

УДК 621.165

РАСШИРЕНИЕ РЕГУЛИРОВОЧНОГО ДИАПАЗОНА ПАРОТУРБИННОГО
ЭНЕРГОБЛОКА ЗА СЧЕТ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ В СИСТЕМЕ
РЕГЕНЕРАЦИИ

EXPANDING OF THE REGULATION RANGE OF A STEAM TURBINE POWER
UNIT DUE TO HEAT STORAGE IN THE REGENERATION SYSTEM

Качан С. А., к-т. техн. наук, доцент,

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

S. Kachan, Candidate of Technical Sciences, Docent,

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Аннотация. Исследуется метод расширения регулировочного диапазона паротурбинного блока за счет аккумуляции теплоты в системе регенерации низкого давления. Описана тепловая схема. Произведена оценка увеличения пиковой мощности и глубины разгрузки на примере блока 300 МВт

Abstract. A method of expanding of the regulating range of a steam turbine power unit by accumulating heat in a low-pressure regeneration system is investigated. The description of the scheme is given. An assessment of the increase in peak power and unloading depth using the example of a 300 MW unit was made

Ключевые слова: паротурбинный энергоблок, регулировочный диапазон, аккумуляция теплоты, система регенерации, пиковая мощность, глубина разгрузки, блок 300 МВт

Key words: steam turbine power unit, control range, heat storage, regeneration system, peak power, unloading depth, 300 MW unit

ВВЕДЕНИЕ

Аккумуляция теплоты в системе регенерации паротурбинных установок является одним из экономичных путей расширения их регулировочного диапазона. Рассмотрим сущность этого метода и основные показатели его применения на примере энергоблока с паротурбинной установкой К-300-240 ЛМЗ.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для расширения регулировочного диапазона энергоблока возможно при его разгрузке (в период провала графика электрических нагрузок энергосистемы) избыточный расход основного конденсата и питательной воды подогревать в системе регенерации турбоустановки, который затем запастись в горячем отсеке бака-аккумулятора. Из последнего в период работы турбоустановки с полной нагрузкой нагретую воду можно направлять в систему регенерации с одновременной подачей части основного конденсата после конденсатных насосов в холодный отсек бака-аккумулятора. Как результат при этом в период понижения

электрической мощности достигается углубление разгрузки турбоустановки, а в пики энергопотребления – получение дополнительной пиковой мощности.

Величину разгрузки $\Delta N_{\text{пр}}$ и дополнительную пиковую мощность $\Delta N_{\text{пик}}$ за счет аккумулярования в системе регенерации теплоты $\Delta Q_{\text{рj}}$ в случае равенства длительности зарядки и разрядки аккумуляторов теплоты ($T_{\text{пр}} = T_{\text{пик}}$) можно оценить по формулам [1]

$$\Delta N_{\text{пр}} = \Delta Q_{\text{рj}} \eta_{\text{э}} \xi_{\text{ср}}^{\text{пр}}; \quad (1)$$

$$\Delta N_{\text{пик}} = \Delta Q_{\text{рj}} \eta_{\text{э}} \xi_{\text{ср}}^{\text{пик}} \eta_{\text{ак}}, \quad (2)$$

где $\xi_{\text{ср}}^{\text{пр}}, \xi_{\text{ср}}^{\text{пик}}$ – средние значения коэффициентов ценности теплоты [2] для регенеративных отборов, используемых для аккумулярования теплоты в провалы и пики нагрузок;

$\eta_{\text{э}}$ – электрический КПД турбоустановки;

$\eta_{\text{ак}}$ – КПД аккумулятора теплоты, учитывающий потери теплоты при ее аккумуляровании.

Тогда при разгрузке энергоблока за счет аккумулярования удельное снижение расхода теплоты на турбоустановку составит [1]

$$\Delta \bar{Q}_0 = (\eta_{\text{ак}} / \eta_{\text{э}}) \cdot (\xi_{\text{ср}}^{\text{пик}} / \xi_{\text{ср}}^{\text{пр}}). \quad (3)$$

Как видно, если пренебречь потерями теплоты в баке-аккумуляторе ($\eta_{\text{ак}} = 1$), то при отношении $\xi_{\text{ср}}^{\text{пик}} / \xi_{\text{ср}}^{\text{пр}} = 1$ значение $\Delta \bar{Q}_0$ будет равно удельному расходу теплоты свежего пара при исходной нагрузке, то есть повышение маневренности энергоблока будет обеспечиваться без снижения среднесуточной его экономичности.

Максимальные значения $\Delta Q_{\text{рj}}, \Delta N_{\text{пр}}$ и $\Delta N_{\text{пик}}$ будут достигаться при подогреве дополнительного расхода питательной воды во всех регенеративных подогревателях, включая подогреватели высокого давления (ПВД). Однако в этом случае необходима установка дорогих баков-аккумуляторов питательной воды, работающих под высоким давлением, и специальных высоконапорных насосов для подачи воды из баков-аккумуляторов в тракт питательной воды, что снижает надежность, удорожает и усложняет питательную установку и увеличивает потребляемую ей мощность. При аккумуляровании теплоты в системе регенерации низкого давления, то есть в подогревателях низкого давления (ПНД) и деаэраторе, хотя и снижается диапазон регулирования нагрузки энергоблока, но существенно упрощается практическая реализация рассматриваемого метода.

