

ВАЖНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФЛУКТУАЦИЙ*Резюме*

В статье рассмотрена важность прогнозирования флуктуации ВИЭ, влияющий в стабильность режима энергосистемы. Приведены трудности прогнозирования при генерации электрической энергии из возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, флуктуация, энергосистема, прогнозирование, оператор, точность, баланс.

IMPORTANCE OF FORECASTING FLUCTUATIONS*Summary*

The article considers the importance of predicting RES fluctuations, which affects the stability of the power system mode. The difficulties of forecasting when generating electric energy from renewable energy sources are given.

Key words: renewable energy sources, fluctuation, power system, forecasting, operator, accuracy, balance.

Важно различать изменчивость и неопределенность при обсуждении планирования и эксплуатации ВИЭ в энергосистеме. Изменчивость описывает изменение выработки генерации из-за колебаний ветра или солнца; неопределенность описывает неспособность заранее предсказать время и величину изменений в выработке. Целью прогнозирования является уменьшение неопределенности возобновляемой генерации, чтобы можно было более точно учесть ее изменчивость.

Изменчивость возобновляемых ресурсов - 70% для дневной солнечной энергии из-за проходящих облаков и 100% для ветра из-за спокойных дней - является серьезной проблемой для интеграции возобновляемых источников энергии в сети. При масштабировании по их показателям RPS изменчивость возобновляемой энергии сопоставима с изменчивостью спроса, которая изменяется на 20% -50% между пиками во второй половине дня и долинами в течение ночи. Принципиальное различие между изменчивостью возобновляемой генерации и изменчивостью спроса заключается в предсказуемости. Спрос можно ожидать с точностью до нескольких процентов, основываясь в основном на прогнозах погоды по температуре, влажности и осадкам, на истории спроса и на ожидании крупных энергетических событий, таких как трансляция телевизионных программ, которые ожидают большой аудитории.

Возобновляемая генерация зависит, прежде всего, от конкретных погодных характеристик, таких как ветер для генерации ветра и солнечного света для генерации солнечной энергии, которые не встречаются в регулярных схемах и не коррелируют с суточными моделями спроса. Возможность быстрого наращивания распределенных ресурсов, таких как турбины на природном газе или гидроэлектростанция, чтобы отслеживать изменчивость возобновляемой генерации, вверх или вниз, является основным фактором для эффективного размещения возобновляемых ресурсов.

Системные операторы считают надежность энергосистемы наиболее важным приоритетом. Этот «священный принцип» увеличивает стоимость интеграции с использованием возобновляемых источников энергии, поскольку операторы должны иметь большие суммы резервов для покрытия непредвиденной потери возобновляемой генерации. Повышение качества прогноза приводит к снижению резервных требований и затрат. Анализ опыта ветряных электростанций на сегодняшний день показывает, что запасы были увеличены до 9%, чтобы обеспечить проникновение ветра на 15%. Снижение соотношения добавленных резервов к добавленной

возобновляемой мощности за счет лучшего прогнозирования является критически важной задачей для снижения стоимости интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистему.

Прогнозы должны улучшаться, чтобы учесть две наиболее серьезные проблемы изменчивости генерации: повышение во времена низкого спроса и снижение во времена высокого спроса.

В первом случае обычные резервы уже могут быть отключены, так что для адаптации повышающего темпа может потребоваться отключение базовой генерации при базовой нагрузке или сокращение возобновляемой генерации. Оба варианта неэффективны и дороги, и могут вызвать значительные проблемы с надежностью. В последнем случае большинство традиционных резервов уже могут быть включены, оставляя мало возможностей для компенсации потери мощности в возобновляемом понижающем цикле.

Точность прогнозов и своевременные оперативные ответы для этих двух наихудших сценариев имеют решающее значение для поддержания надежности и снижения затрат по мере роста интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистему. [1]

Уровень точности и достоверности

Уровень доверия операторов к прогнозам так же важен, как и точность. Низкие уровни достоверности требуют, чтобы операторы поддерживали высокие уровни резервов, даже если сам прогноз требует стабильной добычи. Оценка уровня достоверности прогнозов становится все более распространенной, но методы должны стать более сложными. Как только это произойдет, операторы могут быть более уверенными в прогнозах, которые позволят снизить затраты на балансирование спроса и предложения на 39%.

