

УДК 622.356

СНИЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ТЭЦ В АТМОСФЕРУ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ЭНЕРГОБЛОКОВ

И.О. Юрченко, студент гр. ЭПб-131, 4 курс
Т.Л. Долгопол, доцент
Кузбасский государственный технический университет
г. Кемерово

В России около 66% энергии производится тепловыми электростанциями. На ТЭЦ приходится около 46% всего сернистого ангидрида и 25% угольной пыли, выбрасываемой в атмосферу промышленными предприятиями.

Согласно СанПиН [1], ТЭЦ и районные котельные тепловой мощностью 200 Гкал и выше, работающие на угольном и мазутном топливе, относятся ко второму классу опасности с санитарно-защитной зоной (СЗЗ) не менее 500 м. Эти же объекты, работающие на газовом и газомазутном топливе относятся к предприятиям третьего класса с СЗЗ не менее 300 м.

Одной из главных задач для любой электростанции является уменьшение вредных выбросов в атмосферу, что повышает ее конкурентоспособность на рынке электроэнергии и мощности. Одним из способов снижения экологической нагрузки ТЭЦ на окружающую среду является экономия топлива на ТЭЦ путем рациональной загрузки энергоблоков станции. Кроме этого, оптимизация работы энергоблоков способствует повышению энергоэффективности генерирующих компаний, что является приоритетным направлением стратегии развития энергетики до 2030 г.

В данной статье на примере ТЭЦ АО «ЕВРАЗ НТМК» общей мощностью 149,9 МВт произведен выбор оптимального режима работы генераторов. Станция работает на природном и попутном газах и обеспечивает паром, теплом и электроэнергией Нижнетагильский металлургический комбинат им. В.И. Ленина (НТМК), а также обеспечивает горячей водой город Нижний Тагил. Особенностью этой станции является ее автономная работа: она снабжает электроэнергией только комбинат и не подключена к энергосистеме. На ТЭЦ имеется 2 очереди турбогенераторов. Особенность первой очереди состоит в том, что ее электрическая мощность всегда постоянна из-за тепловой нагрузки, которая обусловлена необходимостью обеспечения паром технологические процессы предприятия. Вторая очередь является управляемой по выдаче мощности, так как ее первоначальной задачей является выработка электроэнергии.

Состав оборудования и его параметры представлены в табл. 1 и табл.2.

Эффективное распределение нагрузки между генераторами позволит сэкономить некоторую часть топлива. Рассмотрим план - график выработки электроэнергии на 22 декабря 2016 года, ее стоимости и количества затраченных энергоресурсов, а также оценим эффективность принятого решения.

Таблица 1. Состав генерирующего оборудования

№		Турбина	Генератор	$P_{уст},$ МВт	$P_{min},$ МВт	V_{\downarrow} МВт/мин	V_{\uparrow} МВт/мин
I очередь (92,6 МВт)							
1	ТГ-1	ПТ-30 2,0	ТФ-25-2У3	30,0	30	0,8	0,9
2	ТГ-2	ПТ-13,4	ТФ-40-2У3	26,6	26	0,7	0,9
3	ТГ-3	ПТ-50-2,5	ТФ-40-2У3	36,0	36	0,9	0,9
II очередь (57,3 МВт)							
4	ТГ-4	ПТ-30-2,0	ТФ-25-2У3	24	20,0	0,5	0,9
5	ТГ-5	Р-12/70	Т-12-2У3	10	5,0	0,3	0,7
6	ТГ-6	Р-12/70	Т-12-2У3	11,3	7,0	0,3	0,7
7	ТГ-7	Р-12/70	Т-12-2У3	12	6,0	0,3	0,7

Таблица 2 Параметры генераторов 2 очереди

№	Генератор	$P_{min},$ МВт	$P_{max},$ МВт	$V_{min},$ м ³ /МВт·ч	$V_{max},$
1	ТГ-4	20,0	24,0	0,288	0,657
2	ТГ-5	5,0	10,0	0,315	0,562
3	ТГ-6	7,0	11,3	0,218	0,465
4	ТГ-7	6,0	12,0	0,219	0,455
	Итого:	38,0	58,3		

