

## ТОЧНЫЙ ФОТОДАТЧИК КОНЦЕНТРАТОРА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

*В статье показано, что использование фотодатчиков в качестве датчиков положения движущихся объектов накладывает повышенные требования к точности датчика. Например, точность датчика исходного положения («нуля» координат) механизма вращения и отклонения концентратора с программным управлением существенно влияет на количество получаемой тепловой солнечной энергии.*

*In article it is shown, that use of photogauges as sensor of position of moving objects imposes an increased requirement to accuracy of the sensor. For example, accuracy of the sensor of a starting position («zero» of coordinates) of mechanism of rotation and deviation of the concentrator with program control essentially influences to quantity of derivable thermal solar energy.*

Кыргызская Республика располагает большими перспективами в области использования солнечной энергии в различных областях хозяйственной деятельности. Так как у нас в стране бывает до 260 солнечных дней в году. Одним из эффективных способов преобразования солнечной энергии являются концентраторы солнечной радиации. Концентраторы могут быть использованы у нас в стране, где достаточно высокая интенсивность солнечной радиации в качестве получения тепла, электроэнергии, пара и даже водорода. Преимуществом систем с концентрирующими гелиоприемниками является способность выработки теплоты с относительно высокой температурой (до 800 °С). В фокус вышеперечисленных концентраторов помещают тепловоспринимающий элемент (солнечный котел и т.п.), через который циркулирует теплоноситель. В качестве теплоносителя используют воду или незамерзающие жидкости в зависимости от области применения. Для обеспечения высокой эффективности процесса улавливания и преобразования солнечной радиации концентрирующий гелиоприемник должен быть постоянно направлен на Солнце с помощью системы слежения. В Следящей системе алгоритм функционирования объекта управления (Солнца) заранее неизвестен. Поэтому для слежения гелиоприемник снабжают датчиком направления на

Солнце. А так же электронным блоком преобразования сигналов, электродвигателем с редуктором для поворота конструкции гелиоприемника в двух плоскостях [4-7]. Авторами разработан солнечный концентратор с геометрически изменяемыми параметрами зеркальной панели и фокусом. В качестве датчика нами использован фотодатчик.

Фотодатчики применяются в различных областях техники, Например это автостоппы, датчики-индикаторы, сигнализаторы, измерители технологических параметров, счетчики импульсов и др.

Как показывает практика, использование фотодатчиков в качестве датчиков положения движущихся объектов накладывает повышенные требования к точности датчика. Например, точность датчика исходного положения («нуля» координат) механизма вращения и отклонения концентратора с программным управлением существенно влияет на количество получаемой тепловой солнечной энергии.

Исследования различных схемотехнических решений фотодатчиков показали, что наибольшее влияние на точность фотодатчиков оказывает локальный прогрев светочувствительного элемента – фотодиода и усилительных элементов схемы: транзисторов, микросхем. Не менее важную роль играет и конструктивное исполнение датчика. Как правило высокоточные фотодатчики предполагают термостатирование электронной части датчика и принудительное охлаждение фотодиода [1-3].

В нашем концентраторе мы применили фотодатчик предназначенный для точного определения исходного или любого другого фиксированного положения движущегося объекта. Заданная точка позиционирования регистрируется фотодатчиком с максимальной погрешностью 0.01 мм. Это удалось достигнуть за счет значительного уменьшения потребляемого тока фотодатчика (а следовательно и его прогрева) по сравнению с известными схемами [1, 2]. Простота схемной реализации и высокая надежность датчика позволяют рекомендовать его к использованию в концентраторе солнечной энергии в качестве основного узла автоматического управления.

