

Программа «ЭКРАН»

Программа предназначена для расчета и выбора схем заземления экранов трехфазных кабельных линий с однофазными силовыми кабелями классов напряжения от 1 до 500 кВ.

Программа рассматривает следующие схемы:

- двустороннее заземление экранов;
- одностороннее заземление экранов;
- идеальная транспозиция экранов;
- неидеальная (в том числе неполная) транспозиция экранов.

Кроме того, программа позволяет вычислять продольные и поперечные параметры указанных кабельных линий, поскольку параметры зависят от схемы заземления экранов.

Работа с программой состоит из следующих этапов:

- ввод ключа, позволяющий пользоваться программой;
- задание исходных данных;
- расчет (инициируется нажатием кнопки «расчет»);
- изучение результатов расчета;
- сохранение результатов расчета.

Важно! Все расчеты проводятся по методике, изложенной в частях 3 и 4 монографии «Кабельные линии высокого напряжения» (Дмитриев М.В., 2021 год, 688 страниц).

Важно! Проблема выбора оптимальной схемы заземления экранов существует только для однофазных кабелей. Расчет схем заземления экранов трехфазных кабелей не требуется, поскольку для трехфазных кабелей всегда принимается двустороннее заземление экранов.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1. Сеть

Номинальное напряжение сети U_c , кВ	Может быть любым и не влияет на расчет схем заземления экранов. Оказывает влияние только на величину емкостного тока ($I_{c1}=I_{c0}$, А/км), указанного на листе «Параметры КЛ».
Нейтраль сети	<p>Если нейтраль сети «заземлена», то расчетным случаем для оценки напряжения, наведенного на экраны кабелей, является не только случай трехфазного КЗ, но и случай однофазного КЗ.</p> <p>Если нейтраль сети не заземлена (изолирована, реактор, резистор), то случай однофазного КЗ перестает быть расчетным случаем по причине малой величины тока. Поле будет недоступно.</p>
Параметры земли определяются	<p>Выбор влияет на способ определения глубины D_z проникновения тока в грунт.</p> <p>Величина D_z влияет исключительно на расчеты напряжения U_z, наведенного на односторонне заземленные экраны (на транспозицию – нет), причем влияет только в случае однофазного КЗ (т.е. только если нейтраль сети «заземлена»).</p> <p>При прокладке кабелей в городской черте или при наличии вдоль трассы металлических шин (труб, рельсов) рекомендуется делать выбор в пользу «коммуникации», при этом на листе «Настройки» важно дать корректную глубину заложения этих коммуникаций (или расстояние от кабелей до этих коммуникаций).</p>
Ток в жиле кабеля в нормальном режиме №1, А	<p>Задание трех разных токов №1,2,3 позволяет проследить, как при смене режима (тока в жиле) изменяются наведенные в экранах напряжения, токи и потери активной мощности.</p> <p>Допускается указывать любые значения токов №1,2,3. В частности, можно задавать только ток №1, а токи №2 и №3 вообще не задавать.</p> <p>Чаще всего в качестве тока №1 задается ток, который длительно проходит в жиле кабеля в режиме «номинальной нагрузки» (отвечающей, 100%).</p>

Ток в жиле кабеля в нормальном режиме №2, А	Чаще всего в качестве тока №2 задается ток, который длительно проходит в жиле кабеля в режиме «средней нагрузки» (отвечающей, например, 50% от номинальной).
Ток в жиле кабеля в нормальном режиме №3, А	Чаще всего в качестве тока №3 задается ток, который длительно проходит в жиле кабеля в режиме «минимальной нагрузки» (отвечающей, например, 25% от номинальной).

