

Выбор схемы заземления экранов кабельной линии 10 кВ длиной 6000 м

The screenshot shows the 'Ekran5' software window with the 'Исходные данные' tab selected. The interface is divided into two main sections: 'Кабель' (Cable) and 'Сеть' (Network). In the 'Сеть' section, the 'Нейтраль сети' (Network neutral) dropdown menu is highlighted with a red box and set to 'иное' (other). Below the input fields are two buttons: 'Расчет' (Calculate) and 'Типовые Данные' (Typical Data).

Кабель	Сеть
Уном каб, кВ: 10	Уном сети, кВ: 10
Сечение жилы, мм ² : 630 (Cu)	Нейтраль сети: иное
Сечение экрана, мм ² : 95 (Cu)	Ток норм режима1, А: 200
Длина кабеля, м: 6000	Ток норм режима2, А: 400
S между краями фаз, м: 0	Ток норм режима3, А: 700
Расположение фаз: в треугольник	Ток трехфазн. КЗ, кА: 20
Параметры земли: определяются грунтом	Ток однофазн.КЗ, кА: 10

Выбор схемы заземления экранов кабельной линии 6-35 кВ отличается от выбора для 110-750 кВ, поскольку в сетях 6-35 кВ применяется не эффективно- и глухо- заземленная нейтраль, а иные способы заземления, такие как изолированная или компенсированная нейтраль, или же резистивное заземление.

По этой причине однофазное замыкание на землю в сети 6-35 кВ не является расчетным случаем, и поле «Ток однофазного КЗ» на листе «Исходные данные» уже не может быть изменено.

В сетях 6-35 кВ однофазное замыкание не сопровождается большими токами и поэтому не является расчетным случаем при определении наведенных на экраны напряжений. Расчетными являются трехфазное короткое замыкание и нормальный режим работы.

Поскольку в обоих этих режимах в силу симметрии отсутствуют токи в земле, то и отсутствует какое-либо влияние параметров земли (грунт, коммуникации, их глубина) на результаты работы программы «ЭКРАН» и на выбор схемы заземления экранов.

После задания исходных данных следует нажать кнопку «Расчет» и перейти к анализу различных схем заземления экранов.

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 I _ж , А	200	400	700				
Индуктированный ток в экране I _э , А	55.6	111	195				
Относительные потери P _э /P _ж , о.е.	0.51	0.51	0.51				
Потери в экранах трех фаз P _э , кВт	11.7	46.9	144				
Стоим. этих потерь за 1 год, тыс.руб	103	411	1259	50.0	недопустимо		
Пропускная способность кабеля Ки, о.е.	0.81	0.81	0.81	0.80	допустимо		
Напряжение в нормальном режиме							
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Доп.знач.	Резюме		
Ток в жиле I _ж , А	200	400	700				
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 I _ж , кА		20.0					
Напряжение на экране относительно земли, кВ		0		5.00	допустимо		

Анализ расчетов начинается на листе «Заземление экранов с двух сторон». Внимание надо обратить, прежде всего, на две цифры:

- годовая стоимость потерь в экранах;
- пропускная способность кабеля.

От простого двустороннего заземления экранов следует отказаться в тех случаях, когда годовая стоимость потерь в экранах заметно превосходит 50 тыс. рублей **или** пропускная способность кабеля составляет менее 0.8 о.е.

Как видно, для рассматриваемого кабеля 10 кВ заземление экранов с двух сторон недопустимо с точки зрения годовой стоимости потерь (она превосходит 1,2 миллиона рублей), но еще допустимо с точки зрения пропускной способности (0.81).

Для отказа от двустороннего заземления экранов достаточно невыполнения хотя бы одного из двух критериев. Поэтому для рассматриваемой кабельной линии 10 кВ длиной 6000, у которой годовая стоимость потерь заметно превысила допуск, следует рассмотреть альтернативные схемы заземления экранов – или заземление с одной стороны или транспозицию экранов.

Ekran5							
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							
Ток в жиле I _ж , А	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Доп.знач.	Резюме		
Индуктированный ток в экране I _э , А	200	400	700				
Относительные потери R _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, тыс.руб	0	0	0	50.0	допустимо		
Пропускная способность кабеля Ки, о.е.	1.0	1.0	1.0	0.80	допустимо		
Напряжение в нормальном режиме							
Ток в жиле I _ж , А	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Доп.знач.	Резюме		
Напряжение на экране относительно земли (K=1), В	200	400	700				
	73.2	146	256	100	недопустимо		
Напряжение при коротких замыканиях							
Ток в жиле I _ж , кА		Трехфазн КЗ	Однофазн КЗ	Доп.знач.	Резюме		
Напряжение на экране относительно земли (K=1), кВ		20.0					
		7.32		5.00	недопустимо		

На листе «Заземление экранов с одной стороны» для кабелей в сетях 6-35 кВ внимание надо обратить на величину наводимого на экран напряжения при трехфазном коротком замыкании (однофазное замыкание не рассматривается). Это напряжение не должно превосходить допустимого значения 5 кВ (иногда 7 кВ).

