

УДК621.315.36

**ЗАЗЕМЛЕНИЕ ЭКРАНОВ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ
GROUNDING OF POWER CABLE SHIELDS**

П.А. Крупень

Научный руководитель – В.Н. Калечиц, к.т.н.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

P. Krupen

Supervisor – V. Kalechyts, Candidate of Technical Sciences

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: Статья описывает типы схем заземления экранов, их особенности, исполнение и принципы действия. Приводит пример выбора определенной схемы заземления.

Abstract: The article describes the types of shield grounding schemes, their features, design and operating principles. It provides an example of choosing a specific grounding scheme.

Ключевые слова: одностороннее заземление, двухстороннее заземление, транспозиция.

Keywords: one-way grounding, two-way grounding, transposition.

Введение

Экранирование кабеля – слой специальной оболочки для защиты токоведущих частей. Экран силового кабеля может быть выполнен единым слоем, защищающим все жилы кабеля или обматываться вокруг каждой жилы по отдельности. Это позволяет заземлить кабель, избежать возникновения разности потенциалов при соединении двух кабелей муфтами, увеличить прочность и защитить кабель как от помех из внешней среды, так и не дать созданному кабелем магнитному полю оказывать вредоносное воздействие на близлежащие приборы или другие линии (рис. 1) [1].

На сегодняшний день существует три основных типа заземления экранов силовых кабелей: одностороннее заземление, двухстороннее заземление и транспозиция.

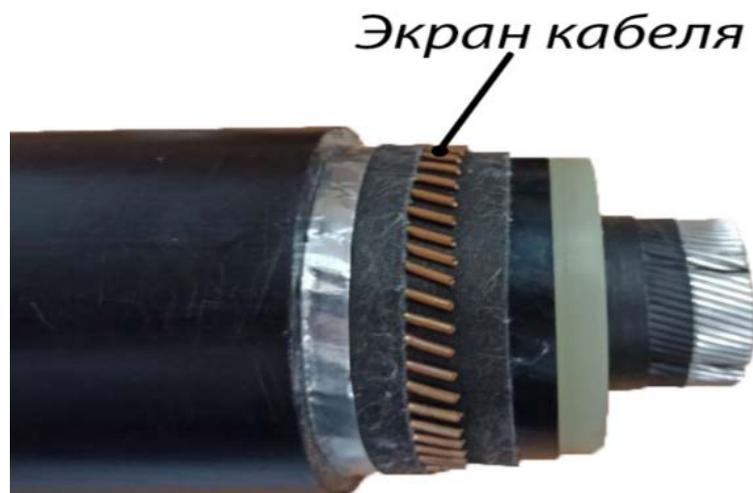


Рисунок 1 – Пример экранирования кабеля напряжением 330 кВ

Основная часть

Одностороннее заземление проектируется с соединением только одного конца экрана кабельной линии к устройству заземления. Такая схема дает возможность исключить движение тока по экрану, из-за чего почти исключаются потери мощности на нагрев. Также при большой протяженности линии может превышать максимальное значение наводимого в экране напряжения при коротком замыкании. Единственные возможные потери будут происходить по причине прохождения через экран вихревых токов, но они не сильно влияют на температуры сети и не снижают таким образом срок службы кабеля (рис. 2).

Достоинства одностороннего заземления экранов кабелей:

- рабочий режим не допускает наличие токов в экранах;
 - отсутствие прохождения токов через экран кабеля не снижает его пропускную способность.
- Недостатки одностороннего заземления экранов кабелей:
- напряжение короткого замыкания при прохождении тока через контур резко повышается.

