

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, СЕТИ И СИСТЕМЫ»

*На правах рукописи*

НАРЗИКУЛОВ АКТАМЖОН ТУРДИКУЛОВИЧ

**РЕГУЛИРОВАНИЕ ТУРБИНЫ ТАЛИМАРДЖАН ЭС КАК  
СРЕДСТВА УЛУЧШЕНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И  
УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание степени бакалавра по направлению  
5520200-«Электроэнергетика»

Зав. кафедрой

доц. Гайибов Т.Ш.

Руководитель

доц. Хайдаров С.Д.

Ташкент -2013 г

## **Аннотация**

Ушбу малакавий - бити्रув иши электроэнергетик системанинг динамик ва авариядан кейинги режимларда статик турғунлигини ошириш омилларига бағищланган. Битириувишида Толлимуржон иссиқлик электр станцияси мисолида электр системанинг динамик ва статик турғунлигини ошириш учун бўғ турбиналарни автоматик импульсли юксизлантириш, бошқариш ва ростлашга таълўкли материаллар ёритилган. Системада бўғ турбиналарини тўғри ва экспоненциаль шаклдаги импульслар ва ва ўзок муддатга юксизлантириш орқали электромеханик ўткинчи жараён сифатини яхшилаш ва системанинг турғунлигини ошириш йуллари қаралган. Бу масалани ечиш учун бўғ турбиналарининг структураси ва блокларнинг ўзаро узвийликда ишлаш тартиби билан танишилди. Турбиналарни юксизлантиришда юксизлантириш импульсининг шакли (туғри бурчакли ёки экспоненциаль куринишида) ва импульсни олиш, хамда бошқариш тартиби кенг ёритилган.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>I. Введение</b>	стр.
<b>I.1. ХАРАКТЕРИСТИКА, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ</b>	5
<b>II. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ВНЕЗАПНЫХ НЕБАЛАНСОВ МОЩНОСТИ</b>	
2.1. Аварийное управление мощностью электростанций и энергосистем	11
2.2. Принцип аварийного управления мощностью тепловых электростанций	21
2.3. Разгрузки турбины и ее использование для сохранения устойчивости	31
<b>III. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ВНЕЗАПНЫХ НЕБАЛАНСОВ МОЩНОСТИ</b>	
3.1. Динамика изменения частоты в электрической системе	37
3.2. Характеристика блока – котел турбины при аварийном управления	43
3.3. Основные требования к блокам котел – турбины и их системам регулирования с точки зрения использования РТ для повышения устойчивости	50
<b>IV. РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ ДЛИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ ТУРБИН</b>	
4.1. Моделирование тепловых электрических станций	58
4.2. Расчет нормального режима электрической системы	66
4.3. Расчет аварийного режима электрической системы при внезапном небалансе активной мощности	70
<b>V. ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩИЙ СРЕДЫ</b>	86
<b>VI БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНEDЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>	74
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	90
<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	91

## **I. ВВЕДЕНИЕ**

### **1.1. Общая характеристика проблем устойчивости и противоаварийного управления в энергетических системах**

В процессе развития и объединения энергосистем (ЭС) от этапа образования первых районных энергосистем до настоящего этапа, происходили существенное изменения структуры, особенностей режимов и свойство ЭС как объектов управления. Задачи обеспечения надежной и экономичной работы ЭС усложнялись, и для их решения требовались разработки и внедрение новых, все более совершенных методов и средств управления нормальными и аварийными режимами: соответственно изменялись цели и содержания исследований по управлению и регулирования режимами ЭС.

Быстрота аварийных процессов явились первопричиной внедрения автоматических устройств уже в первый период развития энергосистем. Необходимость очень быстрого, недоступного человеку вмешательства в случае возникновения аварии привела к созданию автоматических устройств, предназначенных для работы в аварийных условиях. Эти устройства можно назвать автоматикой надежности энергетической системы. К ним относится в первую очередь релейная защита (РЗ) от коротких замыканий, затем автоматик аварийной разгрузки, включения резерва, повторного включения и другие аналогичные устройства. Несколько позже стали внедряться автоматические устройства для регулирования качества энергии – автоматические регуляторы частоты и напряжений.

Регулирования качества энергии не требует быстрых операций, и поэтому в ранних стадиях энергосистемах частоты и напряжений производились путем действий оперативного персонала. Возросшие требования последних лет заставили распространить функции регулирования на большее число объектов, что затруднительно с точки зрения необходимости координации действий оперативного персонала, а с другой стороны, утомительность непрерывного наблюдения за величиной регулируемого параметра и как следствие снижение качества регулирования также привели к необходимости применения автоматических устройств и для регулирования качества энергии.

