

УДК 621.311.24

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РУЛЕВОГО ПРИВОДА СИСТЕМЫ
СТАБИЛИЗАЦИИ ВРАЩЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ АЭРОДИНАМИКИ ВЕТРОКОЛЕСА**

Машинкин В.С. (Государственный Университет «Дубна»)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Третьяков А.В.

(Государственный Университет «Дубна»)

Введение. Перемещение воздушного потока представляет собой источник энергии. Актуальной научно-технической задачей является эффективное использование энергии ветра, которая заключается не только в улучшении аэродинамических характеристик ветроэнергетической установки (ВЭУ), но и в повышении надежности и увеличении производительности ВЭУ в целом.

В работе исследуется рулевой привод механизма поворота лопастей (МПЛ) в системе генерирования электроэнергии ВЭУ с горизонтальной осью вращения. Система генерирования состоит из соединенных общим ведущим валом: ветроколеса, мультипликатора, электромагнитной муфты (ЭМ), генератора и МПЛ. Управление работой системы осуществляют два пропорционально-дифференциальных регулятора, посредством управления МПЛ и ЭМ. Целью исследования является определение требуемых характеристик рулевого привода в составе САУ ВЭУ.

Основная часть. С помощью математической модели контура генерирования электроэнергии, построенной в программе MATLAB SIMULINK, проведено исследование работы рулевого привода в режиме торможения ветроколеса ВЭУ. Используемая модель составлена из модулей: аэродинамического воздействия ветра на лопасть ветроколеса, аэродинамики порыва ветра, рулевого привода, генератора и автоматического регулятора.

Для исследования работы привода из системы уравнений динамики ВЭУ [1] выбрано уравнение, отвечающее за поворот лопасти ветроколеса. Правая часть уравнения состоит из: шарнирного момента $M_{ш}$, преодолеваемого механизмом поворота лопастей в процессе ее поворота и момента управления от привода $M_{привод}$.

На практике значения аэродинамических и шарнирных моментов ветроколеса получаются из значений коэффициентов моментов по результатам продувок механических моделей ветроколеса в аэродинамических трубах. По данным таких продувок для профиля Эсперо составлены зависимости коэффициента шарнирного аэродинамического момента $m_{ш}$ от быстроходности z для всего эффективного диапазона углов отворота лопасти φ , изменяющегося от 0° до 90° . Для определения промежуточных значений $m_{ш}$ для каждой кривой по имеющемуся дискретному набору экспериментальных значений, применялся один из известных методов приближения данных, а именно метод наименьших квадратов.

Исследуемый привод представляет собой типичную замкнутую САУ непрямого действия. Для исследований применена передаточная функция апериодического звена 1-го порядка с зоной нечувствительности, эффектом запаздывания и ограничением выходного сигнала.

Возможности модели позволяют использовать для расчета характеристик рулевого привода различные аэродинамические профили, типа: Clark, DU, NACA и проч. [2, 3, 4].

Выводы. В работе проведён расчёт и построение характеристик шарнирного момента ветроколеса с профилем Эсперо. Исследован режим отработки рулевым приводом алгоритма поворота лопасти в условиях воздействия экстремального порыва ветра. Сформирована методика определения характеристик рулевого привода для МПЛ ветроколеса.

Список использованных источников:

1. Проектирование системы автоматического управления ветроэнергетической установкой. Учебное пособие. / О.И. Пискунова, А.В. Третьяков. – Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2021. – 150 с.
2. S. Zafar. An investigation into a small wind turbine blade design / S. Zafar, M. Gadalla, S. M. Hashemi // Publisher: Springer International Publishing, 2014. – Chap. 29. – pp. 483-497. . Режим доступа: <https://cloud.mail.ru/attaches/16757914711364746066%3B0%3B3?folder-id=0&x-email=mashinkin13101999%40mail.ru&cvq=f>. – (Дата обращения: 14.01.2023).
3. J-Y Li*. Aerodynamic optimization of wind turbine airfoils using response surface techniques / J-Y Li*, R Li, Y Gao, J Huang // Xi'an Jiaotong University, Xi'an, People's Republic of China, 2010. – pp. 827-838. Режим доступа: <https://cloud.mail.ru/attaches/16757914711364746066%3B0%3B2?folder-id=0&x-email=mashinkin13101999%40mail.ru&cvq=f>. – (Дата обращения: 20.01.2023).
4. Biadgo, M. Aerodynamic design of horizontal axis wind turbine blades / M. Biadgo, G. Aynekulu // University, Faculty of Technology Department of Mechanical Engineering. – Ethiopia, 2017. - pp. 483-659. – Режим доступа: https://www.mas.bg.ac.rs/media/istrazivanje/fme/vol45/4/27_mbiadgo_et_al.pdf. – (Дата обращения: 25.01.2023).