

УДК 621.311

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ RASTRWIN

Панфило М.И., Прончак В.Ю.

Научный руководитель – старший преподаватель Мышковец Е.В.

Программный комплекс RastrWin3 предназначен для решения задач по расчету, анализу и оптимизации режимов электрических сетей и систем.

Особенности программного комплекса Расчетные модули:

- расчет установившихся режимов электрических сетей произвольного размера и сложности, любого напряжения (от 0.4 до 1150 кВ). Полный расчет всех электрических параметров режима (токи, напряжения, потоки и потери активной и реактивной мощности во всех узлах и ветвях электрической сети);
- расчет установившихся режимов с учетом частоты;
- проверка исходной информации на логическую и физическую непротиворечивость;
- эквивалентирование электрических сетей;
- оптимизация электрических сетей по уровням напряжения, потерям мощности и распределению реактивной мощности;
- расчет положений регуляторов трансформатора под нагрузкой и положений вольтодобавочных трансформаторов;
- учет изменения сопротивления автотрансформатора при изменении положений РПН
- расчет предельных по передаваемой мощности режимов энергосистемы, определение опасных сечений;
- структурный анализ потерь мощности – по их характеру, типам оборудования, районам и уровням напряжения;
- проведение серийных (многовариантных расчетов) по списку возможных аварийных ситуаций;
- моделирование отключения ЛЭП, в том числе одностороннего, и определение напряжения на открытом конце;
- моделирование генераторов и возможность задания их PQ-диаграмм;
- моделирование зависимостей  $Q_{max}(V)$  генератора с учетом ограничений по токам ротора и статора;
- моделирование линейных и шинных реакторов, в том числе с возможностью их отключения;
- анализ допустимой токовой загрузки ЛЭП и трансформаторов, в том числе с учетом зависимости допустимого тока от температуры;
- расчет агрегатной информации (потребление, генерация, внешние перетоки) по различным территориальным и ведомственным подразделениям;
- сравнение различных режимов по заданному списку параметров.

### Пользовательский интерфейс:

**1. Табличный процессор.** Для подготовки, коррекции и отображения расчетной схемы используется табличный процессор, где вся информация структурирована по типу (Узлы, Ветви, Генераторы и т.д.). Основные особенности табличного процессора:

- индивидуальная и групповая (по формулам) коррекция и ввод параметров;
- произвольная настройка вида отображения (положение столбцов);
- возможность сортировки по любому столбцу и сортировки по нескольким столбцам;
- выбор точности отображения данных;
- возможность отображения данных в альтернативных единицах (например, в киловаттах вместо мегаватт или в относительных единицах);
- контекстные переходы между таблицами;
- возможность создания пользовательских таблиц;

- «сдвоенные» таблицы, (например, узел и подходящие к нему ветви) с возможностью их создания;

- динамический обмен данными с MS Excel;
- экспорт и импорт табличной информации в виде CSV-файлов.

2. **Однолинейная графическая схема.** В RastrWin3 входят следующие средства подготовки и отображения однолинейной графической схемы:

- автоматизированная подготовка графической схемы на основе расчетной. Подготовка окон для отображения численной информации;

- отображение численной (расчетной) информации в подготовленных окнах. Конкретный тип отображаемой информации задается пользователем;

- проведение коммутаций (отключение/включение) и коррекций непосредственно на графической схеме;

- динамическая «заливка» схемы в зависимости от значения, выбранного параметра (например, отклонения напряжения от номинального).

3. **Элемент «Селектор» для иерархического (древовидного) представления схемы.**

**Встроенная база данных:**

- хранение данных (как исходного, так и расчетного характера) производится в единой базе данных;

- при загрузке и сохранении файлов используются шаблоны, определяющие тип файла (режим, графика, сечения и т.д.). В шаблоне хранится описание данных (точность, допустимые значения, формулы и т.д.). Пользователь может как изменять, так и создавать свои шаблоны.

Все номера узлов и ветвей должны быть положительными целыми числами в диапазоне от 1 до 2 147 483 647. Все названия не должны превышать в длину 256 символов.

