

Расчет и проектирование ВЛ, ОРУ и ВОЛС в среде EnergyCS Line

Введение

Проектирование воздушных линий (ВЛ) электропередачи — задача трудоемкая, в решении которой, как правило, задействуются сразу несколько подразделений проектной организации. Изыскательские работы и планирование трассы линии выполняются в отделе изысканий, расчет проводов и тросов, расстановку опор производят в линейном отделе, за расчет фундаментов и прочность опор отвечают проектировщики-строители, а проектированием оптического кабеля, подвешиваемого на опоры ВЛ или используемого в качестве грозозащитного троса, занимаются проектировщики-связисты. Поэтому автоматизация проектирования ВЛ должна охватывать всю технологическую цепочку.

Проектирование механической части линии электропередач (после решения всех электротехнических вопросов) начинается с анализа результатов изыскательских работ и создания плана трассы линии электропередачи.

Планирование трассы и обработка результатов изысканий могут выполняться в одной из геодезических программ, таких как GeoniCS. Результатом такой обработки изысканий традиционно является чертеж с описанием трассы, включающий изображение профиля, описание условий геологии и пересечений, информацию об углах поворота трассы и т.п. Эти данные и являются исходными для расстановки опор.

Программный комплекс EnergyCS Line предназначен для автоматизации расчетов, связанных с расстановкой опор по трассе ВЛ, проверки габаритных расстояний для пролетов и пересечений, оценки расстояний до токоведущих частей и проверки на схлестывание, расчетов нагрузок, действующих на детали опор и фундаменты, а также для получения спецификаций оборудования. Кроме проектирования ВЛ, про-

грамма может использоваться для расчетов при проектировании гибких ошинок ОРУ и кабелей волоконно-оптических линий связи, подвешиваемых на опоры ВЛ.

Общая постановка задачи

Проектируемая воздушная линия может иметь сложную конфигурацию и состоять из нескольких линий, а те, в свою очередь, — из множества анкерных участков. Конечные точки анкерных участков — анкерные опоры. Каждой линии, каждому топологическому участку соответствует своя трасса (рис. 1).

Программный комплекс EnergyCS Line позволяет решать следующие задачи проектирования ВЛ:

- расстановка анкерных опор по трассе ВЛ;
- расстановка промежуточных опор по анкерным участкам на основе описания профиля и данных о пересекаемых объектах;
- проверка габаритов пересечений в нор-

мальных и послеаварийных режимах;

- получение таблицы монтажных тяжёлых и монтажных стрел провисания с учетом остаточной деформации для фазных проводов и грозозащитных тросов;
- проверка допустимых расстояний между грозозащитным тросом и верхним фазным проводом;
- оценка устойчивости гирлянд изоляторов и расчет балластов;
- оценка сближений проводов и допустимых расстояний до токоведущих частей;
- расчет нагрузок на опоры и формирование задания строителям на проектирование фундаментов;
- оценка необходимости применения гасителей вибрации и расчет расстояний их крепления;
- получение ведомостей оборудования и заказных спецификаций;
- расчет отвода земель на период строительства и в постоянное использование (в разработке);