Ток в жиле кабеля при внешнем трехфазном КЗ, кА	<p>При трехфазн.КЗ на шинах распределительного устройства в начале линии (а потом и в конце) необходимо найти ток КЗ, проходящий по жиле кабеля и подпитывающий место КЗ. Из двух токов в жиле (при КЗ в начале и затем при КЗ в конце) следует выбрать максимальный и затем именно его использовать в качестве искомого тока в жиле кабеля.</p> <p>При отсутствии информации о распределении токов КЗ по элементах сети, в качестве тока жилы допускается указывать ток трехфазного КЗ на шинах распределительного устройства (того из устройств, где ток КЗ наибольший).</p>
Ток в жиле кабеля при внешнем однофазном КЗ, кА	<p>Значение задается только если было выбрано, что нейтраль сети заземлена.</p> <p>При однофазн.КЗ на шинах распределительного устройства в начале линии (а потом и в конце) необходимо найти ток КЗ, проходящий по жиле кабеля и подпитывающий место КЗ. Из двух токов в жиле (при КЗ в начале и затем при КЗ в конце) следует выбрать максимальный и затем именно его использовать в качестве искомого тока в жиле кабеля.</p> <p>При отсутствии информации о распределении токов КЗ по элементах сети, в качестве тока жилы допускается указывать ток однофазного КЗ на шинах распределительного устройства (того из устройств, где ток КЗ наибольший).</p>

1.2. Кабель

Номинальное напряжение кабельной линии, кВ	<p>Значение берется из кабельного каталога, это действующее значение линейного напряжения. Указанное напряжение должно быть не меньше номинального напряжения сети U_c.</p> <p>На основе заданного значения автоматически определяется толщина изоляции и оболочки кабеля, что важно при определении геометрии (радиусов жилы, изоляции, экрана, оболочки).</p>
--	--

Материал жилы	Медь (Cu) или алюминий (Al).
Сечение жилы $F_{ж}$, мм ²	Любое значение от 35 до 2500 мм ² .

Материал экрана	Медь (Cu) или алюминий (Al).
Сечение экрана $F_{э}$, мм ²	Любое значение от 16 до 500 мм ² .

Коэффициент заполнения жилы, о.е.	<p>Зависит от степени уплотнения проволок жилы.</p> <p>Чем лучше уплотнение, тем меньше воздушные зазоры между проволоками, а значит у такого кабеля будет уменьшен радиус жилы, что дает возможность снизить объем изоляции кабеля (не толщину изоляции, а объем и ее стоимость).</p>
Коэффициент заполнения экрана, о.е.	Как правило, между проволоками экрана есть значительный зазор, и поэтому стандартное значение коэффициента меньше, чем у жилы.

Температура жилы в нормальном режиме, град.	Эта температура влияет на величину активного сопротивления жилы кабеля, необходимую в расчетах параметров кабеля, потерь мощности.
Температура экрана в нормальном режиме, град.	<p>Эта температура влияет на величину активного сопротивления экрана кабеля, необходимую в расчетах параметров кабеля, потерь мощности.</p> <p>В нормальном режиме работы сети температура экрана всегда на 5 или 10 градусов ниже жилы.</p>

Относит. диэлектр. проницаемость изоляции, о.е.	Не влияет на расчет схем заземления экранов. Влияет исключительно на емкость кабеля и его емкостный ток, которые отображаются на листе «Параметры КЛ».
---	--

Геометрия кабеля (расчет/ввод)	<p>В меню «расчет/ввод» рекомендуется выбрать вариант «расчет», что значит, что геометрия будет определена автоматически на основе алгоритма программы, в котором принимаются во внимание класс номинального напряжения кабеля (по классу ищется толщина изоляции и наружной оболочки), сечение жилы и экрана, коэффициенты заполнения жилы и экрана.</p> <p>Следует нажать «Расчет геометрии кабеля» и посмотреть на результаты расчетов геометрии, которые появятся ниже.</p> <p>В случае, если рассчитанная геометрия будет существенно отличаться от той, что указана в каталоге, рекомендуется в меню «расчет/ввод» выбрать вариант «ввод», после чего ниже уже вручную задать геометрию кабеля.</p> <p>После завершения ручного ввода геометрии следует нажать «Ввод геометрии кабеля», что приведет к сохранению данной информации.</p>
Диаметр по жиле, мм	Задается, если был выбран «ввод» геометрии.
Диаметр по изоляции, мм	Задается, если был выбран «ввод» геометрии.
Диаметр по экрану, мм	Задается, если был выбран «ввод» геометрии.
Диаметр по оболочке, мм	Задается, если был выбран «ввод» геометрии.

