

КГЭУ

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГБОУ ВПО «КГЭУ»)

Кафедра № ЭСиС

Экз. №

УЧЕБНО - МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА

по учебной дисциплине

**«Б1.В.ДВ.02.01.09 Физико-математическое моделирование
электроэнергетических систем»**

Лабораторные работы

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПИТАЮЩИХ И
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

Методическое пособие по выполнению виртуальных лабораторно-
практических работ по дисциплине «Электроэнергетические сети и
системы»

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Цель работы: научиться составлять трёхфазные модели электрических сетей, освоить приемы моделирования электрических систем распределительных сетей.

3.1. Моделирование электрической распределительной сети

Распределительными сетями называют сети, к которым присоединяются потребители электроэнергии. Напряжение таких сетей, как правило, составляет 20 кВ. К питающим сетям относят сети с номинальным напряжением 35 кВ и выше.

В некоторых случаях напряжение в сети может составлять 35 и 110 кВ из-за их разветвленности, поэтому они могут называться распределительными.

В настоящее время большинство потребителей электрической энергии питаются от сетей 10 (6) или 0,4 кВ, поэтому такие сети находятся в зоне пристального внимания.

Для исследования предлагается применить трёхфазную конфигурацию распределительной электрической сети (рис. 3.1).

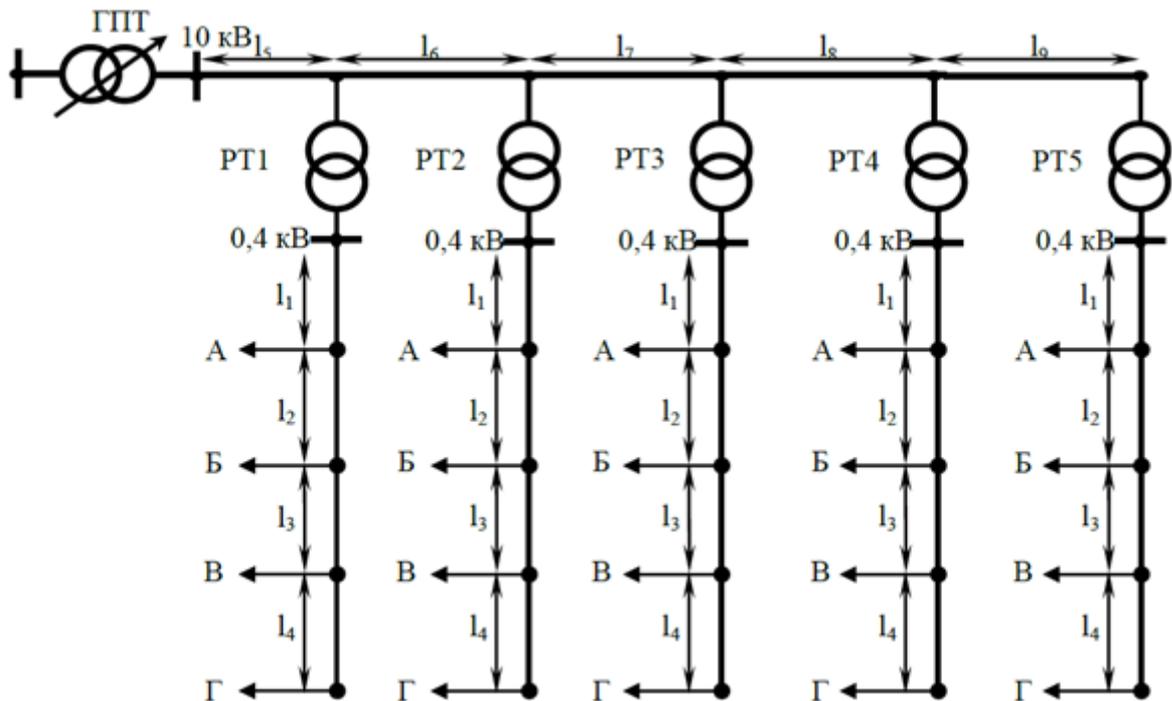
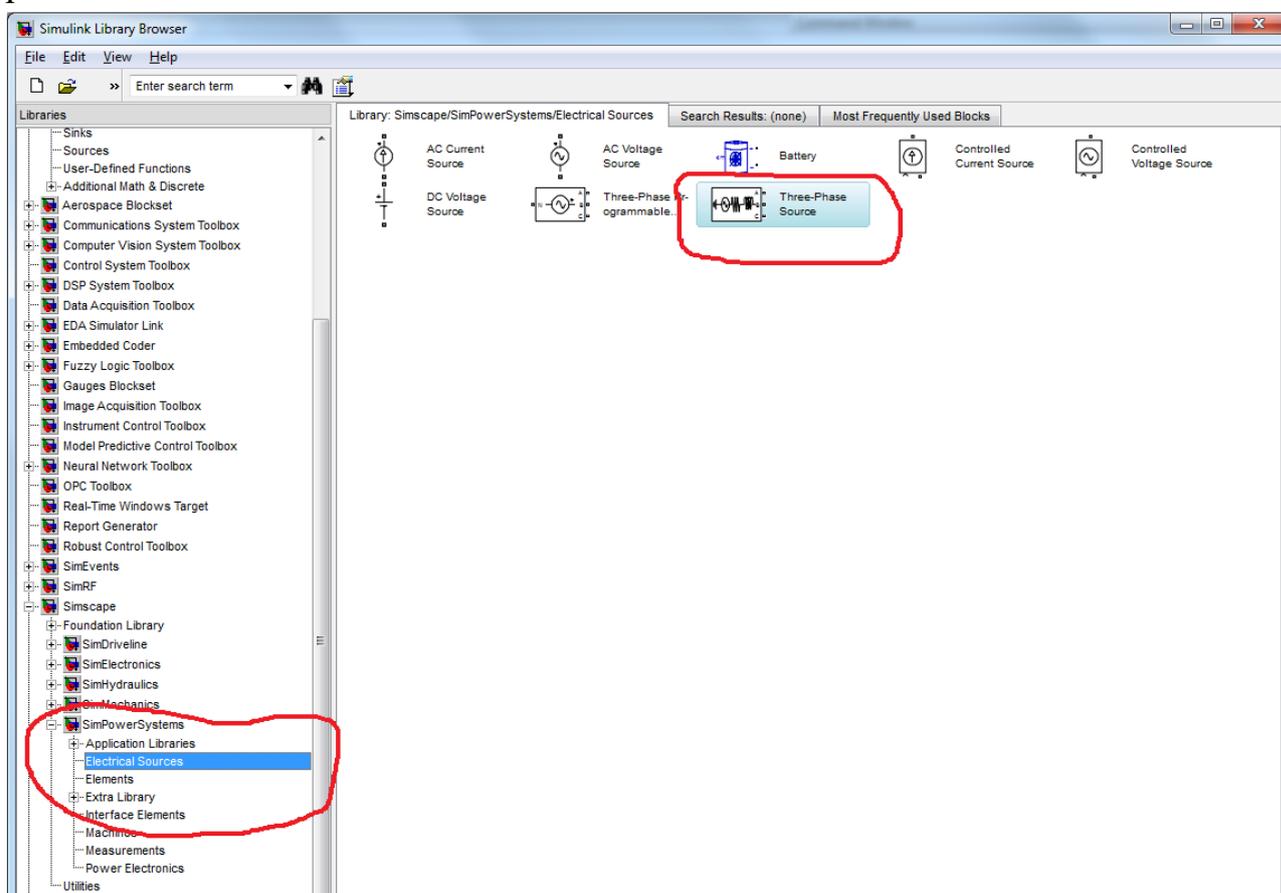


