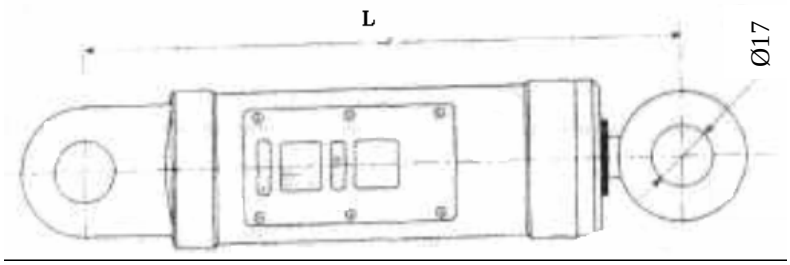


Рис. 62. Динамометр DY

Таблица 46

Технические данные динамометра DY

Обозначение для заказа	Нагр. макс. (кгс)	Шкала		Ход макс. (мм)	Длина L (мм)
		(кг)	(мм)		
DY 50	500	10	2,0	10	230
DY 100	1000	20	2,0	9	230
DY 200	2000	25	2,3	–	327

Приспособления для захвата СИП.

EMD 15 – вертлюг (рис. 63) для использования с чулками тяжения (захвата), предотвращает раскручивание пучка проводов, максимальная нагрузка 1500 кгс, размеры (мм): D = 16, L = 122, ⦸ = 12, A = 16.

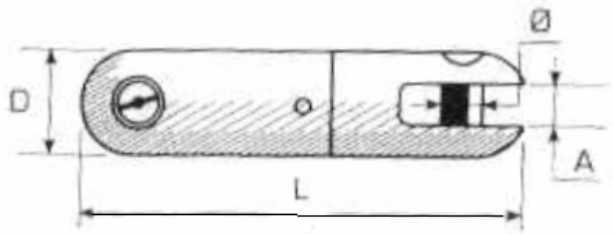


Рис. 63. Вертлюг EMD 15

TCSB, DUL-NLV: чулки тяжения (захвата), (рис. 64). Технические данные приведены в табл. 47.

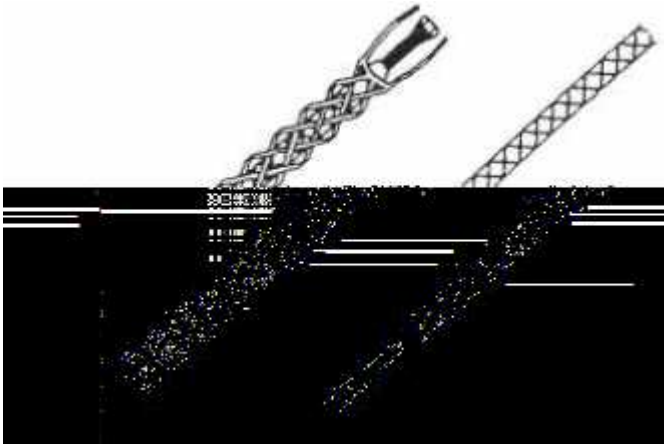


Рис. 64. Чулки тяжения (захвата)

ETC – комплект для тяжения (захвата) СИП с изолированной несущей нейтралью (рис. 65). Технические данные и составные компоненты приведены в табл. 48.

Рис. 65. Комплект для тяжения (захват) СИП

Таблица 47

Технические данные чулков тяжения (захвата)

Обозначение для заказа	Сечение ($мм^2$)	Диаметр (мм)	Длина (мм)	Макс. нагрузка (кгс)
из оцинкованной стали с одним ушком – для несущей нейтрали или троса				
TCSB15	54 – 70	10 – 15	500	500
TCSB20	95 - 120	15 – 18	500	500
из рилсана, с одним ушком – для защиты провода с несущей нейтралью				
TCSB38	3×70 + 54	30 – 38	750	500
TCSB50	3×150 + 70	40 – 50	900	500
из нейлоновых прядей, с двойным мягким ушком с предохранительным ободком из сплава – для самонесущей системы проводов				
DUL-NLV225	2×25	18±1	550	1500
DUL-NLV235	2×35	20±1	550	1500
DUL-NLV250	2×50	23±1	600	1500
DUL-NLV425	4×25	22±1	550	1500
DUL-NLV435	4×35	25±1	550	1500
DUL-NLV470	4×70	32±1	600	1500
DUL-NLV495	4×95	39±1	600	1500
DUL-NLV4150	4×150	44±1	600	1500

