



УДК621.311.68

О.А. Бурмакин, к.т.н. доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

М.П. Шилов, аспирант, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Ю.С. Малышев, к.т.н. доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

С.В. Попов, к.т.н. доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603950 Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Ключевые слова: судовая электростанция, имитационная модель, синхронизация, параллельная работа.

В статье предложена имитационная модель судовой электростанции, позволяющая исследовать процессы, происходящие в дизель генераторном агрегате при изменении нагрузки, синхронизации, а так же при параллельной работе двух дизель генераторов. Приведены схемы основных блоков модели.

При исследовании различных режимов работы судовых электростанций достаточно часто возникают сложности, вызванные отсутствием физической модели необходимой мощности. В таких случаях обычно разрабатывается имитационная модель объекта исследований.

Разработанная модель судовой станции (рис. 1), выполненная в приложении Matlab Simulink, состоит из двух дизель-генераторных агрегатов и позволяет изучать процессы, происходящие в элементах электростанции при изменении нагрузки, синхронизации и параллельной работе двух дизель генераторов.

В состав схемы входят следующие системы: система регулирования напряжения; система регулирования частоты вращения дизеля; система подключения нагрузок; система измерения и отображения параметров.

Система регулирования напряжения основана на стандартном блоке Excitation System, который является моделью системы возбуждения синхронной машины и позволяет регулировать напряжение на зажимах генератора. За основу взят возбудитель [1, 2, 3], передаточная функция которого представлена выражением:

$$\frac{V_{fd}(S)}{E_f(S)} = \frac{1}{K_e + S \cdot T_e} \quad (1)$$

где $V_{fd}(S)$ – напряжение возбуждения; $E_f(S)$ – выходное напряжение регулятора; K_e – коэффициент усиления возбудителя; T_e – постоянная времени возбудителя; S – полная мощность генератора.

Система регулирования частоты вращения входит в состав модели дизельного агрегата (рис. 2), выходной величиной которого является активная мощность, передаваемая на вход генератора. Она состоит из: актуатора – Transfer Fcn1, воздействующего на топливную рейку, и системы управления – Transfer Fcn2 [4], выполняющей регулирование внешнего момента дизеля.

