

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 309 (2016), 96 – 101

Zh.Sh. Zhantayev¹, K.S. Kuratov^{1,2,3}, A.M. Seytimbetov², A.T. Mailybayev^{1,2},
N.Sh. Alimgazinova^{1,2}, A.B. Manapbayeva², A.K. Kuratova^{1,2}, N.T. Iztleuov²

¹National Center of Space Researches and Technologies, Almaty, Kazakhstan;

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

³Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan

e-mail: kenes_kuratov@mail.ru, Nazgul.Alimgazinova@kaznu.kz

TWO-MATRIX PHOTOMETER CONTROL SYSTEM

Abstract: In this paper astronomical two-matrix photometer is described. It differs from common one CCD camera photometers with application of the second CCD camera. It enables to carry out the light inputs measurements of studied star and standard star simultaneously. The second camera application enables to significantly increase measurements accuracy and to decrease of one star observation time at least twice. The increase of measurements accuracy is reached by carrying out simultaneous observations, and errors caused by the Earth atmosphere fluctuation are the same for both studied star and standard star. Time decrease is reached by carrying out both stars' observation simultaneously.

In this paper photometer's optical mechanics scheme is given. The motion mechanism of receiving and recording block with micrometer screw rotated by stepping motor is described. It is demonstrated that exact coordinates of matrix position attached to clutch on micrometer screw are shoot by absolute magnetic encoder.

The applied electronic equipment of two-matrix photometer control system is described. The algorithm of photometer operation control installed on 1-meter Tien-Shan astronomical observatory telescope is presented.

Keywords: star, telescope, photometer, CCD-matrix, optical mechanics scheme, control system.

УДК 520.3

Ж.Ш. Жантаев¹, К.С. Куратов^{1,2,3}, А.М. Сейтимбетов², А.Т.Майлыбаев^{1,2},
Н.Ш. Алимгазина^{1,2}, А.Б. Манапбаева², А.К. Куратова^{1,2}, Н.Т.Изtleуov²

¹Национальный центр космических исследований и технологий, Алматы, Казахстан;

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

³Астрофизический институт имени В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВУХМАТРИЧНЫМ ФОТОМЕТРОМ

Аннотация: В данной статье описывается астрономический двухматричный фотометр. От обычных фотометров с одной CCD камерой отличается тем, что применяется вторая CCD камера. Это позволяет одновременно проводить измерения световых потоков от исследуемой звезды и звезды-стандарта. Применение второй камеры позволяет существенно увеличить точность измерений и как минимум в два раза уменьшить затраты времени на наблюдение одной звезды. Первое достигается за счет того, что наблюдения проводятся одновременно и ошибки, обусловленные флуктуацией в Земной атмосфере одинаковы для исследуемой звезды и звезды-стандарта. Уменьшение затраты времени достигается за счет проведения одновременных наблюдений обеих звезд.

В статье приводится оптико-механическая схема фотометра. Описан механизм перемещения приемно-регистрирующего блока, за основу которого взят микрометрический винт, вращающийся от шагового двигателя. Показано, что точные координаты положения матрицы, прикрепленной к муфте на микрометрическом винте снимаются абсолютным магнитным энкодером.

Описана используемая электронная аппаратура системы управления двухматричным фотометром. Представлен алгоритм управления работой фотометра, установленного на 1-метровом телескопе Тянь-Шаньской астрономической обсерватории.

Ключевые слова: звезда, телескоп, фотометр, CCD-матрица, оптико-механическая схема, система управления.

Введение

При проведении астрофотометрических наблюдений важно проводить измерения исследуемой звезды и звезды-стандарта одновременно. Но практически всегда звезда-стандарт находится на некотором расстоянии от исследуемой звезды, что даже при использовании CCD-

камер с максимальными размерами (50x50 мм), она не попадает одновременно на приемник излучения (матрицу). Все известные фотометры (например [1]) применяют одну матрицу. Поэтому приходится проводить наблюдения раздельно (по очередности). Раздельное измерение, во-первых, ухудшает точность измерений за счет всевозможных флуктуаций по времени в атмосфере Земли, а во вторых, увеличивает затраты наблюдательного времени на фотометрию каждого исследуемого объекта по отдельности. Этот недостаток может быть устранен только при одновременном измерении исследуемой звезды и звезды-стандарта, тогда влияние атмосферных флуктуаций будет одинаковым на обе звезды.

