

Применение симуляторов для расчета электрических цепей

Возможности (не все)

- Расчет установившегося режима
- Снятие частотных характеристик
- Расчет переходных процессов
- Расчет цепей с нелинейными элементами, вращающимися машинами (двигатели, генераторы), причем с учетом механической нагрузки
- Расчет цепей с периодической коммутацией ключей

Упрощенная классификация симуляторов

- Для моделирования электрических цепей
- Для моделирования высокочастотных (ВЧ) и сверхвысокочастотных (СВЧ) устройств (учтены волновые эффекты)
- Для моделирования «всего подряд» — универсальные симуляторы

Моделирование электрических цепей (МЭЦ)

- Можно моделировать цепи с сосредоточенными параметрами
- Можно моделировать процессы, представленные в виде электрической аналогии (электротепловая аналогия, электромеханическая аналогия)
- Есть модели сложных электронных компонентов (микросхемы, в том числе микроконтроллеры)
- Сложно построить модель вида «схема – система управления схемой с известным принципом работы, но неизвестной электрической схемой»

ВЧ– и СВЧ–устройства

- Если коротко, то на ВЧ начинают сказываться распределенные емкости и индуктивности элементов цепи, в том числе и проводников
- Симулятор позволяет учесть влияние

~~формы~~
То есть, цепь, собранная проводочками на столе согласно принципиальной схеме, может не заработать.

е работу

- На переменном токе 50 Гц волновые эффекты начинают проявляться при длине проводников порядка сотен километров

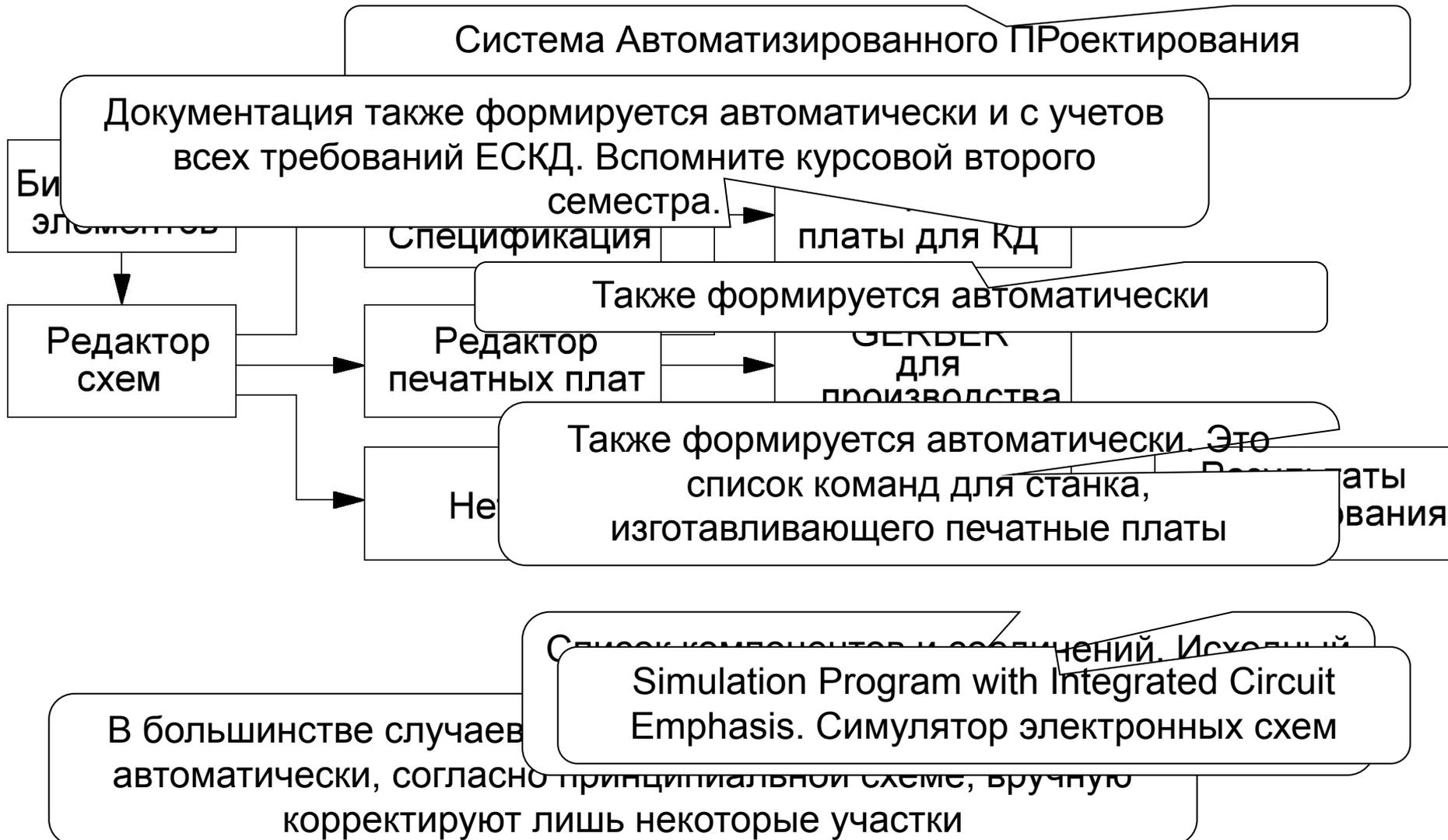
Универсальные симуляторы

- Позволяют смоделировать объект, если известны уравнения, которые его описывают, или принцип работы, который можно воспроизвести в симуляторе
- Очень удобны при моделировании сложных систем
- Не учитываются некоторые особенности (к примеру, геометрия проводников, что важно для ВЧ)

