

УДК 621.311

**АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ
ВОЗНИКНОВЕНИИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**
**ANALYSIS OF CHANGES IN OPERATING PARAMETERS IN THE
EVENT OF ASYNCHRONOUS OPERATION IN THE POWER SYSTEM**

Р. С. Борисюк, К. Д. Короткевич, А. В. Никиперович
Научный руководитель – А. А. Волков, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

R. Borisyuk, K. Korotkevich, A. Nikiperovich
Supervisor – A. Volkov, Senior Lecturer

***Аннотация:** рассмотрена тема возникновения асинхронного хода синхронного генератора при нарушении устойчивости электроэнергетической системы. Также проведена оценка параметров, характеризующих асинхронный режим.*

***Abstract:** the article discusses the topic of the occurrence of asynchronous running of a synchronous generator in case of a violation of the stability of the electric power system. An assessment of the parameters characterizing the asynchronous mode was also carried out.*

***Ключевые слова:** асинхронный ход, годограф, синхронный генератор, короткое замыкание, относительный угол ротора, устойчивость, скольжение.*

***Keywords:** asynchronous running, hodograph, synchronous generator, short circuit, relative rotor angle, stability, sliding.*

Введение

Асинхронный ход синхронного генератора при нарушении устойчивости электроэнергетической системы – это одна из серьезных проблем, которая может возникнуть в работе энергетических систем. Когда происходит нарушение устойчивости системы, синхронный генератор может потерять синхронизацию с сетью и начать работать на частотах, отличных от номинальных, что ведет к его асинхронному ходу.

Исследование асинхронного хода синхронного генератора при нарушении устойчивости электроэнергетической системы имеет большое практическое значение для обеспечения надежной работы электроэнергетических систем. Программа «Мустанг» является инструментом для анализа и моделирования электроэнергетических систем, позволяя проводить комплексный анализ работы синхронных генераторов при возможных нарушениях устойчивости. В данном исследовании мы рассмотрим асинхронный ход синхронного генератора, смоделированный в данной программе.

Основная часть

В качестве объекта моделирования выбрана электроэнергетическая система (ЭЭС), схема замещения которой представлена на рис. 1.

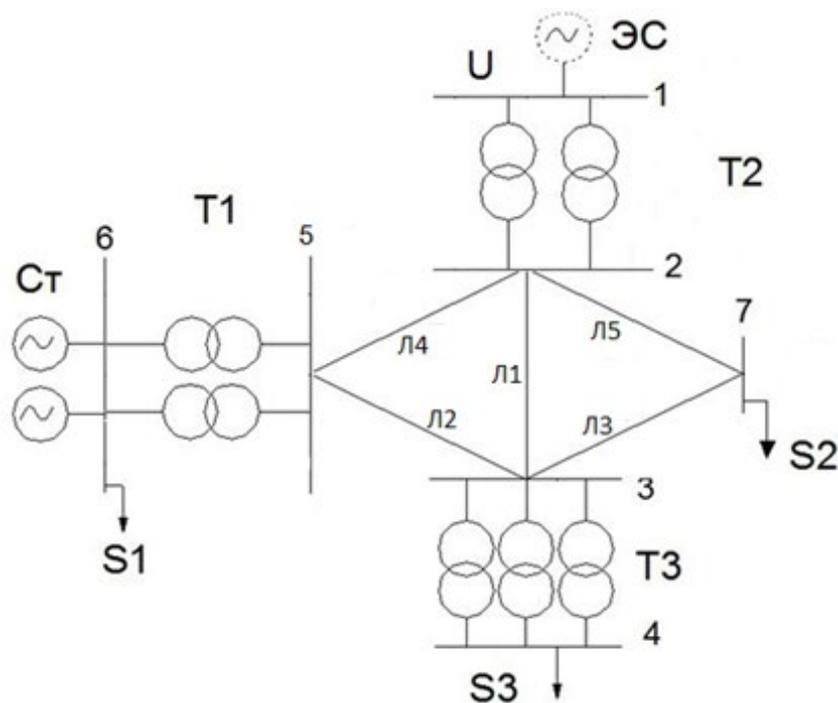


Рисунок 1 – Принципиальная схема замещения электрической системы

Исследовалась динамическая устойчивость при коротком замыкании (КЗ) на линии электропередачи вблизи шин электростанции (узел 5).

