

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт Факультет машиностроения
Кафедра «Мехатроника и автоматизация»
Направление «Автоматизация технологических процессов и производств»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
В.Р. Гасияров

2019 г.

Автоматизация устройства позиционирования солнечной панели

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ 15.03.04.2019.057.00 ПЗ (ВКР)

Нормоконтролер
Ст. преподаватель
Л.Н. Петрова

2019 г.

Руководитель работы
Ст. преподаватель
Лина Николаевна Петрова

2019 г.

Нормоконтролер
Ст. преподаватель
С.С. Воронин

2019 г.

Автор работы
Студент группы МС-463
Пичугов Владимир Дмитриевич

2019 г.

АННОТАЦИЯ

Пичугов В.Д. Автоматизация устройства позиционирования солнечной панели. – Челябинск: ЮУрГУ, МС-463, 2019 г, 79 с., 24 ил., 18 табл., библиогр. список - 17 наим., 5 прил.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается проектирование автоматизированного устройства позиционирования солнечной панели.

В пояснительной записке представлены разработанные схема структурная, схема функциональная автоматизации, схема электрическая принципиальная и схема соединений автоматизированного устройства позиционирования солнечной панели.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ	10
1.1 Описание конструкции устройства позиционирования.....	10
1.2 Принцип работы устройства позиционирования.....	19
1.3 Цели и задачи процесса автоматизации.....	21
2 РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ.....	23
2.1 Разработка схемы функциональной автоматизации устройства позиционирования солнечной панели.....	24
2.2 Разработка схемы электрической принципиальной устройства позиционирования солнечной панели.....	28
2.2.1 Выбор чувствительных элементов	29
2.2.2 Выбор исполнительных элементов	34
2.2.3 Выбор программируемого логического контроллера	39
2.3 Разработка схемы соединений электрической устройства позиционирования солнечной панели.....	51
3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ	54
3.1 Разработка приложения оператора устройства позиционирования солнечной панели	55
3.2 Разработка алгоритма работы устройства позиционирования солнечной панели	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	62
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ А Автоматизированное устройство позиционирования солнечной панели. Схема функциональная автоматизации	65

ПРИЛОЖЕНИЕ Б	Автоматизированное устройство позиционирования солнечной панели. Схема принципиальная электрическая	67
ПРИЛОЖЕНИЕ В	Автоматизированное устройство позиционирования солнечной панели. Перечень элементов	70
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	Автоматизированное устройство позиционирования солнечной панели. Схема электрическая соединений	72
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	Алгоритм работы автоматизированной системы позиционирования солнечной панели.....	74

ВВЕДЕНИЕ

Современный человек не может представить свою жизнь без электричества. Энергетика является одной из крупнейших отраслей экономики России, наряду с металлургией, машиностроением, химической и нефтехимической отраслями. Добыча электрической энергии может производиться различными способами. В России, в основном, распространена теплоэнергетика и гидроэнергетика, что обусловлено огромным количеством ресурсов, необходимых для добычи энергии.

По данным Министерства Энергетики России, пятую позицию в рейтинге установленной мощности электростанций занимают солнечные электростанции. Установленная мощность электростанции – это сумма паспортных мощностей установленных генераторов. Однако, по опубликованным данным за 2017 год известно, что использование установленной мощности на ТЭС и ГЭС в сумме снизилось на 61 час. Одновременно с этим использование установленной мощности солнечных электростанций (СЭС) выросло на 131 час. В долгосрочной перспективе изменение данных показателей позволяет сделать вывод о том, что актуальность использования возобновляемых источников энергии будет повышаться, а традиционные способы будут замещены.

Таблица 1 – Использование установленной мощности по типам генерации

Тип генерации	Использование, ч/г	Процент календарного времени, %
АЭС	6 869	78,4
ТЭС	4 075	46,5
ГЭС	3 791	43,3
ВЭС	1 602	18,3
СЭС	1 283	14,6

Достоинствами СЭС являются:

1. Использование возобновляемого источника энергии.
2. Солнечные электростанции могут территориально располагаться в любой точке планеты.
3. СЭС практически не оказывают негативных последствий на окружающую среду.

Недостатками СЭС являются:

1. Зависимость эффективности солнечных панелей от времени суток и погодных условий.
2. Вне зависимости от типа, солнечные панели нуждаются в регулярном техническом обслуживании (очистке от пыли).

Генерация энергии при помощи гелиосистем может быть реализована как в качестве масштабной электростанции, так и автономной установки в частном секторе.

В состав полного комплекта солнечной батареи входят:

1. Солнечная панель – основной компонент, генерирующий электрическую энергию.
2. Рама солнечной панели – система, обеспечивающая установке требуемое положение в пространстве.
3. Контроллер – компонент, обеспечивающий управление режимами работы солнечной панели.
4. Аккумулятор – компонент, накапливающий энергию в те моменты, когда ее использование не требуется.
5. Инвертер – устройство, трансформирующее постоянный ток в переменный, с необходимым напряжением и частотой.

Эффективность солнечных батарей зависит от:

1. Свойств самой панели (типа фотоэлементов).

2. Температуры воздуха (чем выше температура воздуха, тем с меньшим КПД происходит генерация электрической энергии).

3. Ориентации панели в пространстве (максимальный КПД достигается при падении солнечных лучей под углом 90°).

На практике чаще всего применяется установка солнечных батарей на жестких и неподвижных рамах, вследствие чего гелиосистема не способна отрабатывать заявленные производителем показатели. В таких случаях подбирается оптимальный «летний» и «зимний» угол наклона панели. Если нет возможности поворачивать панель дважды в год, угол представляет собой значение широты местности. Однако использование устройства позиционирования предотвращает такие потери. Потери выработки, которые можно рассчитать по формуле (1), электрической энергии при отклонении угла падения лучей представлены на рисунке 1.

$$p = 1 - \cos\delta \quad (1)$$

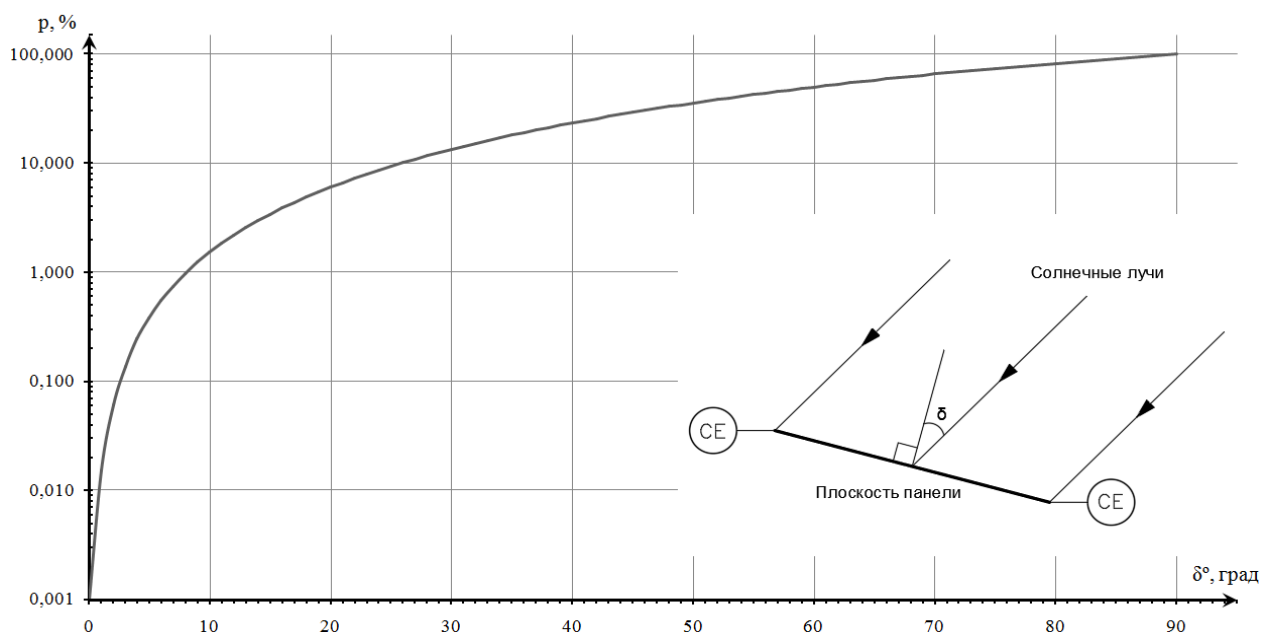


Рисунок 1 – Зависимость величины потерь выработки электроэнергии от величины отклонения угла

По графику видно, что зависимость потерь выработки электроэнергии от отклонения угла падения солнечных лучей носит нелинейный характер.

При отклонении угла падения лучей на 10° потери по выработке составляют всего 2%. Это свойство предоставляет возможность компенсировать недостатки рабочей зоны механизмов позиционирования, а также некоторые неточности при позиционировании.

Использование устройств позиционирования солнечных панелей обусловлено:

1. Повышением КПД самой панели за счет падения солнечных лучей под углом близким к 90° .
2. Повышением эргономичности гелиосистемы.

1 ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ

Устройство позиционирования солнечной панели представляет собой установку, способную ориентировать панель соответственно с движением солнца в течение дня так, чтобы солнечные лучи всегда падали на поверхность под углом 90° . Устройство позиционирования выполняет функции трекера, то есть следит за Солнцем на протяжении светового дня.

1.1 Описание конструкции устройства позиционирования

Устройство позиционирования солнечной панели реализуется при помощи подвижной рамы на основе механизма с параллельными кинематическими цепями типа «гексаглайд» (далее механизм-гексаглайд). Одним из первых данное техническое решение воплощено в совместной разработке Института машиностроения IWF (Германия) и Швейцарского федерального технологического института ЕТН в шестикоординатном фрезерном станке, получившем название Hexaglide.

Данный объект состоит из подвижной платформы, которая соединена с неподвижным основанием посредством штанг постоянной длины. Неподвижное основание связано со штангами при помощи сферических шарниров. Данные шарниры располагаются на подвижных каретках, расположенных на модулях линейного перемещения и движущихся в одной плоскости параллельно друг другу.

Упрощенная кинематическая схема гексаглайда представлена на рисунке 2.

Проанализируем количество степеней свободы данного механизма. Для этого воспользуемся формулой Сомова-Малышева:

$$n = 6N - 5p_1 - 4p_2 - 3p_3 - 2p_4 - p_5, \quad (2)$$

где n – число степеней свободы;

N – число подвижных тел;

p_j – количество кинематических пар с j степенью свободы ($j=1 \dots 5$).

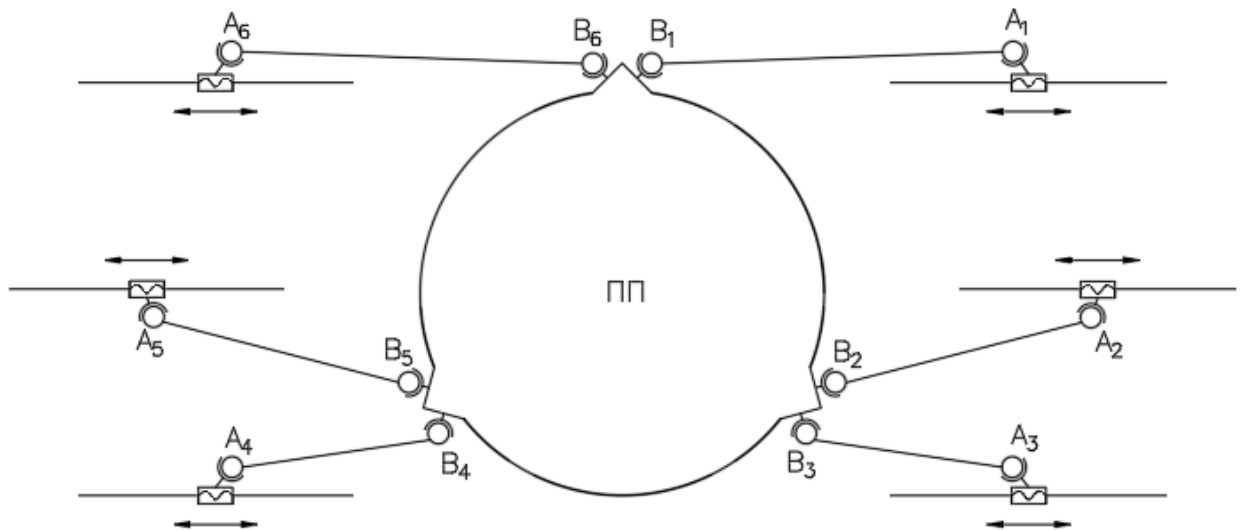


Рисунок 2 – Упрощенная кинематическая схема механизма-гексаглайда

Характеристики устройства (см. рисунок 2):

$A_1 \dots A_6$ – сферические шарниры кареток;

$B_1 \dots B_6$ – сферические шарниры подвижной платформы;

ПП – подвижная платформа;

$N = 12$ – общее число штанг и кареток;

$p_3 = 12$ – общее число сферических шарниров;

$p_1 = 6$ – число шарико-винтовых передач (кареток).

Теперь по формуле (2) можем рассчитать число степеней свободы механизма-гексаглайда:

$$n = 6 \cdot 12 - 5 \cdot 6 - 3 \cdot 12 = 6.$$

Определим математическую модель механизма-гексаглайд.

Математическая модель устройства обеспечит корректную работу системы и позволит точно определить необходимое положение платформы для обеспечения угла падения солнечных лучей в 90° .

Перемещение подвижной платформы в пространстве реализуется по шести координатам: трем линейным: x , y , z и трем угловым: ψ , ϑ , γ . Линейные координаты представляют собой координаты центра платформы относительно неподвижной системы координат. Угловые координаты представляют собой углы Крылова, углы поворота подвижной системы координат относительно неподвижной системы координат:

1. Сначала производится поворот вокруг оси OZ на угол ψ (угол рыскания). В результате данной манипуляции получается новая система координат $OX^\psi Y^\psi Z^\psi$, где ось OZ совпадает с осью OZ^ψ .

2. Далее производится поворот вокруг оси OX^ψ на угол ϑ (угол тангажа). В результате данной манипуляции получается новая система координат $OX^\vartheta Y^\vartheta Z^\vartheta$, где ось OX^ψ совпадает с осью OX^ϑ .

3. Последним шагом производится поворот вокруг оси OY^ϑ на угол γ (угол крена). В результате данной манипуляции получается конечная система координат $OX'Y'Z'$.

Каждому из указанных выше поворотов соответствует своя матрица поворота.

Для угла рыскания:

$$B'_\psi = \begin{pmatrix} \cos\psi & \sin\psi & 0 \\ -\sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Для угла тангажа:

$$B'_\vartheta = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\vartheta & \sin\vartheta \\ 0 & -\sin\vartheta & \cos\vartheta \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Для угла крена:

$$B'_\gamma = \begin{pmatrix} \cos\gamma & 0 & -\sin\gamma \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\gamma & 0 & \cos\gamma \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Итоговая матрица поворота получается перемножением трех указанных выше матриц:

$$B' = \begin{pmatrix} \cos\psi\cos\gamma + \sin\vartheta\sin\psi\sin\gamma & \sin\psi\cos\vartheta & -\cos\psi\sin\gamma + \sin\psi\sin\vartheta\cos\gamma \\ -\sin\psi\cos\gamma + \sin\vartheta\cos\psi\sin\gamma & \cos\psi\cos\vartheta & \sin\psi\sin\gamma + \cos\psi\sin\vartheta\cos\gamma \\ \cos\vartheta\sin\gamma & -\sin\vartheta & \cos\vartheta\cos\gamma \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Элементами данной матрицы являются направляющие косинусы, обозначим их l_i, m_i, n_i ($i=1\dots 3$).

$$l_1 = \cos\psi\cos\gamma + \sin\vartheta\sin\psi\sin\gamma, \quad (7)$$

$$m_1 = -\sin\psi\cos\gamma + \sin\vartheta\cos\psi\sin\gamma, \quad (8)$$

$$n_1 = \cos\vartheta\sin\gamma, \quad (9)$$

$$l_2 = \sin\psi\cos\vartheta, \quad (10)$$

$$m_2 = \cos\psi\cos\vartheta, \quad (11)$$

$$n_2 = -\sin\vartheta, \quad (12)$$

$$l_3 = -\cos\psi\sin\gamma + \sin\psi\sin\vartheta\cos\gamma, \quad (13)$$

$$m_3 = \sin\psi\sin\gamma + \cos\psi\sin\vartheta\cos\gamma, \quad (14)$$

$$n_3 = \cos\vartheta\cos\gamma. \quad (15)$$

Переход из подвижной системы координат в неподвижную производится умножением двух матриц: матрицы поворота B' и матрицы P , состоящей из координат шарниров подвижной платформы в подвижной системе координат, привязанной к центру этой платформы по формуле (16).

$$A = B'P. \quad (16)$$

Определим координаты шарниров платформы в подвижной системе координат. Для этого воспользуемся формулами (17) и (18):

$$x'_i = R_{пл}\cos\varphi_i, \quad (17)$$

$$y'_i = R_{пл}\sin\varphi_i, \quad (18)$$

где φ_i – угол смещения шарнира, откладываемый по часовой стрелке от оси Ox ;

$R_{пл} = 310$ мм – радиус подвижной платформы.

