

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ

Киселев Д. Н.

Научный руководитель канд. техн. наук, доцент Ершов Ю. А
Сибирский федеральный университет

В результате развития компьютерных технологий появилась возможность виртуального испытания устройств автоматического регулирования возбуждения генераторов. Современные программы позволяют создавать модели, с помощью которых можно отслеживать входные и выходные данные, а также промежуточные расчёты. Таким образом, можно контролировать работу автоматических регуляторов в режиме реального времени и проверить правильность их функционирования при различных режимах электрической системы. В данной работе представлена модель АРВ генераторов.

Регулирование возбуждения генераторов оказывают существенное влияние на переходные процессы в энергосистеме, поэтому необходимы адекватные системы автоматического регулирования возбуждения. Для разработки таких систем на стадии проектирования, а также для обучения обслуживающего персонала важно иметь информацию о процессах, происходящих в системе в различных режимах работы, в том числе и аварийных. Получить необходимую информацию на реальном объекте возможно с помощью компьютерного моделирования. Набор моделей должен обеспечить воспроизведение основных характеристик эксплуатируемых АРВ, влияющих на качество электромеханических переходных процессов [1].

Моделирование регулятора возбуждения реализовано в программе *Matlab* (приложение *Simulink*). Это позволяет контролировать работу устройств АРВ в режиме реального времени и проверить правильность их функционирования при различных режимах электрической системы. Разработанная модель сделана на основе возбудителя, представленного в [2]. Функциональная схема модели регулятора возбуждения представлена на рис 1.

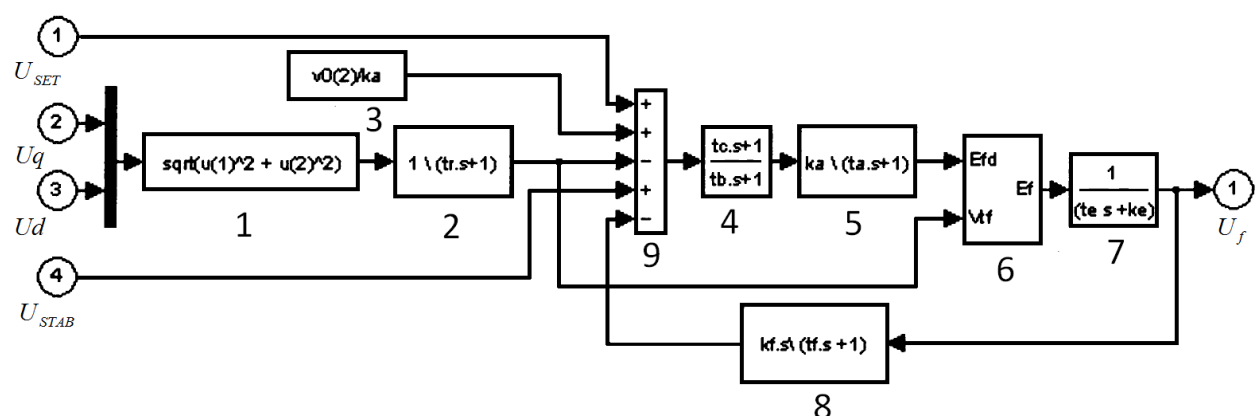


Рис. 1. Модель регулятора возбуждения

На вход блока поступают ортогональные составляющие напряжения генератора (U_d , U_q), желаемое значение напряжения U_{SET} , напряжение стабилизации U_{STAB} .

Вычисление напряжения прямой последовательности (блок 1) происходит по выражению

$$U_{tf} = \sqrt{U_q^2 + U_d^2}.$$

Затем, в блоке 2, происходит выделение напряжения 1-ой гармоники.

$$W_2(s) = \frac{1}{tr \cdot s + 1},$$

где tr - постоянная времени нижних частот.

В блоке 3 задается начальное значение напряжения на зажимах генератора $Vf0$ и начальное значение напряжения возбуждения $Vf0$. При правильно выбранных начальных условиях процесс моделирования может быть начат с установившегося режима. Начальное значение напряжения на зажимах генератора для этого обычно задается равным 1 о.е. Начальное значение напряжения возбуждения вычисляется с помощью утилиты LoadFlow блока PowerGui.

Блок 4 представляет собой передаточную функцию

$$W_4(s) = \frac{tc \cdot s + 1}{tb \cdot s + 1},$$

где tb и tc - постоянные времени стабилизатора.

В нормальном режиме временные постоянные tb и tc очень малы, однако при переходном процессе они способствуют стабилизации величины напряжения.

