

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ГЭС С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО ВЫДАЧЕ МОЩНОСТИ ПО СИСТЕМНЫМ УСЛОВИЯМ

Александровский А.Ю., Волков Д.Н., Солдаткин А.Ю.
Национальный исследовательский университет "МЭИ"
ayaleksand@mail.ru

Аннотация: Работа посвящена определению недоиспользования мощностей ГЭС при их совместной работе в энергосистеме с ТЭС в многоводных условиях.

Ключевые слова: гидроэлектростанции, тепловые электрические станции, суточный график нагрузки, холостые сбросы энергии на ГЭС, технический минимум ТЭС.

Введение

Эксплуатация крупных ГЭС в условиях рыночных отношений выявила ряд проблем использования их энергетических возможностей в энергосистемах. К этим проблемам относятся, с одной стороны, изменения водноэнергетических показателей, связанные с ужесточением

требований неэнергетических водопользователей и охраны окружающей среды к уровенному режиму в нижних и верхних бьефах гидроузлов[1].

С другой стороны, в условиях эксплуатации в практике последнего времени имеют место случаи резкого изменения нагрузки, при которых выполненный проект выдачи мощности станции в энергосистему не отвечает сложившимся условиям. Выход потребителя, находящегося в местном районе, может носить неожиданный, не прогнозируемый характер и объясняться мировой конъюнктурой на тот или иной вид продукции.

Еще одной проблемой, возникшей в последние годы, является обеспечение эффективного использования энергии, вырабатываемой ГЭС, имеющей переменный в многолетнем и годовом разрезе характер. Особенно остро данная ситуация будет иметь место в энергосистемах с большим удельным весом электростанций на возобновляемых источниках, режим работы которых может зависеть от требований конкретных заинтересованных потребителей.

1 Цель работы и исходные данные

Целью работы является разработка алгоритма определения недоиспользования мощностей при совместной работе ГЭС и ТЭС в многоводном году, используя в качестве расчетного примера ОЭС Сибири.

Для успешной работы алгоритма необходимы данные по техническим и технологическим ограничениям для всех участвующих в работе станций

Согласно Приложению № 17 к Договору о присоединении к торговой системе оптового рынка [2]:

Технический минимум по единице генерирующего оборудования - заявленное участником в уведомлении о составе и параметрах генерирующего оборудования техническое ограничение минимальной выработки активной мощности по единице генерирующего оборудования. Технический минимум равен паспортному значению, заявленному участником, увеличенному на величину Ограничений технических на минимальную выработку активной мощности единицы генерирующего оборудования по данной единице (энергоблоку или котлу/турбине).

Технологический минимум режимной генерирующей единицы (РГЕ) - заявленное участником в уведомлении о составе и параметрах генерирующего оборудования технологическое ограничение минимальной выработки активной мощности по единице генерирующего оборудования и/или РГЕ, и определяемый как величина технического минимума по единице генерирующего оборудования и/или РГЕ, увеличенная на величину Ограничений технологических на минимальную выработку активной мощности единицы генерирующего оборудования по данной единице (энергоблоку или котлу/турбине).

Ограничения технологические на минимальную выработку - Заявленные участником в целом по РГЕ или по единицам оборудования ограничения, не отнесенные к Ограничениям техническим на минимальную выработку активной мощности единицы генерирующего оборудования. К таким ограничениям относятся в т. ч. общестанционные ограничения, обусловленные режимом производства тепла и/или режимом работы иного зависимого промышленного оборудования или иными технологическими процессами (необходимостью включения пиковых водогрейных котлов, проведения переключений, изменения состава включенного вспомогательного оборудования и т.д.).

Возможны два пути получения необходимых данных по ограничениям работы электростанций в различные периоды для нахождения зон их работы в графике электрических нагрузок:

- 1) Непосредственный опрос всех электростанций рассматриваемого региона;
- 2) Анализ доступной опубликованной отчетной информации.

Очевидно, что первый подход при его несомненной точности весьма ресурсозатратен.

Второй подход заключается в анализе информации доступной в обобщенном виде на сайтах АО «Системный оператор ЕЭС России» (далее – СО) и коммерческого оператора ЕЭС – АО «АТС» (далее – АТС). На сайте СО представлены почасовые отчетные данные о потреблении электроэнергии по ЕЭС России в целом и по отдельным ОЭС.