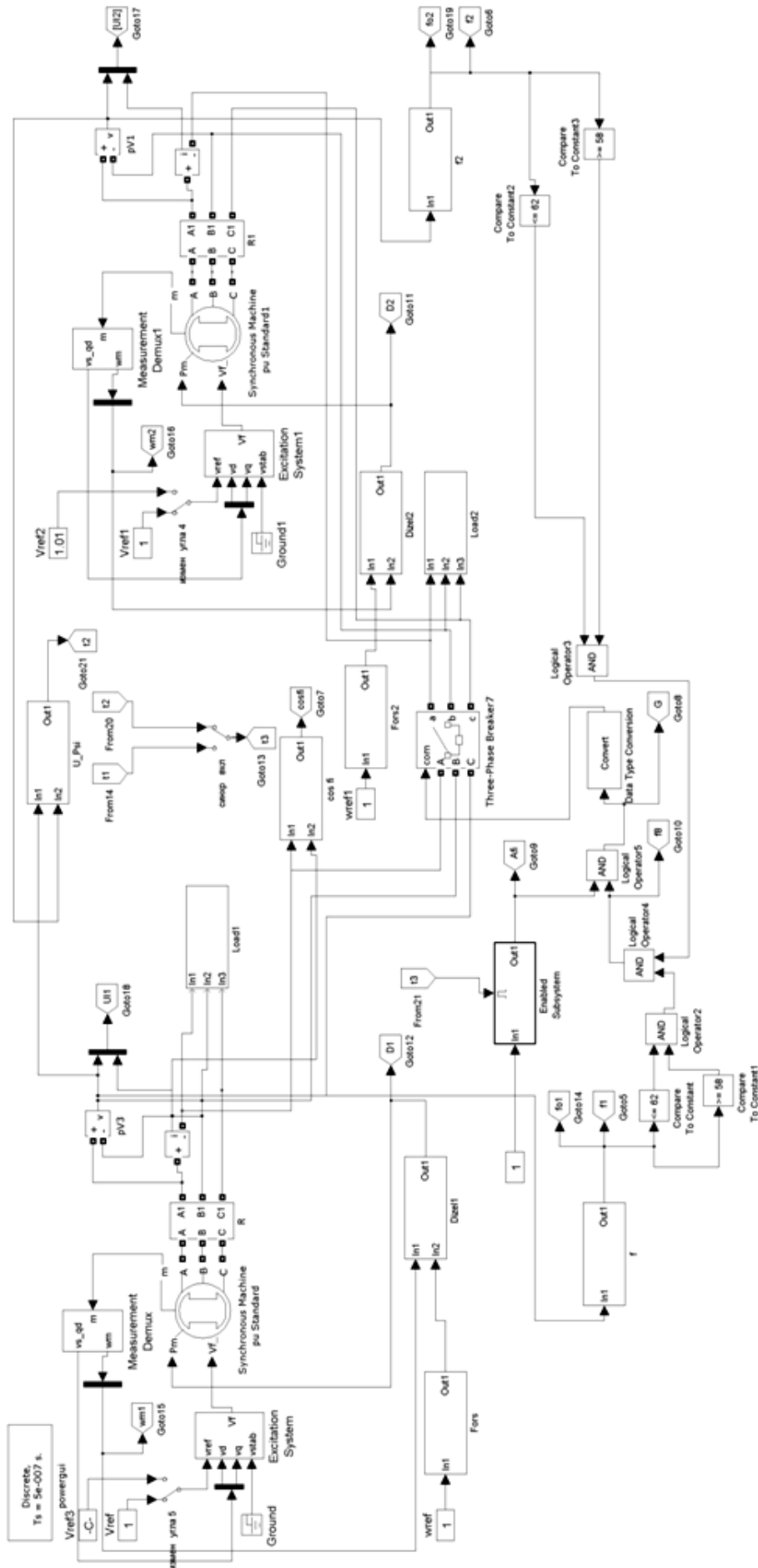


Рис. 1. Модель для включения двух дизель генераторных агрегатов включенных в параллельную работу методом точной синхронизации.

Блок Transfer Fcn1 имитирует работу поворотного электромагнита с возвратной пружиной и изменяет выходную мощность двигателя при изменении момента сопротивления на его валу.

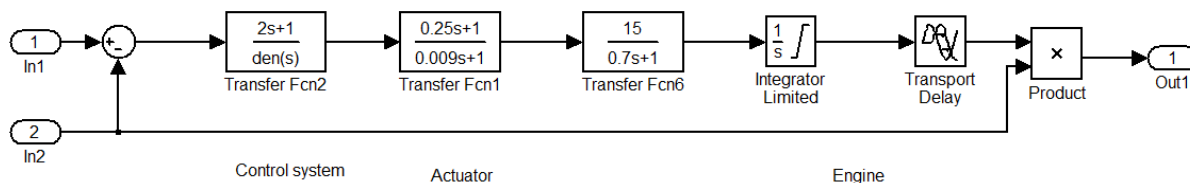


Рис. 2. Модель дизельного агрегата

Блок Transfer Fcn2 представлен в виде ПИД регулятора со звеном второго порядка, входной величиной которого, является разность между эталонным и действительным значениями скоростей вращения двигателя.

Камера сгорания дизеля представлена блоком, который преобразует тепловую энергию в крутящий момент дизеля. Механическую часть дизеля имитирует интегрирующее звено - Integratorlimited. С выхода инерционного звена сигнал поступает на блок Product, который вычисляет значение мощности двигателя, исходя из его скорости и момента.

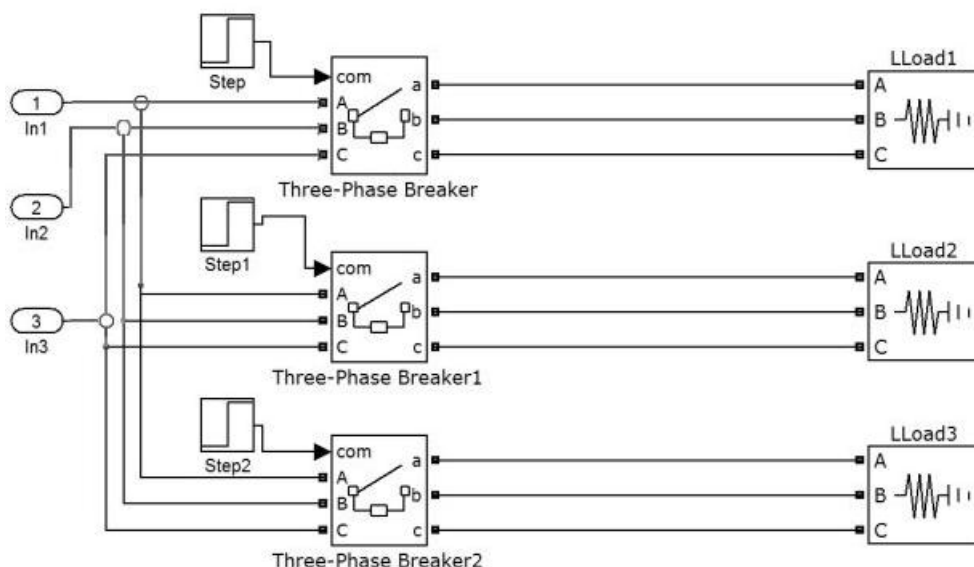


Рис. 3. Блок имитации переменной нагрузки

Нагрузка генератора моделируется блоком, представленным в виде последовательного включения резистора, индуктивности и конденсатора (рис. 3). Параметры элементов нагрузки задаются при номинальном напряжении и частоте. Реальные же величины активных и реактивных мощностей, при изменении величин напряжения и частоты, могут быть определены из следующих выражений:

$$P = R \cdot \frac{U^2}{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L \right)^2}, \quad (2)$$

$$Q_L = \omega L \cdot \frac{U^2}{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2}, \quad (3)$$

$$Q_C = \frac{1}{\omega C} \cdot \frac{U^2}{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2}, \quad (4)$$