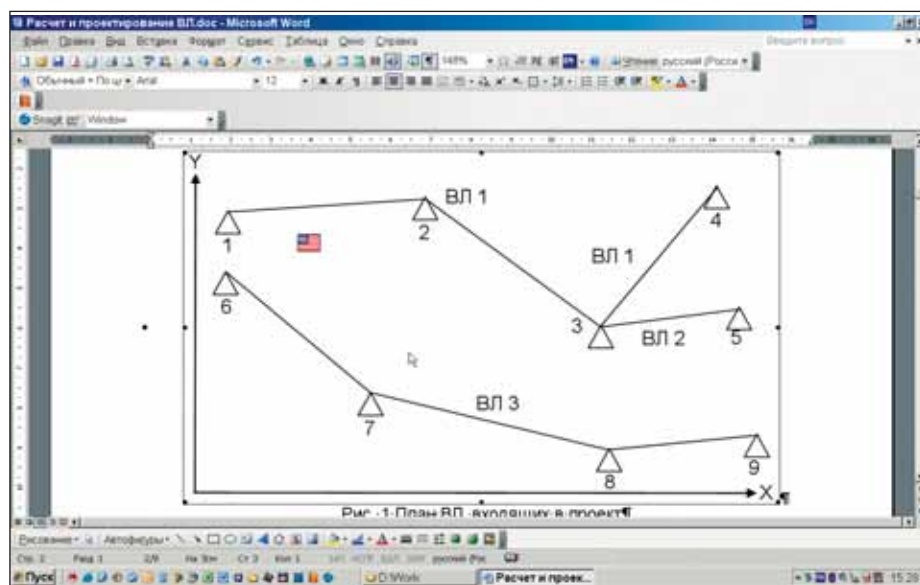


Рис. 1. План ВЛ, входящих в проект

| № п/п | Дистанция м | Уровень м | Пикет | Абсолют м | Сдвиг м | Ан. оп. | Группа | Тип пересечения | Ось | Ширина м | Угол ° | Уровень перепада | Пользовательская метка | Тип углов | Тип леса | Высота м | Примечания |
|-------|-------------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|--------|-----------------|-----|----------|--------|------------------|------------------------|-----------|----------|----------|------------|
| 1 | 3914 | 95.4 | ПК39+14.2 | 77.2 | 0 | | | | | | | | | | | 0 | |
| 2 | 3929 | 96.7 | ПК39+29.3 | 77.2 | 0 | | | | | | | | | | | 0 | |
| 3 | 3947 | 94.1 | ПК39+46.8 | 77.2 | 0 | | | | | | | | | | | 0 | |
| 4 | 3947 | 94.1 | ПК39+47.3 | 77.2 | 0 | | | | | | | | | | | 0 | |
| 5 | 3972 | 93 | ПК39+72.3 | 77.2 | 0 | | | ВЛ НН | Ось | 0 | 50 | 99 | | | | 0 | ВЛ с НН |
| 6 | 4000 | 87.4 | ПК40+0 | 77.2 | 0 | | | | | | | | | | | 0 | |
| 7 | 4010 | 95.6 | ПК40+10.4 | 77.2 | 0 | | | | | | | | | | | 0 | |
| 8 | 4042 | 83.6 | ПК40+41.7 | 77.2 | 0 | | | | | | | | | | | 0 | |

Рис. 2. Таблица описания трассы

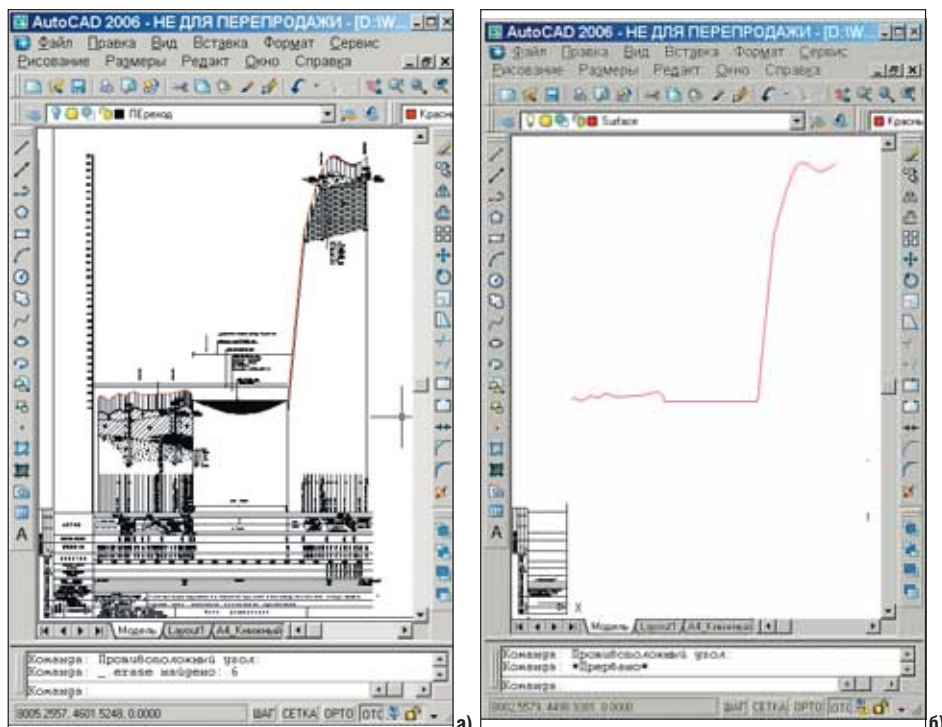


Рис. 3. Подготовка чертежа для ввода профиля

| № | Обозначение | X м | Y м | Дистанция м | Пикет | Марка опоры | Высота подвеса м | Дополнит. гирлянды | Детали опоры | Высота ВОЛ м | Смещение ВОЛ м |
|-----|-------------|-----|-----|-------------|----------|-------------|------------------|--------------------|--------------|--------------|----------------|
| 1.1 | Портал | 0 | 0 | 0 | ПК0+0 | У110-2 | 10.5 | | | | |
| 1.2 | 1 | 0 | 0 | 70.5 | ПК0+70.5 | У110-2 | 10.5 | | | | |
| 1.3 | 4 | 0 | 0 | 487 | ПК4+87.2 | У110-2 | 10.5 | | | | |
| 1.4 | 9 | 0 | 0 | 1300 | ПК13+0 | У110-2 | 10.5 | | | | |
| 1.5 | 11 | 0 | 0 | 1600 | ПК16+0 | У110-2 | 10.5 | | | | |
| 1.6 | 14 | 0 | 0 | 2000 | ПК20+0 | У110-2 | 10.5 | | | | |
| 1.7 | 16 | 0 | 0 | 2300 | ПК23+0 | У110-2 | 10.5 | | | | |
| 1.8 | 21 | 0 | 0 | 2954 | ПК29+54 | У110-2 | 10.5 | | | | |

Рис. 4. Таблица информации об анкерных опорах

- расчет вырубки просек (в разработке).

Описание профиля трассы в программе представляется в табличном виде (рис. 2). Эта таблица, конечно, может быть заполнена и вручную, но основной способ ее заполнения — экспорт данных из геодезической программы посредством файла обмена или буфера обмена.

Таблица описания трассы содержит как обязательные, так и необязательные для заполнения колонки. Так, *Дистанция* (расстояние от начала трассы) и *Уровень* (высота точки измерения) — это обязательные параметры. Если не вводить обозначения пикетов, они сформируются из дистанции автоматически, однако при сбое в их обозначениях или при наличии рубленых пикетов заполнение колонки *Пикет* обязательно. Если

введены углы направления трассы или заданы признаки установки анкерной опоры, то ввод описания трассы позволит автоматически ввести список анкерных опор и описания анкерных участков. Кроме того, могут быть определены и описания пересечений.

