

$$W(s) = \frac{k_m}{T_s s + 1} \exp(-\tau s),$$

где k_m – коэффициент усиления; T_s – временная постоянная; s – оператор Лапласа; τ – время запаздывания.

С помощью полученные передаточные функции можно определится только с начальными настройками и структурой управления. Сырье характеризуется постоянным изменением состава, изменяются условия эксплуатации и для повышения эффективности автоматизации требуется использование алгоритмов идентификации. Это может позволить обеспечить и завязку на экономические критерии управления всей установкой.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Технология, экономика и автоматизация процессов переработки нефти. – М.: Химия, 2005. – 670с.
2. Гаврилов А.И., Пашаева Б.А. Интеллектуальная система управления каталитическим крекингом нефти// Интеллектуальные системы: Труды девятого международного симпозиума/ Под ред. К.А.Пупков 2010. - С. 637-641.

Научный руководитель: Д.А. Гринюк, к.т.н., доц., кафедра АППиЭ, БГТУ.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ

А.А. Закамалдин, В.С. Андык
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТП

1. Введение

Непостоянство скорости ветра - главный недостаток ветроэнергетики, который обязывает уделять огромное внимание проблеме повышения регулировочной способности ветроэнергетических установок (ВЭУ).

Работы по улучшению динамической устойчивости путем применения нечеткой логики были рассмотрены в публикациях [1-4]. Несмотря на заметный прирост в качестве и гибкости процессов управления, у подхода есть существенный недостаток - зависимость от условий (характеристик ветровой нагрузки, технических параметров ВЭУ и др.). Поэтому необходимы априорные знания в достаточно полном объеме. Применение нечеткой логики в других областях [5-8] характеризуется тем же недостатком.

Учитывая нелинейный характер рабочих характеристик ВЭУ, целесообразно провести исследование по оценке применимости теории искусственного интеллекта для синтеза системы управления ВЭУ, а именно технологии ANFIS

– адаптивной нейронной сети прямого распространения с нечетким логическим выводом.

2. Экспериментальная модель

Рабочая модель ВЭУ представлена на рисунке 1. Состоит из следующих основных компонентов:

1. Ветровая турбина (1,5 МВт), работающая с переменной скоростью вращения ротора, в модификации с асинхронным генератором двойного питания представлена блоком «Wind Turbine Doubly-Fed Induction Generator (Phasor Type)». В блок включены системы управления углом атаки лопастей ветроколеса и скоростью вращения ротора генератора, работающие по классическому принципу с применением П, ПИ регуляторов.
2. Блок «Wind Speed», реализующий динамическую модель продольной составляющей скорости ветра, построен согласно требованиям [9] и методике [10].

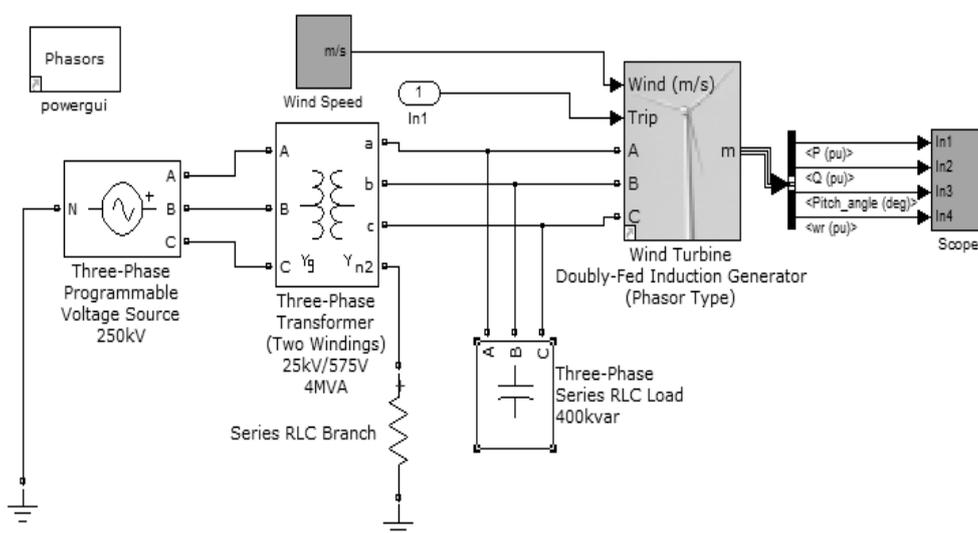


Рис. 1. Модель ВЭУ

3. Методика исследования

Предлагается интегрировать в модель ВЭУ разработанный алгоритм управления ANFIS со структурой (рисунок 2), построенной на совместной архитектуре, предложенной в [8]. Также за основу приняты результаты исследований в области систем нечеткого управления ВЭУ [4, 11].