Рис. 3.1. Вид трёхфазной распределительной сети: ГПТ – главный понижающий трансформатор; РТ1–РТ5 – распределительные трансформаторы

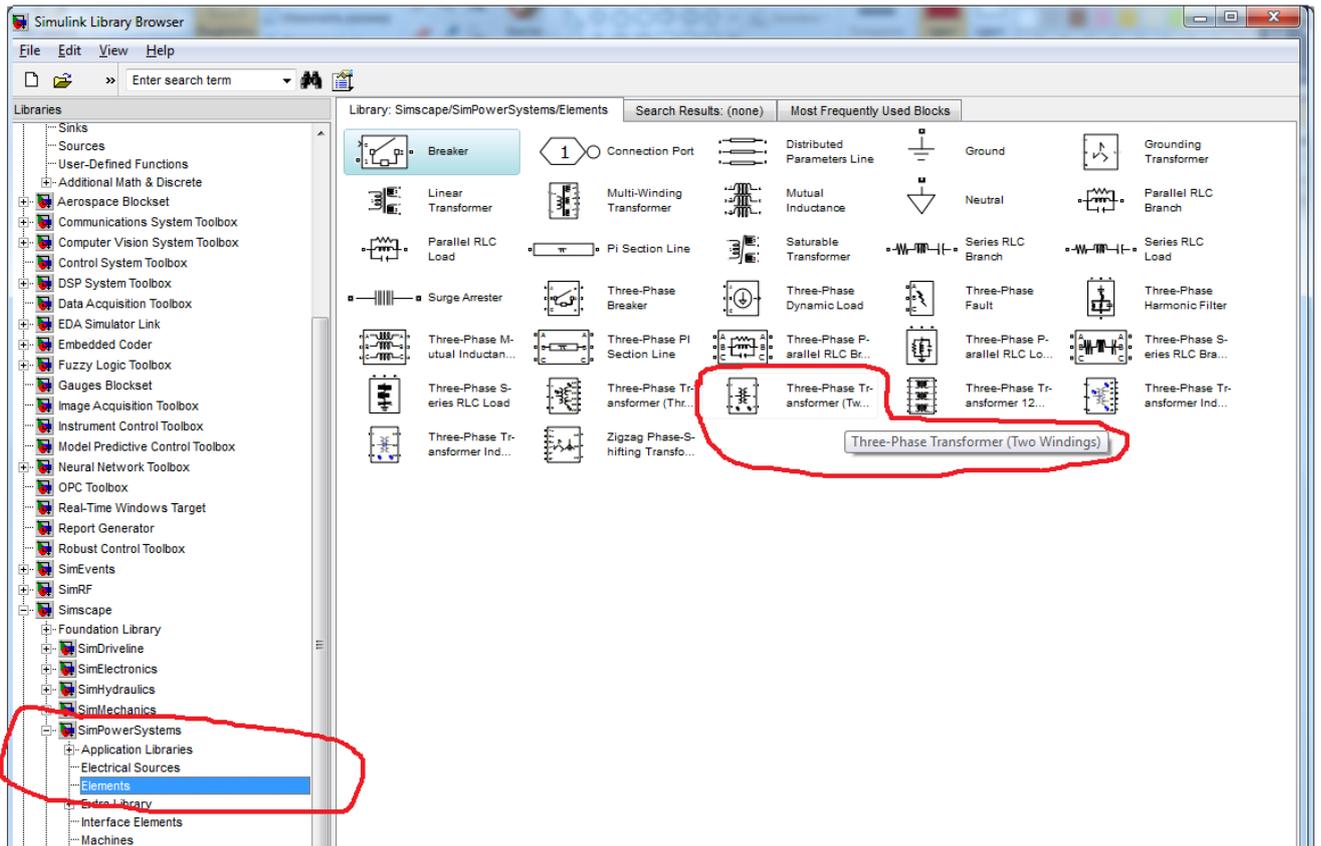
Трёхфазная сеть (рис. 3.1) является сетью магистрального типа с напряжением 10 кВ. Потребители (А, Б, В, Г) получают питание от пяти сетей напряжением 0,4 кВ, которые через распределительные трансформаторы РТ1–РТ5 подключены к основной магистрали.

При составлении имитационной модели данной трёхфазной сети потребуются следующие элементы.

1. **3-Phase Source** – источник трёхфазного переменного напряжения. Элемент расположен в библиотеке **Sim Power Systems** в подразделе источников питания **Electrical Sources**. Он содержит настройки действующего значение линейного напряжения (phase-to-phase rms voltage), частоты (frequency), схему соединения фаз источника (internal connection). Применимы виды соединений: Y – звезда; Yn – звезда с нулевым проводом; Yg – звезда с заземленной нейтралью.



2. **Three-phase Transformer (Two Windings)** – двухобмоточный трёхфазный трансформатор напряжения. Элемент находится в библиотеке **Sim Power Systems** в подразделе **Elements**.



Параметры блока: полная номинальная мощность и частота (nominal power and frequency); схема соединения первичной обмотки winding 1 (ABC) connection, её активное $R1$ и индуктивное сопротивления $L1$. Параметры элемента задаются, как правило, в относительных (безразмерных) величинах (английское обозначение **p.u.**).

Перевод из системы СИ в относительные p.u. единицы для сопротивлений и индуктивностей производится по следующим выражениям:

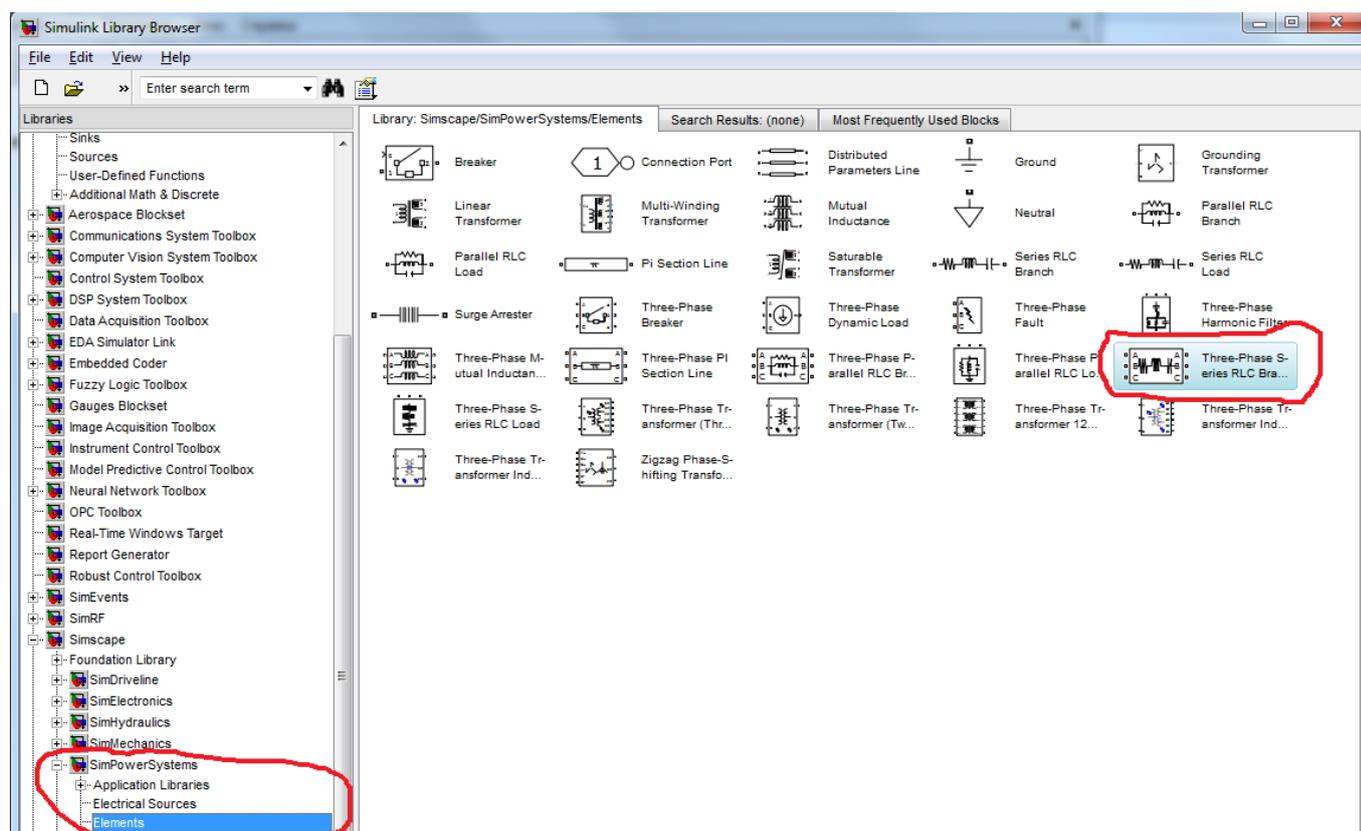
$$\begin{cases} R = 0,002 \frac{U^2}{S} \\ L = 0,08 \frac{U^2}{314S} \end{cases} \quad (1)$$

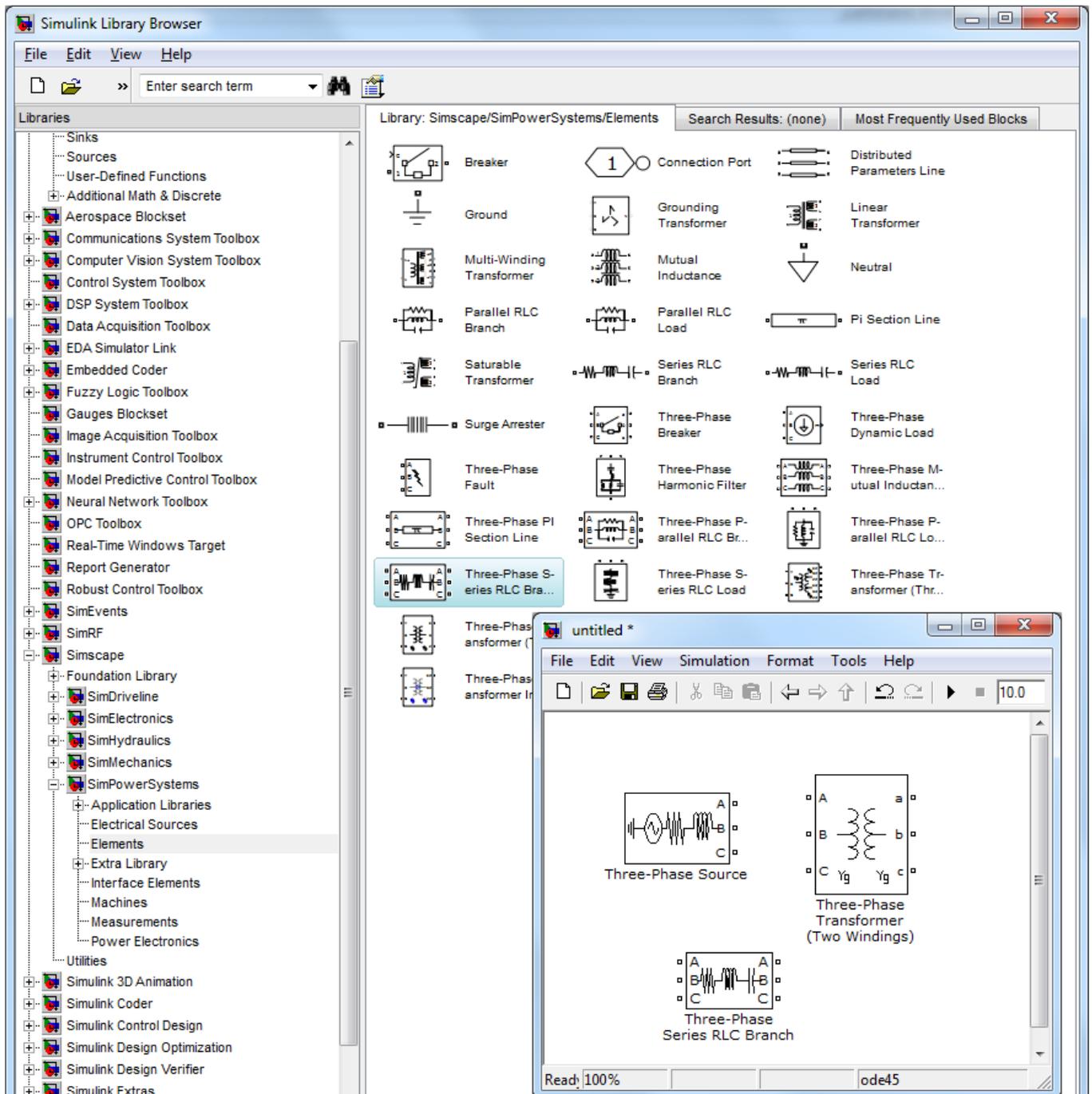
где U – номинальное напряжение обмотки трансформатора, кВ; S – полная номинальная мощность трансформатора, МВА.