Таблица 48

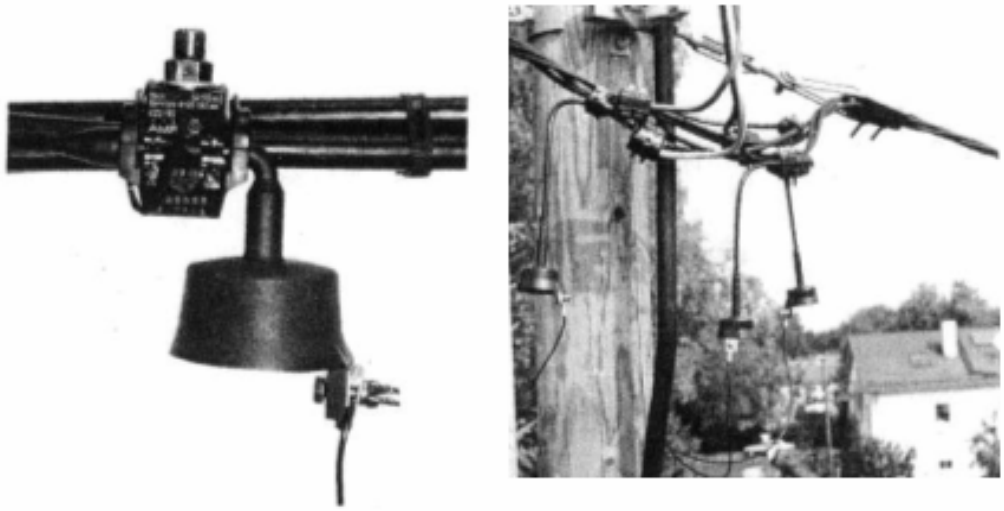
Технические данные и составные компоненты комплекта для тяжения (захвата)

Обозначение для заказа	Сечение ($мм^2$)	Компоненты
ETC 70	до 3×70 + 54	2×TCSB15 + TCSB 38 + EMD15
ETC150	3×70 + до 3×150 + 70	2×TCSB15 + TCSB 50 + EMD15
ETC185	3*150 + 95 до 3×185 + 120	2×TCSB20 + TCSB 50 + EMD15

CA – анкерный кронштейн для крепления анкерного зажима (рис. 48).

2.11. Оборудование для защиты линий СИП

При монтаже линий СИП для защиты их от перенапряжений, близких ударов молний, для закороток и заземления линий применяется специальное оборудование – ограничители перенапряжения, адаптеры для закороток и заземления.



а б

Рис. 66. Ограничители перенапряжения

Низковольтные ограничители перенапряжения (ОПН) монтируются в местах соединения СИП до 1 кВ с подземным или абонентскими кабелями и на подстанциях (рис. 66). В ОПН встроены металлоксидные варисторы, которые надежно защищают сеть и подключенное оборудование от всех видов перенапряжения. Металлоксидные ОПН без искровых промежутков, номинальный ток разряда 10 кА и длительно допустимое напряжение 280 и 440 В. При перегрузке встроенный разъединитель отключает ОПН от сети, например, при близком ударе молнии. Заземляющий проводник остается подключенным, а цветная круглая табличка, видимая издали, выпадает из ОПН и остается висеть на нем, сигнализируя о срабатывании ОПН. Технические характеристики ОПН приведены в табл. 49. Набор крепежной арматуры для ОПН показан на рис. 67.

Рис. 67. Набор крепежной арматуры для ОПН

Таблица 49

Технические данные ограничителей ОПН

Длит.-доп. напряжение Uc (В)	Обозначение со стандартным крепежом*	Энергопоглощ. способность	Остающееся напряжение (кВ) Токовый импульс молнии 8/20 мкс						Коммутацион. импульс 500А/2000 мкс
			1 кА	2,5 кА	5 кА	10 кА	20 кА	40 кА	
280	LVA-280A-AS	3,1Дж/В Uc	0,8	0,9	1,0	1,1	1,4	1,7	0,8
440	LVA-280A-AS	3,1Дж/В Uc	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,3	1,1

* Стандартный крепеж (AS) – это болт М8×17 (линейный вывод) и барашковая гайка с зажимом (вывод заземления)

Адаптер для закороток и заземления СИП типа РМСС устанавливается со стороны ответвления в зажимах с прокалыванием изоляции типа HEL или KZ (рис. 68), обычно в месте окончания линии или пересечения линий. Применяется с любым зажимом с прокалыванием изоляции для ответвлений сечением 25 мм^2 (диаметр изолированного проводника 9 мм). Адаптер рассчитан для токов короткого замыкания 4 кА/1с и рабочего тока до 200 А. Идентификация фаз осуществляется с помощью обламываемых флажков. Для доступа к бронзовому втычному контакту с фиксатором удаляется изолирующая заглушка. Втычной контакт имеет отверстие для проверки отсутствия напряжения (диаметр 4 мм). Технические данные адаптера типа РМСС приведены в табл. 50.

