

УДК 658. 261:621.311.214 (282.255.216)

ВЛИЯНИЕ ВОДНОСТИ Р. НАРЫН НА РЕЖИМ РАБОТЫ ТОКТОГУЛЬСКОГО КАСКАДА ГЭС

Айткеев Бектурсун Бейшеневич, к.т.н., доцент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66. Тел: 0312-54-51-42, e-mail: baitkeev@mail.ru ORCID ID 0000-0001-6957-8298

Аннотация. Рассмотрены проблемы эффективного использования и управления водно-энергетическими ресурсами Кыргызской Республики и пути их решения. Представлены сведения о влиянии водности р.Нарын и объема экспортных поставок электроэнергии на режим работы гидростанций каскада Токтогульских ГЭС. Приведены схемы работы Кыргызской энергосистемы с ОЭС Средней Азии до и после распада Союза и причины тяжелой энергетической ситуации в республике в период 2008/2009гг. Нерасчетные режимы работы агрегатов на низких напорах Токтогульской ГЭС приводили к ухудшению эффективности эксплуатации оборудования из-за увеличения затрат на ремонт и обслуживания гидротурбинного оборудования и особенно восстановления трещинообразования и кавитации лопастей рабочих колес. Ремонтно-восстановительные работы приводили также к простоям оборудования в ремонте. Одной из задач решения водно-энергетической проблемы была модернизация ТЭЦ Бишкек с повышением ее мощности до 600 МВт в период реконструкции с 2014-2017 годы. Для решения основной проблемы водно-энергетических ресурсов в период маловодности реки Нарын предложена необходимость строительства Кара-Кечинской ТЭС мощностью 1200 МВт и ускорения строительства Камбаратинской ГЭС-1 со строительством водохранилища со значительной емкостью, которое будет аккумулировать сток реки Нарын с объемом **4,5 млрд. м. куб. воды.**

Ключевые слова: ОЭС Средней Азии, Токтогульская ГЭС, Токтогульское водохранилище, гидроагрегат, выработка электроэнергии, экспорт, напор, диаграмма, нерасчетный режим, приточность р.Нарын.

INFLUENCE OF WATER R. NARYN ON THE MODE OF OPERATION OF THE TOKOGUL CASCADE OF HYDROELECTRIC POWER STATIONS

Aytkeev Bektursun Beishenovich, PhD (Engineering), Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, c. Bishkek, KSTU named after I.Razzakov. Phone: 0312-54-51-42, e-mail: baitkeev@mail.ru ORCID ID 0000-0001-6957-8298

Annotation. The problems of effective use and management of water and energy resources of the Kyrgyz Republic and ways of their solution are considered. Information is presented on the impact of the Naryn River water supply and the volume of exported electricity supplies on the operation mode of the hydropower stations of the Toktogul HPP cascade. The schemes of the work of the Kyrgyz energy system with the Central Asia IES before and after the collapse of the Union and the reasons for the severe energy situation in the republic in the period 2008/2009 are given. The Non-accounting operation modes of aggregates at low pressure of the Toktogul HPP led to a deterioration in the efficiency of equipment operation due to an increase in the costs of repair and maintenance of the hydro turbine equipment, and especially the restoration of the cracking and cavitation of the impeller blades. Repair and recovery work led to downtime of equipment in repair. One of the tasks of solving the water and energy problem was the modernization of the Bishkek CHPP with the increase of its capacity to 600 MW during the reconstruction period from 2014-

2017. In order to solve the main problem of water and energy resources during the low-water period of the Naryn River, the necessity of constructing the Kara-Kechinskaya TPS with a capacity of 1,200 MW and accelerating the construction of the Kambarata HPP-1 with the construction of a reservoir with a significant capacity, which will accumulate the Naryn river with a volume of 4.5 billion cubic meter of water.

Key words: CES Central Asia, Toktogul hydroelectric power station, Toktogul reservoir, hydroelectric generator, power generation, export, pressure, diagram, non-accounting regime, inflow of the Naryn River.