где P - активная мощность, Q_L - реактивная мощность индуктивности, Q_C - реактивная мощность емкости, ω - угловая частота напряжения, U - действующее значение напряжения; R – активное сопротивление; C – электрическая емкость; L – индуктивность.

В систему измерений входят следующие блоки:

1. Блок вычисления и измерения частоты генерируемого напряжения (рис. 4) представлен звеньями Sign и Saturation, Triggered Subsystem и memory. Элемент Sign определяет знак входного сигнала, а элемент Saturation задает ограничение входной величины. Далее, с помощью звеньев Triggered Subsystem и memory, происходит сравнение текущего и предыдущего значений сигнала для определения параметра частоты.

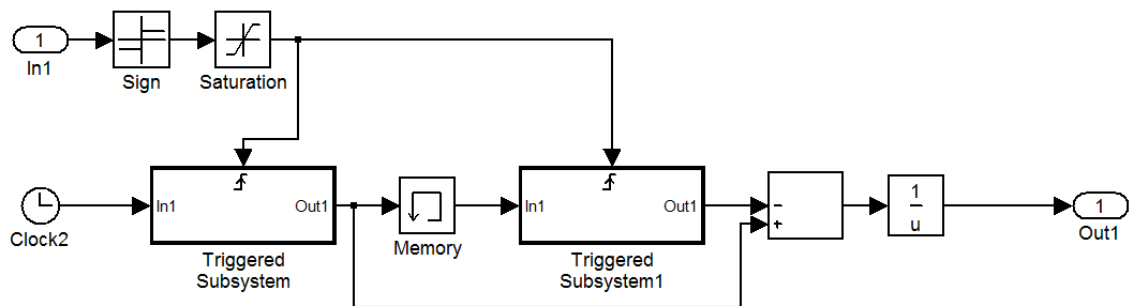


Рис. 4. Блок вычисления и измерения частоты генерируемого напряжения

2. Измерение выходного напряжения генератора и вычисление сдвига фаз между векторами напряжения одноименных фаз реализовано на блоках Fourier для цепей обоих генераторов (рис. 5). В случае неравенства величин напряжений или наличия сдвига фаз, на выходе блока устанавливается нулевой сигнал, а при равенстве – единичный, по которому формируется сигнал разрешения на синхронизацию в элементе Logicaloperator1.