Положения анкерных опор задаются их пикетами. Можно также ввести координаты точек их размещения на плане.

Программа позволяет на основе профиля трассы каждого участка выполнить расстановку промежуточных опор; проверить габариты на проблемных участках ВЛ и габариты пересечений с другими коммуникациями и дорогами; выполнить расчет мест установки гасителей вибрации; подготовить цифровую информацию для построения итоговых чертежей профилей с расстановкой опор

по трассе. EnergyCS Line поддерживает текстовые форматы данных на основе CSV и XML, а также текст со знаками табуляции в качестве разделителей.

При невозможности использовать геодезическую программу, способную сформировать табличное описание трассы, информацию о профиле можно получить и непосредственно из чертежа AutoCAD. Для считывания кривой описания профиля необходимо, чтобы линия поверхности состояла из отрезков и полилиний и была вычерчена в особом слое (рис. 3а и 3б). При вводе описания трассы из AutoCAD EnergyCS Line запрашивает имена слоев для описания поверхности и пересечений.

Информация об анкерных опорах вводится в таблицу, приведенную на рис. 2, и содержит данные о:

- типе опоры и ее высоте (тип опоры выбирается из справочной базы данных);
- типе изоляторов;
- числе изоляторов.

Информация об анкерных участках вводится в таблицу, приведенную на рис. 4. Участки определяются конечными анкерными опорами: одна анкерная опора условно считается началом участка, а вторая — его концом. Для каждого участка должны быть заданы:

- длина (если координаты анкерных опор заданы, то длина вычисляется автоматически);
- расчетная (ожидаемая) длина пролета;
- тип провода (тип провода выбирается из справочной базы данных);
- число проводов в фазе;
- допустимое максимальное тяжение провода на участке, если оно по какой-либо причине должно быть меньше допустимого для провода;
- тип промежуточной опоры и ее высота (тип опоры выбирается из справочной БД);
- допустимый габарит для участка;
- максимальная допустимая длина пролета;
- тип изолятора (выбирается из справочника);
- число изоляторов в гирлянде и число гирлянд на фазу ВЛ.

Для линии вводится таблица точек пересечений. Если в описании трассы колонки с параметрами пересечений заполнены, то строки таблицы пересечений формируются автоматически, в противном случае таблица пересечений вводится вручную или импортируется из внешнего источника.

Таким образом, исходные данные о проектируемой ВЛ вводятся в таблицы, изображенные на рис. 4-6. В программе эти таблицы могут заполняться как

| № | Код | Мест-ность | Азиму-т | Длина участка | Макс. дли-на пролета | Допустимый габарит | Марка опоры промежуточной | Высота подвеса | Марка провода | Допустимое токивание | Допустимое напряжение | Число фаз | Изоляторы анкера 1 | Арматура1 длина"вс | Изоляторы анкера 2 | Арматура2 длина"вс | Изоляторы промехот | Арматура длина"вс |
|---|-----|------------|---------|---------------|----------------------|--------------------|---------------------------|----------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 2 | 3 | A | 64.4 | 417 | 178 | 7 | ПБ110-8 | 13.5 | AC-150/24 | 26500 | 153 | 6 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | ЛСГО/110-АН | 3С-1057 |
| 3 | 4 | A | 0 | 813 | 178 | 7 | ПБ110-8 | 13.5 | AC-150/24 | 26500 | 153 | 6 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | ЛСГО/110-АН | 3С-1057 |
| 4 | 5 | A | 0 | 300 | 178 | 7 | ПБ110-8 | 13.5 | AC-150/24 | 26500 | 153 | 6 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | ЛСГО/110-АН | 3С-1057 |
| 5 | 6 | A | 0 | 400 | 178 | 7 | ПБ110-8 | 13.5 | AC-150/24 | 26500 | 153 | 6 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | ЛСГО/110-АН | 3С-1057 |
| 6 | 7 | A | 0 | 200 | 178 | 7 | ПБ110-8 | 13.5 | AC-150/24 | 26500 | 153 | 6 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | ЛСГО/110-АН | 3С-1057 |
| 7 | 8 | A | 0 | 754 | 178 | 7 | ПБ110-8 | 13.5 | AC-150/24 | 26500 | 153 | 6 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | ЛСГО/110-АН | 3С-1057 |
| 8 | 9 | A | 44.5 | 75 | 178 | 7 | ПБ110-8 | 13.5 | AC-150/24 | 26500 | 153 | 6 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | 11"ПС70-Е | 3С-10587 | ЛСГО/110-АН | 3С-1057 |

