УДК 621.311.22

С.А. КАЧАН, к.т.н., доцент (БНТУ)
А.В. ИВАНОВ, магистрант (БНТУ)
г. Минск

УЧАСТИЕ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ В РЕГУЛИРОВАНИИ ЧАСТОТЫ И МОЩНОСТИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

В настоящее время в структуре генерирующих мощностей Белорусской энергосистемы (более 9 ГВт) около половины (более 4 ГВт) составляют ТЭЦ, что обусловливает необходимость привлечения теплофикационных установок в регулировании суточного графика электрических нагрузок.

В условиях ввода в Беларуси АЭС, базовая мощность которой 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. При этом на ТЭЦ ляжет несвойственная для них функция регулятора суточных графиков электрических нагрузок в больших масштабах, включая всю переменную часть этих графиков [1, 2].

Теплофикационные установки привлекаются к регулированию нагрузки энергосистемы, как при их работе по электрическому графику с неполной загрузкой отопительных отборов в течение межотопительного и так называемого переходного периодов, так и при их работе по тепловому графику в течение отопительного периода.

Известны различные способы расширения регулировочного диапазона турбоагрегатов ТЭЦ, работающих по тепловому графику: за счет полного или частичного обвода подогревателей системы регенерации, частичного обвода подогревателей сетевой воды, применения скользящего давления в теплофикационном оборе и суточного регулирования отпуска теплоты от ТЭЦ, а также комбинирования этих способов [3, 4]. При небольшом снижении электрической мощности отпуск теплоты из отборов турбин может при этом оставаться неизменным.

Перевод ТЭЦ в маневренный режим работы предусматривает их глубокую разгрузку по электрической мощности в ночные часы с существенным снижением отпуска теплоты с отработавшим паром и выработки электроэнергии на тепловом потреблении. Основное отличие схем состоит в способах компенсации недоотпуска теплоты из отборов $\Delta Q_{\text{отб}}$, наиболее известные из которых:

1) схема с разгрузкой отборов на энергетические или водогрейные

котлы ТЭЦ;

2) схема с разгрузкой отборов на тепловые аккумуляторы с зарядкой последних отборным паром в дневные часы;

3) схема с разгрузкой отборов на электрокотлы, получающие электроэнергию от разгружаемого турбоагрегата.

В последней схеме снижение выдачи электрической мощности в энергосистему $\Delta N_{\text{сист}}$ можно представить как сумму двух слагаемых: снижения электрической мощности паровой турбины $\Delta N_{\text{тф}}$ при разгрузке отборов (независимо от способа компенсации недоотпуска теплоты $\Delta Q_{\text{отб}}$) и дополнительного снижение выдачи мощности в энергосистему вследствие расхода части выработанной электроэнергии на электрокотлы $\Delta N_{\text{эк}}$:

$$\Delta N_{\text{сист}} = \Delta N_{\text{тф}} + \Delta N_{\text{эк}} = W_{\text{тф}} \Delta Q_{\text{отб}} + \left(W_{\text{тф}} + {}^{1}\!/_{\eta_{\text{эк}}} \right) \Delta Q_{\text{отб}}, \qquad (1)$$

где $W_{\text{тф}}$ – удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении разгружаемых отборов; $\eta_{\text{эк}}$ – КПД электрокотлов.

Как видно, при характерных значениях $W_{\text{тф}}$ = 0,4...0,6 при той же величине разгрузки отопительных отборов $\Delta Q_{\text{отб}}$ снижение выдачи электрической мощности в энергосистему при использовании электрокотлов примерно в три раза выше. Так выдача мощности в энергосистему $\Delta N_{\text{сист}}$ может быть снижена на 100% при фактической разгрузке турбоагрегата $\Delta N_{\text{тф}}$ на 33…35%.

В настоящее время в ночные часы отопительного периода производится разгрузка крупных ТЭЦ Беларуси на водогрейные котлы. К моменту ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС планируется на наиболее мощных отопительных ТЭЦ установить электрокотлы, применение которых хотя и будет приводит к некоторому (в пределах 0,04…0,08%) перерасходу топлива в связи с двойной трансформацией энергии, но создаст более благоприятные условия регулирования нагрузки в энергосистеме.

Для гарантированного обеспечения качества регулирования частоты в энергосистеме должно иметься нормированное первичное регулирование, осуществляемое выделенными для этой цели электростанциями.

