

К.А. Абжапаров¹, А.А. Жиенгали¹, Г.С. Баяндина¹, Д.Б. Сагмединов²

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Казахстан

E-mail: zhiyengali.a@gmail.com

СИСТЕМА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ БАЗЫ ВЕТРЯНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ОСНОВЕ ПРЕДИКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. В этой статье рассматривается значимость адаптивного управления параллельного манипулятора для оптимизации ветряной электростанции. Работа представляет анализ современных технологий и методов прогнозирования, включая Simulink пакет Simscape, которые применяются для предсказания изменений ветровых условий и оптимизации работы ветроустановок. Основываясь на данных о погоде, исторических тенденциях и других важных факторах, предиктивное управление позволяет принимать решения заблаговременно, учитывая потенциальные изменения в работе ветроэнергетических систем. Дальнейшее исследование и разработка предиктивных моделей и алгоритмов являются ключевыми направлениями для повышения эффективности и устойчивости ветроэнергетики.

Ключевые слова. Предиктивное управление, актуатор, ветряная электростанция, математическая модель.

Введение.

Адаптивное управление в ветряной энергетике сегодня тесно связано с применением предиктивных методов [1-2], которые позволяют адаптировать работу ветроустановок к изменяющимся условиям с максимальной точностью и эффективностью. В контексте стремительно развивающегося энергетического сектора Центральной Азии [1], ветряная энергетика играет ключевую роль в диверсификации источников энергии и снижении углеродного следа. Казахстан, как крупнейшая страна региона, с его обширными ветровыми ресурсами, находится в центре этого процесса. В данной статье анализируется роль адаптивного управления в оптимизации работы ветряных электростанций в условиях Центральной Азии, с особым уклоном на казахстанский контекст. Мировое сообщество также заинтересовано в развитии возобновляемых источников энергии [3-5].

Ветроэнергетика в Казахстане становится всё более значимым сектором [6-9] благодаря активной государственной поддержке и стратегическому приоритету на развитие возобновляемых источников энергии. Наша страна обладает значительным потенциалом для использования ветровой энергии, особенно в регионах с недостатком доступа к традиционным источникам энергии. Однако, для максимизации этого потенциала необходимо эффективное управление ветроустановками. Работа направлена на исследование современных методов и технологий, в том числе предиктивного управления.

Цель исследования. Разработать систему автоматического управления ветропарками, технологии предиктивных методов и алгоритмов являются ключевыми направлениями для повышения эффективности и устойчивости ветроэнергетики, модернизировать существующий прототип управления ветроустановками.

Материалы и методы.

В виде метода в данной работе был использован метод предиктивного управления [5], реализованный в среде разработки MATLAB, в пакете Simscape Simulink [10-11] на

основе двухконтурного регулирования. Адаптивная система управления применена к актуатору базы ветряной электростанции.

Системы автоматического управления имеют структуру, показанную на рисунке 1.

В данной статье рассмотрена самонастраивающаяся (СНС) с настройкой по входному сигналу.

