

УДК 621.316

## ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ МОДЕЛИ НАГРУЗОК НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА

Горовой Д.Д., Шелест М. В.

Научный руководитель – старший преподаватель. Мышкова Е.В.

Режим работы электрической системы непрерывно изменяется в режиме реального времени, но эти изменения, происходящие около некоторого среднего значения, могут быть настолько малыми, что режим работы электрической системы практически не изменяется. Режим работы электрической системы, при котором параметры режима (напряжение, токи, мощности, частота) остаются практически неизменными, называют установившимся режимом работы.

Перед выполнением расчета установившегося режима работы электрической системы необходимо составить схему замещения электрической системы. Схема замещения электрической системы представляет собой электрическую схему, в которой все реальные элементы заменены максимально близкими по функциональности цепями из идеальных элементов.

Модели нагрузок задаются постоянной по величине мощностью.

В рассматриваемом способе модели нагрузок представляются постоянной по величине значением активной и реактивной мощностью.

Изменяющимися параметрами в данном случае являются модуль и угол напряжения в узле.

Такая форма представления нагрузки используется для питающих сетей и иногда распределительных сетей (10-35) кВ.

Так как в модели нагрузок с постоянной мощностью у нас изменяются ток и напряжение, мы изменяли напряжение в узлах сети и наблюдали изменение токов. Что и показали расчеты в программе RastrWin:

1) В данном случае напряжение в балансирующем узле 38 кВ (рис.1).

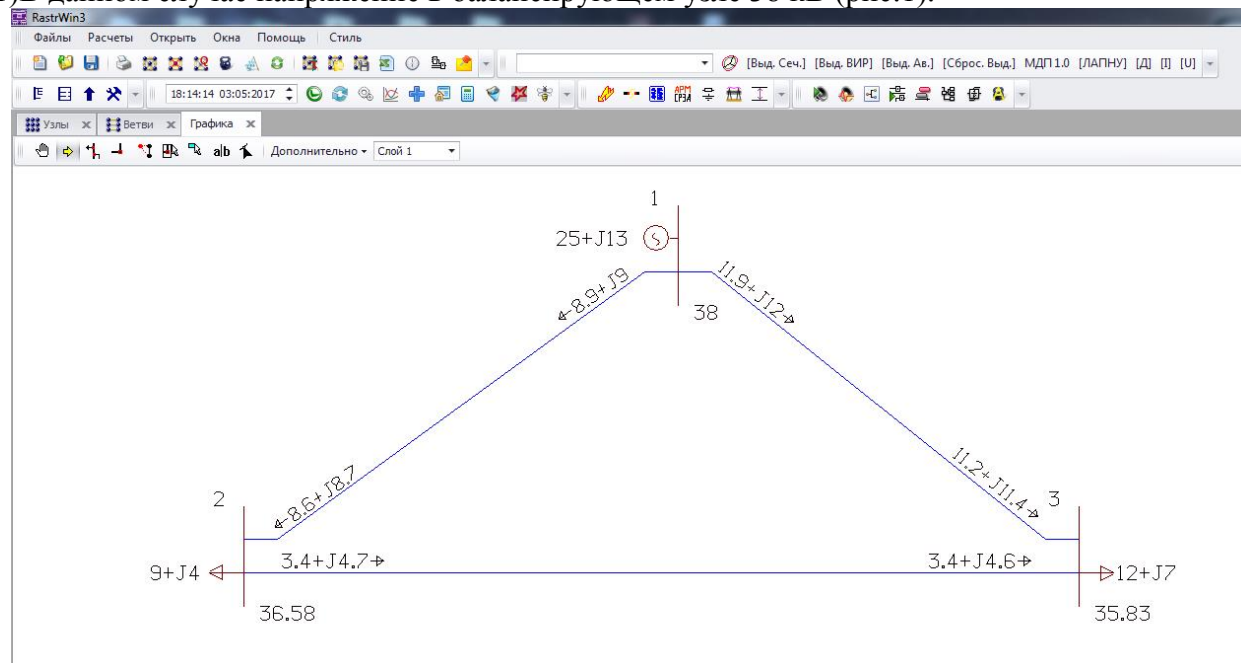


Рисунок 1. Расчет в программе RastrWin для схемы сети напряжением 38 кВ

Мы задаём сеть номинального напряжения 35 кВ, состоящую из 2 нагрузочных узлов и 1 балансирующего (БУ). А так же из 3 линий электропередач, которые образуют замкнутую сеть. В данном случае задаем напряжение 38 кВ, задаем нагрузки в узлах и сопротивления ветвей.