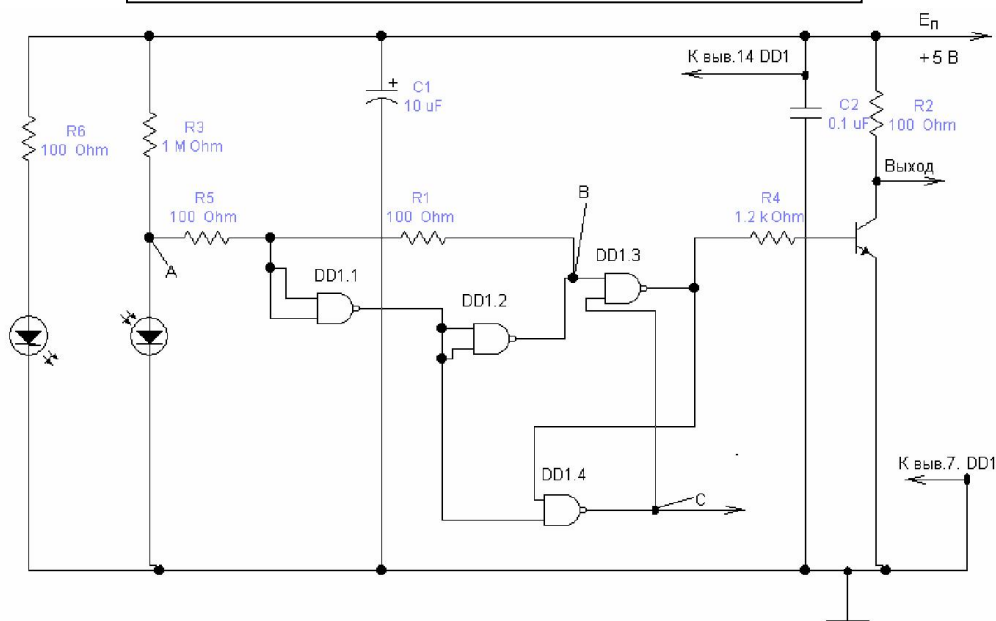


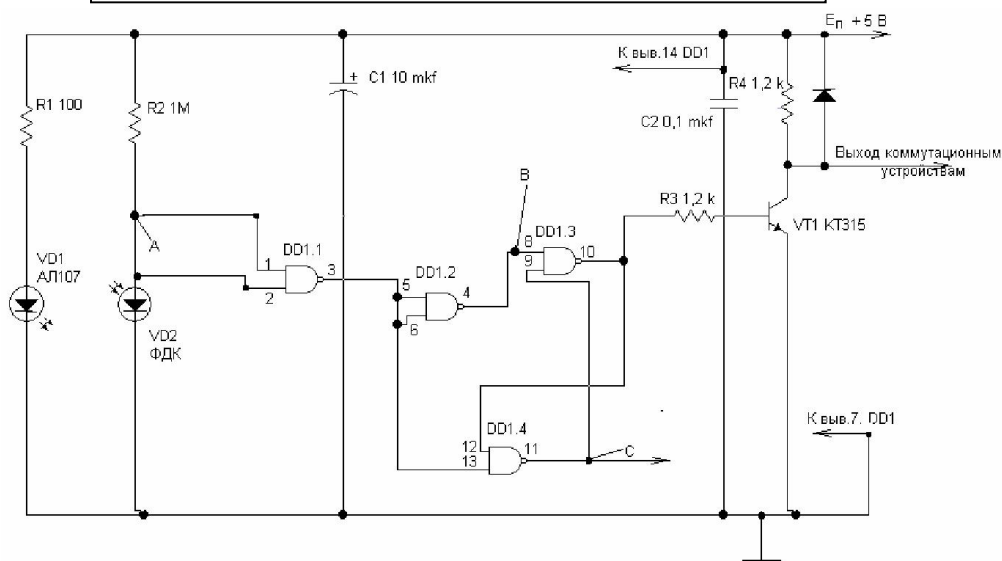
Рис.1. Принципиальная электрическая схема фотодатчика концентратора солнечной энергии

Основными элементами датчика являются фотодиод VD2 и логический элемент DD1.1 (рис.1). Если шторка, механически связанная с подвижным объектом, не перекрывает свет солнца (для проверки без солнца использовали свет светодиода VD1), то фотодиод VD2 находится в фотогенераторном режиме. При этом он вырабатывает на своих выводах отрицательную ЭДС около 0,2-0,4 В. И поскольку резистор R2 имеет большое сопротивление (1 МОм), то напряжение на выходе 3 инвертора DD1.1 соответствует высокому логическому уровню. При затемнении фотодиода VD2 шторкой выход элемента DD1.1 переходит в состояние логического 0. Это происходит за счет того, что темновое сопротивление фотодиода VD2 очень велико (10 МОм).

Использование в качестве усилительного органа микросхемы КМОП структуры позволило довести потребляемый ток фотодатчика (естественно без токов нагрузки и светодиода) до наноамперного уровня. Вследствие этого флуктуационные явления в кристаллах фотодиода и микросхемы, вызываемые внутрен-

ним прогревом, минимальны. Этим и объясняется высокая точность срабатывания фотодатчика.

Элементы DD1.3 и DD1.4 образуют RS триггер, позволяющий зафиксировать точку позиционирования датчиком при «дрожании» шторки (ветровые и др. механические воздействия на фотодатчик), перекрывающие световой поток. Элемент DD1.2 выполняет функцию инвертирования сигналов, подаваемых на входы триггера. Выходным элементом датчика является транзистор VT1, к коллектору которого подключаются нагрузки (например, реле, тиристор, симистор и т.др.) с защитной цепочкой (в нашем случае отсутствует). Для повышения помехоустойчивости и четкости срабатывания датчика на перемещение Солнца (2 мм/мин), а также в условиях повышенной ее вибрации, можно использовать датчик по схеме, изображенной на рис.2. В эту схему введен триггер Шмита (DD1.1, DD1.2), гистерезисную петлю которого можно настроить с помощью резисторов R4, R5.