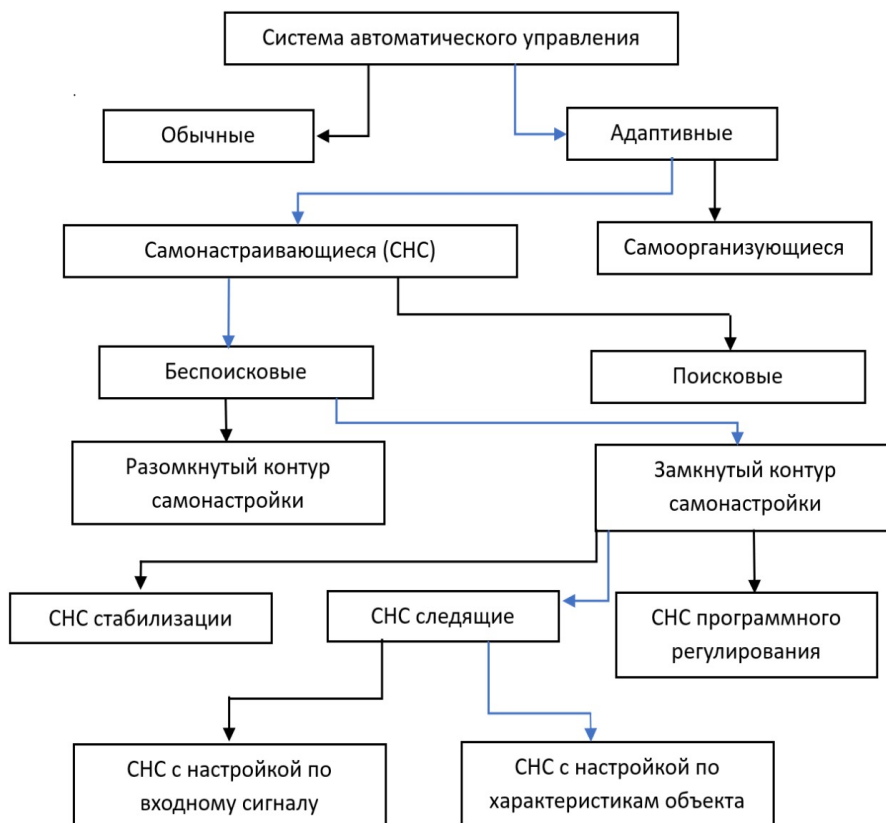


Рисунок 1 – Структура автоматического управления

Ветряные электростанции с предиктивным управлением имеют структурную схему, показанную на рисунке 2. Двухконтурный регулятор используется для расчёта и осуществления оптимальных управляющих воздействий, модель процесса рассчитывает прогноз поведения процесса, оптимизатор рассчитывает оптимальное состояние в будущем с учетом ограничений.



Рисунок 2 – Структурная схема системы предиктивного управления

На рисунке 2 показана структурная схема системы предиктивного управления, где управляемые переменные являются входными значениями объекта управления, переменные ограничения установленные предельные значения процесса и регулируемые переменные выходные значения для корректировки работы ОУ.

Как объект управления была использована типовая модель гидравлического актуатора с 4-х позиционным клапаном управления, где позиция 1 – положительное положение золотника, позиция 2 – нейтральное положение золотника, позиция 3 – отрицательное положение золотника и позиция 4 – постоянная проверка нейтрального положения золотника.