Рис. 2 показывает изменение скольжения от времени. До возникновения КЗ (t от 0 до 0,1 с) скольжение равно нулю, что характеризуется нормальным режимом работы синхронного генератора (СГ). При КЗ (t от 0,1 до 0,45 с) скорость вращения ротора стремительно возрастает, что ведет к росту скольжения. После отключения поврежденного участка, ротор генератора пытается затормозиться, что проявляется некоторым снижением значения скольжения. Однако при этом скорость ротора не успевает снизиться до синхронной, угол дельта становится больше критического, соответственно на генератор снова начинает действовать избыточный ускоряющий момент, скольжение увеличивается. СГ переходит в асинхронный режим (АР), что характеризуется значением скольжения отличным от нуля.

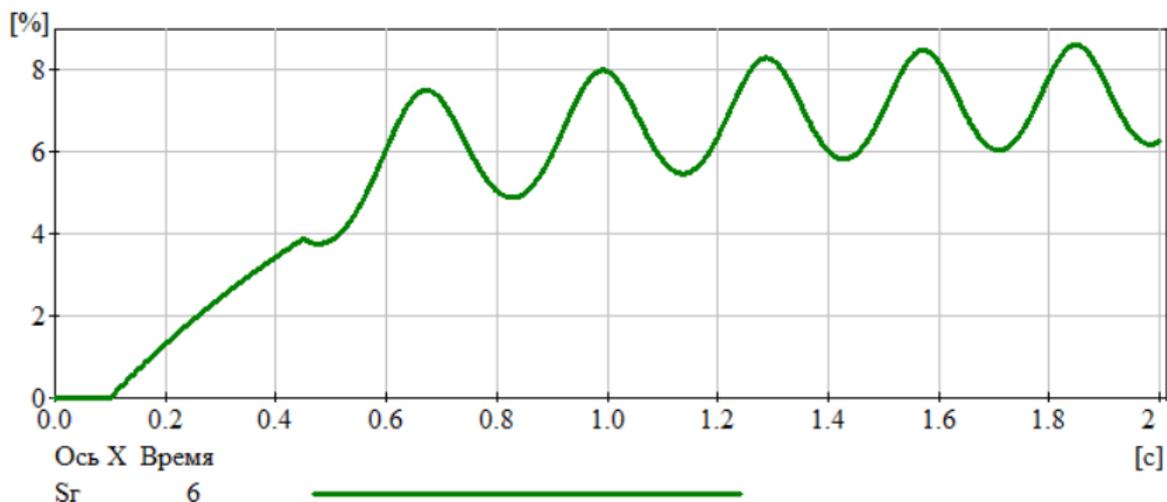


Рисунок 2 – Зависимость скольжения от времени при асинхронном ходе

Однако, данная величина колеблется около своего среднего значения, что объясняется несимметрией ротора СГ и изменением частоты вращения турбины под действием автоматических регуляторов скорости. Спроектированный график олицетворяет данное утверждение.

Рис. 3 отражает характер изменения мощности СГ. До КЗ мощность имеет постоянное значение. В момент КЗ активная мощность падает до нуля.

После срабатывания релейной защиты (РЗ) активная мощность периодически колеблется. График изменения активной мощности показывает, что за один период асинхронного хода знак активной мощности меняется дважды. Это означает, что генератор работает как синхронная машина в генераторном режиме в течение первой половины периода и как двигатель во второй половине. Средняя активная мощность генератора соответствует асинхронной составляющей. Качание асинхронной мощности происходит из-за того, что она пропорциональна скольжению. При определенных условиях генератор может работать только в режиме пульсации.