Помимо этого, в астрофизике есть круг важных задач, которые невозможно или трудно решить имеющимися фотометрами. Например, при астросейсмологических наблюдениях слабых объектов, поиске экзопланет и ряде других задач, где изменения (колебания) блеска исследуемой звезды малы и флуктуации в земной атмосфере не позволяют производить измерения или сильно их искажают. Чтобы выявить такие изменения блеска проводят длительные ряды наблюдений с применением сложного математического анализа (например, Фурье-анализа). Однако многие такие задачи не могут быть решены при использовании одноматричных фотометров и попросту не решаются. В одноматричных фотометрах эти колебания блеска «тонут» в шумах атмосферных флуктуаций.

Таким образом, разработка двухматричного фотометра и введение его в процесс астрономических наблюдений позволит:

1. существенно увеличить точность фотометрических измерений, за счет проведения одновременных наблюдений исследуемой звезды и звезды-стандарта;
2. уменьшить в два раза время наблюдений, а, следовательно, более чем в два раза улучшить эффективность наблюдательного времени на телескопе;
3. решить ряд задач, которые невозможно произвести с помощью одноматричного фотометра и расширить круг исследуемых объектов.

1. Структура аппаратуры и алгоритмы управления

Для создания астрономического двухматричного фотометра потребовалась разработка, изготовление и отладка его оптико-механического узла, электронных схем управления и программного обеспечения.

Два однометровых телескопа Тянь-Шаньской астрономической обсерватории (ТШАО) имеют систему Ричи-Критъена, которые позволяют создавать большое неискаженное поле в фокусе телескопа, что дает дополнительные преимущества для работы двухматричного фотометра.

На главной оптической оси телескопа устанавливается одна из ПЗС-матриц (основная), с которой проводят измерения исследуемой звезды. Световой поток от звезды-стандарта с помощью диагонального зеркала «выводится» на боковую поверхность фотометра с поворотом на 90 градусов. Узел, состоящий из диагонального зеркала, фильтров и CCD-матрицы собран в единый оптический блок и имеет возможность перемещаться в фокальной плоскости телескопа по одной из координат. Перемещение по второй координате обеспечивается поворотом фотометра на поворотном круге телескопа. Это обусловлено тем, что стандартные звезды могут располагаться относительно исследуемой звезды на разных расстояниях и на разных позиционных углах. Перемещая вторую CCD-матрицу в двух направлениях, можно практически всегда вывести (навестись) по координатам на звезду-стандарт.

Оптическая схема основного канала фотометра (для наблюдений исследуемой звезды) с CCD-камерой Arogee U10 представлена на рисунке 1.

