

References

1. Dzhunuyev T. Full model for research of transition processes of electrical power systems of limited power/T. Dzhunuyev, A.N. Kozlov/Messenger the Amur state. un-that. - 2012. - Release 59. the "Natural and Economic Sciences" series, - page 106-109.
2. V.A. Stroyev. Mathematical modeling of elements of electric systems: Course of lectures / V.A. Stroyev, S. V. Shulzhenko. – M.: MEI publishing house, 2002/
3. Ulyanov, S. A. Electromagnetic transition processes in electric systems: the textbook for electrical power and power higher education institutions and faculties / S. A. Ulyanov. - M.: Energy, 1970.

УДК 621.311

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ ПУТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SIMULINK

Абдымомунова Айзада Калыбековна, старший преподаватель, КГТУ им. И.Раззакова, 720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66, e-mail: aiza_a4@mail.ru

Куданалиев Эмил Темирбекович, ОАО “Национальная электрическая сеть Кыргызстана”, Кыргызстан, 720070, г. Бишкек, ул. Жибек-Жолу, 326, e-mail: emiltk@mal.ru

Цель работы - рассматривается анализ устойчивости ЭЭС с ограниченной мощностью путем имитационного моделирования в среде Matlab пакета Simulink: что использование программы в значительной степени сокращает затраты на проектирование энергосистем, и такой метод анализа обладает наглядностью и позволяет прогнозировать поведение системы при различных режимах работы. При анализе работы электрических систем учитывались только электромагнитные параметры системы и связанные с ними механические параметры элементов системы, если эти параметры влияют на электромагнитные процессы в системе.

Ключевые слова: устойчивость, модернизация, имитация, моделирование, Matlab, Simulink, электрическая система, параметр, характеристика, турбина, регулятор.

THE ANALYSIS OF STABILITY OF ELECTRICAL POWER SYSTEM FROM LIMITED POWER BY IMITATING MODELLING WITH USE OF SIMULINK

Abdymomunova Ayzada Kalybekovna, the senior teacher, KGTU of I. Razzakov, 720044, Bishkek, Mira Ave., 66, e-mail: aiza_a4@mail.ru

Kudanaliev Emil Temirbekovich, JSC Natsionalnaya elektricheskaya set Kyrgyzstana, Kyrgyzstan, 720070, Bishkek, Zhibek-Zholu St., 326, e-mail: emiltk@mal.ru

The work purpose - is considered the analysis of stability of electrical power system from limited power by imitating modeling in the environment of Simulink package Matlab that use of the program of considerable degree reduces costs of design of power supply systems, and such method of the analysis possesses presentation and allows to predict behavior of system at various operating modes. In the analysis of work of electric systems only electromagnetic parameters of system and the related mechanical parameters of elements of system if these parameters influence electromagnetic.

Keywords: stability, modernization, imitation, modeling, Matlab, Simulink, electric system, parameter, characteristic, turbine, regulator.

При проектировании новых энергетических систем и при модернизации старых возникает острая необходимость в прогнозировании характеристик энергетических систем. Одним из путей определения устойчивости систем является теоретический анализ режимов работы при различных воздействиях на систему. Учесть реальные параметры каждого элемента практически невозможно из-за их огромного количества и сложности взаимодействий этих параметров даже внутри каждого элемента. Необходимость решения проблемы приводит к значительной идеализации параметров элементов. Однако и идеализация параметров не всегда приводит к положительному результату из-за сложности электроэнергетики. Трудности, связанные с громоздкостью и сложностью теоретического анализа устойчивости электроэнергетических систем, вызывают желание разработчика переложить решение задач устойчивости на плечи компьютеров. В таком случае можно идти путем составления программ в одной из сред программирования или путем моделирования переходных

процессов в одной из специально разработанных сред. Широкие возможности для моделирования энергосистем и процессов, происходящих в них, предоставляет подпакет программы MatLab Simulink.

Речь идет, прежде всего, о первичных двигателях (турбинах), генераторах электрической энергии, автоматических регуляторах, двигателях нагрузки, где электрическая энергия, получаемая из распределительной сети системы, преобразуется в механическую. В качестве параметров обычно принимают напряжение в узловых точках и токи в ветвях ЭС, а под возмущением понимают изменение механического момента на валу двигателя одного из генераторов или мощности нагрузки.