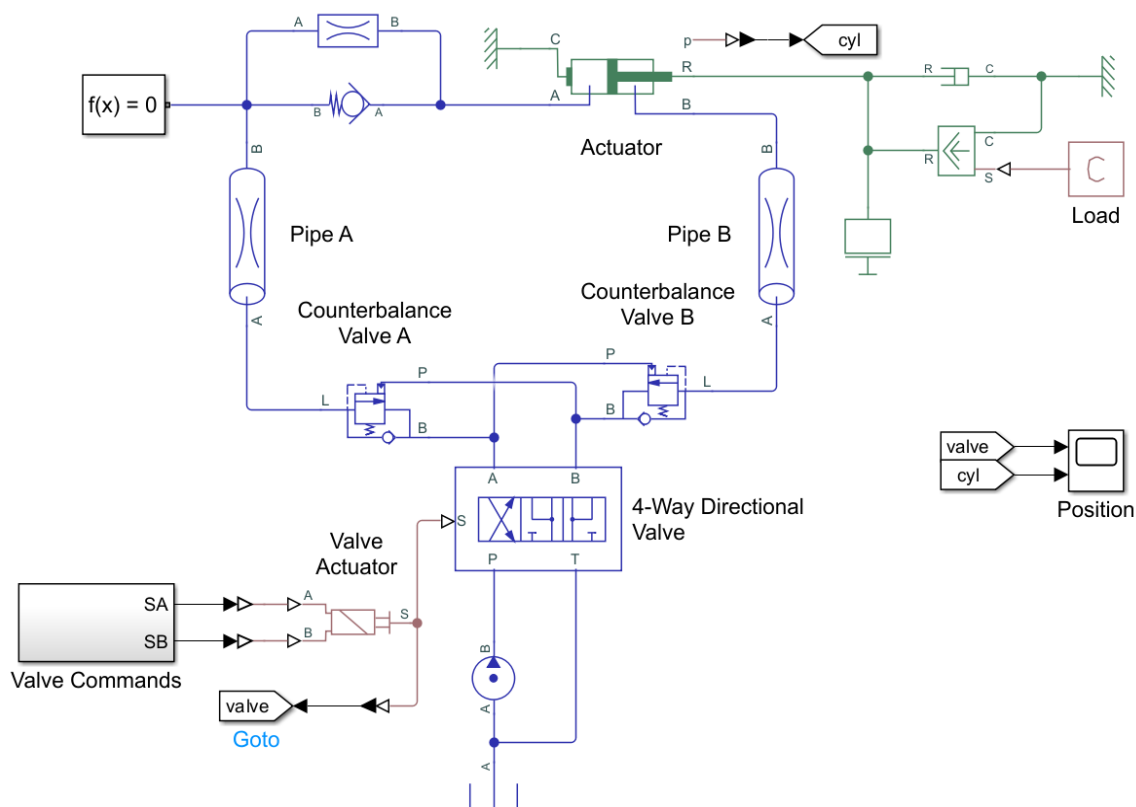


Рисунок 3 – Типовой актуатор с 4х позиционным клапаном управления.

Адаптивное управление работает путем изменения закона управления используется для преодоления медленно меняющихся во времени изменений любого параметра конкретной системы. Например, самолет работает в широком диапазоне скоростей и высот, и их динамические нелинейны и концептуально также могут быть временными разнообразный характер. Во время полета масса самолета медленно уменьшается из-за расхода топлива. Соответственно, нам нужен такой контроль право, способное адаптироваться к новым обстоятельствам. По сравнению с контроллеров с фиксированным коэффициентом усиления, преимущества адаптивных аналогов заключаются в следующем: многочисленны. Во-первых, учитывая тот факт, что все модели систем должны содержать определенную степень неопределенности, поскольку они не в полной мере способен уловить динамику физического системы; полезно иметь систему, которая может соответствовать с этим. В реальном мире, помимо ошибок моделирования, существует множество источник неопределенностей, таких как непредвиденные неблагоприятные условия системы из-за отказов компонентов, структурных повреждений, и т.д. [12]. Следовательно, природа контроллеров с фиксированным коэффициентом усиления такова: по своей сути статичны, поскольку они не могут улучшить свою производительность на основе своих прошлых и текущих измерений, в то время как большинство системы по своей сути динамичны. Хотя адаптивное управление может быть менее зависимыми от точности математических моделей системы, контроллеры с фиксированным усилением в значительной степени

полагаются на нее, поскольку они выводятся в предположении, что изменений не будет в системной динамике. Решение проблемы ограничения фиксированного усиления контроллеры, которые могут постоянно ухудшать производительность системе, поскольку динамика установки постепенно меняется из одного региона эксплуатации в другой; текущая тенденция исследований в современные системы управления двигаются в сторону развития гибкие контроллеры, которые могут легко адаптироваться к изменениям как в сигнальных, так и в системных моделях (т.е. характеристики объекта и модели возмущений).

Однако хорошая новость заключается в том, что адаптивное управление может быть легко реализовать как дополнение к другим элементам управления схемы (например, надежные и оптимальные средства управления, которые имеют фиксированные обрести природу). Хотя надежный контроль является мощным методом преодолеть вариации параметров модели системы, это также зависит от диапазона самой области неопределенности. Например, иногда можно справиться с большим количеством неопределенности, в то время как в другой раз может быть лишь небольшая доля неопределенности. размещен. Таким образом, если система не в состоянии обеспечить полную диапазон возможных изменений параметров, необходимо учитывать адаптивное управление.