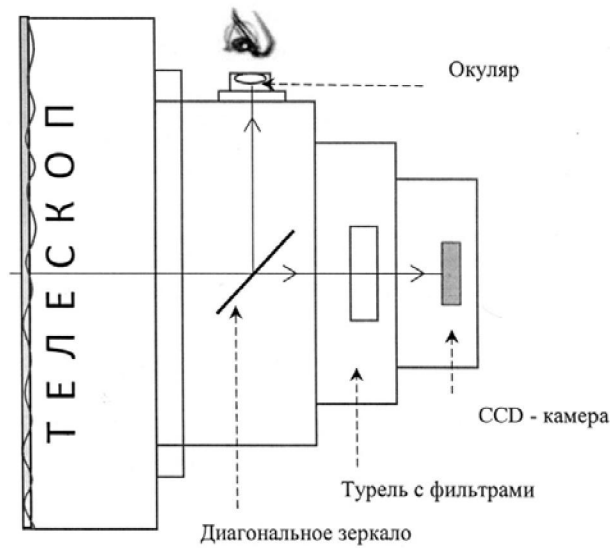


Рисунок 1 – Оптическая схема основного канала фотометра

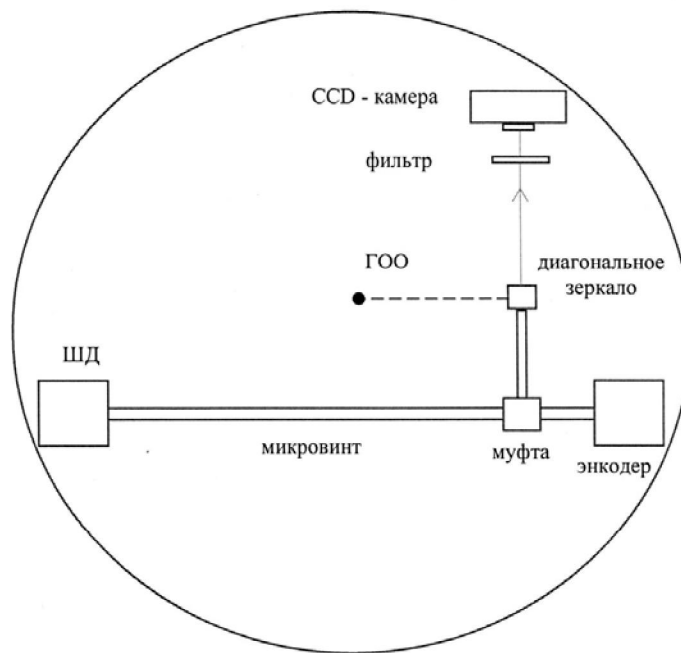


Рисунок 2 – Оптико-механическая схема второго канала фотометра

Во втором канале может использоваться простая матрица без охлаждения. Так как яркость звезды-стандарта всегда гораздо выше, то можно применять менее чувствительные CCD приемники, которые имеют небольшие габариты и вес. Небольшие габариты и вес существенны, так как оптический блок с матрицей должен перемещаться внутри (относительно) фотометра. Принцип работы механизма перемещения матрицы второго канала следующий: с помощью микровинта, который имеет червячную передачу и вращается шаговым двигателем (ШД) перемещает оптический блок с диагональным зеркалом, фильтрами и CCD-матрицей в одном направлении до 14 см с возможностью пересечения главной оптической оси (ГОО) телескопа. При пересечении ГОО телескопа появляется возможность тестирования обеих матриц и определить инструментальные поправки. Точные координаты положения оптического блока определяются абсолютным магнитным энкодером, который жестко связан с микровинтом (соединен с микровинтом с противоположной стороны от ШД).

2. Электронная аппаратура системы управления двухматричным фотометром (СУДФ)

На рисунке 3 приведена структурная схема СУДФ.

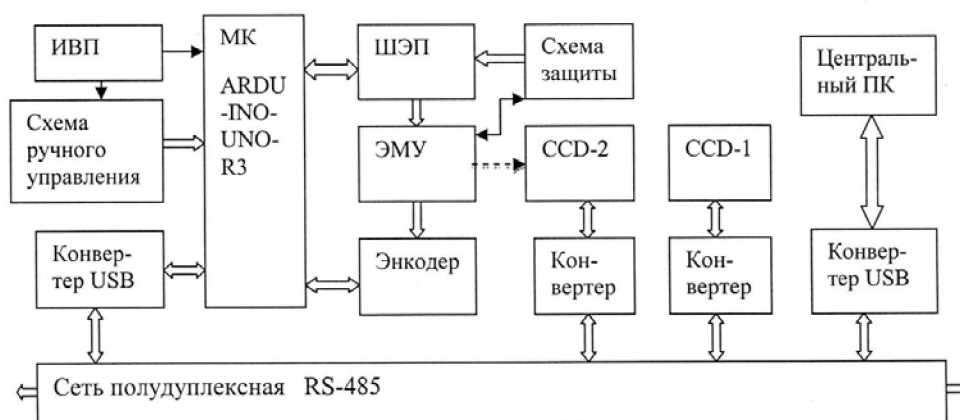


Рисунок 3 – Структура системы управления двухматричным фотометром

Структура аппаратной части двухматричного фотометра включает в себя следующие составные части:

1. Центральным звеном управления служит микроконтроллерная платформа типа ARDUINO UNO [2], который для удобства обращения просто называют микроконтроллером (МК). Собственно модуль Arduino Uno - это устройство на основе микроконтроллера ATmega328. Микроконтроллер ATmega16U2 обеспечивает связь приемопередатчика с USB-портом компьютера, и при подключении к ПК позволяет Arduino определяться как виртуальный COM-порт. Прошивка микросхемы 16U2 использует стандартные драйвера USB-COM, поэтому установка внешних драйверов не требуется. На платформе Windows необходим только соответствующий .inf-файл.

2. Электромеханический узел (ЭМУ) состоит из микровинта длиной 25см, которой перемещает оптический блок, состоящий из диагонального зеркала, турели с фильтрами и матрицы CCD-2. Перемещение осуществляется шаговым двигателем (ШД), который вращая микровинт, перемещает оптический блок со второй матрицей с точностью установки до 0.05 мкм. Управление ШД [3] осуществляется драйвером A3967 EasyDriver V4.4. Управление драйвером осуществляется от Arduino контроллера с помощью специальных программ.

3. Так как все электронные узлы телескопа связаны распределенной сетью и находятся на значительном расстоянии, то все узлы связаны конверторами RS-485[4]. RS-485 выбран нами, так как он может вести до 32 приемников со скоростью связи по спецификации до 10 Мбод/сек на расстояние до 1200 м.

4. В СУДФ для осуществления правильного позиционирования системы и осуществления контроля за передвижением оптического блока со второй матрицей применен датчик угла поворота микровинта (энкодер). В качестве датчика угла поворота применен абсолютный магнитный энкодер Baumer Electric CH-8501, особенностью которого является сохранение данных угла поворота при падении или исчезновении напряжения, или при перезагрузке компьютера. Если в обесточенном состоянии вал энкодера был провернут на определенный угол или какое-то количество оборотов, то при появлении напряжения энкодер сразу выдаст новое, фактическое угловое положение вала и фактический номер оборота. Благодаря этому не требуется после каждого включения системы производить движение механических частей машины на стартовую позицию, что является неоспоримым преимуществом абсолютных энкодеров.

5. Схема защиты включает в себя механизм конечных выключателей по обеим границам разрешенного перемещения оптического блока по микровинту, который предотвращает механические поломки и дает сигнал МК о достижении границ перемещения.

6. Схема ручного управления позволяет осуществлять кнопочный сброс в начальное положение, задает команды на перемещение и выбор направления движения в тестовом режиме.