1.3. Трасса

<p>Число участков кабеля на фазу</p>	<p>Для расчета обычных схем заземления экранов (двустороннее или одностороннее заземление, идеальная транспозиция) достаточно задавать число участков кабеля на фазу равным 1.</p> <p>Задание значений, отличных от 1, необходимо для расчета неидеальной транспозиции. В этом случае под «участком» пользователь на выбор может понимать для себя следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> – длину трассы между соседними узлами транспозиции (например, для расчета линии с одним полным циклом (N=1) неидеальной транспозиции достаточно задать 3 участка; для расчета линии с N=2 будет 6 участков; для расчета линии с N=3 будет 9 участков); – «строительную длину на барабане» (каждый из барабанов будет иметь свою уникальную длину, а кабель проложен своим способом); число таких длин может быть до 50 и более.
<p>Число способов прокладки фаз</p>	<p>Наибольшее число способов – 4. Способы могут отличаться друг от друга как взаимным расположением (ряд, сомкнутый/разомкнутый треугольник), так и расстоянием между фазами.</p> <p>Важно, что внизу листа «Настройки» можно выбрать, что именно понимать под расстоянием между фазами. Это может быть или расстояние между осями соседних фаз, или между краями соседних фаз.</p>
<p>Способ прокладки фаз #1</p>	<p>Сомкнутый треугольник – это расположение трех фаз вплотную друг к другу.</p> <p>Разомкнутый треугольник – это расположение трех фаз в трех отдельных трубах, которые размещены пучком вплотную друг к другу.</p> <p>Ряд (плоскость) – свободная прокладка кабелей.</p>
<p>Расстояние между осями фаз #1, мм</p>	<p>Для сомкнутого треугольника расстояние (между осями или в свету) рассчитывается автоматически.</p> <p>Для разомкнутого треугольника и ряда данное расстояние (между осями или в свету) следует задавать самостоятельно (в миллиметрах).</p>
<p>Протяженность на участке №1, м</p>	<p>Задается длина участка (в метрах).</p>

Кнопка «Расчет эквивалента трассы»	Следует нажать эту кнопку, чтобы получить приведенный ниже эквивалент трассы линии.
Общая протяженность линии, м	Рассчитывается автоматически. Полученное значение общей протяженности линии следует сверить с указанной в проекте, чтобы дополнительно проверить корректность задания длин участков трассы.
Среднее расстояние между осями фаз, мм	Рассчитывается автоматически.
Среднее расстояние в свету между фазами, мм	Рассчитывается автоматически.

1.4. Настройки

Частота напряжения сети, Гц	Любая частота (обычно это 50 Гц или 60 Гц).
Фактор нагрузки сети о.е.	Если необходимо учесть переменный график нагрузки, то надо указать значение менее 1.0. Фактор нагрузки влияет только на потери мощности в жилах/экранах и стоимость потерь.
Цена потерь мощности в сети, руб за 1 кВт*час	Цена потерь мощности отличается от цены электроэнергии для бытовых потребителей. Цена потерь зависит от класса напряжения сети и снижается по мере роста этого класса.

Удельное сопротивление грунта, Ом*м	Удельное активное сопротивление грунта важно при расчете глубины D_3 тока в земле, от которой зависит наведенное напряжение $U_э$ при однофазном КЗ, а также оно важно при расчете продольного активного сопротивления и индуктивности кабельной линии по нулевой последовательности (R_0, L_0, X_0).
Глубина заложения коммуникаций, м	При прокладке кабелей в городской черте или при наличии вдоль трассы металлических шин, труб, рельсов глубину коммуникаций (или расстояние от кабелей до этих коммуникаций) можно указать в диапазоне от 1 до 10 метров. Чем меньше данная глубина (расстояние), тем меньше будет наведенное напряжение $U_э$ на односторонне заземленные экраны кабелей. Глубина (расстояние) влияет на $U_э$ только если сеть имеет заземленную нейтраль, а на листе «Сеть» при этом задано, что параметры земли определяются коммуникациями, а не грунтом.