Многие динамические системы, которыми нужно управлять, имеют постоянные или медленно меняющиеся неопределенные параметры. Системы адаптивного управления способны оценивать и учитывать эти неопределенности. Было предложено несколько методов, таких как несколько моделей, переключение и настройка конструкций, адаптивный дизайн, обнаружение и диагностика неисправностей конструкции, и надежные конструкции управления. Из-за неопределенный характер отказов исполнительного механизма в работе и возможная непрактичность выполнения выявление неисправностей, возникают проблемы в управлении таких систем, как знание привода неудачи неизвестны. Хотя есть много достижения в области разработки систем управления неизвестные неисправности привода, множество открытых проблем все-еще существует. Таким образом, компенсация отказа привода является важной и сложной областью. обучения как теоретическим, так и практическим значение.

Результаты и обсуждения.

На рисунке 3 видно, что объект управления имеет балансирующие клапаны для удержания нагрузки.

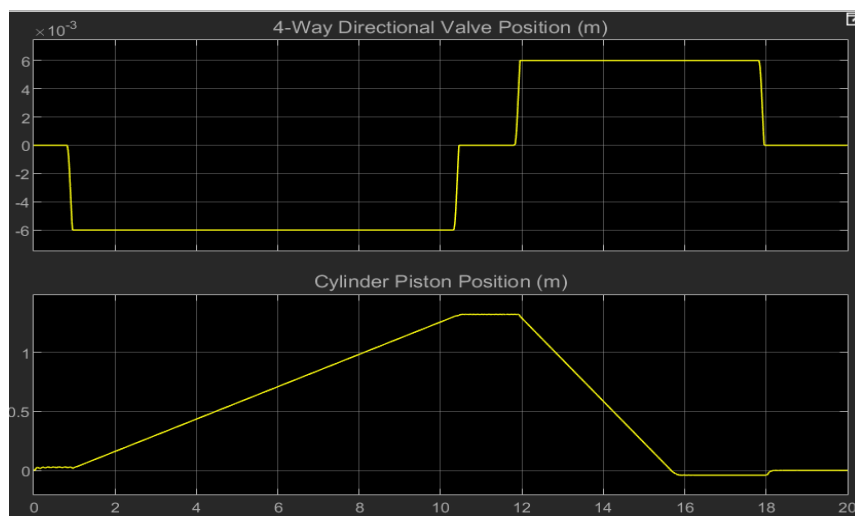


Рисунок 4 – Реакция штока цилиндра на позицию клапана управления.

На рисунке 4 показано положение штока актуатора относительно позиции клапана управления.