Сферические шарниры для данного устройства механизма-гексаглайд разведены по парам. Дуга между парными шарнирами составляет 8° . Углы φ_i определяются матрицей-строкой Φ :

$$\Phi = (274^\circ \quad 26^\circ \quad 34^\circ \quad 146^\circ \quad 154^\circ \quad 266^\circ). \quad (19)$$

Матрица P определяется как:

$$P = \begin{pmatrix} x_1' & x_2' & x_3' & x_4' & x_5' & x_6' \\ y_1' & y_2' & y_3' & y_4' & y_5' & y_6' \\ z_1' & z_2' & z_3' & z_4' & z_5' & z_6' \end{pmatrix}. \quad (20)$$

Рассчитаем матрицу P – координаты шарниров в подвижной системе координат платформы по формуле 20.

$$P = \begin{pmatrix} 21,638 & 278,628 & 256,99 & -256,99 & -278,628 & -21,638 \\ 309,256 & -135,904 & -173,352 & -173,352 & -135,904 & 309,256 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Координаты z_i' ($i = 1 \dots 6$), равны нулю, так как в подвижной системе координат шарниры подвижной платформы определяются в плоскости XOY.

Математическая модель механизма представляет собой систему уравнений, связывающих подвижную платформу с неподвижным основанием. Так как основание и платформа связаны посредством сферических шарниров и штанг постоянной длины, можно записать уравнение взаимосвязи между этими элементами:

$$L_i^2 = (x_{A_i} - x_{B_i})^2 + (y_{A_i} - y_{B_i})^2 + (z_{A_i} - z_{B_i})^2, \quad (21)$$

где $L_i = L = \text{const}$ ($i = 1 \dots 6$);

$x_{A_i}, y_{A_i}, z_{A_i}$ – координаты i -тых сферических шарниров ($i = 1 \dots 6$), расположенных на каретках ($z_{A_i} = 0$, так как все каретки расположены в одной плоскости);

$x_{B_i}, y_{B_i}, z_{B_i}$ – координаты i -тых сферических шарниров ($i = 1 \dots 6$), расположенных на подвижной платформе.

Подставим координаты шарниров в подвижной системе координат в уравнение взаимосвязи:

$$L_i^2 = \left(x_{A_i} - x_{B_i}' l_1 - y_{B_i}' l_2 - z_{B_i}' l_3 \right)^2 + \left(y_{A_i} - x_{B_i}' m_1 - y_{B_i}' m_2 - z_{B_i}' m_3 \right)^2 + \left(z_{A_i} - x_{B_i}' n_1 - y_{B_i}' n_2 - z_{B_i}' n_3 \right)^2, \quad (22)$$

где $i=1 \dots 6$.

Воспользуемся свойством направляющих косинусов:

$$l_i^2 + m_i^2 + n_i^2 = 1, \quad (23)$$

где $i=1 \dots 6$.

Путем раскрытия скобок получим выражение:

$$L_i^2 = x_{A_i}^2 + y_{A_i}^2 + z_{A_i}^2 + x_{B_i}'^2 + y_{B_i}'^2 + z_{B_i}'^2 - 2x_{A_i} \left(x_{B_i}' l_1 + y_{B_i}' l_2 + z_{B_i}' l_3 \right) - 2y_{A_i} \left(x_{B_i}' m_1 + y_{B_i}' m_2 + z_{B_i}' m_3 \right) - 2z_{A_i} \left(x_{B_i}' n_1 + y_{B_i}' n_2 + z_{B_i}' n_3 \right) + 2 \left(x_{B_i}' y_{B_i}' l_1 l_2 + x_{B_i}' z_{B_i}' l_1 l_3 + y_{B_i}' z_{B_i}' l_2 l_3 \right) + 2 \left(x_{B_i}' y_{B_i}' m_1 m_2 + x_{B_i}' z_{B_i}' m_1 m_3 + y_{B_i}' z_{B_i}' m_2 m_3 \right) + 2 \left(x_{B_i}' y_{B_i}' n_1 n_2 + x_{B_i}' z_{B_i}' n_1 n_3 + y_{B_i}' z_{B_i}' n_2 n_3 \right), \quad (24)$$

где $i=1 \dots 6$.

Составив из этого выражения систему из шести уравнений, связывающих между собой шарниры, расположенные на подвижной платформе, шарниры, расположенные на каретках, и длины штанг, получим математическую модель механизма-гексаглайда.

Смоделировав механизм-гексаглайд в автоматизированной среде проектирования SolidWorks, можно определить его примерную рабочую зону. Максимальный поворот подвижной платформы вокруг осей OX и OY составляет приблизительно 45° от горизонтального положения.

Проанализировав приведенный на рисунке 1 график, можно сделать вывод, что на восходе и заходе Солнца, когда угол между вектором падения солнечных лучей и нормалью к поверхности панели близок к 45° , потери по выработке будут составлять 30%. Освещенность на восходе и закате составляет примерно 50 Вт/м^2 , дневная освещенность, при которой панель вырабатывает наибольшее количество энергии составляет 1000 Вт/м^2 . Из выше сказанного можно сделать вывод о том, что этими потерями можно пренебречь.

Используя математическую модель механизма, можно вычислить нулевую точку устройства позиционирования. В качестве нулевой точки выбрана такая, чтобы панель занимала горизонтальное положение, а каретки, расположенные на модулях линейного перемещения занимали крайнее ближнее положение к подвижной платформе и имели ось симметрии связанную с осью ординат.

Проанализируем выражение представленное ниже:

$$L_i^2 = (x_{A_i} - x_{B_i})^2 + (y_{A_i} - y_{B_i})^2 + (z_{A_i} - z_{B_i})^2, \quad (25)$$

где $L_i = L = 700 \text{ мм}$ ($i=1\dots6$) – длина штанги. Постоянная величина, выбранная произвольно исходя из примерных габаритных размеров модуля солнечной панели);

x_{A_i} ($i=1\dots6$) – линейная координата каретки по оси абсцисс. Координата, которую необходимо определить для нулевой точки;

x_{B_i} ($i=1\dots6$) – линейная координата шарнира по оси абсцисс, расположенного на подвижной платформе. Постоянная величина, определенная в матрице P . P является матрицей координат шарниров в подвижной системе координат. В нулевой точке координаты шарниров в подвижной и неподвижной системе совпадают;

y_{A_i} ($i=1\dots6$) – линейная координата каретки по оси ординат. Постоянная величина, определенная произвольно для каждой каретки. Значения матрицы Y_{A_i} , отражающей данную координату, выбраны в соответствии с габаритными размерами подвижной платформы.

$$Y_A = (310 \quad 0 \quad -310 \quad -310 \quad 0 \quad 310);$$

y_{B_i} ($i=1\dots6$) – линейная координата шарнира по оси ординат, расположенного на подвижной платформе. Постоянная величина, определенная в матрице P ;

z_{A_i} ($i=1\dots6$) – линейная координата каретки по оси аппликат. Так как начало системы координат определено на неподвижном основании, данная координата равна нулю для всех кареток;

z_{B_i} ($i=1\dots6$) – линейная координата шарниров каретки по оси аппликат. Постоянная величина, равная 600 мм определенная произвольно в соответствии с длиной штанг и рабочим ходом каретки в модуле линейного перемещения.

Для того чтобы определить координаты x_{A_i} , необходимо подставить известные значения в уравнение, связывающее координаты шарниров, расположенных на подвижной платформе и на каретках:

- для шарнира A_1 : $700^2 = (x_{A_1} - 22)^2 + (310 - 309)^2 + (-600)^2$;
- для шарнира A_2 : $700^2 = (x_{A_2} - 279)^2 + (0 + 136)^2 + (-600)^2$;
- для шарнира A_3 : $700^2 = (x_{A_3} - 257)^2 + (-310 + 173)^2 + (-600)^2$.

После раскрытия скобок получено три квадратных уравнения:

- для шарнира A_1 : $x_{A_1}^2 - 44x_{A_1} - 129515 = 0$;
- для шарнира A_2 : $x_{A_2}^2 - 558x_{A_1} - 33663 = 0$;
- для шарнира A_3 : $x_{A_3}^2 - 514x_{A_1} - 45182 = 0$.

Каждое уравнение имеет два корня, один положительный и один отрицательный, однако все три шарнира находятся в положительной части оси абсцисс. Из сказанного выше можно сделать вывод о том, что необходимый корень уравнения – положительный.

Корни уравнений:

- для шарнира A_1 : $x_{A_1} = 383$;
- для шарнира A_2 : $x_{A_2} = 613$;
- для шарнира A_3 : $x_{A_3} = 591$.

Модули линейного перемещения расположены симметрично относительно оси OY , следовательно координаты шарниров A_4, A_5, A_6 берутся равными координатам шарниров A_3, A_2, A_1 с противоположным знаком соответственно.

Можно определить матрицу координат шарниров, расположенных на каретках:

$$N = \begin{pmatrix} 383 & 613 & 591 & -591 & -613 & -383 \\ 310 & 0 & -310 & -310 & 0 & 310 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

1.2 Принцип работы устройства позиционирования

Устройство позиционирования солнечной панели предназначено для изменения положения модуля в пространстве. Данные действия предпринимаются

для получения максимальной выработки электрической энергии в течение светового дня.

Устройством позиционирования является рама, на которую монтируется солнечная панель. Солнечная панель устанавливается непосредственно на подвижную платформу механизма-гексаглайда. Предполагается возможность использования дополнительной рамы, расположенной на платформе, которая сможет удерживать несколько солнечных модулей, однако данный случай не рассматривается в дипломной работе.

Автоматизируемыми операциями являются:

1. Изменение углового положения элементов, генерирующих электрическую энергию.
2. Изменение линейных координат элементов, генерирующих электрическую энергию.

Для автоматизации поворота гелиосистемы используются 4 датчика освещенности, именуемых блок датчиков освещенности (БДО). Количество датчиков освещенности определяется из-за того, что основные перемещения панели происходят вокруг двух осей: OX и OY . Каждый датчик является аналоговым и определяет значение освещенности в люксах. Люкс – единица измерения освещенности в Международной системе единиц.

Датчики освещенности монтируются непосредственно на солнечную панель. Каждый датчик отделяется от других перегородкой, которая отбрасывает тень на чувствительный элемент при неправильно выбранном угле поворота. Перегородка ориентируется таким образом, чтобы ее оси были параллельны координатным осям.

Система позиционирования солнечной панели должна выполнять ряд функций:

1. Управление сервоприводами, осуществляющими перемещение кареток ;

2. Контроль крайних положений кареток, расположенных на модулях линейного перемещения;

3. Автоматическое изменение положения солнечной панели в пространстве по информации, поступающей с блока датчиков освещенности;

4. Возможность принудительного выхода устройства позиционирования в начальное положение (горизонтальное положение солнечной панели, все каретки сориентированы по ближним к подвижной платформе датчикам крайнего положения).

Автоматизированное устройство позиционирования солнечной панели является совокупностью элементов автоматизации необходимых для достижения максимальной выработки электрической энергии.

Требования к системе:

1. Устройство позиционирования должна представлять двухуровневую систему:

- подсистема верхнего уровня, предоставляющая возможность контроля хода работы с панели оператора;

- подсистема нижнего уровня, обеспечивающая контроль протекающих технических процессов. Управление техническими процессами производится посредством системы датчиков;

2. Автоматизированная система позиционирования солнечной панели способна работать в температурном диапазоне от -30° до $+50^{\circ}$ С.

1.3 Цели и задачи процесса автоматизации

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование системы управления автоматизированного устройства позиционирования солнечной панели, позволяющей поворачивать установку в положение, обеспечивающее угол падения солнечных лучей в $90^{\circ} \pm 10^{\circ}$.

Задачами данной выпускной квалификационной работы являются:

1. Разработка аппаратной части системы управления устройством позиционирования солнечной панели.
2. Составление алгоритмов управления приводами, реализующими изменение положения солнечной панели в пространстве.
3. Разработка ПО для системы управления автоматизированным устройством позиционирования солнечной панели.

2 РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ

Для большего внесения ясности в состав автоматизированного устройства позиционирования солнечной панели необходимо разработать структурную схему автоматизации.

Технологическим процессом, который характеризует структурная схема, является ориентация солнечной панели в пространстве таким образом, чтобы угол падения солнечных лучей составлял $90^{\circ} \pm 10^{\circ}$.

Управление данным механизмом осуществляется использованием панели оператора, связанной с программируемым логическим контроллером посредством интерфейса RS-485. Панель оператора позволяет отслеживать текущее положение солнечной панели и переключаться между режимами работы устройства позиционирования.

Каретки приводятся в движение сервоприводами. Положения кареток на модулях линейного перемещения определяют координаты сферических шарниров подвижной платформы. Использование шагового двигателя и датчика позиции вала мотора позволяет определять точное положение кареток в системе координат механизма.

Предельные положения кареток, характеризующие рабочую зону модуля линейного перемещения, контролируются датчиками крайнего положения.

В автоматическом режиме работы устройства позиционирования перемещение подвижной платформы производится на основе данных, полученных с датчиков освещенности (блока датчиков освещенности), расположенных непосредственно на солнечной панели.

На рисунке 3 представлена структурная схема устройства позиционирования солнечной панели.

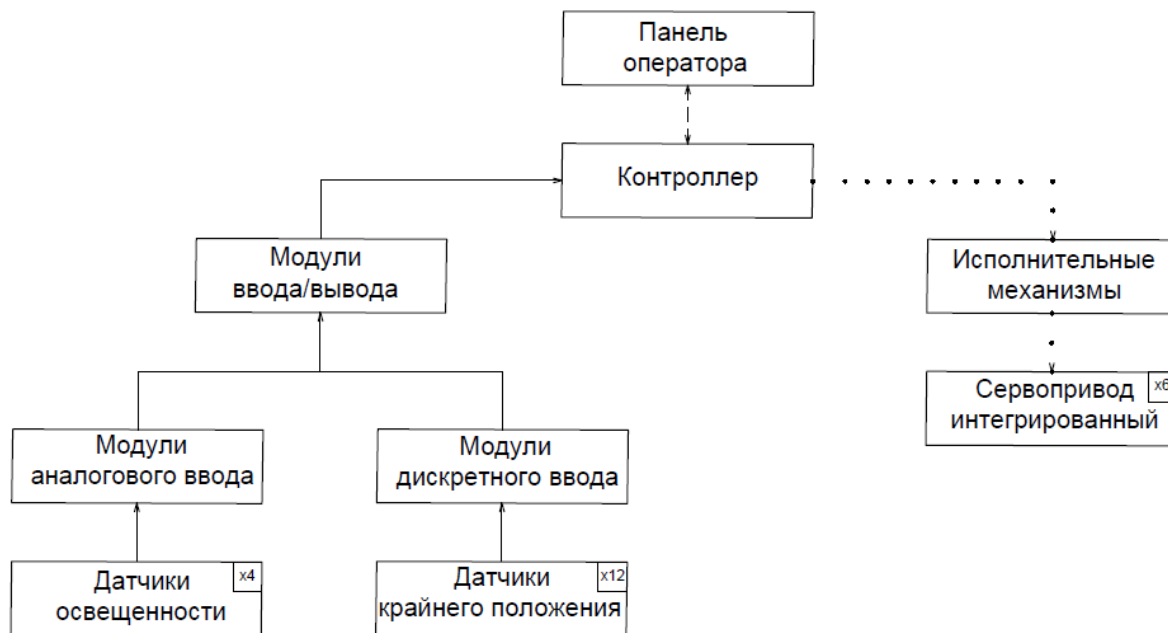


Рисунок 3 – Схема структурная

Пунктирной линией представлена связь контроллера с панелью оператора через интерфейс RS-485. Линией состоящей из точек показана связь контроллера и исполнительных механизмов по шине CAN.

2.1 Разработка схемы функциональной автоматизации устройства позиционирования солнечной панели

Для определения структуры автоматической системы была спроектирована схема автоматизации технологического процесса. При разработке используются ГОСТ 2.701-84 [1], ГОСТ 2.721-74 [2], ГОСТ 21.208-2013 [3]. Схема функциональная автоматизации представлена в Приложении А.