Предел коэффициента использования K_i , о.е.	В качестве предела рекомендуется задавать значения или 0.9, или 0.85, или 0.8. Например, если реальное значение K_i , которое получено для конкретной линии, оказалось менее предельного $K_i=0.9$, то это означает, что пропускная способность линии по току используется менее чем на 90%, и в подобных случаях уже рекомендуется отказ от простого двустороннего заземления экранов и переход к одностороннему или транспозиции.
--	---

<p>Предел стоимости потерь в экранах, тыс.руб/год</p>	<p>Если годовая стоимость потерь мощности в экранах оказывается более указанного числа, то рекомендуется отказ от двустороннего заземления экранов в пользу одностороннего или транспозиции экранов, так как эти схемы достаточно быстро окупят себя, поскольку для них отсутствуют потери в экранах.</p>
---	---

<p>Предел U_{Σ} в нормальном режиме работы, В</p>	<p>Предел определяет то напряжение 50 Гц, выше которого уже будет рекомендовано увеличить число K односторонне заземленных секций экранов или число N циклов транспозиции.</p> <p>Величина предела 100 В определена с учетом допустимых напряжений прикосновения персонала к корпусам коробок заземления экранов или коробок транспозиции экранов.</p>
<p>Предел U_{Σ} при внешнем КЗ, кВ</p>	<p>Предел определяет то напряжение 50 Гц, выше которого уже будет рекомендовано увеличить число K односторонне заземленных секций экранов или число N циклов транспозиции.</p> <p>Величина предела определяется с учетом толщины, прочности, изношенности наружной оболочки кабеля. Для исключения пробоев оболочки рекомендуется предел от 5 до 7 кВ.</p>

<p>Активное сопротивление Cu при 20 град., мкОм*м</p>	<p>Стандартное удельное значение для меди, влияющее на расчет активных сопротивлений медных жилы и экрана кабеля.</p>
<p>Активное сопротивление Al при 20 град., мкОм*м</p>	<p>Стандартное удельное значение для алюминия, влияющее на расчет активных сопротивлений алюминиевых жилы и экрана кабеля.</p>
<p>Температурный коэф. сопротивления Cu, о.е.</p>	<p>Учитывает рост активного сопротивления Cu жилы и экрана по мере роста их температуры.</p>
<p>Температурный коэф. сопротивления Al, о.е.</p>	<p>Учитывает рост активного сопротивления Al жилы и экрана по мере роста их температуры.</p>

<p>Расстояние между фазами</p>	<p>Выбор того, что понимается в роли расстояния между соседними фазами линии.</p>
--------------------------------	---

2. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

2.1. Двустороннее заземление

Выбор нормального режима	Можно выбрать любой из режимов №1,2,3.
Ток в жиле $I_{ж}$, А	Заполняется автоматически в зависимости от того нормального режима, который выбран.
Наведенный ток в экране $I_{э}$, А	Рассчитывается автоматически. При желании ток $I_{э}$ можно сопоставить с тем током, который будет получен путем натуральных измерений в экранах действующей кабельной линии с помощью токоизмерительных клещей.

Отношение $I_{э}/I_{ж}$, о.е.	Рассчитывается автоматически. Показывает то, в какой пропорции находятся наведенный ток в экране и вызвавший его ток в жиле. Это отношение сохраняется постоянным и не зависит от выбранного режима №1,2,3.
Отношение $P_{э}/P_{ж}$, о.е.	Рассчитывается автоматически. Показывает то, в какой пропорции находятся потери мощности в экране и в жиле. Указанное отношение сохраняется постоянным и никак не зависит от выбранного режима №1,2,3. Обычно уже при $P_{э}/P_{ж} > 0.2$ рекомендуется задуматься об отказе от двустороннего заземления экранов.
Коэффициент использования $K_{и}$, о.е.	Является ВАЖНЫМ результатом расчета. $K_{и}$ показывает, на сколько можно использовать пропускную способность кабеля по сравнению со случаем, когда в экранах не было бы потерь. Если значение $K_{и}$ <u>меньше</u> предельного, которое дано на листе «Настройки», то поле $K_{и}$ меняет свой цвет на красный, тем самым сигнализируя о необходимости отказаться от двустороннего заземления экранов.

Потери в экранах трех фаз ЗРэ, кВт	Рассчитывается автоматически.
Стоимость потерь в экранах трех фаз, тыс.руб/год	Является ВАЖНЫМ результатом расчета. Показывает, во сколько каждый год обходятся потери в экранах. Если стоимость будет <u>больше</u> предельного значения, которое дано на листе «Настройки», то поле меняет цвет на красный, сигнализируя о необходимости отказаться от двустороннего заземления экранов.