Рассмотрим работу датчика по схеме рис.2, в цикле подхода и ухода шторки, подвергнутой вибрациям, к заданной точке позиционирования. При этом форма сигнала в точке А может меняться по кривой, приведенной на рис. 3.3 с

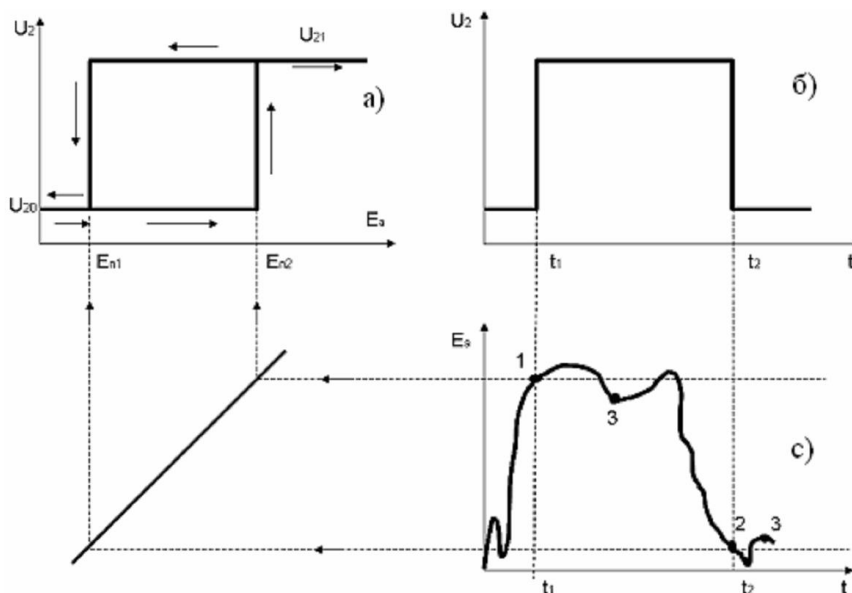


Рис.3. Графики работы помехоустойчивого фотодатчика: 1а- гистерезисная петля триггера; 2б – сигнал на выходе датчика; 3 с- входной сигнал.

В момент  $t_1$  (точка 1), триггер Шмитта переключится в состояние высокого логического уровня. Несмотря на то, что сигнал в точке А в последующие моменты времени может стать несколько ниже первоначального уровня срабатывания (точка 3), триггер Шмитта, благодаря наличию гистерезисной петли (рис.3.1а), не вернется в исходное положение. Возврат в «нулевое» состояние произойдет лишь тогда, когда сигнал в точке А достигнет определенного уровня, так называемой точки отключения (точка 2).

Выходной сигнал датчика иллюстрируется графиком приведенным на рис.3.2.б .

Требуемую ширину петли гистерезиса можно рассчитать по следующему выражению:

$$\Delta E = E_{n2} - E_{n1} = (U_{21} - U_{20}) * R4 / R5 \quad (1)$$

где  $U_{tr}$  - пороговое напряжение срабатывания триггера Шмитта;

$U_{off}$  - пороговое напряжение отключения триггера Шмитта;

$U_{1,0}$  - выходные напряжения логической 1 и логического 0 микросхемы DD1 соответственно.

Используя справочник определил, что для микросхем серии 176 напряжение можно принять равным нулю. Напряжение зависит от напряжения источника питания. Так для В, В.

Согласно выражению (1) сопротивление резисторов R4 и R5 для ширины петли гистерезиса

В определяются из соотношения .

Учитывая что R2=1 МОм, следует принять R4 =100 кОм, R5=360 кОм.

При требовании изменения полярности выходного сигнала датчика, в зависимости от алгоритма его работы, необходимо переключить резистор R3 от точки "В" в точку "С" RS -триггера.

Если возникла необходимость подстройки точки срабатывания датчика в пределах нескольких микрометров, то входной узел датчика можно выполнить по одной из схем рис.4 а, б. Регулирующим элементом здесь является переменный резистор R.