Функциональная схема автоматизации представляет собой чертеж, описывающий систему, ее части, условные изображения исполнительных элементов и элементов автоматизации (приборы, вычислительные устройства, регуляторы) в упрощенном виде. Также на схеме изображаются линии связи между отдельными элементами автоматики и между технологическим оборудованием и элементами автоматики.

Автоматизированное устройство позиционирования солнечной панели включает в себя:

1. Механизм с параллельными кинематическими цепями типа «гексаглайд»:

1. Модули линейного перемещения.

2. Интегрированные сервоприводы.

2. Датчики.

Упрощенная 3D модель механизма гексаглайда изображена на рисунке

4.

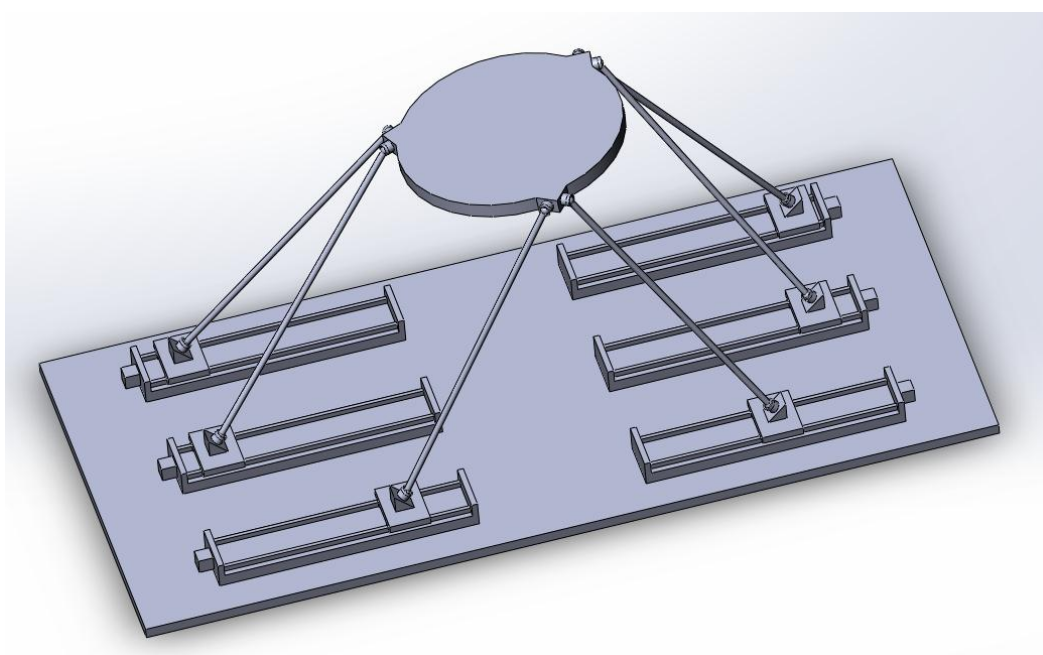


Рисунок 4 – Упрощенная 3D модель механизма-гексаглайда

3D модель механизма создана в системе автоматизированного черчения Solid Works. Для дальнейшего расчета понадобится масса подвижной платформы. Функционал данной программы позволяет рассчитать массовые показатели элементов. Масса платформы приблизительно составляет 10 кг.

Рассмотрим обозначения элементов на схеме функциональной автоматизации.

Обозначение на схеме функциональной автоматизации механизма-гексаглайда изображается, исходя из наглядного представления существующей модели. Механизм-гексаглайд (вид сверху) представлен на рисунке 5.

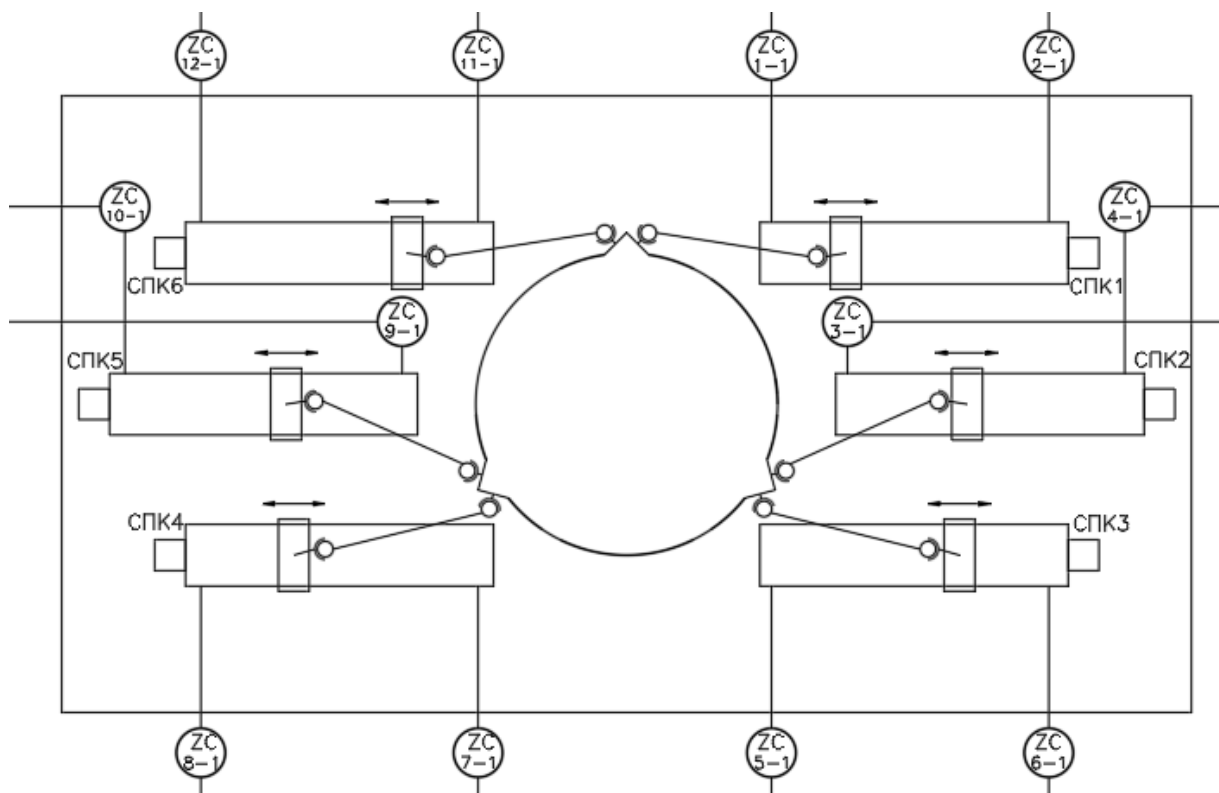


Рисунок 5 – Механизм «гексаглайд» (вид сверху)

на схеме функциональной автоматизации

На схеме функциональной автоматизации присутствует 6 сервоприводов кареток (СПК1...СПК6). Данные сервоприводы содержат в себе:

1. Электродвигатель.
2. Управляющее устройство (блок управления – сервоконтроллер и программируемый логический контроллер в одном корпусе).
3. Преобразователь частоты.
4. Датчик позиции вала мотора.

Условное обозначение сервоприводов на схеме функциональной автоматизации изображается исходя из наглядного представления существующей модели. Сервопривод представлен на рисунке 6.

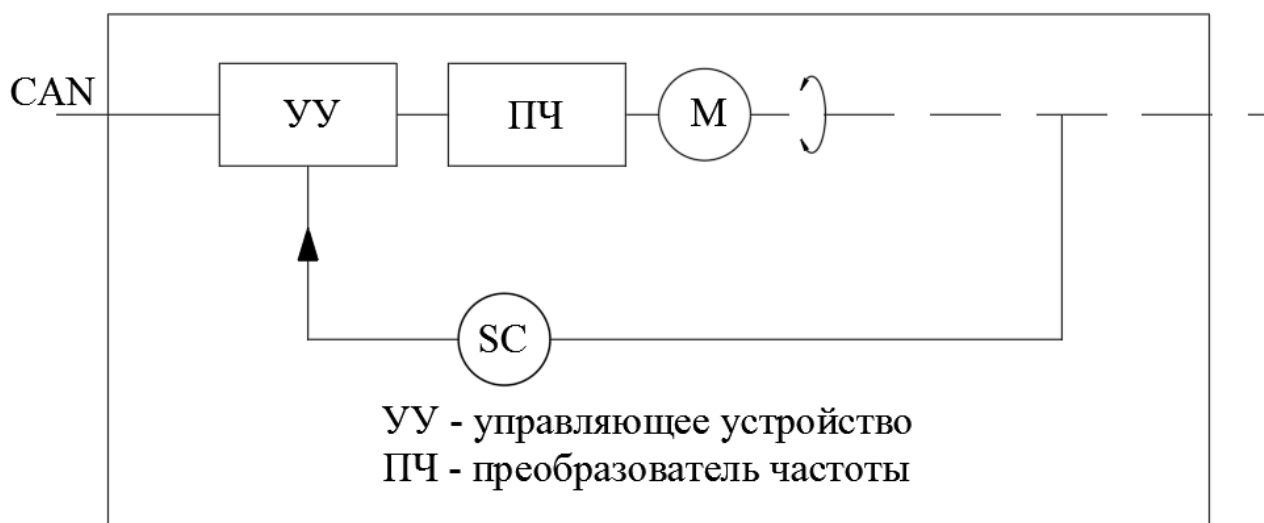


Рисунок 6 – Сервопривод каретки

В автоматизированной системе позиционирования солнечной панели предполагается использовать датчики, имеющие соответствующие буквенно-цифровые обозначения в зависимости от вида элемента:

- ZC – датчик крайнего положения;
- CE – датчик освещенности;
- SC – датчик позиции вала мотора.

Работу автоматизированной системы позиционирования солнечной панели можно описать следующим образом. При первом запуске происходит выход механизма в начальное положение. Начальным положением для данного механизма принято горизонтальное положение солнечной панели. Начальное положение каждой каретки отсчитывается от ближнего к подвижной платформе датчика крайнего положения, обозначенного как «начальное граничное положение каретки».

После перехода системы в начальное положение контроллер начинает опрос датчиков освещенности. БДО представляет собой группу из 4 датчиков освещенности. Каждый датчик отделен от других перегородкой, которая отбрасывает тень на чувствительный элемент. Данная конструкция позволяет создать разницу в показаниях аналоговых датчиков люкметров, что в дальнейшем используется для расчета значения поворота и наклона панели. Как только разница в показаниях зафиксирована, происходит смещение подвижной платформы на определенный шаг.

Солнечная панель монтируется на подвижную платформу. Так как в процессе работы, солнечная панель нагревается, подвижная платформа выступает радиатором. Если габариты панели уменьшают рабочее пространство механизма гексаглайда, панель устанавливается на жесткую раму, смонтированную на подвижной платформе.

Схема функциональная представлена в приложении А.

2.2 Разработка схемы электрической принципиальной устройства позиционирования солнечной панели

Схема электрическая принципиальная разрабатывается в соответствии с функциональной схемой автоматизации автоматизированной системы позиционирования солнечной панели.

Схема электрическая принципиальная (ЭЗ) оформляется согласно с ГОСТ 2.701-84 [1], ГОСТ 2.721-74 [2] и ГОСТ 2.710-81 [4]. На ЭЗ изображаются электрические элементы и устройства, а также связи между ними. Схема представлена в Приложении Б.

Ниже описан подбор элементов автоматизации: датчиков и исполнительных элементов, для использования в автоматизированной системе позиционирования солнечной панели.

2.2.1 Выбор чувствительных элементов

Для реализации работы автоматизированной системы позиционирования солнечной панели используются следующие чувствительные элементы:

1. Датчики граничного положения кареток в модуле линейного перемещения.
2. Датчики освещенности (люксометры).

Для определения граничного положения кареток в модуле линейного перемещения требуется датчик, обладающий следующими характеристиками:

- температура эксплуатации: $-30...+50$ °С;
- ударопрочные корпус и активная часть;
- степень пыле- и влагозащиты не менее IP 65.

В качестве предполагаемых датчиков могут использоваться механические датчики крайнего положения и бесконтактные индуктивные датчики. Преимуществом бесконтактного индуктивного датчика является отсутствие подвижных механических частей, контактирующих с каретками.

Требуемым характеристикам соответствует бесконтактный индуктивный датчик KIPPRIBOR модификации LA08-45.1N1.U1.K производства компании Овен.

Данная модификация представляет собой датчик NPN-типа (трехпроводный) с номинальным расстоянием срабатывания 1мм.

Принцип действия концевого индуктивного датчика основывается на изменении параметров магнитного поля. Магнитное поле создается катушкой индуктивности внутри самого датчика. Изменение индукции происходит из-за появления в области магнитного поля металлического предмета. При изменении индукции от датчика подается сигнал на контроллер.

Концевой индуктивный датчик должен быть установлен чувствительным элементом по направлению к зоне измерения. Датчик используется для контроля положения металлической каретки в зоне измерения.

Основные технические характеристики индуктивного датчика LA08-45.1N1.U1.K представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные технические характеристики датчика LA08-45.1N1.U1.K

Характеристика	Значение
Расстояние срабатывания, мм	1
Напряжение питания, В	10...30
Номинальный ток нагрузки, не более	200
Материал активной части	Ударопрочный конструкционный пластик
Температура эксплуатации, °С	-30...+70
Пыле- и влагозащита	IP 67 (полная защита от проникновения пыли, защита от воды при кратковременном погружении в воду)
Электрическое подключение	Кабельный вывод длиной 2 м
Схема подключения	NPN, трехпроводная

На рисунке 7 представлен внешний вид концевой индуктивного датчика LA08-45.1N1.U1.K.

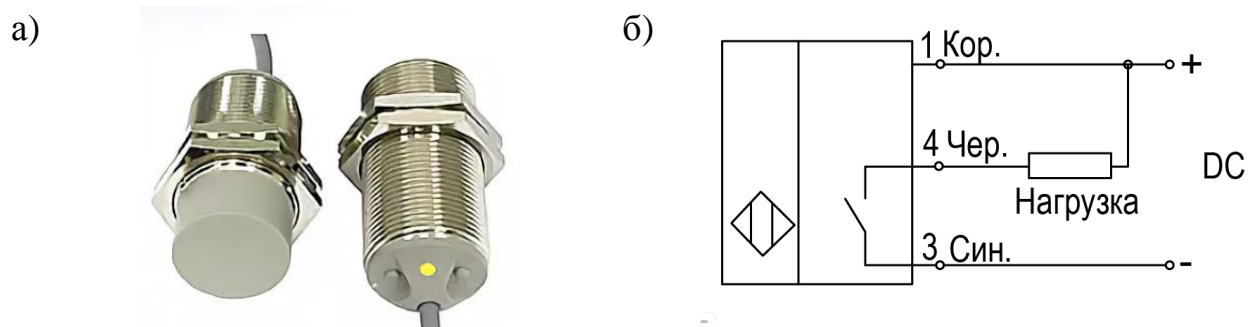


Рисунок 7 – Датчик LA08-45.1N1.U1.K,

а) – внешний вид,

б) – схема подключения

Для определения освещенности необходимы датчики люксометры, обладающие следующими характеристиками:

- температура эксплуатации: $-30...+50$ °С;
- степень пыле- и влагозащиты не менее IP 65;
- диапазон измерений $0...100000$ люкс;
- выход: $4...20$ мА.

В соответствии с данными параметрами был выбран датчик освещенности PHOTASGARD модификации АНКФ-I производства компании S+S REGELTECHNIK.

Данная модификация представляет собой аналоговый датчик освещенности, генерирующий нормированный сигнал $4...20$ мА, соответствующий значению освещенности в люксах от 0 до 100000 люкс.

Люкс – единица измерения освещенности, равная световому потоку, падающему на поверхность единичной площади (1 квадратный метр).

Для формирования более полного представления об освещенности ниже представлена таблица 3 с данными соответствия состояния окружающей среды и световой величины.

Таблица 3 – Соответствие световой величины состоянию окружающей среды

Состояние окружающей среды	Освещенность, лк
Наибольшая солнечная освещённость при чистом небе	100 000
Обычная освещённость летом в средних широтах в полдень	17 000
В облачную погоду летом в полдень	12 000
При киносъёмке в студии	10 000

Продолжение таблицы 3

Состояние окружающей среды	Освещенность, лк
Обычная освещённость зимой в средних широтах	5 000
На футбольном стадионе (искусственное освещение)	1 200
На открытом месте в пасмурный день	1 000...2 000
Восход и заход Солнца в ясную погоду	1 000
Ночью в полнолуние	0,2
В безлунную ночь	0,001...0,002

Датчик освещенности способен анализировать условия освещения в теплицах, в промышленных помещениях и на открытых площадках.

