

М.А. ШМЕЛЕВ, инженер Саратовского РДУ филиала АО «СО ЕЭС»

Т.Ю. ДУНАЕВА, к.т.н., доцент (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)

С.В.НОВИЧКОВ, к.т.н., доцент (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)

г. Саратов

## **ВОЗДУШНО-АККУМУЛИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ПИКОВЫХ НАГРУЗОК ГОРОДА САРАТОВА**

Энергосистема Саратовской области работает в составе объединенной энергосистемы (ОЭС) Средней Волги и имеет электрическую связь с энергосистемами Самарской, Пензенской, Волгоградской, Ульяновской, Воронежской областей и с энергосистемой Республики Казахстан. Оперативно-диспетчерское управление в ней осуществляется филиалом АО «СО ЕЭС» Саратовское РДУ [1].

В настоящее время энергосистема Саратовской области в целом является энергоизбыточной, выдача мощности идет в Единую энергетическую систему страны. Однако сам город Саратов является энергодефицитным. Местные электростанции (Саратовская ГРЭС мощностью 23 МВт, ТЭЦ-2 и ТЭЦ-5 с установленными мощностями 109 и 445 МВт соответственно) не справляются с городским потреблением. Дефицит мощности города покрывается за счет большого перетока мощности со стороны Балаковского энергоузла.

Кроме того, генерирующие объекты города Саратов это теплоэлектроцентрали, которые работают по тепловому графику нагрузки и их выдача мощности сильно связана с сезонными изменениями. При этом генерирующая компания ПАО «Т Плюс» не стремится обеспечивать на своих объектах постоянный резерв и покрывать колебания графика городской нагрузки, особенно в летний и весенний период.

Саратов, как и большинство крупных городов, имеет характерные провалы нагрузки в ночные и дневные часы (рисунок 1), относительно утренних и вечерних максимумов.

В покрытии пиковых нагрузок действующие ТЭЦ города участвуют слабо, в особенности во время летнего периода, когда оборудование ТЭЦ выходит в ремонтный режим и работает не на номинальную мощность. В результате почти вся нагрузка города ложится на контролируемое сечение от Балаковского энергоузла. Такая ситуация несет в себе потенциальные риски для надежного питания потребителей города Саратов, особенно в пиковые часы графика в период экстремально высоких температур. Таким образом, проблема снижения пиковых нагрузок города Саратов и

снижения загрузки контролируемого сечения от Балаковского энергоузла является актуальной.

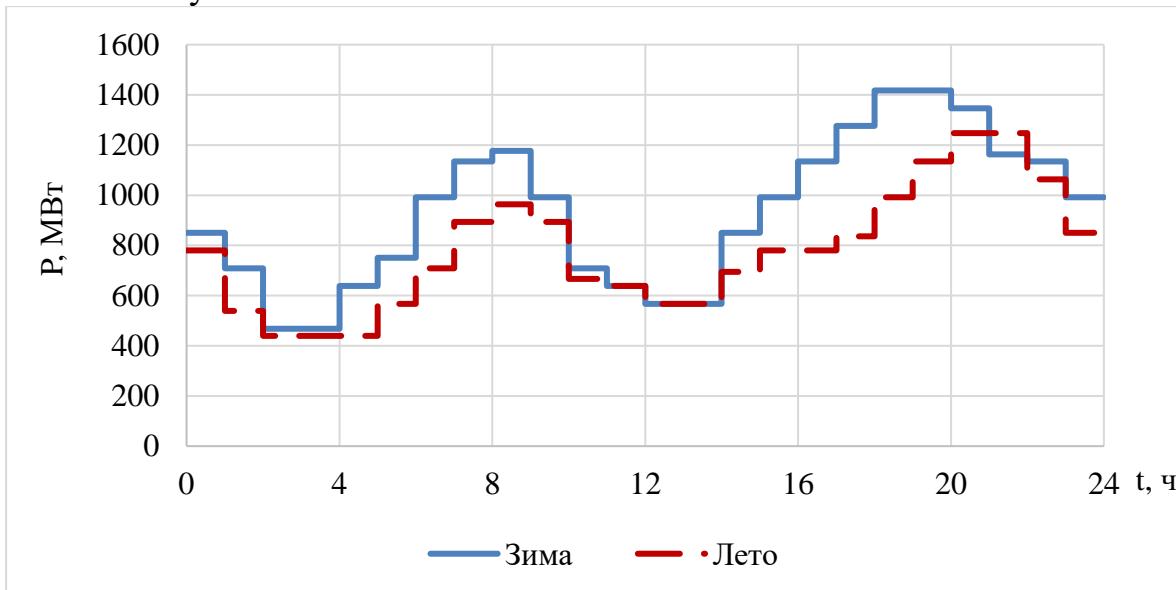


Рис. 1. Типовые графики нагрузок города Саратов

Одним из вариантов решения данной проблемы может стать использование для города Саратов систем накопления электрической энергии. В качестве такой системы может быть применена воздушно-аккумулирующая газотурбинная электростанция (ВАГТЭ) [2].

