

## Занятие 17

### 1.5. Моделирование схемы электроснабжения для расчёта токов короткого замыкания в сети до 1000 В в среде Electronics Workbench

**Цель работы:** овладение методикой математического моделирования и расчета токов КЗ в сетях до 1000 В в среде схемотехнического моделирования Electronics Workbench

#### 1.5.1. ПРИМЕР МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для схемы электроснабжения (лаб. работа №3, рис. 1.11) требуется составить схемы замещения в редакторе Electronics Workbench; определить токи КЗ и составить «сводную ведомость токов КЗ».

#### *Моделирование схемы цеховой сети для расчета токов трехфазного и двухфазного КЗ*

Схема замещения одной фазы сети для расчета токов КЗ определена в предыдущей лабораторной работе (рис. 1.13). Соберем данную схему в схемотехническом редакторе, дополнив ее амперметром на выводе источника питания и активным сопротивлением нагрузки.

Определим сопротивление нагрузки для одной фазы цехового трансформатора, приняв за коэффициент загрузки силового трансформатора по активной мощности наиболее типичный случай –  $K_3 = 0,7$ .

$$P_{\text{ф.тр}} = K_3 \cdot S_{\text{тр.ф.ном}} = \frac{U_{\text{ф.ном}}^2}{R_{\text{н}}} = 233 \text{ кВт, откуда } R_{\text{н}} = 0,21 \text{ Ом}$$

В окне редактора выделим все элементы схемы замещения для одной фазы сети, скопируем их в буфер обмена и сделаем две вставки. Соберем схему моделируемой системы электроснабжения в трехфазном исполнении, для чего выполним необходимые соединения. Сделаем систему питающих ЭДС симметричной, установив угол сдвига фаз В и С 120 и 240 градусов соответственно. Для этого нужно открыть окно редактора свойств источника переменного напряжения (AC Voltage Source) и внести соответствующие изменения (рис. 1.16).

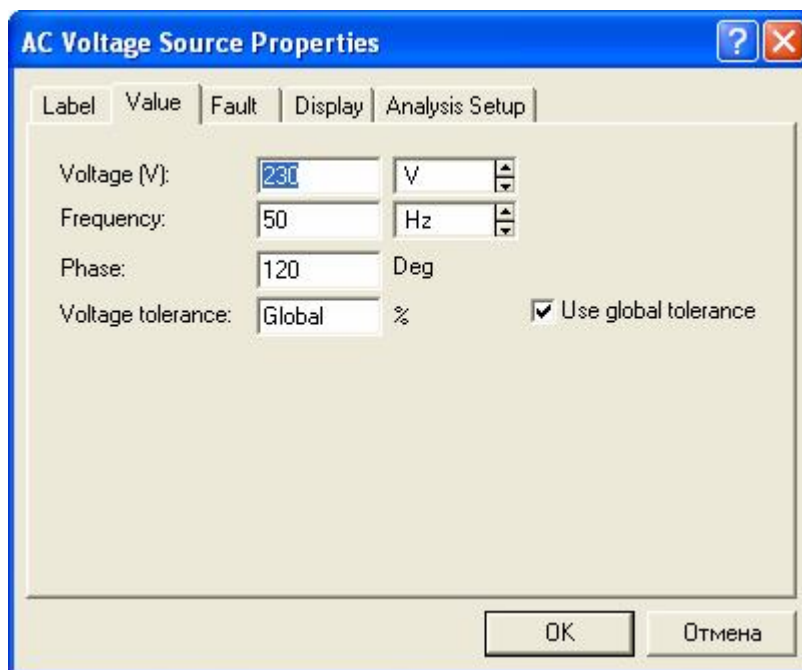


Рис.1.16. Окно свойств источника переменного напряжения

Математическая модель схемы электроснабжения для расчета токов трехфазных и двухфазных КЗ в среде Electronics Workbench представлена на рис.1.17.