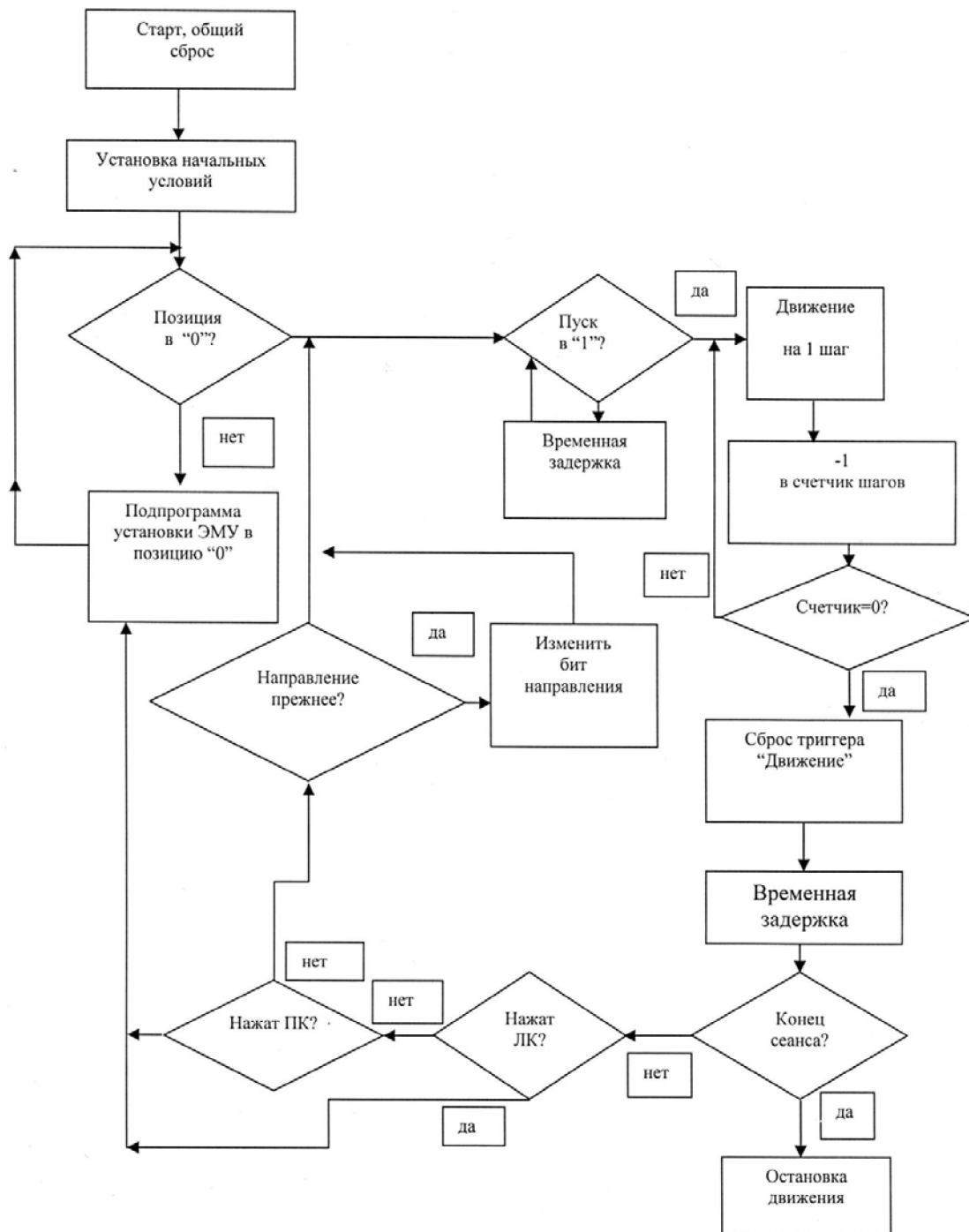


Рисунок 4 – Алгоритм управления перемещением диагонального зеркала от МК

3. Алгоритм управления перемещением диагонального зеркала от МК

Разработка программного обеспечения основана на использовании среды разработки Arduino [5] и содержит следующие основные элементы: текстовый редактор для написания кода, область для вывода сообщений, текстовая консоль, панель инструментов с традиционными кнопками и главное меню. Данный софт позволяет компьютеру взаимодействовать с Arduino как для передачи данных, так и для прошивки кода в контроллер.

На рисунке 4 показана блок-схема алгоритма управления перемещением диагонального зеркала от МК. В этом алгоритме для обратной связи используется значения кода энкодера и концевых выключателей, перемещение оптического блока второй матрицы осуществляется

дискретными шагами, которые перемежаются с периодами длительных стоянок, во время которых происходит съем фотометрической информации о звездных объектах. Управление движением зависит от значения триггеров “Движение” и “Направление”, (причем под этими триггерами подразумеваются определенные биты порта вывода МК), а сам дискретный шаг разбивается на дискретные микрошаги, число которых задается программным вычитающим счетчиком и определяется необходимой точностью перемещения.

Заклучение

Разработанный двухматричный фотометр является астрономическим измерительным прибором, используемым при фотометрических наблюдениях. Отличительная особенность прибора заключается в том, что с его помощью возможно проведение одновременных измерений светового потока от исследуемой звезды и звезды-стандарта с увеличением точности измерений и с меньшими затратами времени.

