

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

И.А. Разживин, А.О. Сулайманов, А.В. Хлебов
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭЭС

Основная часть электроэнергии в мире вырабатывается на больших электростанциях, централизовано. Зарубежные страны активно переходят на принцип распределенного производства и потребления энергоресурсов, что позволяет значительно повысить показатели энергоэффективности. Большинство таких производителей энергии, в том числе, включают в себя возобновляемые источники энергии (ВИЭ) большой мощности [1]. Согласно исследованиям «Бритиш петролеум»: Европейский союз – один из лидеров в развитии ВИЭ, на его долю приходится почти 42% мирового потребления возобновляемой энергии, в то время как на долю США – 23%, Китая – 9%, Японии – 4% [2]. В силу технико-конструкторских особенностей и КПД, наибольшее распространение среди ВИЭ получили ветрогенераторы, которые при объединении в обширные электростанции способны вырабатывать до 630 МВт мощности одновременно.

С ростом научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области «зеленой» энергетики ученым из различных стран значительно удалось продвинуться в усовершенствовании технологии использования ВИЭ:

- развитие в области силовой электроники на основе разработки быстрых полупроводниковых элементов, с улучшенными характеристиками и производительностью используются в системе автоматического управления (САУ) ветровых турбин;

- использование современных информационных и компьютерных технологий, позволило реализовать сложные алгоритмы управления;

- новые технологии в сохранении энергии на основе электромеханических накопителей, маховиков и супер-конденсаторов, позволяют сегодня оперативно реагировать на скачки мощности в сети и покрывать дефицит энергии;

Однако изучению вопросов параллельной работы ВИЭ в составе ЭЭС уделяется недостаточное внимание. Влияние работы мощных ветряных электростанций на объединенную ЭЭС в установившихся и переходных режимах представляет сегодня сложную задачу электроэнергетики.

Проблематика использования ветряных электростанций в совместной работе с ЭЭС заключается в следующем:

1. Хаотичный характер выработки мощности ветрогенераторами. Ключевой задачей в решении этой проблемы является сохранение баланса мощности. В ЭЭС, где электроэнергия вырабатывается за счет сырьевых ресурсов, сохранение баланса мощности генерации и потребления в ЭЭС выполняется автоматическими регуляторами частоты вращения паровых, гидравлических и газовых турбин. Используя ветрогенераторы, проблему сохранения баланса мощности в разрезе необходимости

получения электроэнергии промышленного качества, частично решают, применяя регулируемые инверторы.

2. Отсутствие накопителей электроэнергии большой мощности. Вытекающая из первой проблема хаотичной выработки электроэнергии ветрогенераторами затрагивает вопросы не только обеспечения баланса мощности, но и бесперебойного электроснабжения в периоды дефицита энергии в сети. С учетом того, что ветряные электростанции сегодня могут вырабатывать сотни мегаватт электроэнергии, запасание такой мощности в часы избытка электроэнергии представляется сложной задачей.
3. Динамические характеристики ВИЭ особенно нетрадиционного и смешанного (гибридного) типа, когда совместно используются ветрогенераторы, солнечные панели и дизельные электростанции, а также буферные накопители энергии могут оказывать на устойчивость ЭЭС определенное влияние, которое современными учеными мало изучено.

Решение вышеобозначенных проблем в данной области наиболее эффективно получить с помощью Всережимного моделирующего комплекса реального времени ЭЭС (ВМК РВ ЭЭС), который был разработан в Томском политехническом университете. Комплекс основан на концепции гибридного моделирования и представляет собой параллельную, многопроцессорную, программно-техническую систему реального времени. Объединяет в себе совокупность специализированных гибридных процессоров всех элементов моделируемой ЭЭС. Комплекс позволяет адекватно воспроизводить на неограниченном интервале в реальном времени всевозможные режимы работы ЭЭС [3].

Для моделирования ВИЭ в составе ЭЭС необходимо разработать гибридный процессор, который адекватно воспроизводит процессы в ЭЭС.



Рис. 1. Обобщенная структура построения гибридных процессоров моделирующей системы.

Где: ЛКС МС – Локальная компьютерная сеть моделирующей системы; СК – сетевой коммутатор; ЦП – цифровой преобразователь; ГП – гибридный процессор; МПУ – микропроцессорный узел; ППК – продольно-поперечный коммутатор; КТУ МС – коммутатор трехфазных узлов моделирующей системы; ПНТ – преобразователь «напряжение-ток».

Актуальным в исследовании будут являться ВИЭ на основе ветродвигателей, как наиболее динамичные и широко применяемые устройства. Предполагается осуществить синтез адаптируемой трехфазной математической модели

ветродвигателей с разработанным гибридным процессором ВМК РВ ЭЭС, обобщенная структура которого приведена на рисунке 1.

Предлагаемая математическая модель позволяет воспроизводить момент $M_{ВД}$ ветродвигателя в соответствии с уравнением, используемым при их проектировании и надежно проверенным практикой его применения:

$$M_{ВД} = M\pi R^3 \frac{\rho V^2}{2}, \quad (1)$$

в котором R – радиус ветроколеса, V – скорость ветра, а M – определяется конструктивными особенностями и параметрами ветроколеса:

$$M = \frac{4e}{Z} \cdot \frac{1-e}{1+e} \left[\left(1 - \frac{r_0^2}{R^2} \right) - 2\mu \left(\frac{Z_U}{3} + \frac{1-\frac{r_0}{R}}{Z_0} - \frac{1-\frac{r_0^2}{R^2}}{Z} \right) \right] \quad (2)$$

где $e = \frac{V_1}{V}$ – коэффициент торможения ветроколеса, а $V_1 = \frac{1}{3}V$ – потеря скорости ветра в плоскости ветроколеса; $Z = \frac{\omega_B R}{V}$ – быстроходность ветродвигателя, а ω_B – угловая скорость ветроколеса; Z_0 – расстояние от оси ветроколеса до начала лопасти; $\mu = \frac{C_x}{C_y}$ – обратное качество лопасти ветроколеса, определяемое по диаграммам C_x и C_y для конкретных профилей лопасти; $Z_U = \frac{\omega R}{V-V_1}$ – носительное число модулей для конца лопасти [4].

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, Госзадание «Наука», проект №3901: «Разработка и исследование гибридной модели вставки несинхронной связи электроэнергетических систем».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ackermann T. Distributed generation: a definition // Electric Power Systems Research. – 2001. - Т. 57, №3. - С. 195-204.
2. Н. Ю. Кавешников. Возобновляемая энергетика в ЕС: смена приоритетов Свободный доступ из сети Интернет. Режим доступа: http://russiancouncil.ru/inner/?id_4=3482#1
3. Гусев А.С. Концепция и средства всережимного моделирования в реальном времени электроэнергетических систем // Известия Вузов. Проблемы энергетики, 2008, - № 9-10/1. – с. 164-170.
4. Боровиков Ю.С. Мультипроцессорная моделирующая система реального времени электроэнергетических систем с активно-адаптивными сетями: дис. док. тех. наук. – Новосибирск, 2013. - 273с.

Научный руководитель: А.О. Сулайманов, к.т.н., зав. кафедрой ЭЭС ЭНИН ТПУ.