Блок 5 представляет собой передаточную функцию

$$W_5(s) = \frac{ka}{ta \cdot s + 1},$$

где ta - постоянная времени регулятора, ka – коэффициент усиления регулятора.

Модель возбудителя (блок 7) представлена в виде передаточной функции между напряжением возбуждения Uf и выходным напряжением регулятора Ef .

$$W_7(s) = \frac{U_f(s)}{E_f(s)} = \frac{1}{Ke + sTe}$$

где Ke - коэффициент усиления, Te - постоянная времени модели возбудителя.

Блок 8 используется для вычисления производной напряжения и осуществления обратной связи. Передаточную функцию можно представить в виде

$$W_8(s) = \frac{Kf \cdot s}{tf \cdot s + 1}$$

где Kf – коэффициент усиления, tf –постоянная времени реального дифференцирующего звена.

Функциональная схема, поясняющая работу блока 6, представлена на рис. 2

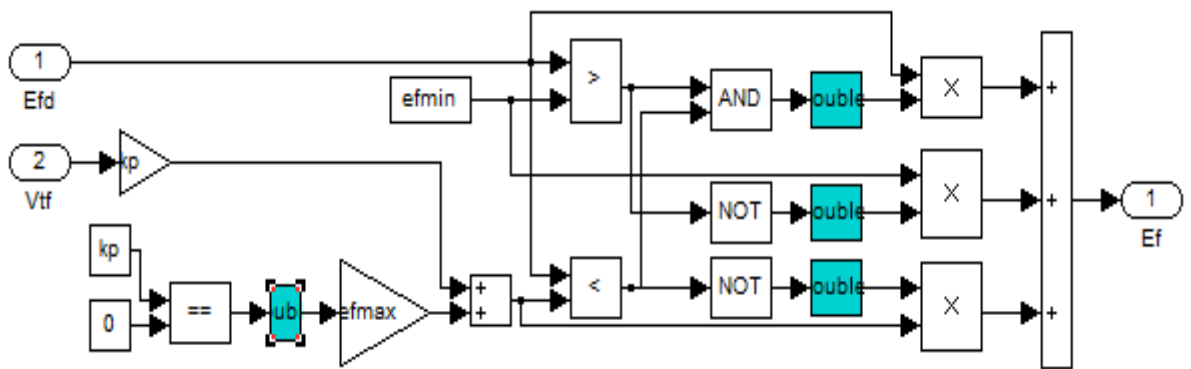


Рис.2. Функциональная схема блока 6

Параметры блока: минимальное $E_f \min$ и максимальное $E_f \max$ значения выходного напряжения регулятора в о.е. и его коэффициент усиления K_p . Верхний предел может быть постоянным и равным $E_f \max$ или переменным и равным значению выпрямленного напряжения на зажимах генератора V_{tf} , умноженному на коэффициент усиления K_p . Если коэффициент усиления задан равным нулю, то используется первый вариант, если K_p задан положительным значением, то используется второй вариант. Для испытания модели регулятора возбуждения была создана модель (рис.3), состоящая из генератора $G1$, нагрузки $H1$, регулятора возбуждения AVR и осциллографа $Scope$.