Для вторичной обмотки трансформатора применимы следующие параметры: действующее значение междуфазного напряжения первичной обмотки (Winding 2 parameters), активное сопротивление $R2$ и индуктивность $L2$ вторичной обмотки; схема соединения фаз вторичной обмотки

(winding 2 (abc) connection).

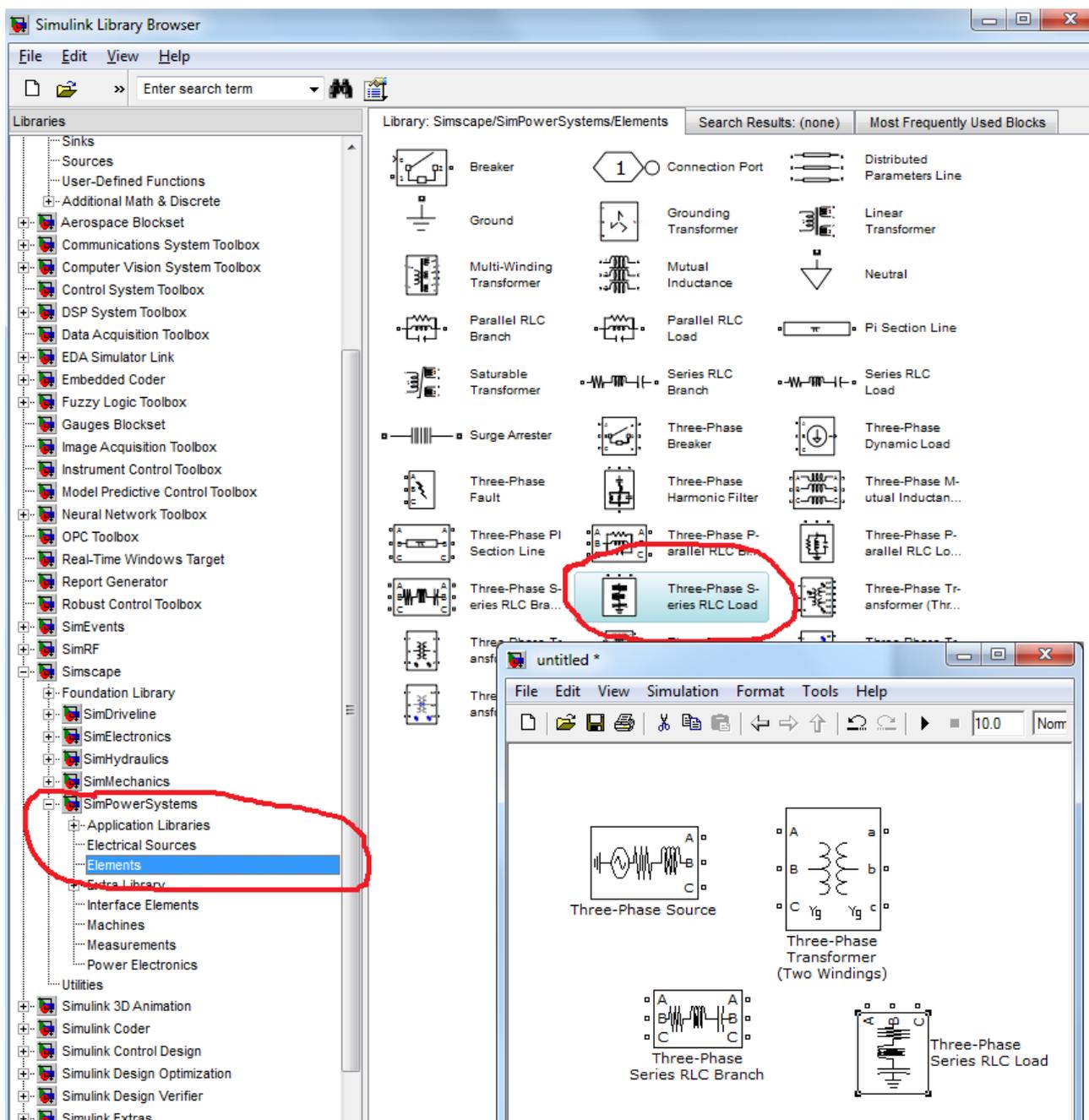
3. **3-phase Series RLC Branch** – трёхфазный RLC-контур с последовательным соединением элементов. Элемент системы находится в библиотеке **Sim Power Systems** в подразделе **Elements**. Его характеристики аналогичны блоку **Series RLC Branch**. Этот блок моделирует участки ЛЭП.





