

УДК 621.311

Т.Ф. МАХМУДОВ. стар. преп. (ТашГТУ)
г. Ташкент

**АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ
СЫРДАРЬИНСКОЙ ТЭС НА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ПРИ
РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ**

Применительно к энергосистеме устойчивость в «малом» - это устойчивость установившегося (стационарного) движения, которое подвергается непрерывному воздействию малых возмущений типа: включение и отключение небольших нагрузок, коммутации в распределительных сетях низкого напряжения, изменение температуры и т.п.

Статическая устойчивость электроэнергетических систем (ЭЭС) - устойчивость при малых возмущениях, исследуется на основе методов, которые базируются на анализе дифференциальных уравнений первого (линейного) приближения, получивших плодотворное применение и развитие в теории автоматического регулирования [1].

Проверка статической устойчивости ЭЭС заключается в определении возможности существования устойчивого режима при заданных значениях параметров энергосистемы, режимах генерирующих источников, нагрузках узловых точек и настройках автоматических устройств регулирования режима [2].

В общем случае для определения статической устойчивости требуется анализ знака вещественных частей корней характеристического уравнения системы уравнений первого приближения[3]:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n = 0, \quad (1)$$

где a_i – коэффициенты, зависящие от параметров режима и системы.

При этом условием статической устойчивости является наличие отрицательного знака вещественных частей всех корней характеристического уравнения:

$$p_{i,i+1} = \alpha_i \pm j\beta_i, \quad \alpha_i < 0, \quad i=1-n. \quad (2)$$

Наличие корней с положительной вещественной частью служит признаком неустойчивости, которая может проявляться в нарастающих колебаниях параметров режима — так называемом «самораскачивании» или в «сползании» — апериодическом уходе от положения равновесия [1,2].

При полном анализе статической устойчивости в качестве условно-эталонной принимается линеаризованная в окрестности рассматриваемого состояния модель ЭЭС. В случае одного синхронного генератора она включает: упрощенные уравнения Горева – Парка для описания генератора с учетом обмотки возбуждения и не менее двух демпферных контуров на роторе; уравнения системы возбуждения с автоматическими регуляторами возбуждения (АРВ) 5–7-го порядков[4], учитывающие элементы с постоянными временем до нескольких сотых секунды; уравнения нагрузки с учетом ее структуры.

Внедрение на электростанциях сильного регулирования возбуждения синхронных генераторов, которое при минимальных капитальных затратах обеспечивает работоспособность генераторов как обычного, так и нетрадиционного исполнения, решает вопросы повышения устойчивости и надежности процесса передачи электроэнергии, а также распределения реактивной мощности и минимизации потерь в сетях [2].

Сырдарьинская ТЭС (рис.1.) является крупнейшей тепловой электрической станцией в Узбекистане, суммарная мощность которой составляет 3000 МВт. На станции установлено 10 блоков генераторов марки ТГВ-320-2У3.