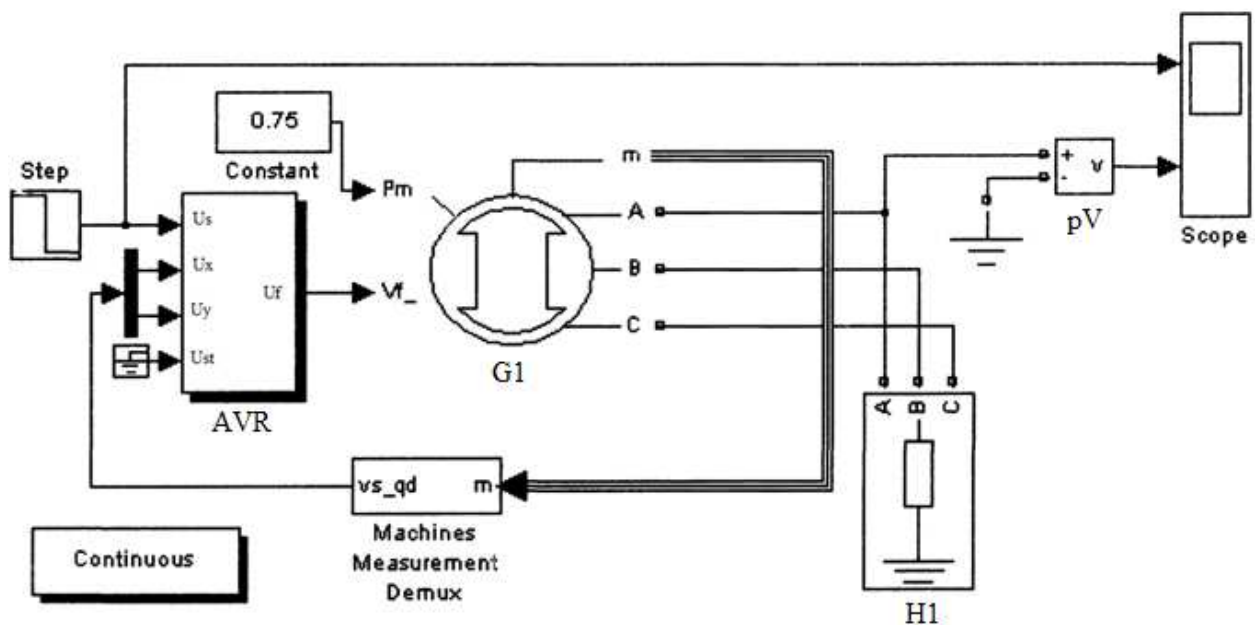


Рис.3. Испытание модели в программе Simulink

Испытание модели автоматического регулятора возбуждения генератора производится в следующем порядке:

1. Расчёт параметров первичной цепи.
2. Запуск настроенной модели электрической сети.

3. Получение в программе simulink необходимых параметров входных напряжений

4. Расчёт и задание входных параметров напряжения генератора и напряжения возбуждения автоматического регулятора возбуждения генератора.

5. Повторный запуск модели

6. Получение результатов испытаний и анализ работы органов автоматического регулятора возбуждения генератора путём контроля входных и выходных данных на каждом из них.

В результате испытаний были получены осциллограммы напряжения U_{SET} , напряжений на шинах генератора U_G и напряжения возбуждения U_f .

Результат работы регулятора возбуждения представлен на рис. 4

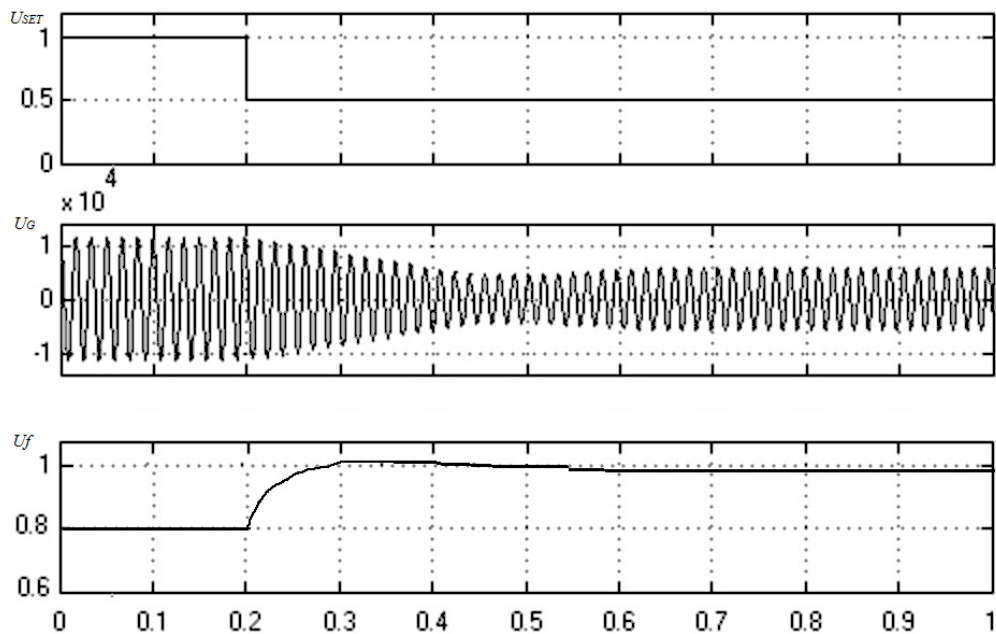


Рис.4. Испытание модели автоматического регулятора возбуждения

На рис.4 показано каким образом в момент времени 0.2 с происходит изменение напряжения возбуждения U_f при изменении входных параметров напряжения генератора.

На базе данной модели могут быть созданы более сложные системы автоматического регулирования возбуждения синхронных машин с большим количеством входных параметров.

Вывод: разработанная модель может использоваться в лабораторных и научных целях при исследовании систем регулирования возбуждения.

Литература

1. Овчаренко Н. И. Аппаратные и программные элементы автоматических устройств энергосистем. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. - 512 с.: ил.
2. Recommended Practice for Excitation System models for Power System Stability Studies, IEEE Standard – 1992. 422 с.