Кыргызская Республика относится к числу государств, обеспеченных энергетическими ресурсами. Особенно это относится к *гидроэнергетическим ресурсам*, потенциал которых составляет от 142 до 160 млрд. кВт ч, из которых на сегодня освоено порядка -10%.

Высокая обеспеченность гидроэнергетическими ресурсами создала благоприятные предпосылки для быстрого развития энергетического комплекса республики, который с начала 80-х годов стал крупным производителем гидроэлектроэнергии в Среднеазиатском регионе, и до 40 % дешевой чистой электроэнергии поставлял в ОЭС Средней Азии.

Кыргызская энергосистема работала с ОЭС Средней Азии в летний период поставляла электроэнергию в Узбекистан и Казахстан с целью обеспечения ирригационных нужд 2-х республик, а в зимний период получала электроэнергию с целью накопления Токтогульского водохранилища. В результате не было проблем с использованием водно-энергетических ресурсов в независимости от многоводности или маловодности реки Нарын. В начальный период преобладала выработка электроэнергии тепловыми станциями по сравнению с гидростанциями до 1980г.

В связи с вводом всех гидроагрегатов Токтогульской ГЭС и с повышением их мощности за счет повышения напора с наполнением водохранилища Токтогульской ГЭС с 1980г преобладает выработка электроэнергии гидростанциями. На диаграмме приведено данное соотношение (рис.1.)

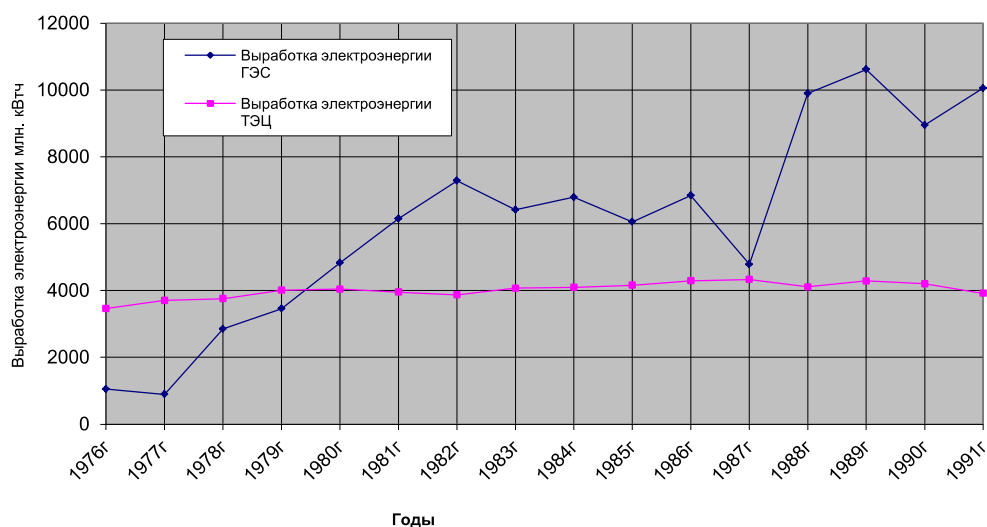


Рис.1. Диаграмма соотношения выработки электроэнергии между ГЭС и ТЭЦ 1976-1991гг

В связи с распадом союза (1991г) каждая республика стала обеспечивать себя электроэнергией и в результате появились некоторые проблемы с использованием водно-

энергетических ресурсов. В связи с этим произошло резкое снижение выработки электроэнергии тепловыми станциями из-за повышения цен на топливо и недостаточности финансирования. (рис.2)