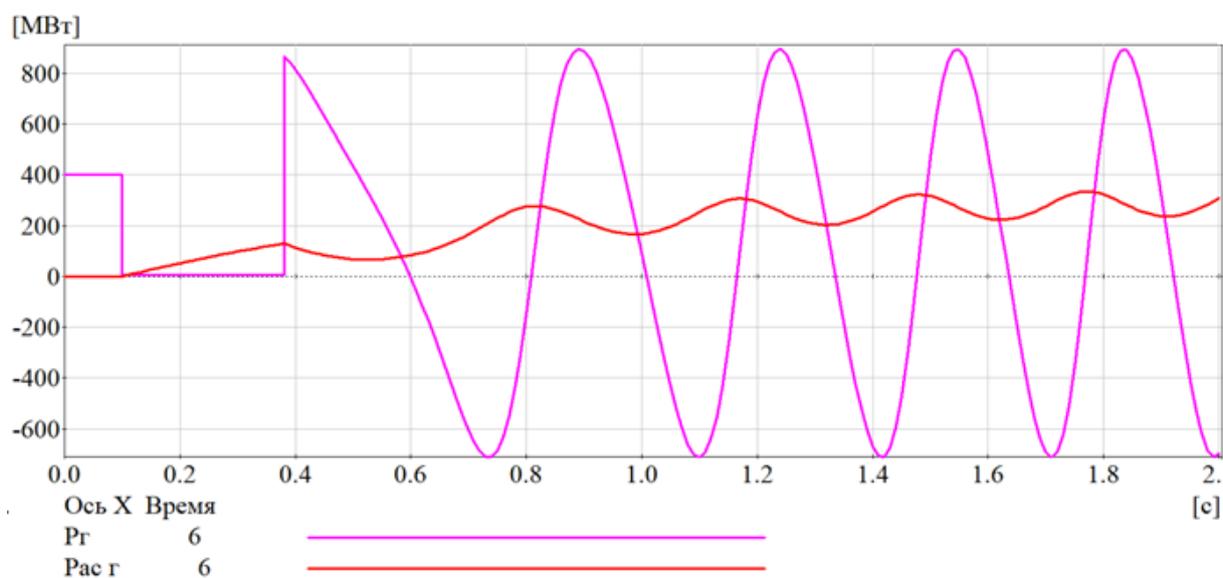


Рисунок 3 – Изменение активной, полной и асинхронной мощностей СГ при АР

На рис. 4 изображено изменение относительного угла ротора при нарушении устойчивости электроэнергетической системы [1].

Угол между составляющими электродинамическими силами (ЭДС) генератора и энергосистемы до возникновения КЗ равен нулю и имеет постоянный характер, в соответствии с нормальным режимом работы генератора. В момент аварии угол начинает резко расти, т. к. растет скорость вращения ротора генератора. После отключения поврежденного участка дифференциал скорости изменения угла уменьшается до нуля и остается постоянным. Соответственно угол между несинхронными ЭДС периодически изменяется от 0 до 360 градусов.