Рис. 5. Таблица с информацией об участках

| № | Дистан-ция, м | Пикет-аж | Ось/Зона | Наименование пересечения | Тип | Ширина м | Угол ° | Доп.расст. до опоры | Уровень м | Высота м | Доп.расст. до провода | Положение новой ВЛ | Режим тв, °C |
|---|---------------|-----------|----------|--------------------------|-------|----------|--------|---------------------|-----------|----------|-----------------------|--------------------|---------------------------------|
| 1 | 1464 | ПК14+64.4 | Ось | Автомоб. ВЛ с ВЛ | АД | 20 | 90 | 30 | 96.1 | 0.3 | 7 | Выше | 1. Высшей температуры |
| 1 | 2062 | ПК20+62.4 | Ось | ВЛ с ВЛ | ВЛ ВЛ | 3 | 40 | 15 | 120 | 29.9 | 4 | Ниже | 15 |
| 1 | 3060 | ПК30+60.4 | Ось | ВЛ с ЛС | ЛС | 3 | 65 | 10 | 100 | 7.4 | 3 | Выше | 1. Высшей температуры |
| 1 | 3485 | ПК34+64.9 | Зона | на Косулана | ЗМКД | 1 | 75 | 30 | 104 | 8.94 | 12 | Выше | 9. Грозовой активности с ветром |
| 1 | 3972 | ПК39+72.3 | Ось | ВЛ с НН | ВЛ НН | 3 | 50 | 10 | 99 | 5.96 | 5 | Выше | 15 |
| 1 | 4179 | ПК41+79.3 | Ось | Газопровод назем. | ТП | 3 | 90 | 30 | 98 | 4.95 | 7 | Выше | 1. Высшей температуры |

Рис. 6. Таблица описания пересечения коммуникаций

| № | № оп. | Обозначение | Дист. м | Дист. на участке | Длина пролета | Тип опоры | Высота подвеса |
|---|-------|-------------|---------|------------------|---------------|-----------|----------------|
| 4 | A1:3 | 4 | 487 | 0 | 177 | У110-2 | 10.5 |
| 4 | 2 | 5 | 664 | 177 | 177 | ПБ110-8 | 13.5 |
| 4 | 3 | 6 | 841 | 354 | 177 | ПБ110-8 | 13.5 |
| 4 | 4 | 7 | 1018 | 531 | 177 | ПБ110-8 | 13.5 |
| 4 | 5 | 8 | 1195 | 708 | 105 | ПБ110-8 | 13.5 |
| 4 | A1:4 | 9 | 1300 | 813 | | У110-2 | 10.5 |

Рис. 7. Таблица расставленных опор

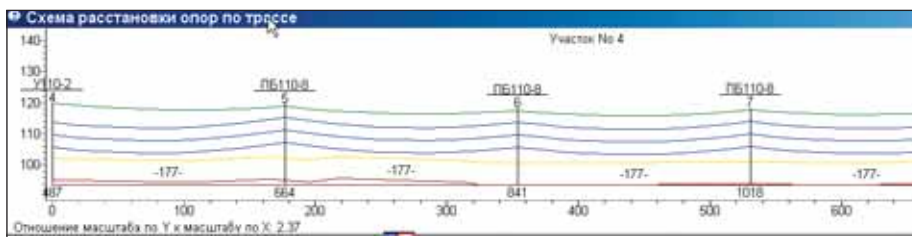


Рис. 8. Схема расстановки опор по трассе участка

вручную, так и посредством системного буфера обмена.

Все вышеперечисленные таблицы в основном могут быть заполнены автоматически на основании данных таблицы описания трассы. В задачу проектировщика-линейщика входит ввод дополнительной информации о трассе, которую изыскатели обычно не поставляют, принятие решения о расстановке опор, проверка габаритов пересечений и т.п.

Расстановка опор выполняется по участкам с использованием таблицы, приведенной на рис. 7.

Отдельно для каждого участка выполняется расчет, связанный с расстановкой опор по трассе: расчет удельных и погонных нагрузок в соответствии с требованиями ПУЭ, выбор исходного и расчетного режимов на основе анализа критических пролетов, расчет кривой провисания. Кроме того, последовательно, от начала к концу участка, определяется оптимальное положение каждой промежуточной опоры с учетом зон запрета установки опор. Расчетчик всегда имеет возможность вмешаться в автоматическую расстановку опор: положение отдельных промежуточных опор можно задать принудительно, а группы опор расставить принудительно равномерно. В процессе расстановки в распоряжении расчетчика — таблица расставленных опор (рис. 7). Графическая схема расстановки опор по трассе участка представлена на рис. 8. Для любого пролета может быть выведена на экран таблица с описанием кривой провисания

провода с заданным шагом (рис. 9), где выводятся:

- уровень поверхности;
- высота точки провода;
- расстояние от поверхности до провода;
- стрела провисания провода;
- напряжение и тяжение в соответствующей точке провода.

Данные, представленные в таблице, можно посмотреть на графике (рис. 10). Для любого пролета линии могут быть получены монтажные кривые — зависимости стрел провеса, тяжений и напряжений от температуры в табличном и в графическом виде.

Для пересечений выполняется специальный расчет габаритов для соответствующих режимов (рис. 11).

Кроме стандартного расчета для провода может быть выполнен расчет габаритов при произвольно заданных режимах. Для выбранного анкерного пролета в таблице, приведенной на рис. 12, можно задавать произвольные сочетания исходных и расчетных режимов и при этом получать соответствующие максимальные стрелы провеса. Кроме того, существует возможность указать желаемую стрелу провеса и получить необходимые параметры исходного режима.