Управления системой получило название диспетчерского управления (ДУ). Оно осуществляется специальными подразделениями энергосистемы. По сути ДУ является кибернетическим управлением, т.е. целенаправленным оптимальным управлением сложной системы.

В соответствии с общими принципами кибернетики для осуществления своей основной задачи ДУ должно:

- а) получать общую и достаточно полную информацию как о свойствах и характеристиках отдельных элементов электрической системы, так и оперативную информацию об их состоянии в данный момент времени;
- б) иметь возможность достаточно быстро переработки этой информации для определения сигналов оптимального управления;
- в) иметь возможность достаточно быстро и без искажения передавать сигналы оптимального управления на места персоналу энергетических объектов и устройствам телеуправления для выполнения оптимального управления;
- г) иметь обратные связи для контроля за выполнением указанных сигналов или действий и их результатом, а также для корректировки сигналов в случае необходимости;
- д) иметь устройства для регистрации и анализа работы энергетической системы с целью накопления опыта;
- е) иметь возможность прогнозирования и планирования работы энергосистемы в будущем.

В настоящие времена диспетчеры энергосистем выполняют следующие важнейшие оперативные функции по управлению ЭС:

- 1) регулирование частоты и оптимальное распределение активных мощностей с учетом запланированного режима гидростанции;
- 2) регулирование напряжений в основных узловых точках электрических сетей и оптимальное распределение реактивных мощностей в ЭС;
- 3) установление, поддержание и оптимальное распределение резерва активной мощности путем выбора очередности и времени включения и отключения агрегатов электростанций;
- 4) изменение схемы основных электрических сетей и станций с учетом необходимости ограничения токов и мощностей коротких замыканий и обеспечения устойчивости работы ЭС;
- 5) вывод в ремонт и включение в работу после ремонта важнейшего оборудования ЭС, а также допуск к работам на высоком напряжении на важнейших объектах ЭС;
- 6) предотвращение и ликвидации системных аварий;
- 7) ликвидация значительных аварий с потерей электроснабжения части потребителей.

В процессе работы ЭС происходит непрерывное изменения потребляемой мощности, выдаваемой генераторами. При отсутствии регулирования эти изменения мощности вызывают отклонения напряжений и частоты в системе от их нормальных значений и, следовательно, приводят к ухудшению качества электрической энергии.

Изменения напряжений и частоты особенно резко проявляются в аварийных условиях, например при внезапных отключениях генераторов большой мощности, при коротких замыканиях в сети. В этих условиях нарушается баланс между подводимой механической и отдаваемой электрической мощностью у отдельных агрегатов; генераторы могут выходить из синхронизма, нарушая устойчивость работы системы.

Аварии с нарушением устойчивости электрических систем (ЭС) приносят колоссальный материальный ущерб народному хозяйству. При оснащении ЭЭС устройствами автоматического регулирования (АР) такие аварии становятся маловероятными.

Для управления режимом работы каждого агрегата и системы в целом в соответствии с требованиями повышения качества электроэнергии, экономичности работы системы, необходимо производить соответствующие изменения первичных условий. Так, например, для восстановления напряжения в системе, после его аварийного понижения, необходимо произвести соответствующее изменение возбуждения генераторов; для восстановления частоты в системе необходимо произвести соответствующее изменение подачи воды или пара в турбины.

Различают статику регулирования и динамику регулирования. Под статикой регулирования понимается установление заданного соотношения между регулируемой величиной и фактором, служащим причиной ее изменения, в условиях установившихся режимов. Под динамикой регулирования понимается то же, но условиях переходного процесса.

При любом отклонении регулируемой величины от заданного значения регулятор должен прийти в действие, установить величину или к ее первоначальному значению или к значению, близкому к первоначальному.

Регулятор должен обладать достаточной чувствительности и мощностью. Чтобы удовлетворить обоим указанным требованиям с помощью какого – либо одного элемента конструктивно не представляется возможным. Поэтому каждый регулятор, как правило, состоит из нескольких элементов/:

Отклонение регулируемой величины от нормального значения выявляется измерительным элементом регулятора. Однако исполнительный элемент приходит или прекращает действие несколько позднее соответствующего действия измерительного элемента. Если за время запаздывания установиться нормальное значение регулируемой величины и измерительный элемент вернется в исходное положение, то исполнительный элемент по инерции некоторое время еще будет продолжать свое действие в том же направлении.

С точки зрения выявления отклонения регулируемой величины, достаточного для действия измерительного элемента регулятора, имеются две основные разновидности регулирования: регулирования по мгновенному значению отклонения регулируемой величины и регулирование по интегральному отклонению регулируемой величины за какой - то промежуток времени.