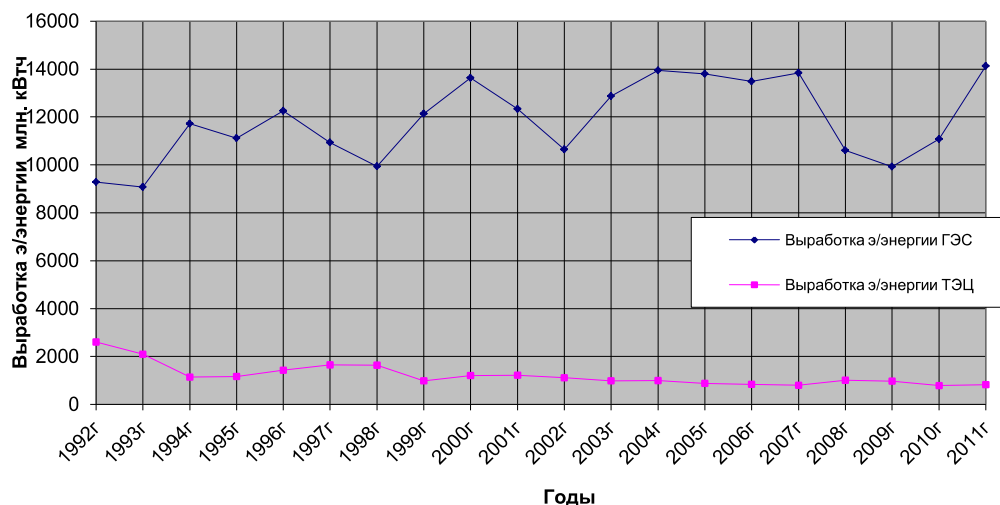


Рис.2. Диаграмма соотношения выработки электроэнергии между ГЭС и ТЭЦ 1992-2011гг

В период с 1987г по 1994 годы, объем Токтогульского водохранилища находился на более высокой отметке с большим объемом воды, и не было проблем с производством и экспортом электроэнергии, кроме обеспечения республики завозным углем, мазутом и газом.

В результате большая доля выработки электроэнергии до 90% стала вырабатываться гидростанциями и соответственно, это начало влиять на глубокое изменение объема Токтогульского водохранилища. (рис.3)