2) Во втором случае мы задавали выше приведенную схему для напряжения 220 кВ, только с учетом других параметров. В данном случае мощность в нагрузочных узлах остается постоянной, но изменяется напряжение в БУ. В процессе расчёта использовались следующие обозначения:

$P$  - активная мощность, кВт;

$Q$  - реактивная мощность, Мвар;

$S$  - полная мощность, МВ·А;

$L$  - длина линий, км;

$r$  - активное сопротивление 1км линии, Ом/км;

$x$  - индуктивное сопротивление 1км линии, Ом/км;;

$R$  - активное сопротивление, Ом;

$X$  - индуктивное сопротивление, Ом;

$I$  - ток, А.

Произведем расчет изменения напряжение для схем с разным напряжением в процентах:

1) Для схемы 35 кВ (для нагрузочного узла):

$$\Delta U_{\%} = \frac{U_1 - U_2}{U_1} \cdot 100\% = 14\%$$

где,  $U_1$ -напряжение в нагрузочном узле для 1 случая;

$U_2$ - напряжение, измененное на 10% в нагрузочном узле для 2 случая.

2) Для схемы 220 кВ (для нагрузочного узла):

$$\Delta U_{\%} = \frac{U_1 - U_2}{U_1} \cdot 100\% = 10\%$$

где,  $U_1$ -напряжение в нагрузочном узле для 1 случая;

$U_2$ - напряжение, измененное на 10% в нагрузочном узле для 2 случая.

Проанализировав расчеты, было выяснено, что при изменении напряжения в БУ на 10% в 2 схемах, падение напряжения составило больший процент в сетях напряжением 35 кВ, чем в сетях  $U_n = 220$ кВ.

Этот способ задания нагрузки является оптимальным для электрических систем полностью обеспеченных устройствами регулирования напряжения.

Нагрузка задаётся постоянным по модулю и фазе током.

В рассматриваемом способе модели нагрузок представляются постоянной по модулю и фазе тока.

В данном случае изменяющимися параметрами являются модуль и угол напряжения в узле, а также активная и реактивная мощность.

Был произведен расчет для схемы номинальным напряжением 220 кВ, состоящую из 2 нагрузочных узлов и 1 балансирующего (БУ). А так же из 3 линий электропередач, которые образуют замкнутую сеть.

$$U_1 = 238\text{кВ}; \quad U_n = 220\text{кВ};$$

$$P_2 = 65\text{кВт}; \quad P_3 = 35\text{кВт};$$

$$Q_2 = 30\text{МВар}; \quad Q_3 = 15\text{МВар};$$

$$L_{12} = 60\text{км}; \quad L_{13} = 80\text{км}; \quad L_{23} = 50\text{км};$$

$$r_{12} = 0.098 \text{ Ом/км}; \quad r_{13} = 0.075 \text{ Ом/км}; \quad r_{23} = 0.121 \text{ Ом/км};$$

$$x_{12} = 0.429 \text{ Ом/км}; \quad x_{13} = 0.420 \text{ Ом/км}; \quad x_{23} = 0.432 \text{ Ом/км};$$

$$R_{12} = r_{12} \cdot L_{12} = 5.88 \text{ Ом}; \quad R_{13} = r_{13} \cdot L_{13} = 6 \text{ Ом}; \quad R_{23} = r_{23} \cdot L_{23} = 6.05 \text{ Ом};$$