Примеры симуляторов

- МЭЦ: MicroCap, LTSPICE, Tina-TI и т.д. Последние два бесплатны и имеют неплохую библиотеку микросхем (усилители, схемы управления источниками питания и т.д.)
- ВЧ и СВЧ. Microwave Office
- Универсальные: MATLAB Simulink, Octave, Modelica, SimInTech

Симулятор и САПР в электронике



Итог работы САПР

- Принципиальная схема согласно ЕСКД
- Спецификация для поставки компонентов
- Чертежи платы для изготовления платы на производстве
- Результаты моделирования (диаграммы токов и напряжений) для отладки устройства

Что нужно знать перед использованием

- Неплохо иметь представление о том, что должно получиться. Компьютер считает правильно, но по вашему алгоритму и с вашими исходными данными
- Иногда важны неучтенные параметры элементов (например, у конденсатора, помимо емкости, есть еще и индуктивность, и активное сопротивление). Это на будущее

Matlab Simulink

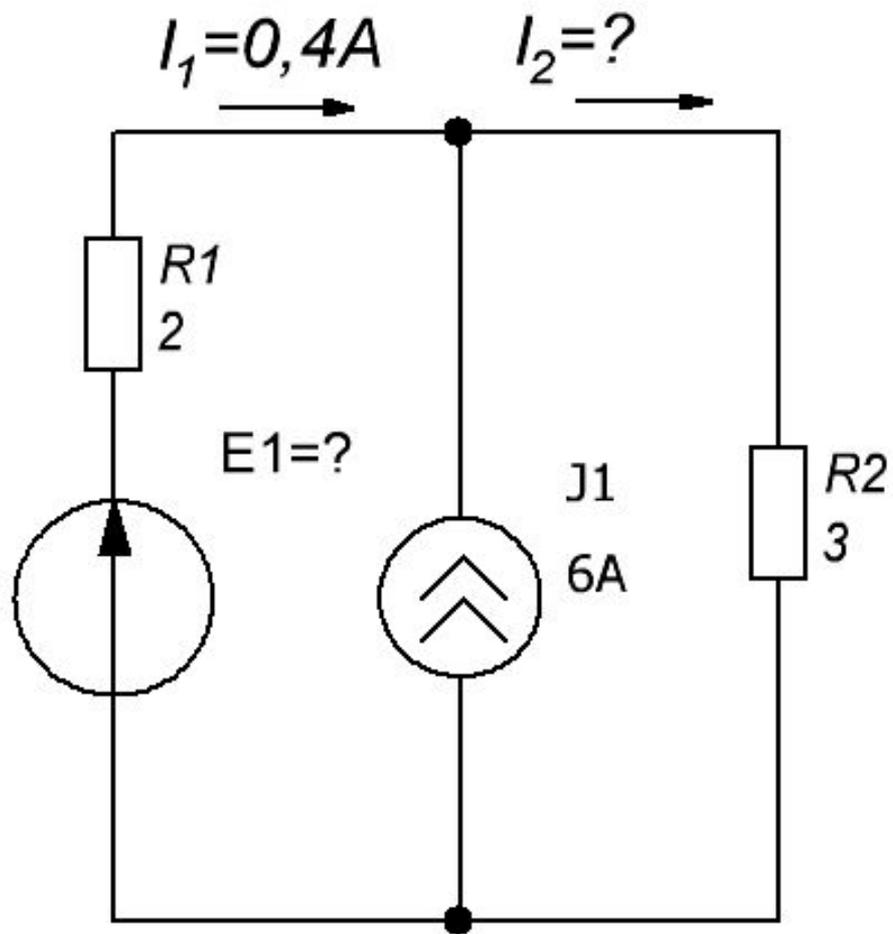
- Симулятор «общего вида»
- В последних версиях сильно расширены возможности моделирования всяких электротехнических устройств
- Дорогой, тяжелый и тормозящий

Точнее, возможности те же, а вот простота и удобство новое. Модель сложного устройства можно собрать из простых блоков, а можно воспользоваться уже готовой, входящей в поставку

Что будем решать?