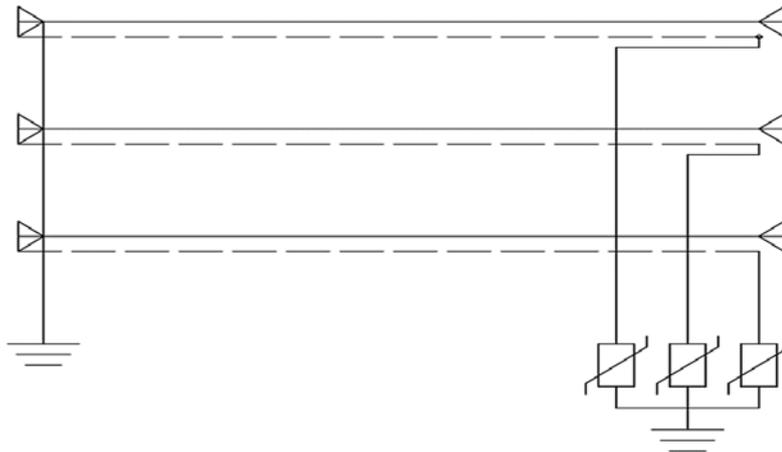


Рисунок 2 – Схема одностороннего заземления экранов кабелей

При двухстороннем заземлении экранов кабелей линия заземляется с двух сторон. Принцип работы заключается в создании заземляющего контура между концами экранов и, таким образом, сильно упрощая схему, убирая из нее сложные коммутационные аппараты и снижая трудности монтажа. Однако экран кабеля будет иметь потенциал земли и ток будет вынужден постоянно протекать в получившемся контуре. Такой процесс вызывает значительные потери мощности и повышение температур в нормальных режимах, что уменьшает срок эксплуатации всей линии (рис. 3).

Достоинства двухстороннего заземления экранов кабелей:

- снижение воздействия на окружающую среду и на близлежащие системы коммуникаций;
- уменьшение перенапряжения на оболочке и изоляции;
- снижение индуктивного сопротивления;
- обеспечение протекания возвратного тока.

Недостатки двухстороннего заземления экранов кабелей:

- уменьшение пропускной способности кабеля;

- нагрев из-за существенных потерь.

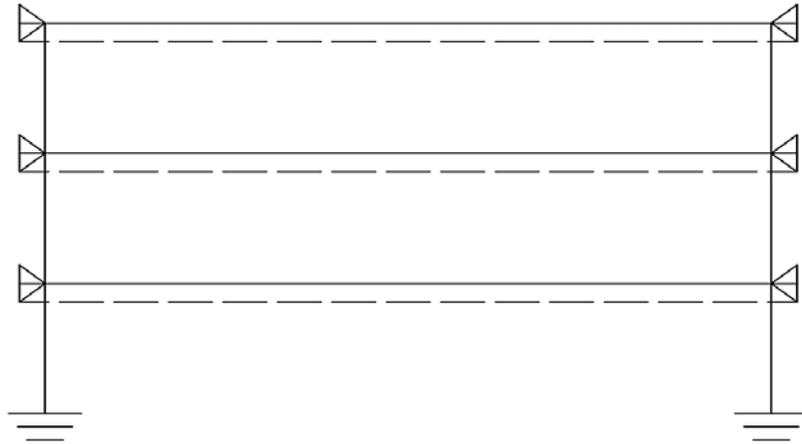


Рисунок 3 – Схема двухстороннего заземления экранов кабелей

Транспозиция в кабельных линиях – это периодическая смена экранов фаз силовых кабелей. Данная процедура влияет на токи в экранах, так как меняется среднее расстояние между осями фаз. Важно понимать, что снижение токов достигается именно транспозицией экранов фаз, а не самих фаз кабеля (рисунок 4).

Экран кабеля соединяется с другой фазой в специально предназначенной камере. Одна полная транспозиция достигается за две такие точки. Продольная ЭДС одного экрана наводится каждой из фаз по очереди и при их суммировании дает значение равное нулю.

Достоинства транспозиции экранов кабелей:

- простой способ уменьшить потери токов в экране если кабельная линия рассчитана на работу с высокими напряжениями (от 110 кВ);
- грозовые перенапряжения на возникают из-за установки ограничителя перенапряжений.