Результаты

Одним из важных принципов расчетной программы является проверяемость полученных результатов. Проверка достоверности и поиск вероятных ошибок в исходных данных значительно упро-

| От опоры | № | Средняя температура | От земли до провода | Стрела провеса | Тяжение Н | Напряжение Н/мм |
|----------|------|---------------------|---------------------|----------------|-----------|-----------------|
| 0 | | 107 | | | | |
| 20 | 94.7 | 106 | 11.3 | 0.997 | 22974 | 133 |
| 40 | 95.7 | 105 | 9.42 | 1.74 | 22961 | 133 |
| 60 | 95.5 | 105 | 9 | 2.23 | 22952 | 133 |
| 80 | 95.3 | 104 | 8.85 | 2.46 | 22946 | 132 |
| 100 | 95 | 104 | 8.94 | 2.45 | 22944 | 132 |
| 120 | 94.8 | 104 | 9.29 | 2.17 | 22945 | 132 |
| 140 | 94.2 | 104 | 10.2 | 1.64 | 22951 | 133 |
| 160 | 93.8 | 105 | 11.3 | 0.954 | 22940 | 133 |
| 177 | | | | | | |

Рис. 9. Таблица кривой провисания провода пролета

щаются, если имеется возможность вывода промежуточных результатов. Так, для механического расчета промежуточными результатами являются удельные и погонные нагрузки (рис. 13). В таблице определения критических пролетов и выбора исходных и расчетных режимов (рис. 14) не только приводятся промежуточные результаты, принятые для расчета габаритов, но и устанавливаются стандартные параметры исходного и расчетного режимов, принимаемые для расчетов. Таким образом, отменяется изменение режимов, внесенное в таблицу, изображенную на рис. 13.

Программа EnergyCS Line позволяет получить таблицу монтажных максимальных стрел провеса (рис. 16); выполнить расчет, связанный с определением мест установки гасителей вибрации (рис. 15); определить нагрузки от провода на опоры и натяжение грозозащитного троса для обеспечения необходимого защитного угла по всей линии, а также выполнить другие расчеты.

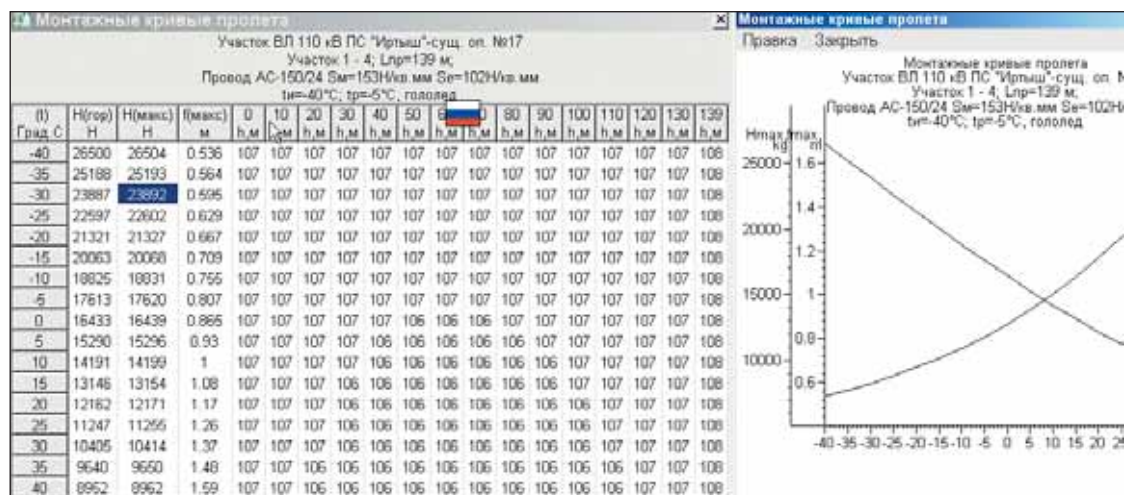


Рис. 10. Таблица и график монтажной кривой для провода пролета

| № | Уч. | Дистанция м | Пикет база | Ось/Зона | Наименование пересечения | Тип | Ширина м | Угол ° | Расстояние до опоры | Доп. раст. до опоры | Высота парасечения | Провод к парасечению | Допустимое положение | tr °C | Макс. Стрела | Стрела в т. пересечения |
|---|-----|-------------|------------|----------|--------------------------|-------|----------|--------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|--------------|-------------------------|
| 1 | 1 | 1464 | ПК14+64.4 | Ось | Автомоб. | АД | 20 | 90 | 14.4 | 30 | 0.3 | Выше на 12 | Выше на 7 | 1. Высшей температуры tr=15 | 1.79 | 0.621 |
| 1 | 1 | 2062 | ПК20+62.4 | Ось | ВЛ с ВН | ВЛ ВН | 3 | 40 | 62.4 | 15 | 29.9 | Ниже на 13.4 | Ниже на 4 | 1. Высшей температуры tr=15 | 0.999 | 0.998 |
| 1 | 1 | 3030 | ПК30+60.4 | Ось | ВЛ с ЛС | ЛС | 3 | 65 | 20.6 | 10 | 7.4 | Выше на 2.57 | Выше на 3 | 1. Высшей температуры tr=15 | 0.422 | 0.421 |
| 1 | 1 | 3405 | ПК34+64.9 | Зона | на Косулдино | ЗЖД | 1 | 75 | 15.1 | 30 | 0.94 | Выше на 1.56 | Выше на 12 | 9. Грозовой активности с ветром tr=15 | 0.37 | 0.19 |
| 1 | 1 | 3972 | ПК39+72.3 | Ось | ВЛ с НН | ВЛ НН | 3 | 50 | 25.5 | 10 | 5.96 | Выше на 1.93 | Выше на 5 | 1. Высшей температуры tr=15 | 0.253 | 0.243 |
| 1 | 1 | 4179 | ПК41+79.3 | Ось | Газопровод надзе | ТП | 3 | 90 | 15.5 | 20 | 4.05 | Выше на 3.03 | Выше на 7 | 1. Высшей температуры tr=15 | 0.189 | 0.186 |