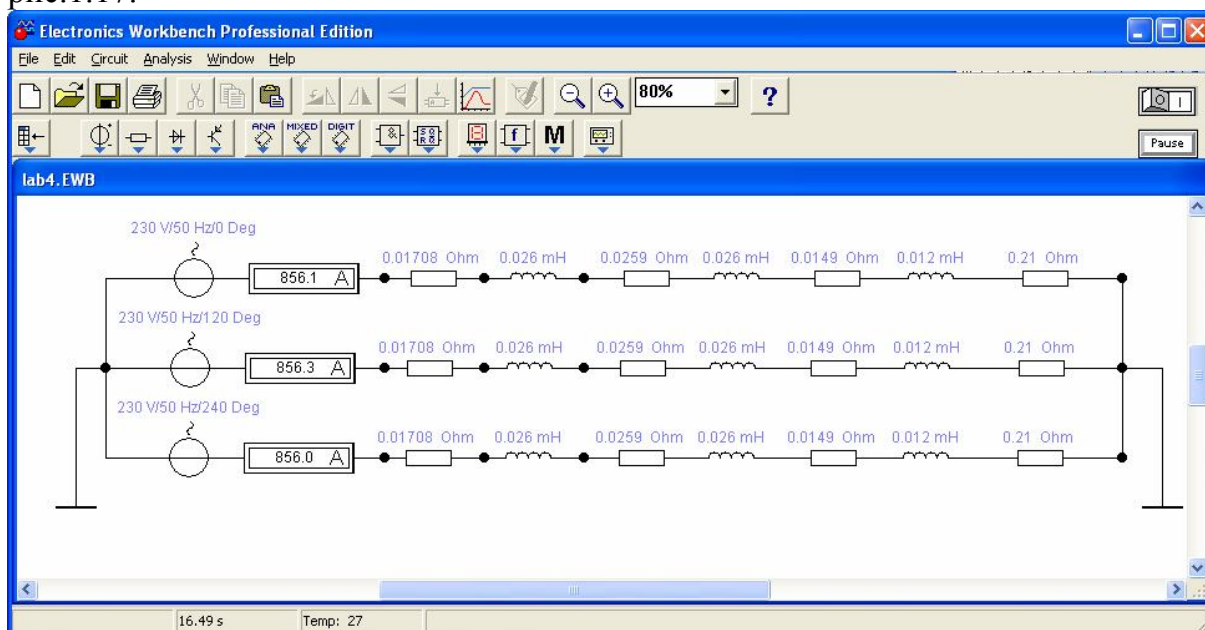


Рис.1.17. Схема цеховой сети в режиме номинальной нагрузки

Для удобства исследования дополним математическую модель коммутационными ключами (Switch), управляемыми клавишами с клавиатуры и для каждого ключа назначим свою клавишу. Для этого нужно

открыть окно свойств каждого ключа и внести необходимые изменения (рис. 1.18).

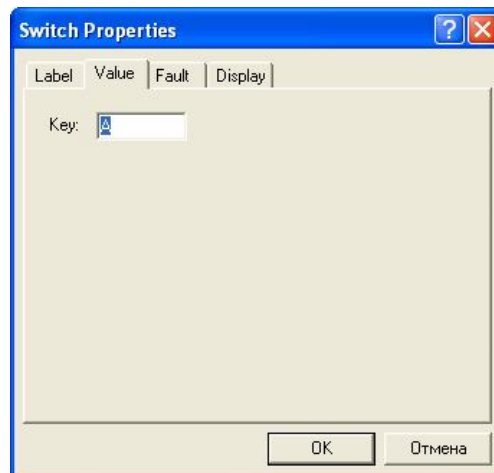


Рис.1.18. Окно свойств ключа

На рис. 1.19 представлена математическая модель системы электроснабжения для исследования режимов трех-, двухфазных КЗ. На рисунке показана схема в режиме трехфазного КЗ в точке К1.