Типовой регулятор (Pr) обрабатывает в течение формирования первой обучающей выборки данных. Затем ANFIS обучается по полученным данным об объекте управления, и с помощью блока переключения (БП) включается в контур управления.

Нечеткий регулятор организован на алгоритме нечеткого вывода Сугэно первого порядка с треугольными «trimf» функциями принадлежности. В качестве алгоритма обучения ANFIS принят гибридный алгоритм [5, 7], совмещающий метод градиентного спуска и метод наименьших квадратов.

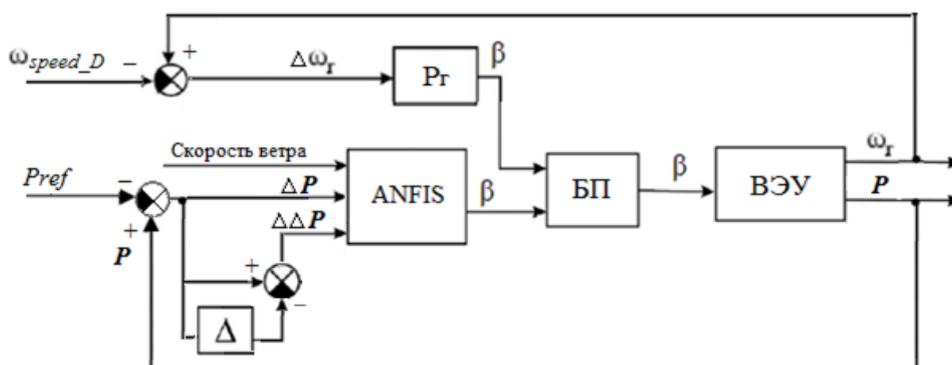


Рисунок 2. Структурная схема системы управления углом атаки: ω_{speed_D} , P_{ref} – уставки; ω_r – угловая скорость вращения ротора генератора; P – активная мощность; β – управляющий сигнал на изменение угла атаки; Δ - блок задержки

Тестируя одновременно классическую систему и ANFIS на временном промежутке моделирования 160 с, получены следующие результаты (рисунок 3).

4. Обсуждение результатов

Система управления углом атаки активна в интервале 56 – 117 с. В этой области классическая САУ углом атаки работает неэффективно, изменяя угол атаки скачкообразно (при этом уменьшая ресурс приводов поворотных лопаток из-за периодических переключений). Также видны флуктуации (скачки) величины вырабатываемой электрической мощности. Скачки начинают появляться при выходе ВЭУ на номинальную мощность. Видно, что стандартная САУ не справляется с инерцией ВЭУ. На всем интервале система ANFIS качественно обрабатывает за исключением области (80 – 88 с), где постоянная составляющая скорости ветра начинает уменьшаться. Это связано с недостаточным обучением нейронной сети, что, возможно, отразилось именно на случае перегиба постоянной скорости ветра. Учитывая преимущества нейронной сети, дополнительные циклы обучения должны восполнить этот недостаток.