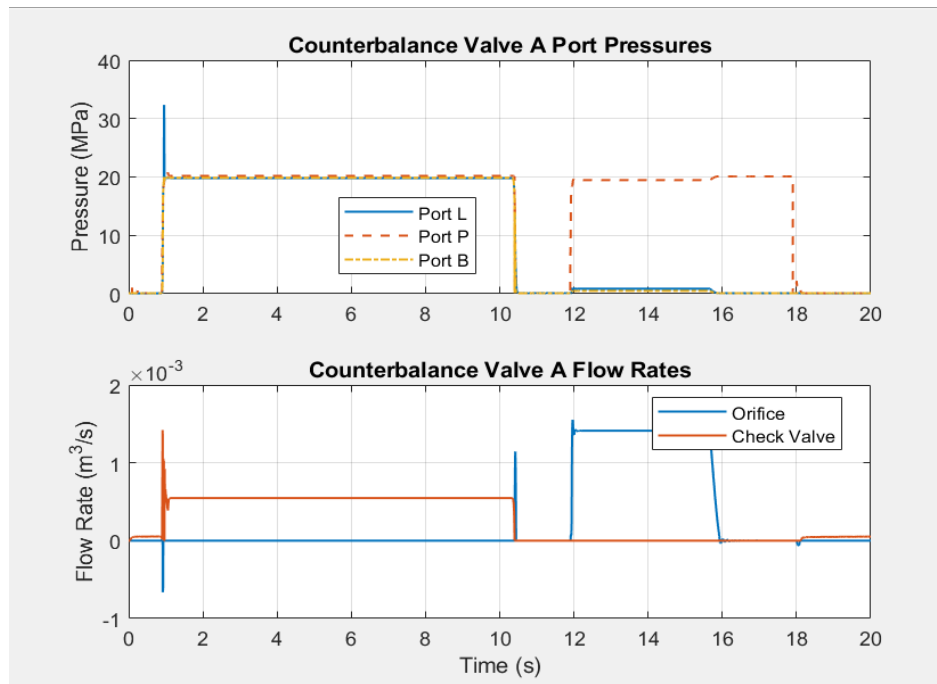


Рисунок 5 – Давление и скорость потока в балансирующем клапане А

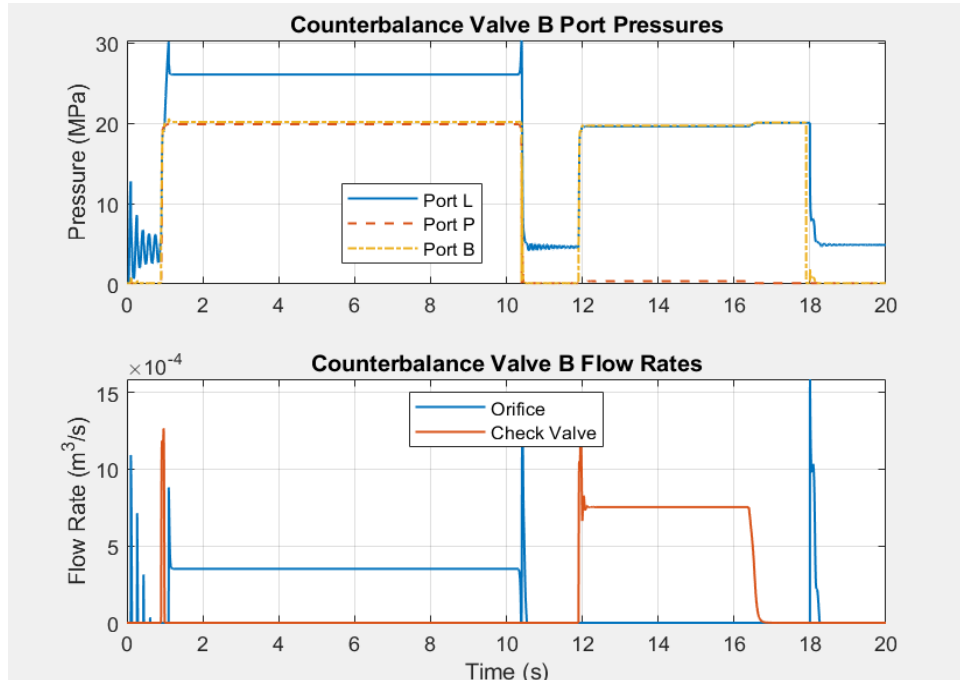


Рисунок 6 – Давление и скорость потока в балансирующем клапане Б

На рисунках 5, 6 показана реакция балансирующих клапанов на изменения позиции клапана управления, видно, что при переходе режима происходит колебательный процесс в некоторых случаях с $P_{ov} > 200\%$, что в свою очередь влияет на срок службы оборудования, а также на стабильность системы в целом.