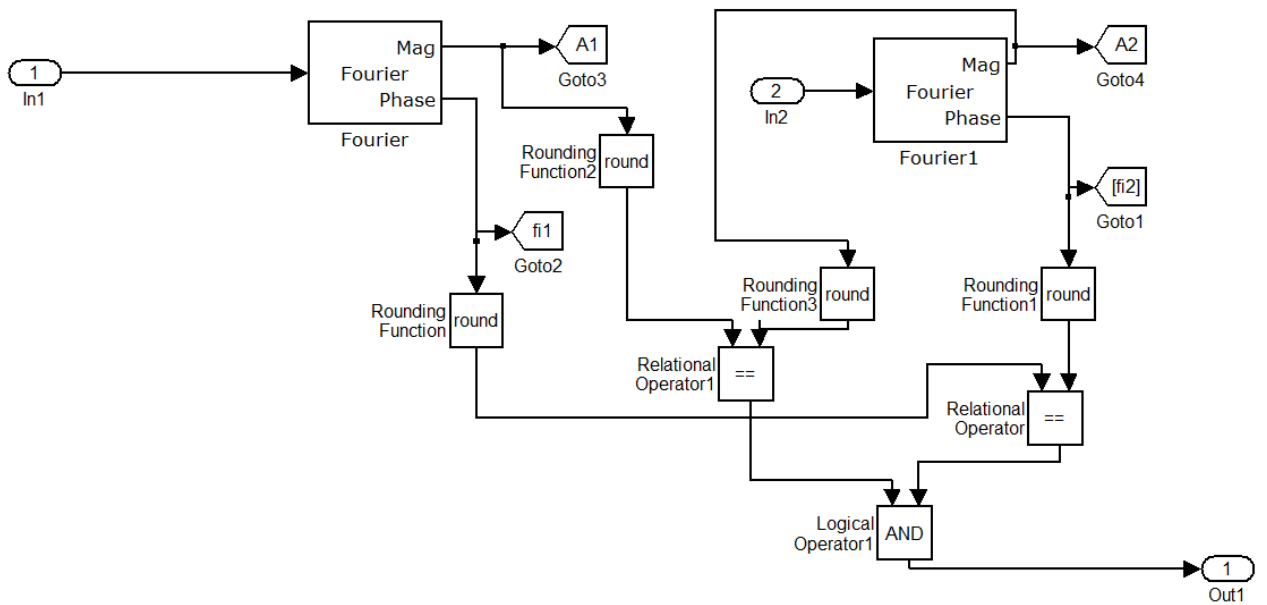


Рис. 5. Блок измерение напряжения на выходе генератора и вычисления сдвига фаз

3. В блоке $\cos \varphi$ (рис. 6), с помощью определенных математических операций со значениями измеренных активной и реактивной мощностями, вычисляется значение $\cos \varphi$.

В модели для подстройки скорости вращения приводного двигателя и уменьшения сдвига фаз между одноименными векторами напряжений используется цепь с управляемыми переключателями Fors (рис. 7), которая генерирует сигналы ускорения или замедления, передаваемые в схему регулирования скорости.

При выполнении всех условий синхронизации на вход com – порта Three-phasebreaker 7 поступает единичный сигнал, который, воздействуя на автоматический выключатель с электроприводом, подключает второй генератор к шинам ГРЩ.

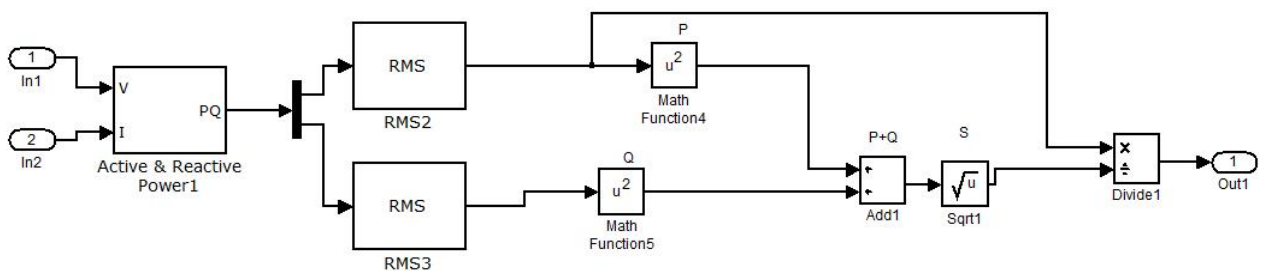


Рис. 6. Блок вычисления $\cos \varphi$

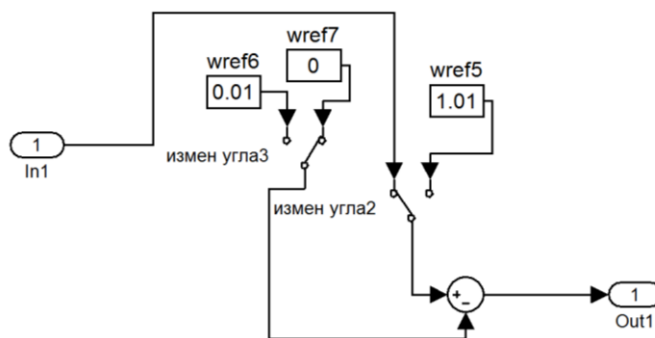


Рис. 7. Цепь подстройки скорости вращения приводного двигателя

Представленная модель отличается от существующих возможностью изменения параметров дизеля и генератора в широких пределах, а так же измерения, вычисления и

отображения основных физических величин, необходимых при исследовании параллельной работы дизель-генераторов.

Список литературы:

- [1] Черных И.В. «Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink.» – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с., ил. (Серия «Проектирование»).
- [2] Г.И. Коробко, С.В. Попов « Моделирование элементов судовых электроэнергетических систем» Н.Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. – 32 с.
- [3] Г.И. Коробко, С.В. Попов « Моделирование судовых синхронных генераторов и систем их возбуждения» Н.Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – 34 с.
- [4] Герман-Галкин С.Г. «Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: учебное пособие» - СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с., ил.

SIMULATION MODELS OF THE SHIPS POWER STATION

О.А. Burmakin, М.Р. Shilov, Y.S. Malyshev, S.V. Popov

Keywords: ship power plant, simulation model, synchronization, parallel operation.

The article suggests a simulation model of the ship's power plant, allowing to investigate the processes occurring in the diesel generator set at varying loads, synchronization and parallel operation of two diesel generators. Schemes of the major model Blocks are shown.

УДК621.311.68