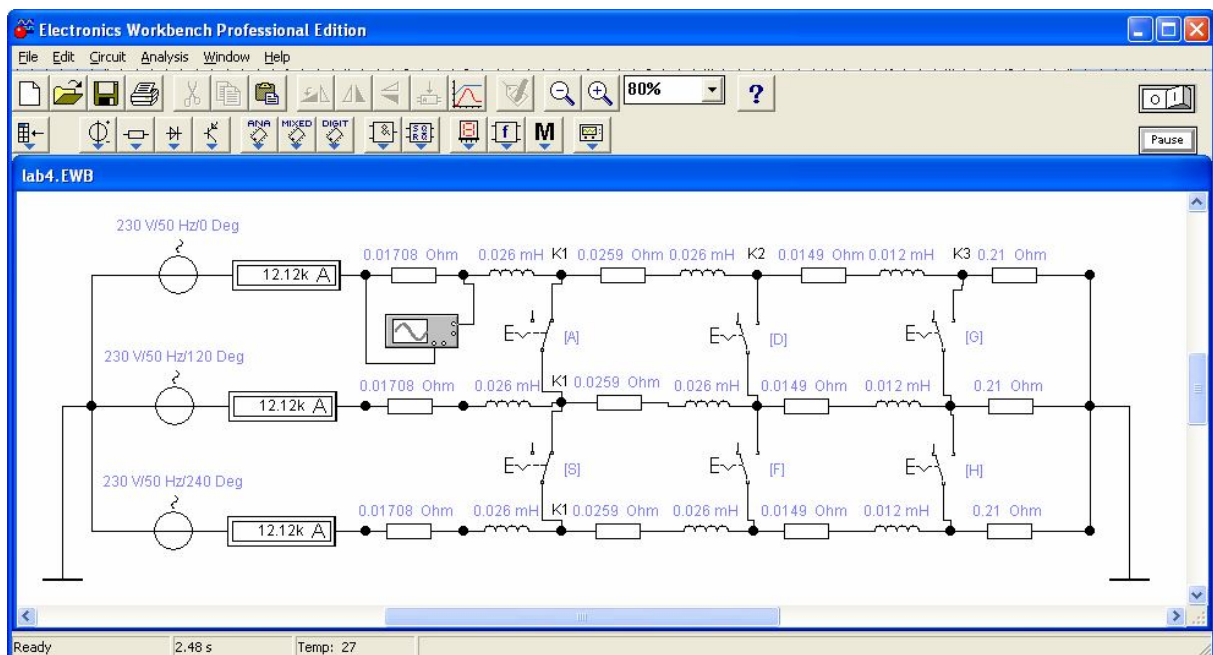


Рис.1.19. Схема цеховой сети в режиме трехфазного КЗ в точке К1

Замыкая соответствующие ключи можно провести исследования цеховой системы электроснабжения в режимах трехфазных и двухфазных КЗ.

### **Моделирование схемы цеховой сети для анализа режима однофазного КЗ**

Принципиальное отличие режима однофазного КЗ от двух-, трехфазных заключается в том, что режим работы сети в этом случае является несимметричным. И если в режимах трех-, двухфазных КЗ нулевой провод остается ненагруженным, то в режиме однофазного КЗ по нулевому проводу протекает ток короткого замыкания. Это легко увидеть на математической модели, подключив между общей точкой фазных ЭДС и землей амперметр.

Для исследования схемы электроснабжения в режимах однофазного КЗ нужно добавить в математическую модель сопротивления нулевых проводников и учесть изменение сопротивления трансформатора.

Сопротивление силового трансформатора при загрузке одной фазы (однофазное КЗ) по табл. 1.2  $Z_{\text{тр}}^{(1)} = 81 \text{ мОм}$

Приведем к одной фазе  $Z_{\text{тр.ф}}^{(1)} = Z_{\text{тр}}^{(1)} / 3 = 27 \text{ мОм}$

Будем считать сопротивление силового трансформатора чисто индуктивным.

Сопротивления нулевых жил кабельных линий КЛ1 и КЛ2 определены в лабораторной работе № 3:

$$R_{0\text{-КЛ1}} = 0,653 \text{ мОм}$$

$$R_{0\text{-КЛ2}} = 12,5 \text{ мОм}$$

Дополним математическую модель двумя сопротивлениями: активным  $R_0 = R_{0\text{-КЛ1}} + R_{0\text{-КЛ2}} = 13,15 \text{ мОм}$  и реактивным  $X_0 = 27 \text{ мОм}$ .

Подключим эти сопротивления между общей точкой ЭДС и землей и добавим еще три ключа. Математическая модель готова к исследованию режимов однофазных КЗ.

На рис. 1.20 представлена математическая модель системы электроснабжения для исследования всех возможных режимов КЗ. На рисунке представлена модель схемы цеховой сети в режиме однофазного КЗ на землю фазы С в точке К1.

