

Программа «ЭКРАН»

1. Назначение программы

В настоящее время наибольшее распространение получают силовые кабельные передачи 6-500 кВ с однофазными кабелями. При этом наиболее часто экраны кабелей заземляют одновременно в обоих концах, что в нормальных и аварийных режимах приводит к протеканию в экранах токов, в ряде случаев сопоставимых с током жилы. Поэтому эксплуатация трехфазной группы однофазных кабелей без принятия мер по снижению токов в экранах до приемлемых значений не должна допускаться. В тех случаях, когда токи в экранах достигают опасных величин, в качестве мер по их снижению можно предложить или частичное разземление экранов (разземление на одном из концов), или транспозицию экранов. Специально разработанная компьютерная программа «ЭКРАН» позволяет для каждой конкретной кабельной передачи с однофазными кабелями выбрать наиболее рациональный способ соединения и заземления экранов.

Программа «ЭКРАН» для расчета токов и напряжений в экранах однофазных силовых кабелей 6-500 кВ зарегистрирована в Федеральном государственном учреждении «Федеральный институт промышленной собственности» (г. Москва).

По вопросам получения программы «ЭКРАН» просьба обращаться в адрес ЗАО «Завод энергозащитных устройств» (www.zeu.ru).

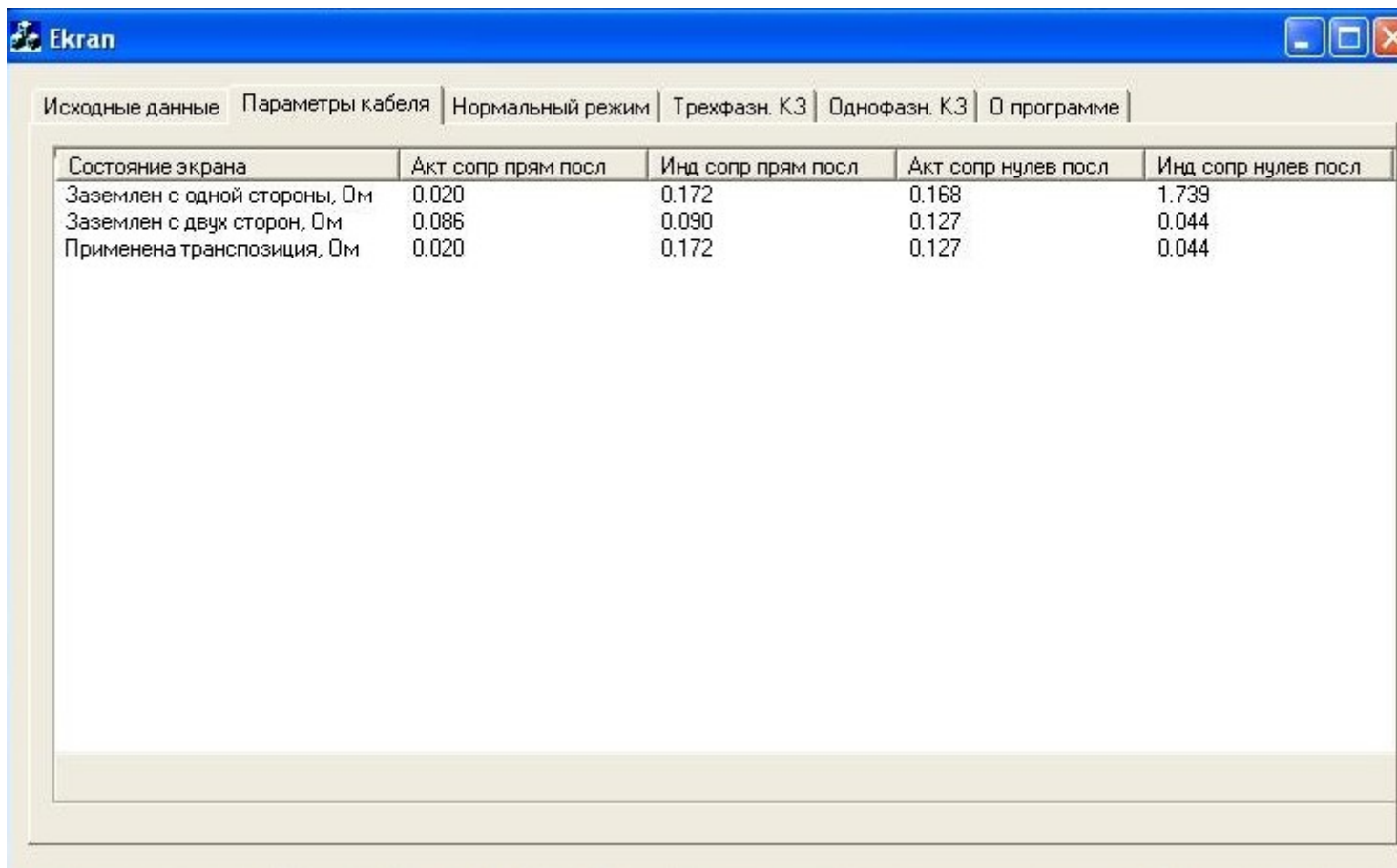
2. Общий вид программы (на примере кабеля 110 кВ)