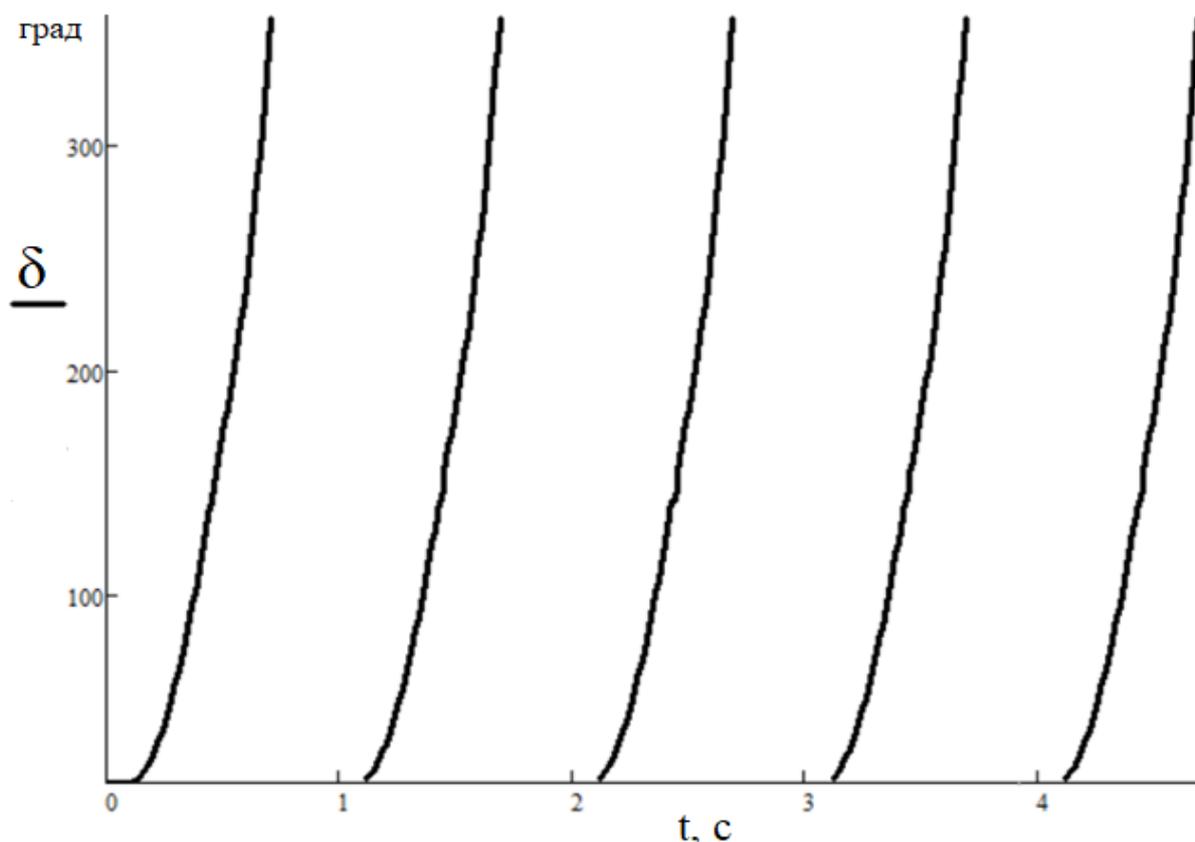


Рисунок 4 – Изменение относительного угла ротора при КЗ

В асинхронном режиме значение тока периодически изменяется (рис. 5), при этом его максимальное значение превышает токи нормального режима, что может представлять опасность для оборудования электрических сетей.