Рис. 11. Таблица расчета габаритов пересечений

| Измененные режимы |
|--|
| Участок ВЛ 110 кВ ПС "Иртыш"-суц. оп. №17 |
| Участок 1 - 4; Lпр=139 м; |
| Провод AC-150/24 Sm=153Н/кв.мм Se=102Н/кв.мм |
| Приведенный пролет, м |
| Исходный режим |
| Удельная нагрузка, Н/(м*кв.мм) |
| Температура провода, °C |
| Напряжение, Н/кв.мм |
| Напряжение в % от допустимого |
| Тяжение провода, Н |
| Расчетный режим |
| Удельная нагрузка, Н/(м*кв.мм) |
| Температура провода, °C |
| Стрела, м |
| Напряжение, Н/кв.мм |
| Напряжение в % от допустимого |
| Тяжение провода, Н |

Рис. 12. Изменение исходных и расчетных режимов


| Удельные нагрузки провода | | | | | | |
|--|---|---|-----------------|-------|---------------|----------------------|
| Участок ВЛ 110 кВ ПС "Иртыш"-суц. оп. №17 | | | | | | |
| Участок 1 - 4; Lпр=139 м; | | | | | | |
| Провод AC-150/24 Sm=153Н/кв.мм Se=102Н/кв.мм | | | | | | |
| Высота приведенного центра тяжести 12.4 м | | | | | | |
| N |  | Наименование нагрузки | Нормативная Н/м | Rp/Rn | Расчетная Н/м | Удельная Н/(м*кв.мм) |
| 1 | | Вертикальная от собственного веса провода | 5.89 | 1 | 5.89 | 0.034 |
| 2 | | Вертикальная от веса гололеда | 13.4 | 0.65 | 8.69 | 0.0501 |
| 3 | | Вертикальная от веса провода со гололедом | 19.2 | 0.757 | 14.5 | 0.0841 |
| 4 | | Горизонтальная от ветра на провод без гололеда | 7 | | | |
| 5 | | Горизонтальная от ветра на провод с гололедом | 9 | | | |
| 6 | | Результирующая нагрузка от провода без гололеда | 9 | | | |
| 7 | | Результирующая нагрузка от проводов гололедом | 21 | | | |
| 8 | | Горизонтальная нагрузка от ветра W=50Па | 0.4 | | | |
| 9 | | Горизонтальная нагрузка от ветра W=0.06Vw | 0.7 | | | |
| 10 | | Результирующая нагрузка от от ветра W=50Па | 5 | | | |
| 11 | | Результирующая нагрузка от от ветра W=0.06Vw | 5 | | | |

Рис. 13. Таблица удельных нагрузок провода

| Систематический расчет режимов | | | | | |
|--|-------------------|-------------------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Участок ВЛ 110 кВ ПС "Иртыш"-суц. оп. №17 | | | | | |
| Участок Портал - 1 | | | | | |
| Провод AC-150/24 Sm=153Н/кв.мм Se=102Н/кв.мм | | | | | |
| Наименование режима | Температура °C | Нагрузка Н/(м*кв.мм) | Напряжение Н/кв.мм | Стрела м | Угол ° |
| 1. Высшей температуры | +40 | 0.034 | 41.1 | 0.556 | 0 |
| 2. Нижней температуры | -40 | 0.034 | 153 | 0.149 | 0 |
| 3. Среднегодовой температуры | 0 | 0.034 | 91.7 | 0.249 | 0 |
| 4. Гололеда без ветра | -5 | 0.0841 | 108 | 0.499 | 0 |
| 5. Наибольшего ветра без гололеда | +15 | 0.034 | 70.2 | 0.326 | 0 |
| 6. Наибольшего ветра при гололеде | -5 | 0.107 | 113 | 0.604 | 38.4 |
| 7. Наибольшей нагрузки (5 или 6) | -5 | 0.107 | 113 | 0.604 | 38.4 |
| 8. Грозовой активности без ветра | +15 | 0.034 | 70.2 | 0.326 | 0 |
| 9. Грозовой активности с ветром | +15 | 0.0344 | 70.3 | 0.329 | 8.97 |
| 10. Наибольшей стрелы (1 или 4) | +40 | 0.034 | 41.1 | 0.556 | 0 |
| 11. Электрической перегрузки (+70°C) | +70 | 0.034 | 24.1 | 0.95 | 0 |
| 12. Условий монтажа (-15°C) | -15 | 0.0344 | 114 | 0.202 | 8.97 |
| 13. Наибольшей стрелы (10 или 11) | +70 | 0.034 | 24.1 | 0.95 | 0 |