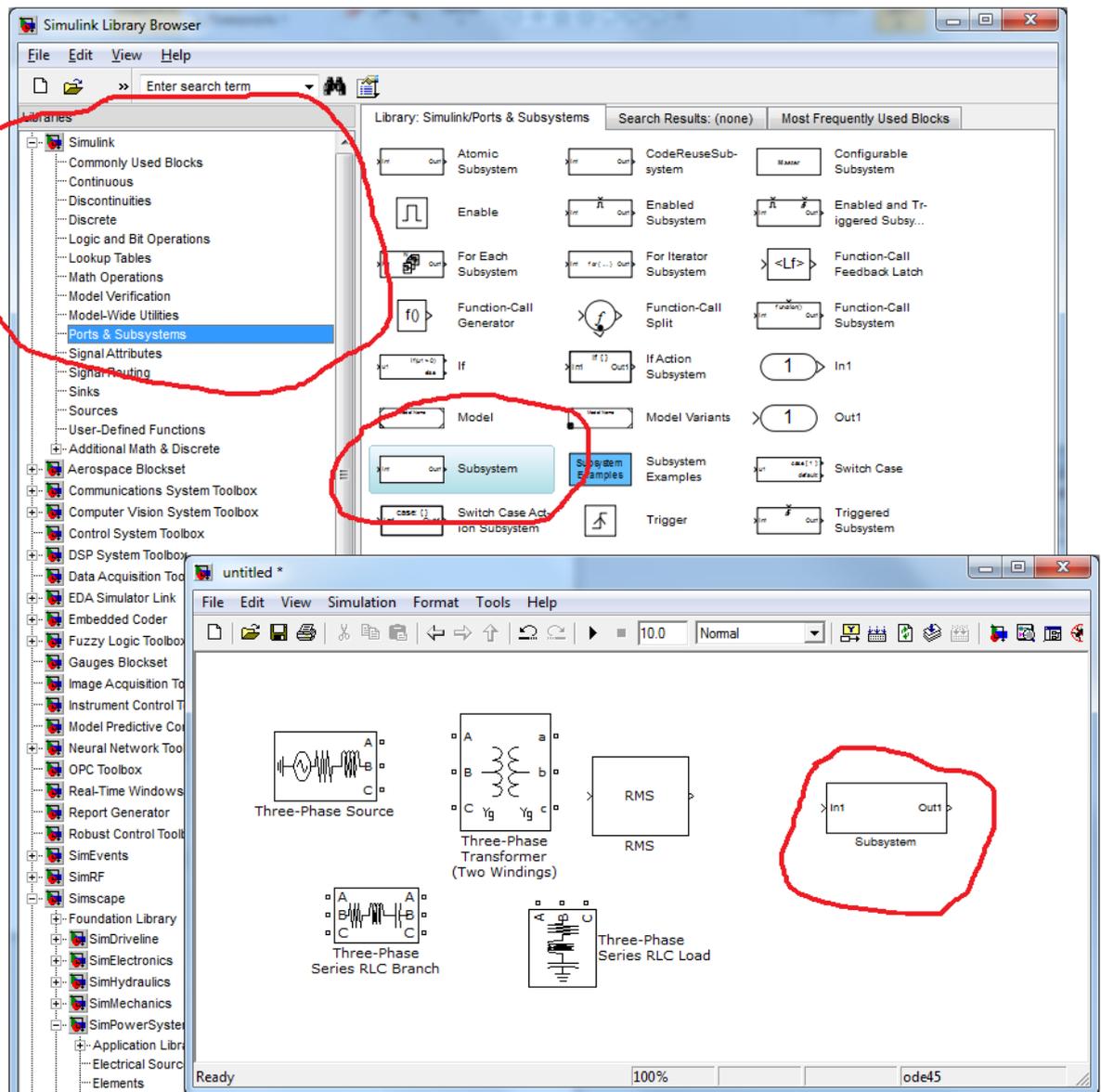
4. 3-phase Series RLC Load – трёхфазная RLC-нагрузка

последовательного соединения элементов. Блок находится в библиотеке в подразделе.