В России в соответствии с приказом РАО «ЕЭС России» проведена большая национальная кампания по улучшению качества регулирования и необходимой модернизации электростанций.

В Беларуси ситуация в этой области в последние годы практически не менялась, и в условиях параллельной работы ОЭС Беларуси с другими энергосистемами значительная часть системных услуг оказывается энергосистемами других государств (прежде всего России). Такой вывод следует из того, что при значительных колебаниях электропотребления в

течение суток, заметны лишь небольшие колебания генерации ОЭС Беларуси и существенные колебания сальдо энергосистемы.

Для возможности изолированной работы ОЭС Беларуси и обеспечения первичного регулирования собственными электростанциями необходимо провести большую работу по модернизации систем регулирования электростанций и приведения параметров регулирования к современным условиям; разработать и внедрить в ОЭС Беларуси центральный автоматический регулятор частоты и мощности (ЦАРЧМ), воздействующий на блочное оборудование крупнейших ТЭС.

Привлечение к регулированию частоты теплофикационных энергоблоков осложняется из-за необходимости обеспечения этими энергоустановками в первую очередь теплофикационной нагрузки.

В [5] проведено исследование с использованием компьютерного тренажера с целью проверки возможности и целесообразности привлечения теплофикационных энергоблоков к регулированию частоты и мощности, а также для отработки системы регулирования, которая позволила бы форсировать такие энергоблоки.

В [5] рассмотрены различные способы форсировки теплофикационного энергоблока с турбиной Т-250-240 по электрической мощности при его работе на частичных нагрузках путем воздействия на: регулирующие клапана (РК) турбопривода (ТП) питательного насоса (ПН); регулирующие питательные клапана (РПК); РК турбины; РК первого впрыска; РК второго впрыска; отключение подогревателей высокого давления (ПВД) по пару; частичное отключение ПВД по воде. Проведенное компьютерное моделирование работы энергоблока в комбинированном скользящем режиме (КСР) на трех электрических нагрузках (160, 180 и 200 МВт) и различных теплофикационных нагрузках с целью выявления возможных пределов регулирования мощности и недостатков, присущих различным способам форсировки котла, показало, что для обеспечения всего диапазона первичного регулирования недостаточно применение только одного из вышеперечисленных способов воздействия. На основе проведенных исследований предложено комбинированное воздействие на блок, удовлетворяющее требованиям стандарта СО-ЦДУ и обеспечивающее нормальный запас первичного регулирования 12,5 МВт, тем самым доказана возможность участия данного теплофикационного энергоблока, работающего в КСР, в регулировании частоты в сети с одновременным обеспечением отпуска тепловой энергии в заданных объемах.

Таким образом, в условиях дефицита маневренных и избытка теплофикационных мощностей в энергосистеме, теплофикационные энергоблоки могут успешно применяться как для глубокого регулирования суточного графика электрических нагрузок, так и регулировании частоты энергосистемы, выполняя при этом свою основную функцию –

обеспечивая потребителей теплотой и экономя топливо за счет теплофикации.

Список литературы:

1. Короткевич, А.М. О балансе мощностей Белорусской энергосистемы и проблемах регулирования суточного графика нагрузок: настоящее и перспективы / А.М. Короткевич, О.Г. Фоменко // Энергетическая стратегия. – 2008. – № 2.– С. 24–28.

2. Трутаев, В.И. Применение электрокотлов на ТЭЦ как эффективный способ получения маневренной электрической мощности в энергосистеме Беларуси с вводом АЭС / В.И. Трутаев, В.М. Сыропущинский // Энергетическая стратегия. - 2010. - № 4(16). – с. 19 - 24.

3. Ломакин, Б.В. Расширение регулировочного диапазона турбоагрегатов ТЭЦ при несинхронных изменениях графиков тепловой и электрической нагрузок : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.04.12 / Моск. энергет. ин-т. - Москва, 1997. - 20 с.

4. Ермоленко, М.В. Совершенствование режимов эксплуатации турбоустановок с отборами пара с целью повышения их экономичности и маневренности : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.14.14 / СПбГТУ. - Санкт-Петербург. – 2001. – 17 с.

5. Матвиенко, К.С. Исследование участия теплофикационного энергоблока Т-250 в регулировании частоты и мощности в энергосистеме на базе его тренажерной модели : дис. … канд. техн. Наук : 05.13.06 / Моск. энергет. ин-т – Москва, 2011. .- 135 с