

КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ ФОТОГИДИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА РАДИОТЕЛЕСКОПА

Л. В. КСАНФОМАЛИТИ

Сопровождение солнечным радиотелескопом Солнца в настоящее время является „большим вопросом“, что объясняется сложностью и громоздкостью систем преобразователя координат с синусно-косинусными трансформаторами с одной стороны и превосходящей сложностью приемника радиотелескопа сложностью блока „сигнала ошибки“, с другой. В случае сантиметрового радиотелескопа задача принудительного сопровождения осложняется весьма узкой диаграммой направленности антенны. Поэтому, особенно при наличии большого числа солнечных дней в году, что наблюдается, в частности, в нашей обсерватории, рационально применение фотогидирующего устройства. Такое устройство было разработано и показало хорошие результаты.

В качестве датчика использована головка на фотосопротивлениях типа ФСК-О. Идея устройства ясна из рис. 1. На пути луча света находится небольшой

щит квадратной формы. На расстоянии l от него, точно по сторонам квадрата расположены четыре фотосопротивления. Если ось системы направлена точно на Солнце, все сопротивления освещены одинаково (тень покрывает по половине площади каждого). При любом смещении оси (пунктиром показано перемещение в плоскости горизонта) возникает нарушение баланса освещенностей, вызывающее, в свою очередь, нарушение электрической симметрии балансной схемы, управляющей двигателями радиотелескопа, которые восстанавливают баланс.

Фотосопротивления располагаются широкой стороной параллельно граням квадрата, что более выгодно, как явствует из расчета.

На рис. 2 приведена мостовая схема элемента устройства, а рис. 3 изображает ее расчетный эквивалент.

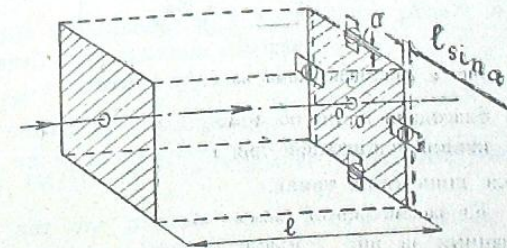


Рис. 1. К пояснению принципа работы фотогида.

Задачей расчета является определение расстояния l , исходя из заданного угла перестановки α (наибольшего допустимого ухода Солнца в угловых минутах), определяемого из ширины диаграммы направленности радиотелескопа.

Остальные элементы имеют следующие обозначения:

R_1 и R_2 — соответственно, верхнее и нижнее (по схеме) фотосопротивления;

i — ток разбаланса в диагонали моста;

r_i — сопротивление диагонали (входное сопротивление транзисторного усилителя в схеме с заземленным эмитером).

Схема рис. 2 работает следующим образом. Перемещение Солнца вызывает смещение границы тени с центров фотосопротивлений R_1 и R_2 . Одно из них возрастает, другое падает. Между средними точками сопротивлений R_1R_2 и R_3R_4 появляется напряжение. Диагональ образована двумя парами встречно включенных транзисторов П 14 и диодов ДГ. Диоды предотвращают появление положительных смещений на базах триодов $p-n-p$. В коллекторные цепи их включены поляризованные реле типа ТРМ с предварительно сбитой симметрией.

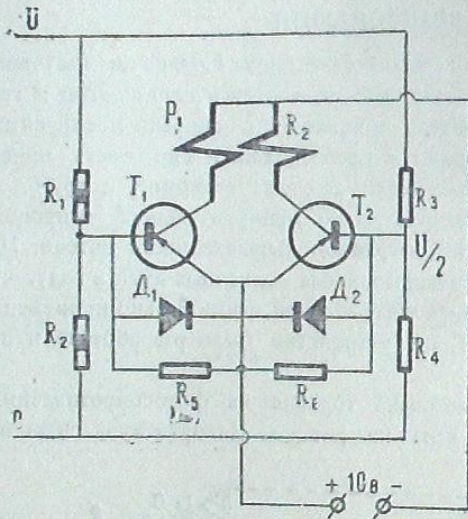


Рис. 2. Мостовая схема элемента фотогида.

Благодаря наличию коммутирующих диодов и встречному включению входов усилителей при любом направлении разбаланса всегда открывается лишь один триод.