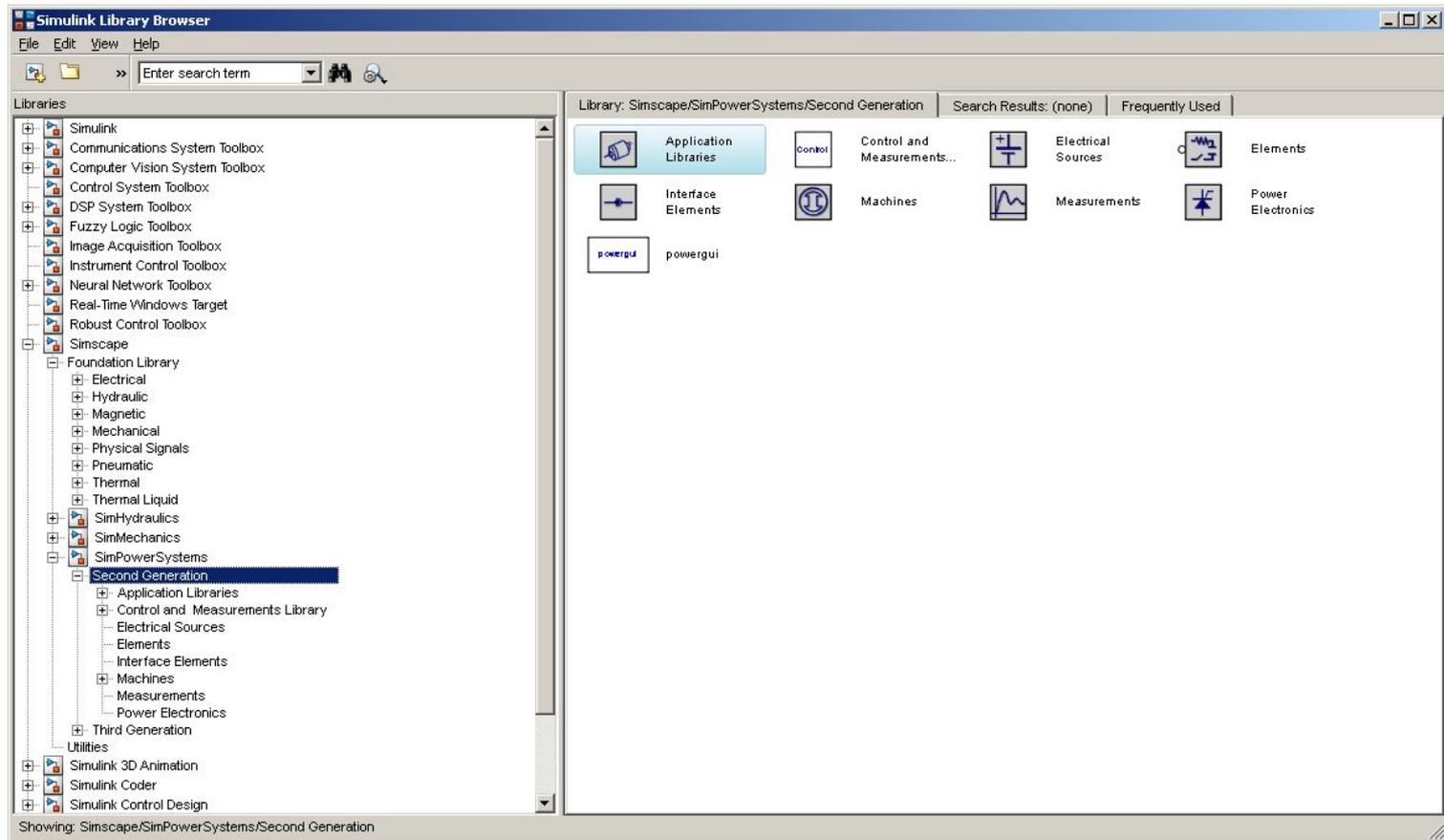
- Уже известную задачу 1.6
- Только немного поменяем условие – теперь известен ток I_1 , ЭДС E_1 неизвестна