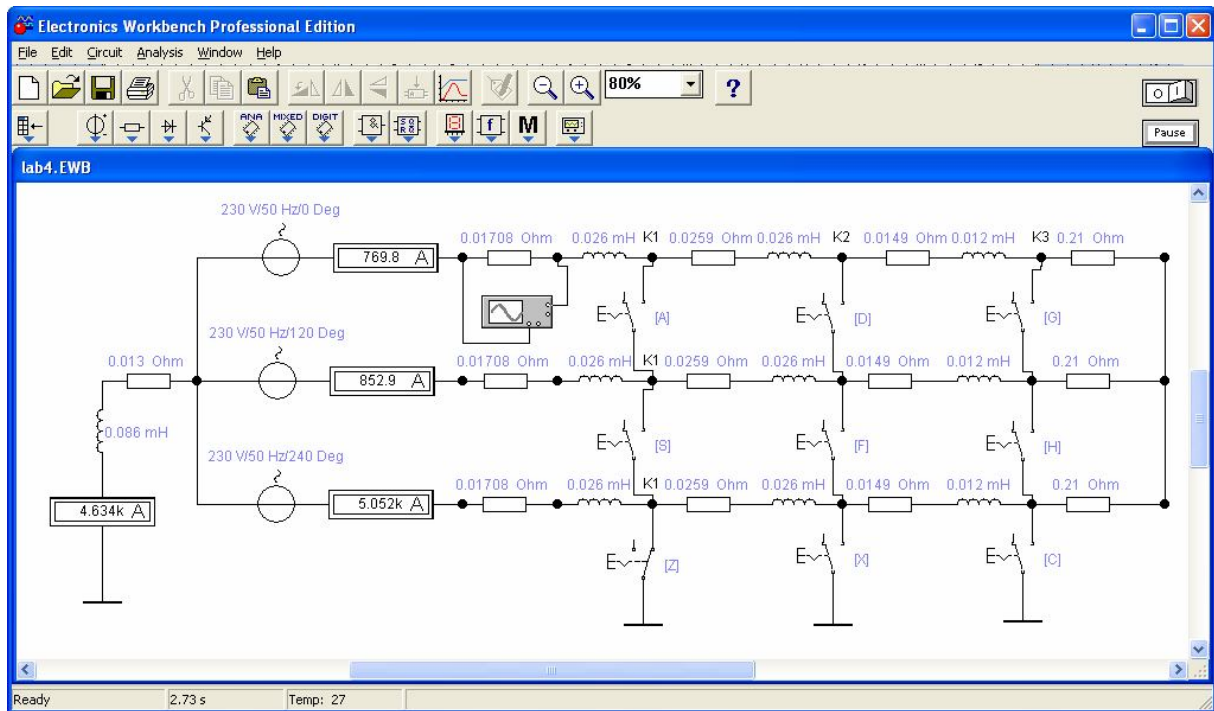


Рис.1.20. Схема цеховой сети в режиме однофазного КЗ фазы С в точке К1

### 1.5.2. ЗАДАНИЕ

Для схемы электрической сети до 1000 В (рис. 1.15) требуется составить математическую модель цеховой системы электроснабжения для исследования режимов КЗ в программе схемотехнического моделирования Electronics Workbench; определить токи КЗ и составить «сводную ведомость токов КЗ».

Провести исследования переходных процессов изменения токов во время КЗ, определить по осциллографу значения ударного тока КЗ в каждой точке и длительность переходного процесса КЗ. Сравнить и проанализировать результаты моделирования схемы электроснабжения с результатами, полученными в лабораторной работе №3.

### 1.5.3. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Цель и порядок выполнения работы
2. Значения токов КЗ, определенные методом математического моделирования
3. Сводную ведомость токов КЗ
4. Выводы

### 1.5.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие математические модели нужно использовать для анализа установившихся и переходных процессов в системах электроснабжения

2. Какие математические методы используются в программах схемотехнического моделирования для определения выходных электрических параметров
3. От каких факторов зависит величина апериодической составляющей тока КЗ и длительность переходного процесса
4. От каких факторов зависит точность результатов моделирования
5. Какое действие оказывают токи КЗ на электрооборудование
6. Способы ограничения токов КЗ в системах электроснабжения