Окно №1. Исходные данные.

The screenshot shows a software window titled "Экран" with a blue title bar and standard Windows window controls. The window contains a tabbed interface with the following tabs: "Исходные данные", "Параметры кабеля", "Нормальный режим", "Трехфазн. КЗ", "Однофазн. КЗ", and "0 программе". The "Исходные данные" tab is active and is divided into two main sections: "Сеть" (Network) and "Кабель" (Cable). Each section contains several input fields and dropdown menus. At the bottom center of the window is a "Расчет" (Calculate) button.

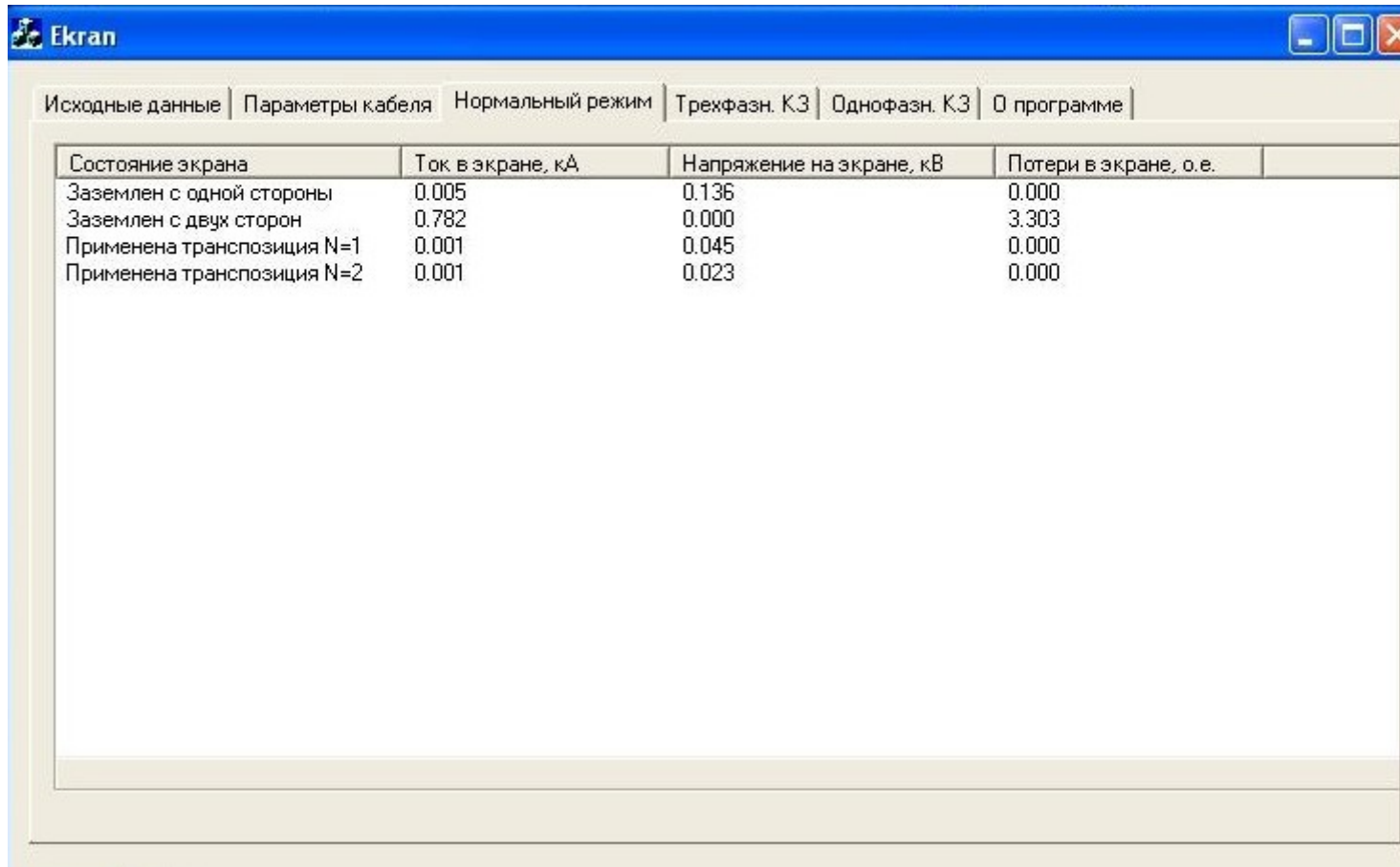
Section	Parameter	Value	Unit
Сеть	Уном сети, кВ	110	kV
	Частота, Гц	50	Hz
	Нейтраль	глухо или эффект заземл	Neutral type
	Ток норм режима, кА	1	kA
	Ток трехфазн. КЗ, кА	10	kA
	Ток однофазн. КЗ, кА	10	kA
Кабель	Уном каб, кВ	110	kV
	Сечение жилы, мм ²	1000	mm ²
	Сечение экрана, мм ²	185	mm ²
	Длина кабеля, м	1000	m
	S между краями фаз, м	0.2	m
	Расположение фаз	в треугольник	Phase arrangement
Уд. сопр. грунта, Ом*м	100	Ω·m	