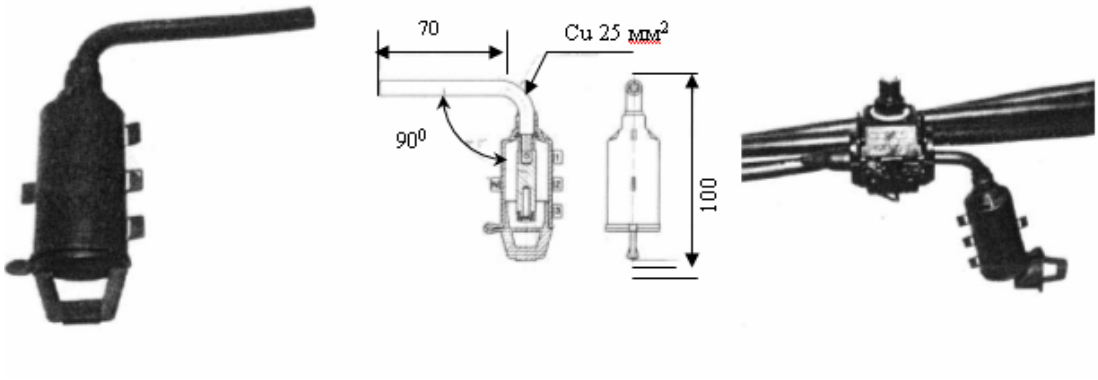


Рис. 68. Изолированный адаптер для закороток и заземления СИП типа РМСС

Таблица 50

Технические данные адаптера РМСС

Изолированный проводник		Обозначение для заказа	Втычной контакт		I макс (кА/1с)
сечение ($мм^2$)	диаметр (мм)		⦸ (мм)	Длина (мм)	
25	9,0	РМСС	11,1	35	4

После проверки отсутствия напряжения оборудование для закороток и заземления соединяется с землей, и контактные шпильки вставляются в адаптеры РМСС, обеспечивая выполнение требований правил техники безопасности.

Оборудование для закороток (рис. 69) состоит из шести или семи контактных шпилек, соединенных байонетным креплением с гибким изолированным медным проводом. Оборудование рассчитано для токов короткого замыкания 4 кА/ 1с и рабочего тока до 200 А. Размеры контактной шпильки: диаметр 11,1 мм, длина 35 мм.

Оборудование для заземления состоит из байонетного изолированного зажима для соединения с контактной шпилькой, гибкого изолированного медного кабеля и зажима для присоединения к прутку заземления. Оборудование спроектировано для тока короткого замыкания до 4 кА/1 с. Заземляющие прутки изготовлены из нержавеющей стали диаметром 16 мм и длиной 1 м. Технические данные оборудования для закороток и заземления приведены в табл. 51.

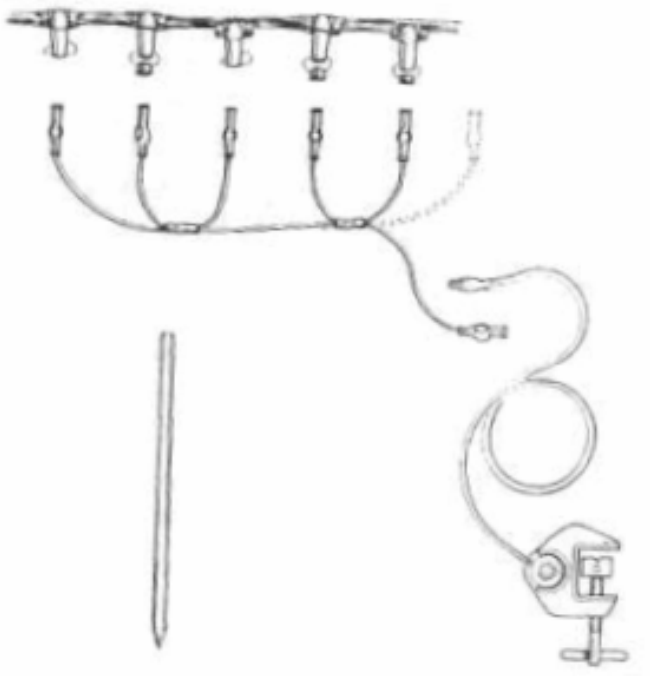


Рис. 69. Оборудование для закороток и заземления

Таблица 51

Технические данные для закороток и заземления

Применение	Обозначение для заказа	Сечение ($мм^2$)	I макс (кА/1с)	
Оборудование для заземления				
6 контактных шпилек	МТ-206	16	4	
7 контактных шпилек	МТ-207	16	4	
Оборудование для закороток				
10 м кабеля	МТ-245	16	4	
Заземляющий пруток	Обозначение для заказа		Длина (мм)	Диаметр (мм)
	РТ-INOX-160/АА-1М	Нерж. сталь	1000	16,0

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – Изд. 6-е. – М.: Энергоатомиздат, 1998.

2. Провода изолированные для воздушной подвески ОАО «Иркутскабель» – Иркутск, 1991. ТУ 16.К71-120-91.

3. Самонесущие изолированные провода «Торсада» для ВЛ 0,4 кВ. /Каталог французской группы Алкатель-Кабель, 2001. – М., 2001.

4. Подвесные скрученные кабели, провода SAX, волоконно-оптические грозозащитные тросы. /Каталог фирмы NOKIA, Финляндия, 2000.– М., 2000.

5. Арматура для распредсетей. /Каталог фирмы ENSTO SEKKO, Финляндия, 1995. – М., 1995.

6. Арматура для самонесущих изолированных проводов (СИП до 1 кВ). /Каталог Energy Division, Финляндия, 2002/2003. – М., 2003.