Наряду с перечисленными элементами для моделирования нужны блоки для измерения действующих значений напряжения (**RMS**).

В процессе моделирования удобно пользоваться подсистемами, т.е. объединять блоки в один блок. Для этого используется специальный блок подсистем (или **Subsystem**), который является частью Simulink-модели, в виде отдельного блока, имеющего свои входы (**Inport**) и выходы (**Out port**).



Удобство использования такого блока при моделировании заключается в следующем:

- 1) уменьшается количество отображаемых блоков в рабочей области, что облегчает восприятие всей модели;
- 2) имеется возможность собирать и настраивать отдельные части модели, что облегчает технологию сборки модели;
- 3) появляется возможность для создания собственных библиотек элементов.

Подсистема связана с основной моделью посредством либо силовых портов входа (**Inport**) и выхода (**Out port**), либо аналогичным им измерительных портов. При вставке в подсистему этих портов происходит автоматическое отображение названия и номера порта на внешней стороне (верхнем уровне) блока подсистемы.

Создание подсистемы происходит посредством выделения какой-то части модели и выполнения команды: **Create Subsystem** из меню **Edit**. В результате выделенный фрагмент заменяется одним блоком подсистемы с соответствующими портами. Нажатие мышью на блоке новой подсистемы

откроет ее содержимое в новом окне. А это позволит работать с содержимым блока как с отдельной моделью, производя соответствующие редактирования.

При выполнении лабораторной работы в качестве подсистем используются сети напряжением 0,4 кВ. Выходными параметрами будут выступать действующие значения напряжения в начале сети (U_n) и в конце (U_k) линии.

Пример подсистемы участка сети с напряжением 0,4 кВ и с четырьмя нагрузками представлен на рис. 3.2.