Потери в жилах трех фаз ЗРж, кВт	Рассчитывается автоматически.
Стоимость потерь в жилах трех фаз, тыс.руб/год	Рассчитывается автоматически.

Суммарные потери в линии, кВт	Рассчитывается автоматически. При желании эти потери можно сопоставить с теми, которые будут получены путем натуральных измерений на действующей кабельной линии с помощью счетчиков энергии в двух ее концах (потери равны разности показаний счетчиков).
Суммарная стоимость потерь в линии, тыс.руб/год	Рассчитывается автоматически.

Напряжение $U_{\text{э}}$ в нормальном режиме, В	Рассчитывается автоматически. Для двустороннего заземления всегда $U_{\text{э}}=0$.
Напряжение $U_{\text{э}}$ при внешнем трехфазном КЗ, кВ	Рассчитывается автоматически. Для двустороннего заземления всегда $U_{\text{э}}=0$.
Напряжение $U_{\text{э}}$ при внешнем однофазном КЗ, кВ	Рассчитывается автоматически. Для двустороннего заземления всегда $U_{\text{э}}=0$.

2.2. Одностороннее заземление

Число односторонне заземленных секций экрана, шт.	Является ВАЖНЫМ результатом расчета. Необходимо выбрать такое минимальное число секций K , при котором все напряжения $U_{\text{э}}$ на экранах окажутся менее допустимых значений (если какое-то из напряжений $U_{\text{э}}$ превосходит допустимое, оно выделяется красным цветом).
---	--

Выбор нормального режима	Можно выбрать любой из режимов №1,2,3.
Ток в жиле $I_{\text{ж}}$, А	Заполняется автоматически в зависимости от того нормального режима, который выбран.
Наведенный ток в экране $I_{\text{э}}$, А	Рассчитывается автоматически. Для одностороннего заземления всегда $I_{\text{э}}=0$.

Отношение $I_{\text{э}}/I_{\text{ж}}$, о.е.	Рассчитывается автоматически. Для одностороннего заземления всегда 0.
Отношение $R_{\text{э}}/R_{\text{ж}}$, о.е.	Рассчитывается автоматически. Для одностороннего заземления всегда 0.
Коэффициент использования $K_{\text{и}}$, о.е.	Рассчитывается автоматически. Для одностороннего заземления всегда $K_{\text{и}}=1$.

Потери в экранах трех фаз $3P_{\text{э}}$, кВт	Рассчитывается автоматически. Для одностороннего заземления всегда 0.
Стоимость потерь в экранах трех фаз, тыс.руб/год	Рассчитывается автоматически. Для одностороннего заземления всегда 0.

Напряжение U_{Σ} в нормальном режиме, В	Является ВАЖНЫМ результатом расчета. Если U_{Σ} будет <u>больше</u> предельного значения, которое дано на листе «Настройки», то поле меняет цвет на красный, сигнализируя о необходимости увеличить число секций экрана или отказаться от одностороннего заземления экранов.
Напряжение U_{Σ} при внешнем трехфазном КЗ, кВ	Является ВАЖНЫМ результатом расчета. Если U_{Σ} будет <u>больше</u> предельного значения, которое дано на листе «Настройки», то поле меняет цвет на красный, сигнализируя о необходимости увеличить число секций экрана или отказаться от одностороннего заземления экранов.
Напряжение U_{Σ} при внешнем однофазном КЗ, кВ	Является ВАЖНЫМ результатом расчета. Если U_{Σ} будет <u>больше</u> предельного значения, которое дано на листе «Настройки», то поле меняет цвет на красный, сигнализируя о необходимости увеличить число секций экрана или отказаться от одностороннего заземления экранов.

