

стадии развития культуры и поэтому программа управления должна обеспечивать и это требование. Это обеспечит необходимые условия для нормального роста растений.

Литература

1. СП 107.13330.2012. Теплицы и парники: актуализир. ред. СНиП 2.10.04–85. – М. : Минрегион России, 2012. – 41 с. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/> - Дата доступа: 24.07.2025.
2. Теплицы 5-го поколения Active Climate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nivagreenhouse.ru/> – Дата доступа: 24.07.2025
3. Полностью закрытая теплица с технологией поддержания параметров микроклимата // GavrishPRO : [официальный сайт]. – 2023. – Режим доступа: <https://gavrishprof.ru/info/publications/polnostyu-zakrytaya-teplica-s-tehnologiyepodderzhaniya-parametrov-mikroklimata> – Дата доступа: 24.07.2025.
4. Якубовская, Е.С. Автоматизация технологических процессов и оборудования в АПК : учебное пособие. – Минск: БГАТУ, 2024. – 380 с.
5. Гируцкий, А. А. Технические средства автоматизации : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Автоматизация технологических процессов» / А. А. Гируцкий. – Минск : РИВШ, 2024. – 296 с.

УДК 621.311.2:621.472

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ

А.С. Авдей, магистрант АЭФ

Научный руководитель: В.М. Андрианов, д-р физ.-мат. наук
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Важность использования современных источников электроэнергии связана с быстрым истощением традиционных ресурсов и ужесточением экологических требований.

Основным фактором, определяемым энергетическую отдачу солнечных энергетических установок, является точность их ориентации на солнце.

Считается, что самая наилучшая стационарная установка проигрывает непрерывно ориентированной примерно на 50%. Происходит это благодаря сохранению перпендикулярного угла попадания лучей на поверхность.

Работа начинается с проекта «Модель Солнца», который задает движение панели солнечной батареи, там же производится расчет получаемой энергетической мощности. Эти модели объединяются в модуле визуального редактора, где отображается наглядно взаимодействие трехмерных фигур.

Для определения положения солнечной батареи следует учитывать основные угловые параметры: географические координаты места установки (широта φ , долгота λ); угол солнечного склонения δ ; угол возвышения H ; азимут A ; часовой угол ω ;

В свою очередь, угол наклона панели (Зенитный угол) зависит от географической широтной местности.

Таким образом, находясь на географической широте 54° (г. Минск), для получения максимальной мощности наклон панели солнечной батареи будет составлять $+20^\circ$ к широте и корректироваться зимой $\pm 10^\circ$.

Передаточная функция ПИД-регулятора имеет следующий вид:

$$C_0(s) = k_{n0} + \frac{k_{u0}}{s} + \frac{k_{d0}s}{T_0s + 1}, \quad (1)$$

где k_{n0} , k_{u0} , k_{d0} – коэффициенты пропорционального, интегратора и дифференциального каналов.

Двигатель постоянного тока представлен в виде:

$$L = \frac{k_{дпт}}{s(T_{дпт} + 1)}, \quad (2)$$

где $k_{дпт}$, $T_{дпт}$ – коэффициент передачи и постоянная времени двигателя постоянного тока. Время реакции контура $T_{дпт} = 0,24$ с.

Для получения необходимой точности и качества изменения положения объекта установлен дискретный ПИД-регулятор.

В соответствии с методом Циглера-Никольсона высчитываем параметры для выставления ручных свойств регулирования. Высчитываются параметры следующим способом: обнуляются K_i , K_d ; поэтапно увеличиваем K_p до критического колебания K_c , при кото-

ром возникнут автоколебания; измеряются период автоколебаний; последний этап заключается в вычислении значений по формуле:

$$K_p = 0,6 \cdot K_c, K_i = 2 \cdot \frac{K_c}{T}, K_d = K_p \cdot \frac{T}{8} \quad (3)$$

В результате использования ПИД-регулятора и настройки его коэффициентов переходный процесс САУ приобрёл следующие характеристики: перерегулирование – 0%, ошибка – 0%, время переходного процесса – 20 с, колебательность отсутствует.

Для рассмотрения примера работы панели солнечной батареи в среде *Simintech* необходимо проделать ряд операций:

- 1) выбор порядкового дня для расчета получаемой мощности панели;
- 2) движение Солнца на неопределенный интервал;
- 3) поворот солнечной панели;
- 4) расчет получаемой энергетической мощности.
- 5) вывод результата работы панели на график.

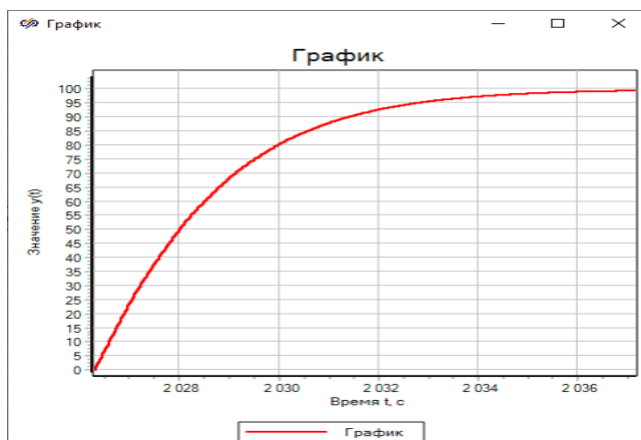


Рисунок 1 – График расчета получаемой мощности

Таким образом, автоматический поворот и наклон угла позволяет панели солнечной батареи получать 99 процентов в 8:15 утра.

Для эффективности сбора энергии панелью солнечной батареи модифицирован алгоритм солнечной позиции, позволяющий благодаря программному расчету оптимальных углов производить поворот и наклон солнечной панели в соответствии с заданными параметрами (широта, долгота, высота Солнца).

Автоматизированная работа установки без участия оператора контролирует изменение положения Солнца и следует за ним, тем самым предотвращая потери получаемой энергии.

Таким образом, для устранения влияния возмущающего воздействия (ветер) был введен ПИД-регулятор и оптимизированы его характеристики, а для имитации визуальной работы установки собран механизм солнечной панели и Солнца в виде схемы в программе *SimInTech*, подключен визуальный 3D модуль и создана общая база данных для передачи параметров между проектами.

Литература

1. Чалбаш О.Х. Следящие системы для ориентации солнечных панелей и оптимизация их позиционирования с использованием трехкоординатных платформ – 2017. – №3(35). – С. 94–108.
2. Михайленко Л.А., Устименко А.В., Чубарь А.В. Построение системы управления процессом ориентации панели солнечной батареи в среде динамического моделирования технических систем Simintech. – 2022. – № 3(33). – С. 20–28.

УДК 621.311.243

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

И.А. Пинчук, магистрант АЭФ

Научный руководитель: В.М. Андрианов, д-р физ.-мат. наук
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Учитывая географическое положение Республики Беларусь и характер климатических условий, наиболее выгодным на сегодняшний день является использование энергии Солнца.

Солнечные панели служат в качестве эффективных фотоэлектрических преобразователей, на эксплуатационные характеристики которых в значительной степени влияют климатические условия в местах установки. Такие переменные, как температура, влажность и солнечное излучение напрямую влияют на эффективность. В данной работе исследовано влияние сезонности на эффективность работы солнечной электростанции с использованием эксперимен-