

УДК 621.311

ТИПОВОЙ БАЛАНС МОЩНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ПОСЛЕ ВВОДА
В ЭКСПЛУАТАЦИЮ БЕЛОРУССКОЙ АЭС
TYPICAL POWER SYSTEM POWER BALANCE AFTER COMMISSIONING
OF THE BELARUSIAN NPP

Богдан Е. В., аспирант, Карницкий Н. Б., д-р техн. наук., профессор
Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь
E. Bohdan, postgraduate, N. Karnitskiy, Doctor of technical Science, Professor,
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация. В статье проанализирован типовой баланс мощности энергосистемы при различном составе работающих энергоблоков Белорусской атомной станции. Выявлены основные проблемы обеспечения баланса мощностей, оценены прогнозируемые режимы работы энергоблоков электростанций.

Abstract. The article analyzes the typical power balance of the power system with various widespread use of power units of the Belarusian nuclear power plant. The main problems of monitoring the balance of capacities, predicted modes of operation of power units of power plants were assessed.

Ключевые слова: энергосистема, тепловые электрические станции, атомная электростанция, резерв, теплофикационная турбина

Key words: power system, thermal power plants, nuclear power plant, reserve, co-generation turbine

ВВЕДЕНИЕ

Режимы работы электростанций и отдельных энергоблоков объединенной энергосистемы Беларуси определяются суточным графиком нагрузки энергосистемы, в которой они работают. Общая нагрузка энергосистемы распределяется между отдельными ТЭС в соответствии с энергетическими и маневренными характеристиками последних. Со вводом Белорусской АЭС в эксплуатацию на полную мощность в энергосистеме сложится ситуация, когда ныне действующие традиционные КЭС и ТЭЦ, работающие на природном газе, начнут испытывать достаточно существенную недогрузку по мощности.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время в структуре генерирующих мощностей Белорусской энергосистемы около половины составляют ТЭЦ, что обуславливает необходимость привлечения теплофикационных установок в регулирование суточного графика электрических нагрузок. Режим работы конденсационных энергоблоков будет определяться потребностью в электроэнергии в часы максимального электропотребления и не востребованностью ее в часы ночного провала нагрузки [1]. Кроме того, в энергосистеме требуется повысить величину вращающего-

ся резерва до 1,2 ГВт. Базовая мощность Белорусской АЭС 2,4 ГВт составит около трети прогнозной потребности энергосистемы в пики потребления электроэнергии и около половины – в часы его спада. Электроснабжение потребителей в течение отопительного периода почти полностью перейдет к АЭС и ТЭЦ (табл. 1).

Таблица 1 – Типовой баланс мощности энергосистемы после ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС (отопительный период)

№	Наименование источников	АЭС 2 блока	АЭС 1 блок	Без АЭС
		Мощность, МВт		
Потребность и покрытие при максимальной нагрузке				
Потребность				
1	Пиковая мощность	6200	6200	6200
Покрывтие				
2	АЭС	2400	1200	0
3	Включенная мощность ТЭЦ энергосистемы	3450	3450	3450
4	Мощность локальных источников	750	750	750
5	Включенная мощность КЭС всего	0	1253	2123
в том числе				
5.1	ПГУ-427 Лукомльской ГРЭС	0	427	427
5.2	1-я очередь Лукомльской ГРЭС	0	0	630
5.3	2-я очередь Лукомльской ГРЭС	0	0	0
5.4	ПГУ-427 Березовской ГРЭС	0	427	427
5.5	ПГУ-240 Березовской ГРЭС	0	0	240
5.6	ПГУ-399 Минской ТЭЦ-5	0	399	399
5.7	Блок № 1 Минской ТЭЦ-5	0	0	0
6	ИТОГО включенная мощность (2+3+4+5)	6600	6653	6323
Возможный вращающийся резерв на включенном оборудовании				
7	Вращающийся резерв (6-1)	400	453	123
Быстродействующий резерв на энергоисточниках на базе ГТУ ПРЭИ				
8	Резерв	800	800	800
Суммарный резерв на оборудовании энергосистемы				
9	(7+8)	1200	1253	923

Суточное электропотребление в энергосистеме неравномерное и имеет в часы максимума около 6 200 МВт, а в часы минимума около 4 400 МВт. Соответственно, разница, на которую должны разгрузиться электростанции ОЭС Беларуси – 1 800 МВт. При работе одного атомного энергоблока только за счет регулировочных возможностей конденсационных электростанций в ночное время не представляется возможным обеспечение баланса мощностей без разгрузки ТЭЦ ниже теплового графика с включением водогрейных котельных. При недостаточной нагрузке электроводогрейных котлов для прохождения ми-

нимума электропотребления потребуется осуществлять ежесуточный останов конденсационных энергоблоков. В зависимости от состава работающего оборудования, в первую очередь необходимо останавливать наименее экономичные энергоблоки.

Режим работы АЭС с двумя энергоблоками потребует разгрузки оборудования ТЭЦ ниже теплового графика вплоть до технического минимума в часы провала.

В настоящий момент в отопительный период в целях экономии топлива на ТЭЦ энергосистемы эксплуатация паровых турбин ведется в режиме практически полной теплофикации, то есть так называемой «отсечки», когда в цилиндр низкого давления расход пара минимальный. Поворотные диафрагмы турбин практически полностью закрыты (ограничены минимальным пропуском пара в конденсатор для предотвращения разогрева «хвоста» турбины).

