Программа расчета нормативных характеристик потерь электроэнергии

в электрических сетях РНХ

Авторы: Железко Юрий Станиславович, Артемьев Андрей Валентинович,

Савченко Ольга Владимировна

[artem\_a@mail.ru](mailto:artem_a@mail.ru) тел. (917) 551-50-10

**Руководство пользователя *(Редакция С3)***

# Содержание

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Назначение программы | 1 |
| 2. Рекомендации по проведению расчетов | 2 |
| 3. Описание интерфейса программы и порядок проведения расчетов | 3 |
| 4. Контрольный пример | 6 |

**Примечания.**

**Системный диск должен иметь свободный доступ для чтения и записи (без пароля).**

**1. Назначение программы**

Программа определяет наилучшие значения коэффициентов линейно-квадратичной зависимости результирующего параметра от заданных факторов. Максимальное количество факторов – 10. Физические характеристики параметра и факторов значения не имеют, однако программа разрабатывалась с ориентацией в первую очередь на расчет зависимостей потерь мощности или электроэнергии в сети от собственного потребления и межсетевых перетоков.

Полнота отражения зависимости задается пользователем. Наиболее полной является зависимость, содержащая постоянный член, линейные и квадpатичные члены по каждому фактору, а также члены с произведениями факторов. Например, при трех влияющих факторах *Х1, Х2* и *Х3* могут быть рассмотрены следующие виды зависимости:

линейная (постоянный член и три линейных члена):

*Y1 = С0+B1 X1+B2 X2+B3 X3*, (1)

линейно-квадратичная (к предыдущим четырем слагаемым добавятся еще три квадратичных члена):

*Y2 =Y1+А11 X12+ А22 X22+ А33 X32*, (2)

полная (к предыдущим семи слагаемым добавятся три произведения факторов:

*Y3 = Y2+ А12 X1 X2+ А13 X1 X3+ А23 X2 X3*, (3)

а также любые зависимости с произвольным составом слагаемых из приведенных выше.

Программа позволяет отмечать перечень составляющих, вычисление коэффициентов при которых необходимо в расчете.

В программе РНХ–ст реализованы процедуры, позволяющие производить непосредственные расчеты по массиву результатов вариантных расчетов, проведенных в автоматическом режиме по программе РАП–ОС-ст. Вместе с тем, возможно и самостоятельное формирование исходного массива данных, что позволяет использовать программу для решения других задач, требующих получения аппроксимирующих зависимостей.

**2. Рекомендации по проведению расчетов**

Первый расчет проводят при полном наборе составляющих. Среднеквадратичная погрешность полученной зависимости отражает предельно возможную точность зависимости.

Программа вычисляет вклады слагаемых зависимости в результирующее значение потерь (в процентах от суммарного значения потерь). Слагаемые могут иметь разные знаки (их сумма с учетом знаков равна 100 %). Их значимость определяют по модулю процента вклада.

Фактор, независимо от его значения, является частью баланса электроэнергии и его присутствие в нормативной характеристике необходимо независимо от его величины. На основании вкладов оценивается количество слагаемых, отражающих его влияние. Например, можно оставить в зависимости его квадрат и произведение с нагрузкой собственных потребителей, но удалить произведения со всеми остальными факторами.

Величина вклада фактора не является единственным показателем, определяющим целесообразность исключения слагаемого из зависимости.

Большой вклад дают слагаемые, содержащие собственную нагрузку системы. Небольшие перетоки и их произведения дают, как правило, малые вклады в суммарные потери.

При повторном расчете малые слагаемые исключают. Допустимость упрощения зависимости оценивают по увеличению ее среднеквадратичной погрешности.

Программа РАП-ОС позволяет осуществить автоматическое варьирование до 5 факторов (независимые факторы). Обычно это собственная нагрузка сети и 4 наиболее крупные межсетевые связи. В связи с тем, что каждый фактор рассматривается на трех уровнях, число вариантов расчета составляет 3n , где n – число факторов. В случае 3 факторов число вариантов расчета, автоматически проводимых программой, составляет 27, 4–х – 81, 5–ти – 243.