Условие

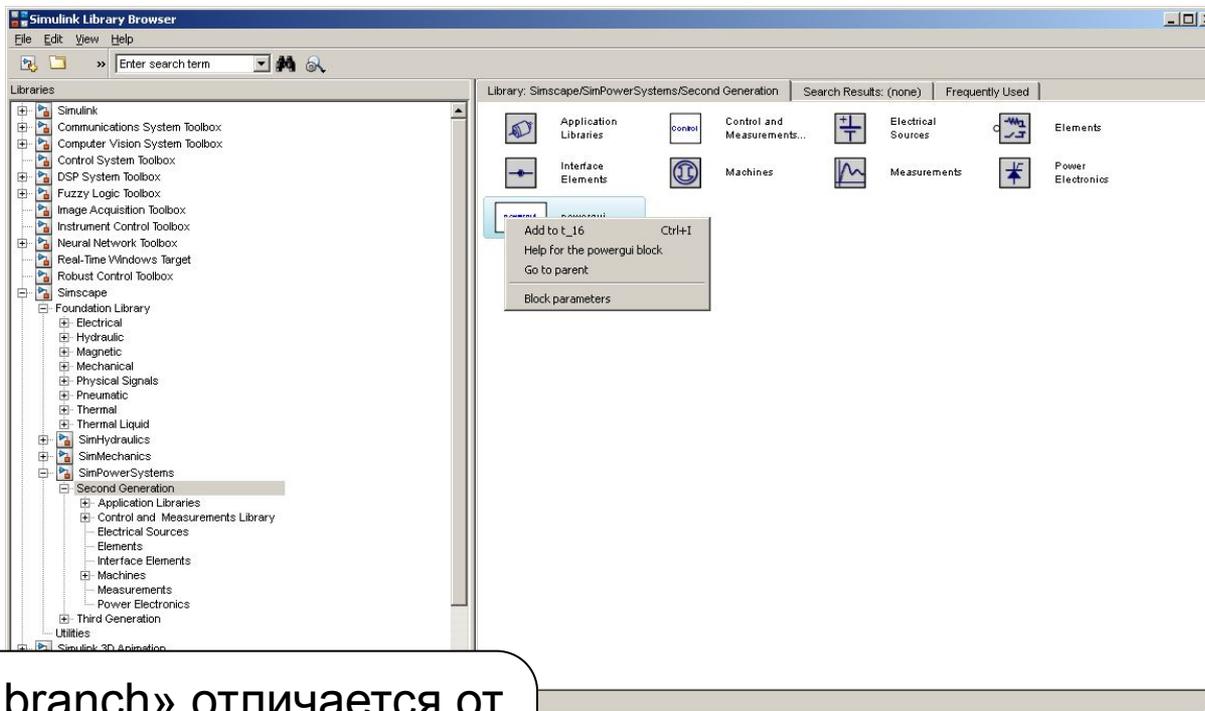


Составление модели

- Запускаем Matlab Simulink (в главном окне “New” => “Simulink Model”)
- После создания модель надо сохранить под нужным именем (латинские буквы)
- После открываем Simulink Library Browser (Ctrl + Shift + L) и начинаем творить...



- Эта библиотека – наиболее простая в применении
- Она применяется, если у нас простая модель (только электротехника, к примеру, а не «электродвигатель крутит гидравлический насос...»)
- В новых версиях эта библиотека называется «Specialized Technology»



Чем «branch» отличается от «load», предлагаю разобраться самим

На

- (Этот блок из этой библиотеки он всегда нужен)
- Источник тока «Electrical Sources» => «DC Current Source»
- Резистор «Elements» => «Series RLC branch»
- Все это добавляем в модель, нажимая Ctrl-I (см. картинку)
- Нужно по одной штуке каждого

Первый облом

Simulink Library Browser

File Edit View Help

Enter search term

Libraries

- Simulink
- Communications System Toolbox
- Computer Vision System Toolbox
- Control System Toolbox
- DSP System Toolbox
- Fuzzy Logic Toolbox
- Image Acquisition Toolbox
- Instrument Control Toolbox

Library: Simscape/SimPowerSystems/Second Generation/Electrical Sources

Search Results: (none) Frequently Used

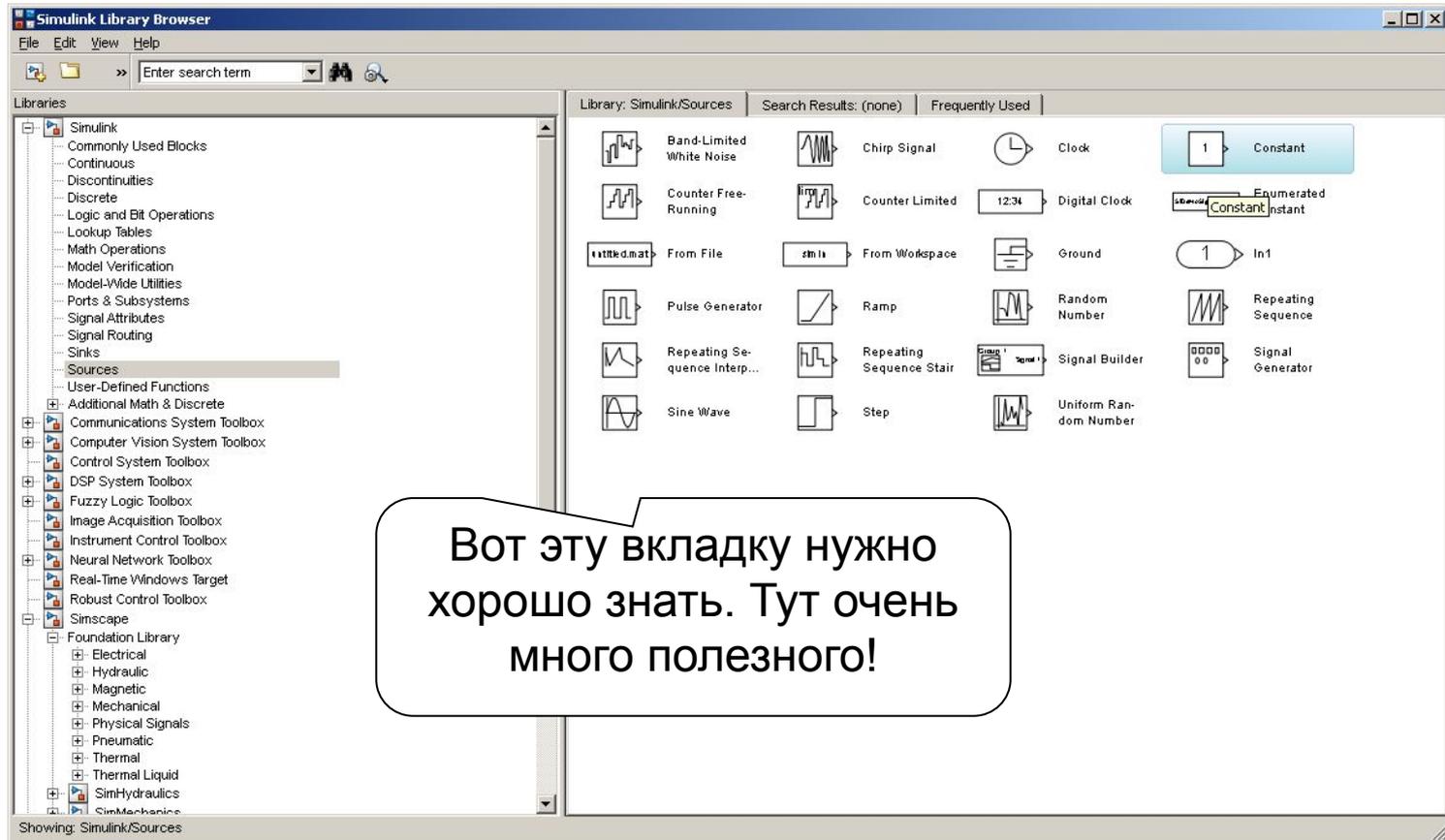
- AC Current Source
- AC Voltage Source
- Battery
- Controlled Current Source
- Controlled Voltage Source
- DC Voltage Source
- Three-Phase Programmabl...
- Three-Phase Source