Рисунок 1 иллюстрирует текущее состояние прогнозирования ветра. В течение 24 часов прогнозы генерации энергии ветра для оператора электрической системы Альберты варьировались в 20 раз среди трех прогнозов и в 1,5–2 раза на большей части диапазона. Фактический уровень

генерации ветра варьировался в течение четырех часов от следующих самых низких прогнозов до самых высоких. Время от времени фактический ветер был в 10 раз ниже двух самых высоких прогнозов, а иногда на 50% больше самого низкого прогноза. Расхождения такого размера между прогнозируемой и фактической генерацией ветра типичны для других ветровых установок.

На нынешнем незрелом этапе точности прогнозирования консультирование нескольких прогнозов у независимых поставщиков является критически важной практикой. Точность и достоверность прогнозов могут быть улучшены путем агрегирования по более широкой области. Например, на расстоянии около 1000 км, типичном для немецкого прогноза, ошибка прогнозирования снижается до 42% от ошибки для одной турбины. Объединение четырех областей прогнозирования Германии уменьшает двухчасовую опережающую ошибку прогнозирования на 25% .

Преимущества больших площадей относятся к балансированию выработки и нагрузки, а также к прогнозированию. Расширение зоны балансировки, в которой согласовываются генерация и нагрузка, и устранение ограничений объема передачи в этой области значительно снижают затраты на интеграцию с возможностью возобновления, компенсируя локальные повышения с помощью удаленных снижений. Например, консолидация четырех балансирующих областей Миннесоты снижает требования к наращиванию на 14%. Еще более сбалансированное расстояние может быть достигнуто с помощью национальной координации прогнозов и потоков электроэнергии. Например, избыток генерации на севере центральной части США может быть компенсирован дефицитом генерации на северо-востоке. Это требует не только передачи данных на большие расстояния, но также точных и коррелированных прогнозов для отдаленных регионов.

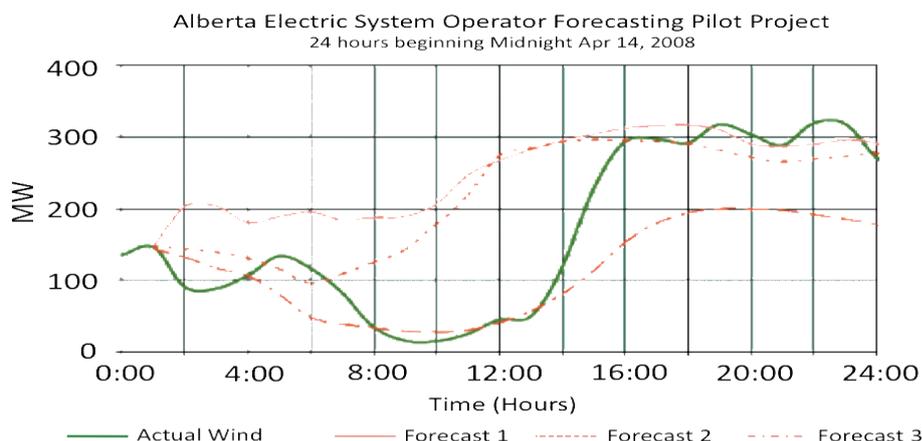


Рис. 1. Три прогноза ветровой энергии в ветровой системе оператора системы электроснабжения Альберты. Только один из трех предсказал четырехчасовое утреннее затишье, и ни один не предсказал диапазон изменчивости. (После учета высоких уровней переменной генерации: сводный отчет NERC (2009)).

Национальная координация прогнозов в настоящее время не осуществляется. Координационный орган должен был бы согласовывать прогнозные превышения с дефицитами и контролировать требуемую передачу электроэнергии на большие расстояния. На рисунке 2 прогнозирование возобновляемой генерации и балансировки генерации с нагрузкой иллюстрируют потребность в новых подходах к координации энергосистемы через местную физическую собственность и нормативные границы для размещения возобновляемых источников энергии.