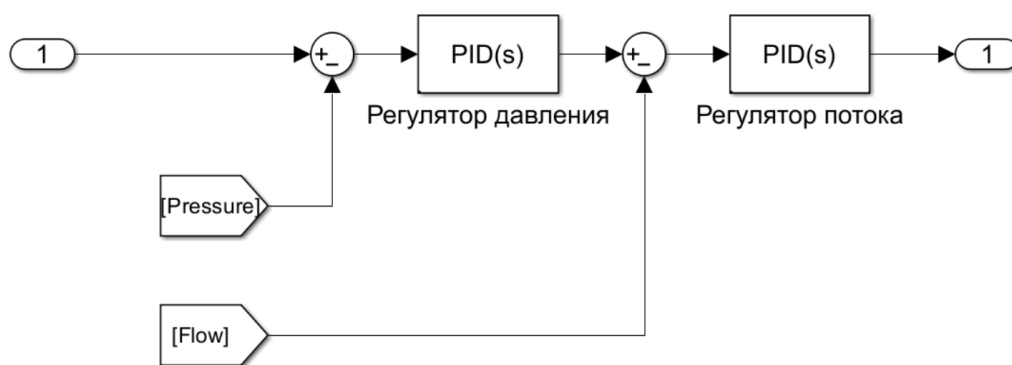


Рисунок 7 – Двухконтурное регулирование по давлению и скорости потока

На рисунке 7 показан двухконтурный регулятор, построенный для стабилизации процессов внутри балансирующих клапанов, а именно давления и скорости потока, задача PID регуляторов привести переходные характеристики к допустимому перерегулированию в $P_{ov} < 15\%$ и $T_{set} < 5s$. Рассмотрим более подробно первые 2 секунды имеющего технологического процесса на рисунках 5,6 и построим переходные характеристики, соответствующие протеканию процесса.

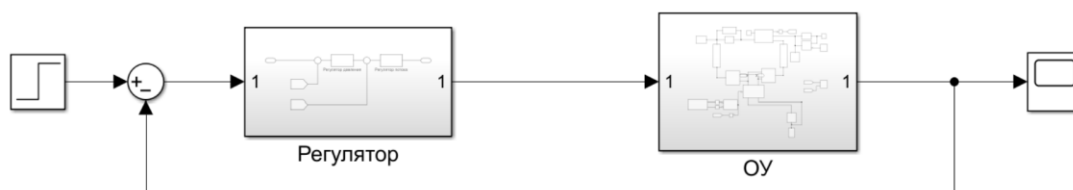


Рисунок 8 – ОУ и двухконтурный регулятор в Simulink

На рисунке 8 показана общая схема регулятора и ОУ собранная в Simulink рисунки 3 и 7.

