

Программа «КАБЕЛЬ»

Программа предназначена для выбора сечения жилы и экрана трехфазной линии:

- с однофазными силовыми кабелями классов напряжения от 1 до 500 кВ;
- с трехфазными силовыми кабелями классов напряжения от 1 до 35 кВ.

Программа рассматривает следующие вопросы:

- расчет термической стойкости жил и экранов при КЗ, позволяющий найти минимально допустимые сечения жилы и экрана;
- тепловой расчет кабельной линии в нормальном режиме, который позволяет определить окончательное значение сечения жилы с учетом сечения экранов и схемы их заземления (двустороннее заземление, одностороннее заземление, транспозиция экранов);
- расчет потерь мощности и напряжения в кабельной линии с целью проверки выбранных сечений жилы и экрана, а также 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, 5, 6 монографии «Кабельные линии высокого напряжения» (Дмитриев М.В., 2021 год, 688 страниц).

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1. Сеть

Номинальное напряжение сети U_c , кВ	Оказывает влияние только на один расчет – на расчет напряжения на конце линии, которое дано на листе «Проверка падения напряжения».
Нейтраль сети	<p>Если нейтраль сети «заземлена», то расчетным случаем для проверки термической стойкости и выбора минимально допустимых сечений жилы и экрана является случай однофазного КЗ.</p> <p>Если нейтраль сети не заземлена (изолирована, реактор, резистор), то случай однофазного КЗ перестает быть расчетным случаем из-за малой величины тока. Поле для ввода величины тока однофазного КЗ будет недоступно.</p>
Ток нагрузки в нормальном режиме, А	Длительно проходящий по жиле ток нагрузки (ток в нормальном режиме работы сети или ток в режиме перегрузки сети). Данный ток важен для теплового расчета кабельной линии и для проверки величины падения напряжения на ней

Важно только при проверке термической стойкости жилы/экрана при прохождении тока КЗ:

Ток трехфазного короткого замыкания сети, кА	<p>Задается действующее значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ на шинах распределительного устройства, к которому подключена рассматриваемая кабельная линия (следует брать ток КЗ для шин на том из концов линии, где ток КЗ имеет наибольшее значение).</p> <p>В отличие от программы «ЭКРАН» здесь надо задавать именно полный ток КЗ на шинах РУ, а не только ту его часть, которая при КЗ проходит по жилам рассматриваемой кабельной линии.</p>
Ток однофазного короткого замыкания сети, кА	<p>Задается действующее значение периодической составляющей тока однофазного КЗ на шинах распределительного устройства, к которому подключена рассматриваемая кабельная линия (следует брать ток КЗ для шин на том из концов линии, где ток КЗ имеет наибольшее значение).</p> <p>В отличие от программы «ЭКРАН» здесь надо задавать именно полный ток КЗ на шинах РУ, а не только ту его часть, которая при КЗ проходит по жилам рассматриваемой кабельной линии.</p>

Важно только при проверке термической стойкости жилы/экрана при прохождении тока КЗ:

Апериодическая составляющая в токе КЗ	Надо выбрать «нет» или «да». Если выбрано «да», то в таком случае проверка термической стойкости жилы/экрана при прохождении тока КЗ выполняется не только по периодической составляющей тока КЗ, а по суммарному току, имеющему периодическую и апериодическую составляющие одновременно.
Примыкание КЛ к шинам станции	Надо выбрать «нет» или «да», что влияет на величину постоянной времени T_a затухания апериодической составляющей тока КЗ. Выбор возможен, только если ранее было указано, что апериод. составляющая тока КЗ требует учета. Если примыкания линии к шинам станций нет (линия связывает две обычные подстанции), то постоянная времени T_a обычно меньше, т.е. апериодическая составляющая тока КЗ затухает быстрее, не успевая ощутимо нагреть кабель.
Постоянная времени затухания T_a , сек	Надо согласиться с предлагаемым значением «по умолчанию» или указать свое собственное.