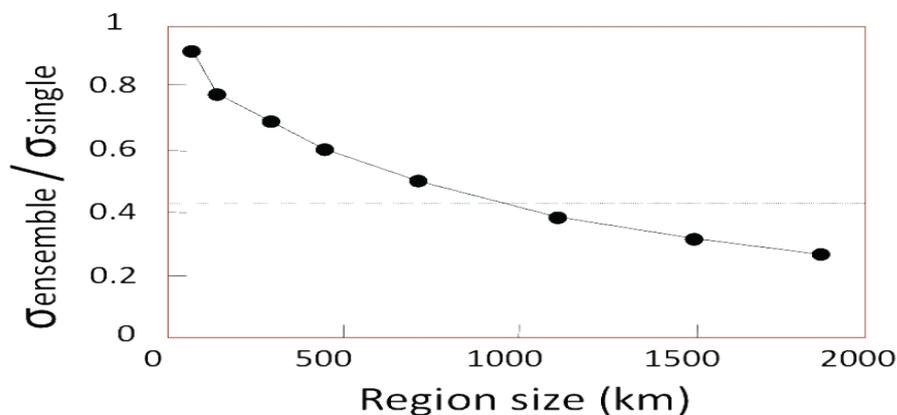


Рисунок 2. Снижение погрешности прогнозов, агрегированных на больших территориях (по Focken et al., Journal of Wind Engineering и Industrial Aerodynamics 90, 231 (2002)).

Схемы нагрузки, прогнозируемые на следующие 2 дня, служат основой для составления расписания электростанций и планирования транзакций на рынке электроэнергии, чтобы сбалансировать спрос и предложение энергии и обеспечить надежную работу сети. Эти прогнозы используются коммунальными компаниями, операторами систем передачи, поставщиками энергетических услуг, торговцами энергией и независимыми производителями электроэнергии при составлении графиков, распределении и регулировании мощности. [2]

В частности, островные территории испытывают нестабильную электрическую сеть и используют дорогие средства для обеспечения электроэнергией в периоды пикового спроса. Их сети, как правило, не связаны с каким-либо континентом, и все электричество должно производиться внутри территории. Мощность фотоэлектрических установок, подключенных к сети, быстро увеличивается и может повлиять на стабильность сети. Эффективный метод прогнозирования поможет операторам сети лучше управлять электрическим балансом между спросом и выработкой электроэнергии.

Прогнозирование глобальной горизонтальной освещенности (GHI) является первым и наиболее важным шагом в большинстве систем прогнозирования мощности PV. Подходы прогнозирования GHI могут быть классифицированы в соответствии с используемыми исходными данными, которые также определяют горизонт прогноза.

- Статистические модели, основанные на онлайн-измерениях освещенности, применяются в течение очень короткого промежутка времени от 5 минут до 6 часов. Примерами моделей прямого временного ряда являются модели авторегрессии (AR) и авторегрессии скользящего среднего (ARMA). Кроме того, искусственные нейронные сети (ANN) могут применяться для получения прогнозов освещенности.

- Для краткосрочного прогнозирования освещенности в качестве основы может быть использована информация о временном развитии облаков, которая в значительной степени определяет поверхностную солнечную освещенность.
- Прогнозы, основанные на векторах движения облаков со спутниковых изображений, показывают хорошую производительность для временного диапазона от 30 минут до 6 часов.
- Для почасового диапазона информация об облаке из наземных изображений неба может использоваться для получения прогнозов освещенности с гораздо более высоким пространственным и временным разрешением по сравнению со спутниковыми прогнозами.
- Для более длинных горизонтов прогнозирования, начиная примерно с 4-6 часов, прогнозы, основанные на моделях численного прогнозирования погоды (ЧПП), обычно превосходят прогнозы на основе спутников.
- Существуют также комбинированные подходы, которые объединяют различные виды входных данных для получения оптимизированного прогноза в зависимости от горизонта прогноза. [3]

Использованные источники:

1. Kaur. T. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Solar PV Integration in Smart Grid – Issues and Challenges Vol. 4, Issue 7, July 2015, 5861-5866 с.
2. Analysing the interactions between Variable Renewable Energies, electricity storage and grid in long term energy modelling tools, <http://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-01279461> Submitted on 26 Feb 2016. - 5,10с.
3. Hannah C. Bloomfield, The impact of climate variability and climate change on the GB power system, A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy April 2017. 33-34с.