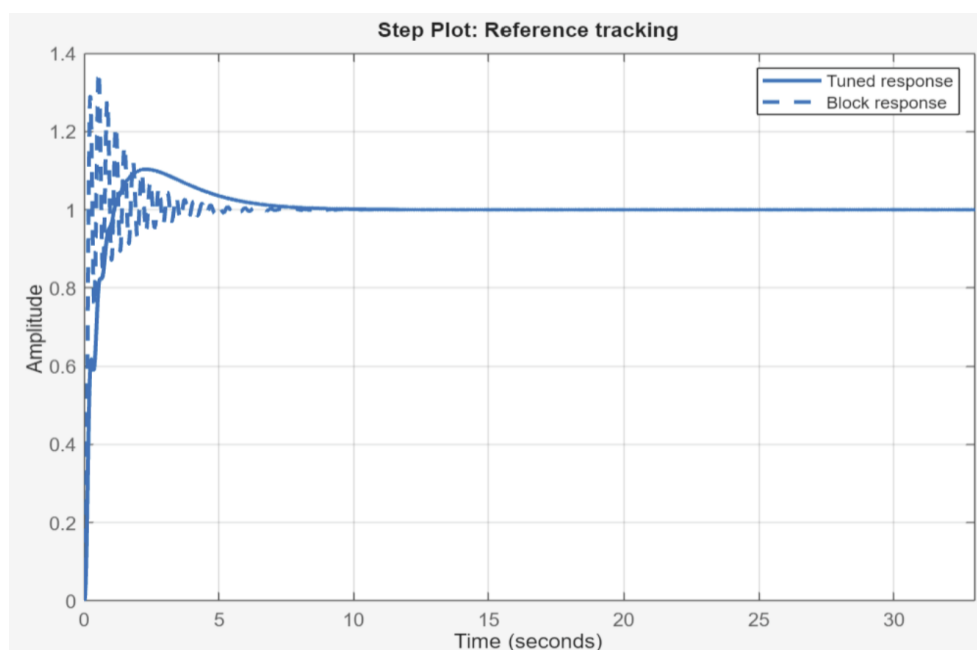


Рисунок 9 – PID регулирование контура давления

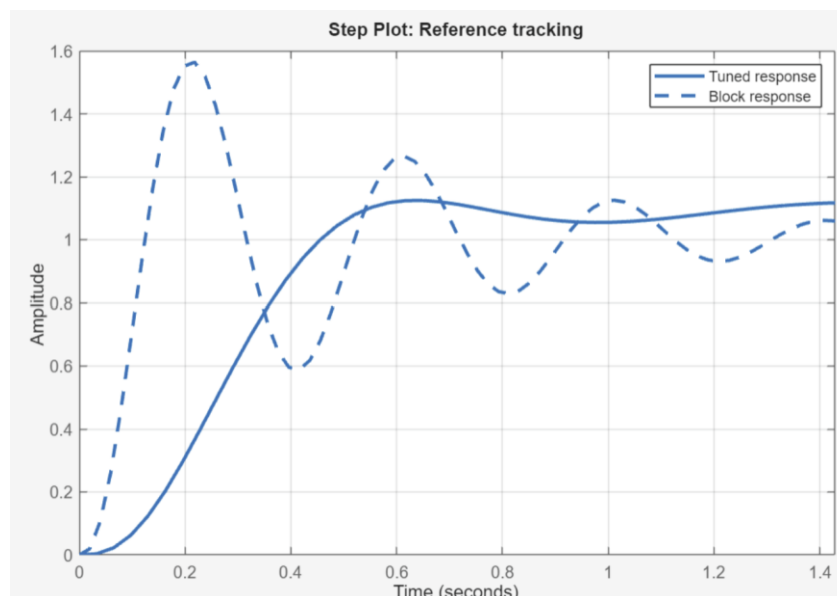


Рисунок 10 – PID регулирования контура скорости потока

На рисунках 9-10 показаны полученные результаты, соответствующие допустимым значениям, что в дальнейшем приведёт к оптимизации работы ветряных электростанций, находящихся в отдаленных объектах и требующих постоянное обслуживание. В будущем данное исследование может быть использовано для повышения эффективности и устойчивости ветроэнергетики.

Заключение.

В статье дано обоснование современных методов и технологий, в том числе адаптивного управления. Рассмотрены ветряные электростанции с предиктивным управлением, а также СНС с настройкой по входному сигналу. Системы адаптивного управления способны оценивать и учитывать эти неопределенности. Было предложено несколько методов, таких как несколько моделей, переключение и настройка конструкций, адаптивный дизайн, обнаружение и диагностика неисправностей конструкции, и надежные конструкции управления.

Получено результаты моделирования актуатора с 4-х позиционным клапаном управления. В заключении отметим, что данная статья содержит материалы, необходимые для создания и внедрения новой автоматически управляемой парусной ветровой электростанции.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Reshetnikova, T.A., Sidorov, A.D. Prediktivnoe upravlenie sistemoy energosnabzheniya teplovoj elektrostancii // Vestnik Permskogo nacionalnogo issledovatel'skogo politexnicheskogo universiteta. – 2016. – №2. – S. 112-121.
- [2] Wang D., Ge S. Predictive Control of Power Converters and Electrical Drives // Wiley-IEEE Press, 2015. – 352 p. – ISBN 978-1-118-45156-9.
- [3] Sultanov, D.B., Tursyngalieva, Zh.T. Vozmozhnosti vnedreniya vetroenergeticheskix ustanovok v Kazakhstane. Sbornik statej V Mezhdunarodnoj nauchnoprakticheskoy konferencii "Transport i ekologiya", 2017.
- [4] Zhanaxmetov, B.Zh., Sultanbekova, A.K. Analiz vetroenergeticheskogo potentsiala regionov Kazakhstana. Mezhdunarodnyj nauchno-prakticheskij zhurnal "Innovacii i perspektivy razvitiya", (4), 2020, P. 117-124.

[5] Kumar, Y., Ringenberg, J., Depuru, S. S., Devabhaktuni, V. K., Lee, J. W., Nikolaidis, E., ... & Afjeh, A. Wind energy: Trends and enabling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 2016, P. 209-224.

[6] Bayanova, G.I. Razvitie vetroenergetiki v stranax Centralnoj Azii. *Energetika i promyshlennost Kazakhstana*, (1), 2017, P. 36-40.