Рис. 14. Таблица расчета критических пролетов, выбора стандартных исходных и расчетных режимов

| Ведомость гасителей вибрации | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|------------|---------------|-------------------|-------------|------------|-----------------|----------------|-----------|--------|--------|-------------------|---------|-----------|------------|-----------------|----------------|-----------|-------|
| Режим среднеэксплуатационный, tр=0°С | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| № | Анкерные опоры | Мест-ность | Длина участка | Привед. пролет, м | Тип провода | Диаметр мм | Напряж. доп. те | Напряж. при те | Уд. нагр. | Место1 | Место2 | Тип Г/В | Коль-во | Тип троса | Диаметр мм | Напряж. доп. те | Напряж. при те | Уд. нагр. | Место |
| 2 | Портал-1 | A | 70.5 | 70.5 | АС-150/24 | 17.1 | 102 | 91.7 | 0.034 | 900 | 1100 | ПГГ-1.6-11-450/23 | 12 | С 50 | 9.1 | 280 | 280 | 0.0841 | 550 |
| 3 | 1-4 | A | 417 | 139 | АС-150/24 | 17.1 | 102 | 94.9 | 0.034 | 900 | 1100 | ПГГ-1.6-11-450/23 | 36 | С 50 | 9.1 | 280 | 280 | 0.0841 | 550 |
| 4 | 4-9 | A | 813 | 169 | АС-150/24 | 17.1 | 102 | 96.9 | 0.034 | 900 | 1100 | ПГГ-1.6-11-450/23 | 60 | С 50 | 9.1 | 280 | 280 | 0.0841 | 550 |
| 5 | 9-11 | A | 300 | 150 | АС-150/24 | 17.1 | 102 | 95.6 | 0.034 | 900 | 1100 | ПГГ-1.6-11-450/23 | 24 | С 50 | 9.1 | 280 | 280 | 0.0841 | 550 |
| 6 | 11-14 | A | 400 | 145 | АС-150/24 | 17.1 | 102 | 95.3 | 0.034 | 900 | 1100 | ПГГ-1.6-11-450/23 | 36 | С 50 | 9.1 | 280 | 280 | 0.0841 | 550 |
| ▲ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Рис. 15. Таблица расчета мест установки гасителей вибрации

| Монтажные стрелы провеса провода и троса | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|---------|--------|-----------|-------|----------|---------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
| № | Опоры | Длина | Привед | Марка | Марка | Опоры | Длина | Измерение | <- | П | р | - | в | д | >> | <- | - | T | р | | | | | | |
| уч | участка | участка | провит | провода | троса | пролета | пролета | единица | -40° | -30° | -20° | -10° | 0° | +10° | +20° | +30° | +40° | -30° | -20° | -10° | | | | | |
| 2 | Портал-1 | 70.5 | 70.5 | АС-150/24 | С 50 | Портал-1 | 70.5 | Тяжение, Н | 29150 | 26441 | 23746 | 21069 | 18423 | 15826 | 13313 | 10947 | 8830 | 18209 | 17055 | 15905 | 14760 | | | | |
| | | | | АС-150/24 | С 50 | | | Стрела, м | 0.136 | 0.15 | 0.167 | 0.188 | 0.215 | 0.25 | 0.297 | 0.362 | 0.448 | 0.14 | 0.149 | 0.16 | 0.172 | | | | |
| 3 | 1-4 | 417 | 139 | АС-150/24 | С 50 | | 139 | Тяжение, Н | 29150 | 26504 | 23891 | 21326 | 18830 | 16437 | 14195 | 12166 | 10408 | 17988 | 16875 | 15774 | 14688 | | | | |
| | | | | АС-150/24 | С 50 | | | Стрела, м | 0.494 | 0.543 | 0.602 | 0.675 | 0.764 | 0.876 | 1.01 | 1.18 | 1.38 | 0.549 | 0.586 | 0.627 | 0.673 | | | | |
| | | | | АС-150/24 | С 50 | 2-3 | 139 | Стрела, м | 0.488 | 0.536 | 0.595 | 0.667 | 0.755 | 0.865 | 1 | 1.17 | 1.37 | 0.549 | 0.585 | 0.626 | 0.673 | | | | |

Рис. 16. Таблица монтажных максимальных стрел провеса

| Анкерный участок (номера опор) | Длина анкерного участка, м | Длина приведенного пролета, м | Номера опор пролета | Длина пролета, м | Марка провода и троса | Измерение | -30° | -20° | -10° | 0° | +10° | +20° | +30° | +40° |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|------------------|-----------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1-4 | 1049 | 350 | | | АС-400/51 DNO-5968 | Тяжение, Н | 22121 | 21303 | 20561 | 19884 | 19265 | 18696 | 18171 | 17685 |
| | | | 1-2 | 350 | АС-400/51 DNO-5968 | Стрела, м | 10.2 | 10.6 | 10.9 | 11.3 | 11.7 | 12 | 12.4 | 12.7 |
| | | | 2-3 | 362 | АС-400/51 DNO-5968 | Стрела, м | 10.8 | 11.3 | 11.7 | 12.1 | 12.4 | 12.8 | 13.2 | 13.6 |
| | | | 3-4 | 337 | АС-400/51 DNO-5968 | Стрела, м | 9.41 | 9.77 | 10.1 | 10.5 | 10.8 | 11.1 | 11.5 | 11.8 |
| 4-5 | 451 | 451 | | | АС-400/51 DNO-5968 | Тяжение, Н | 19268 | 18909 | 18568 | 18244 | 17936 | 17642 | 17362 | 17094 |
| | | | 4-5 | 451 | АС-400/51 DNO-5968 | Стрела, м | 19.4 | 19.8 | 20.2 | 20.5 | 20.9 | 21.2 | 21.6 | 21.9 |

При монтаже проводов и тросов в условиях промежуточных значений температуры монтажные стрелы провеса определять путем интерполяции.