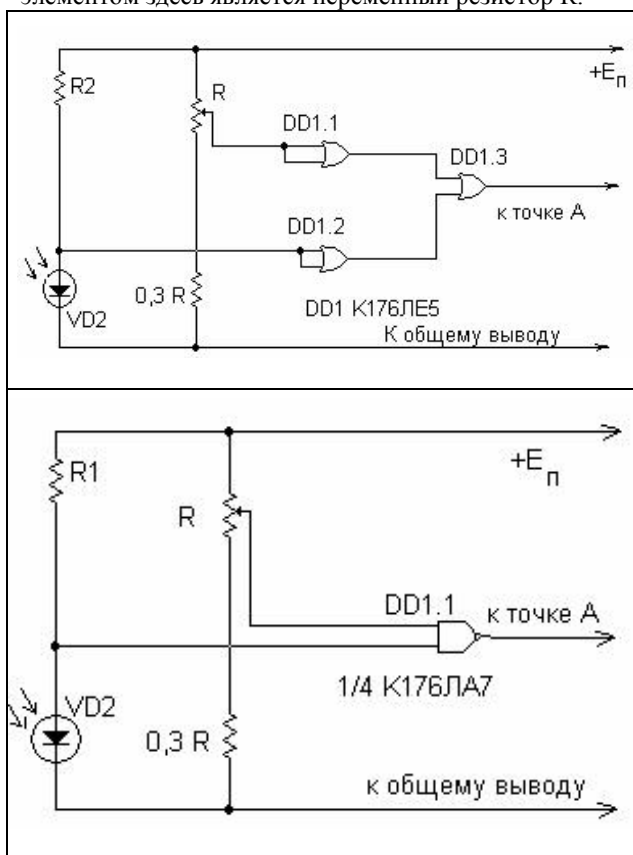


Рис.4. Схемы регулирования точки срабатывания фотодатчика: а – на элементе “И”- “НЕ”; б- на элементах “ИЛИ” – “НЕ”

Если фотодиод VD2 размещен на расстоянии не более 0,5 м от электронной схемы датчика, то связи схемы и фотодиода необходимо выполнять экранированным проводом. Повышению помехоустойчивости датчика, в этом случае, будет также способствовать и применение RC – фильтра в сигнальной цепи, который подбирается экспериментально.

Повысить точность срабатывания датчика можно за счет уменьшения площади светочувствительной области фотодиода VD2. Для этого его надо накрыть металлическим колпачком с отверстием 0,5...1,0 мм<sup>2</sup>.

Вместо микросхемы серии 176 можно использовать микросхемы серии К564 или К561.

Датчик, разработанный авторами, может сохранять устойчивую работоспособность при изменениях напряжения питания от 4 до 9 В. В отдельных случаях необходим лишь подбор резистора R1, определяющего ток светодиода VD1.

Таким образом, использование схемы датчика на рис. 4 позволит конструировать экономичные, точные фотодатчики следящей системы концентратора солнечной энергии. Где они выполняют функцию слежения за солнцем по горизонтали и по вертикали. Эксперимент проводился для датчика вертикального отклонения концентратора. А для горизонтального вращения концентратора применима схема с фотодиодом, который имеет дифракционную решетку правого или левого слежения.

Используя справочник определил, что для микросхем серии 176 напряжение можно принять равным нулю. Напряжение зависит от напряжения источника питания. Так для В, В.

Согласно выражению (1) сопротивление резисторов R4 и R5 для ширины петли гистерезиса

В определяются из соотношения .

$$\frac{R4}{R5} = \frac{\Delta E}{U_1 - U_0} = \frac{1}{3,6}$$

Учитывая что R2=1 МОм, следует принять R4 =100 кОм, R5=360 кОм.

При требовании изменения полярности выходного сигнала датчика, в зависимости от алгоритма его работы, необходимо переключить резистор R3 от точки "В" в точку "С" RS -триггера.

Если возникла необходимость подстройки точки срабатывания датчика в пределах нескольких микрометров, то входной узел датчика можно выполнить по одной из схем рис.4 а, б. Регулирующим элементом здесь является переменный резистор R.

#### Литература:

1. Марголин Ш.М. Точная остановка электроприводов. – М.: Энергоатомиздат, 1984,104 с., ил.

2. Горшков Б.И. Радиоэлектронные устройства: Справочник. – М.: Радио и связь, 1984, 400 с.,ил.
  3. Оокоси Г. Оптоэлектроника и оптическая связь. – М.: Мир. 1988.
  4. Ralf Leutz. A. Suzuki. Nonimaging Fresnel Lenses: Design and Performance of Solar Concentrators (Springer Series in Optical Sciences)/ Publisher: Springer; 1 edition, 2006- 292 pages
  5. Masters Gilbert. Renewable and Efficient Electric Power Systems/ Publisher: Wiley-IEEE Press – 2004-680 pages
  6. Dhon Riley, Mark McLaughlin. Turning the Corner: Energy Solutions for the 21st Century. - Publisher: Alternative Energy Institute-385 pages.
  7. Terry Galloway. Solar House: A Guide for the Solar Designer/Publisher: Architectural Press- 2004 -240 pages
  8. Michael J. C. The Passive Solar Design and Construction Handbook/ Inc. Steven Winter Assosiate, / Publisher: Wiley; 2Rev Ed edition - 1997-291 pages.
-