Вследствие малости рассматриваемых возмущений, энергетическая система при анализе статической устойчивости может рассматриваться как линейная динамическая система. Нарушение статической устойчивости может происходить вследствие причин различной физической природы. Если мощность турбины, например, достигнет максимально возможного значения электромагнитной мощности генератора, происходит аperiodическое нарушение устойчивости. При работе генератора в режиме холостого хода или при малой мощности, передаваемой через линию электропередач (ЛЭП), обладающую значительным активным сопротивлением, возможно самораскачивание турбогенератора. Аналогичное явление происходит в виде нарастающих колебаний угла при неправильной настройке автоматического регулятора возбуждения (АРВ). Это приводит к необходимости разработки эффективных методов и алгоритмов, обеспечивающих как высокое быстродействие, так и надежность получения результата. При оперативном управлении системой расчеты предельных режимов должны проводиться с учетом изменения схемно-режимной ситуации, а адекватная работа централизованных систем противоаварийной автоматики требует просмотра большого количества аварийных ситуаций за весьма короткое время, обусловленное значительной скоростью изменения параметров режима [1]. Поэтому требуется разработка новых подходов, более полно учитывающих специфику задач оперативного управления. Принципы анализа устойчивости продемонстрированы на примере двухмашинной электроэнергетической системы севера Кыргызстана, который показан на рис. 1.

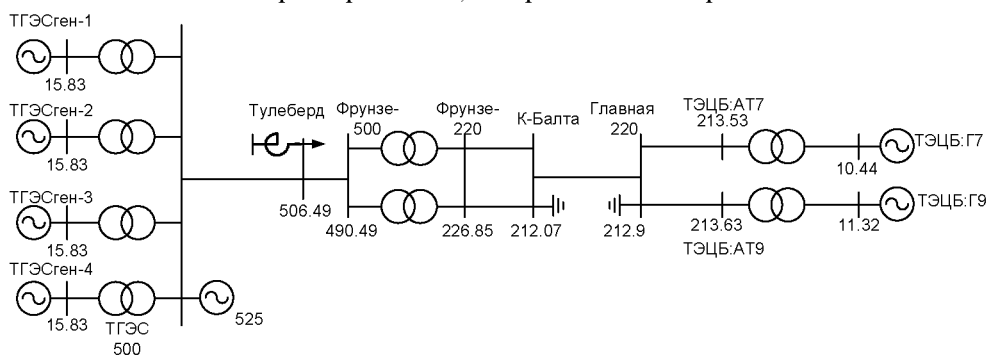


Рис.1. Электроэнергетическая система севера Кыргызстана

Имитационная модель системы представлена на рис. 2. По условным обозначениям, используемым в модели, не трудно определить местоположение перечисленных элементов системы. На модели представлены и контрольно-измерительные приборы КИП, используемые для контроля электрических и механических параметров электроэнергетической системы. Для измерения электрических и механических величин генератора используется специальный измерительный блок КП, предназначенный для контроля параметров электрических машин. На его вход подается информация с выхода m генератора. Между генератором и трансформатором включен комплект измерительных приборов КИП, предназначенных для контроля режимов работы трехфазных цепей. На выходе второго трансформатора включен аналогичный измерительный блок.

Имитация трехфазного короткого замыкания в системе реализуется с помощью короткозамыкателя КЗ. Момент срабатывания короткозамыкателя и длительность нарушения режима устанавливается в окне параметров блока [2].

Модель имитирует работу генератора без АРВ. На вход блока подается значение мощности генератора в относительных единицах P_m и напряжение возбуждения U_f . Изменение напряжения возбуждения позволяет регулировать электродвижущую силу синхронной машины, работающей в генераторном режиме.

Исследование статической устойчивости системы передачи электрической энергии производится следующим способом. Путем изменения численного значения мощности турбины на входе генераторного блока изменяют мощность электрической энергии, отдаваемой генератором в сеть. При этом изменяется сдвиг электродвижущей силы холостого хода генератора и напряжения сети. В синхронном генераторе изменяется взаимное положение ротора генератора и магнитного поля статора. Если электромагнитный момент сопротивления ротора генератора равен механическому моменту вращения турбины, то сохраняется устойчивое равновесие системы.