Использование ВАГТЭ должно благоприятно сказаться на маневренности энергосистемы Саратова благодаря существенно более высоким показателям маневренности (до 50 МВт/мин против 1,5 МВт/мин для ТЭЦ, работающих по тепловому графику).

Кроме того, использование ВАГТЭ в пиковые часы позволит обеспечить балансирование системы и снизит необходимость участия низкоманевренных электростанций в балансирующем рынке.

Город Саратов расположен на территории волго-уральского соленосного бассейна, что позволяет использовать для накопления воздуха находящиеся в земле полости. К примеру, можно использовать подземные емкости, которые в настоящее время используются Елшанским ПХГ.

ВАГТЭ предлагается разместить недалеко от подстанции 220/110 кВ «Саратовская» на неиспользуемой территории. Эта подстанция хорошо подходит для присоединения новой генерирующей мощности, так как в данный момент она служит для связи энергосистемы Саратова и Балаковского энергоузла, основной переток мощности идет через нее. Кроме того, в настоящий момент это единственная подстанция, позволяющая присоединить дополнительную мощность, находящаяся в черте города. Имеющиеся на ней распределительные устройства способны выдержать дополнительный переток мощности.

Планируемая мощность ВАГТЭ выходит довольно большой, было принято решение использовать трансформаторы с расщепленной обмоткой для снижения рабочих токов и токов короткого замыкания.

Схема распределительного устройства высокого напряжения (РУВН) электростанции выбирается типовая 4Н – два блока с выключателями и не-автоматической перемычкой со стороны линий. Благодаря данному решению электростанция будет обладать достаточной надежностью при плановом выводе в ремонт одной из двух линий.

Схемой распределительного устройства низкого напряжения (РУНН) выбирается 10(6)-2 – две рабочие, секционированные выключателями, системы шин. Данное решение для генераторного напряжения обеспечивает удобство компоновки оборудования. Генераторы в период выдачи мощности и компрессорные агрегаты в период закачки работают раздельно. Трансформаторы собственных нужд присоединяются к секциям шин РУ НН.

Общая схема всей электростанции с основными коммутирующими аппаратами представлена на рисунке 2.

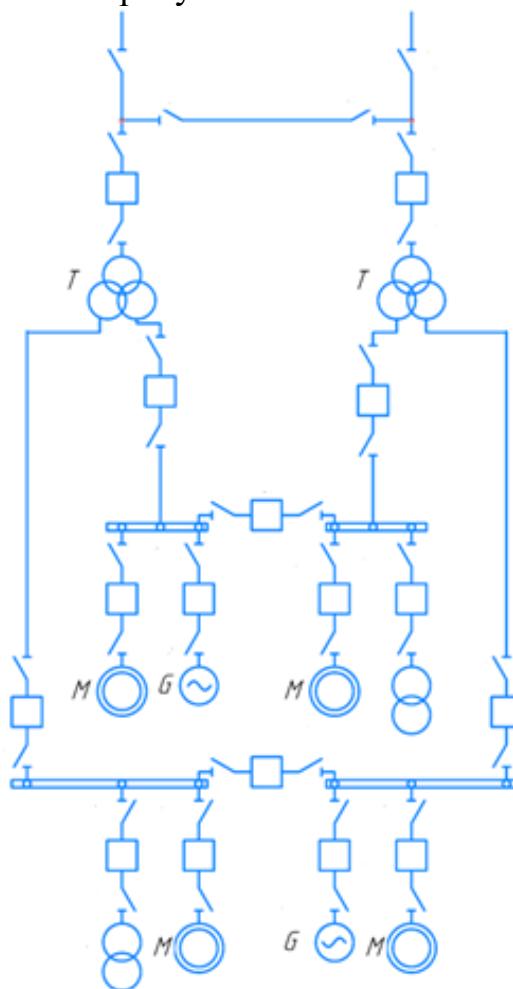


Рис. 2. Схема ВАГТЭ с двумя генераторами и четырьмя компрессорами

В ходе расчетов на кафедре «Тепловая и атомная энергетика имени А. И. Андрющенко» СГТУ был произведен расчет основных теплотехнических и воздушных характеристик комплекса с помощью программного продукта, разработанного доцентом кафедры Новичковым С. В. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Основные технические характеристики проектируемой станции**

