

распределительных сетей 6-10/0,4 кВ методом средних нагрузок.

После моделирования и расчёта, были проведены анализ и оценка потерь электроэнергии в высоковольтных и распределительных сетях г. Душанбе.

Полученные значения в высоковольтных 110-35 кВ электрических сетях г. Душанбе были сопоставлены со значениями которые были получены из городских электрических сетей г. Душанбе. Также полученные значения составляющих потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кВ города Душанбе сопоставлены со среднестатистическими значениями в электрических сетях России. Определены существенные отличия в соотношениях нагрузочных и условно – постоянных потерь в

распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кВ города Душанбе и России.

Исходя из выявленных проблем, были предложены мероприятия для снижения потерь электроэнергии в электрических сетях г. Душанбе.

Ключевые слова— потери электроэнергии, распределительные сети, снижение, высоковольтные электрические сети, моделирования, РАП-стандарт, энергосистема, подстанция, линия электропередачи, Душанбе, Республика Таджикистан.

Сведение об авторе:

Чоршанбиев Сироджиддин Ражаббокиевич – к.т.н., асс. каф. «Электроснабжение» ТТУ им. ак. М.С. Осими. Тел: +992 902 20 99 44, E-mail: sirochiddin.chorshanbiev.89@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КАСКАДА ВАХШСКИХ ГЭС С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АГРЕГАТОВ

А. К. Киргизов, И. Толибзода, М. М. Джанонов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Основные исследования, в проблеме повышения эффективности эксплуатируемого каскада Вахшских гидроэлектростанций (ГЭС), в настоящее время должны быть направлены на разработку путей рационального использования гидроэнергетических ресурсов. В статье рассмотрены, вопросы оптимального регулирования режима работы каскада в особенности режим сработки и наполнения водохранилища Нурекской ГЭС и зависимость режима других ГЭС каскада от этого. Как показывают исследования режимов работы каскада Вахшских ГЭС в последние годы наблюдается увеличение КПД гидроагрегатов почти всех ГЭС, которое может быть катастрофическим для оборудования гидроэлектростанций. В статье приведены некоторые конкретные решения этих проблем.

Ключевые слова: Энергосистема, водные ресурсы, каскад, мощность, коэффициент полезного действия, водохранилище.

Введение

Электроэнергетическая система Таджикистана после распада Объединенной Энергетической Системы (ОЭС) Средней Азии превратилась в редчайшую систему, которая состоит практически из гидравлических

электростанций (ГЭС, 94,5%). Другая важнейшей ее отличительная особенности заключается в том, что около 97% от этих генерирующих мощностей сосредоточены на одном Вахшском каскаде ГЭС.

Методика проведения опыта

Основные исследования, в проблеме повышения эффективности эксплуатируемых ГЭС, в настоящее время должны быть направлены на разработку путей рационального использования гидроэнергетических ресурсов. Известно, что с первых шагов научных и параметрических задач [1.2.3.4.5], эксплуатации ГЭС, как в децентрализованных условиях, так и в составе энергосистемы, в том числе как элемент каскада, присуща определенная специфика. Многие вопросы, имеющие второстепенное значение при первоначальном планировании и проектировании становятся главными в период эксплуатации. Поэтому, не для всех практических задач можно и обязательно нужно использовать нормативно–технические правила эксплуатации, разработанные на стадии проектирования. Особенно, это положение чрезвычайно актуально для Электроэнергетической системы Таджикистана

при основательном изменении ее режимы работы после выхода из состава ОЭС Средней Азии.

Большинство вопросов, относящихся к проблеме эффективности использования существующих гидроэлектростанций Вахшского каскада, в основном, включают задачи совершенствования технологического процесса производства электроэнергии и задачи рационального использования водных ресурсов водохранилищ Нурекской, а в перспективе и Рогунской ГЭС.

Общеизвестно, что максимум выработки электроэнергии каскада ГЭС, за период регулирования, является функционалом суммарной мощности каскада и может быть определен на основе следующего выражения:

$$\mathcal{E}_{\text{каскад}} = \int_{t_0}^{t_0+T} \sum_{k=1}^n P_{ГК} dt = \max. \quad (1)$$

