

## АСИНХРОННЫЙ РЕЖИМ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ И ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА

*Джунуев Т.Т., Кыргызский государственный технический университет, к.т.н., кафедра «Электроэнергетика», e-mail: [timahaa@mail.ru](mailto:timahaa@mail.ru)*

*Куданалиев Э.Т., ОАО «Национальная электрическая сеть Кыргызстана», e-mail: [emiltk@mail.ru](mailto:emiltk@mail.ru)*

*Мамакеева А.К., Кыргызский государственный технический университет, преподаватель, кафедра «Электроэнергетика», e-mail: [aijan\\_297@mail.ru](mailto:aijan_297@mail.ru).*

**Аннотация:** Возможность работы генераторов без возбуждения повышает надежность снабжения электроэнергией потребителей и снижает аварийность, так как при потере возбуждения, не вызванной причинами, угрожающими сохранности генератора, он может быть оставлен в работе в асинхронном режиме.

**Ключевые слова:** устойчивость, электроэнергетические системы, автоматика, асинхронный режим, синхронный генератор, явнополюсные и неявнополюсные генераторы, активная мощность, ротора, скольжение, возбуждение, реактивная мощность, гашение поля, блокировка, надежность, электроснабжение, быстродействие, нагрузка.

## ASYNCHRONOUS SYNCHRONOUS MODE AND CHANGE MODE PARAMETERS

*Dzhunuev T.T., Kyrgyz State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Department of "Electric Power Engineering", e-mail: [timahaa@mail.ru](mailto:timahaa@mail.ru)*

*Kudanaliev E.T., OJSC National Electric Network of Kyrgyzstan, e-mail: [emiltk@mail.ru](mailto:emiltk@mail.ru)*

**Annotation:** The ability to operate generators without excitation increases the reliability of the supply of electricity to consumers and reduces the accident rate, since with a loss of arousal that is not caused by factors that threaten the safety of the generator, it can be left in operation asynchronously.

**Keywords:** stability, electric power systems, automatics, asynchronous mode, synchronous generator, over-pole and over-pole generators, active power, rotor, slip, excitation, reactive power, field blanking, blocking, reliability, power supply, speed, load.

Анализ нарушения устойчивости электроэнергетических систем показывает, что значительная их часть могла бы быть предотвращена за счет выполнения более точных расчетов устойчивости на этапе проектирования и настройки системой автоматики или за счет правильного ведения режима.

Из большого многообразия возмущающих факторов, возникающих в ЭЭС и приводящие к переходным процессам из одного режима в другой, являются асинхронные режимы.

Общая теория асинхронных режимов синхронных машин в литературе рассматривалась неоднократно [1-2]. Однако многое в этом вопросе оставалось невыясненным, о поведении которых при асинхронных режимах до последнего времени существовало мнение, что момент, развиваемый синхронным генератором, при асинхронном режиме незначительный.

Этот вывод распространяется как на явнополюсные, так и неявнополюсные генераторы, т.е. считалось, что асинхронный режим для всех синхронных генераторов недопустим. Считалось, что генератор, потерявший возбуждение, в асинхронном режиме сможет отдавать активную мощность, близкую к номинальной, только при скольжении 2-5%. При таких скольжениях в роторе будут иметь место потери, в несколько раз превышающие нормальные потери, поэтому такой режим считался опасным для машин. Практически это выражалось в этом, что при потере возбуждения требовалось немедленное отключение от сети синхронных генераторов, установка для этой цели специальных защит, блокировок и т.п. Так, например, при случайном отключении автомата гашение поля, тут же шла команда на отключение генератора, предписывалось немедленное отключение генераторов при всех прочих причинах потери возбуждения.

При рассмотрении допустимости асинхронного режима важным является вопрос о возможности дополнительного потребления реактивной мощности от системы при потере возбуждения. Невозможность обеспечить дополнительную реактивную мощность выдвигается в качестве второго довода (первый – опасность повреждения машины) против допустимости сохранения в работе генератора, потерявшего возбуждение. При этом не рассматривается вопрос о покрытии этого дополнительного потребления реактивной мощности за счет увеличения возбуждения других генераторов. Эта возможность появляется за счет внедрения АРВ с большим быстродействием. Поэтому и эта указанное возражение становится несостоятельным.