Важно только при проверке термической стойкости жилы/экрана при прохождении тока КЗ:

По какой защите следует провести расчет	Ответственные линии проверяют по резервной защите (у резервной защиты обычно время КЗ больше, чем у основной защиты), что приводит к завышению сечений экрана и жилы кабелей.
Учет отказа выключателя (УРОВ)	При выборе «да» время прохождения тока КЗ будет увеличено на время УРОВ.
Учет повторного включения (АПВ)	При выборе «да» время прохождения тока КЗ будет увеличено (ток КЗ пройдет дважды).

Важно только при проверке термической стойкости жилы/экрана при прохождении тока КЗ:

Время срабатывания основной защиты, сек	Надо согласиться или указать иное время.
Время срабатывания резервной защиты, сек	Надо согласиться или указать иное время.
Время срабатывания УРОВ, сек	Надо согласиться или указать иное время.
Собственное время отключ. выключателя, сек	Надо согласиться или указать иное время.

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>
Конструкция кабеля	Может быть однофазная (для линий 6-500 кВ) или трехфазная (только для линий 6-35 кВ).
Касание экранов трех фаз друг друга	Для трехфазной конструкции рассматриваются только те кабели, у которых три фазных экрана касаются друг друга (касание влияет на выбор сечения экранов при прохождении по ним тока КЗ сети, а также обеспечивает нулевые потери активной мощности в экранах в нормальном режиме работы сети).

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 (до КЗ), град.	<p>Эта температура влияет на величину активного сопротивления жилы, которая важна в рамках проверки ее термической стойкости току КЗ.</p> <p>Если до КЗ кабель был слабо загружен, то тогда допускается принимать, например, 65 градусов.</p>
Температура экрана в нормальном режиме (до КЗ), град.	<p>Эта температура влияет на величину активного сопротивления экрана, которая важна в рамках проверки его термической стойкости току КЗ.</p> <p>В нормальном режиме работы сети температура экрана всегда на 5 или 10 градусов ниже жилы (если у жилы 65 градусов, то у экрана будет 60).</p>

<p>Предельно допустимая температура жилы, град.</p>	<p>Значение определяется свойствами изоляции кабеля (по умолчанию для жилы дано значение, которое характерно для изоляции из сшитого полиэтилена – СПЭ). Важно только при КЗ.</p>
<p>Предельно допустимая температура экрана, град.</p>	<p>Значение определяется свойствами изоляции кабеля. Хотя изоляция, примыкающая к жиле и к экрану, одна и та же (СПЭ), однако предельно допустимая температура для экрана больше, чем для жилы – это объясняется тем, что после отключения КЗ охлаждение экрана происходит гораздо быстрее жилы. Важно только при КЗ.</p>
<p><u>Длительно допустимая</u> температура изоляции, град.</p>	<p>Значение определяется свойствами изоляции кабеля (по умолчанию дано значение, которое характерно для сшитого полиэтилена, СПЭ).</p> <p>Влияет на тепловой расчет линии в нормальном режиме и на итоговый выбор сечения жилы. Не следует путать данное значение с температурой жилы до КЗ, заданной несколько ранее:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <u>длительно допустимая</u> температура изоляц. является предельно допустимым значением и нужна для расчета нормального режима (она обычно составляет 90 градусов); – <i>температура жилы в нормальном режиме</i>, рассмотренная ранее, является фактической температурой жилы перед КЗ (бывает равна длительно допустимой температуре 90 град, но может быть и меньше ее – например 65); она оказывает влияние не на нормальный режим, а на термическую стойкость при КЗ.
<p>Относит. диэлектр. проницаемость изоляции, о.е.</p>	<p>Значение определяется свойствами изоляции кабеля (по умолчанию дано значение, которое характерно для сшитого полиэтилена, СПЭ).</p> <p>Оказывает влияние только на один расчет – на расчет напряжения на конце линии, данный на листе «Проверка падения напряжения».</p>
<p>Тангенс угла диэлектрических потерь изоляции, о.е.</p>	<p>Значение определяется свойствами изоляции кабеля (по умолчанию дано значение, которое характерно для сшитого полиэтилена, СПЭ).</p> <p>Значение тангенса влияет на потери мощности, которые выделяются непосредственно в самой изоляции кабеля в нормальном режиме работы. Как правило, это влияние крайне малозаметно.</p>