Регуляторы теплофикационных отборов хоть и подключены, но настроены исключительно на режим максимального давления, то есть начинают открываться в автоматическом режиме только при достижении максимального давления пара в подогревателе. Это приводит к тому, что регулировочный диапазон на турбинах в действительности фактически отсутствует, так как при изменении электрической нагрузки на турбинах персонал вручную изменяет положение поворотных диафрагм ЦНД, поддерживая заданную тепловую нагрузку в течение всего дня. Переход на работу со включенными регуляторами теплофикационных отборов турбин в большинстве случаев не представляется возможным из-за характерных недостатков и технического состояния устаревших и отработавших свой ресурс гидравлических систем регулирования турбин и неработоспособности регуляторов.

Прогнозируемая структура баланса электрических мощностей энергосистемы с учетом нахождения в работе атомных энергоблоков для межотопительного периода приведена в табл. 2.

В межотопительный период при малых тепловых нагрузках диапазон регулирования теплофикационных турбин ТЭЦ увеличивается, и турбина может изменять свою мощность в достаточно широком диапазоне без выполнения переключений, а при конденсационной нагрузке – в том диапазоне, который определяется возможностями турбины, котла, питательной установки. Дополнительные ограничения регулировочного диапазона создаются такими факторами, как давление в теплофикационных отборах, от которых зависят напряжения в рабочих лопатках предотборных ступеней и осевое усилие, воспринимаемое упорным подшипником, давление в камере регулирующей ступени и т. д.

Результаты показывают, что при работе ТЭЦ в одной энергосистеме с Белорусской АЭС, на первый план выходят такие параметры ТЭЦ, как минимально и максимально возможные нагрузки ТЭЦ, регулировочный диапазон, возможность глубокой разгрузки оборудования ТЭЦ вплоть до технического минимума в ночное время (часы провала) и набора максимальной нагрузки (в межотопительный период или при аварийном отключении АЭС) и факторы, которые их ограничивают. Остро встает необходимость разгрузки турбоагрегатов до параметров ниже теплофикационного графика с неизменным включе-

нием в работу электрокотлов для поглощения избыточной электрической мощности. Продолжительность нахождения в таком режиме может достигать трети всего времени работы турбоустановок [2].

Таблица 2 – Типовой баланс мощности энергосистемы после ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС (межотопительный период)

№	Наименование источников	АЭС 2 блока	АЭС 1 блок	Без АЭС
		Мощность, МВт		
Потребность и покрытие при максимальной нагрузке				
Потребность				
1	Пиковая мощность	4800	4800	4800
Покрывтие				
2	АЭС	2200	1100	0
3	Включенная мощность ТЭЦ энергосистемы	1650	1650	1650
4	Мощность локальных источников	610	610	610
5	Включенная мощность КЭС всего	826	1808	2748
в том числе				
5.1	ПГУ-427 Лукомльской ГРЭС	427	427	427
5.2	1-я очередь Лукомльской ГРЭС	0	315	1255
5.3	2-я очередь Лукомльской ГРЭС	0	0	0
5.4	ПГУ-427 Березовской ГРЭС	0	427	427
5.5	ПГУ-240 Березовской ГРЭС	0	240	240
5.6	ПГУ-399 Минской ТЭЦ-5	399	399	399
5.7	Блок № 1 Минской ТЭЦ-5	0	0	0
6	ИТОГО включенная мощность (2+3+4+5)	5286	5168	5008
Возможный вращающийся резерв на включенном оборудовании				
7	Вращающийся резерв (6-1)	486	368	208
Быстродействующий резерв на энергоисточниках на базе ГТУ ПРЭИ				
8	Резерв	800	800	800
Суммарный резерв на оборудовании энергосистемы				
9	(7+8)	1286	1168	908

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В покрытии графика электропотребления республики будут задействованы в основном новые высокоэффективные парогазовые энергоблоки класса 400 МВт и преимущественно энергоблоки 1 очереди Лукомльской ГРЭС. К выравниванию графиков электрических нагрузок требуется привлечь ТЭЦ, турбоагрегаты которых в основном работают по тепловому графику нагрузки с полностью закрытыми диафрагмами теплофикационных отборов. Для ТЭЦ участие в регулировании графика электрических нагрузок определено заранее в зависимости от периода года (в отопительный и в межотопительный период) и осуществляется в основ-

ном разгрузкой теплофикационных отборов турбин и передачей этих нагрузок на котельные, а также на электробойлерные установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богдан Е. В. К вопросу регулирования суточного графика электрических нагрузок после ввода в эксплуатацию белорусской АЭС / Е. В. Богдан, Н. Б. Карницкий // Энергетика Беларуси-2021 [Электронный ресурс] : материалы Республиканской научно-практической конференции, 26 мая 2021 г. / сост. И. Н. Прокопеня. – Минск: БНТУ, 2021. – С. 175–180.

2. Богдан Е. В., Дубровенский А. Н. Оптимизация распределения нагрузок в энергосистеме с учетом технических особенностей теплофикационных турбин // Энергетическая стратегия. Научно-практический журнал. – г. Минск, сентябрь-октябрь 2021. – № 5 (83). – С. 47–52.