Основные характеристики датчика освещенности представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные технические характеристики датчика освещенности

Характеристика	Значение
Напряжение питания, В	15...36
Номинальный ток нагрузки, мА, не более	200
Потребляемая мощность, Вт, менее	1
Выход, мА	4...20
Диапазон измерения датчика, лк	0...100 000
Корпус	Пластик, устойчивый к ультрафиолетовому излучению

Продолжение таблицы 4

Характеристика	Значение
Температура эксплуатации, °С	-30...+70
Пыле- и влагозащита	IP 65 (полная пыленепроницаемость, защита от струй воды под любым углом)
Электрическое подключение	Кабельный вывод длиной 2 м
Габаритные размеры, мм	72×64×43,3

Визуальная информация о датчике АНКФ-I представлена на рисунке 8.

а)



б)

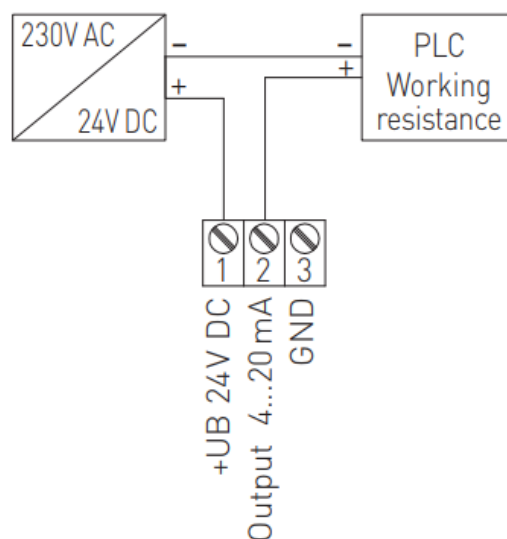


Рисунок 8 – Датчик АНКФ-I,

а) – внешний вид,

б) – схема подключения

Использование датчиков освещенности в автоматизированном устройстве позиционирования солнечной панели решает следующие задачи:

1. Определение положения солнечной панели в пространстве за счет разности показаний блока датчиков освещенности.

2. Определение окончания светового дня для возвращения панели в нулевое (начальное) положение.

2.2.2 Выбор исполнительных элементов

Каретки приводятся в движение посредством совместной работы интегрированных сервоприводов и модулей линейного перемещения.

Критерием выбора комплекса модуль линейного перемещения – интегрированный сервопривод является удобство предложения производителя, то есть предоставление готовых вариантов, специально созданных для совместной работы.

Для работы автоматизированного устройства позиционирования солнечной панели были выбраны модули линейного перемещения СТМ-2 производства компании ЗАО «Завод мехатронных изделий».

Модуль линейного перемещения является исполнительным механизмом, передающим воздействие от управляющего устройства (сервопривода) на объект управления каретку модуля.

Конструкция линейного модуля представляет собой основание (несущий силовой элемент), оснащенное рельсовыми направляющими качения. На фланцевых опорах установлен винт шарико-винтовой передачи (ШВП). Крутящий момент на ШВП передается от электродвигателя через компенсирующую муфту. За счет вращения винта происходит линейное перемещение каретки, которая является базовой платформой для крепления на ней изделий, требующих изменения своего линейного положения. Модуль стыкуется с электродвигателем посредством переходного фланца и муфты.

В целях защиты элементов модуля от пыли и воды выбирается исполнение с установленной гофрозащитой.

Внешний вид модуля линейного перемещения продемонстрирован на рисунке 9. Согласно обозначениям на рисунке 9 модуль содержит:

1. Фрезерованные и анодированные детали.

2. Высокоточные рельсовые направляющие качения.
3. Шарико-винтовая передача (16 мм диаметр).
4. Жесткое основание.
5. Концевые выключатели (являются дополнительными элементами, на их месте использованы индуктивные бесконтактные датчики с дистанцией срабатывания 1 мм).

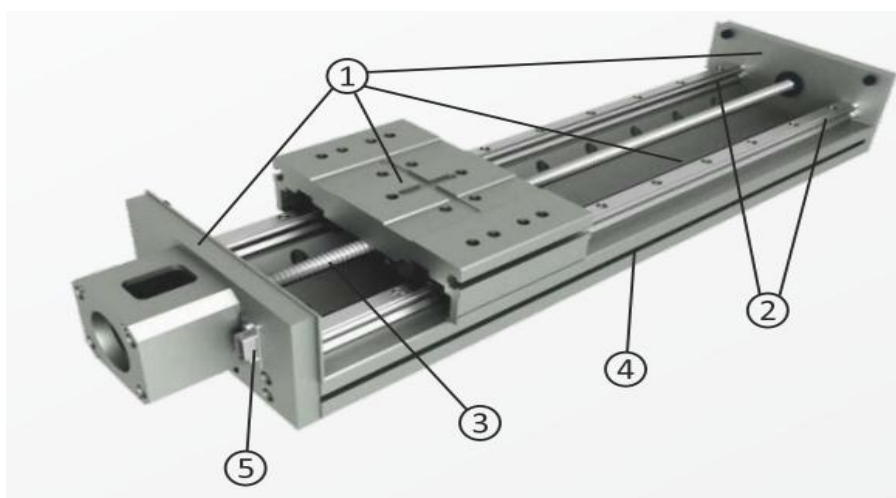


Рисунок 9 – Модуль линейного перемещения

Основные характеристики модуля линейного перемещения STM2/690/002010 представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Основные технические характеристики модуля линейного перемещения STM2/690/002010

Характеристика	Значение
Длина основания, мм	820
Ход каретки (S), мм	690
Масса модуля, кг	12,4
Тип механической передачи	ШВП (диаметр винта – 16 мм, шаг винта – 5 мм)

Движение кареток модуля линейного перемещения осуществляется при помощи интегрированного сервопривода СПШ производства компании ЗАО «Завод мехатронных изделий».

СПШ – сервопривод, собранный на основе шагового двигателя с векторным управлением.

Внешний вид сервопривода представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Сервопривод СПШ

Модель сервопривода: СПШ20-23017.

Данная модель была выбрана, исходя из расчета мощности, необходимой для перемещения подвижной платформы массой (m) 30 кг (с учетом установленной солнечной панели) со скоростью (V) 30 мм/с (0,03 м/с). Время перемещения (t) составляет 1 секунду.

Рассчитаем кинетическую энергию, необходимую для перемещения платформы:

$$E_k = \frac{mV^2}{2} = 0,0135 \text{ Дж.} \quad (26)$$

Чтобы определить мощность, необходимую для перемещения, нужно определить произведенную работу (A). Работа рассчитывается как разность

кинетической энергии. В начальный момент платформа находится в неподвижном состоянии, из чего можно сделать вывод, что ее кинетическая энергия равна нулю. Следовательно, работа будет равна кинетической энергии.

Мощность, требуемая для перемещения подвижной платформы, определяется по формуле:

$$P = \frac{A}{t} = 0,0135 \text{ Вт.} \quad (27)$$

Рассчитанное значение представляет значительный запас по мощности для двигателя СПШ20-23017. Из этого можно сделать вывод, что данный механизм позиционирования предоставляет возможность установки нескольких солнечных панелей.

Сервопривод СПШ разделяется на следующие основные блоки:

1. Гибридный шаговый двигатель NEMA 23.
2. Сервоусилитель на основе высокопроизводительного процессора, разделенный на 3 платы.
3. Датчик позиции вала двигателя.
4. Корпус системы управления.

Характеристики сервопривода СПШ20-23017 приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики сервопривода СПШ20-23017

Характеристика	Значение
Выходная мощность, Вт	70
Номинальный ток, А	3
Напряжение питания блока управления, В	15
Напряжение питания силовой части, В	24...85

Продолжение таблицы 6

Характеристика	Значение
Пыле- и влагозащита	Защита по стандарту IP54 (пылезащищенное – возможно небольшое попадание пыли внутрь корпуса, защита от брызг под любым углом)
Масса, кг	1,9

Сервопривод СПШ способен работать в 4 режимах:

1. Динамический – контроллер верхнего уровня подает управляющий сигнал в режиме реального времени через цифровой интерфейс.
2. Аналоговый – управление электродвигателем происходит по скорости при помощи сигнала ± 10 В.
3. Сетевой – реализация синхронной сервосистемы на основе цифрового интерфейса CAN.
4. Циклический – выполнение циклических операций согласно с программой контроллера.

Данные сервоприводы СПШ должны работать в режиме синхронизации в группе. Такой режим работы позволяет реализовать шина CAN.

Наиболее подходящим режимом работы для механизма с параллельной кинематикой в данном случае выступает сетевой режим. Так как перемещение подвижной платформы происходит посредством совместного перемещения шести кареток, появляется необходимость в синхронной работе сервоприводов.

Габаритные показатели СПШ20-23017 представлены на рисунке 11.

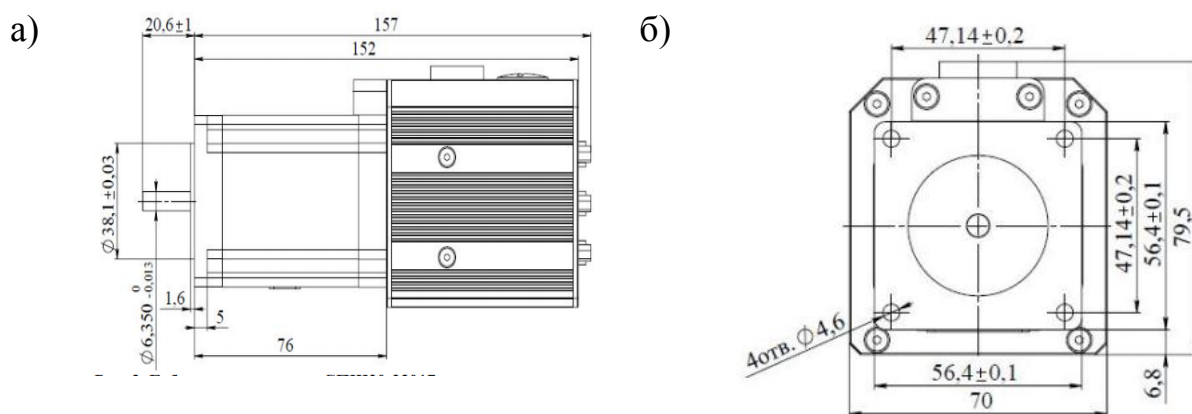


Рисунок 11 – Габаритные характеристики СПШ-23017,

а) – вид сбоку,

б) – вид спереди

2.2.3 Выбор программируемого логического контроллера

Для выбора программируемого логического контроллера необходимо обозначить предъявляемые требования:

- номинальное напряжение питания: 24 В;
- наличие последовательного канала с физическим интерфейсом RS-485;
- наличие разъема для шины CAN;
- температура эксплуатации: 0...40 °С.

В соответствии с указанными сформулированными характеристиками в качестве программируемого логического контроллера был выбран контроллер M251 модификации TM251MESC производства компании Schneider electric.

Основные технические характеристики программируемого логического контроллера представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Основные технические характеристики ПЛК TM251MESC

Характеристика	Значение
Напряжение питания, В	20,4...28,8
Потребляемая мощность, Вт	32,6...40,4 (с максимальным количеством входов-выходов)
Размер памяти	8 Мбайт программа 64 Мбайт системная память RAM
Тип встроенных клемм	USB порт с mini B USB 2.0 разъем; Последовательный канал с разъемом RJ45; физический интерфейс: RS232/RS485; Двойной порт "Ethernet" с разъемом RJ45; CANopen с SUB-D 9 разъем (количество ведомых: 63).
Электрическое соединение	Съемный клеммный блок с винтовыми зажимами
Температура эксплуатации, °С	-10...+55
Габаритные размеры, мм	90×95×54
Масса, кг	0,22

Разъемы программируемого логического контроллера приведены на рисунке 12.

Согласно обозначениям на рисунке 12:

1. Два переключаемых порта Ethernet;
3. Порт последовательной линии;
4. Тумблер пуск/останов;
5. Светодиоды состояния;

6. Шинный разъем TM4;
7. Шинный разъем TM3/TM2;
8. Слот SD-карты;
9. Программирующий порт USB мини-B;
10. Крепление;
11. Фиксатор для 35-мм рейки;
12. Разъем электропитания 24 В пост. тока;
16. Порт CANOpen.

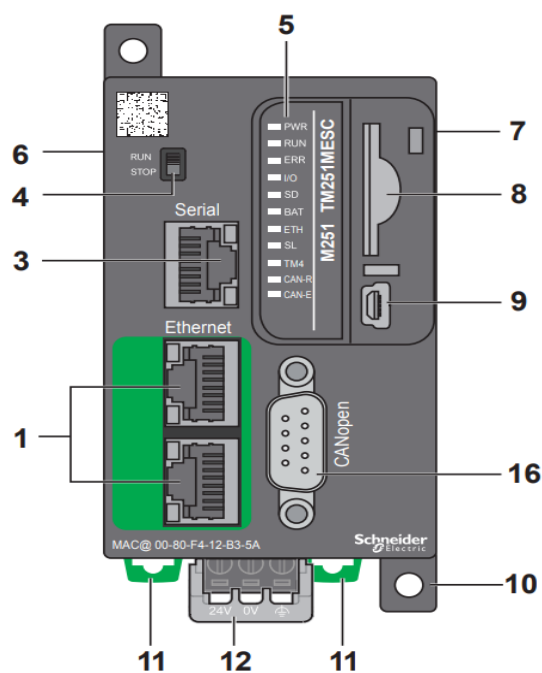


Рисунок 12 – Разъемы ПЛК

Внешний вид контроллера представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 – ПЛК TM251MESC

Данный ПЛК не имеет встроенных дискретных и аналоговых входов-выходов. Однако для реализации работы системы позиционирования требуется подключить 12 датчиков крайнего положения к дискретным входам и 4 датчика освещенности к аналоговым входам.

Целесообразнее всего в качестве модулей расширения входов-выходов использовать элементы от производителя контроллера.

Для подключения датчиков крайнего положения был выбран дополнительный модуль расширения дискретных входов TM3DI16 производства компании Schneider electric.

Данный модуль монтируется непосредственно на ПЛК при помощи шинного разъема TM3/TM2. Основные характеристики модуля расширения дискретных входов TM3DI16 представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Основные технические характеристики модуля расширения дискретных входов TM3DI16

Характеристика	Значение
Напряжение дискретного входа, В	24
Количество дискретных выходов	16
Ток дискретного входа, мА	7
Электрическое соединение	Съемный клеммный блок с винтовыми зажимами
Температура эксплуатации, °С	-10...+55
Габаритные размеры, мм	90×84,6×27,4
Масса, кг	0,1

Разъемы модуля расширения дискретных входов/выходов и его внешний вид приведены на рисунке 14.

Согласно обозначениям на рисунке 14(а):

1. Светодиоды состояния.

2. Фиксатор для 35-мм рейки.
4. Разъем расширения входов/выходов.
5. Фиксирующее устройство.
6. Съёмный винтовой клеммный блок входов/выходов.

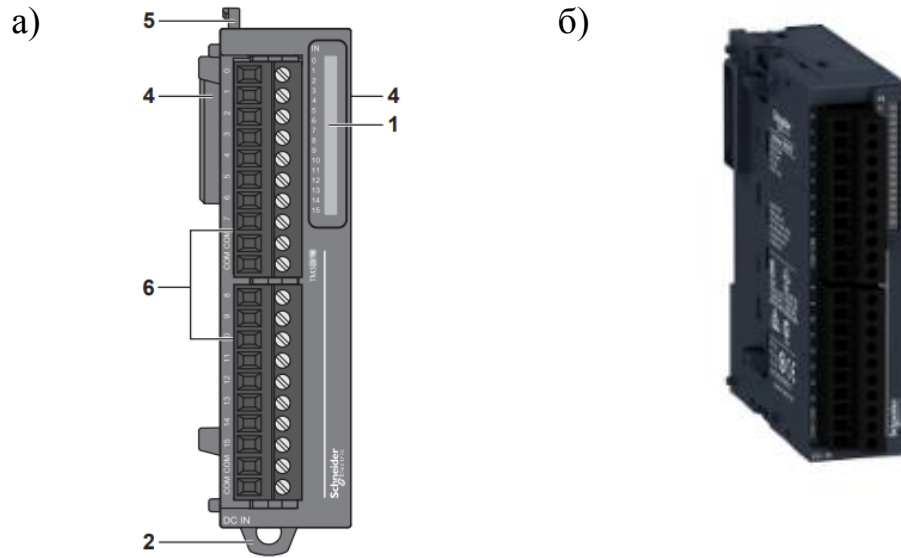


Рисунок 14 – Модуль расширения TM3DI16,

а) – разъемы,

б) – внешний вид

Для подключения датчиков освещенности был выбран дополнительный модуль расширения аналоговых входов TM3AI4 производства компании Schneider electric.