1.3. Трасса

<p>Число способов прокладки однофазных кабелей</p>	<p>Наибольшее число способов – 4. Способы могут отличаться друг от друга:</p> <ul style="list-style-type: none"> – условиями прокладки (в трубах в грунте, в грунте без труб, на воздухе); – взаимным расположением (ряд, сомкнутый треугольник, разомкнутый треугольник); – длиной, тепловым сопротивлением грунта; – глубиной, расстоянием между фазами; – наличием параллельных цепей (не более 2) и расстоянием между цепями S12; – параметрами полимерных труб (D, SN). <p>Под расстоянием S_{ab} понимается расстояние между осями соседних кабелей – в отличие от программы «ЭКРАН», в которой в зависимости от «Настроек» расстояние S_{ab} было как между осями кабелей, так и между краями кабелей.</p>
<p>Выбор способа</p>	<p>Можно переключаться между способами (до 4).</p>

<p>#1 Условия прокладки</p>	<p>Надо выбрать один из трех вариантов.</p>
<p>#1 Способ прокладки фаз</p>	<p>Надо выбрать один из трех вариантов.</p> <p>Если ранее была выбрана прокладка «в трубах», то тогда важно понимать следующее:</p> <ul style="list-style-type: none"> – «сомкнутый треугольник» означает, что три фазы находятся в одной общей трубе; – «разомкнутый» треугольник» означает, что каждая фаза лежит в своей отдельной трубе; – «ряд»» означает, что каждая фаза лежит в своей отдельной трубе.

<p>#1 Протяженность способа вдоль трассы КЛ, м</p>	<p>Надо указать длину в метрах.</p>
<p>#1 Тепловое сопротивление грунта, м*К/Вт</p>	<p>Обычно находится в диапазоне от 0.5 до 3.0. Типовые значения – это 1.2 или 1.65 м*К/Вт</p>
<p>#1 Расстояние от кабеля до поверхности земли H, мм</p>	<p>Глубина задается в <u>миллиметрах</u> (не в метрах)!</p> <p>Стандартная глубина обычно составляет:</p> <ul style="list-style-type: none"> для кабелей 6-20 кВ – не менее 700 мм. для кабелей 35 кВ – не менее 1000 мм. для кабелей 110-500 кВ – не менее 1500 мм. <p>В случае прокладки кабелей в трубах методом горизонтально-направленного бурения (ГНБ)</p>

	следует задавать ту глубину вдоль трассы, которая является наибольшей, так как для нее условия охлаждения будут наихудшими.
#1 Расстояние между осями фаз Sab, мм	<p>Задается в <u>миллиметрах</u> (не в метрах)!</p> <p>В случае сомкнутого треугольника программа рассчитывает расстояние самостоятельно, приняв его равным наружному диаметру кабеля.</p> <p>Расстояние надо задавать только если три фазы лежат разомкнутым треугольником или в ряд. Если заданное расстояние окажется менее, чем наружный диаметр самого кабеля или трубы, то программа автоматически исправит ошибку, увеличив расстояние до приемлемого значения.</p>

#1 Число параллельных цепей КЛ	Программа рассчитывает только одноцепные или двухцепные кабельные линии.
#1 Расстояние между центрами цепей S12, мм	<p>Задается в <u>миллиметрах</u> (не в метрах)!</p> <p>Не допускаются значения менее 300 мм.</p>

#1 Число кабелей в одной полимерной трубе	Заполняется автоматически. Будет равно 3 при прокладке сомкнутым треугольником и равно 1 при прокладке разомкнутым или в ряд.
#1 Внешний диаметр трубы D, мм	<p>Надо выбрать такое значение D из стандартного набора, чтобы расположенное несколько ниже поле «Максимальное сечение жилы» перестало быть красного цвета, а отображало «разумное» сечение жилы Fж, которое не меньше того, что ожидается в ходе теплового расчета кабельной линии в нормальном режиме работы сети.</p> <p>Иначе говоря, диаметр трубы D и толщина ее стенки (кольцевая жесткость SN) должны быть такими, чтобы в указанную трубу поместилось необходимое число кабелей Fж (3 фазы или 1).</p>
#1 Кольцевая жесткость трубы SN, кН/мм ²	Надо выбрать такое значение SN, которое будет удовлетворять условиям прокладки трубы (это значение можно получить с помощью расчетов в программе «ТРУБА»).