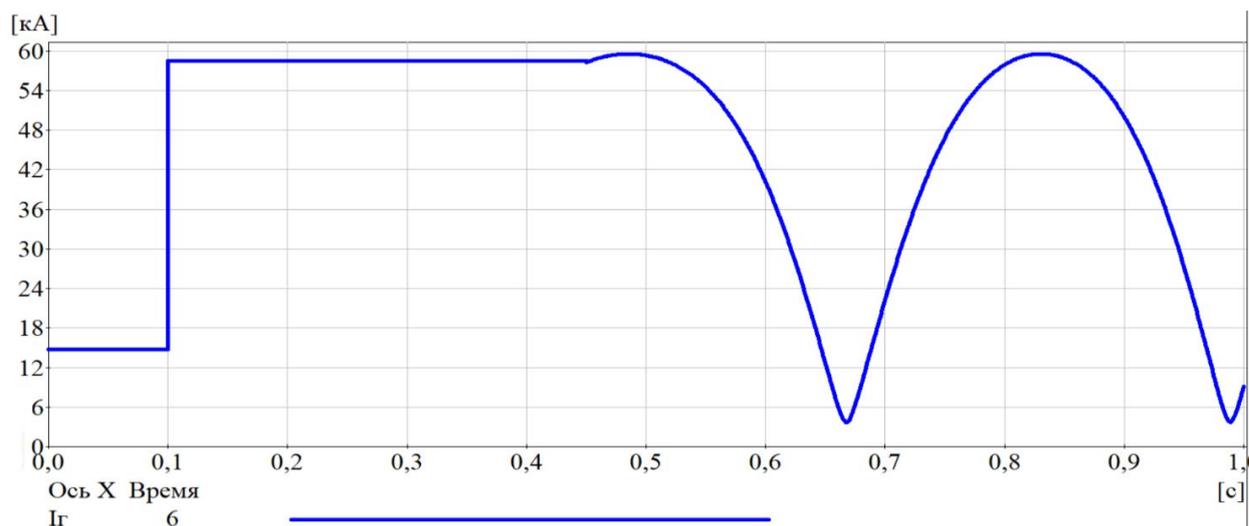


Рисунок 5 – Изменение тока при асинхронном режиме

Напряжение в различных точках сети изменяется от своего минимального до максимального значения (рис. 6). Минимум достигается при угле 180 градусов, максимум при угле 360 градусов. Глубина падения напряжения зависит от точки рассматриваемой сети [2].

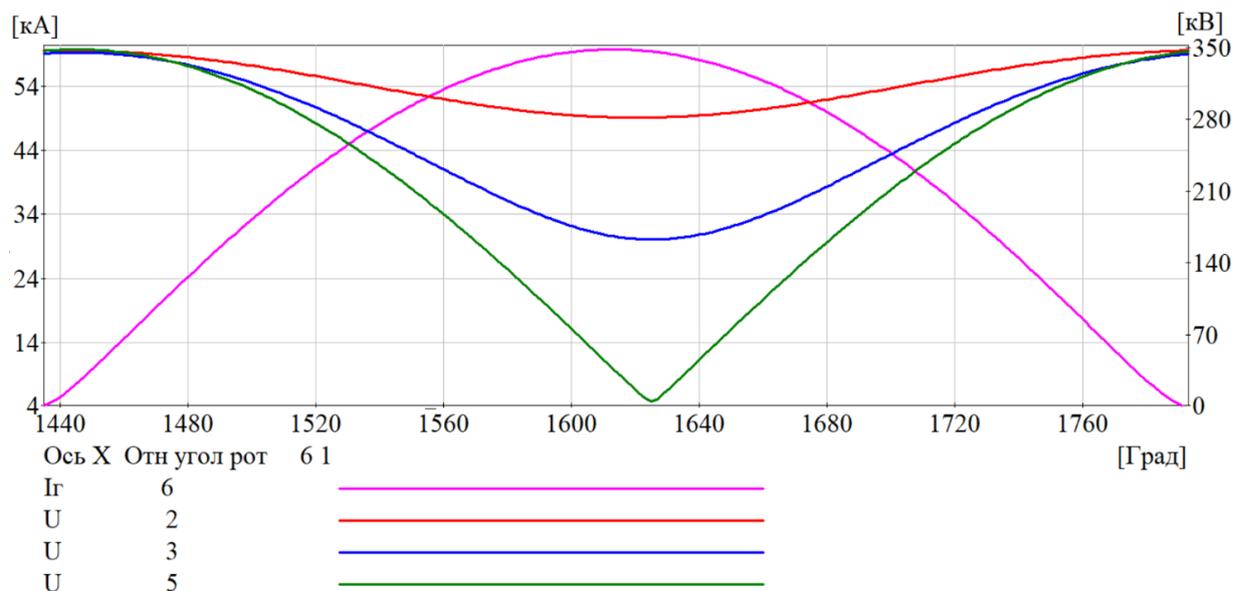


Рисунок 6 – График изменения напряжений и тока генератора от относительного угла ротора

При КЗ возрастает асинхронная мощность, что мы описали выше. Мощность турбины генератора остается постоянной при отсутствии автоматического регулятора скорости. Данное суждение отражает график, представленный на рис. 7. Точка пересечения отражает установление асинхронного режима.