Обычно число связей превышает указанное предельное число факторов, однако большинство из них может быть отнесено к так называемым малым факторам. Их варьирование может осуществляться отдельно от основных факторов и учитываться в общей зависимости с помощью «согласующей процедуры», описанной в разделе 6.6 упомянутой книги.

Полный полином, аппроксимирующий указанные вариантные расчеты, содержит число слагаемых, равное (n2 + 3n + 2)/2. При 3–х факторах число слагаемых нормативной характеристики в виде полного полинома составляет 10, при 4–х – 15, при 5–ти – 21. Исключение слагаемых с малыми вкладами позволяет уменьшить длину зависимости.

В каждом варианте расчета по программе РАП-ОС могут фиксироваться нагрузки до 12 контролируемых ветвей (зависимых факторов). Рабочие факторы, от которых строится зависимость потерь, могут выбираться как из варьируемых, независимых факторов, так и из нагрузок контролируемых ветвей. Например, вариантные расчеты проводят при варьировании перетоков со смежными АО–энерго и мощными станциями. Нормативная характеристика потерь в АО-энерго в виде зависимости от этих факторов логична. Однако, при построении нормативной характеристики для ПЭС логичней взять в качестве факторов значения перетоков по его межсетевым связям с другими ПЭС, чем с межсистемной связью, находящейся совсем в другой части АО-энерго, хотя переток по ней и влияет на потери в данном ПЭС.

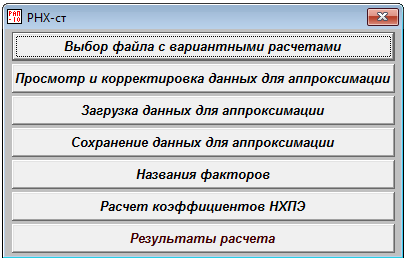
Этот переток влияет и на перетоки по межсетевым связям ПЭС. Их фиксация в каждом варианте позволяет заменить основной варьируемый фактор на согласованно варьирующиеся с ним местные факторы.

Аналогичная ситуация может быть и при необходимости варьирования нагрузки узла, находящегося за пределами АО-энерго – в качестве факторов, влияющих на потери, в зависимости будут использоваться зафиксированные в различных вариантах значения перетоков на границах (зависимых факторов).

Чем больше факторов учитывается и чем более полный вид зависимости задается, тем теоретически меньше должна быть ее погрешность. Однако, так как программа реализует итерационный процесс поиска наилучших значений коэффициентов, а зависимость потерь от факторов не является идеально гладкой, то при громоздкой зависимости увеличивается вероятность попадания в локальный минимум. В этом случае сопоставление погрешностей сложной и простой зависимостей может обескуражить – простая зависимость окажется несколько более точной. В этом случае необходимо увеличить или уменьшить значение начального шага и повторить расчет.

**3. Описание интерфейса программы и порядок проведения расчетов**

При запуске программы появляется окно с семью клавишами:



Результаты вариантных расчетов установившегося режима программа РАП-ОС-ст выводит всегда в файл ***nxpe. dbf***. При проведении вариантных расчетов для различных схем или условий файл ***nxpe. dbf*** , полученный при конкретном расчете, необходимо сохранить под своим именем, иначе он будет затерт результатами нового расчета.

Нужный файл открывают с помощью кнопки *Выбор файла* *с вариантными расчетами* входя затем либо в директорию программы РАП-ОС, либо в директорию программы РНХ (если файл ***nxpe. dbf*** был предварительно перенесен туда из директории программы РАП-ОС).

При открытии файла возникает окно «Выбор факторов»с двумя столбцами: слева *Параметры*, справа *Факторы.* В столбце *Параметры* содержится перечень всех факторов зависимости потерь (заголовки столбцов файла ***nxpe. dbf***):

1) потери холостого хода DP\_XX;

2) нагрузочные потери DP\_LOAD;

3) суммарная нагрузка сети (сумма нагрузок узлов **плюс потери**) P\_SUM (первый основной фактор);

4) активные нагрузки четырех остальных основных факторов: Р1 – Р4;

5) то же, 30-ти контролируемых ветвей (максимально возможное число контролируемых ветвей): РТ1 – РТ30;

6) сумма нагрузок узлов в процентах PSUM (эта величина как фактор НХПЭ не используется – первая треть значений этого столбца равна 100 %, вторая и третья трети – те значения, которые устанавливают в качестве вариантов уровня собственной нагрузки, например, 90% и 80 %);

7) номера узлов четырех основных факторов :UZEL1 – UZEL4;

8) номер расчета N\_RAS.