$$X_{12} = x_{12} \cdot L_{12} = 25.74 \text{ Ом};$$

$$X_{13} = x_{13} \cdot L_{13} = 33.6 \text{ Ом}; \quad X_{23} = x_{23} \cdot L_{23} = 21.6 \text{ Ом};$$

$$dP_{12} = \frac{(P_2)^2 + (Q_2)^2}{U_n^2} r_{12} \cdot L_{12} = 0.623\text{кВт};$$

$$dQ_{12} = \frac{(P_2)^2 + (Q_2)^2}{U_n^2} x_{12} \cdot L_{12} = 2.726\text{МВар};$$

$$dP_{13} = \frac{(P_3)^2 + (Q_3)^2}{U_n^2} r_{13} \cdot L_{13} = 0.105 \text{ кВт};$$

$$dQ_{13} = \frac{(P_3)^2 + (Q_3)^2}{U_n^2} x_{13} \cdot L_{13} = 0.59 \text{ Мвар};$$

$$dP_{23} = \frac{(P_3)^2 + (Q_3)^2}{U_n^2} r_{23} \cdot L_{23} = 0.106 \text{ кВт};$$

$$dQ_{23} = \frac{(P_3)^2 + (Q_3)^2}{U_n^2} x_{23} \cdot L_{23} = 0.379 \text{ Мвар};$$

$$P_{12} = P_2 + dP_{12} = 65.623 \text{ кВт}; \quad P_{13} = P_3 + dP_{13} = 25.105 \text{ кВт};$$

$$P_{23} = P_3 + dP_{23} = 25.106 \text{ кВт};$$

$$Q_{12} = Q_2 + dQ_{12} = 32.726 \text{ Мвар}; \quad Q_{13} = Q_3 + dQ_{13} = 15.59 \text{ Мвар};$$

$$Q_{23} = Q_3 + dQ_{23} = 15.379 \text{ Мвар};$$

$$U_2 = \left( U_1 - \frac{P_{12} \cdot r_{12} \cdot L_{12} + Q_{12} \cdot x_{12} \cdot L_{12}}{U_1} \right) - \frac{P_{12} \cdot r_{12} \cdot L_{12} - Q_{12} \cdot x_{12} \cdot L_{12}}{U_1} = 234.757 \text{ кВ};$$

$$U_3 = \left( U_1 - \frac{P_{13} \cdot r_{13} \cdot L_{13} + Q_{13} \cdot x_{13} \cdot L_{13}}{U_1} \right) - \frac{P_{13} \cdot r_{13} \cdot L_{13} - Q_{13} \cdot x_{13} \cdot L_{13}}{U_1} = 236,734 \text{ кВ};$$

$$S_2 = \sqrt{P_{12}^2 + (j \cdot Q_{12})^2} = 56.88 \text{ МВ} \cdot \text{А}; \quad S_3 = \sqrt{P_{13}^2 + (j \cdot Q_{13})^2} = 19.678 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$I_2 = \frac{S_2}{U_2} = 0.242 \text{ А}; \quad I_3 = \frac{S_3}{U_3} = 0.083 \text{ А};$$

Так при изменении напряжения на 11% в БУ мощность в нагрузочных узлах изменяется на 9%.

При изменении напряжения в сети 35 кВ в БУ на 10% мощность в нагрузочных узлах изменяется на 9%.

В данной модели задания нагрузок постоянным по модулю и фазе током за основу была взята формула  $S = U \cdot I$ . То есть при изменении напряжения в БУ и мощности в нагрузочных узлах, изменялось напряжение в нагрузочных узлах.

Нагрузка задаётся постоянным сопротивлением или проводимостью.

Независимыми параметрами в данном случае являются модуль и угол напряжения в узле, а также значения активной и реактивной мощности, которые являются функцией от напряжения в узле.

Следует отметить, что представление нагрузки в виде постоянного значения проводимости используется при расчете электромеханических переходных процессов.

Для данного расчета использовали провод марки АС-240/32.