#1 Максимальное сечение жилы Fж, мм ²	<p>Заполняется автоматически.</p> <p>При прокладке в трубах сечение ограничено диаметром трубы, и поэтому важно правильно указать диаметр трубы D и ее жесткость SN.</p> <p>При прокладке в грунте или на воздухе сечение ограничено заданным ранее расстоянием Sab между осями фаз, и поэтому важно правильно задать это расстояние Sab.</p>
--	---

Кнопка «Расчет эквивалента трассы»	<p>После ввода информации по трассе линии надо нажать кнопку «Расчет эквивалента трассы», чтобы дополнительно проверить корректность задания исходных данных по трассе.</p>
Общая протяженность линии, м	<p>Представляет собой сумму длин для заданных способов прокладки (#1, #2, #3, #4).</p> <p>Длина должна отвечать проектному значению. Если не соответствует, то значит для какого-то из способов была указана неверная длина.</p>
Максимальное сечение жилы Fж, мм ²	<p>Представляет собой наименьшее значение Fж из максимальных значений Fж, полученных для каждого из способов прокладки (#1, #2, #3, #4).</p> <p>Сечение должно отвечать ожидаемому. Если не отвечает (получилось слишком маленькое Fж или поле выделено красным цветом), то значит для какого-то из способов были неверно заданы трубы (D, SN) и/или расстояние между фазами Sab – они оказались меньше тех, что нужны.</p>

1.4. Настройки

Частота напряжения сети, Гц	Любая частота (обычно это 50 Гц или 60 Гц).
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.
Фактор нагрузки, о.е.	Если необходимо учесть переменный график нагрузки, то надо указать значение менее 1.0. Фактор нагрузки влияет на потери мощности в жилах/экранах, а значит на температуру жилы и на длительно допустимых ток жилы кабелей.
Коэффициент мощности нагрузки $\cos\phi$	Оказывает влияние только на один расчет – на расчет напряжения на конце линии, данный на листе «Проверка падения напряжения», при котором важно правильно разделить полную мощность нагрузки S на две составляющие: активную P и реактивную Q .

Тепловое сопротивление изоляции кабеля, м*К/Вт	Указано значение для СПЭ изоляции.
Тепловое сопротивление оболочки кабеля, м*К/Вт	Указано значение для СПЭ изоляции.
Тепловое сопротивление полимерной трубы, м*К/Вт	Указано значение для полимерных труб, выпускаемых компанией «Энерготэк».

Температура воздуха над землей (град.)	Значение зависит от региона и времени года.
Температура грунта (град.) на глубине $H < 0.99\text{м}$	Значение зависит от региона и времени года.
Температура грунта (град.) на глубине $1\text{м} < H < 2.99\text{м}$	Значение зависит от региона и времени года.
Температура грунта (град.) на глубине $3\text{м} < H < 4.99\text{м}$	Значение зависит от региона и времени года.
Температура грунта (град.) на глубине $H > 5\text{м}$	Значение зависит от региона и времени года.

Теплопроводность воздуха в трубе, Вт/(м*К)	Стандартное значение.
Теплопередача конвекцией воздуха в трубе, Вт/(м ² *К)	Стандартное значение.
Теплопередача конвекцией открытого воздуха, Вт/(м ² *К)	Стандартное значение.
Коэффициент формы потока открытого воздуха, о.е.	Стандартное значение. Пояснено в п.6.4.2 монографии «Кабельные линии высокого напряжения» (внизу стр.357).