Таблицы стрел провеса составлены с учетом последующей вытяжки проводов и тросов

Приняты допустимые напряжения проводов и тросов, а также расчетные условия в соответствии с ПУЭ – 7

| | | | | | | | | | |
|------------|---------|------|--------|---------|------|--|----------|------|--------|
| Имя | Код уч. | Лист | № док. | Подпись | Дата | Монтажные тяжения и стрелы провеса провода и троса | Страница | Лист | Листов |
| | | | | | | | Р | 1 | 2 |
| Проверит | | | | | | | | | |
| Разработал | | | | | | | | | |

Рис. 17. Монтажные тяжения и монтажные стрелы в MS Word

| № | Обозначение | X, м | Y, м | Дистанция, м | Пикет | Марка опоры |
|------|--------------|------|------|--------------|-----------|-------------|
| 1:1 | Портал | 0 | 0 | 0 | ПК0+0 | У110-2 |
| 1:2 | 1 | 0 | 0 | 70.5 | ПК0+70.5 | У110-2 |
| 1:3 | 4 | 0 | 0 | 487 | ПК4+87.2 | У110-2 |
| 1:4 | 9 | 0 | 0 | 1300 | ПК13+0 | У110-2 |
| 1:5 | 11 | 0 | 0 | 1600 | ПК16+0 | У110-2 |
| 1:6 | 14 | 0 | 0 | 2000 | ПК20+0 | У110-2 |
| 1:7 | 16 | 0 | 0 | 2200 | ПК22+0 | У110-2 |
| 1:8 | 21 | 0 | 0 | 2954 | ПК29+54 | У110-2 |
| 1:9 | 22 | 0 | 0 | 3029 | ПК30+29 | У110-2 |
| 1:10 | 23 | 0 | 0 | 3089 | ПК30+89 | У110-2 |
| 1:11 | 25 | 0 | 0 | 3400 | ПК34+0 | У110-2 |
| 1:12 | 26 | 0 | 0 | 3500 | ПК35+0 | У110-2 |
| 1:13 | 28 | 0 | 0 | 3788 | ПК37+87.8 | У110-2 |
| 1:14 | 29 | 0 | 0 | 3947 | ПК39+46.8 | У110-2 |
| 1:15 | 30 | 0 | 0 | 4010 | ПК40+10.4 | У110-2 |
| 1:16 | 31 | 0 | 0 | 4163 | ПК41+62.8 | У110-2 |
| 1:17 | 32 | 0 | 0 | 4200 | ПК42+0 | У110-2 |
| 1:18 | Сущ. оп. N17 | 0 | 0 | 4335 | ПК43+35.1 | У110-2 |

Х=7.29, Y=16.4

Рис. 18. Представление расчета нагрузок на опоры

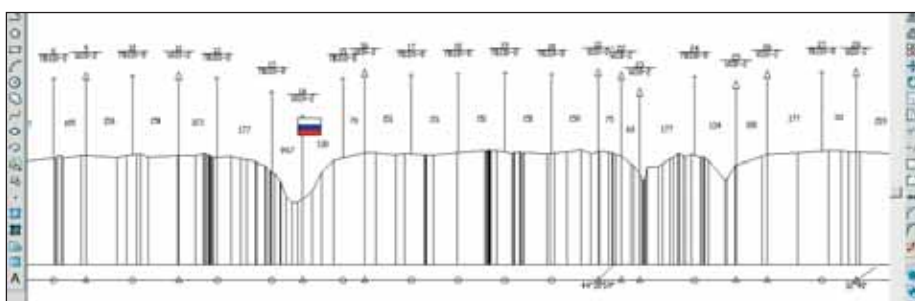


Рис. 19. Расстановка опор по трассе в AutoCAD

Все результаты расчета и исходные данные, представленные в таблицах программы, могут быть переданы в заранее заготовленные таблицы MS Word (рис. 17) как с использованием технологии ActiveX, так и через системный бу-

фер обмена. Все графические рисунки, предоставляемые программой, могут быть вставлены в документ MS Word в качестве иллюстраций к расчету.

Расчет нагрузок от проводов на опоры наносится на схему опоры

(рис. 18) и может быть документирован в MS Word.

В программе предусмотрена возможность нанесения расставленных опор на существующий чертеж описания профиля трассы с указанием номеров и марок, длин пролетов, габаритов пересечений (рис. 19).

Заключение

В настоящее время функционал программы позволяет значительно сократить трудозатраты на разработку документации по проектированию линий электропередач при типовом проектировании, а в особых случаях (например, при проектировании больших переходов) – также и на исследовательские расчеты. Совершенствование программы ведется в двух направлениях:

- расчет динамического действия токов короткого замыкания на провода – расчет проводов на схлестывание при КЗ (сам расчет токов короткого замыкания в проводах и грозозащитных тросах, а также оценка его термического действия производится в программе EnergyCS TKZ);
- расчеты по отводу земель и по вырубке просек.

Николай Ильичев,
к.т.н., доцент

CSoft

Тел.: (495) 913-2222

E-mail: ilichev@csoft.ru