Из рассмотренной схемы следует, что ток в диагонали моста (при указанных на рис. 3 положительных направлениях токов):

$$i = \frac{U(R_1 - R_2)}{2(R_1R_2 + r_iR_1 + r_iR_2)} \quad (1)$$

Сопротивление r_i примерно на два порядка меньше наименьшего из R_1 и R_2 . Поэтому членами с r_i в знаменателе можно пренебречь:

$$i \approx \frac{U(R_1 - R_2)}{2R_1R_2} \quad (2)$$

Для дальнейшего следует определить величины R_1 и R_2 в зависимости от ухода Солнца, т. е. от угла α . Можно считать, что сопротив-

ление обратно пропорционально величине освещенной площади светочувствительной дорожки, полная ширина которой обозначена как a . Величины R_0 и R_T — сопротивление при полностью освещенной прямым солнечным лучем дорожке и теньное (а не теньное) сопротивление — очень легко измерить.

Тогда

$$R_{1,2} = \frac{R_T - R_0}{a} \left(\frac{a}{2} \pm l \sin \alpha \right) + R_0 \quad (3)$$

Отношение $Z = \frac{R_T}{R_0}$ совместно с R_0 характеризуют фотосопротивление.

$$R_1 = R_0 \left(\frac{Z + 1}{Z} + \frac{Z - 1}{a} l \sin \alpha \right) \quad (4)$$

$$R_2 = R_0 \left(\frac{Z + 1}{Z} - \frac{Z - 1}{a} l \sin \alpha \right) \quad (5)$$

После подстановки (4) и (5) во (2):

$$i = \frac{U \frac{Z - 1}{a} l \sin \alpha}{R_0 \left[\frac{(Z + 1)^2}{4} - \frac{(Z - 1)^2}{a^2} l^2 \sin^2 \alpha \right]} \quad (6)$$

С другой стороны, ток i может быть определен из тока I уверенного срабатывания реле, включенных в коллекторные цепи транзисторов, коэффициентов усиления последних и распределения K тока во входных цепях усилителей.

При коэффициенте усиления по току транзистора равном α_1 , усиление по току для схемы с заземленным эмитером:

$$\beta = \frac{\alpha_1}{1 - \alpha_1} \quad (7)$$

Из изложенного следует, что срабатывание схемы наступает при токе

$$i = \frac{I}{\beta K} \quad (8)$$

Сопоставление уравнений (6) и (8) дает:

$$\frac{IR_0}{\beta K} \frac{(Z - 1)^2 \sin^2 \alpha}{a^2} l^2 + \frac{U(Z - 1) \sin \alpha}{a} l - \frac{IR_0}{\beta K} \frac{(Z + 1)^2}{4} = 0 \quad (9)$$

Расстояние l находится из (9):

$$l = \frac{\sqrt{U^2 + \left[\frac{IR_0}{\beta K} (Z + 1) \right]^2} - U}{2 \frac{IR_0}{\beta K} \frac{Z - 1}{a} \sin \alpha} \quad (10)$$

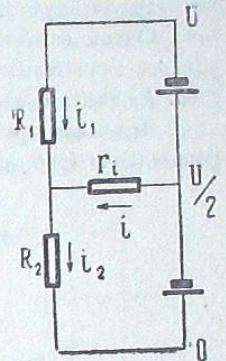


Рис. 3. Расчетная схема.

что является окончательной расчетной формулой. Следует отметить, что при очень малых α (порядка $1'$) и сравнительно небольших β (менее $60'$) нужно учитывать появляющуюся из-за больших l размытость границы тени, ухудшающую работу устройства.

Очень важным фактором является R_0 ; при малых значениях его удается значительно уменьшить l , а, следовательно, и габариты устройства. R_T столь большого влияния не оказывает.

Для иллюстрации можно указать данные фотогида устройства сопровождения (рис. 4) для радиотелескопа 3,2 см.

| | |
|-----------------------|-----------------------------|
| $\alpha = 20'$ | Фотоспротивления типа ФСК-О |
| $\sin \alpha = 0,006$ | $R_0 = 8 \text{ ком.}$ |
| $K = 0,5$ | $\alpha_1 = 4 \text{ мм}$ |
| $\alpha_1 = 0,96$ | $Z = 20$ |
| $\beta = 24$ | |
| $U = 50 \text{ в}$ | |
| $I = 5 \text{ ма}$ | |

Согласно (10), $l = 190 \text{ мм}$.