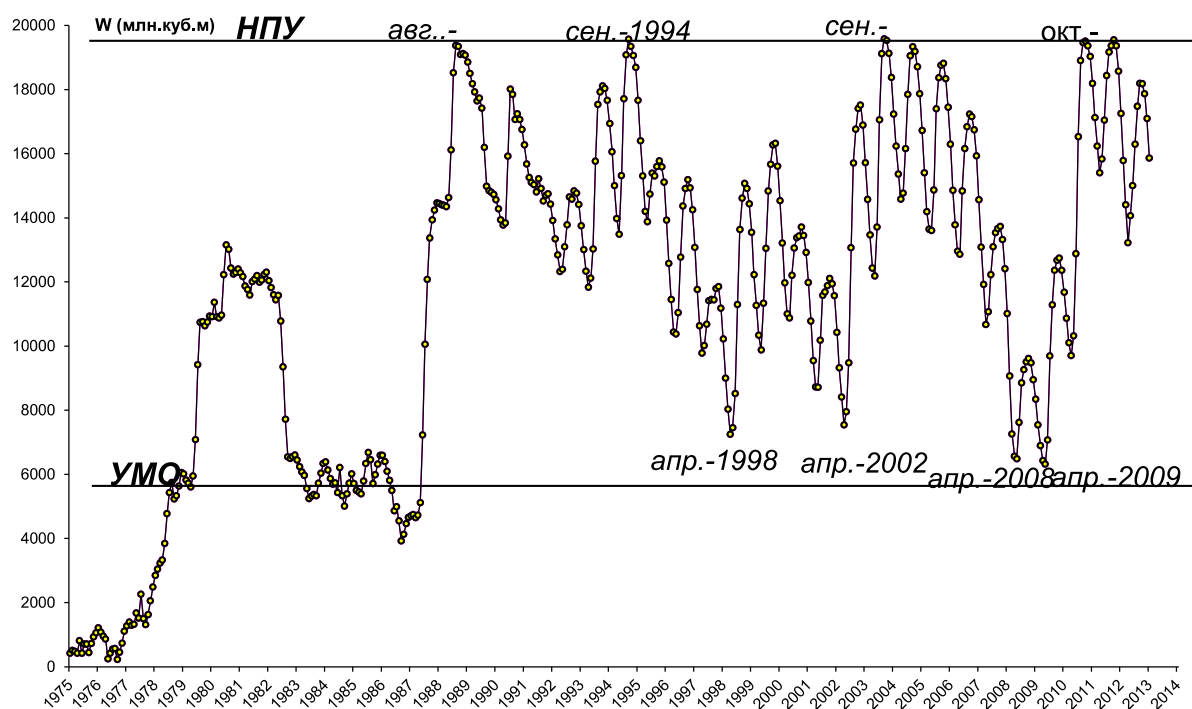


Рис. 3. График изменение объемов Токтогульского водохранилища с начала эксплуатации

В период с апреля 1998г по апрель 2002г и особенно в период с апреля 2008г по апрель 2009г гидроагрегаты Токтогульской ГЭС работали на низких напорах ниже расчетного напора и это отчетливо видно на графике изменения объемов Токтогульского водохранилища на рис.3.

Нерасчетные режимы работы агрегатов на низких напорах Токтогульской ГЭС приводили к ухудшению эффективности эксплуатации оборудования из-за увеличения затрат на ремонт и обслуживания гидротурбинного оборудования и особенно восстановления трещинообразования и кавитации лопастей рабочих колес.

С другой стороны, изменение объема Токтогульского водохранилища также зависело от среднегодовой приточности р. Нарын см. гидрограф за период 1910-2012гг (рис.4.)

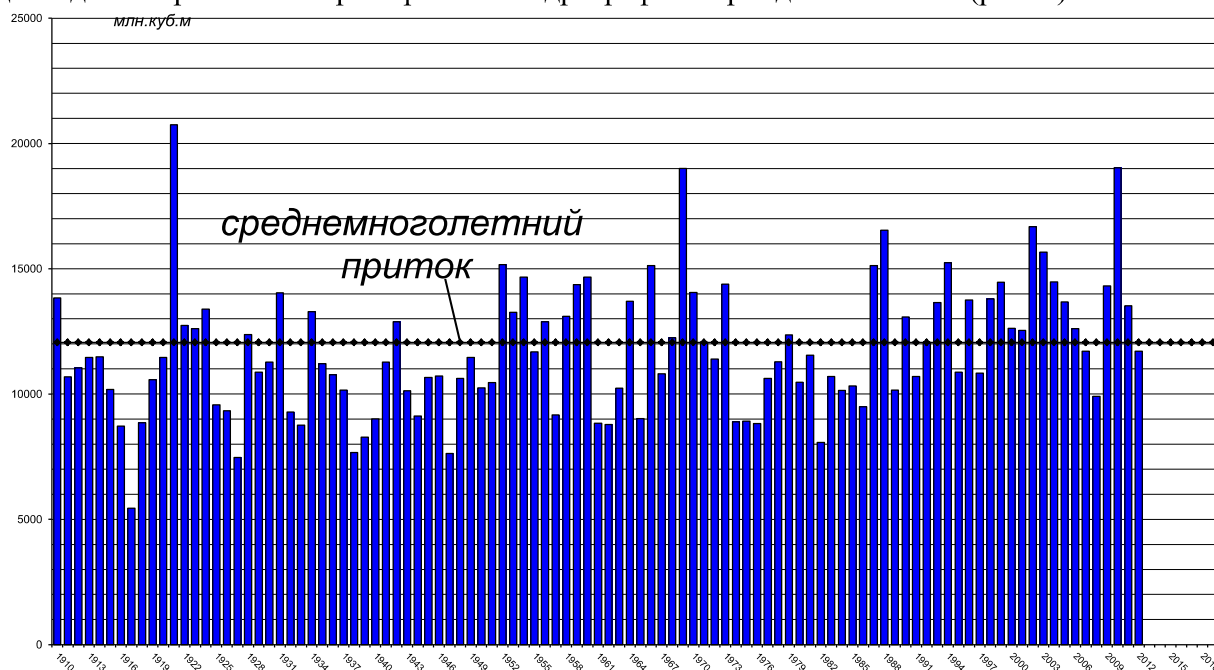


Рис.4. Гидрограф реки Нарын

Из гидрографа хорошо видно, что за период с 1987г по настоящее время наблюдается некоторое увеличение среднегодовой приточности р. Нарын. И возможно это связано с изменением климатических факторов на формирование водных ресурсов р. Нарын.