Модуль упругости E трубы при сжатии, МПа	Указано значение для полимерных труб, выпускаемых компанией «Энерготэк».
Минимальное отношение Dв/dэкв для трубы, о.е.	Указано стандартное значение 1.5. Этот параметр важен, когда на листе «Трасса» определяется, какое сечение кабеля Fж может поместиться в ту или иную выбранную трубу.

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

Удельная теплоемкость Cu, Дж/(кг*К)	Стандартное значение из справочника.
Удельная теплоемкость Al, Дж/(кг*К)	Стандартное значение из справочника.
Удельный вес (плотность) Cu, кг/м ³	Стандартное значение из справочника.
Удельный вес (плотность) Al, кг/м ³	Стандартное значение из справочника.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

2.1. Термическая стойкость при КЗ

Первое прохождение тока КЗ:

Время T1 существования первого КЗ, сек	Суммарное время с учетом того, а какая защита отключала КЗ (основная или резервная), какое время работы защиты, было ли учтено УРОВ. При наличии АПВ первое КЗ всегда полагается отключенным штатно, без привлечения УРОВ.
Поправочный коэффициент Ka1, о.е.	Поправка на аperiodическую составляющую тока КЗ (если она не учтена, то Ka1=1).
Расчетное время T1*Ka1, сек	Расчетное время для проверки термической стойкости и выбора сечений жилы и экрана при <u>первом</u> прохождении тока КЗ.

Второе прохождение тока КЗ (только если для линии была выбрана возможность АПВ):

Время T2 существования второго КЗ, сек	Суммарное время с учетом того, а какая защита отключала КЗ (основная или резервная), какое время работы защиты, было ли учтено УРОВ.
Поправочный коэффициент Ka2, о.е.	Поправка на аperiodическую составляющую тока КЗ (если она не учтена, то Ka2=1).
Расчетное время T2*Ka2, сек	Расчетное время для проверки термической стойкости и выбора сечений жилы и экрана при <u>втором</u> прохождении тока КЗ (во время АПВ).

Итоговое расчетное время прохождения тока КЗ, сек	Равно сумме T1*Ka1 и T2*Ka2
Итоговое расчетное значение тока КЗ, кА	В сетях с заземленной нейтралью расчетное значение равно току однофазного КЗ. В остальных сетях расчетное значение равно току двойного КЗ, которое рассчитывается как $\sqrt{3}/2=0.87$ от тока трехфазного КЗ.

Материал экрана	Медь (Cu) или алюминий (Al). В зависимости от выбранного варианта будет меняться коэффициент $K_э$, по которому далее рассчитывается минимальное сечение $F_э$.
Коэффициент $K_э$ для каждого экрана, кА/мм ²	Значение $K_э$ зависит от материала экрана (Cu, Al), его физических свойств, от его начальной (до КЗ) и конечной (после КЗ) температуры.
Минимальное сечение каждого экрана $F_э$, мм ²	Далее на других листах программы «КАБЕЛЬ» следует принимать то сечение экрана из числа типовых, которое будет не менее найденного тут минимально допустимого значения $F_э$.

Материал жилы	Медь (Cu) или алюминий (Al). В зависимости от выбранного варианта будет меняться коэффициент $K_ж$, по которому далее рассчитывается минимальное сечение $F_ж$.
Коэффициент $K_ж$ для жилы, кА/мм ²	Значение $K_ж$ зависит от материала жилы (Cu, Al), его физических свойств, от его начальной (до КЗ) и конечной (после КЗ) температуры.
Минимальное сечение жилы $F_ж$, мм ²	Далее на других листах программы «КАБЕЛЬ» следует принимать то сечение жилы из числа типовых, которое будет не менее найденного тут минимально допустимого значения $F_ж$.

2.2. Сечение экрана и схема заземления

Материал экрана	Надо выбрать медь (Cu) или алюминий (Al).
Сечение каждого экрана $F_{\text{э}}$, мм ²	Надо выбрать стандартное значение из списка. Красным шрифтом отмечены значения сечения, которые принимать нельзя, так как при них не обеспечивается термическая стойкость экрана, рассмотренная на листе «Стойкость».
Потери в экранах $P_{\text{э}}$	Надо выбрать «есть» или «нет». Если выбрано «есть», то это значит, что линия имеет двустороннее заземление экранов, в них наводятся токи и создаются потери мощности, снижающие допустимый ток кабельной линии. Если выбрано «нет», то это значит, что линия имеет одностороннее заземление экранов или их транспозицию. В любом из этих случаев на листе «Жила» допустимый ток будет больше.