Модуль расширения подключается через разъем расширения входов-выходов на TM3DI16.

Основные характеристики модуля расширения аналоговых выходов TM3AI4 представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Основные технические характеристики модуля расширения аналоговых входов ТМ3АІ4

Характеристика	Значение
Количество дискретных выходов	4
Тип подключения	Ток аналогового входа: 4...20 мА; Ток аналогового входа: 0...20 мА; Напряжение аналогового входа: 0...10 В; Напряжение аналогового входа: -10...10 В.
Пределы напряжения питания, В	20,4...28,8
Номинальное напряжение питания, В	24
Электрическое соединение	Съемный клеммный блок с винтовыми зажимами
Температура эксплуатации, °С	-10...+55
Габаритные размеры, мм	90×70×23,6
Масса, кг	0,11

Разъемы модуля расширения дискретных входов/выходов и его внешний вид приведены на рисунке 15.

Согласно обозначениям на рисунке 15 (а):

1. Светодиоды состояния.
2. Фиксатор для 35-мм рейки.
3. Съемный винтовой клеммный блок входов/выходов.
4. Разъем расширения входов/выходов.
5. Фиксирующее устройство.

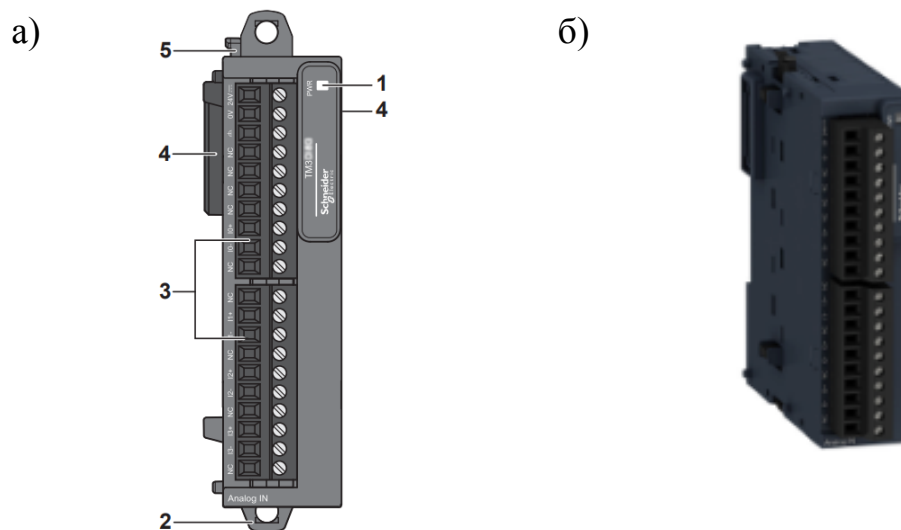


Рисунок 15 – Модуль расширения ТМ3АІ4,

а) – разъемы,

б) – внешний вид

Для ручного управления устройством позиционирования солнечной панели и мониторинга состояния системы используется панель оператора. Была использована панель оператора СП310-Б производства компании Owen.

Панель оператора связана с программируемым логическим контроллером посредством физического интерфейса RS-485. Основные характеристики панели оператора представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Основные технические характеристики СП310-Б

Характеристика	Значение
Номинальное напряжение питания, В	24
Диагональ, дюйм	10,1
Среднее время наработки на отказ, ч	75000
Масса, кг, не более	1,5

Внешний вид панели оператора СПЗ10-Б представлен на рисунке 16.

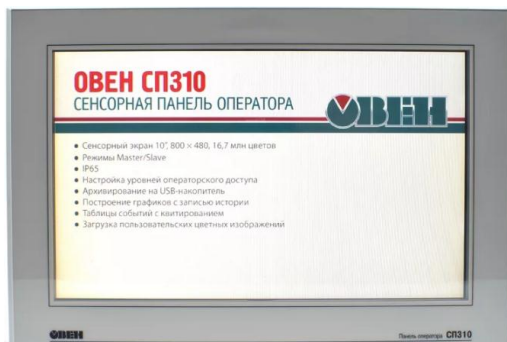


Рисунок 16 – Панель оператора СПЗ10-Б

Питание элементов принципиальной схемы автоматизированного устройства позиционирования солнечной панели реализуется при помощи четырех блоков питания:

1. Для питания ПЛК, модулей расширения и панели оператора (выходное напряжение 24 В).
2. Для питания чувствительных элементов (выходное напряжение 24 В).
3. Для питания интегрированных сервоприводов (силовая часть (не более 80 В) и блок управления (15 В)).

Для выбора первого блока питания необходимо провести расчет потребляемой мощности. Значения потребляемой мощности указаны в таблице 11.

Таблица 11 – Мощность первого блока питания

Наименование	Максимальная потребляемая мощность, Вт	Количество элементов, шт
TM251MESC	40,4	1
СПЗ10-Б	10	1
Итого:	50,4	2

Для удовлетворения условий потребляемой мощности был выбран блок питания БП60Б-Д4-24 мощностью на 60 Вт производства компании Owen. Основные характеристики БП60Б-Д4-24 представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Основные характеристики блока питания БП60Б-Д4-24

Характеристика	Значение
Входное напряжение переменного тока, В	90...264
Выходное напряжение постоянного тока, В	24
Максимальный выходной ток, А	2,5
Частота входного переменного тока, Гц	47...63
Внешний вид	

В документации от производителя прописано, что с данным блоком питания используется автоматический выключатель на 10 А, типа С.

Указанным выше характеристикам соответствует автоматический выключатель DEKraft модели ВА-101 2Р 10А С.

Основные характеристики автоматического выключателя ВА-101 2Р 10А С представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Основные характеристики ВА-101 2Р 10А С

Характеристика	Значение
Число полюсов	2
Номинальное рабочее напряжение, В	230
Кривая отключения	C
Номинальная частота сети переменного тока, Гц	50/60
Диапазон рабочих температур °С	-40...+60
Внешний вид	

Блок питания для датчиков является аналогичным. Выполним расчет потребляемой мощности. Значения потребляемой мощности указаны в таблице 14.

Таблица 14 – Мощность второго блока питания

Наименование	Максимальная потребляемая мощность, Вт	Количество элементов, шт
LA08-45.1N1.U1.K	0,8	12
АНКФ-I	1	4
Итого	16,6	16

Для удовлетворения условию потребляемой мощности был выбран блок питания БП15Б-Д2-24 мощностью 15 Вт производства компании Owen. Основные характеристики блока питания представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Основные характеристики блока питания БП15Б-Д2-24

Характеристика	Значение
Входное напряжение переменного тока, В	90...264
Выходное напряжение постоянного тока, В	24
Максимальный выходной ток, А	0,63
Частота входного переменного тока, Гц	47...63

В документации производитель указывает, что с данным блоком питания используется автоматический выключатель на 2 А, типа С.

Указанным выше характеристикам соответствует автоматический выключатель DEKraft модели ВА-101 2Р 2А С.

Для обеспечения питания сервоприводов был выбран блок питания БП-30-23 производства ЗАО «Завод мехатронных изделий». Указанный блок питания специально предназначен для сервоприводов СПШ20-23. Основные характеристики блока питания БП30-23 представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Основные характеристики блока питания БП30-23

Характеристика	Значение
Входное напряжение переменного тока, В	220±10%
Выходное напряжение питания силовых частей, В, не более	80

Продолжение таблицы 16

Характеристика	Значение
Максимальный долговременный ток нагрузки, А	6,5
Выходное напряжение питания блока управления, В	15±10%
Температура эксплуатации, °С	+5...+35
Габаритные размеры, мм	138×90×62
Масса, кг	1,5

Производитель заявляет, что один блок питания способен питать одновременно 3 сервопривода. Из этого можно сделать вывод, что понадобится 2 блока питания.

Максимальный импульсный ток нагрузки составляет 10 А (однократные импульсы продолжительностью 1 секунду), максимальный долговременный ток нагрузки составляет 6,5 А.

Исходя из описанных выше параметров можно сделать вывод о том, что наиболее подходящим автоматическим выключателем является DEKraft ВА-101 2Р 10А С.

Внешний вид блока питания продемонстрирован на рисунке 17.



Рисунок 17 – Блок питания БП30-23

Рассмотрим протоколы, используемые в автоматизированном устройстве позиционирования солнечной панели.

Для связи контроллера и панели оператора используется коммуникационный протокол Modbus, основанный на архитектуре master-slave (ведущий-ведомый). В устройстве позиционирования солнечной панели панель оператора выступает в роли ведущего устройства, а ПЛК в роли ведомого. Для передачи данных по этому протоколу используется физический интерфейс RS-485 (реализуемый при помощи витой пары).

Для связи контроллера и исполнительных элементов (сервоприводов СПШ) используется протокол CAN. CAN протокол нашел широкое применение в сфере промышленной автоматизации, а также в автомобильном транспорте. Ведомыми устройствами в данной сети являются сервоприводы СПШ, а ведущим устройством, управляющим синхронной работой исполнительных механизмов является контроллер. Данные передаются по витой паре, шина должна заканчиваться терминальным резистором с сопротивлением 120 Ом.

Схема принципиальная представлена в приложении Б.

2.3 Разработка схемы соединений электрической устройства позиционирования солнечной панели

Схема соединений представляет собой проектный документ, содержащий указания по монтажу элементов системы управления. Схема соединений разработана в соответствии с ГОСТ 2.701-84 [1] и ГОСТ 2.702-2011 [5].

Схема соединений демонстрирует устройства и элементы, входящие в состав устройства позиционирования солнечной панели, их входные и выходные элементы (соединители, клеммные блоки, шинные соединители т.д.), и соединения между этими устройствами и элементами.

Для заведения внешних кабелей датчиков и проводов, расположенных вне шкафа необходим клеммный блок.

Требования, предъявляемые к клеммному блоку:

1. Сечение 2,5 мм².
2. Винтовые зажимные клеммы.
3. Возможность установки на DIN-рейку.
4. Цвет: белый.

Требованиям, указанным выше, соответствует клеммный блок производства компании Legrand серии Viking 3 с сечением 2,5 мм² с винтовыми зажимными клеммами. Ниже, в таблице 17, представлены основные характеристики клеммного блока.

Таблица 17 – Основные характеристики клеммы Viking 3

Характеристика	Значение
Номинальное напряжение, В	800
Цвет	Белый
Способ монтажа	DIN-рейка
Номинальный ток, А	24
Рабочая температура, °С	-5...40
Тип подключения	Винтовое соединение

Данный клеммный блок представлен на рисунке 18.



Рисунок 18 –Viking 3

Для разведения напряжения с блоков питания необходимы шинные соединители.

Требования, предъявляемые к шинному соединителю:

1. Сечение жил 2 мм².
2. Возможность установки на DIN-рейку.
3. Количество контактов: 7.

Указанным требованиям соответствует шинный соединитель производства компании IEK YNN10-69-8D-K07. В таблице 18 представлены основные характеристики шинного соединителя.

Таблица 18 – Основные характеристики шинного соединителя IEK YNN10-69-8D-K07

Характеристика	Значение
Номинальное напряжение, В	400
Способ монтажа	DIN-рейка
Материал изделия	Латунь
Рабочая температура, °С	-40...50
Количество контактов	8

На рисунке 19 представлен внешний вид шинного соединителя.



Рисунок 19 – IEK YNN10-69-8D-K07

Схема соединений представлена в приложении Г.

3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ

Программное обеспечение автоматизированной системы позиционирования солнечной панели создано для мониторинга состояния элементов системы, визуализации ее работы и управления режимами работы системы.

В качестве управляющего элемента устройства позиционирования солнечной панели используется панель оператора СП310 базовой комплектации фирмы производителя «ОВЕН». Создание интерфейса панелей оператора ОВЕН СП3хх осуществляется в программной среде «Конфигуратор СП300». В данной среде разрабатывалась панель оператора автоматизированной системы позиционирования солнечной панели.

Интерфейс оператора, управляющего автоматизированной системой позиционирования солнечной панелью, реализует следующие функции:

- выбор режимов работы системы;
- визуализация текущего положения устройства;
- предоставление информации о текущем состоянии освещенности.

Целью создания интерфейса оператора является обеспечение контроля параметров и управление режимами работы системы.

Для управления автоматизированным устройством позиционирования солнечной панели были разработаны следующие экраны:

1. «Загрузочный экран».
2. «Главный экран».
3. «Управление системой позиционирования».
4. «Состояние элементов системы позиционирования».
5. «Справка».

3.1 Разработка приложения оператора устройства позиционирования солнечной панели

При запуске программе требуется некоторое время, чтобы выйти в нормальный режим работы. Экран «Загрузочный экран» представлен на рисунке 20.

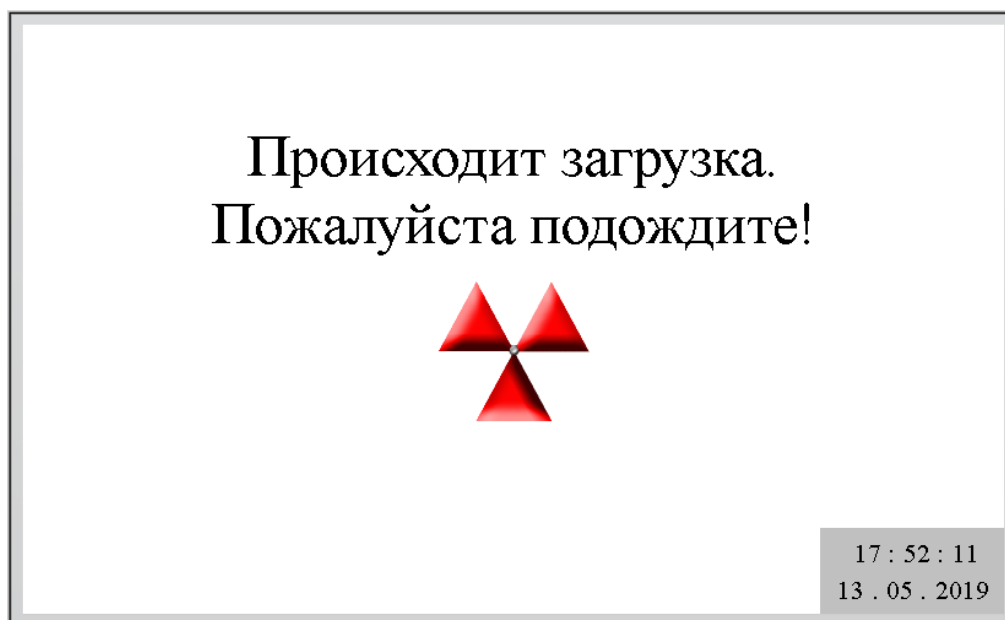


Рисунок 20 – экран «Загрузочный экран»

После того как программа загрузилась, открывается главное меню («Главный экран»). «Главный экран» является основным экраном панели оператора. Он необходим для передачи пользователю информации о текущем режиме работы системы, а также для перехода между остальными экранами интерфейса оператора. Для удобства в нижнем правом углу экрана выведено текущее время и дата. «Главный экран» представлен на рисунке 21.

На данном экране присутствует 2 именованных индикатора, извещающих пользователя о текущем режиме работы системы. Включение того или иного режима работы идентифицируется как индикация оранжевого цвета. Также при включении автоматического режима работы системы запускается анимация, которая демонстрирует пользователю перемещающуюся платформу.