Окно №2. Результаты расчета продольных активно-индуктивных параметров кабеля по прямой и нулевой последовательностям.



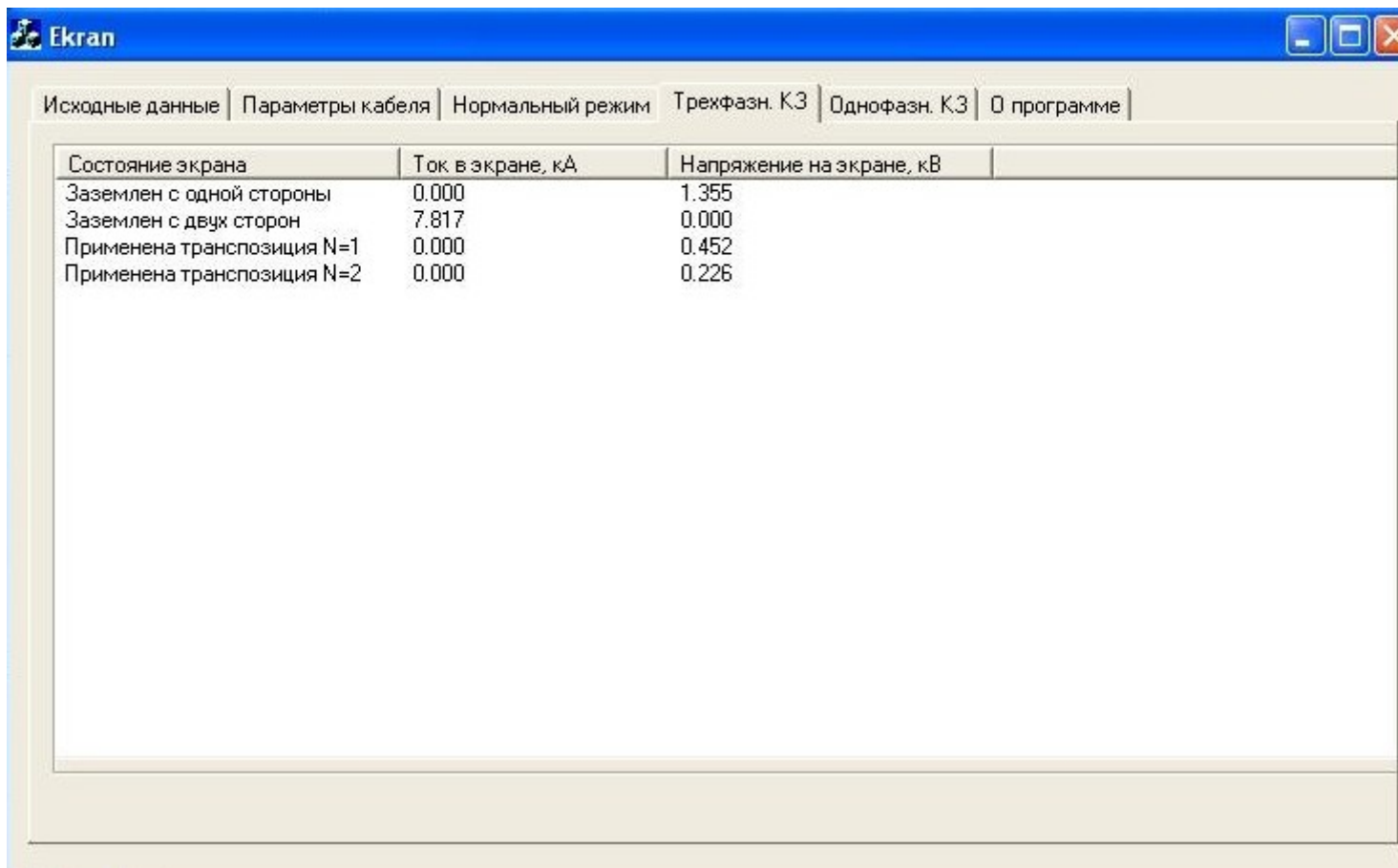
Состояние экрана	Акт сопр прям посл	Инд сопр прям посл	Акт сопр нулев посл	Инд сопр нулев посл
Заземлен с одной стороны, Ом	0.020	0.172	0.168	1.739
Заземлен с двух сторон, Ом	0.086	0.090	0.127	0.044
Применена транспозиция, Ом	0.020	0.172	0.127	0.044