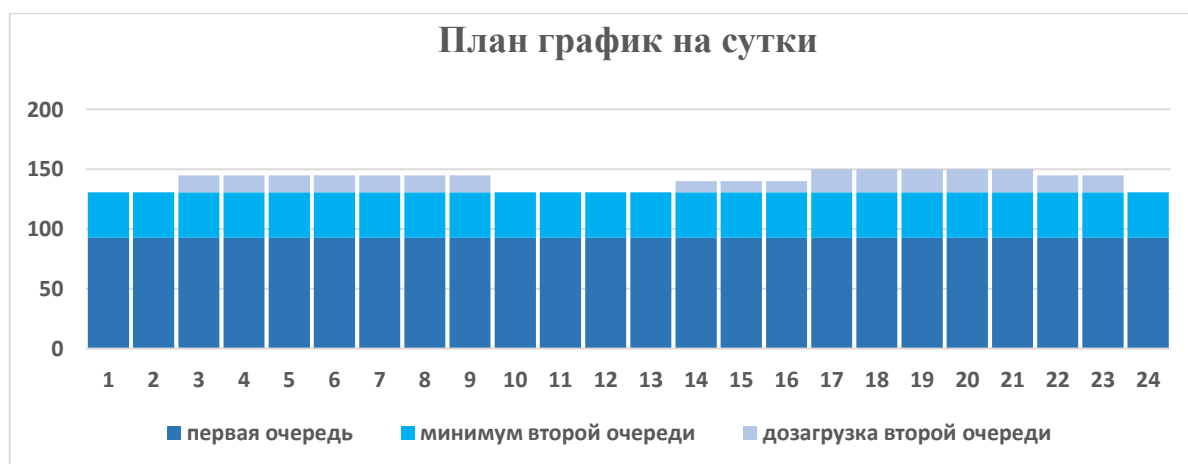


Рисунок 1. Плановый суточный график выработки электроэнергии ТЭЦ

Необходимо распределить нагрузку между генераторами согласно плану-графику выработки электроэнергии ТЭЦ на 22 декабря, учитывая, что электрическая нагрузка первой очереди составляет 92,6 МВт по условию ра-

боты станции, а минимальная загрузка второй очереди (38 МВт) задана технологическим процессом (рис.1). Таким образом, необходимо рационально определить дозагрузку генераторов второй очереди в течение суток.

Самым экономичным вариантом распределения нагрузки между генераторов является метод относительных приростов. Метод основан на расчете прироста затрат на топливо для каждого из турбогенераторов. Величину загрузки в течение суток будет определять эффективность каждого из агрегатов.

22 декабря 2016 г. мощность, выдаваемая ТЭЦ, должна измениться 6 раз: возрасти в часы: с 2 до 3, с 13 до 14, с 16 до 17, уменьшиться: с 9 до 10, с 21 до 22 и с 23 до 24. Чтобы обеспечить требуемый график выдачи мощности, необходимо учесть скорость набора и сброса мощности (V) каждым турбогенератором. Для выполнения запланированного графика станция должна заранее начинать набор и сброс мощности.

Для оценки эффективности решения сравним расход газа с использованием метода относительных приростов с расходом при нерациональной загрузке генераторов.

Плановый объем выработки электроэнергии 22 декабря - 3389,2 МВт·ч: для 1-ой очереди - 2222,4 МВт·ч, для 2-ой - 1162,6 МВт·ч. Доля выработки 2-ой очереди в среднем за сутки составляет 34,05%, от общей выработки по плану. ΔP является разностью общей выработки по плану и загрузки первой очереди.

Относительный прирост расхода на топливо для каждого турбогенератора рассчитывается отдельно по формуле:

$$\Pi = \frac{B_{\max} - B_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}}$$

Полученные результаты представлены в виде гистограммы (рис. 2).

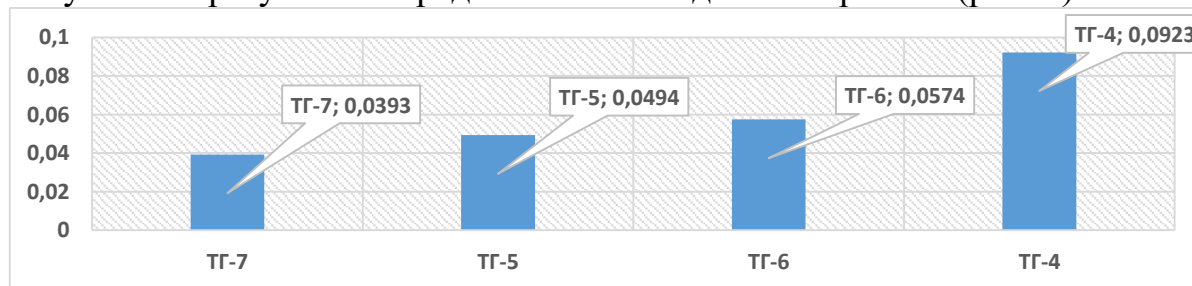


Рисунок 2. Относительный прирост расхода топлива

Оптимальная загрузка генераторов будет определяться величиной прироста: чем меньше прирост, тем более первоочередным является включение в работу именно этого генератора.

Время набора и сброса мощности рассчитано с учетом скоростей генераторов 2-ой очереди. Переменная Δt определяет, за сколько минут до наступления следующего часа должно начинаться изменение нагрузки.

С 1 по 2, с 9 по 13 и в 24 часа выработка по плану должна составлять 130 МВт. Единственный вариант выдачи такой мощности – вывод в горячий резерв

одного из ТГ и дозагрузка других, что является крайне неэффективным и технически трудоемким процессом, а также увеличивает износ и значительно уменьшает срок службы генераторов. Отклонение от графика в эти часы составит 0,6 МВт, общее превышение нагрузки - 4,2 МВт. Общий объем выработки 2-ой очереди увеличится до 1666,8 МВт·ч.

