

УДК 621.311

МАНЕВРЕННОСТЬ АЭС NPP AGILITY

М.А. Лебедев

Научный руководитель – В.Н Нагорнов, к.э.н, доцент
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

v_nagornov@tut.by

M.A. Lebedev

Scientific - supervisor – N.V.Nagornov, Associate Professor
Belarusian national technical university, Minsk, Republic of Belarus

Аннотация: Маневренные возможности АЭС, способы повышения Маневренности АЭС. Современные реакторы должны обладать значительной маневренностью и, в частности, иметь возможность работать в режиме следования за нагрузкой.

Abstract: Maneuverability of NPP, ways of increasing the Maneuverability of NPP.

Ключевые слова: Маневренность, АЭС, энергетика, экономия, электроэнергия, реакторы.

Keywords: Maneuverability, nuclear power plants, energy, economy, electricity, reactors.

Введение

Сохраняется широко распространенное заблуждение, что атомные станции могут функционировать только как источники энергии с неманевренной базовой нагрузкой - и это ухудшает перспективы роли атомного сектора в структуре мировой энергетики будущего, которая, по мнению некоторых экспертов, будет все больше и больше заполняться нерегулярными возобновляемыми источниками энергии.

Существующие атомные станции и новые конструкции могут технически выполнять операции как по регулированию частоты, так и по отслеживанию нагрузки, но из-за высоких первоначальных капитальных затрат и относительно низких затрат на топливо и эксплуатационные расходы по сравнению с блоками, генерирующими ископаемое топливо, большинство ядерных генераторов во всем мире в целом рассматривает эксплуатацию АЭС на полную мощность - до тех пор, пока это позволяет техническое обслуживание и перегрузка - как лучший вариант.

Однако во всем мире существует «возрастающая потребность» в гибкой эксплуатации АЭС, отметила Международная ассоциация по атомной энергии (МАГАТЭ) в отчете за апрель 2018 года, в котором анализируются знания, осуществимость и проблемы, касающиеся эксплуатации атомных электростанций без базовой нагрузки. Среди основных причин этой тенденции он называет: «большие ядерные генерирующие мощности по сравнению с общей мощностью, рост производства возобновляемой энергии, а также дерегулирование или структурные изменения системы электроснабжения и рынка электроэнергии в течение длительного срока эксплуатации атомной

электростанции. Это требует технических и нормативных изменений, а также операционных, экономических и финансовых преобразований для поддержания эффективности капитальных вложений».



Рисунок 1 - Сравнение способности немецких атомных электростанций, недавно построенных угольных электростанций и парогазовых газотурбинных установок (ПГУ) справляться с изменениями нагрузки.

Основная часть

Современные реакторы должны обладать значительной маневренностью и, в частности, иметь возможность работать в режиме следования за нагрузкой. Проще говоря, их общие требования перечислены выше:

- Блок должен обеспечивать непрерывную работу при диапазоне от 50 до 100% номинальной мощности N_n (но не ниже минимального уровня мощности).
- Стандартный проект станции должен позволять выполнение плановых и внеплановых операций после нагрузки (то есть падение производительности с последующим плато и увеличением) в течение 90% всего топливного цикла. Ограничения связаны с состоянием топлива в конце цикла.
- Блок должен работать в соответствии с нагрузкой в диапазоне выходной мощности от 100% N_n до минимальной нагрузки блока. Стандартная скорость изменения электрической мощности должна составлять 3% от N_n / мин. Предполагается, что агрегат выдержит следующее количество переходных процессов от полной мощности к минимальной нагрузке и обратно к полной мощности: два в день, пять в неделю и в сумме 200 в год.
- Слежение за нагрузкой должно достигаться без корректировки концентрации растворимого бора во время маневра. Для эволюционных реакторов отслеживание нагрузки должно достигаться за счет максимально возможного регулирования потока рециркуляции, то есть минимизации перемещений регулирующих стержней.
- Топливо должно быть спроектировано таким образом, чтобы избежать ограничений скорости увеличения мощности для горячего пуска установки, а также для холодного пуска.
- От блока может потребоваться участие в аварийных вариациях нагрузки (частота: один раз в пять лет) на основании соглашения между оператором сети и оператором блока.

– Блок должен быть способен принимать участие в первичном управлении сетью. Это обязательное условие для подключения к сети. Диапазон первичного регулирования должен составлять $\pm 2\%$ от номинальной мощности N_n (обязательный), но более высокие значения до $\pm 5\% N_n$ могут быть согласованы между операторами системы и операторами установки.

– Устройство должно быть способно активировать в течение 30 секунд весь необходимый основной диапазон управления при квазистационарном отклонении частоты ± 200 мГц и поддерживать питание в течение не менее 15 минут. Это время необходимо оператору сети, чтобы полностью активировать резерв вторичного управления и резерв времени на случай серьезных сбоев.

Заключение

Экономические последствия отслеживания нагрузки в основном связаны со снижением коэффициента нагрузки. В случае ядерной энергетики затраты на топливо составляют небольшую часть затрат на производство электроэнергии, особенно по сравнению с ископаемыми источниками. Таким образом, работа с более высокими коэффициентами нагрузки выгодна для атомных электростанций, поскольку они не могут сэкономить на расходах на топливо, не производя электричество. Во Франции влияние следования за нагрузкой на средний коэффициент удельной мощности иногда оценивается примерно в 1,2%.

Литература

1. Михалевич, А. А. Атомная энергетика: состояние, проблемы, перспективы / А. А. Михалевич, М. В. Мясникович; Национальная академия наук Беларуси, Институт экономики. - Минск: Беларуская навука, 2009. - 189 с.
2. Зарецкий, А. И. Атомная электростанция: преимущества и перспективы / А. И. Зарецкий. - Минск: Беларусь, 2013. – 119 с.