Также желательно, чтобы наводимое на экран напряжение в нормальном режиме не превосходило 100 В, но это требование является вторичным в сравнении с требованием не допускать превышения 5 кВ при коротких замыканиях.

Для рассматриваемого кабеля 10 кВ длиной 6000 м наведенное напряжение недопустимо во всех случаях:

- при коротком замыкании 7.32 кВ больше 5 кВ (и даже больше 7 кВ);
- в нормальном режиме 256 В больше 100 В.

Как видно, применять одностороннее заземление экранов нельзя. Рассмотрим транспозицию экранов.

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 I _ж , А	200	400	700				
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, тыс.руб	0	0	0	50.0	допустимо		
Пропускная способность кабеля K _и , 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 I _ж , А	200	400	700				
Напряжение на экране относительно земли (N=1), В	24.4	48.8	85.4	100	допустимо		
Напряжение при коротких замыканиях							
		Трехфазн КЗ	Однофазн КЗ	Доп.знач.	Резюме		
Ток в жиле I _ж , кА		20.0					
Напряжение на экране относительно земли (N=1), кВ		2.44		5.00	допустимо		

На листе «Транспозиция экранов» внимание надо обратить на величину наводимого на экран напряжения при трехфазном коротком замыкании. Это напряжение не должно превосходить допустимого значения 5 кВ (иногда 7 кВ).

Также желательно, чтобы наводимое на экран напряжение в нормальном режиме не превосходило 100 В, но это требование является вторичным в сравнении с требованием не допускать превышения 5 кВ при коротких замыканиях.

Для рассматриваемого кабеля 10 кВ длиной 6000 м даже при одном полном цикле транспозиции N=1 наведенное напряжение допустимо во всех случаях:

- при коротком замыкании 2.44 кВ с запасом меньше 5 кВ;
- в нормальном режиме 85.4 В меньше 100 В.

The screenshot shows the 'Настройки' (Settings) tab of the Ekran5 software. The window title is 'Ekran5'. The tabs at the top are: 'Исходные данные', 'Заземление с 2-х сторон', 'Заземление с 1-й стороны', 'Транспозиция', 'Стоимость потерь', 'Параметры кабеля', 'Настройки', and '0 программе'. The 'Настройки' tab is active and contains the following sections:

- Допустимые значения:**
 - Напряжения в норм. режиме, В: 100
 - Напряжение при коротком замыкании, В: 5000
 - Коэффициент использования K_i , о.е.: 0.8
 - Стоим. потерь в экранах за 1 год, тыс.руб: 50
 - Срок окупаемости мер борьбы, месяцев: 36
- Разное:**
 - Частота сети, Гц: 50
 - Удельное сопротивление грунта, Ом*м: 100
 - Глубина заложения коммуникаций, м: 1
 - Диэлектрич. проницаемость изоляции, о.е.: 2.4
- Информация по ценам:**
 - Цена потерь, руб. за кВт*час: 1
 - Цена каждого одностор. заземления, тыс.руб.: 50
 - Цена каждого цикла транспозиции, тыс.руб.: 1000
- Максимальные значения:**
 - Число K односторонне заземл секций: 1
 - Число N полных циклов транспозиции: 2 (highlighted with a red box)

At the bottom of the window, there are two buttons: 'Расчет' (Calculate) and 'Типовые Настройки' (Default Settings).

Если бы напряжение на экране оказалось больше допустимых значений 5 кВ или 100 В, то следовало бы увеличить число циклов транспозиции. Максимальное число циклов транспозиции, которое учитывается в расчетах, можно задавать на листе «Настройки».

Увеличив максимальное число циклов с исходных $N=1$ до $N=2$ (или до любого другого числа циклов N), надо нажать кнопку «Расчет» и вновь вернуться на лист «Транспозиция экранов».

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 I _ж , А	200	400	700				
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, тыс.руб	0	0	0	50.0	допустимо		
Пропускная способность кабеля K _и , 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 I _ж , А	200	400	700				
Напряжение на экране относительно земли (N=1), В	24.4	48.8	85.4	100	допустимо		
Напряжение на экране относительно земли (N=2), В	12.2	24.4	42.7	100	допустимо		
Напряжение при коротких замыканиях							
		Трехфазн КЗ	Однофазн КЗ	Доп.знач.	Резюме		
Ток в жиле I _ж , кА		20.0					
Напряжение на экране относительно земли (N=1), кВ		2.44		5.00	допустимо		
Напряжение на экране относительно земли (N=2), кВ		1.22		5.00	допустимо		

После изменения листа «Настройки» теперь на листе «Транспозиция экранов» приведены расчеты не только для одного полного цикла транспозиции N=1, но и для двух полных циклов N=2. Видно, что напряжение на экране пропорционально снижается по мере роста числа N циклов транспозиции. Но даже для одного цикла N=1 напряжения уже меньше допустимых, т.е. применение двух полных циклов N=2 не требуется.

Для рассмотренной кабельной линии 10 кВ длиной 6000 м рекомендуется применение одного полного цикла транспозиции экранов N=1.