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
Показатели процесса зарядки		
Давление в воздушном аккумуляторе	бар	40,0
Плотность закаченного воздуха	кг/м <sup>3</sup>	42,05
Количество закаченного воздуха	тыс. т	0,932
Количество хранимого воздуха	тыс. т	2,305
Время зарядки	ч/сут	3
Электрическая мощность компрессорной группы	МВт	55,04
Потребленная мощность компрессорной группой	МВт·ч/сут	141,27
Показатели процесса разрядки		
Давление в воздушном аккумуляторе на момент начала разрядки	бар	39,43
Давление в аккумуляторе после разрядки	бар	23,5
Количество сжатого воздуха в воздушном аккумуляторе после разрядки	тыс. т	1,37
Плотность воздуха в аккумуляторе после разрядки	кг/м <sup>3</sup>	27,5
Время разрядки	ч/сут	4,0
Электрическая мощность турбодетандеров	МВт	23,38
Количество вырабатываемой электрической мощности турбодетандерами	МВт·ч/сут	98,58
Показатели энергетической эффективности		
КПД нетто по отпуску электроэнергии ВАУ	%	26,19
Удельная выработка электроэнергии на единицу расхода аккумулированного воздуха, е	кВт·ч/кг	0,043
Коэффициент разрядки, К	–	0,698

В качестве основного генерирующего оборудования предлагается установить два турбогенератора марки Т-25-2Р У3-Г мощностью 25 МВт

производства отечественной компании ООО «Электротяжмаш-Привод» [4]. Газовые турбины выбираются серии ГТЭ-25П производства АО «ОДК-ПМ» [5]. Компрессоры выбраны производства АО «Невский завод» типа Н-400СПЧ1 на мощность 28 МВт в количестве 4 штук [6].

Время зарядки будет составлять 3 часа в сутки ночью, а время разрядки будет 4 часа в сутки вечером. График нагрузки для силовых трансформаторов такой станции представлен на рисунке 3.

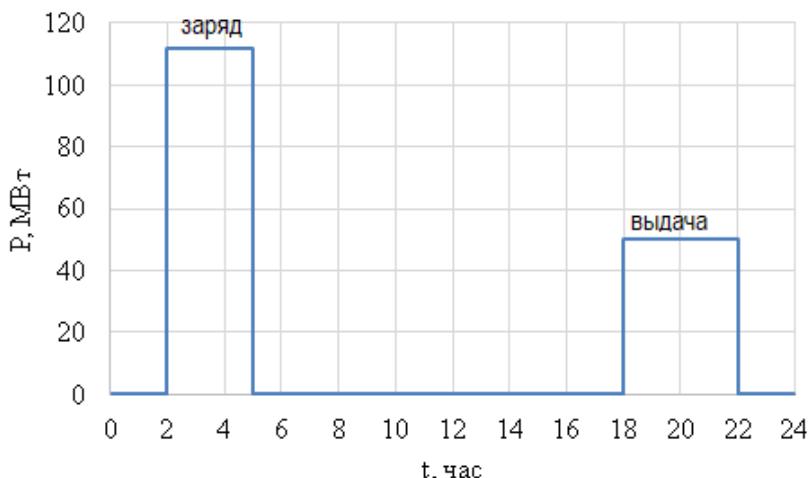


Рис. 3. График нагрузки силовых трансформаторов ВАГТЭ

В результате для схемы на рисунке 2 выбраны трансформаторы марки ТРДЦН-125000/110. Они удовлетворяют условию допустимых нагрузок и перегрузки.

Рассчитанные параметры позволяют сделать вывод о том, что проект ВАГТЭ для покрытия пиковых городских нагрузок возможен к реализации с технической точки зрения.

#### Список литературы:

1. Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Саратовской области на 2023-2027 годы – Саратов : Министерство промышленности и энергетики Саратовской области, 2022. – 122 с.
2. Ольховский, Г. Г. Воздушно-аккумулирующие газотурбинные электростанции (ВАГТЭ): учебник / Г. Г. Ольховский, В. А. Казарян, А. Я. Столяревский – М.; Ижевск : Ин-т компьют. исслед., 2011. – 360 с.;
3. ООО «Электротяжмаш-Привод» : сайт. – URL: <https://privod-lysva.ru> (дата обращения 15.11.2024).
4. АО «Объединённая двигателестроительная корпорация» : сайт. – URL: <https://www.uecrus.com/products-and-services/products> (дата обращения 15.11.2024).

---

5. АО «НЗЛ» : сайт. – URL: <https://www.nzl.ru/production> (дата обращения 15.11.2024).

Информация об авторах:

1. Шмелев Максим Алексеевич, инженер филиала АО «СО ЕЭС» Саратовское РДУ, 410015, г. Саратов, ул. Фабричная, д. 4, shmelev\_ma@mail.ru

2. Дунаева Татьяна Юрьевна, к.т.н., доцент, СГТУ имени Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77, d\_t\_y@mail.ru

3. Новиков Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, СГТУ имени Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77, novishkovsv@mail.ru