Окно №3. Результаты расчета в нормальном режиме.



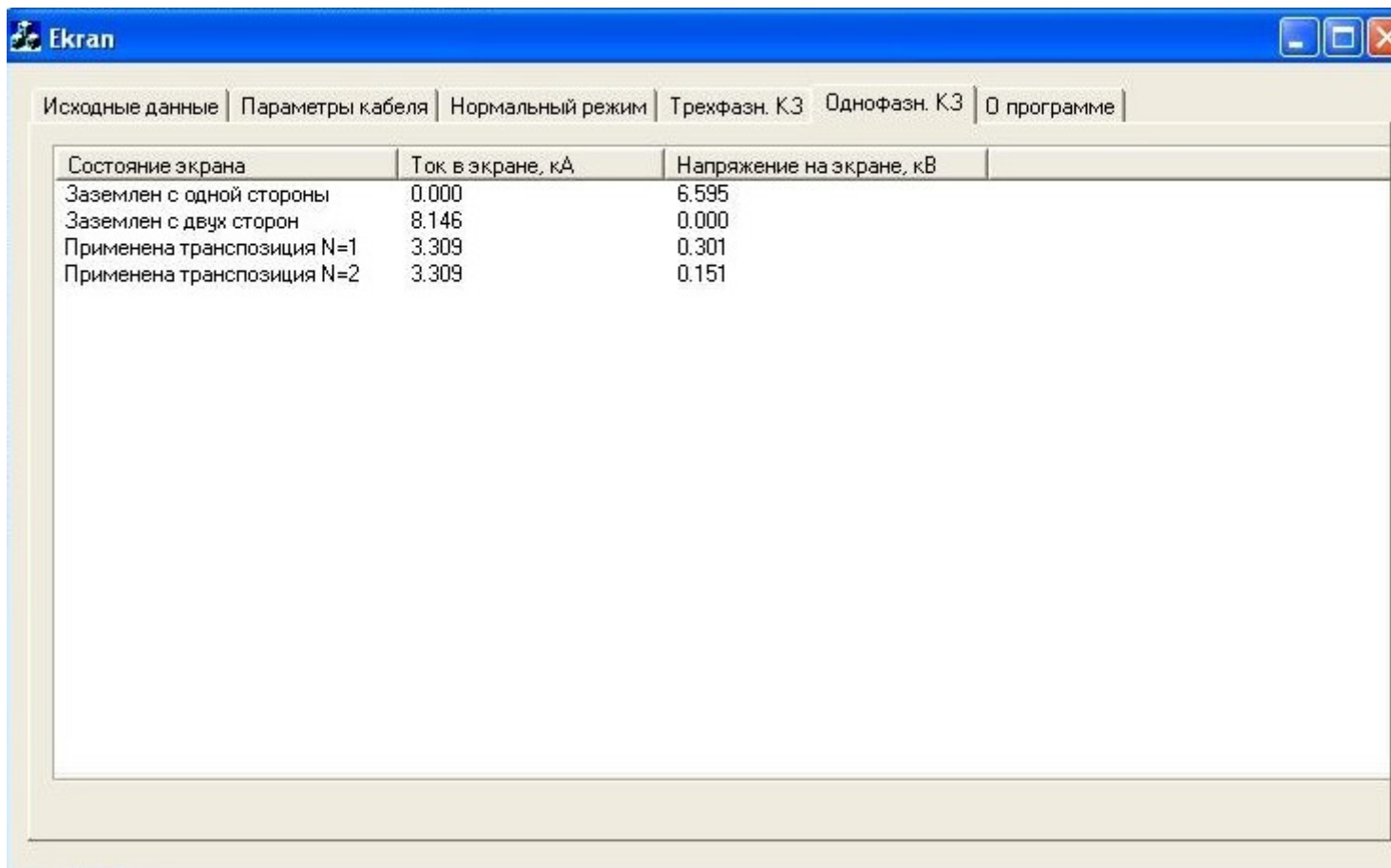
Состояние экрана	Ток в экране, кА	Напряжение на экране, кВ	Потери в экране, о.е.
Заземлен с одной стороны	0.005	0.136	0.000
Заземлен с двух сторон	0.782	0.000	3.303
Применена транспозиция N=1	0.001	0.045	0.000
Применена транспозиция N=2	0.001	0.023	0.000

Окно №4. Результаты расчета при трехфазном коротком замыкании в сети за кабелем.



Состояние экрана	Ток в экране, кА	Напряжение на экране, кВ
Заземлен с одной стороны	0.000	1.355
Заземлен с двух сторон	7.817	0.000
Применена транспозиция N=1	0.000	0.452
Применена транспозиция N=2	0.000	0.226

Окно №5. Результаты расчета при однофазном коротком замыкании в сети за кабелем.



Состояние экрана	Ток в экране, кА	Напряжение на экране, кВ
Заземлен с одной стороны	0.000	6.595
Заземлен с двух сторон	8.146	0.000
Применена транспозиция N=1	3.309	0.301
Применена транспозиция N=2	3.309	0.151

3. Краткое описание алгоритма работы с программой

Можно выделить четыре основных этапа работы с компьютерной программой «ЭКРАН».

№ этапа	Цель выполнения этапа	В каких окнах ведется работа
1	Ввод исходных данных и расчет	Окно №1
2	Определение параметров кабеля по прямой и нулевой последовательностям	Окно №2
3	Определение допустимости заземления экрана кабеля одновременно с двух сторон	Окно №3
4	В случае недопустимости заземления экрана кабеля одновременно с двух сторон поиск альтернативного способа обустройства экранов (одностороннее заземление экранов, транспозиция экранов)	Окна №4,5

Окно №1: «Исходные данные»

1. Заполнить все поля листа «Исходные данные». Под расстоянием S между фазами (в отличие от книги по заземлению экранов) следует понимать расстояние между краями соседних фаз, т.е. «просвет» между ними. Случай $S=0$ отвечает прокладке фаз вплотную друг к другу.
2. Выполнение расчета происходит после нажатия кнопки «Расчет», расположенной на листе «Исходные данные».
3. Удобным является то, что при закрытии программы «ЭКРАН» исходные данные автоматически сохраняются. При следующем запуске программы поля листа «Исходные данные» автоматически получают сохраненные значения.