Ввод схемы рекомендуется начинать с данных по узлам. Минимально необходимой информацией для каждого узла является его номер (Номер) и номинальное напряжение ( $U_{ном}$ ). Для узлов нагрузки требуется дополнительно ввести активную и реактивную мощность потребления ( $P_n$ ,  $Q_n$ ). Для узлов с генераторами или компенсаторами необходимо дополнительно задать пределы изменения реактивной мощности ( $Q_{min}$ ,  $Q_{max}$ ), в графе  $V_{зд}$  для этих узлов указать заданный (фиксированный) модуль напряжения, который будет выдержан, если позволят пределы регулирования реактивной мощности. Один из узлов должен быть назначен базисным (балансирующим), для чего в меню Тип этого узла надо выбрать строку База. Остальные типы узлов (Нагрузка, Генератор) и ветвей (ЛЭП, Тр-р) выбираются программой автоматически при расчете режима. Список основных параметров, относящихся к узлу, приведен ниже: **Отметка узла** используется для сортировки, выборки, эквивалентирования и т.д.; **Состояние узла** – отключен/включен; **Район** – номер района, к которому относится узел; **Номер** – номер узла;  $N_{схн}$  – номер статической характеристики нагрузки (СХН). **Название** – название узла;  $U_{ном}$  – номинальное напряжение;  $P_n$ ,  $Q_n$  – мощность нагрузки;  $P_g$ ,  $Q_g$  – мощность генерации;  $Q_{min}$ ,  $Q_{max}$ ,  $V_{зд}$  – пределы генерации реактивной мощности и заданный модуль напряжения. В узле фиксируется модуль  $V_{зд}$ , если он не равен нулю и задано  $Q_{min} < Q_{max}$ ;  $G_{ш}$ ,  $B_{ш}$  – проводимость шунта на землю (ШР или БСК), мкСм;  $V$ ,  $\Delta$  – расчетный модуль и угол напряжения. Для базисных узлов – исходные данные, для остальных – расчетные величины. Часть перечисленных параметров в таблице скрыта, изменить их видимость можно с помощью меню, вызываемого щелчком правой кнопки мыши на заголовке соответствующего столбца – «Выбор колонок». При вводе данных по ветвям (пункт меню Ветви) задаются номера узлов, ограничивающих ветвь. Разделение ветвей на ЛЭП и трансформаторы осуществляется программой по значению, проставленному в поле  $K_{T/r}$  (коэффициент трансформации): для ЛЭП это поле может оставаться пустым или заполняться нулем, для трансформаторов – обязательно заполняется значением (даже если это единица!). При вводе данных о трансформаторных ветвях важен порядок задания номеров узлов, которые их ограничивают. Первым (поле  $N_{нач}$ ) должен

стоять номер узла, к напряжению которого приведено сопротивление, чаще всего это узел высшего напряжения, тогда вторым (поле  $N_{кон}$ ) будет номер узла низшего напряжения. Коэффициент трансформации – отношение 17 напряжения узла  $N_{кон}$  к напряжению узла  $N_{нач}$ , т.е. это, как правило, отношение низшего напряжения к высшему. Исходные данные, относящиеся к ветвям:  $N_{кон}$ ,  $N_{нач}$  – номера узлов ограничивающих ветвь;  $N_{п}$  – номер ветви в группе параллельных;  $R, X$  – соответствующие сопротивления;  $G, B$  – проводимости, мкСм. Для ЛЭП – общая проводимость шунтов П-образной схемы (В0);  $K_{T/r}$ ,  $K_{T/i}$  – вещественная и мнимая составляющие коэффициента трансформации;  $I_{ДОП\_25}$  – допустимый ток, используемый для определения токовой загрузки в зависимости от температуры.

**Расчет установившегося режима.** Расчет установившегося режима (УР) можно выполнять после исправления всех ошибок, обнаруженных программой контроля. Для выполнения расчета УР нужно перейти в меню **Расчет** и выбрать команду **Режим**. В процессе расчета в протокол выдается таблица сходимости, в которой отображаются величины, характеризующие итерационный процесс метода Ньютона: **Ит** – номер итерации; **Мах.неб.** – значение и номер узла для максимального небаланса мощности (Р или Q); **>V** – максимальная величина и номер узла для превышения напряжения по отношению к номинальному –  $(V/V_{ном})_{max}$ ; **<V** – то же самое для снижения напряжения по отношению к номинальному; **Угол** – значение и номер линии для максимального разворота угла (в градусах)/

**Шунтирующие реакторы (ШР):**

Шунтирующий реактор (реактор поперечного включения) - это статическое электромагнитное устройство, применяемое в электроэнергетических системах для регулирования реактивной мощности, напряжения и компенсации емкостных токов на землю. Обладает преимущественно индуктивным сопротивлением. Шунтирующие реакторы изготавливаются на напряжения 35-750 кВ. Во включенном состоянии реактивная мощность, потребляемая реактором, зависит (в зоне линейности его электромагнитной характеристики) от квадрата напряжения:

$$Q_{ШР} = U^2 \cdot B_{ШР} \tag{1}$$

где  $B_{ШР}$  - индуктивная проводимость реактора.

Они подключаются к началу и концу , а иногда и в промежуточных токах длинных линий.

**1 Расчет сети без учета ШР.**

Используем схему сети с номинальным напряжением  $U_{ном} = 110кВ$ , с линиями длиной  $l = 100км$ , марка проводов которых АС-95/16 .

	O	S	Тип	Номер	Название	U_ном	N...	Район	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	B_ш	V	Delta	Тер...
1			База	1	=	110					64,4	74,7					110,00		
2			Нагр	2		110											86,33	-1,54	
3			Нагр	3		110			40,0	40,0							62,64	-4,25	

Рисунок 1. Данные расчета в Rastr без применения ШР

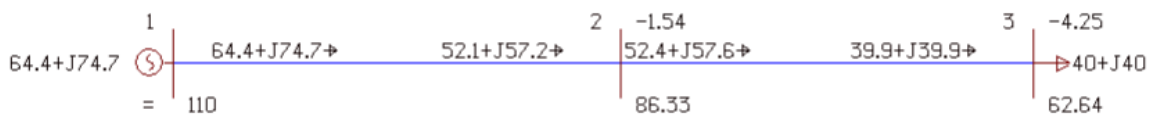


Рисунок 2. Схема сети в Rastr без применения ШР.