Для определения мощностного режима $P_{Г1}=P_{Г1}(t)$, $P_{Г2}=P_{Г2}(t), \dots, P_{Гn}(t)$ и значения выработанной электроэнергии $\mathcal{E}_{Г1}, \mathcal{E}_{Г2}, \dots, \mathcal{E}_{Гn}$ решается следующая система уравнений, где n - количество ГЭС в каскаде:

$$\left. \begin{aligned} P_{Г1} &= 9.81\eta_1 Q_{Г1} (Z_{вб1} - h_{срб1} - Z_{нб1}) \\ P_{Г2} &= 9.81\eta_2 Q_{Г2} (Z_{вб2} - h_{срб2} - Z_{нб2}) \\ P_{Гn} &= 9.81\eta_n Q_{Гn} (Z_{вбn} - h_{србn} - Z_{нбn}) \\ \mathcal{E}_{Г1} &= \int_{t_0}^{t_0+T} P_{Г1} dt \\ \mathcal{E}_{Г2} &= \int_{t_0}^{t_0+T} P_{Г2} dt \\ \mathcal{E}_{Гn} &= \int_{t_0}^{t_0+T} P_{Гn} dt \\ \mathcal{E}_{\text{каскад}} &= \mathcal{E}_{Г1} + \mathcal{E}_{Г2} + \dots + \mathcal{E}_{Гn} \end{aligned} \right\} (2)$$

Где, $\eta_{Г}$ - КПД ГЭС

$Q_{Г}$ - расход воды через ГЭС, м³/с;

$Z_{вб}$ - отметка верхнего бьефа водохранилища, м;

$Z_{нб}$ -отметка нижнего бьефа ГЭС, м;

$h_{срб}$ - глубина сработки водохранилища м;

t_0 - начальное значение краевых условий;

$t = t_0 + T$ - краевые условия.

Таким образом, математически для определения оптимального режима работы каскада ГЭС в данном случае, необходимо при соблюдении граничных условий и совокупности режимных ограничений максимизировать в

заданных пределах интеграла [1]. Результаты расчета приведены в Таблице 1. [7].

В проводимых нами расчетах, $\eta_{Г}$ для заданного интервала времени принимался величиной постоянной. Однако, при оценке одного из основных показателей определяющее значение эффективной части мощности ГЭС, мы должны быть более строгим, требовательным и избирательным, так как он играет довольно важную роль в режимных задачах. Известно, что факторы, определяющие технико-экономические характеристики гидроагрегатов делятся на постоянные и переменные. Если первые имеют конструктивный характер, и мы о них знаем заранее и можем, оценить их эффект на работу оборудования, как при проектировании, так и при эксплуатации, то с переменными дело обстоит иначе. Их влияния могут быть большим или меньшим при той или иной конкретной ситуации и по условиям работы ГЭС. [8.9.10].

В целях количественной оценки существующего состояния коэффициента полезного действия (КПД) Вахшского каскада ГЭС, мы проанализировали 20 летний режим работы всех гидроагрегатов электростанций. Результаты анализа и процесс изменения КПД ГЭС иллюстрируются на рисунках 1,2,3,4. [7].

Из них видно, что за последние годы КПД Нурекской ГЭС увеличивался на 1-3%, это практически выполнить очень трудно, но возможно, при плотном и интенсивном использовании мощности оборудования, которые действительно имеет место в практике эксплуатации ГЭС Вахшского каскада, начиная с 1999 года. Наибольшие значения показателей подтвердились при наших проведенных расчетах по критерию максимума выработки электроэнергии каскада.

Например, технически возможные КПД Нурекской ГЭС приблизительно составляют (турбина–генератор) – 92,8%.

Они практически совпадают по характеру и количеству с теми, которые мы получили и иллюстрируем на рисунках при детальном анализе режима эксплуатации гидроэлектростанций, за довольно длительный период. Только по этой причине мы не повторяем эти результаты.

Однако, такая эксплуатация оборудования приводит к быстрому изнашиванию его деталей и уменьшению его срока службы и может привести к системным авариям.