В период с 1995 по 2002 годы начало работать Межправительственное 3-х стороннее соглашение между государствами: Кыргызстан, Казахстан, Узбекистан о поставках электроэнергии из Кыргызской Республики взамен на поставку угля из Казахстана, мазута и газа из Узбекистана. При этом Кыргызстан поставлял в летний период электроэнергию вышеперечисленным странам, а взамен получал газ, мазут, уголь, а в зимний период каждая республика обеспечивала себя электроэнергией, так как каждая из них испытывала дефицит электроэнергии.

Далее с 2003 по 2007 годы, также работает Межправительственное 3-х стороннее соглашение Кыргызстан с Россией и Казахстаном, затем 2-х стороннее соглашение Кыргызстан с Казахстаном и в 2007 году 3-х стороннее соглашение Кыргызстан с Казахстаном и Узбекистаном.

В результате экспорт электроэнергии (млн. кВтч) в эти страны по годам составили таблица №1.

Таблица экспорта электроэнергии за период 2004-2008гг.

Страны\годы	2004г	2005г	2006г	2007г	2008г
Россия /млн.кВтч/	1800	936	0	0	0
Казахстан /млн.кВтч/	1141	1483	2074	1215	520
Узбекистан /млн.кВтч/	0	0	0	871	0
Всего /млн.кВтч/	2941	2419	2074	2086	520

Из таблицы №1 видно, что общий экспорт электроэнергии был чрезмерно высок с 2004 по 2007 годы, и это привело в апреле месяце 2008 году к снижению объема Токтогульского водохранилища до 6,68 млрд.м³ и соответственно снизился экспорт до 520 млн. кВтч.(рис.5.)

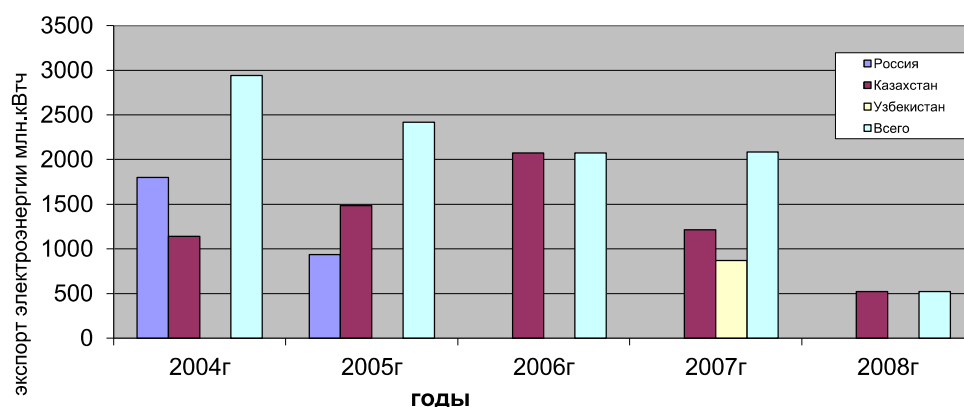


Рис.5.Диаграмма экспорта электроэнергии за период 2004-2008 годы

Эта схема Межправительственного соглашения в корне отличается от первоначальной союзной схемы тем, что отсутствует обратная связь получения электроэнергии от 2-х соседних республик в зимний период из-за их дефицита.

Данная схема Межправительственного соглашения работает хорошо только при обеспечении многоводности реки Нарын, а при маловодности реки почти не работает.