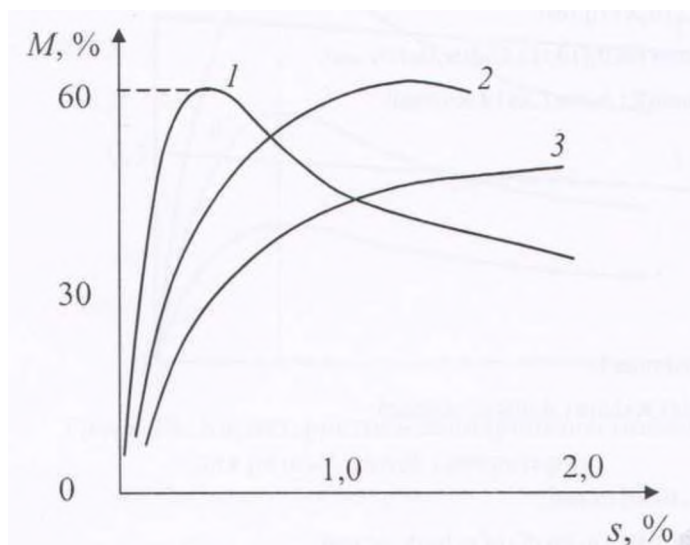
Возможность работы генераторов без возбуждения повышает надежность снабжения электроэнергией потребителей и снижает аварийность, так как при потере возбуждения, не вызванной причинами, угрожающими сохранности генератора, он может быть оставлен в работе в асинхронном режиме.

Данный вопрос приобретает актуальность, если речь идет об ЭЭС ограниченной мощности, когда отключение даже одного генератора существенно сказывается на режим энергосистемы.

К примеру, на реконструируемой Бишкекской ТЭЦ введены два блока по 150 МВт и если учесть, что мощность нагрузки Бишкекского энергоузла зимой составляет 400-500 МВт, то отключение даже одного блока приводит к дефициту порядка 20-25%. Это ощутимо и повлечет за собой действия автоматики, начнут срабатывать ступени АЧР. В технологической части ТЭЦ начнется разгрузка блока (охлаждение и т.д.), с последующим разворотом блока при включении генератора в сеть. Все вышеуказанное может привести к системной аварии, т.е. энергосистема разделится на две части с разными частотами (т.е. наступит, так называемый, двухчастотный режим). И такие случаи в Кыргызской энергосистеме были.

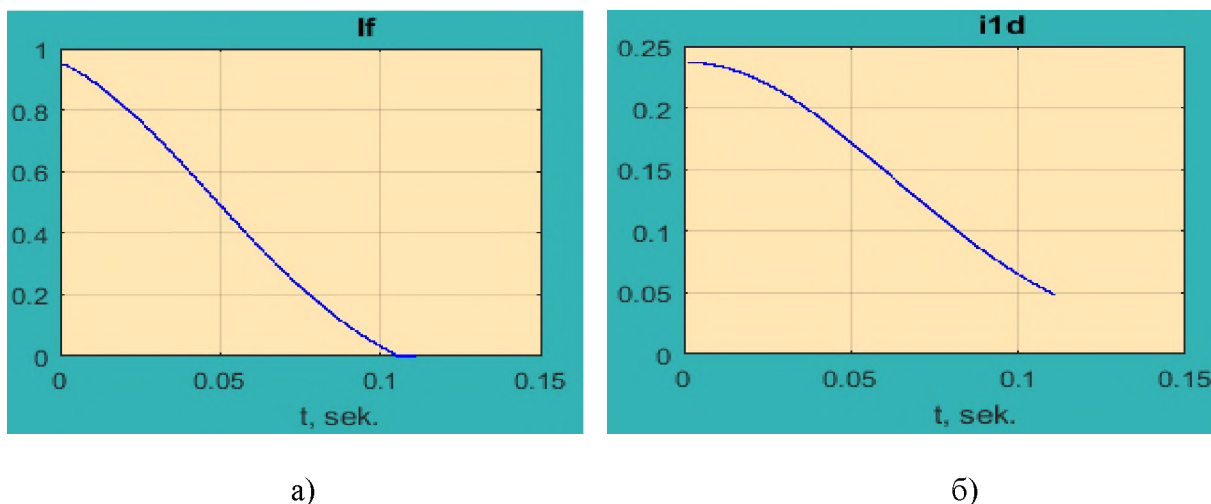
За время работы в асинхронном режиме появляется возможность выяснить причину потери возбуждения и принять меры к его восстановлению от своего или резервного возбуждения. В худшем случае, если возбуждение не может быть восстановлено от своего или резервного возбудителя. В худшем случае, если возбуждение не может быть восстановлено без останова генератора, то, если это возможно по режимным условиям, перевести нагрузку на другие генераторы. Возможность даже кратковременной работы синхронного генератора в асинхронном режиме позволяет значительно упростить переход на резервное возбуждение.

Зависимость асинхронного момента от скольжения приводит к периодическому изменению  $M_{ac}(s)$  и к колебаниям мощности в 5-7 %, поэтому асинхронный режим без возбуждения, строго говоря, не является установившимся. Обычно характеристику  $M_{ac}(s)$  приводят для усредненного асинхронного момента. На рис. 1 изображена такая характеристика для гидрогенератора мощностью 300 МВт. Кривая 1 соответствует замкнутой накоротко обмотке. В случае 2 обмотка ротора замкнута на гасительное сопротивление, равное пятикратному значению сопротивления обмотки возбуждения. Третья характеристика соответствует разомкнутому состоянию обмотки. Все характеристики определены при нормальном напряжении сети.