Принципиальная схема паротурбинной установки с таким способом аккумулярования теплоты приведена на рис. 1.

Расчет экономической эффективности схемы приближенно можно произвести на основе замены системы регенерации турбины на участке ПНД – деаэратор условным подогревателем или с использованием коэффициентов ценности теплоты отборов. Значения $\xi_{\text{ср}}^{\text{пр}}$ и $\xi_{\text{ср}}^{\text{пик}}$ могут быть найдены для конкретной турбоустановки по средним температурам конденсата в процессах зарядки и разрядки аккумулятора, используя данные [2]. Например, для турбоустановки К-300-240 ЛМЗ расчеты показали, что данный способ аккумулирования теплоты в системе регенерации низкого давления позволяет увеличить регулировочный диапазон блока (в долях от номинальной мощности $N_{\text{ном}}$)

$$\Delta \bar{N}_{\text{рег}} = (\Delta N_{\text{пр}} + \Delta N_{\text{пик}}) / N_{\text{ном}}, \quad (4)$$

примерно на 6 %. При этом дополнительное снижение мощности в провал электрических нагрузок $\Delta N_{\text{пр}} \approx 7,5$ МВт, а дополнительная пиковая мощность $N_{\text{пик}} \approx 10,5$ МВт.

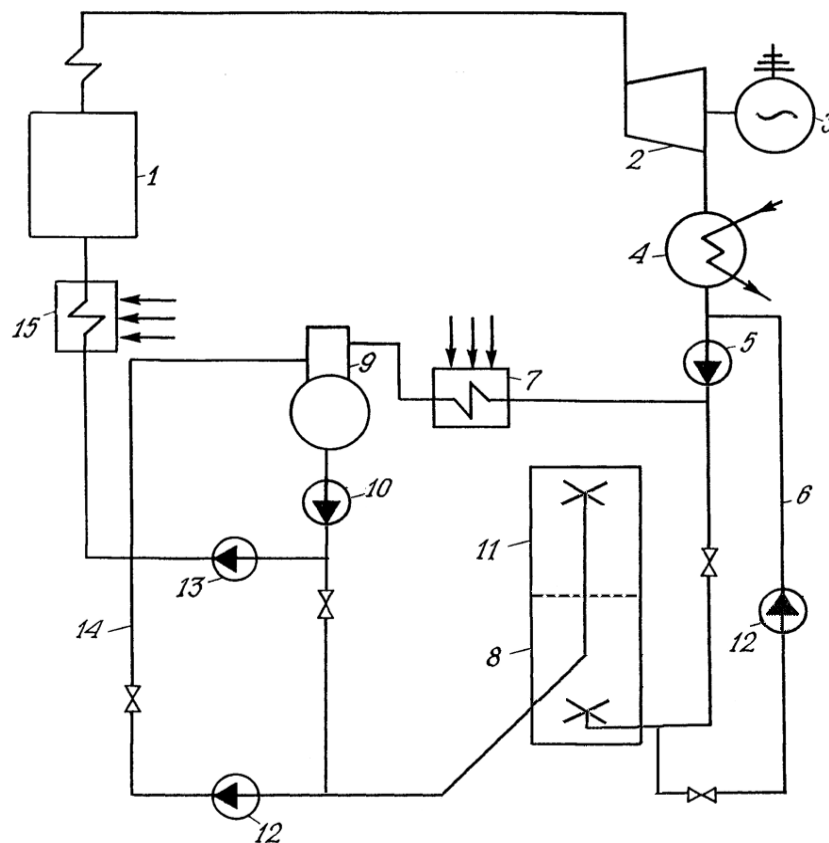


Рисунок 1 – Принципиальная схема с аккумулированием теплоты в системе регенерации низкого давления:

- 1 – паровой котел; 2 – турбина; 3 – генератор; 4 – конденсатор; 5 – конденсатный насос;
6 – конденсатопровод; 7, 15 – системы подогревателей низкого и высокого давления;
8, 11 – холодный и горячий отсеки бака-аккумулятора; 9 – деаэратор; 10 – бустерный насос;
12 – перекачивающий насос; 13 – питательный насос; 14 – трубопровод

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчет эффективности схемы должен учитывать, как возможность получения дополнительной пиковой мощности, так и снижение расхода топлива в провал нагрузок против альтернативного способа прохождения минимума нагрузки с помощью пуско-остановочного режима. Проведенный анализ показывает, что предлагаемый способ работы энергоблока является выгодным, так как обеспечивает экономию как топливных, так и капитальных затрат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маджед, Аль-Сбейх Аль-Махамид. Анализ маневренных характеристик энергоблоков и выбор схем ПГУ при расширении КЭС: дис. ... канд. тех. наук: 05.14.14 / А. А. Маджед. – БГПА – Минск, 1994. – 186 с.
2. Рубинштейн, Я. М. Исследование реальных тепловых схем ТЭС и АЭС / Я. М. Рубинштейн, М. И. Щепетильников – М.: Энергоиздат, 1982. – 278 с.