В первом случае – измерительный элемент регулятора приходит в действие при некотором отклонении эффективного значения регулируемой величины от нормального значения. Этот способ имеет широкое применение, как при регулировании напряжения, так и при регулировании частоты.

Во втором случае – измерительный элемент регулятора приходит в действие при наличии отклонения регулируемой величины в течение некоторого промежутка времени, так как отдельные кратковременные отклонения регулируемой величины достаточны для его действия. Такой способ применяется, например, при регулировании частоты в ЭЭС: измерительный элемент регулятора в действие при некотором отклонении показания приборов.

С точки зрения воздействия на регулируемую величину все способы регулирования напряжения и частоты могут быть разбиты на следующие две основные разновидности:

- способы непрерывного регулирования;
- способы импульсного регулирования.

При непрерывном регулировании измерительный элемент регулятора воздействует на его исполнительный элемент непрерывно до тех пор, пока регулируемая величина не достигнет заданного значения.

При импульсном регулировании измерительный элемент воздействует на его исполнительный элемент короткими импульсами, постепенно, толчками изменяя регулируемую величину.

Одной из важнейших задач электроэнергетики является обеспечение устойчивости параллельной работы электростанций и энергосистем, нарушение устойчивости которых приводит к обесточиванию большого числа потребителей электроэнергии, повреждению оборудованию электростанций и сетей и другим тяжелым последствием.

Повышение устойчивости и разработка мероприятия по ее обеспечению является неотъемлемой частью работ по проектированию энергосистем, выбору их оборудования и устройств системной автоматики, а также по выбору оптимальных режимов эксплуатации. Вопросы анализа устойчивости режимов электрических систем имеют большое значение,

так как обеспечение устойчивости является необходимым условием существования режимов системы.[3, 5].

Внедрению новых общесистемных мероприятий по повышению устойчивости электрической системы уделялось большое внимание во всем этапе развития энергосистем. Поэтому разработки новых методов и средств повышения динамической устойчивости получили значительное развитие. В комплексе мероприятий, применение которых стало обязательным для энергосистем входят:

- применение автоматических регуляторов возбуждения с быстродействующей форсировкой возбуждения синхронных машин при аварийном ее снижении напряжения;
- оснащение всех генераторов, синхронных компенсаторов и синхронных двигателей автоматическими регуляторами возбуждения сильного действия;
- ускорение действия выключателей и релейной защиты;

Высокая эффективность этих мероприятий была подтверждена опытом эксплуатации и специальными исследованиями, и они сохранили свое значение и на этапах организации мощных объединенных энергосистем и организации их параллельной работы в составе объединяемых энергосистем. Неблагоприятными последствиями объединение отдельных электрических станций и установок в систему является распространение аварийных нарушений режима одной станции и части системы на всю электрическую систему и возникновения проблемы устойчивости параллельной работы электрических генераторов в системе. В предотвращении нарушений работы энергосистем из-за недопустимого снижения напряжения и частоты. Для анализа нормальных и аварийных процессов и для решения вопросов связанных с организацией параллельной работы энергосистем и внедрения средств автоматического управления режимами, потребовалось определение ряда параметров и характеристик энергосистем [2, 3, 5].

Наиболее тяжелые аварии, в электрических системах связанные с наибольшими народно-хозяйственными ущербами происходят при нарушении устойчивости параллельной работы генераторов. Режим электрической системы при этом на длительное время полностью нарушается, даже при исправном оборудовании и отсутствии ошибок. Развитие аварии при этом имеет цепочечный характер, приводящий к серьезной системной аварии с нарушением нормального электроснабжения. Тяжелые последствия таких аварий заставляют уделять значительное внимание вопросам увеличения устойчивости как при проектировании электрических систем, так и в эксплуатации.

Новые задачи повышения устойчивости возникали в связи с вводом в эксплуатацию крупных тепловых электрических станций (ТЭС) и с мощными

энергоблоками, характеристики которых неблагоприятны по условиям устойчивости. Одним из основных мероприятий по повышению устойчивости линий электропередач (ЛЭП) от блочных ТЭС является отношение генераторов ТЭС с усовершенствованными автоматическими регуляторами возбуждения сильного действия (АРВ с. д.).

Известно, что проблема устойчивости в значительной мере влияет на схемы коммутации, режим работы и параметры оборудования электрических систем, также проведение других мероприятий, которые способствовали бы резкому уменьшению аварийности в электрической системе.