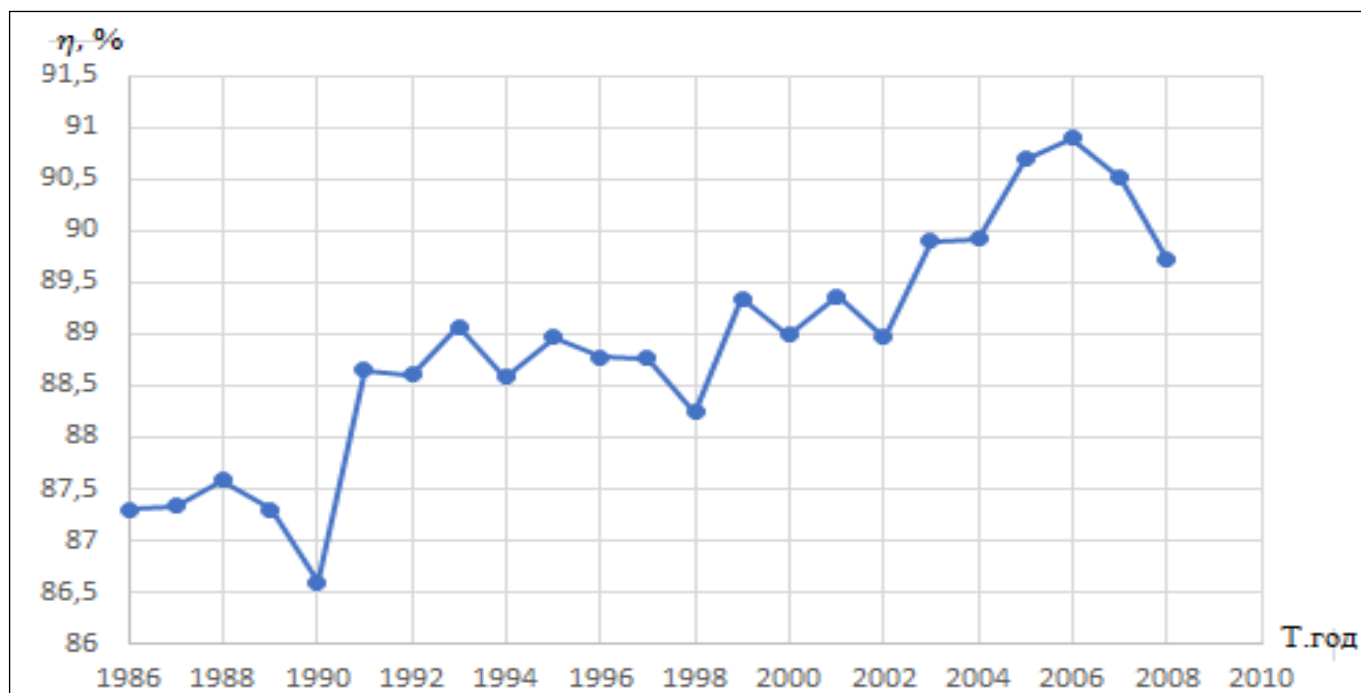


Рис.1. Изменение среднегодового КПД Нурекской ГЭС по годам.

Таблица 1.

Среднемесячные К.П.Д. Нурекской ГЭС при среднемесячной фактической мощности.

Гд/м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	среднее
1986	86,818	88,014	89,32	84,74	87,52	90,85	91,34	91,06	85,76	81,93	83,65	86,51	87,295
1988	85,582	86,828	89,48	90,26	91,44	91,2	90,81	89,38	87,40	83,14	81,26	84,14	87,579
1990	87,113	87,285	85,68	88,18	90,11	88,08	82,48	80,73	88,43	86,50	86,62	87,91	86,598
1991	89,683	87,904	87,08	88,42	90,40	91,28	90,04	88,57	88,51	87,16	86,75	87,95	88,65
1992	90,52	89,82	89,81	89,79	90,16	89,97	89,66	89,03	87,59	84,50	86,01	86,41	88,609
1994	89,616	91,265	87,72	89,43	90,76	90,78	88,67	87,34	87,08	84,86	86,09	89,33	88,582
1996	90,541	90,993	89,81	86,84	91,22	89,8	87,61	87,39	86,72	86,89	88,04	89,41	88,775
1998	90,195	90,842	89,08	89,23	88,92	88,71	87,37	86,07	85,4	85,77	87,88	89,39	88,242
1999	91,01	92,244	90,54	88,34	91,00	89,771	87,797	87,155	86,522	88,021	89,172	90,572	89,347
2000	91,43	91,622	83,13	87,87	90,802	91,097	90,412	89,421	87,712	86,962	88,109	89,355	88,994
2002	90,036	90,996	90,58	91,76	89,97	87,677	86,082	88,126	85,892	87,675	89,634	89,213	88,97
2004	90,817	91,186	91,98	91,784	91,833	90,72	88,183	87,426	87,33	88,65	88,906	90,169	89,916
2006	92,297	92,03	91,81	94,859	91,928	91,844	91,226	89,314	87,474	88,324	89,053	90,594	90,896
2008	91,94	89,779	88,19	90,336	91,374	91,648	90,738	89,956	88,674	88,578	84,585	90,82	89,718
Среднегодулетней													88,87

Проведенное нами исследование относится к проблеме оптимизации длительного каскадного водноэнергетического регулирования стока водохранилищами ГЭС. Оно, разумеется, не претендует на исчерпывающее решение этой проблемы и может быть оценено лишь как начальный этап в исследовании этой проблемы в целом.