Материал жилы	Надо выбрать медь (Cu) или алюминий (Al).
---------------	---

Большая таблица с результатами расчетов, позволяющими понять, можно ли выбрать заземление экранов с двух сторон (в таком случае есть токи и потери в экранах), или лучше выбрать иную схему заземления экранов (в таком случае нет токов и потерь в экранах):

Сечение жилы $F_{\text{ж}}$, мм ²	Параметры схемы заземления экранов
<p>Минимальное сечение жилы равно 35 мм².</p> <p>Максимальное сечение жилы было определено на листе «Трасса» в зависимости от расстояния между фазами S_{ab} и параметров труб (D, SN). Оно может достигать 2500 мм².</p> <p>Красным шрифтом отмечены значения сечения жилы, которые принимать нельзя, так как при них не обеспечивается термическая стойкость жилы, рассмотренная на листе «Стойкость».</p>	<p>$I_{\text{э}}$ – наведенный ток в экране.</p> <p>$P_{\text{э}}/P_{\text{ж}}$ – соотношение потерь мощности в экране и жиле кабеля.</p> <p>$K_{\text{и}}$ – коэффициент использования пропускной способности кабеля (если он равен, например, 0.9, то это значит, что пропускная способность кабеля по току используется лишь на 90% по сравнению со случаем без потерь в экранах).</p> <p>$C_{\text{э}}$ – годовая стоимость потерь мощности в экранах рассматриваемой кабельной линии.</p> <p>Если $K_{\text{и}} < 0.9$ и/или $C_{\text{э}} > 100$ тысяч рублей в год, то двустороннее заземление экранов применять не рекомендуется. Вместо него целесообразно применить схему без потерь в экранах (это одностороннее заземление или транспозиция).</p>

2.3. Сечение жилы

Материал экрана	Надо выбрать медь (Cu) или алюминий (Al).
Сечение каждого экрана $F_{э}$, мм ²	Надо выбрать стандартное значение из списка. Красным шрифтом отмечены значения сечения, которые принимать нельзя, так как при них не обеспечивается термическая стойкость экрана, рассмотренная на листе «Стойкость».
Потери в экранах $P_{э}$	Надо выбрать «есть» или «нет». Если выбрано «есть», то это значит, что линия имеет двустороннее заземление экранов, в них наводятся токи и создаются потери мощности, снижающие допустимый ток кабельной линии. Если выбрано «нет», то это значит, что линия имеет одностороннее заземление экранов или их транспозицию. В любом из таких случаев на листе «Жила» допустимый ток будет больше.

Материал жилы	Надо выбрать медь (Cu) или алюминий (Al).
---------------	---

Большая таблица с результатами расчетов, позволяющими выбрать сечение жилы:

Сечение жилы $F_{ж}$, мм ²	Длительно допустимый ток для жилы $I_{доп}$, А
<p>Минимальное сечение жилы равно 35 мм².</p> <p>Максимальное сечение жилы было определено на листе «Трасса» в зависимости от расстояния между фазами $S_{аб}$ и параметров труб (D, SN). Оно может достигать 2500 мм².</p> <p>Красным шрифтом отмечены значения сечения жилы, которые принимать нельзя, так как при них не обеспечивается термическая стойкость жилы, рассмотренная на листе «Стойкость».</p>	<p>Указаны результаты теплового расчета линии для каждого способа прокладки #1, #2, #3, #4.</p> <p>Зеленой заливкой помечено то значение тока, которое уже превышает желаемый ток, который был указан на листе «Сеть» (ток нормального режима).</p> <p>В качестве итогового сечения жилы $F_{ж}$ можно принимать значение, которое одновременно:</p> <ul style="list-style-type: none"> – превосходит то значение жилы, у которого допустимый ток выделен зеленой заливкой, т.е. удовлетворяет тепловому расчету; – не помечено красным шрифтом, т.е. при КЗ оно сохраняет термическую стойкость. <p>Итоговое сечение жилы $F_{ж}$ и ее материал (с учетом сечения/материала/схемы экранов) – ВАЖНЫЕ результаты теплового расчета.</p>