В результате зимнего периода **2008/2009** года республика оказалась в тяжелой энергетической ситуации, из-за низкого объема воды на Токтогульском водохранилище, не говоря об экспорте электроэнергии в Казахстан, Узбекистан.[1]

Поэтому от эффективного использования водно-энергетических ресурсов в зависимости от прогноза водности реки Нарын и соответствующего регулирования экспорта электроэнергии зависит энергообеспеченность страны.

Снижение объема водохранилища Токтогульской ГЭС ниже расчетного напора 140 м. также приводит к снижению к.п.д. и эффективности работы гидроагрегатов ГЭС, из-за увеличения затрат на ремонт и обслуживание оборудования ГЭС в связи с восстановлением кавитации и трещинообразования лопастей рабочих колес. Это в конечном счете приводит к увеличению себестоимости выработки кВтч электроэнергии.[2,3,4,5]

С другой стороны, отсутствие генерирующей мощности, как Кара-Кечинская ТЭС мощностью 1200 МВт в период маловодности реки Нарын также ухудшало положение энергетической ситуации в республике.

В этой связи в 2013 году с целью решения проблемы водно-энергетических ресурсов республики в период маловодности реки Нарын Правительством Кыргызской Республики принято решение провести модернизацию ТЭЦ Бишкек с повышением его мощности до 600 МВт, так, как существующая располагаемая мощность ТЭЦ составляла не более 320 МВт.

16 июля 2013 года между ОАО «Электрические станции» и китайской компанией «ТВЕА» было заключено контрактное соглашение на реализацию проекта «Модернизация ТЭЦ г. Бишкек», на сумму 386 млн долларов США.

С компанией «ТВЕА» в период с 2014 года по 2017 годы проведена модернизация ТЭЦ Бишкек с демонтажом котлоагрегатов № 1-8 и турбоагрегатов № 1-4, с установкой 2 угольных котлоагрегатов сверхвысокого давления, производительностью пара по 550 т/ч и 2 турбоагрегатов с теплофикационным отбором по 150 МВт. С учетом имеющейся располагаемой мощностью в 300 МВт, и приростом мощности в 300 МВт, станция будет иметь располагаемую мощность в 600 МВт.

Установлено современное, высокотехнологичное и высокоэкономичное оборудование, с соответствующим мировым стандартам, а именно котлоагрегатов с параметрами острого пара 13,8 МПа и температурой в 560 °С, а также турбоагрегатов с начальными параметрами острого пара в 12,8 МПа и температурой в 555 °С.

После завершения реконструкции в октябре месяце 2017 году котлы станции работают на Кара-Кечинском местном угле с годовой потребностью 1700 тыс. тонн, а сам объект будет вырабатывать 812 млн. кВтч электроэнергии в год.

Для гарантированного обеспечения объема перевозки Кара-Кечинского угля на ТЭЦ Бишкек скорее всего необходимо было строить железную дорогу от месторождения Кара-Кечинского угля до ст.Иссык-Куль (Рыбачье).

Решение проблемы водно-энергетических ресурсов республики в период маловодности реки Нарын будет найдено еще и со строительством водохранилища со значительной емкостью, которое будет аккумулировать сток реки Нарын, как **водохранилища Камбаратинской ГЭС-1** с объемом-4,5 млрд. м. куб. воды.[6]

Поэтому от ускорения процесса финансирования, и начало строительства и ввода **Камбаратинской ГЭС-1** также зависит решение основной проблемы водно-энергетических ресурсов Кыргызской Республики.

В связи с вышеизложенным можно сделать следующие выводы:

1. Снижение объема водохранилища Токтогульской ГЭС ниже расчетного напора 140 м. при маловодности реки Нарын приводит к снижению к.п.д. и эффективности работы гидроагрегатов ГЭС, из-за увеличения затрат на ремонт и обслуживание оборудования ГЭС в связи с восстановлением кавитации и трещинообразования лопастей рабочих колес. Это в конечном счете приводит к увеличению себестоимости выработки кВтч электроэнергии.