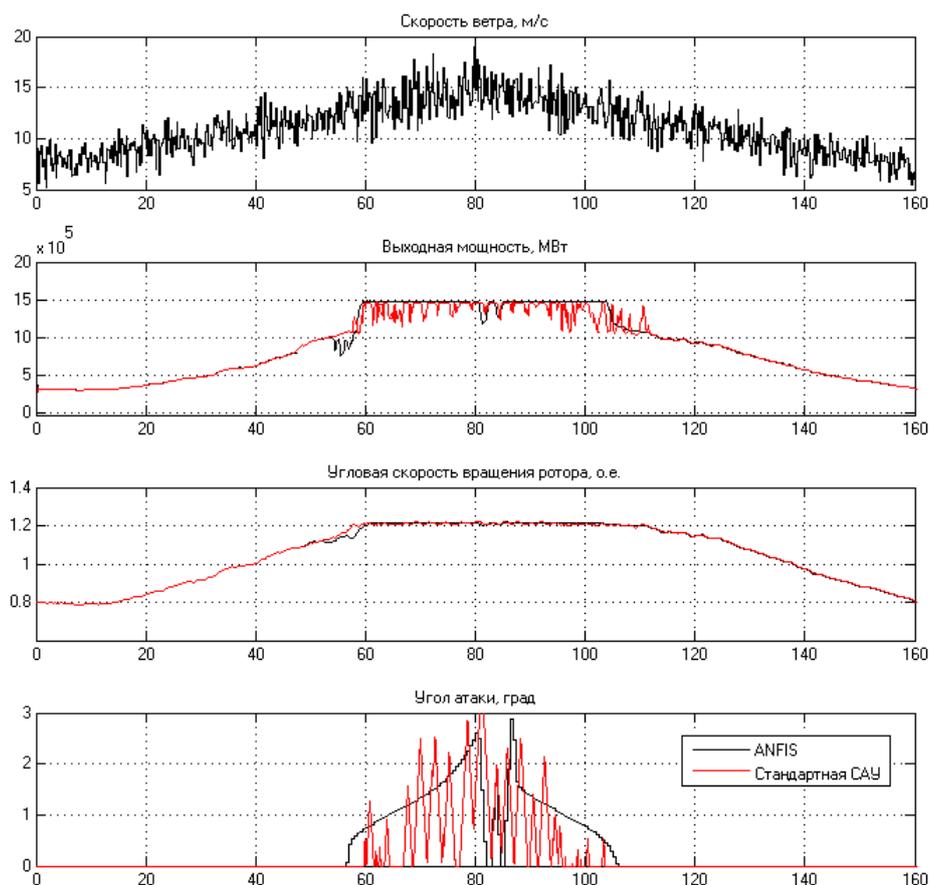


Рисунок 3. Зависимости характеристик ВЭУ и скорости ветра от времени моделирования

4. Выводы

Результаты сравнения показывают, что для разработанной системы управления плавность управляющих сигналов углом атаки намного выше, чем для стандартной, что позволяет снизить колебания (флуктуации) вырабатываемой мощности, а также снизить нагрузку от частых включений/выключений на приводы поворотных лопастей.

При реализации концепции управления только на нечеткой логике необходимы экспертные оценки для составления базы нечетких правил, где имеет место ошибка в оценке данных. Настройка нечеткой системы путем адаптации к объекту продемонстрировала хорошие интегральные показатели. Моделирование ANFIS системы было проведено в условиях только одного полного цикла обучения, что могло повлиять на не оправдывающее себя качество регулирования в некоторых зонах работы ВЭУ. Проведение экспериментов для последующих циклов переобучения, т.е. с системой переобучающейся постоянно в режиме онлайн, должно повысить динамическую точность.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зубова Н.В. Повышение режимной управляемости ветроэнергетических установок с изменяемой геометрией лопастей регуляторами на нечеткой логике: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 – Электрические

- станции и электроэнергетические системы / Новосибирский государственный технический университет (НГТУ). Новосибирск, 2014. – 190 с.
2. Удалов С. Н., Манусов В. З. Моделирование ветроэнергетических установок и управление ими на основе нечеткой логики. – Новосибирск: Издательство НГТУ. – 2013.
 3. Удалов С. Н. Управление ветроэнергетической установкой с изменяемой геометрией лопасти на основе нечеткого контроллера // науч. Вестн. НГТУ. – 2010. – №1(38). – С. 159-173.
 4. Санкевич С. А., Петренко Ю. Н. Применение контроллера нечеткой логики для управления ветроэлектрической установкой // Информационные технологии и системы 2012: материалы междунар. науч. конф. – Минск: БГУИР. – 2012. – С. 66-67.
 5. Володин А.А. Системный анализ и управление сложными биосистемами на базе нейро-нечетких регуляторов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике и технологиях) / Северо-Кавказский федеральный ун-т. Ставрополь, 2014. – 214 с.
 6. Омату, С. Нейроуправление и его приложения. Кн. 2 / С. Омату, М. Халид, Р. Юсоф. – М.: Радиотехника, 2000. – 272 с.
 7. Аль Зихери Б. М. Повышение точности краткосрочного прогнозирования электрической нагрузки потребителей региона с учетом метеофакторов на основе метода опорных векторов: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы / Южно-Российский гос. политехнический ун-т (НПИ) им. М.И Платова. Новочеркасск, 2015. – 181 с.
 8. Палис Ф. и др. Применение нейрофаззи сетей для управления сложными нелинейными динамическими объектами с переменными параметрами // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2006. – №. 3. – С. 25-33.
 9. International Electrotechnical Commission et al. IEC 61400-1: Wind turbines part 1: Design requirements // International Electrotechnical Commission. – 2005.
 10. Обухов С. Г., Плотников И. А., Сарсикеев Е. Ж. Динамическая модель продольной составляющей скорости ветра // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5.
 11. Zhang J. et al. Pitch angle control for variable speed wind turbines // Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, 2008. DRPT 2008. Third International Conference on. – IEEE, 2008. – С. 2691-2696.