Преимущественной областью использования двухматричного фотометра является астрономия: для исследований естественных и искусственных небесных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лютый В. М., Абдуллаев Б. И., Алекперов И. А., Гюльмалиев Н. И., Микаилов Х. М., Рустамов Б. Н. I. Согласования ПЗС-фотометра с оптикой Цейсс-600 // Azerbaijani astronomical journal. – 2009. – № 3-4. – С. 36-41.
 [2] Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб: БХВ-Петербург, 2015. – 464 с.
 [3] Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. Пер.с англ. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.
 [4] Интерфейс RS-485: описание, подключение. – www.radiomedtech.ucoz.ru/RS-485.pdf
 [5] Sommer U. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. СПб. БХВ-Петербург, 2015. 256 с.

REFERENCES

- [1] Liutyi V. M., Abdullaev B. I., Alekperov I. A., Giul'maliev N. I., Mikailov Kh. M., Rustamov B. N. I. *Reconciliation CCD photometer with Zeiss optics 600*, Azerbaijani astronomical journal, 2009. Vol. 3-4, pp. 36-41. (in Russ.).
 [2] Petin V.A. *Projects using Arduino controller*, SPb: BKhV-Peterburg, 2015, 464 p. (in Russ.).
 [3] Kenio T. *Stepper motors and microprocessor control systems*, Per.s angl. M.: Energoatomizdat, 1987, 200 p. (in Russ.).
 [4] *RS-485 interface and description of connection*, www.radiomedtech.ucoz.ru/RS-485.pdf. (in Russ.).
 [5] Sommer U. *Programming microcontroller board Arduino/Freduino*, SPb. BKhV-Peterburg, 2015, 256 p. (in Russ.).

**Ж.Ш. Жантаев¹, К.С. Куратов^{1,2,3}, А.М. Сейтимбетов², А.Т. Майльбаев^{1,2},
 Н.Ш. Алимгазина^{1,2}, А.Б. Манапбаева², А.К. Куратова^{1,2}, Н.Т. Изтлеуов²**

¹ Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы, Алматы, Қазақстан;

² әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан;

³ В.Г. Фесенков атындағы астрофизика институты, Алматы, Қазақстан

ЕКІ МАТРИЦАЛЫ ФОТОМЕТРДІҢ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

Аннотация. Бұл мақалада астрономиялық екі матрицалы фотометр бейнеленген. Бір CCD камералы қарапайым фотометрден айырмашылығы, мұнда екінші CCD камера қолданылады. Осы кезде бір уақытта зерттелетін жұлдыздың және стандартты жұлдыздың жарық ағындарына өлшеулер жүргізеді. Екінші камераны қолдану айтарлықтай дәрежеде өлшеу дәлдігін жоғарылатуға мүмкіндік береді және бір жұлдызды бақылау кезінде екі есе уақыт шығынын азайтады. Бірінші жағдай бақылаулар бір уақытта жүргізілгендіктен, зерттелініп отырған жұлдызбен стандартты жұлдыз үшін Жер атмосферасындағы флуктуация әсерінен болатын қателіктер бірдей болады. Екі жұлдызды бір уақытта бақылау кезінде ғана уақыт шығындарын азайту мүмкіндігіне жетуге болады.

Мақалада фотометрдің оптика-механикалық схемасы келтірілген. Қабылдау-тіркеуші блоктың орын ауыстыру механизмі келтірілген. Оның негізі ретінде қадамдық қозғалтқыштан айналатын микрометрлік винт алынады. Микрометрлік винттегі муфтаға бекітілген матрица орналасуының нақты координаталары абсолютті магниттік эндокодермен түсіріледі.

Екі матрицалы фотометрдің басқару жүйесінің қолданылатын электронды аппаратурасы бейнеленген. Тянь-Шань астрономиялық обсерваториясындағы 1-метрлік телескопқа орнатылған фотометрдің басқару жұмысының алгоритмі келтірілген.

Түйін сөздер: жұлдыз, телескоп, фотометр, CCD-матрица, оптика-механикалық схема, басқару жүйесі.