2.4. Проверка падения напряжения

Материал экрана	Надо выбрать медь (Cu) или алюминий (Al).
Сечение каждого экрана $F_{\text{э}}$, мм ²	Надо выбрать стандартное значение из списка. Красным шрифтом отмечены значения сечения, которые принимать нельзя, так как при них не обеспечивается термическая стойкость экрана, рассмотренная на листе «Стойкость».
Потери в экранах $P_{\text{э}}$	Надо выбрать «есть» или «нет». Если выбрано «есть», то это значит, что линия имеет двустороннее заземление экранов, в них наводятся токи и создаются потери мощности, влияющие на продольные параметры кабелей и на падение напряжение вдоль кабельной линии. Если выбрано «нет», то это значит, что линия имеет одностороннее заземление экранов или их транспозицию.

Материал жилы	Надо выбрать медь (Cu) или алюминий (Al).
Сечение жилы $F_{\text{ж}}$, мм ²	Надо выбрать стандартное значение из списка. Красным шрифтом отмечены значения сечения, которые принимать нельзя, так как при них не обеспечивается термическая стойкость жилы, рассмотренная на листе «Стойкость».

Активное сопротивление линии R_1 , Ом/км	Погонное значение продольного активного сопротивления прямой последовательности.
Индуктивное сопротивление линии X_1 , Ом/км	Погонное значение продольного индуктивного сопротивления прямой последовательности.
Емкостное сопротивление изоляции линии X_{c1} , МОм/км	Емкостное сопротивление основной изоляции. Поскольку жилы и однофазных, и трехфазных кабелей оснащаются собственными экранами, то емкостное сопротивление одинаково как для прямой, так и для нулевой последовательности.
Общая протяженность линии, км	Протяженность линии, взятая с листа «Трасса» и указанная в километрах (не в метрах).

Напряжение сети U_c в начале линии, кВ	Взято с листа «Сеть»
Напряжение нагрузки в конце линии, кВ	Является результатом расчета и не должно быть менее допустимого значения.
Потери напряжения в линии, % от U_c	<p>Являются ВАЖНЫМ результатом расчета.</p> <p>Обычно не должны превышать 5-10%.</p> <p>Если потери напряжения превышают 10%, то рекомендуется изменить характеристики линии – например, увеличить сечение жилы, заменить ее материал с Al на Cu, скорректировать схему заземления экранов с варианта «потери есть» на вариант «потерь нет». Данные корректировки придется сделать, даже если они не требовались ни по условиям термической стойкости жилы при КЗ, ни по условиям теплового расчета для нормального режима работы сети.</p>

Активная мощность нагрузки P , МВт	Определяется через полную мощность нагрузки с учетом $\cos\phi$, заданного на листе «Настройки»
Реактивная мощность нагрузки Q , Мвар	Определяется через полную мощность нагрузки с учетом $\cos\phi$, заданного на листе «Настройки»
Полная мощность нагрузки S , МВА	Определяется через напряжение в конце линии, найденное выше, и заданный на листе «Сеть» ток нормального режима.
Потери активной мощности в линии, % от P	<p>Являются ВАЖНЫМ результатом расчета</p> <p>Обычно не должны превышать 5-10%.</p> <p>Если потери мощности превышают 10%, то рекомендуется изменить характеристики линии – например, увеличить сечение жилы, заменить ее материал с Al на Cu, скорректировать схему заземления экранов с варианта «потери есть» на вариант «потерь нет». Данные корректировки придется сделать, даже если они не требовались ни по условиям термической стойкости жилы при КЗ, ни по условиям теплового расчета для нормального режима работы сети.</p>