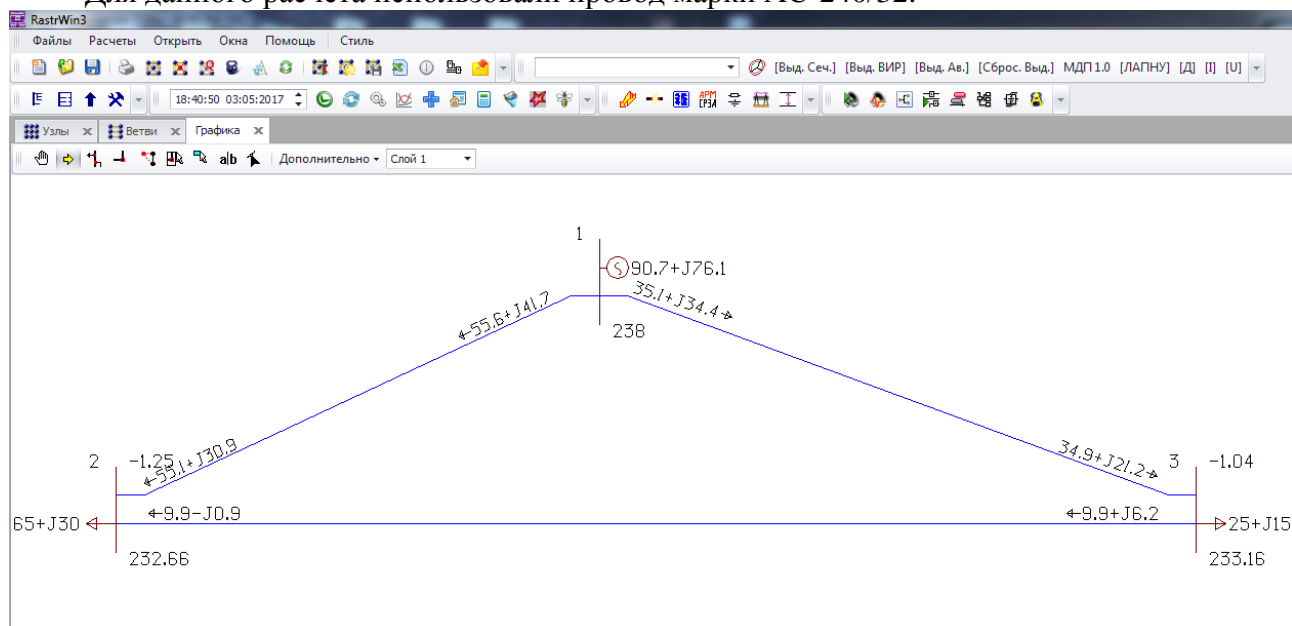


Рисунок 2. Расчет в программе RastrWin для сопротивлений

При модели нагрузок при постоянном сопротивлении мощности нагрузок зависят от напряжения, то есть они являются эквивалентными статическим характеристикам  $(P(U); Q(U))$  Могут использоваться для линий различных напряжений.

Так как в сети номинального напряжения 110кВ и 220 кВ могут применяться провода марки АС-240/32, следовательно, можно увидеть, что сопротивления и проводимости остаются неизменными. Но следует учесть, что при номинальном напряжении 110кВ и 220кВ нагрузки будут разные из-за разных напряжений.

Вывод: каждая из моделей задания нагрузок применяется для сетей различного класса напряжения, так потери в разных моделях нагрузки для сетей разных номинальных напряжений будут отличаться.

#### **Литература:**

1. Поспелов Г.Е., Федин В. Т. Лычёв П. В., Электрические системы и цепи: Учебник.-Мн.:УП “Технопринт”, 2004.-720 с.
2. Фадеева Г. А., Федин В. Т., Шиманская Т. А. Установившиеся режимы электрических систем и сетей. Лаб. работы для студентов-“Электроэнергетика” –Мн.: ЗАО “Техноперспектива”, 2000.-52с.
3. Представление электрических нагрузок в схемах замещения электрических сетей, <http://studopedia.org/4-95797.html>-Дата доступа: 04.05.2007.