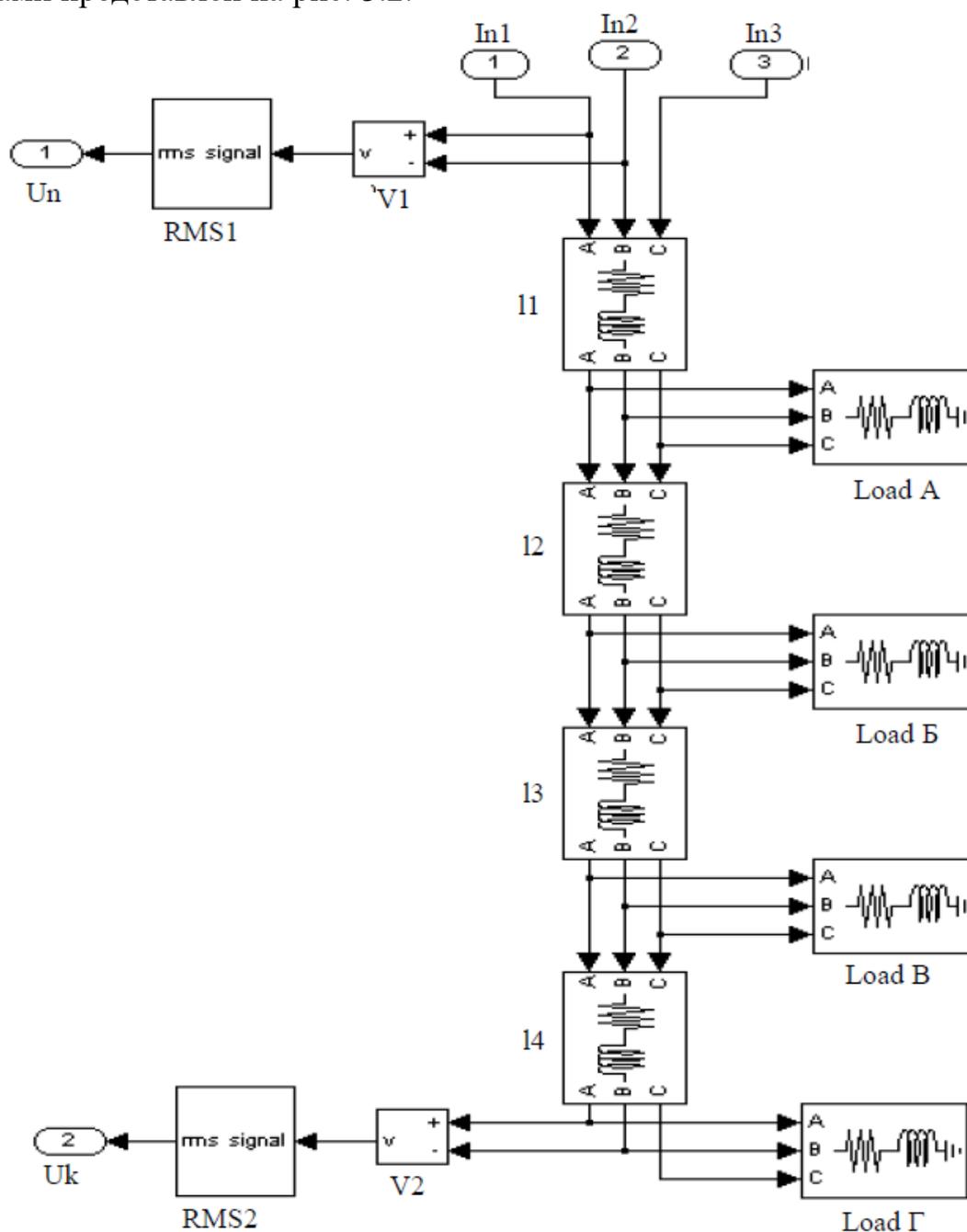


Рис. 3.2. Модель участка сети в виде подсистемы с напряжением 0,4 кВ.

3.2. Порядок выполнения работы

1. Запустите программу **Mat Lab** и откройте библиотеку **Simulink**.
2. Создайте новый файл модели командой: **File/New/Model**.
3. Откройте в **Simulink** подраздел для моделирования трёхфазных систем электроснабжения и добавьте нужные элементы из **Simulink** в окно созданной модели для моделирования части сети 0,4 кВ (см. п.п. 3.1).
4. В соответствии со своим вариантом, выберите параметры по табл. 3.1 и 3.2. Рассчитайте полные значения сопротивления и проводимости участков сети с напряжением 0,4 кВ, определите мощность нагрузок, задайте параметры элементов, соедините блоки так, как на рис. 3.2.

Таблица 3.1

Параметры элементов распределительной сети

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина участка сети 0,4 кВ, м										
I_1	10	50	45	15	35	25	20	40	35	10
I_2	25	10	20	15	15	10	20	10	10	45
I_3	15	20	10	20	20	25	10	15	5	15
I_4	10	15	5	10	10	5	15	15	10	20
Удельное сопротивление проводов сети 0,4 кВ, Ом/км	$0,63+j,297$									
Мощность активной нагрузки сети 0,4 кВ, кВт										
А	30	20	24	24	28	24	21	17	22	21
Б	22	24	20	18	20	18	20	20	25	20
В	24	17	24	20	28	20	19	21	15	17
Г	18	21	18	14	18	14	15	15	18	19
Коэффициент реактивной мощности в нагрузке:										
А	0,80	0,73	0,47	0,73	0,47	0,73	0,73	0,47	0,80	0,78
Б	0,88	0,82	0,78	0,82	0,73	0,82	0,82	0,78	0,88	0,88
В	0,47	0,60	0,88	0,60	0,60	0,60	0,60	0,88	0,47	0,60
Г	0,73	0,82	0,60	0,88	0,82	0,88	0,82	0,60	0,73	0,88
Мощность РТ, кВА	400	630	400	400	630	400	630	400	400	630

Модель рассматриваемой электрической сети представлена на рис. 3.3.