АТС публикует данные о торгах и парировании нагрузок в рамках работы рынка на сутки вперед. Необходимая для оценки ограничений работы станции информация содержит следующие показатели:

- почасовые данные о планируемом уровне электрической нагрузки для каждого вида станций по субъектам РФ;
- показатели технологических минимумов в том же разрезе;
- показатели технических минимумов в том же разрезе.

В таблице 1 приведены данные за 17 января 2018 года [3] и [4]. Как видно из таблицы 1, разница между нагрузками станций, полученных из данных торгов, и валовыми данными СО не превышает 6% по каждому часу и 5 % за сутки в целом. Данная разница характеризуется наличием потерь в электрических сетях, а также неполным соответствием мощностей, полученных в результате торгов и реального графика электрической нагрузки, что покрывается за счет Балансирующего рынка.

Таким образом, можно сделать вывод, что данные АТС могут быть использованы для анализа работы станций.

Таблица 5 – Показатели нагрузки по ОЭС Сибири по данным СО N_{CO} и АТС $N_{АТС}$ на 17.01.2018 г. и их абсолютная (ΔN) и относительная (δN) разность

Час суток	N_{CO} , МВт	$N_{АТС}$, МВт	ΔN , МВт	δN , %
0	25194	23961	1233	4,90
1	25307	24252	1055	4,17
2	26356	24905	1451	5,50
3	27118	25766	1352	4,99
4	27909	26380	1529	5,48
5	28510	26873	1637	5,74
6	28686	27077	1609	5,61
7	28495	27176	1319	4,63
8	28285	26910	1375	4,86
9	28088	26893	1195	4,25
10	28000	26877	1123	4,01
11	27944	26837	1107	3,96
12	28028	27121	907	3,23
13	28517	27501	1016	3,56
14	28794	27734	1060	3,68
15	28702	27710	992	3,46
16	28441	27399	1042	3,67
17	28179	26955	1224	4,34
18	27581	26328	1253	4,54
19	26631	25745	886	3,33
20	26186	24947	1239	4,73
21	25486	24739	747	2,93
22	25332	24411	921	3,63
23	25126	24058	1068	4,25
Всего за сутки	656895	628555	28340	4,31

В работе [5] приводятся данные по техническим минимумам различных типов моноблоков ТЭС. На основании этих данных определены технологические минимумы для ТЭС ОЭС Сибири для зимнего и летнего периодов, зимний технологический минимум принят более высоким.

2 Предлагаемый алгоритм

Анализ совместной работы ГЭС и ТЭС в многогодные периоды для определения величин избыточных или недостаточных мощностей отдельных видов станций может быть проведен по следующим шагам:

- 1) Выбор характерных суток для анализа;
- 2) Получение перспективных графиков электрических нагрузок за выбранные периоды;

- 3) Получение в разрезе выбранных характерных суток ограничений со стороны ГЭС и ТЭС (технического и технологического минимумов);
- 4) Нахождение зон работы электростанций всех видов в графиках электрических нагрузок:
 - a. Вписание в графики электрических нагрузок минимальных мощностей, необходимых для работы электростанций каждого вида (технических минимумов);
 - b. Вписание пиковой и полупиковой части мощности ГЭС;
 - c. Заполнение не занятых зон работы в суточном графике оставшимися мощностями ТЭС;
- 5) Определение недостаточных/избыточных мощностей ГЭС и ТЭС.

В связи с невысокой динамикой роста установленных мощностей ТЭС в ОЭС Сибири по данным «Схемы и программы развития Единой энергетической системы России на 2018-2024 гг.» (далее – СиПР) [6] в первом приближении для оценки взаимной работы ТЭС и ГЭС в многогодные периоды можно использовать отчетные показатели (в дальнейшем, они могут быть скорректированы на величины аналогичных показателей вновь вводимых ТЭС и/или АЭС).

Анализ проведем для двух характерных периодов:

1. Средний рабочий день января;
2. Средний рабочий день июня;

3 Полученные результаты

В соответствии с приведённым алгоритмом проведем анализ для выбранных периодов (см. таблицу 2).