2.Одной из задач решения проблемы водно-энергетических ресурсов республики в период маловодности реки Нарын было решение Правительства Кыргызской Республики провести модернизацию ТЭЦ Бишкек с повышением ее мощности до 600 МВт.

3. Для гарантированного обеспечения объема перевозки Кара-Кечинского угля на ТЭЦ Бишкек в объеме 1700 тыс. тонн в год скорее всего необходимо было строить железную дорогу от месторождения Кара-Кечинского угля до ст.Иссык-Куль (Рыбачье).

4.Следующей задачей решения проблемы водно-энергетических ресурсов республики в период маловодности реки Нарын является строительство Кара-Кечинской ТЭС мощностью 1200 МВт.

5.Завершающим этапом решения основной проблемы водно-энергетических ресурсов республики в период маловодности реки Нарын будет найдено в строительстве и вводе Камабаратинской ГЭС-1 со значительной емкостью водохранилища с полезным объемом 4, 5 млрд.м. куб. воды.

Список литературы

- 1.Айткеев Б.Б. Проблемы эффективного использования водно-энергетических ресурсов Кыргызской Республики. Известия КГТУ.-Бишкек,2010.- №21. 25-27 с.
- 2.Айткеев Б.Б. Исследование гидроагрегатов Нарынских ГЭС для повышения их надежности. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. - Бишкек, 2008. – 188с.
3. Айткеев Б.Б. Опыт эксплуатации гидротурбин Токтогульской ГЭС с 2х ярусным расположением отсасывающих труб // Гидротехническое строительство М., 2004. №11, 13-14с.
4. Бобченко В.Е., Иванов С.В. Обоснование надежности работы колес радиально – осевых гидротурбин. // Гидротехническое строительство М. 2001. №5, 20-23 с.
5. Диагностика турбинного оборудования электрических станций/ Л.А. Хоменко, А.Н. Ремезов, Н.А. Ковалев и др./ Под ред. Л.А. Хоменка – СПб: Изд. ПЭИПК, 2004. – 293 с.
6. Токомбаев К.А. Научные основы использования гидроэнергетических ресурсов горных районов. Автореферат диссертация на соискание ученой степени доктора технич. наук в форме научного доклада. Ленинград, 1990, - 60с.

УДК 620.424.1

МЕТОД СОГЛАСОВАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ И НАПРЯЖЕНИЯ ГИДРОАГРЕГАТА

Амантаева Каныкей Анваровна, магистр гр. ЭЭм2-16(РЗ), КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66. Тел: +996(702)-12-21-44, e-mail: mntvknk@gmail.com ORCID ID 0000-0002-0866-8430

Научный руководитель: Тентиев Ренат Бектурганович, к.т.н.,доцент каф. «Электроэнергетика и Электротехника», КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66. Тел: +996 (312) 54-51-30. e-mail: renattentiev@mail.ru

Аннотация. Рассматривается вопрос согласованного управления частоты и напряжения при экстремальном режиме работ энергосистем. Ключевую роль для удержания устойчивости энергосистемы играют регуляторы частоты и возбуждения гидроагрегата. Существующие регуляторы частоты и возбуждения гидроагрегата выполнены по модели линейного характера. Эти регуляторы работают каждый отдельно, не учитывают нелинейность гидроагрегата и энергосистемы. В экстремальных режимах энергосистемы регуляторы работают несогласованно, поэтому усугубляется колебание системы. Для поддержания параметров сети необходимо исследовать новые методы. Один из подходов - это разработка нового регулятора с учетом нелинейности объекта управления (генератора), который координирует действие существующих линейных регуляторов гидроагрегата. Нашей задачей является минимизация величины и длительности переходных процессов, происходящих в энергосистеме, путем непрерывного поддержания стабильности, регулирования одновременности частоты и напряжения при больших динамических воздействиях с учетом нелинейности, многомерности, взаимосвязанности. Одним из методов