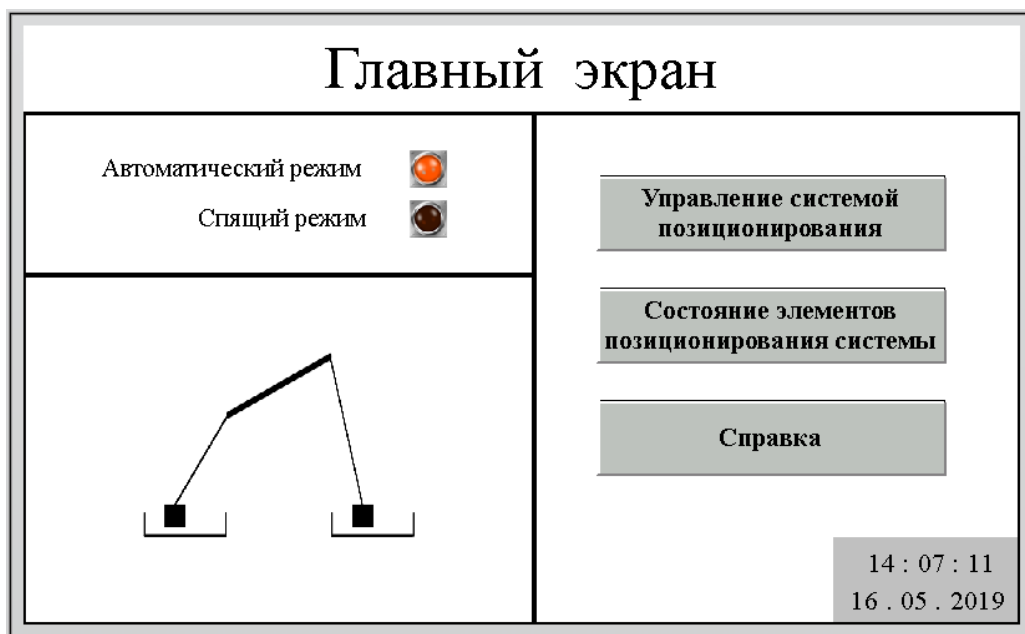


Рисунок 21 – экран «Главный экран»

При нажатии на кнопку «Управление системой позиционирования», открывается экран «Управление системой позиционирования». На данном экране пользователю предоставляется возможность выбрать режим работы устройства позиционирования солнечной панели. При нажатии на кнопку «Автоматический режим» пользователь запускает автоматическое позиционирование солнечной панели в пространстве на основе данных, полученных контроллером с блока датчиков освещенности. Так же при срабатывании кнопки и получения с нее значения «1» включается индикация оранжевого цвета на главном экране напротив надписи «Автоматический режим». Индикатор выключается, когда значение «1» приходит с кнопки «Спящий режим». При нажатии кнопки «Спящий режим» загорается индикатор напротив надписи «Спящий режим» и затухает индикатор «Автоматический режим», если он уже был включен. В правом нижнем углу также выдается информация о текущем времени и дате. В левом верхнем углу находится кнопка перехода на экран справки. Экран «Управление системой позиционирования» показан на рисунке 22.

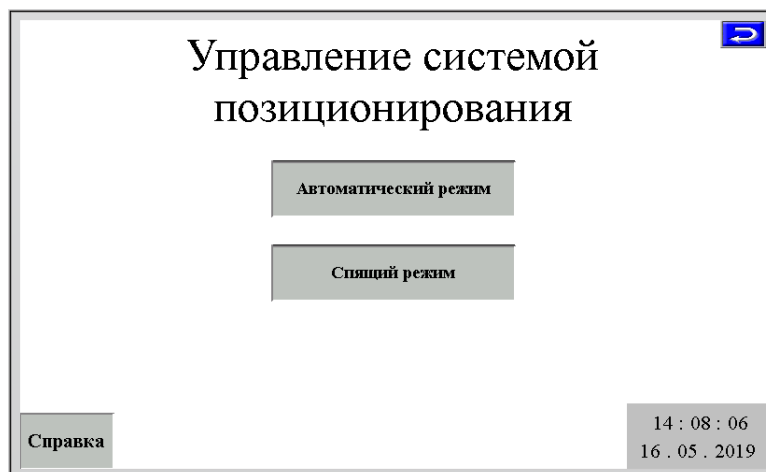


Рисунок 22 – Экран «Управление системой позиционирования»

При нажатии на главном экране на кнопку «Состояние элементов системы позиционирования», открывается экран «Состояние элементов системы позиционирования». На данном экране пользователь может отслеживать показания с датчиков освещенности. Данная информация поможет пользователю принять решение о переводе системы в «спящий режим», то есть принудительно вывести солнечную панель в горизонтальное положение вне зависимости от времени суток. Экран «Состояние элементов системы позиционирования» представлен на рисунке 23.

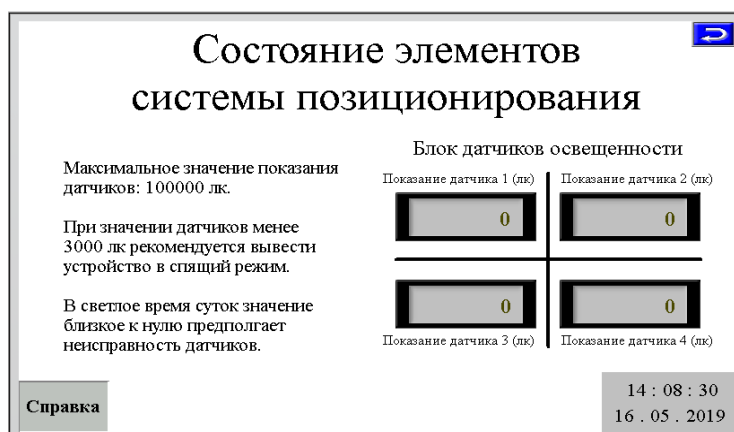


Рисунок 23 – Экран «Состояние элементов системы позиционирования»

При нажатии на кнопку «Справка» открывается одноименный экран. Данный экран предоставляет подробную информацию о функционале интерфейса оператора, то есть описывает функционал экранов, кнопок и индикаторов. Экран «Справка» представлен на рисунке 24.

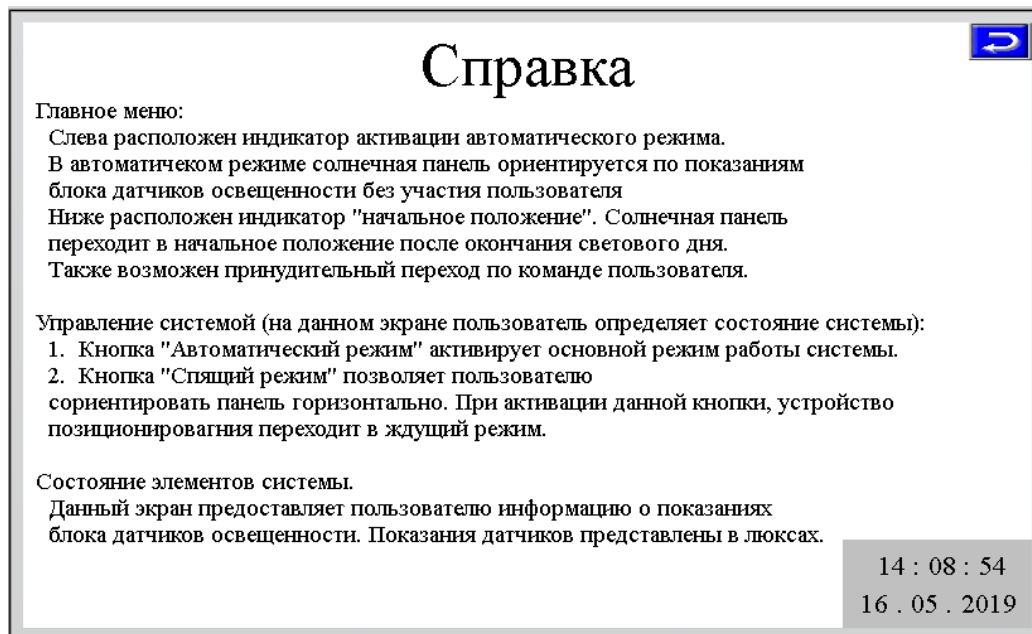


Рисунок 24 – Экран «Справка»

3.2 Разработка алгоритма работы устройства позиционирования солнечной панели

Основной задачей устройства позиционирования солнечной панели является изменение положения солнечного модуля таким образом, чтобы угол падения солнечных лучей был близок к 90° .

Для решения данной задачи был разработан алгоритм работы системы. Он состоит из основной программы, описывающей работу устройства и трех подпрограмм:

- «Анализ освещенности»;
- «Движение кареток»;
- «Выход в начальное положение».

Рассмотрим алгоритм более подробно. Первым действием в алгоритме вводится параметр, отвечающий за работу системы позиционирования солнечной панели, а также вводятся размеры матриц, участвующих в определении координат подвижной платформы механизма-гексаглайда.

Далее вызывается подпрограмма «Выход в начальное положение», которая приводит систему позиционирования в нулевую точку, то есть ориентирует все каретки по датчикам конечного положения, расположенным ближе к подвижной платформе.

Данная подпрограмма начинается с включения двигателей: первый, второй и третий включаются в реверсивном режиме, а четвертый, пятый и шестой включаются в прямом (номера двигателей совпадают с нумерацией на схеме функциональной автоматизации). Далее контроллер начинает опрос датчиков крайнего положения. Когда каретка приходит в область действия чувствительного элемента, на контроллер подается сигнал о том, что необходимо выключить соответствующий двигатель. Данная процедура продолжается до тех пор, пока все двигатели не будут выключены. После выключения всех двигателей выполнение подпрограммы заканчивается и происходит возврат в основную программу.

Следующим шагом вызывается подпрограмма «Анализ освещенности», которая отвечает за определение направления перемещения подвижной платформы с установленным на ней солнечным модулем.

Данная подпрограмма начинается с опроса датчиков освещенности. Из полученных значений находится четыре параметра, которые можно охарактеризовать как:

- среднее между верхними датчиками;
- среднее между нижними датчиками;
- среднее между левыми датчиками;
- среднее между правыми датчиками.

Далее запускается сравнение указанных выше параметров, которое показывает, вокруг какой оси и в каком направлении должна совершить поворот подвижная платформа. После сравнения происходит возврат в основную программу.

По рассчитанным смещениям происходит расчет координат, в которые должны перейти шарниры платформы. Далее снова запускается опрос датчиков освещенности, по которому контроллер определяет, требуется ли в данный момент изменение положения платформы. Изменение требуется, если значения хотя бы одного датчика освещенности отличны от остальных. Если указанное условие выполняется, то происходит расчет координат шарниров, расположенных на каретках. В ином случае программа возвращается к «Анализу освещенности».

После выполнения всех расчетов происходит переход в подпрограмму «Движение кареток», которая определяет направление движения кареток и интервалы включения двигателей таким образом, чтобы все каретки пришли в нужное положение одновременно.

Первым шагом подпрограммы происходит определение параметров модуля линейного перемещения. Далее запускается цикл, в котором происходит определение пути, который пройдет каждая из кареток, и нахождение максимального из них. Также в этом цикле определяется, в каком режиме будет включен двигатель каждой каретки (прямой/реверсивный). После того как значения указанных выше параметров определены, происходит переход в следующий цикл, в котором определяются интервалы включения двигателей исходя из рассчитанных путей. Интервалы включения определены матрицей-строкой (далее матрица включений) для каждой каретки. Количество столбцов матрицы определяется максимальным числом шагов, рассчитанных в предыдущем цикле. После определения всех необходимых параметров происходит запуск двигателей в соответствии с матрицами включений. Далее осуществляется переход в основную программу.

Следующим шагом задается параметр режима работы системы (по умолчанию установлен автоматический режим). Если пользователь устанавливает противоположное значение параметра, то происходит запуск подпрограммы «Выход в начальное положение» и программа заканчивает свою работу. В ином случае далее происходит опрос датчиков люксометров. Если все чувствительные элементы передают значение освещенности близкое к нулю, то программа возвращается к началу, то есть к запуску подпрограммы «Выход в начальное положение». Если значение датчиков люксометров значительно отличается от нуля, то программа возвращается к шагу «Анализ освещенности».

Описанный выше алгоритм работы устройства позиционирования солнечной панели представлен в приложении Д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проделанной работы было спроектировано автоматизированное устройство позиционирования солнечной панели, позволяющее перемещать в гелиосистему таким образом, чтобы угол падения солнечных лучей был близок к 90° .

Были решены следующие задачи:

1. Разработана аппаратная часть системы управления устройством позиционирования солнечной панели.
2. Составлен алгоритм управления приводами, реализующими изменение положения солнечной панели в пространстве.
3. Разработано ПО для панели оператора автоматизированного устройства позиционирования солнечной панели.

Были разработаны схемы:

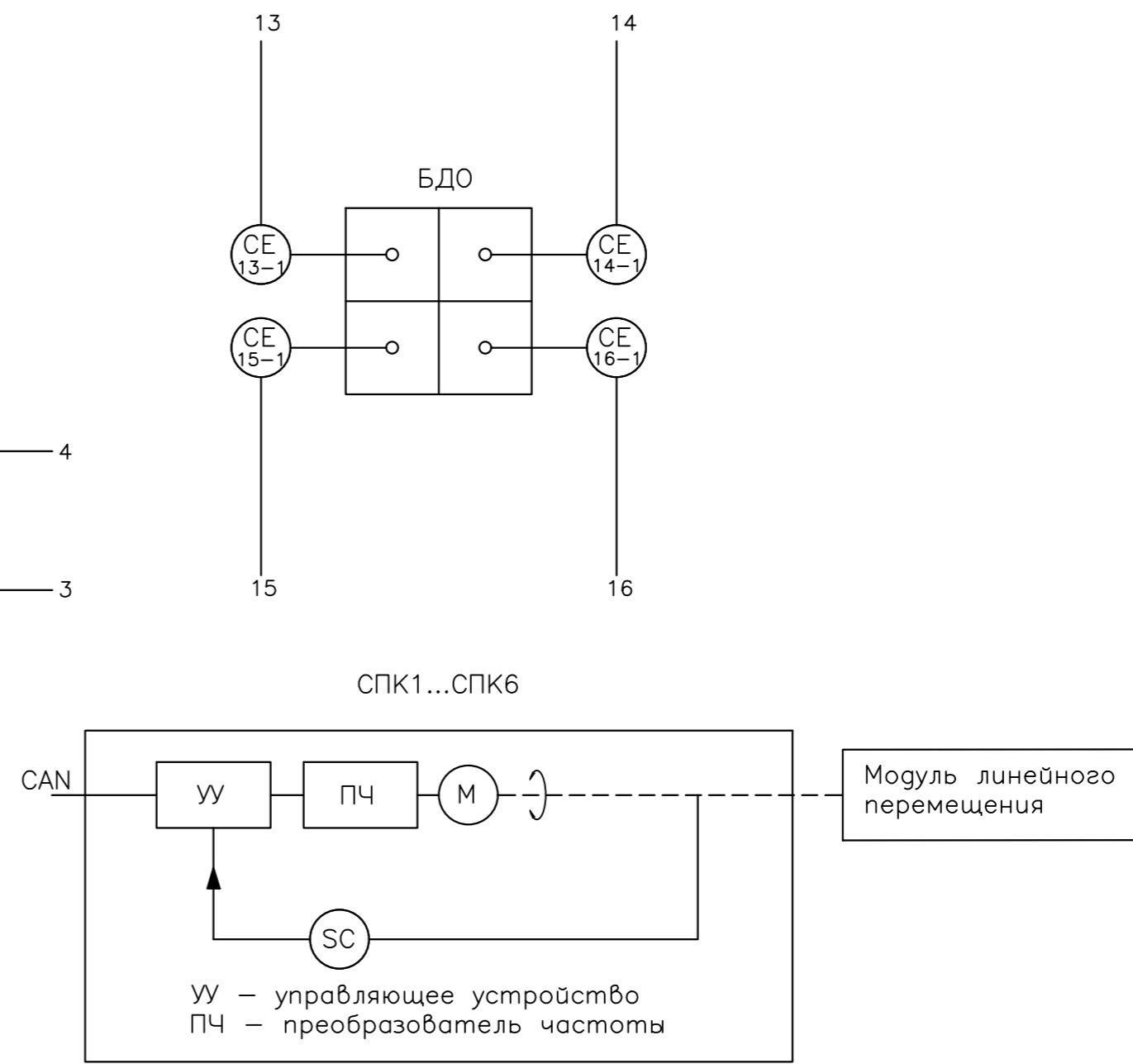
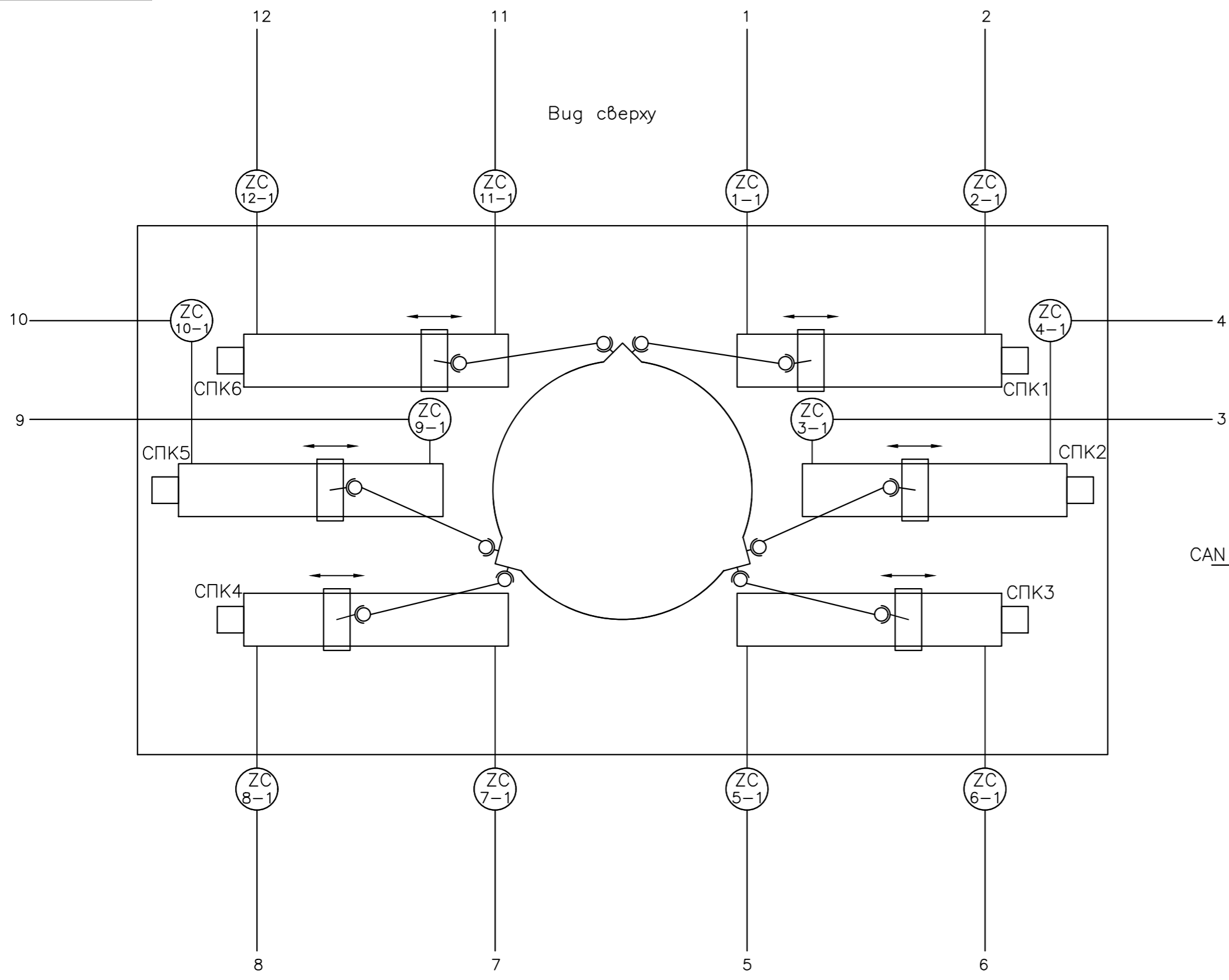
1. Схема структурная (Э1).
2. Схема функциональная автоматизации (Э2).
3. Схема электрическая принципиальная (Э3).
4. Схема электрическая соединений (Э4).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 2.701-84. ЕСКД. Правила выполнения схем. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 21 с.
2. ГОСТ 2.721-74. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения (с Изменениями N 1, 2, 3, 4). – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 35 с.
3. ГОСТ 21.208-2013. СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М.: Стандартинформ, 2013. – 31 с.
4. ГОСТ 2.710-81. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах (с Изменением N 1). – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 17 с.
5. ГОСТ 2.702-2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. – М.: Стандартинформ, 2011. – 23 с.
6. Смирнов, В. А. Влияние конструктивных особенностей на жесткость оборудования, построенного на основе механизмов с параллельными кинематическими цепями / В. А. Смирнов, Е. Ю. Сулацкая // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2009. – Вып. 14. – №33. – С. 72–75.
7. Кузнецов, Ю.Н. Компоновки станков с механизмами параллельной структуры / Ю.Н. Кузнецов., Дмитриев Д.А., Диневич Г.Е. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2010. – 471 с.
8. Петрова, Л. Н., Особенности решения обратной задачи кинематики для ротопода / Л. Н. Петрова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2009. – Вып. 14. – №33. – С. 61–65.
9. Скворцов, С. А., Разработка и анализ механизмов параллельной структуры с круговой направляющей. – Москва, 2016.
10. Клюев, А.С. Техника чтения схем автоматического управления и технического контроля / А.С. Клюев, – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.

11. Технические характеристики ПЛК ТМ251MESC. – https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Instruction+sheet&p_File_Name=HRB59604_03.pdf&p_Doc_Ref=HRB59604.
12. Технические характеристики модуля расширения ТМ3D16. – https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Instruction+sheet&p_File_Name=HRB59605_08.pdf&p_Doc_Ref=HRB59605.
13. Технические характеристики модуля расширения ТМ3AI4. – https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Instruction+sheet&p_File_Name=HRB59606_06.pdf&p_Doc_Ref=HRB59606.
14. Технические характеристики датчика АНКФ-I. – <https://spluss.de/fileadmin/assets/31100-safe.pdf>
15. Паспорт приводов СПШ. – <http://zaozmi.ru/doc/servoprivod/spsh/%CF%E0%F1%EF%EE%F0%F2%20%EF%F0%E8%E2%EE%E4%EE%E2%20%F1%E5%F0%E8%E8%20%D1%CF%D8.pdf>.
16. Паспорт блока питания БП30-23. – <http://zaozmi.ru/doc/options/bp-30/bp-30.pdf>
17. Паспорт модуля линейного перемещения СТМ-2. – http://zaozmi.ru/doc/linear_modules/ctm/tech/tech_char_ctm_ctmu.pdf

ПРИЛОЖЕНИЕ А Автоматизированное устройство позиционирования солнечной панели. Схема функциональная автоматизации



Перв. примен.
Справ. №

Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

- 1 Нач. гран. полож. каретки 1 0/24В
- 2 Кон. гран. полож. каретки 1 0/24В
- 3 Нач. гран. полож. каретки 2 0/24В
- 4 Кон. гран. полож. каретки 2 0/24В
- 5 Нач. гран. полож. каретки 3 0/24В
- 6 Кон. гран. полож. каретки 3 0/24В
- 7 Нач. гран. полож. каретки 4 0/24В
- 8 Кон. гран. полож. каретки 4 0/24В
- 9 Нач. гран. полож. каретки 5 0/24В
- 10 Кон. гран. полож. каретки 5 0/24В
- 11 Нач. гран. полож. каретки 6 0/24В
- 12 Кон. гран. полож. каретки 6 0/24В
- 13 Лев. верхн. датчик освещ. 4...20мА
- 14 Праб. верхн. датчик освещ. 4...20мА
- 15 Лев. нижн. датчик освещ. 4...20мА
- 16 Праб. нижн. датчик освещ. 4...20мА
- 17 Двигатель первой каретки
- 18 Двигатель второй каретки
- 19 Двигатель третьей каретки
- 20 Двигатель четвертой каретки
- 21 Двигатель пятой каретки
- 22 Двигатель шестой каретки

Шкаф автоматики	ПЛК	DI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
		AI																							
		DO																							
		CAN																							

- СПК – интегрированный сервопривод на основе гибридного шагового двигателя. Управление сервоприводами осуществляется по протоколу CAN.
- БДО – блок датчиков освещенности. Датчики разделены перегородкой. Обеспечить высоту перегородки не менее 100мм.
- БДО монтируется непосредственно на солнечную панель.

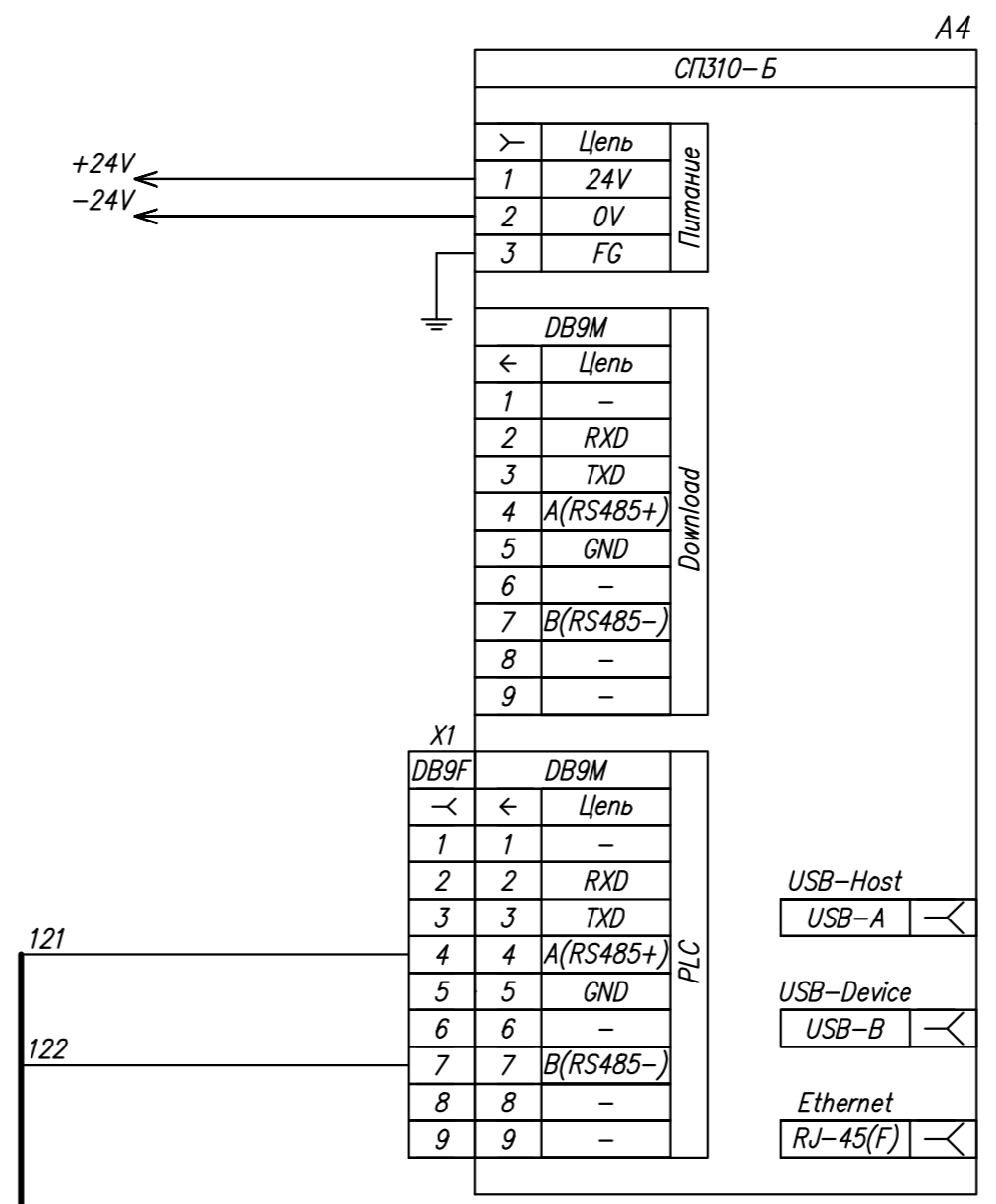
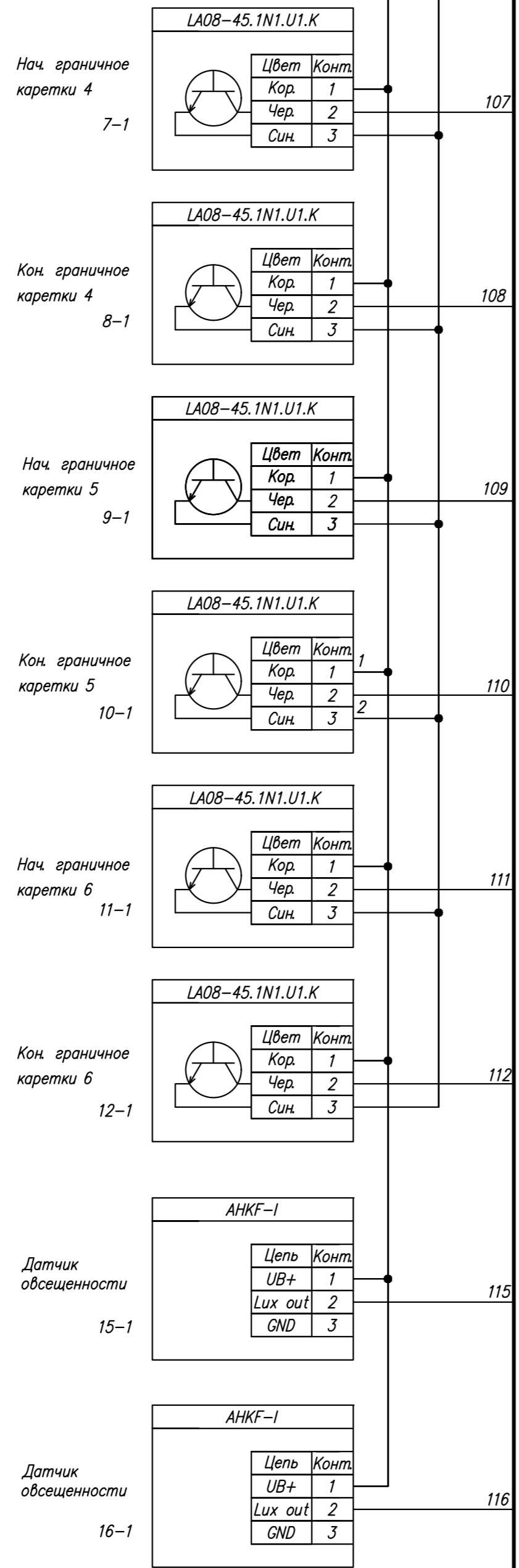
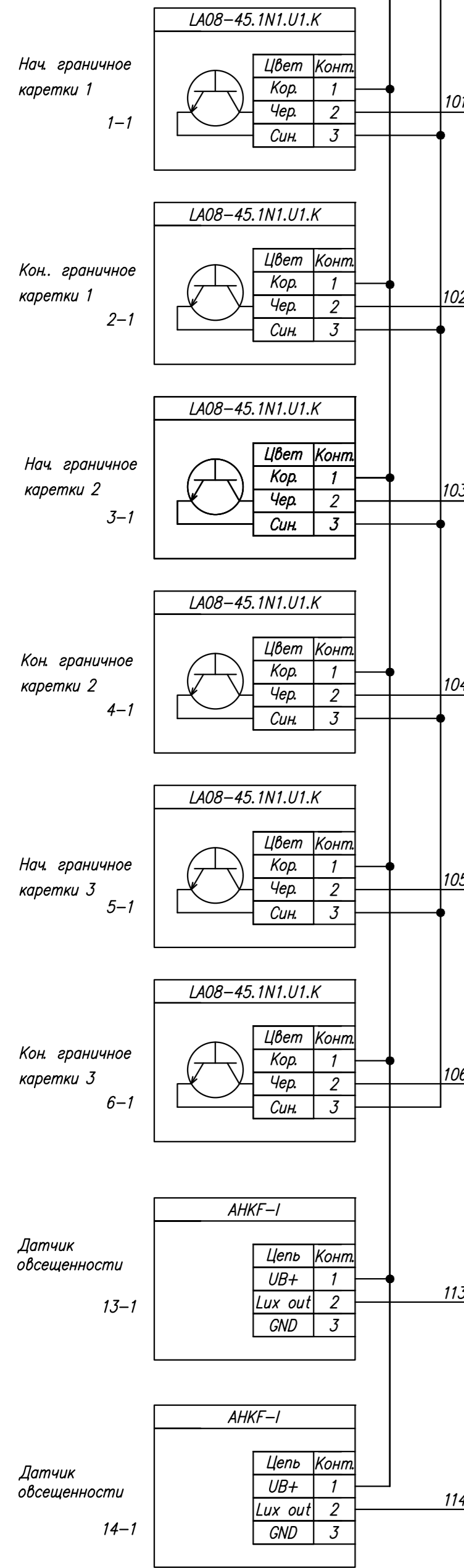
				15.03.04.2019.057.00 Э2		
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Автоматизированная система позиционирования солнечной панели Схема функциональная автоматизации	
Разраб.	Пичугов					
Проб.	Петрова					
Т.контр.						
Н.контр.					Лит.	Масса
Утв.					Лист 1	Листов 1
					ЮУрГУ Кафедра МиА Формат А2	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Автоматизированное устройство позиционирования солнечной панели. Схема принципиальная электрическая