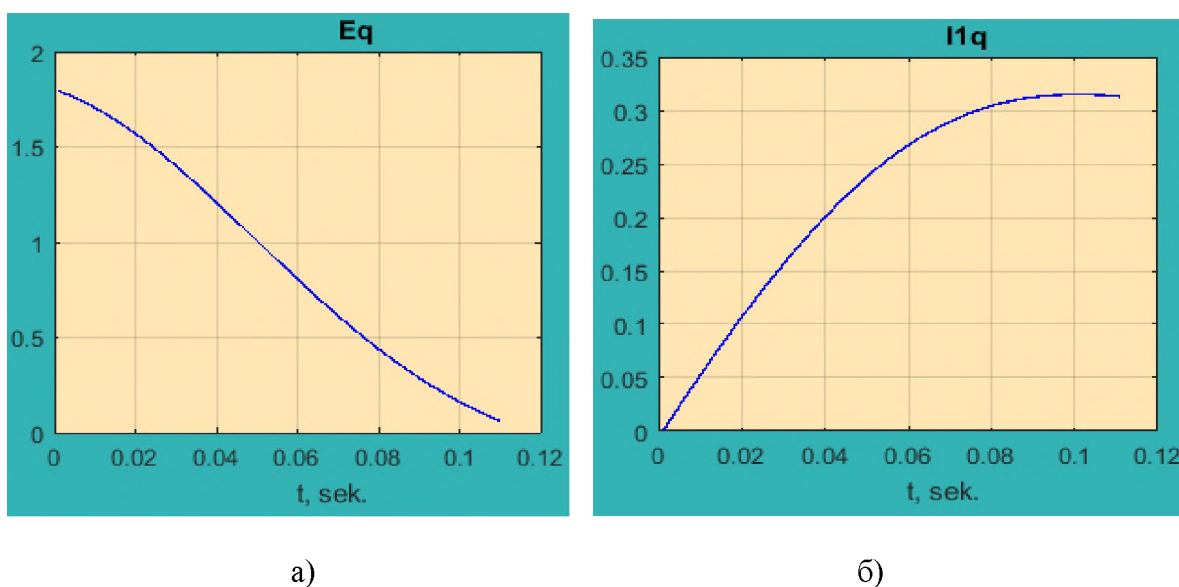
**Рис. 1. Усредненная характеристика асинхронного момента генератора в зависимости от состояния обмотки возбуждения**

Расчеты асинхронных режимов при потере возбуждения по полным уравнениям Парка-Горева показывает, что [3-5] гашение магнитного поля ротора при потере возбуждения состоит из двух стадий: первой – когда в дугогасящей решётке горит дуга и соответственно, ток ротора протекает как в ОВ, так и в демпферной обмотке (рис. 2, а, б); второй – когда дуга погасла и ток в ОВ  $i_f=0$ , но ток в демпферной обмотке ещё не затух (рис. 2, а, б). Время гашения дуги составляет около 0,11 с.



**Рис. 2. Изменение токов в ОВ и демпферной обмотке при гашении магнитного поля ротора**

С уменьшением тока возбуждения уменьшается и э.д.с.  $E_q$  (рис. 3, а) и при  $i_f=0$ , э.д.с.  $E_q=0$ .



**Рис. 3. Изменение э.д.с.  $E_q$  и тока в поперечной демпферной обмотке  $i_{1q}$ .**

В поперечной оси машины изменение магнитных потоков отсутствует, поэтому поперечный ток  $i_q$  до момента погасания дуги остается неизменным (рис. 4, а), равным своему предшествующему значению и соответственно, ток  $i_{1q}$  в поперечной демпферной обмотке (рис. 3, б) на этом промежутке равен 0.

2. Dzhunuev T.T. Calculations of asynchronous modes of turbogenerators with a loss of excitation. Theoretical and applied scientific and technical journal "Izvestia", KSTU, №3 (36), 2015.

3. Dzhunuev T.T., Mamakeeva A.K. A complete model of a synchronous machine in asynchronous mode with loss of arousal. Methodical issues of the study of the reliability of large energy systems: Vol. 68. Research and ensuring the reliability of energy systems / Resp. ed. N.I. Voropay - ISEM SB RAS, 2017 - 682 p.

4. Dzhunuev T.A. Analysis of emergency operation of the power system in the absence of emergency operation. Energy: Management, quality and efficiency of energy use Blagoveshchensk, 2015

5. Dzhunuev T.T., Abdyldaeva M.T. Calculations of asynchronous modes of turbogenerators with a loss of excitation. Theoretical and applied scientific and technical journal Izvestia KSTU, №3 (36), - Bishkek, 2015. - P.179-183.