

3. Энергоэффективность аграрного производства / В.Г. Гусаков [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Отд. агр. наук, Ин-т экономики, Ин-т энергетики; под общ. ред. акад. В.Г. Гусакова, Л.Л. Герасимовича. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 776 с.

**УДК 621.311.2:621.472**

**Авдей А.С., Андрианов В.М., д.ф.-м.н.**

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск*

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЗОННОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В АПК**

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  $\varphi$ , долгота  $\lambda$ ); угол солнечного склонения  $\delta$ ; угол возвышения  $H$ ; азимут  $A$ ; часовой угол  $\omega$ ;

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

Таким образом, находясь на географической широте  $54^\circ$  (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 вычисляем параметры для выставления ручных свойств регулирования. Вычисляются параметры следующим способом: обнуляются  $K_i$ ,  $K_d$ ; поэтапно увеличиваем  $K_p$  до критического колебания  $K_c$ , при котором 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.

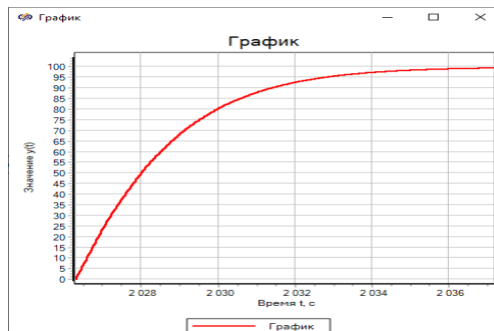


Рисунок 1 – График расчета получаемой мощности

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.

### Список использованной литературы

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., А.В. Чубарь. Построение системы управления процессом ориентации панели солнечной батареи в среде динамического моделирования технических систем Simintech. – 2022. – № 3(33). – С. 20–28.