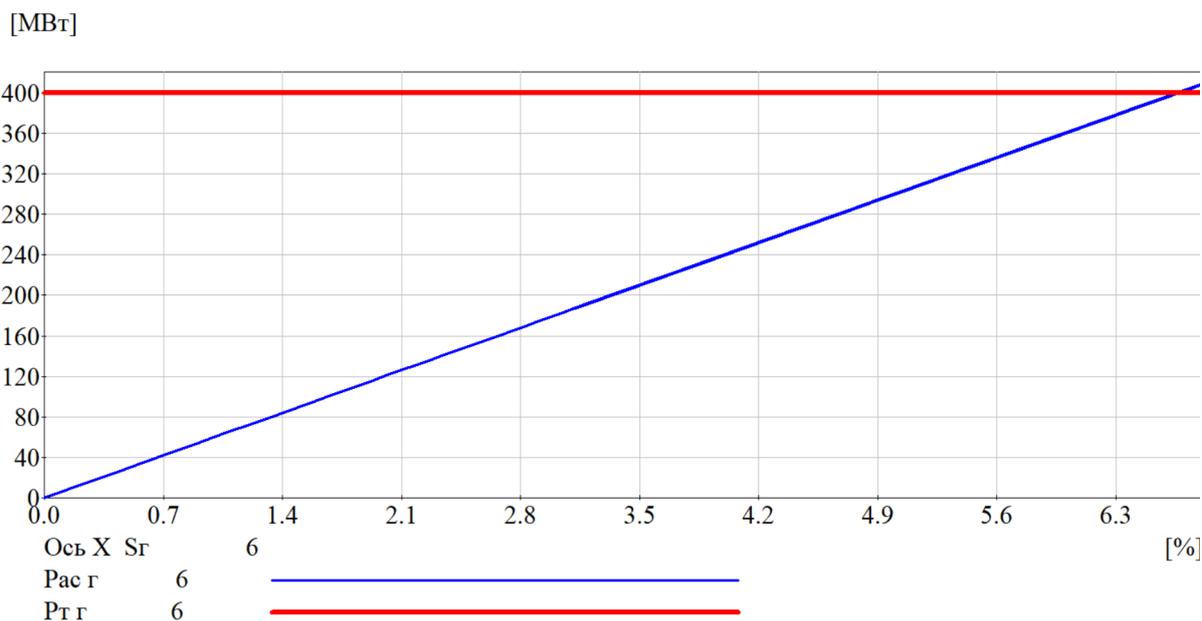


Рисунок 7 – График изменения асинхронной мощности и мощности турбогенератора от скольжения

Заключение

В ходе работы при помощи программы «Мустанг» была составлена модель ЭЭС и был произведен анализ изменения характеристик СГ при асинхронном ходе. Рассматривались режимные параметры до КЗ, в момент возмущения и после отключения поврежденного участка для случаев

сохранения и нарушения устойчивости. Характер изменения режимных параметров при асинхронном ходе отличается от режима КЗ и синхронных качаний, что позволяет выявить асинхронный режим.

Литература

1. Переходные процессы в системах электроснабжения : учебник для вузов / Г. Г. Пивняк [и др.]. – 3-е. изд.– Москва : Энергоатомиздат: Днепропетровск : НГУ, 2003. – 548 с.
2. Калентионок, Е. В. Устойчивость электроэнергетических систем / Е. В. Калентионок. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 376 с.
3. Веников, В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах : учебник для электроэнергетических специальностей вузов / В. А. Веников. – 4-е. изд.– М. : Высш. шк., 1985. – 536 с.