2.3. Идеальная транспозиция

Число полных циклов транспозиции экрана, шт.	<p>Является ВАЖНЫМ результатом расчета.</p> <p>Необходимо выбрать такое минимальное число циклов N, при котором все напряжения $U_{\text{э}}$ на экранах окажутся менее допустимых значений (если какое-то из напряжений $U_{\text{э}}$ превосходит допустимое, оно выделяется красным цветом).</p>
--	---

Выбор нормального режима	Можно выбрать любой из режимов №1,2,3.
Ток в жиле $I_{\text{ж}}$, А	Заполняется автоматически в зависимости от того нормального режима, который выбран.
Наведенный ток в экране $I_{\text{э}}$, А	<p>Рассчитывается автоматически.</p> <p>Для идеальной транспозиции всегда $I_{\text{э}}=0$.</p>

Отношение $I_{\text{э}}/I_{\text{ж}}$, о.е.	<p>Рассчитывается автоматически.</p> <p>Для идеальной транспозиции всегда 0.</p>
Отношение $R_{\text{э}}/R_{\text{ж}}$, о.е.	<p>Рассчитывается автоматически.</p> <p>Для идеальной транспозиции всегда 0.</p>
Коэффициент использования $K_{\text{и}}$, о.е.	<p>Рассчитывается автоматически.</p> <p>Для идеальной транспозиции всегда $K_{\text{и}}=1$.</p>

Потери в экранах трех фаз $3P_{\text{э}}$, кВт	<p>Рассчитывается автоматически.</p> <p>Для идеальной транспозиции всегда 0.</p>
Стоимость потерь в экранах трех фаз, тыс.руб/год	<p>Рассчитывается автоматически.</p> <p>Для идеальной транспозиции всегда 0.</p>

Напряжение $U_э$ в нормальном режиме, В	Является ВАЖНЫМ результатом расчета. Если $U_э$ будет <u>больше</u> предельного значения, которое дано на листе «Настройки», то поле меняет цвет на красный, сигнализируя о необходимости увеличить число N циклов транспозиции экранов.
Напряжение $U_э$ при внешнем трехфазном КЗ, кВ	Является ВАЖНЫМ результатом расчета. Если $U_э$ будет <u>больше</u> предельного значения, которое дано на листе «Настройки», то поле меняет цвет на красный, сигнализируя о необходимости увеличить число N циклов транспозиции экранов.
Напряжение $U_э$ при внешнем однофазном КЗ, кВ	Является ВАЖНЫМ результатом расчета. Если $U_э$ будет <u>больше</u> предельного значения, которое дано на листе «Настройки», то поле меняет цвет на красный, сигнализируя о необходимости увеличить число N циклов транспозиции экранов.

2.4. Неидеальная транспозиция

<p>Число полных циклов транспозиции экрана, шт.</p>	<p>Является ВАЖНЫМ результатом расчета.</p> <p>При $N > 1$ узлы сопряжения соседних циклов транспозиции полагаются заземленными.</p> <p>Необходимо выбрать такое минимальное число циклов N, при котором все напряжения $U_{\text{э}}$ на экранах окажутся менее допустимых значений (если какое-то из напряжений $U_{\text{э}}$ превосходит допустимое, оно выделяется красным цветом).</p> <p>Число циклов N должно приниматься с учетом того, а сколько именно участков было задано ранее на листе «Трасса». Например, если на листе «Трасса» было задано только 3 участка, то этого не хватит, чтобы составить два ($N=2$) цикла и рассчитать этот случай.</p>
---	--

Пример №1 (после задания Частей надо нажать кнопку «Расчет неидеальной транспозиции»).

<p>Номера участков кабеля, образующих 3 части цикла №1</p>	<p>Рассмотрим пример. Пусть на листе «Трасса» под словом «участок» пользователь понимал <u>длину трассы линии между соседними узлами транспозиции</u>. Пусть было задано три участка (предполагался один полный цикл $N=1$).</p>
<p>Часть 1.1</p>	<p>Везде указываем число 1. Получится: 1 по 1.</p>
<p>Часть 1.2</p>	<p>Везде указываем число 2. Получится: 2 по 2.</p>
<p>Часть 1.3</p>	<p>Везде указываем число 3. Получится: 3 по 3.</p>

Пример №2 (после задания Частей надо нажать кнопку «Расчет неидеальной транспозиции»).