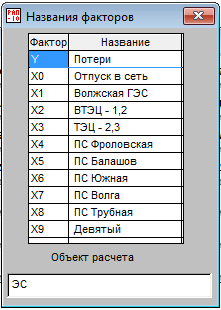
9) нагрузочные потери по 9 районам сети (максимально возможное число районов): R1\_POT – R9\_POT, в сумме равные DP\_LOAD. Эти данные используются вместо DP\_LOAD при расчете НХПЭ для конкретного района.

**Примечание.** Параметры 6–8 в расчетах НХПЭ не используются, они лишь являются частью информации, выдаваемой программой РАП-ОС.

Результирующий фактор (нагрузочные потери – DP\_LOAD) и факторы, от которых будет строиться зависимость (предельное число – 10), перекидывают в столбец *Факторы* установкой на них курсора и нажатием стрелочки переноса. При этом фактор исчезает из левого списка, возвращение его производят обратной стрелкой. Результирующий фактор переносят в правый столбец **первым** – в дальнейшем он будет именоваться Y. Остальные факторы будут попадать на места Х0 – Х9 в порядке переноса.

В качестве фактора Х0 обычно используют суммарную нагрузку сети – P\_SUM, в качестве остальных (до 9-ти факторов) – любые из нагрузок узлов Р1 – Р4 или ветвей РТ1 – РТ30.

Вновь образованный массив с выбранными столбцами программа всегда сохраняет в файле ***faktor****.* ***dbf***.

Войдя в пункт *Названия факторов,* выбранным столбцам присваивают желаемые названия, а в нижнем поле этого окна записывают название объекта, для которого проводят расчет нормативной характеристики – эти названия программа использует при печати вместо приведенных в предыдущих пунктах обозначений факторов.

Файл ***faktor****.****dbf*** можно просмотреть, войдя в пункт *Просмотр и корректировка данных для аппроксимации* откроется окно «Факторы»*.* Корректировать особо нечего, но если хочется, то можно – например, добавить еще какие-либо варианты сверх автоматически посчитанных программой РАП-ОС.

После закрытия окна «Факторы» данные файла ***faktor****.****dbf*** нужно сохранить под своим именем, войдя в пункт *Сохранение данных для аппроксимации*, так как файл ***faktor****.****dbf*** при составлении нового массива (например, с другими выбранными столбцами) затрется. Сохранение осуществляют под любым именем, при этом расширение автоматически меняется на ***fk.***

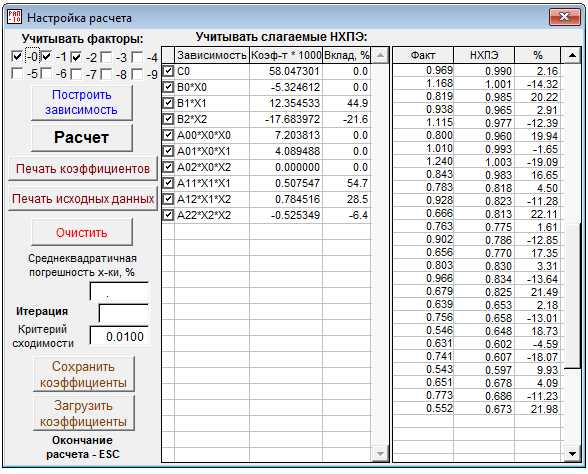
Выбор для конкретного расчета нужного файла типа ***fk*** производят, входя в пункт  *Загрузка данных для аппроксимации.*

После выбора файла типа ***fk*** и нажатия кнопки *Расчет коэффициентов НХПЭ* на экран выводится основное окно программы – «Настройка расчета». В левом верхнем углу отмечают галочками факторы, от которых будет строиться зависимость. В первом расчете обычно галочками отмечают все факторы, содержащиеся в файле типа ***fk*** .При выборе наиболее приемлемой зависимости могут исследоваться варианты, не содержащие каких-либо факторов, для этого снимают галочку у этих факторов.