Таблица 2 - Совокупные показатели участия ГЭС Ангаро-Енисейского каскада в покрытии графика нагрузки ОЭС Сибири (с учётом технического минимума ТЭС) для обеспеченностей объема стока P 90 % и 10 %

Параметры, МВт	Зима		Лето	
	$P = 90\%$	$P = 10\%$	$P = 90\%$	$P = 10\%$
Максимальная нагрузка системы, МВт	29 655	29 655	23 507	23 507
Установленная мощность ГЭС, МВт	23 201	23 201	23 201	23 201
Гарантированная отдача ГЭС, МВт	8 702	11 359	11 734	17 153
Пиковая мощность ГЭС, МВт	6 253	8 908	8 231	7 303
Базовая мощность ГЭС, МВт	3 970	3 970	4 730	7 851
Суммарная мощность ГЭС в графике нагрузки, МВт	10 223	12 878	12 961	15 154
Неиспользуемая мощность ГЭС, МВт	12 978	10 323	10 240	8 047
Прочие мощности в энергосистеме (АЭС/ТЭС), МВт	19 432	16 777	10 546	8 323
Холостые сбросы на ГЭС, обусловленные техническим минимумом ТЭС, МВт·ч в сутки	0	0	0	76 690

Как видно из полученных результатов (см таблицу 2), в январе ограничения по режиму работы ТЭС не накладывают никаких ограничений на работу ГЭС. Однако, в графике июня, в котором влияние водности на режим работы ГЭС значительно выше, из-за требований по работе ТЭС, ГЭС не могут работать на полную мощность. Суточный объем недоиспользованной энергии в этом случае составляет 76 690 МВт·ч, что соответствует 3 195 МВт среднесуточной мощности. Данная мощность в рамках развития ОЭС Сибири, заложенного в СиПР, не будет востребована долгое время и может быть использована в иных целях. Одной из возможностей использования избыточной мощности ГЭС может быть передача ее в Европейскую часть ЕЭС России с различными целями, в том числе для компенсации работы ГЭС Волжско-Камского каскада в маловодные периоды.

Выводы

- 1) Длительная эксплуатация ГЭС приводит к значительному изменению условий их функционирования, что требует ведения постоянного мониторинга на всей территории влияния их водохозяйственной и энергетической деятельности.
- 2) Алгоритм позволяет оценить объём недоиспользования мощностей ГЭС в ОЭС. . В частности, оценка холостых сбросов на ГЭС Ангаро-Енисейского каскада, обусловленные техническим минимумом ТЭС в летний период, составляет почти 77 тыс. МВт·ч в сутки.
- 3) Недоиспользованная мощность ГЭС Ангаро-Енисейского каскада в ОЭС Сибири может быть передана в европейскую часть ЕЭС России, например, для компенсации работы ГЭС Волжско-Камского каскада в маловодные периоды.

Литература

1. Александровский А. Ю., Янышев В.К. Проблемы разработки ПИВР водохранилищ в изменяющихся внешних условиях (на примере Волжско-Камского каскада) - Водные ресурсы России: современное состояние и управление: сборник материалов всероссийской научно-практической конференции, г. Сочи, 08-14 октября 2018 г., - В 2 томах. Том I. – Новочеркасск: Лик, 2018. С. 143-147
2. Договор о присоединении к торговой системе оптового рынка - Ассоциация «НП Совет рынка» - Режим доступа: <https://www.np-sr.ru/ru/regulation/joining/index.htm> – (Дата обращения: 20.05.2019)
3. Отчет по часовой генерации и потреблению ОЭС Сибири - АО «СО ЕЭС» - Режим доступа: http://www.soups.ru/index.php?id=972&tx_ms1cdu_pi1%5Bkpo%5D=610000&tx_ms1cdu_pi1%5Bdt%5D=17.01.2018 – (Дата обращения: 20.05.2019)
4. Отчет о торгах по субъектам РФ ЕЭС - АО «АТС» - Режим доступа: https://www.atsenergo.ru/nreport?name=trade_region_spub&rdate=20180117 – (Дата обращения: 20.05.2019)
5. Филиппова, Т. А. Энергетические режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебник для академического бакалавриата / Т. А. Филиппова. — Москва: Издательство Юрайт, 2017. — 293 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-04375-4.
6. Схема и программа развития Единой энергетической системы России на 2018-2024 гг. - Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/11323> – (Дата обращения: 20.05.2019)