Таблица 3.2

Параметры элементов питающей сети

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина участка ЛЭП 10 кВ, км										
I_5	2,4	1,5	2,5	2,0	1,1	2,8	2,4	2,2	2,0	2,0
I_6	3,5	2,0	1,8	1,5	1,8	3,7	2,2	3,8	1,0	3,0
I_7	1,5	1,0	3,7	2,5	2,5	1,5	1,0	2,9	1,5	2,5
I_8	2,8	2,4	2,0	2,1	2,0	2,8	1,2	1,5	1,7	1,0
I_9	1,8	3,5	1,5	1,7	1,5	1,8	1,0	2,0	2,5	3,7
Удельное сопротивление проводов ЛЭП 10 кВ, Ом/км	0,33+j0,332									
Напряжение источника, кВ	110	220	220	110	220	110	110	220	110	220
Мощность ГПТ, МВ·А	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

5. Выделите полученную часть сети, выполнить команду **Create Subsystem** из меню **Edit**.

6. Выполните копирование новой подсистемы по числу сетей 0,4 кВ.

7. Поэлементно соберите основную магистраль и подключите ее через главный понизительный трансформатор (ГПТ) от трёхфазного источника питания.

8. Подключите полученные подсистемы к основной магистрали через распределительные трансформаторы в соответствии со схемой, приведенной на рис. 3.1 и рис. 3.3.

9. Задайте параметры трансформаторов в соответствии с рекомендациями, приведенными в подразд. 3.1.

10. Подключите измерительные приборы в контрольных точках (см. рис. 3.3).

11. Задайте параметры решателя и запустите модель на расчёт.

12. Оформите отчет по лабораторной работе, который должен содержать схемы модели распределительной сети и подсистемы 0,4 кВ.

Контрольные вопросы

1. Назовите отличительные особенности распределительных и питающих сетей?

2. В блоке трёхфазного трансформатора какие параметры характеризуют первичную и вторичную обмотки?

3. Какой блок используется в Simulink для создания подсистем?