При нажатии кнопки *Построить зависимость* программа выведет в строки окна все слагаемые полной линейно–квадратичной зависимости. После проведения полного расчета можно снять галочки ***у слагаемых*** с малыми вкладами и провести расчет вновь.

**Пояснение**. Здесь из НХПЭ можно удалить не фактор целиком, а слагаемое уравнения (3), исключив, например, линейный или квадратичный член.

При нажатии кнопки *Расчет* программа начинает итерационный расчет по подбору наилучших значений коэффициентов в слагаемых, оставленных расчетчиком в зависимости. В столбце «Факт» отражены фактические значения потерь в каждом варианте их расчета (исходные данные), а в столбце «НХПЭ» – значения потерь, получаемые по подобранной программой зависимости. В процессе расчета можно наблюдать, как значения, получаемые по подбираемой программой зависимости, сближаются с исходными данными, а среднеквадратичная погрешность зависимости снижается.



Продолжительность расчета и точность подбора коэффициентов зависит от задаваемого значения **критерия сходимости**. Его численное значение представляет собой предельное уточнение среднеквадратичной погрешности между последовательными итерационными шагами, при достижении которого расчет нужно закончить. Например, при установке значения 0,01 расчет закончится, когда процент погрешности перестанет меняться в сотых долях.

Насильственная остановка расчета производится нажатием на клавишу ESC. При следующем входе в программу можно продолжить расчет с места остановки, нажав кнопку *Расчет*.

Результаты расчета коэффициентов программа всегда сохраняет в рабочем файле ***koef****.****dbf***. Сохранить данные файла ***koef****.****dbf*** под своим именемможно только в этом окне, войдя в пункт *Сохранение коэффициентов*, так как файл ***koef****.****dbf*** при проведении нового расчета коэффициентов затрется. Сохраненный файл автоматически получает расширение ***kf***.

В пункте *Загрузка коэффициентов* можно вызвать в рабочую область любой из ранее сохраненных файлов типа ***kf*** с коэффициентами, например, для распечатки или продолжения расчета (с увеличенной точностью или с другим набором слагаемых).

Не рекомендуется при аппроксимации нагрузочных потерь оставлять галочку в постоянном члене *С0*. Теоретически при его учете программа подберет более точную зависимость, но она будет более точной только в том диапазоне изменения варьируемых параметров, который использовался в вариантных расчетах (а он уже, чем нагрузки могут изменяться в реальности). Очевидно, что нагрузочные потери при нулевых значениях факторов должны быть равны нулю, а не *С0*.

При аппроксимации потерь холостого хода постоянный член *С0,* наоборот, обязателен. Его отсутствие в потерях холостого хода также не логично, как и его наличие в нагрузочных потерях.

**4. Контрольный пример**

В директории программы РНХ находится файл ***nxpe.dbf*** , содержащий результаты вариантных расчетов потерь в схеме PRIMER.U по программе РАП-ОС.

Откройте файл ***nxpe-c.dbf***, перебросьте последовательно DP\_LOAD, P\_SUM, Р1 и Р2 в правое окно, войдите в *Расчет коэффициентов НХПЭ* поставьте галочки в левом верхнем углу в 0, 1, и 2, нажмите *Построить зависимость*, поставьте критерий сходимости 0,01, и нажмите *Расчет.*

Наблюдайте за постепенным снижением среднеквадратичной погрешности и сближением значений самого правого столбца (НХПЭ) с Фактом. Программа закончит расчет через 60 итераций, достигнув погрешности 2,876 %.

Убираем слагаемое СО и нажимаем *Расчет***.** Через 30 дополнительные итерации получаем новую зависимость с практически такой же (даже еще меньше) погрешностью 2,852 %.

Вклады всех составляющих достаточно велики, однако для опыта снимите галочку у составляющей В2\*Х2. После расчета получится зависимость с погрешностью 2,802 %.

На самом деле, чем меньше слагаемых, тем хуже должна быть зависимость. Однако, так как для поиска наилучших значений используется итерационный метод, возможно получение нескольких зависимостей в зоне практически одинаковых погрешностей.