Окно №2: «Параметры кабеля»

1. При необходимости следует воспользоваться результатами расчета продольных активно-индуктивных параметров кабеля прямой и нулевой последовательностей, которые отображаются на листе «Параметры кабеля».

Окно №3: «Нормальный режим»

1. На листе «Нормальный режим» найти ток в экране $I_э$ и потери в экране $P_э/P_ж$ в случае, когда экран «заземлен с двух сторон».
2. Следует обратить внимание, что на величины $I_э$ и $P_э/P_ж$ заметно влияет материал жилы и экрана (медь или алюминий), а также расстояние S между фазами, которое целесообразно в расчетах поварьировать.
3. Используемое на практике необоснованное увеличение сечения экрана приводит к росту тока в экране $I_э$ и потерь $P_э/P_ж$ в нем! Поэтому сечение экрана не должно быть завышено, а должно приниматься минимальным из числа тех значений, при которых уже обеспечивается термическая стойкость экранов при коротких замыканиях.

4. Если $P_{\text{э}}/P_{\text{ж}} \leq 0.1 \div 0.2$, то допустимо заземлять экраны кабелей одновременно в обоих его концах. Дальнейшая работа с программой «ЭКРАН» не требуется.
5. Если $P_{\text{э}}/P_{\text{ж}} > 0.1 \div 0.2$, то требуется альтернативный способ обустройства экранов: одностороннее заземление экранов или их транспозиция.

Окна №4,5: «Трехфазное КЗ», «Однофазное КЗ»

1. Выбор альтернативного способа обустройства экранов проводится на основании величин напряжений $U_{\text{э}}$ на экране, приведенных на листах «Трехфазное КЗ» (данные этого листа важны во всех сетях вне зависимости от способа заземления нейтрали) и «Однофазное КЗ» (данные этого листа следует учитывать только в сетях с глухо или эффективно заземленной нейтралью).
2. Следует обратить внимание, что на величину $U_{\text{э}}$ влияет расстояние S между фазами, которое целесообразно в расчетах поварьировать.
3. Необходимо выбрать максимальное напряжение $U_{\text{э}}$ из тех, что приведены в графе «заземлен с одной стороны» на листах «Трехфазное КЗ» и «Однофазное КЗ». Это напряжение следует сравнить с допустимым.

Невозможно прикосновение человека к экрану на конце кабеля	$U_{\text{доп}} = 5 \text{ кВ}$
Возможно прикосновение человека к экрану на конце кабеля	$U_{\text{доп}} = 0.042 \text{ кВ}$

4. Если $U_{\text{э}} \leq U_{\text{доп}}$, то разрешается одностороннее заземление экрана. Дальнейшая работа с программой «ЭКРАН» не требуется.
5. Если $U_{\text{э}} > U_{\text{доп}}$, то, как правило, необходима транспозиция экранов. Число циклов транспозиции (один $N=1$ или два $N=2$) выбирается на основании величины напряжения $U_{\text{э}}$ на экране, приведенного на листе «Трехфазное КЗ» в случаях «Применена транспозиция $N=1$ » и «Применена транспозиция $N=2$ ». Если напряжение $U_{\text{э}}$ в случае «Применена транспозиция $N=1$ » менее $U_{\text{доп}} = 5 \text{ кВ}$, до достаточно одного полного цикла транспозиции. В противном случае следует перейти к двум $N=2$ циклам транспозиции и проверить, чтобы напряжение $U_{\text{э}}$ в случае «Применена транспозиция $N=2$ » было менее $U_{\text{доп}} = 5 \text{ кВ}$. Дальнейшая работа с программой «ЭКРАН» не требуется.

Для кабеля 110 кВ, рассчитанного в п.2, потери в экране составляют $P_{\text{э}}/P_{\text{ж}} = 3.303$, что делает недопустимым заземление экрана в обоих концах. Из альтернативных способов заземления экрана одностороннее заземление экрана не подходит, так как при однофазном коротком замыкании $U_{\text{э}} = 6.595 \text{ кВ}$, что больше $U_{\text{доп}} = 5 \text{ кВ}$; транспозиция подходит, так как даже при $N=1$ имеем $U_{\text{э}} = 0.452 \text{ кВ}$.