Выводы

Кратко общие итоги выполненного исследования могут быть сформулированы следующим образом:

1. Изменение КПД ГЭС Вахшского каскада отражают техническое состояние оборудования

и сооружений станции, а также степень плотности график нагрузки и наличие резерва мощности в электроэнергетической системе.

2. Анализ режима работы Вахшского каскада ГЭС показал, что из всех существующих электростанций системы только на Нурекской ГЭС наблюдается увеличение коэффициента мощности. Эта тенденция в основном зависит от интенсивного использования оборудования станции. Такое положение чревато серьезным последствиям.

3. Другие ГЭС каскада, находящихся в эксплуатации, работают со сниженными КПД, что свидетельствует о наличии морального и физического износа оборудования.

4. Полученные результаты по коэффициентам полезного действия станции могут быть использованы при наивыгоднейшем распределении активной нагрузки между ГЭС системы и подбора состава гидроагрегатов при внутростанционной оптимизации в отдельных гидроэлектростанциях.

Литература:

1. Оптимизация режимов работы энергосистемы с высокой долей гидроэлектростанций (на примере энергосистемы Таджикистана) Султонов Ш.М. автореферат дис. ... кандидата технических наук / Новосиб. гос. техн. ун-т. Новосибирск, 2016

2. Филиппова Т.А. Оптимизация энергетических режимов гидроагрегатов гидроэлектростанций «Энергия» М., 1975

3. Обрезков В.И. Расчет сезонного регулирования стока на максимум выработки электроэнергии ГЭС. «Электрические станции» №11, 1962.

4. Расулов С. Энергетические возможности водохранилища Нурекской ГЭС. –В изв. АН Таджикской ССР, отд-ние физ.-мат. Геолог -хим. Наук, 1978, №4 (70).

5. Расулов С., Масликов В.И. Режимы гидроэлектростанций Вахшского каскада. В изв. АН Таджикской ССР, отд-ние физ.-мат. Геолог -хим. Наук, 1980.

6. Манусов В.З. Оптимизация энергоэффективности ветровых ресурсов дальнего востока на основе алгоритма роевого интеллекта / Хасанзода Н. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», (ISJAEE). – 2018. – № 19-21. – С. 12–22.

7. Иноятов, М.Б, Расулов С.Р, Косимов У.У, Киргизов А.К, Файзуллоев М.М, Отчет о научно- исследовательской работе ”Анализ режима работы каскада Вахшских ГЭС и Кайракумской ГЭС” 97 стр. 2013.г.

8. Разработка имитационной модели каскада ГЭС энергосистемы памира Митрофанов С.В., Арестова А.Ю., Худжасаидов Д.Х., Русина А.Г. В сборнике: Электроэнергетика глазами молодежи - 2017 Материалы VIII Международной научно-технической конференции. 2017. С. 80-83.

9. Повышение эффективности управления режимами электроэнергетической системы, состоящей из гидроэлектростанций // Русина А.Г., Худжасаидов Д.Х. Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2017. № 1 (66). С. 179-192.

10. К вопросу об использовании малой гидроэнергетики применительно к условиям республики Таджикистан

Иноятов М.Б., Киргизов А.К. Вестник таджикского технического университета. 2008. Т. 2. № 2. С. 38-42.

САМАРАНОКИИ РЕЧАИ КОРИИ СИЛСИЛАНЕРУГОҶҶОИ БАРҚИ ОБИИ ВАХШ БО НАЗАРДОШТИ ТАВСИФИ ИСТИФОДАБАРИИ АГРЕГАТҶО

А.К. Қирғизов, И. Толибзода, М.М. Ҷононов

Таджикоти асосии мушкилоти баланд бардоштани самаранокӣ истифодаи неругоҳҳои барқии обӣ айнаи замон ба таҳияи роҳҳои истифодаи оқилонаи захираҳои гидроэнергетикӣ бояд равона карда шаванд. Дар мақола масъалаҳои танзими оптималии речаи кори силсиланеругоҳҳои Вахш, аз ҷумла речаи кор ва пур кардани обанбори НБО-и Норақ ва вобастагии низоми НБО-ҳои дигар баррасӣ карда мешавад. Тавре ки тадқиқот дар бораи усулҳои кори силсилаи неругоҳҳои барқии обии Вахш дар солҳои охир нишон медиҳад, баланд шудани самаранокӣ агрегатҳои қариб тамоми неругоҳҳои барқии обӣ ба назар мерасад, ки ин барои таҷҳизоти НБО фалокатбор буда метавонад. Дар мақола баъзе роҳҳои ҳалли мушаххаси ин мушкилиҳо оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: системаи энергетикӣ, захираҳои об, силсила, қувва, самаранокӣ.