[7] Kuanysbbaev, Zh.K., & Raxmetova, G.Zh. Ispolzovanie vetroenergii dlya obespecheniya ustojchivogo razvitiya v Kazakhstane. *Energoberezhenie i energoeffektivnost*, (3), 2018, P. 20-24.

[8] Shoaib, M., Siddiqui, I., Rehman, S., Khan, S., & Alhems, L. M. Assessment of wind energy potential using wind energy conversion system. *Journal of cleaner production*, 216, 2019, P. 346-360.

[9] K.S. Sholanov. K.A. Abzhaparov, "Justifying and choosing parameters of the wind power installation with an automatically controlled sailing working body" *Journal: EAI Endorsed Transactions on Energy Web*. Vol.19, No.21, 2019, e6, ISSN: 1615-5548.

[10] Tadeusiewicz, R., & Burdzik, R. *Introduction to Modeling and Simulation with MATLAB® and Simulink®*. CRC Press. 2017.

[11] Mata, V., & Matos, V. (Eds.). *Applied Simulation and Optimization 2: New Applications in Logistics, Industrial and Aeronautical Practice*. Springer, 2018.

[12] B.D.O Anderson and A. Dehghani. Challenges of adaptive control - past, permanent and future. *Challenges of Adaptive Control - Past, Permanent and Future*, 32(2):123–135, December 2008.

Қуаныш Абжапаров, PhD, қауымдастырылған профессор, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, k.abzhaparov@satbayev.university

Әділхан Жиенғали, докторант, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, zhiengali.a@gmail.com

Гульмира Бяндина, магистр, аға оқытушы, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, g.bayandina@satbayev.university

Данияр Сағмединов, ассистент-оқытушы, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан d.sagmedinov@alt.edu.kz

БОЛЖАЛДЫ БАСҚАРУ НЕГІЗІНДЕ ЖЕЛ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ БАЗАСЫН ЖЕТІЛДІРІЛГЕН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

Андатпа. Бұл мақала жел энергетикасын оңтайландыру контекстінде болжамды басқарудың маңыздылығын зерттейді. Жұмыс жел жағдайларының өзгеруін болжау және жел қондырғыларының жұмысын оңтайландыру үшін қолданылатын Simulink Simscape пакетін қоса алғанда, заманауи технологияларды және болжау әдістерін талдауды ұсынады. Ауа-райы деректеріне, тарихи тенденцияларға және басқа да маңызды факторларға сүйене отырып, болжамды басқару жел энергетикасы жүйелерінің жұмысындағы ықтимал өзгерістерді ескере отырып, алдын ала шешім қабылдауға мүмкіндік береді. Болжалды модельдер мен алгоритмдерді әрі қарай зерттеу және әзірлеу жел энергетикасының тиімділігі мен тұрақтылығын арттырудың негізгі бағыттары болып табылады.

Түйінді сөздер. Адаптивті басқару, актуатор, жел электр станциясы, математикалық модель.

Kuanysh Abzhaparov, PhD, associate professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, k.abzhaparov@satbayev.university

Adilkhan Zhiengali, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, zhiengali.a@gmail.com

Gulmira Bayandina, senior-lecturer, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, g.bayandina@satbayev.university

Daniyar Sagmedinov, assistant lecturer, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, d.sagmedinov@alt.edu.kz

ADVANCED WIND FARM BASE CONTROL SYSTEM BASED ON PREDICTIVE CONTROL

Abstract. This paper investigates the relevance of predictive control in the context of wind power optimization. The paper presents an analysis of state-of-the-art predictive technologies and methods, including the Simulink Simscape package, which are applied to predict changes in wind conditions and optimize wind turbine performance. Based on weather data, historical trends, and other important factors, predictive control allows decisions to be made in advance, taking into account potential changes in the performance of wind energy systems. Further research and development of predictive models and algorithms are key areas for improving the efficiency and sustainability of the wind power industry.

Keywords. adaptive control, actuator, wind farm, energy, mathematical model.