Источника постоянного тока нету!

Точнее, в явном виде нету... Берем «управляемый...»

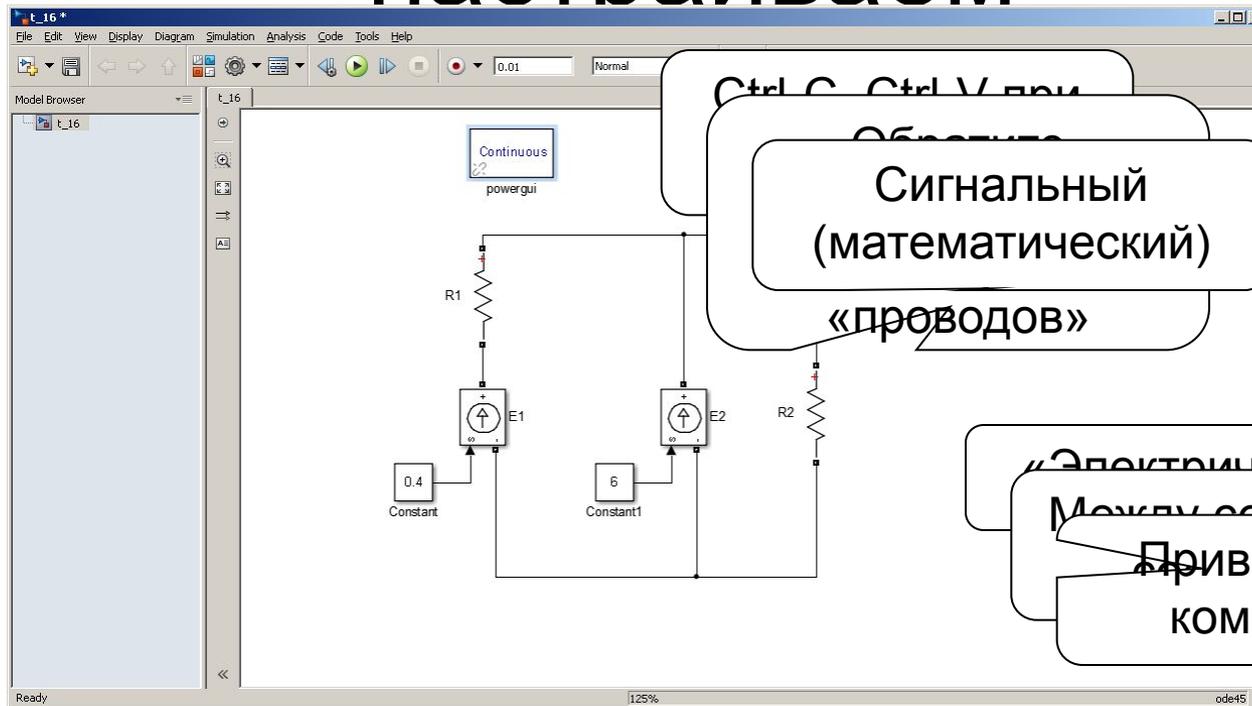
Showing: Simscape/SimPowerSystems/Second Generation/Electrical Sources

Решение



- Если на вход управляемого источника подать постоянную величину (константу), то мы получим постоянный ток...

Добавляем, соединяем, настраиваем



Сигнальный
(математический)
«проводов»

«Электрический»
Между собой они не
Привет, теорема
компенсации!

Block Parameters: R1

Series RLC Branch (mask) (link)

Implements a series branch of RLC elements.
Use the 'Branch type' parameter to add or remove elements from the branch.