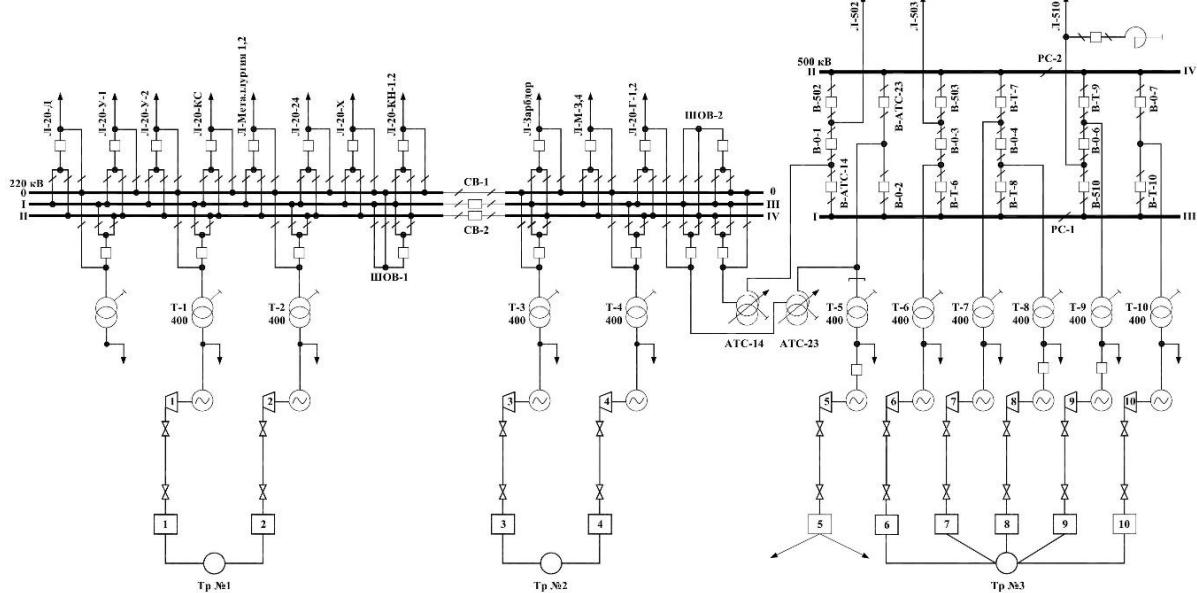


Рис. 1. Принципиальная схема Сырдарьинской ТЭС.

Для анализа статической устойчивости была создана цифровая модель электрической станции в среде DIGSilentPowerFactory. Согласно методики проверки параметров настройки систем АРВ сильного действия синхронных генераторов на цифровой модели [3], был осуществлен выбор расчетных условий.

В целях сравнения влияния автоматических регуляторов на статическую устойчивость было выбрано два варианта модели системы АРВ.

1-вариант. Система АРВ представлена регулятором пропорционально типа реагирующего на отклонение напряжения ΔU . Примем коэффициент усиления по каналу отклонения напряжения равным $k_{0u}=50$ ед.возд./ед. напр.

2-вариант. Использована схема регулятора сильного действия АРВ-СДП1, реагирующего на отклонение и скорость изменения параметров режима. Настроочные параметры системы АРВ следующие: $k_{0u}=50$ ед. возд./ед. напр; $k_{1u}=5$ ед. возд.сек./ед. напр; $k_{0f}=10$ ед. возд./ед. част.; $k_{1f}=1$ возд.сек./ед. част.; где k_{0f} , k_{1f} , k_{0u} , k_{1u} – соответствующие коэффициенты усиления по отклонению и первой производной частоты и напряжения.

Для выявления пределов по статической устойчивость будем постепенно увеличивать мощность нагрузки на шинах станции. В нормальном исходном режиме генераторы ТЭС выдавали $1917+j932.88$ МВА полной мощности, загрузка генераторов составляла 61 %.

На рис.2 представлены осциллограммы опыта при утяжелении режима для первого варианта. При постепенном увеличении нагрузки до 113 МВт произошло нарушение устойчивости в виде не затухающих колебаний.

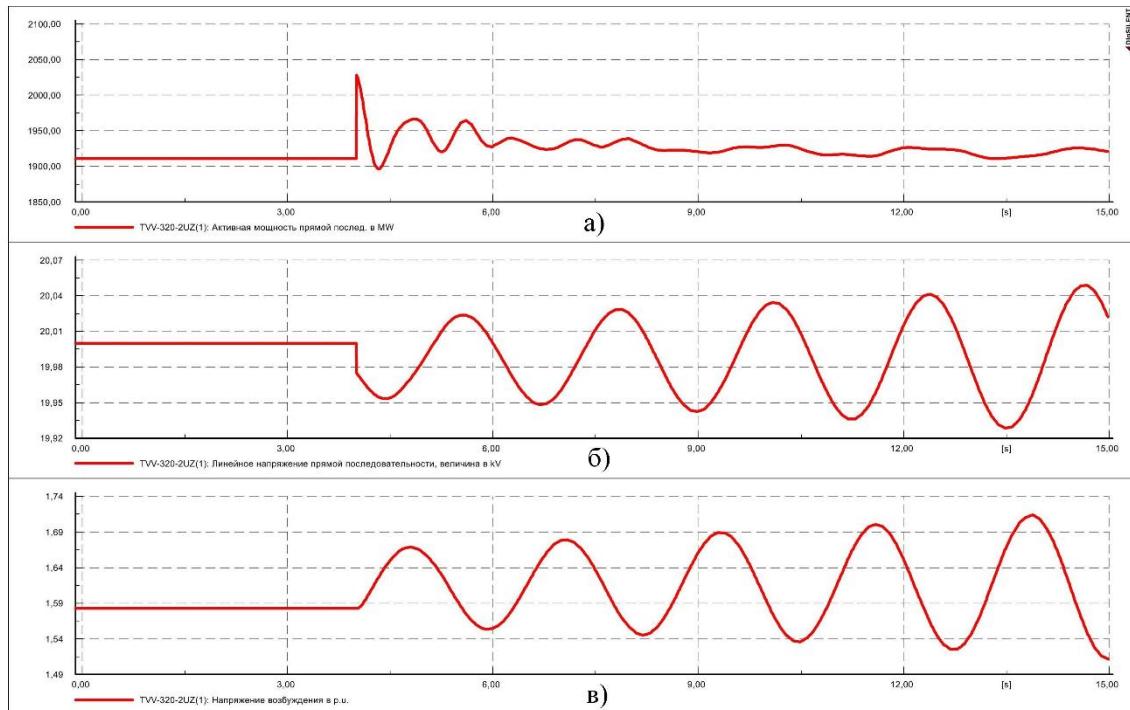


Рис.2. Осциллограммы режимных параметров согласно первого варианта: а) активная мощность генератора; б) напряжение на шинах генератора; в) напряжение возбуждения.