Недостатки транспозиции экранов кабелей:

- стоимость повышается в следствие установки большого количества коммутационных аппаратов.

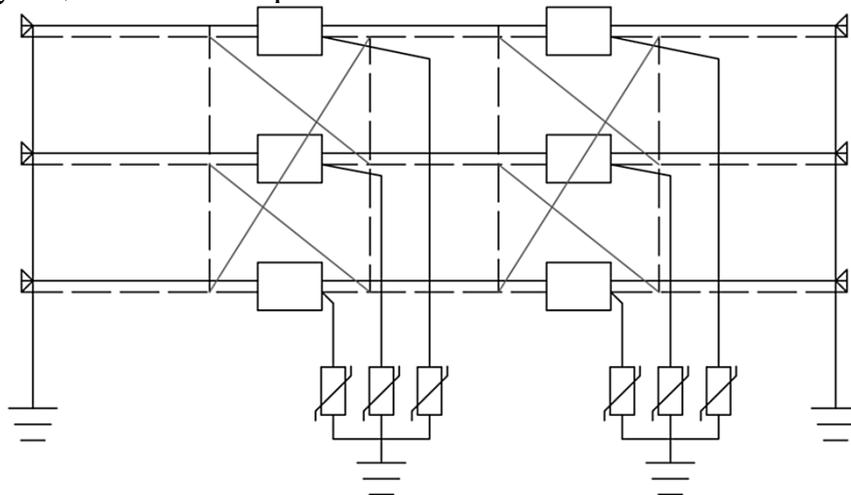


Рисунок 4 – Схема транспозиции экранов кабелей

Каждый тип заземления имеет свои особенности при расчете и выборе для конкретной линии в разных конфигурациях. Опираясь на рассмотренные ранее

варианты заземления экранов силовых кабелей, произведем выбор подходящего заземления для кабельной линии напряжением 110 кВ из трех кабелей АПвП2г 1×500/50-110 [2]. Пригодность каждой схемы определим с помощью программы «ЭКРАН» [3], в основе работы которой применена методика расчета из книги «Заземление экранов однофазных силовых кабелей 6-500 кВ» [4]. Программа «ЭКРАН» позволяет выбрать оптимальный способ соединения и заземления экранов однофазных кабелей, определить активно-индуктивные и емкостные параметры кабелей. Исходные данные кабеля и параметры сети указаны в рисунке 5.

Рисунок 5 – Исходные данные

	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Доп. знач.	Резюме
Ток и потери в нормальном режиме					
Ток в жиле I _ж , А	200	400	600		
Индуктированный ток в экране I _э , А	0	0	0		
Относительные потери P _э /P _ж , о.е.	0	0	0		
Потери в экранах трех фаз P _э , кВт	0	0	0		
Стоим. этих потерь за 1 год, руб	0	0	0	1684.25	допустимо
Пропускная способность кабеля K _и , о.е.	1.0	1.0	1.0	0.80	допустимо
Напряжение в нормальном режиме					
Ток в жиле I _ж , А	200	400	600		
Напряжение на экране относительно земли (K=1), В	11.2	22.5	33.7	100	допустимо
Напряжение при коротких замыканиях					
Ток в жиле I _ж , кА		Трехфазн КЗ 14.9	Однофазн КЗ 12.9		
Напряжение на экране относительно земли (K=1), кВ		0.84	8.65	5.00	недопустимо

