

Лепестковый датчик угловых координат солнечной энергетической установки

Е.В.Батырев, Тхейн Лин У

Московский государственный институт электронной техники
(технический университет)

Проблема освоения солнечной энергии является актуальной и она в значительной степени решена. Однако в случае подвижных энергетических носителей и в условиях временного, случайного затенения возникают проблемы, связанные с экстраполяцией положения Солнца и ориентированием фотоэлементов относительно него [1].

Электрическая энергия солнечной батареи зависит от угла падения лучей Солнца и наибольшее значение она приобретает, когда лучи падают на поверхность фотоприемника вертикально. Направление на Солнце постоянно меняется и необходимо корректировать положение фотоприемника. Этим целям служит угломерная следящая система с электроприводом. Отклонение положения Солнца от вертикали (оптической оси) фотоприемника определяется с помощью двух лепестковых датчиков по углу места $\Delta\varepsilon$ (рис.1) и по азимуту [2].

В системах обычно используется равносигнальный метод пеленгования, в котором с помощью двух фотометрических датчиков A формируется равносигнальная зона (см. рис.1). Следящая солнечная система состоит из фотоэлектрических антенн, формирователя, электропривода, экстраполятора, устройства прерывания контура слежения. Антенны фиксируют рассогласование φ между оптической осью и направлением на цель Π (Солнце) по углу места и азимуту соответственно. Следящий электропривод с обратной связью настраивает систему на точное слежение [3]. Экстраполяция сигнала дает возможность более точного слежения и особенно необходима в случае временного затенения Солнца, когда система переходит в режим разомкнутого управления. Применение экстраполяции при длительном затенении предъявляет особые требования к линейности пеленгационной характеристики. Нелинейность воспринимается экстраполяционной системой как источник искажения.

Рассмотрим схему суммарно-разностного формирователя ошибки в плоскости (см. рис.1,а). В результате суммирования и вычитания парциальных сигналов антенны $u_{\Pi 1}(t)$ и $u_{\Pi 2}(t)$ на выходе формирователя образуются суммарный $u_{\Sigma}(t)$ и разностный $u_{\Delta}(t)$ сигналы. Зависимость суммарного напряжения $u_{\Sigma}(t)$ от углового отклонения источника сигнала определяется суммарной диаграммой направленности, которая выражается через парциальные диаграммы направленности соотношением $G_1(\varphi) = g_1(\varphi) + g_2(\varphi)$, где φ – отклонение парциальной диаграммы от равносигнальной зоны. Аналогично определяется разностное напряжение по соотношению $G_2(\varphi) = g_1(\varphi) - g_2(\varphi)$.

Пеленгационная характеристика формируется как функция отношения разности сигналов от каждого лепестка антенны к их сумме по вертикальному и курсовому каналам соответственно. В системе слежения (см. рис.1,а) сигнал ошибки рассогласования (ошибки наведения) поступает в блок экстраполятора ошибки (ЭП). В случае затенения Солнца помехой (на рис.1,а – блок П) срабатывает устройство размыкания контура слежения (УРС) и управление происходит по разомкнутому режиму экстраполятора (Эк). С выхода экстраполятора управляющий сигнал подается на электропривод (ЭП), который поворачивает антенну.

Параболическая антенна состоит из четырех одинаковых лепестков – фотоэлементов. На рис.1,б показан профиль одного лепестка параболической антенны. Парабола имеет параметр p и радиус R . В зависимости от угла падения луча α на поверхность фотоэлемента данной гипотетической антенны меняются наводимые токи.

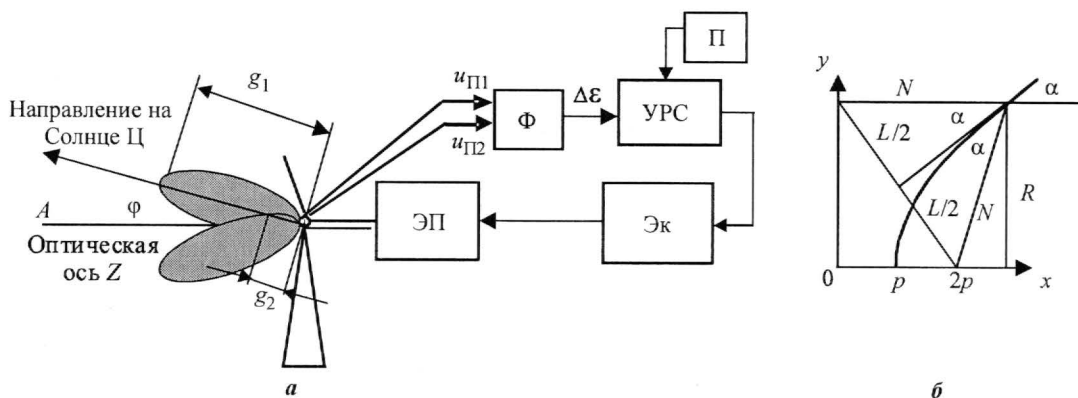


Рис.1. Угломерная система солнечной батареи с приводом (а);
 лепестковая параболическая антенна (б)

Эффективная площадь фотоэлемента определяется как интегральное произведение элементов площади поверхности фотоэлемента-антенны S на $\sin \alpha$, где α – соответствующий элементу угол. Для оценочных расчетов поверхность антенны разбита на пять концентрических полос, разрезанных по секторам, каждая из которых имеет свой радиус R . Максимальное значение радиуса условно принято равным 10. Расчетные значения радиусов равны 1, 3, 5, 7, 9.

Угол падения луча α на поверхность фотоэлемента – параболы – легко определить из рис.1,б: $N = \frac{L}{2 \sin \alpha}$, где $L = \sqrt{R^2 + (2p)^2}$. В результате преобразований получаем

$$\cos \alpha = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (2p)^2}}.$$

Суммируя произведения площади полос сектора на соответствующие значения функций углов $\cos \alpha$, получим эффективную площадь сектора антенны в зависимости от углов падения лучей α . Разность сигналов фотоэлементов противоположных секторов антенны составляют пеленгационную характеристику.

Проведенные расчеты показали возможность получения симметричной относительно начала координат пеленгационной характеристики в виде линейной функции от угла пеленгования в пределах $\pm 25^\circ$ с ошибкой порядка 3%.

Литература

1. Кузин Л.Т. Расчет и проектирование дискретных систем управления. – М.: Машгиз, 1962. – 672 с.
2. Соколов О.Л., Голод О.С., Войцеховский А.Б. Радиоавтоматика: Письменные лекции. – СПб.: СЗТУ, 2003. – 72 с.
3. Васильев К.К. Теория автоматического управления (следающие системы): Учеб. пособие. – 2-е изд. – Ульяновск, 2001. – 98 с.

Поступило после доработки
 13 февраля 2008 г.

Батырев Евгений Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления и контроля МИЭТ. *Область научных интересов:* идентификация динамических систем, автоматизация технологических процессов, автоматические системы управления и контроля.

Тхейн Лин У – аспирант кафедры систем автоматического управления и контроля МИЭТ. *Область научных интересов:* автоматизация технологических процессов, автоматические системы управления и контроля.