<p>Номера участков кабеля, образующих 3 части цикла №1</p>	<p>Рассмотрим пример. Пусть на листе «Трасса» под словом «участок» пользователь понимал <u>длину трассы линии между соседними узлами транспозиции</u>. Пусть было задано два участка (намечается неполная транспозиция $N=1$).</p>
<p>Часть 1.1</p>	<p>Везде указываем число 1. Получится: 1 по 1.</p>
<p>Часть 1.2</p>	<p>Везде указываем число 2. Получится: 2 по 2.</p>
<p>Часть 1.3</p>	<p>Вообще ничего не указываем, оставляя все поля совершенно пустыми. Транспозиция неполная.</p>

Пример №3 (после задания Частей надо нажать кнопку «Расчет неидеальной транспозиции»).

Номера участков кабеля, образующих 3 части цикла №1 Номера участков кабеля, образующих 3 части цикла №2	Рассмотрим пример. Пусть на листе «Трасса» под словом «участок» пользователь понимал <u>длину трассы линии между соседними узлами транспозиции</u> . Пусть было задано 6 участков (предполагалось два полных цикла N=2).
Часть 1.1	Везде указываем число 1. Получится: 1 по 1.
Часть 1.2	Везде указываем число 2. Получится: 2 по 2.
Часть 1.3	Везде указываем число 3. Получится: 3 по 3.
Часть 2.1	Везде указываем число 4. Получится: 4 по 4.
Часть 2.2	Везде указываем число 5. Получится: 5 по 5.
Часть 2.3	Везде указываем число 6. Получится: 6 по 6.

Пример №4 (после задания Частей надо нажать кнопку «Расчет неидеальной транспозиции»).

Номера участков кабеля, образующих 3 части цикла №1	<p>Рассмотрим пример. Пусть на листе «Трасса» под словом «участок» пользователь понимал <u>заводскую строительную длину кабеля</u>. Пусть было задано 5 участков (предполагался один полный цикл N=1, но предстоит понять, каким образом разделить 5 участков на три части).</p> <p>Пользователь должен разделить пять участков на три части, провести расчет и оценить его результаты. Если токи, напряжения, потери его не устраивают, то пользователь должен иначе разделить пять участков на три части, провести расчет, изучить результаты расчета. Вот таким образом пользователь установит оптимальное разделение пяти участков на три части – то есть найдет такой вариант, где токи, напряжения, потери будут менее допустимых значений.</p> <p>Ниже дан один из многих вариантов, как можно было бы разделить пять участков на три части, образующие один полный цикл транспозиции.</p>
Часть 1.1	1 по 2
Часть 1.2	3 по 4
Часть 1.3	Везде указываем число 5. Получится: 5 по 5.

<p>Детализация по конкретному циклу транспозиции</p>	<p>Если выбрать «Вся КЛ», то I_{Σ}, U_{Σ}, $I_{\Sigma}/I_{ж}$, $R_{\Sigma}/R_{ж}$ будут даны для того цикла, для которого они максимальны. Значение $K_{и}$ – для того цикла, где оно минимально. Потери в экранах $3R_{\Sigma}$ и их стоимость – суммарно для всех циклов вместе.</p> <p>Если выбрать «Цикл №1» или любой другой, то информация будет отображаться по нему.</p>
<p>Коэффициент транспозиции $K_{т}$, о.е.</p>	<p>Рассчитывается автоматически и находится в диапазоне от 0 до 1. Чем ближе к 0, тем ближе транспозиция к идеальной и тем лучше линия.</p> <p>Если выбрано «Вся КЛ», то $K_{т}$ – для того цикла, где оно максимально. Если выбрано «Цикл №1» или любой другой, то $K_{т}$ будет именно для него.</p>

<p>Выбор нормального режима</p>	<p>Можно выбрать любой из режимов №1,2,3.</p>
<p>Ток в жиле $I_{ж}$, А</p>	<p>Заполняется автоматически в зависимости от того нормального режима, который выбран.</p>
<p>Наведенный ток в экране I_{Σ}, А</p>	<p>Рассчитывается автоматически.</p> <p>Для неидеальной транспозиции всегда $I_{\Sigma} > 0$.</p>