Parameters

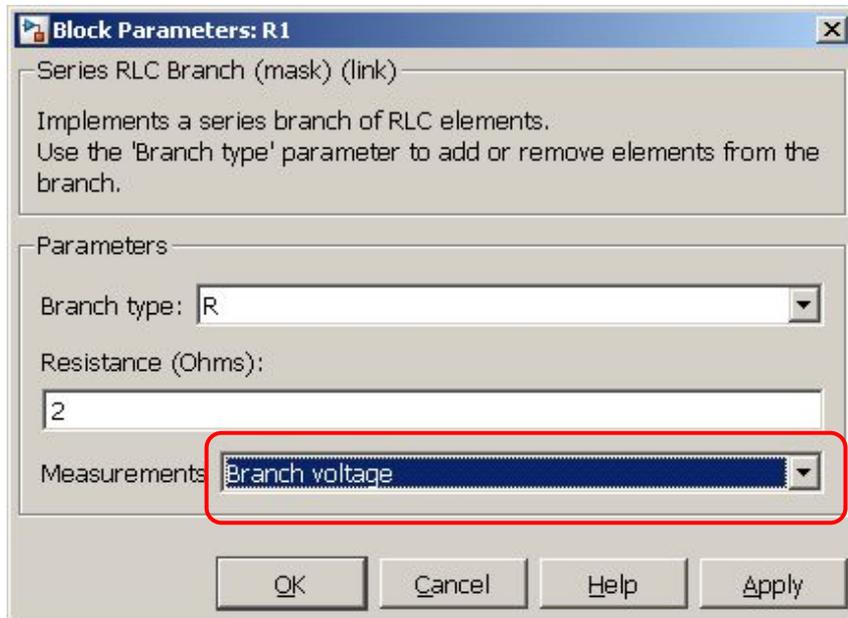
Branch type: R

Resistance (Ohms): 2

Measurements: None

OK Cancel Help Apply

Чем и как измерять?



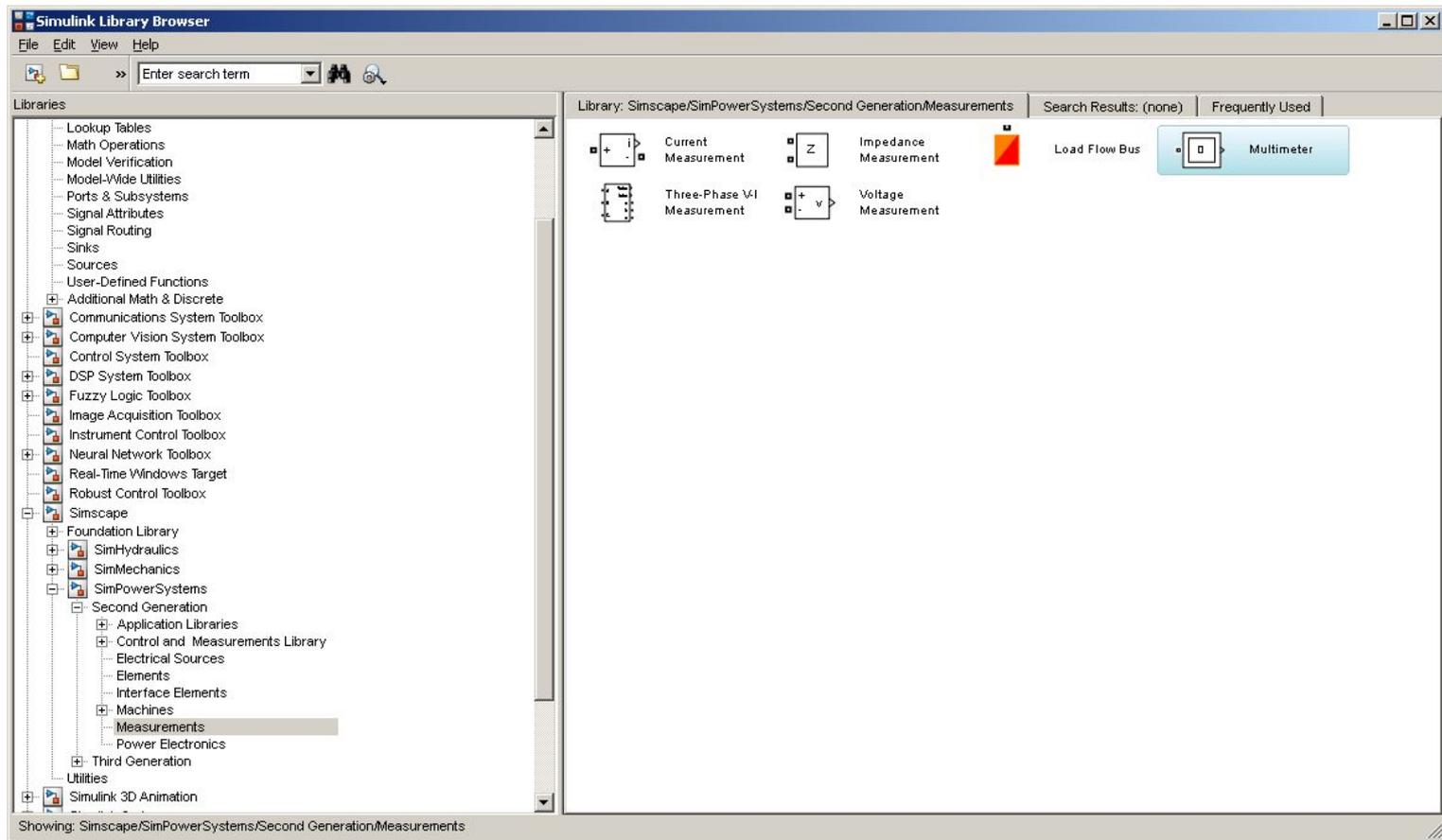
- В разделе библиотеки «Measurements» есть датчики напряжения и тока, но мы пойдем другим путем
- Варианты просьба потыкать самостоятельно