**2 Расчет сети с учетом шунтирующего реактора ( $Q_{ШР}$ )**

Для расчета участка 2-3 в Mathcad используем известные нам формулы, но для потерь напряжения используем формулу (1), а для потерь активной и реактивной мощности формулы:

$$\Delta P = \frac{(P_2^2 + (Q_2 - Q_{ШР})^2) \cdot R}{U_i^2} \quad (2)$$

$$\Delta Q = \frac{(P_2^2 + (Q_2 - Q_{ШР})^2) \cdot X}{U_i^2} \quad (3)$$

	O	S	Тип	Номер	Название	U_ном	N...	Район	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	B_ш	V	Delta	Тер...
1			База	1	=	110					55,5	78,0					110,00		
2			Нагр	2		110				56,0							86,90	-0,06	
3			Нагр	3		110			40,0								78,39	-7,38	

Рисунок 3. Расчет сети с учетом шунтирующего реактора в Rastr ( $Q_{ШР}$ ).

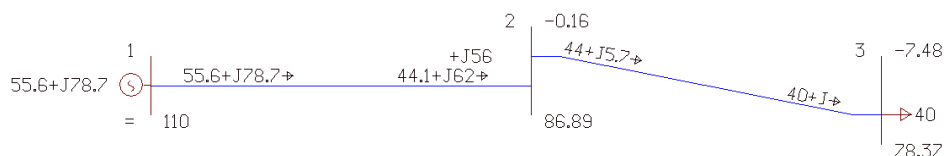


Рисунок 3.4. Схема сети с учетом шунтирующего реактора в Rastr ( $Q_{ШР}$ ).

### 3 Расчет сети с учетом шунтирующего реактора ( $B_{ШР}$ )

Исходя из формулы (10) находим  $B_{ШР}$ .

	O	S	Тип	Номер	Название	U_ном	N...	Район	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	B_ш	V	Delta	Тер...
1			База	1	=	110					55,5	78,0					110,00		
2			Нагр	2		110										7 415,0	86,90	-0,06	
3			Нагр	3		110			40,0								78,39	-7,38	

Рисунок 3.5. Расчет сети с учетом шунтирующего реактора в Rastr ( $B_{ШР}$ )

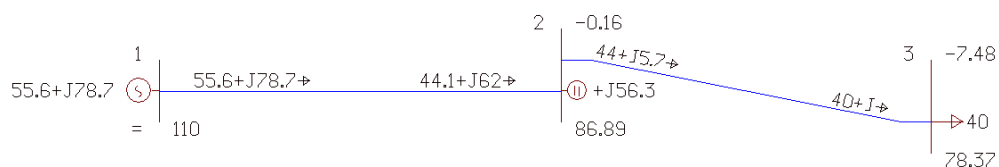


Рисунок 3.6. Схема сети с учетом шунтирующего реактора в Rastr ( $B_{ШР}$ )

Таблица 3.1

$U_3$ без ШР в Rastr, кВ	$U_3$ без ШР в Mathcad, кВ	$U_3$ с учетом $Q_{ШР}$ в Rastr, кВ	$U_3$ с учетом $B_{ШР}$ в Rastr, кВ	$U_3$ с учетом ШР в Mathcad, кВ
62.64	72.516	78.37	78.37	84.03

Подводя итог можно заключить следующее Программа RastrWin поможет:

- Запомнить множество вариантов расположения и настроек всех окон интерфейса и быстро восстановить любой выбранный вариант по требованию пользователя
- Организовать рабочее место наиболее удобным образом
- Исключить случайные ошибки при помощи системы ведения истории, которая позволяет отменить или повторить любые действия
- Вывести информационные данные в Microsoft Excel с помощью механизма «Данные реального времени». Подготовка шаблона в Excel осуществляется путем перетаскивания данных из любого элемента управления.
- Встроенная база данных обеспечивает максимальную производительность программной платерормы и исключительную гибкость структуры данных.

- Используя так называемые шаблоны, можно легко объединять несколько источников информации или выделять необходимые подмножества данных.
- Все данные в базе и все функции, как обработки данных, так и расчетные, доступны внешним программам.
- Программный комплекс содержит встроенный интерпретатор макроязыка Basic, что позволяет пользователям самостоятельно разрабатывать расчетные процедуры любой сложности.

#### Литература

1. Дайнеко, А.И. Вводный курс в RastrWin/ А.В. Василенская, М.А. Костюкович; под ред. А.И. Дайнеко. – Москва: Мир, 2014. – 232с.
2. Электрические системы и сети: Учебник / Г. Е. Поспелов, В. Т. Федин, П. В. Лычев - Мн.: УП "Технопринт", 2004.