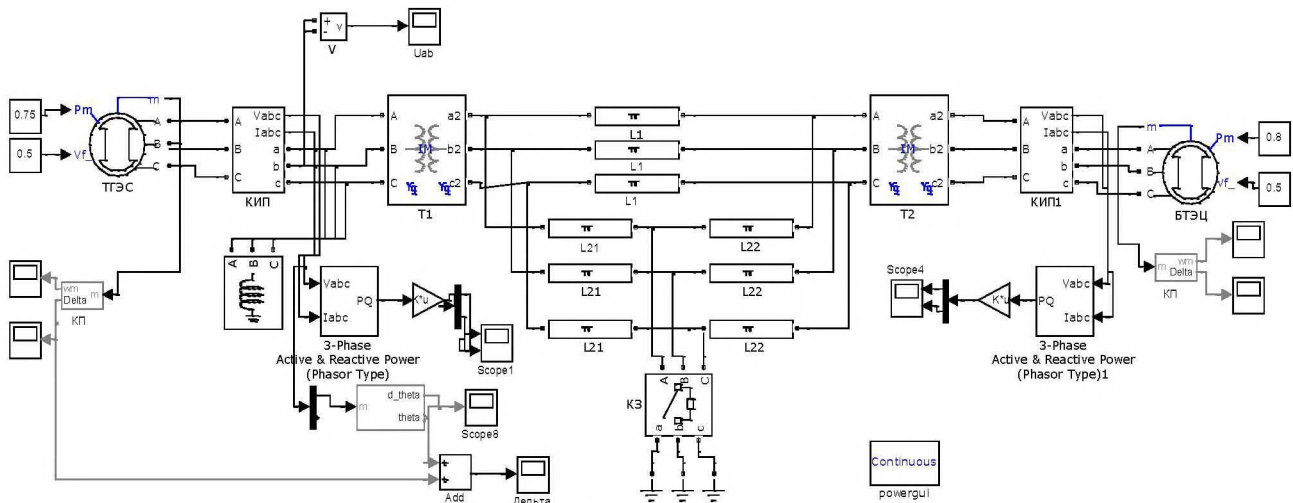


Рис. 2. Имитационная модель электрической станции, работающей на электроэнергетическую систему ограниченной мощности.

Однако при определенной величине электродвижущей силы генератора, напряжении сети и характеристиках системы передачи электрической энергии существует максимальное значение мощности, которую может передать рассматриваемая система. Если мощность турбины превышает предельное значение, механический момент турбины не уравнивается электромагнитным моментом генератора. Это приводит к нарушению статической устойчивости системы. Нарушение статической устойчивости приводит к тому, что частота вращения ротора становится больше номинальной скорости, частота электродвижущей силы генератора становится больше частоты сети. Все это приводит к резким скачкам тока системы. Элементы защиты должны отключить генератор от системы. В противном случае это может привести к нарушению устойчивости всей электроэнергетической системы.

Для имитации короткого замыкания в модели используется короткозамыкатель КЗ. Предполагается, что короткое замыкание происходит в середине второй цепи линии электропередач. Момент пробоя изоляции и длительность воздействия устанавливается в окне задания параметров короткозамыкателя.

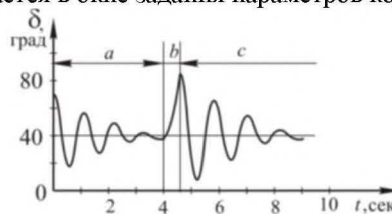


Рис. 3. Изменение угла δ при длительности короткого замыкания равной 0.6 сек

О нарушении устойчивости системы можно судить по изменению частоты вращения генератора, изменению тока линии или изменению угла фазового сдвига между напряжением сети и электродвижущей силой генератора $\delta(t)$.

На графике четко выделяются три отрезка времени, соответствующие трем режимам работы системы. В течение отрезка времени *a*, равном 0.4 секунды, осуществляется пуск всей системы передачи электроэнергии. Переходный процесс пуска системы заканчивается примерно через 4 секунды. При этом ротор генератора совершает колебания около устойчивого значения угла, равного 40 градусам.

В момент времени $t=4$ с наступает короткое замыкание во второй цепи линии электропередач. Количество энергии, отдаваемое электростанцией в сеть, резко сокращается, и механический момент турбины не уравнивается электромагнитным моментом генератора. Угол δ резко возрастает. Это подтверждается графиком изменения угла во времени на отрезке *b*, представленным на рис. 3. График соответствует длительности короткого замыкания, равной 0.6 секунды. Максимальное значение угла составляет примерно 90 градусов. В момент времени $t=4.6$ секунды повреждение ликвидируется. Система возвращается в устойчивое состояние в течение отрезка времени *c*.

Исследование режимов работы энергосистем путем моделирования в среде MatLAB в значительной степени сокращает затраты на проектирование энергосистем. При этом такой метод анализа обладает наглядностью и позволяет прогнозировать поведение системы при работах, связанных с модернизацией электроэнергетических систем. Правда, для анализа сложных систем необходимо иметь компьютеры с достаточно высоким быстродействием и большим объемом памяти.