Результаты и обработка

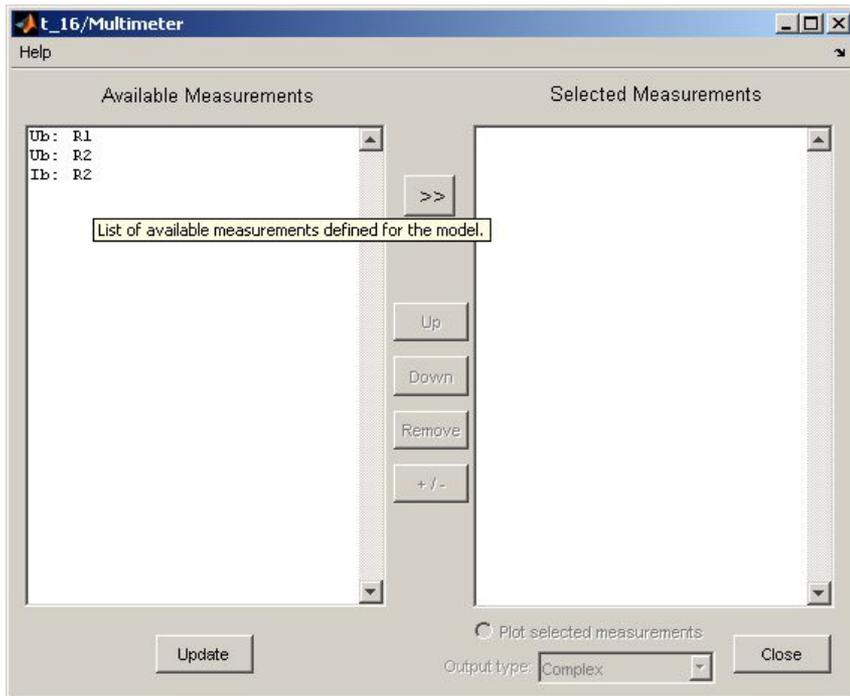
Итак, нам надо узнать:

- Напряжение на $E1$
- Ток в ветви с $R2$

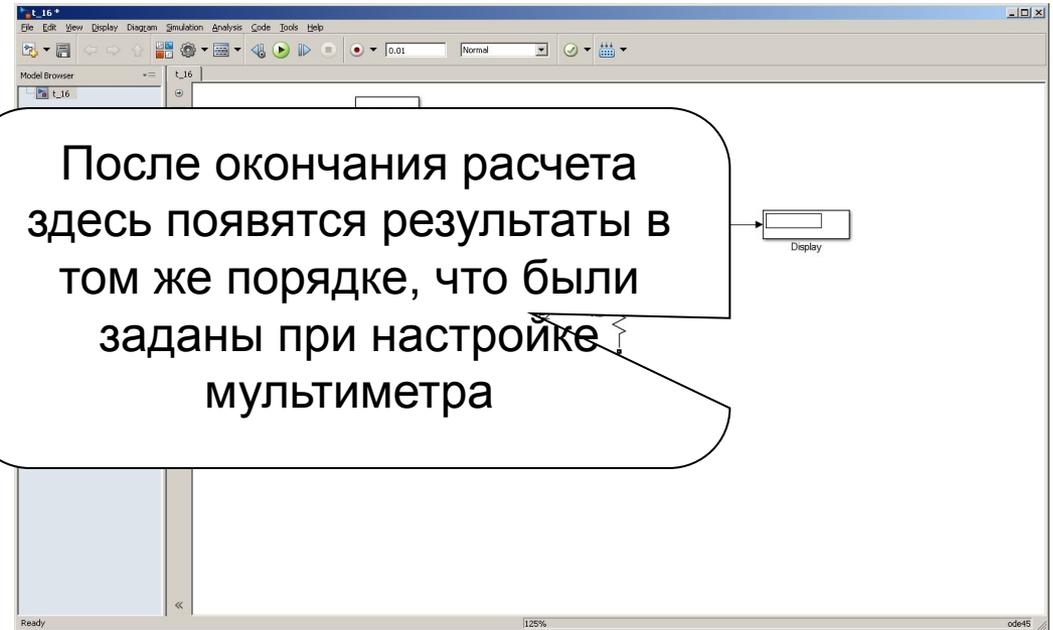
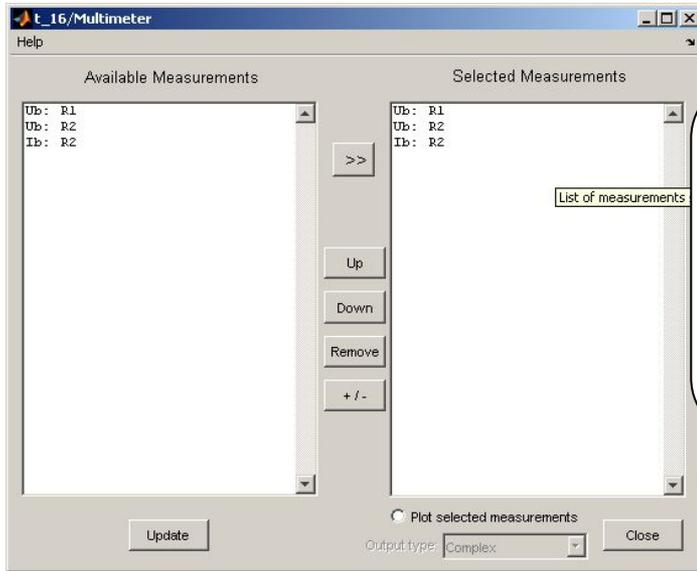
Напряжение на $E1$ узнаем по второму закону Кирхгофа. Ну, или можно прицепить датчик...