Показатели эффективности применения мероприятий по предотвращению нарушений устойчивости параллельной работы является снижение общего числа нарушений синхронизма, происходящих за определенное время в энергосистеме. Эффективность действия автоматики ликвидирующей синхронные режимы энергосистемы характеризуется его длительностью и возможностью предотвращения распространения на соседние энергосистемы.

Требования бесперебойного обеспечения потребителей электроэнергией заданного качества связано с проблемой обеспечения устойчивости ЭЭС, соответствующего качества переходного процесса, зависящих, в свою очередь, от поведения агрегатов при аномальном режиме в системе, возникающих вследствие различных причин (к.з., отключение нагрузки, ударные нагрузки и т.д.). При этом возможности и степень участия агрегатов ЭЭС в переходном процессе, в основном, определяются характеристиками и параметрами самих машин, наличием соответствующих регулирующих устройств и конфигурацией и режимом системы. В этом плане представляют интерес исследования электромеханических переходных процессов в ЭЭС с асинхронными турбогенераторами при больших возмущениях и определение степени их влияния на основные режимные показатели исследуемой системы, таких, как время предельного отключения к.з., качество переходного процесса.

Конечной целью анализа электромеханических переходных процессов и управления теплотехнической части тепловых электрических систем является отыскание оптимальных условий сооружения и эксплуатации электрической системы под которым понимаются такие условия при которых данная электрическая система будут иметь наилучшие качества переходных процессов и наибольшую устойчивость при экономически оправданных вложениях средств по улучшению качества переходных процессов и устойчивости. Чему посвящена настоящая квалификационная - выпускная работа.

## **Заключение**

**1.** Вследствие того, что значительная часть блочных агрегатов ТЭС практически не участвуют в первичном регулировании частоты, коэффициенты крутизны энергосистем приближаются регулирующему эффекту нагрузки. В результате при возникновении аварийных небалансов мощности существенно возрастают отклонения частоты в энергосистемах.

**2.** При внезапном небалансе мощности вследствие более интенсивной реакции агрегатов близлежащих энергосистем установившиеся изменения перетоков мощности по связям протяженного энергообъединения меньше, чем при медленном изменении мощности на ту же величину.

**3.** Статические характеристики энергосистем по частоте оказывают значительное влияние на условия управления нормальными режимами. Растут мощности энергообъединений, изменяется структура генерирующих мощностей, параметры основного оборудования, состав нагрузки.

**4.** Импульсная и длительная разгрузка турбин в электроэнергетической системе применяется как для повышения предела устойчивости и запаса статической и динамической устойчивости системы..

## Литература

1. Мелешкин Г. А., Меркульев Г. В. Устойчивость энергосистем. Книга 1. СПб ЦПКЭ – 2006. 369 с.
2. Иофьев Б. И. Автоматическое аварийное управление мощностью энергосистем. Энергия, 1874, - 416 с.
3. Портной М. Г., Рабинович Р. С. Управление энергосистемами для обеспечения устойчивости. М.: Энергоатомиздат 1978. – 236 с.
4. Стерлинсон Л. Д. Переходные процессы при регулировании частоты и мощности в энергосистемах. – М.: Энергия, 1975. 216 с.
5. Веников В. А., Никитин Д. В., Щробель В. А. и др. Регулирования турбин как средства улучшения переходных процессов электроэнергетической системы. – Электричество, № 2, с. 13 – 21.
6. Мурганов Б. П. Регулирование мощности турбогенераторов, работающих в энергетической системе. – Теплоэнергетика , 1961, № 2, с. 9 - 13
7. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 435 с.
8. Аллаев К. Р. Электромеханик ўткинчи жараёнлар. Тошкент, Молия 2007, 276.
9. Горбунова Л. М., Портной М. Г., Рабинович Р. С., Соволов С. А., Тимченко В. Ф. Экспериментальное исследования режимов энергосистем. М.: Энергоатомиздат, 1985г. – 448 с., ил.
10. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях Учебное пособия Учебное пособие для вузов. // под редакции В. А. Строева, М: , ЗНАК, 1996. - 224 с.
11. Иофьев Б. И., Чеколовец Л. Н., Юрьевич Е. И. Автоматическое регулирование мощности паровых турбин для повышения устойчивости. – Электричество, 1969, № 2, с. 9 – 16.
12. Князевский Б. А., Долин П. А., Марусова Т. П. Охраны труда – М.: Высшая школа, 1982, 311 с., ил.
13. Лавров С. Б. Глобальные проблемы современности: часть 1. – СПб.: СПГУПМ, 1993. – 72с
14. Лавров С. Б. Глобальные проблемы современности: часть 2. – СПб.: СПГУПМ, 1995. – 72с