С 17 по 21 час требуемая мощность по плану больше P_{max} на 0,1 КВт. Для покрытия ТГ-6 и ТГ-7 на 10% поочередно, при этом разгружая самый неэффективный ТГ-4.

Таблица 2. Результаты расчета почасовой загрузки генераторов

Час	ΔP , МВт	Δt , мин	Состав генерирующего оборудования, вводимого свыше P_{min}	Загрузка генераторов второй очереди			
				ТГ-4 (20-24 МВт)	ТГ-5 (5-10 МВт)	ТГ-6 (7-11,3 МВт)	ТГ-7 (6-12 МВт)
1-2	37,4	-	-	<u>20</u>	<u>5</u>	<u>7</u>	<u>6</u>
3-9	52,4	4,2	ТГ-7+ТГ-5+ТГ-6	<u>20</u>	10	10,4	12
10-13	37,4	1,8	-	<u>20</u>	<u>5</u>	<u>7</u>	<u>6</u>
14-16	47,4	4,2	ТГ-7+ ТГ-5	<u>20</u>	8,4	<u>7</u>	12
17	57,4	3,01	ТГ-7+ТГ-5+ТГ-6+ ТГ-4	22,8	10	11,3	<u>13,2</u>
18	57,4	-	ТГ-7+ТГ-5+ТГ-6+ ТГ-4	23	10	<u>12,4</u>	12
19	57,4	-	ТГ-7+ТГ-5+ТГ-6+ ТГ-4	22,8	10	11,3	<u>13,2</u>
20	57,4	-	ТГ-7+ТГ-5+ТГ-6+ ТГ-4	23	10	<u>12,4</u>	12
21	57,4	-	ТГ-7+ТГ-5+ТГ-6+ ТГ-4	22,8	10	11,3	<u>13,2</u>
22-23	52,4	1,45	ТГ-7+ТГ-5+ТГ-6	<u>20</u>	10	10,4	12
24	37,4	1,8	-	<u>20</u>	<u>5</u>	<u>7</u>	<u>6</u>
Итого:	1162,6			494,4	200,4	222,3	249,6

Расчет общей затраты топлива на выработку электроэнергии формируется для каждого часа отдельно с разделением выработки мощности на уровень P_{min} и уровень свыше P_{min} . Для 2-ой очереди формула выглядит следующим образом:

$$V = V_{min} * P_{min} + \Pi * (P - P_{min})$$

Суточное потребление топлива генераторами 2-ой очереди за сутки составило 256831 м³ (рис. 3). При нерациональной загрузке генераторов объем затраченного газа - 260052 м³.

Стоимость 1 МВт·ч выработанной электроэнергии для генерации составляет 470 руб., стоимость газа за 1000 м³ - 4312,66 руб. (в соответствии с тарифами в Свердловской области). Стоимость выработанной электроэнергии для 1-ой очереди - 1044528 руб., для 2-ой очереди - 548396 руб. Стоимость потраченного топлива за сутки при загрузке 2-ой очереди методом относительных приростов составляет 1107624,7 руб. Стоимость газа при расчете с нерациональной загрузкой - 1121515,86 руб.

Сокращение расхода топлива за счет оптимального распределения нагрузки между генераторами 2-ой очереди составит 3221 м³ в сутки. Кроме этого, можно использовать попутный газ с комбината, что сделает выработку электроэнергии еще дешевле.

Таким образом, использование методики приростов для расчета оптимальной загрузки генераторов станции позволило уменьшить расход газа на 3221 м³ и экономить по 13891,2 руб. за день. Кроме этого, минимизировано время набора и сброса мощности, что приведет к уменьшению износа генерирующего оборудования. Общая эффективность станции повысилась на 1% из-за рациональной загрузки турбогенераторов на одной из ее очередей. В рублевом эквиваленте экономия энергоресурсов за год за счет оптимального перераспределения нагрузки между генераторами станции составит около 5 млн. рублей.

Таким образом, оптимизации работы энергоблоков позволит снизить количество выбросов ТЭЦ до 2 тонн в сутки, за год это составит – 730 тонн.

Список литературы:

1. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов [Текст]: СанПиН 2.2.1/2.1.1200-03 – 2007. – М. Изд-во стандартов, 2007. – 21с.

2. Трухний, А.Д. Современная теплоэнергетика [Электронный ресурс]: /А.Д. Трухний; РОСЭНЕРГОСЕРВИС, 2004. – 75 с. - Режим доступа: <http://lib.rosenergосervis.ru>.

3. Тарифы на электроэнергию в России. – ЭНЕРГО24. - Режим доступа: <https://energo-24.ru/tariffs>.

4. Малозатратные методы повышения экономичности ТЭЦ. – Режим доступа <https://nacerp.ru...povysheniya-ekonomichnosti-tec.html>.