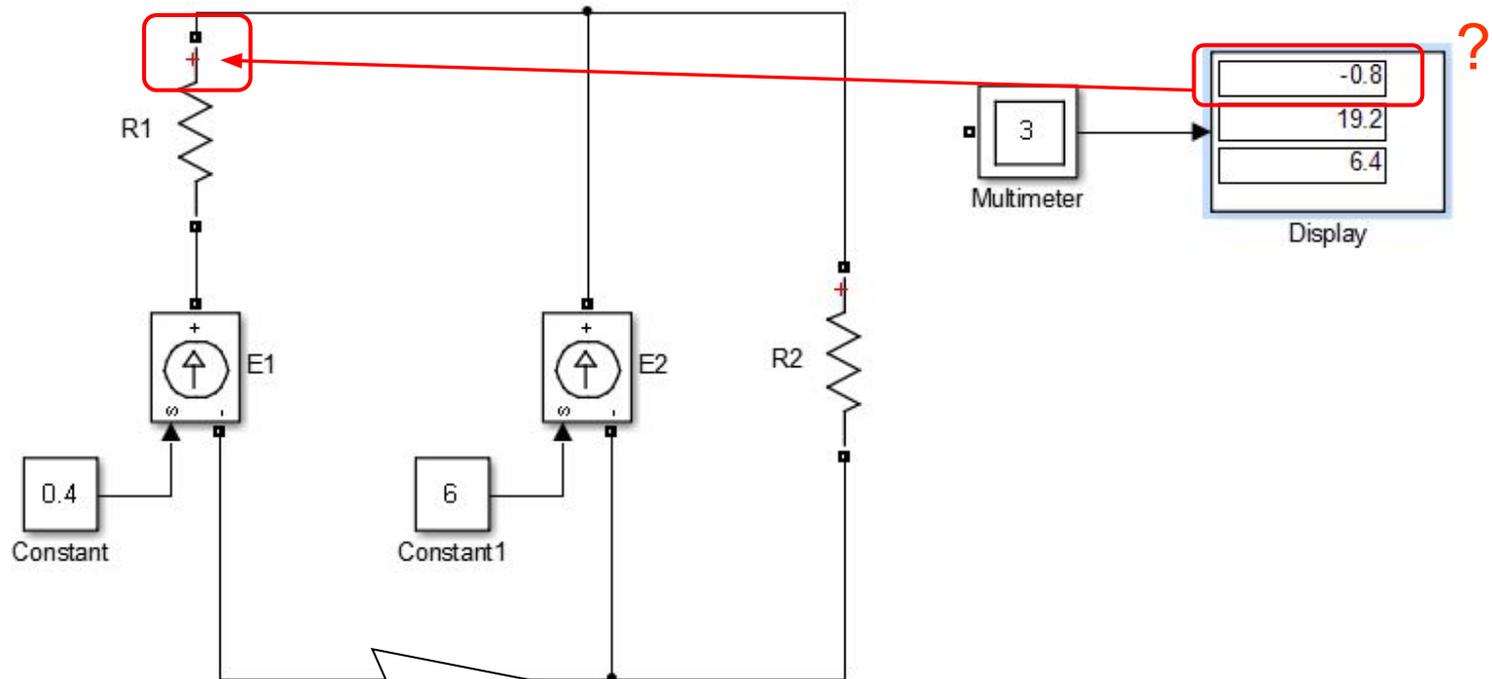
- Добавляем вот это, настраиваем
- Если доступных измерений нет, можно запустить расчет и повторить попытку



- Напряжение на E1 найдем как разность $U_b: R2$ и $U_b: R1$



Итог



Обратите внимание на
положительное направление

Пока напряжение E1 найдем,
просто сложив два верхних
числа

Конец