<p>Отношение $I_{\Sigma}/I_{ж}$, о.е.</p>	<p>Рассчитывается автоматически.</p> <p>Для неидеальной транспозиции всегда > 0.</p>
<p>Отношение $R_{\Sigma}/R_{ж}$, о.е.</p>	<p>Рассчитывается автоматически.</p> <p>Для неидеальной транспозиции всегда > 0.</p>
<p>Коэффициент использования $K_{и}$, о.е.</p>	<p>Является ВАЖНЫМ результатом расчета.</p> <p>Для неидеальной транспозиции всегда $K_{и} < 1$.</p> <p>$K_{и}$ показывает, на сколько можно использовать пропускную способность кабеля по сравнению со случаем, когда в экранах не было бы потерь. Если значение $K_{и}$ <u>меньше</u> предельного, которое дано на листе «Настройки», то поле $K_{и}$ меняет свой цвет на красный, тем самым сигнализируя о необходимости изменить схему неидеальной транспозиции экранов на более оптимальную.</p>

<p>Потери в экранах трех фаз ЗРэ, кВт</p>	<p>Рассчитывается автоматически. Для неидеальной транспозиции всегда >0.</p>
<p>Стоимость потерь в экранах трех фаз, тыс.руб/год</p>	<p>Является ВАЖНЫМ результатом расчета. Для неидеальной транспозиции всегда >0. Показывает, во сколько каждый год обходятся потери в экранах. Если стоимость будет <u>больше</u> предельного значения, которое дано на листе «Настройки», то поле меняет цвет на красный, сигнализируя о необходимости изменить схему неидеальной транспозиции экранов на более оптимальную.</p>

<p>Напряжение U_{Σ} в нормальном режиме, В</p>	<p>Является ВАЖНЫМ результатом расчета. Если U_{Σ} будет <u>больше</u> предельного значения, которое дано на листе «Настройки», то поле меняет цвет на красный, сигнализируя о необходимости изменить схему неидеальной транспозиции экранов на более оптимальную или увеличить число циклов транспозиции.</p>
<p>Напряжение U_{Σ} при внешнем трехфазном КЗ, кВ</p>	<p>Является ВАЖНЫМ результатом расчета. Если U_{Σ} будет <u>больше</u> предельного значения, которое дано на листе «Настройки», то поле меняет цвет на красный, сигнализируя о необходимости изменить схему неидеальной транспозиции экранов на более оптимальную или увеличить число циклов транспозиции.</p>
<p>Напряжение U_{Σ} при внешнем однофазном КЗ, кВ</p>	<p>Является ВАЖНЫМ результатом расчета. Если U_{Σ} будет <u>больше</u> предельного значения, которое дано на листе «Настройки», то поле меняет цвет на красный, с сигнализируя о необходимости изменить схему неидеальной транспозиции экранов на более оптимальную или увеличить число циклов транспозиции.</p>

2.5. Параметры кабельной линии

Способ заземления экранов	Необходимо выбрать один из трех вариантов, поскольку параметры кабельной линии заметно зависят от схемы заземления экранов.
Активное сопротивление R_1 , Ом/км	Погонное значение продольного активного сопротивления прямой последовательности.
Активное сопротивление R_0 , Ом/км	Погонное значение продольного активного сопротивления нулевой последовательности. Значение зависит от параметров земли, которые задаются на листе «Сеть».
Индуктивное сопротивление X_1 , Ом/км	Погонное значение продольного индуктивного сопротивления прямой последовательности.
Индуктивное сопротивление X_0 , Ом/км	Погонное значение продольного индуктивного сопротивления нулевой последовательности. Значение зависит от параметров земли, которые задаются на листе «Сеть».
Индуктивность L_1 , мГн/км	Погонное значение продольной индуктивности прямой последовательности.
Индуктивность L_0 , мГн/км	Погонное значение продольной индуктивности нулевой последовательности.
Емкостное сопротивление $X_{c1}=X_{c0}$, МОм/км	Емкостное сопротивление основной изоляции. Поскольку кабели однофазные, то емкостное сопротивление одинаково как для прямой, так и для нулевой последовательности.
Емкость $C_1=C_0$, мкФ/км	Емкость основной изоляции кабеля. Поскольку кабели однофазные, то их емкость одинакова как для прямой, так и для нулевой последовательности.
Емкостный ток $I_{c1}=I_{c0}$, А/км	Емкостный ток кабеля (ток холостого хода). Значение зависит от номинального напряжения сети, которое задается на листе «Сеть».