EFFICIENCY OF OPERATING MODES OF CASCADE OF VAKHSH HPP WITH ACCOUNT OF OPERATING CHARACTERISTICS OF UNITS

A.K. Kirgizov, I.Tolibzoda, M.M. Jononov

At present the main research in the problem of improving efficiency of the cascade operated of Vakhsh hydroelectric power plants (HPP) should be aimed at developing ways to rationalize the use of hydropower resources. The article deals with the issues of optimal regulation of the cascade

operation mode, especially the mode of operation and filling of the Nurek hydroelectric power station reservoir and the dependence of the mode of other hydroelectric power stations of the cascade on this. As shown by studies of the operation modes of the Vakhsh HPP cascade, in recent years there has been an increase in the efficiency of hydroelectric units of almost all HPPs, which can be disastrous for the equipment of hydroelectric power stations. The article provides some specific solutions to these problems. The article contains some specific solutions to these problems.

Keywords: power System, water resources, cascade, capacity, efficiency, reservoir.

Сведения об авторах:

Киргизов А.К.–к.т.н. и.о. доцент. каф. «Электрические станции» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. E-mail: alifbek@mail.ru

Толибзода Исроил –докторант PhD каф. «Электрические станции» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. E-mail:

Джононов М.-главный инженер Каскада Варзобских ГЭС. E-mail:jononovm@mail.ru

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ ШИН

Е.Л. Кокорин¹, У.У. Косимов², Р.Т. Абдуллозода,³ Б.М. Гийёв⁴

¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина¹
^{2,3,4}Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими²

В настоящее время внедрение цифровых технологий оказывает существенное влияние на принципы построения современных электрических подстанций, тем самым обеспечивается возрастающий интерес к стандартам серии МЭК 61850. В статье выполнен сравнительный анализ традиционных защит сборных шин и вариантов их современной реализации, выполненной с применением стандарта МЭК 61850.

Ключевые слова — МЭК 61850, дифференциальная защита шин, релейная защита и автоматика, электроэнергетическая система.

Введение

Важнейшим элементом подстанций являются сборные шины. Среднее число повреждений за год на одну систему шин распределительного устройства (РУ) 110 и 220 кВ лежит в диапазоне от 0,077 до 0,149, а для сети 220 кВ и выше – 0,104 или 0,01 на одно присоединение в год [5]. Аварии возникающие вследствие повреждений на шинах составляют 19% от всех аварий электрических сетей [5]. Таким образом время между повреждениями на шинах 110 и 220 кВ составляет 6-13 лет.

Интенсивность отказов дифференциальной защиты шин (ДЗШ) составляет 0,42·10⁻² отказа в год, то есть ДЗШ надежнее дистанционной защиты (ДЗ) с высокочастотной блокировкой более чем в 1,7 раза [3]. Необходимо отметить,

что с ростом класса напряжения объем нагрузки подключенной к системе шин так же растёт и вследствие чего, пропорционально увеличивается ответственность ДЗШ [4], что подтверждает актуальность исследования.

Токи КЗ на шинах сети 110 кВ превышают токи КЗ на воздушных линиях того же напряжения более чем в 1,5 раза [9-10]. Это может приводить к выходу из строя большого числа основного и вспомогательного оборудования [8], что также подтверждает актуальность выбора объекта исследования.

В настоящее время в качестве основной защиты сборных шин сетей 110-750 кВ, в основном, используется ДЗШ [6-7], а в качестве резервной – ДЗ элементов сети, чаще всего автотрансформатор (АТ). Как правило, в сетях 6-35 кВ релейная защита (РЗ) систем сборных шин по дифференциальному принципу не применяется [4].

В настоящей работе выполнен детальный анализ применяемых методов организации ДЗШ, их классификация и сравнение. Предложены пути решения основных проблем с помощью актуальных технологий, в том числе стандарта МЭК 61850 [11-15].

Принципы действия абсолютно селективных защит шин

В рамках статьи рассмотрены защиты шин, выполненные на следующих принципах: дифференциально токовым, дифференциальном