Рисунок 6 – Одностороннее заземление экранов силовых кабелей

Исходные данные	Заземление с 2-х сторон	Заземление с 1-й стороны	Транспозиция	Стоимость потерь	Параметры кабеля	Настройки	О программе
Ток и потери в нормальном режиме							
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Доп.знач.	Резюме		
Ток в жиле Iж, А	200	400	600				
Индуктированный ток в экране Iэ, А	27.8	55.6	83.4				
Относительные потери Pэ/Pж, о.е.	0.12	0.12	0.12				
Потери в экранах трех фаз Pэ, кВт	0.93	3.71	8.34				
Стоим. этих потерь за 1 год, руб	8.12	32.5	2462.37	1684.25	недопустимо		
Пропускная способность кабеля Ки, о.е.	0.94	0.94	0.94	0.80	допустимо		
Напряжение в нормальном режиме							
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Доп.знач.	Резюме		
Ток в жиле Iж, А	200	400	600				
Напряжение на экране относительно земли, В	0	0	0	100	допустимо		
Напряжение при коротких замыканиях							
		Трехфазн КЗ	Однофазн КЗ	Доп.знач.	Резюме		
Ток в жиле Iж, кА		14.9	12.9				
Напряжение на экране относительно земли, кВ		0	0	5.00	допустимо		

Рисунок 7 – Двухстороннее заземление экранов силовых кабелей

Исходные данные	Заземление с 2-х сторон	Заземление с 1-й стороны	Транспозиция	Стоимость потерь	Параметры кабеля	Настройки	О программе
Ток и потери в нормальном режиме							
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Доп.знач.	Резюме		
Ток в жиле Iж, А	200	400	600				
Индуктированный ток в экране Iэ, А	0	0	0				
Относительные потери Pэ/Pж, о.е.	0	0	0				
Потери в экранах трех фаз Pэ, кВт	0	0	0				
Стоим. этих потерь за 1 год, руб	0	0	0	1684.25	допустимо		
Пропускная способность кабеля Ки, о.е.	1.0	1.0	1.0	0.80	допустимо		
Напряжение в нормальном режиме							
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Доп.знач.	Резюме		
Ток в жиле Iж, А	200	400	600				
Напряжение на экране относительно земли (N=1), В	3.74	7.48	11.2	100	допустимо		
Напряжение при коротких замыканиях							
		Трехфазн КЗ	Однофазн КЗ	Доп.знач.	Резюме		
Ток в жиле Iж, кА		14.9	12.9				
Напряжение на экране относительно земли (N=1), кВ		0.28	0.16	5.00	допустимо		

Рисунок 8 – Транспозиция экранов силовых кабелей

Из расчётов видно, что одностороннее заземление (рис. 6) не удовлетворяет требованиям по наводимому на экран напряжению однофазного короткого замыкания ($8,65 > 5,00$ кВ).

Двухстороннее заземление (рис. 7) не удовлетворяет экономическим требованиям, из-за превышения потерь за один год ($2462,37 > 1684,25$ руб.).

Транспозиция экранов (рис. 8) в данном случае является оптимальным вариантом, так как удовлетворяет всем техническим требованиям.

Заключение

Схема транспозиции является наиболее универсальной для удовлетворения условий заземления, однако, в силу больших затрат на установку коммутационных аппаратов и строительство специальных камер, имеет высокую стоимость.

Одностороннее заземление на большой протяженности линии может превышать максимальное значение наводимого на экран напряжения при коротком замыкании. Этот параметр может быть снижен прокладкой металлических коммуникаций (например, медной шины) вдоль участка линии, но приводит к удорожанию схемы и целесообразность должна быть обусловлена экономически.

Двухстороннее заземление целесообразно на небольшой протяженности линии из-за относительно высоких потерь. Схема имеет наиболее экономически выгодную конфигурацию.

Литература

1. Экранирование кабеля [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.diada-electro.ru/articles/ehkranirovanie-kabelya/> – Дата доступа: 25.10.2024
2. Марка рассматриваемого кабеля [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://etm-volga.ru/production/kabel-spe-110-kv/apvp2g-1-500-110-kv/> – Дата доступа: 25.10.2024
3. Программа для расчетов «ЭКРАН» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://mvdм.ru/?page_id=1586 – Дата доступа: 25.10.2024
4. Дмитриев М.В. Заземление экранов однофазных силовых кабелей 6-500 кВ– СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 154 с. – Режим доступа: https://mvdм.ru/wp-content/uploads/2015/04/Dmitriev_kniga4.pdf– Дата доступа: 25.10.2024