Проанализируем работу генератора при наличии на нем АРВ-СДП1.

Как видно из полученных характеристик (рис.3), устойчивость генератора сохраняется.

Возникшие колебания затухли в течении 3 сек., что свидетельствует об успешном действии системы АРВ-СДП1 при набросах мощности.

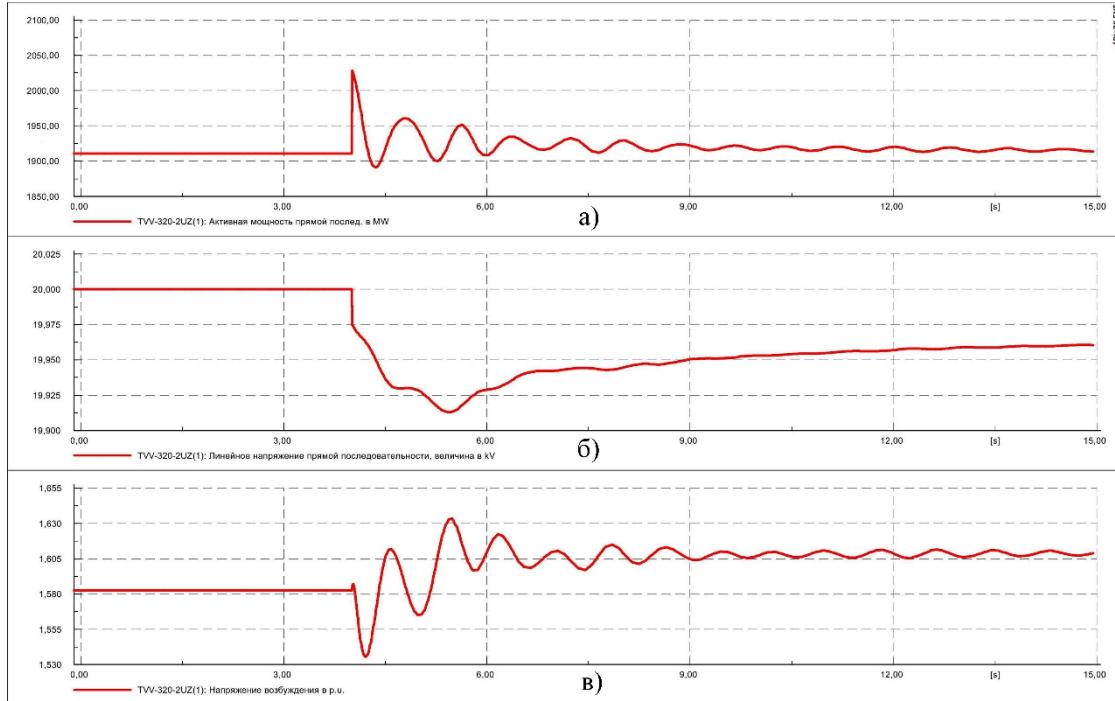


Рис.3. Осциллограммы параметров режима, согласно второму варианту: а) активная мощность генератора; б) напряжение на шинах генератора; в) напряжение возбуждения.

Введение производных в процессе регулирования позволило повлиять на колебательные процессы при малых возмущениях, однако, это способствует их затуханию и при сильных возмущениях[4]. Особенно сильное влияние оказывает вторая производная угла. Подбирая коэффициенты регулирования регулятора, можно в пределе добиться апериодического процесса даже при больших возмущениях.

Список литературы:

1. Жданов, П.С. Вопросы устойчивости электрических систем / Под ред. Л.А. Жукова. / П.С. Жданов. –М.: Энергия, 1979. – 456с., ил.
2. Веников, В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах / В.А. Веников.– М.: Высшая школа, 1984. – 536 с.
3. Стандарт организации. Требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов. Рег. номер СТО 59012820.29.160.20.001-2012 от 03.04.2012.
4. Аллаев, К.Р.Матричные методы анализа малых колебаний электрических систем / К.Р. Аллаев, А.М. Мирзабаев. –Ташкент.: «Fanvatexnologiya», 2016. – 432 с.