В случае необходимости в работе с весьма малыми углами α , следует выбирать фотоспротивления с малыми R_0 и R_T , вплоть до включения

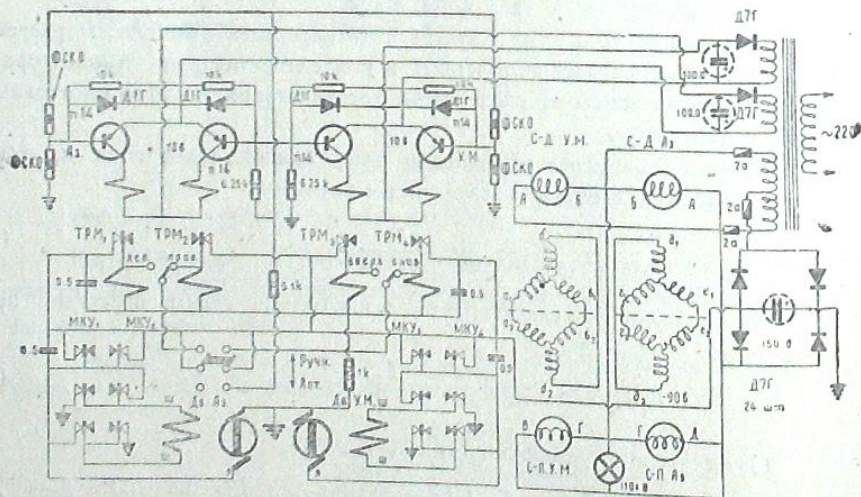


Рис. 4. Принципиальная схема блока сопровождения радиотелескопа 3,2 см.

нескольких элементов параллельно. Триоды с большими и устойчивыми β также могут помочь делу. Наконец, следует применить более дорогие поляризованные реле (например, РН) с малыми I . Повышать напряжение не следует, ибо это может привести к порче ФСК.

Схема рис. 4 работает следующим образом. Фотогид из четырех ФСК-О (аналогично рис. 1) укреплен на подвижной части радиотелеско-

па и отъюстирован по его оси. Сигнал разбаланса по азимуту управляет через реле TRM_1 и TRM_2 выходными реле MKU_1 и MKU_2 , коммутирующими токи в обмотке двигателя азимута. Индикация угла производится с помощью простой сельсинной передачи: сельсин-датчик—сельсин-приемник азимута.

По углу места управление осуществляется через реле TRM_3 , TRM_4 и MKU_3 , MKU_4 двигателем угла места. Сельсинная передача также аналогична предыдущей. Питание всей системы производится от трех выпрямителей на диодах Д7Г: мощного на 90 в и двух маломощных по 10 в для питания транзисторов.

Для ручного (принудительного) сопровождения тумблер „ручное-автомат“ ставится в верхнее положение, после чего работают ключи „влево-вправо“ и „вверх-вниз“. Конденсаторы в цепях реле—искрогасящие.

В заключение следует упомянуть устройство „контроля неба“, схема которого приведена на рис. 5. На рис. 1 видны четыре отверстия в центре панели, в которых размещены фотоспротивления. Центральное отверстие находится напротив диафрагмы в центре квадратного щита, три других отверстия—по его периферии. Центральное фотоспротивление ΦC_4 освещается прямым, три периферийных $\Phi C_{1,2,3}$ —рассеянным светом. С помощью потенциометра удается установить такую чувствительность устройства, что небольшое помутнение атмосферы уже заставляет срабатывать реле, включающее зуммер. Разумеется, в каждом, отдельном случае следует устанавливать „порог мутности“ в зависимости от ширины диаграммы направленности антенны.

Январь, 1961.

A DESIGN OF A PHOTOELECTRIC GUIDE FOR A SOLAR RADIO TELESCOPE

L. V. XANFOMALITY

(Summary)

A new device to guide a radio telescope by means of photoelectronics is described. Its sensitivity is satisfactory enough for many practical applications. Some analytical expressions are given.

January, 1961.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коломнец Б. Т. Фотоспротивления. Радио, 1957, № 1, 47—50.

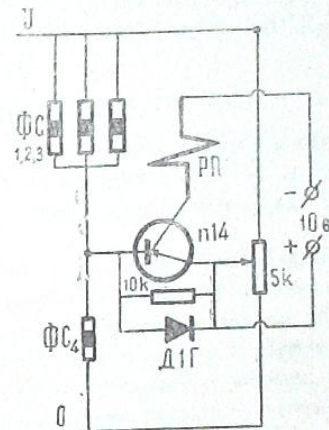


Рис. 5. Схема устройства контроля.