+24V_D -24V_D

+24V_D -24V_D

A4



1. Модуль расширения А2 подключается к А1 через шинный разъем ТМ3/ТМ2.
2. Модуль расширения А3 подключается к А2 через разъем расширения вход-выход.
3. Питание +24V обеспечить источником G3 постоянного напряжения 24В с максимальным током не менее 2 А
4. Питание +24V_D обеспечить источником G4 постоянного напряжения 24В с максимальным током не менее 2 А
5. R1, R2 – терминальные резисторы, сопротивлением 120 Ом

Bus1 (лист 2)

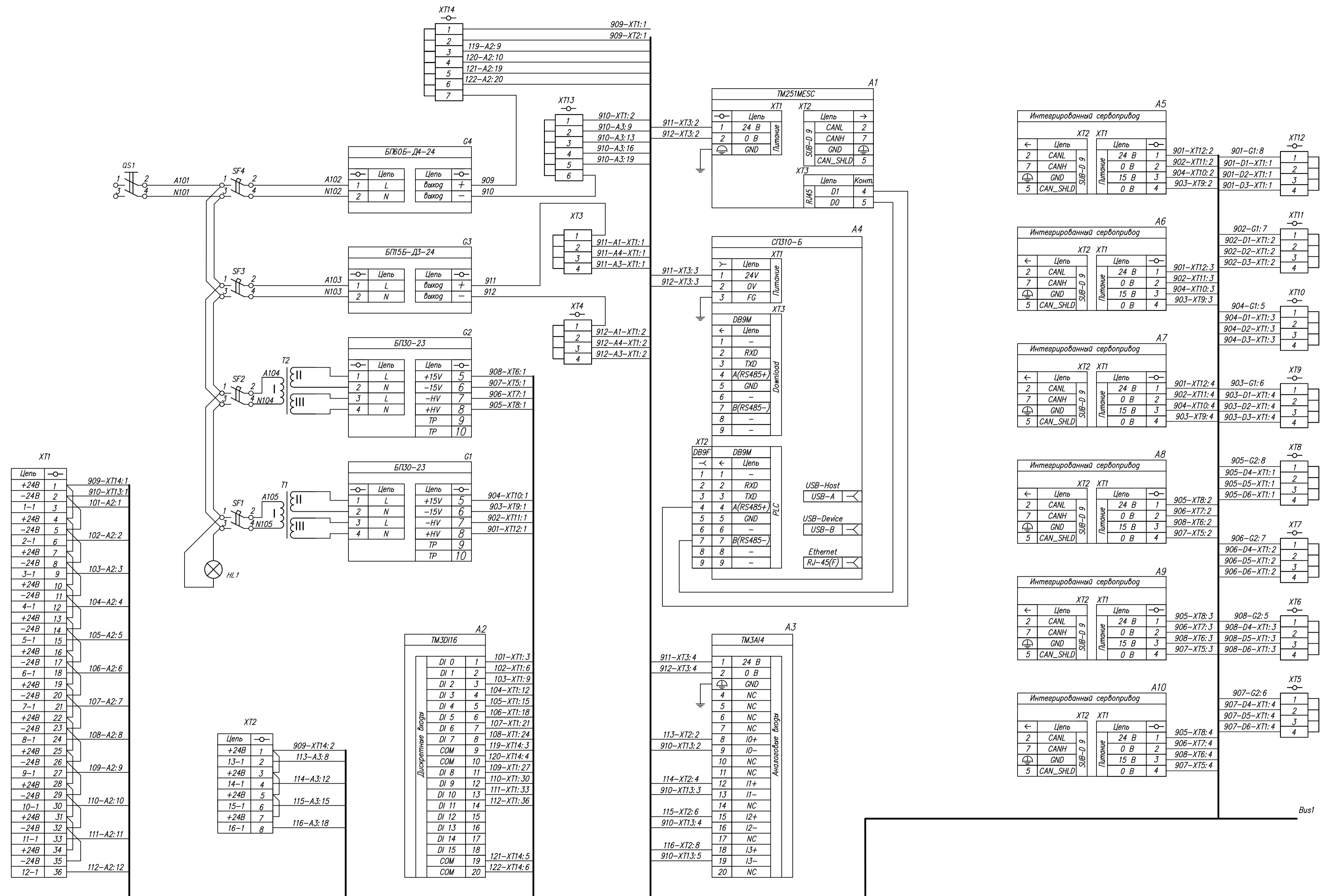
Изм. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №. Инв. № дубл. Подп. и дата. Стр. №. Перв. примен.

				15.03.04.2019.057.00 ЭЗ			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Автоматизированная система позиционирования солнечной панели. Схема электрическая принципиальная		
Разраб.	Пичуев						
Проб.	Петрова				Лит.	Масса	Масштаб
Т.контр.					Лист 1	Листов 2	
И.контр.					ЮУрГУ Кафедра МиА		
Утв.					Формат А2		

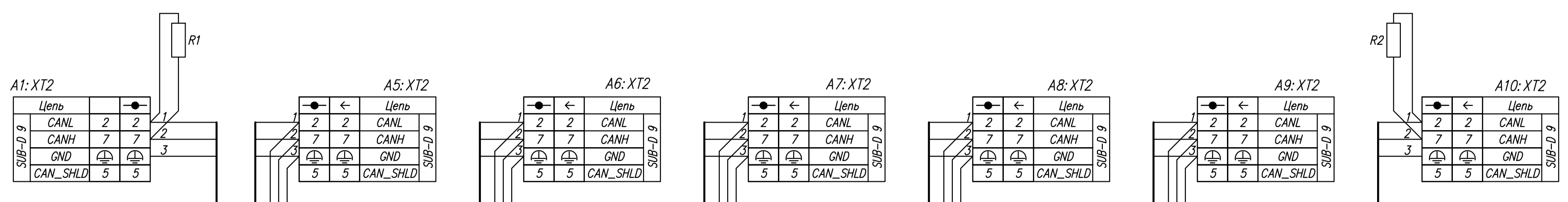
ПРИЛОЖЕНИЕ В Автоматизированное устройство позиционирования солнечной панели. Перечень элементов

Перв. примен.	Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание				
		Исполнительные элементы						
	A5...A10	СПЩ20-23017	6	Сервопривод				
		Функциональные блоки						
	A1	TM251MESC	1	ПЛК				
	A2	TM3DI16	1	Модуль расширения				
	A3	TM3AI4	1	Модуль расширения				
	A4	СП310-Б	1	Панель оператора				
	G1, G2	БП30-23	2	Блок питания				
	G3	БП15Б-Д3-24	1	Блок питания				
Справ. N	G4	БП60Б-Д4-24	1	Блок питания				
		Датчики						
	1-1...12-1	LA08-45.1N1.U1.K	12	Кр. полож каретки				
	13-1...16-1	АНКФ-1	4	Освещенность				
		Резисторы						
	R1-R2	C2-29B 120 Ом	2	Терм. резистор				
		Выключатели						
	SF1, SF2	BA-101 2P 10A C	1	Авт. выключатель				
	SF3	BA-101 2P 2A C	1	Авт. выключатель				
	SF4	BA-101 2P 10A C	1	Авт. выключатель				
Погн. и дата								
Инв. N дубл.								
Взам. инв. N								
Погн. и дата								
Инв. N модл.	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.04.2019.057.00 ПЭ		
	Разраб.	Пичугов				Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Петров					1	1
	Н. контр.					ЮурГУ Кафедра МиА		
	Утвердил							
						Автоматизированное устройство позиционирования солнечной панели. Перечень элементов.		

ПРИЛОЖЕНИЕ Г Автоматизированное устройство позиционирования солнечной панели. Схема электрическая соединений



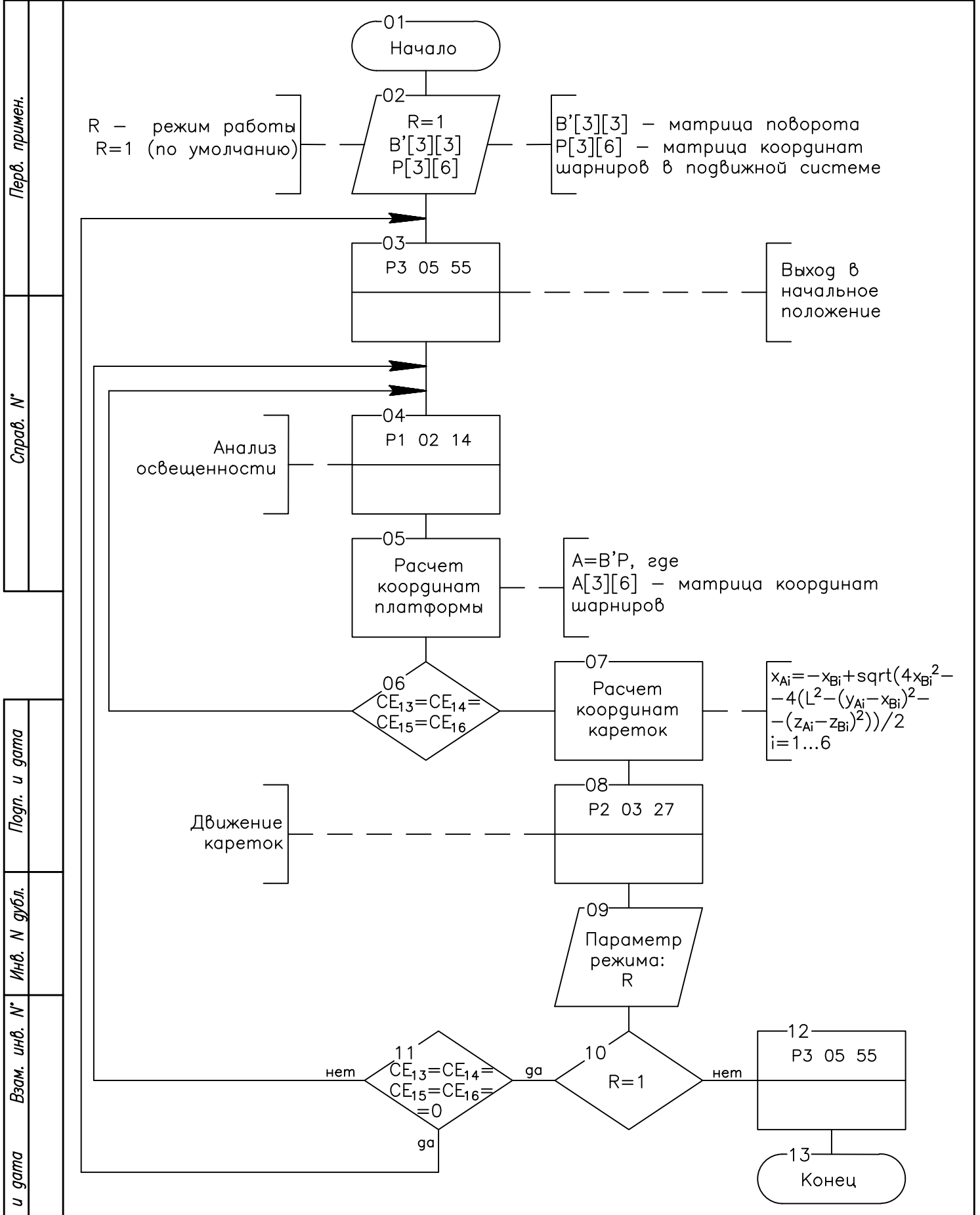
Изм. № подл. Погр. и дата. Изм. № доп. Погр. и дата. Изм. № вкл. №. Погр. и дата. Изм. № вкл. №. Погр. и дата.



1. Контроллер и сервоприводы соединяются кабелем UNITRONIC BUS CAN с коннектором SUB-D 9 (F).
2. R1, R2 – терминальные резисторы сопротивлением 120 Ом.

Изм. № подл.	Лист	№ док.	Подр.	Дата	Автоматизированная система позиционирования солнечной панели. Схема электрическая соединений	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Личуев					Лист 1		Листов 1
Пров.	Петрова					ЮрГУ Кафедра МиА		
Т.контр.						Копировал Формат А1		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д Алгоритм работы автоматизированной системы
позиционирования солнечной панели.



Перв. примен.

Справ. N°

Подг. и дата

Инв. N дубл.

Взам. инв. N°

Подг. и дата

Инв. N° подл.

15.03.04.2019.057.00

Изм	Лист	N докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Пичугов			
Пров.	Петрова			
Н.контр.				
Утвердил				

Алгоритм работы автоматизированной системы позиционирования солнечной панели

Лит.	Лист	Листов
	1	5
ЮУрГУ Кафедра МиА		

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. N

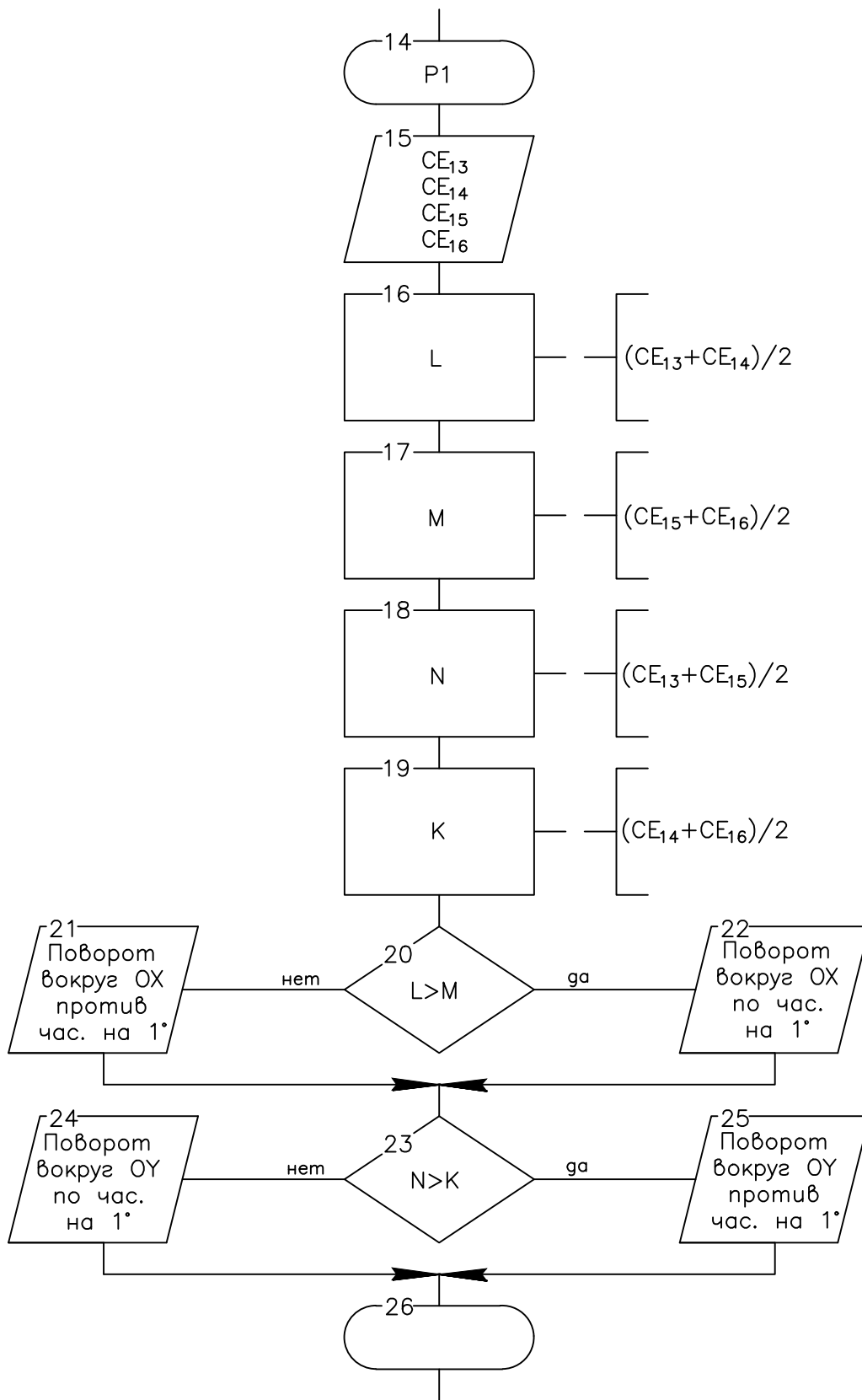
Подп. и дата

Инв. N дубл.

Взам. инв. N

Подп. и дата

Инв. N подл.

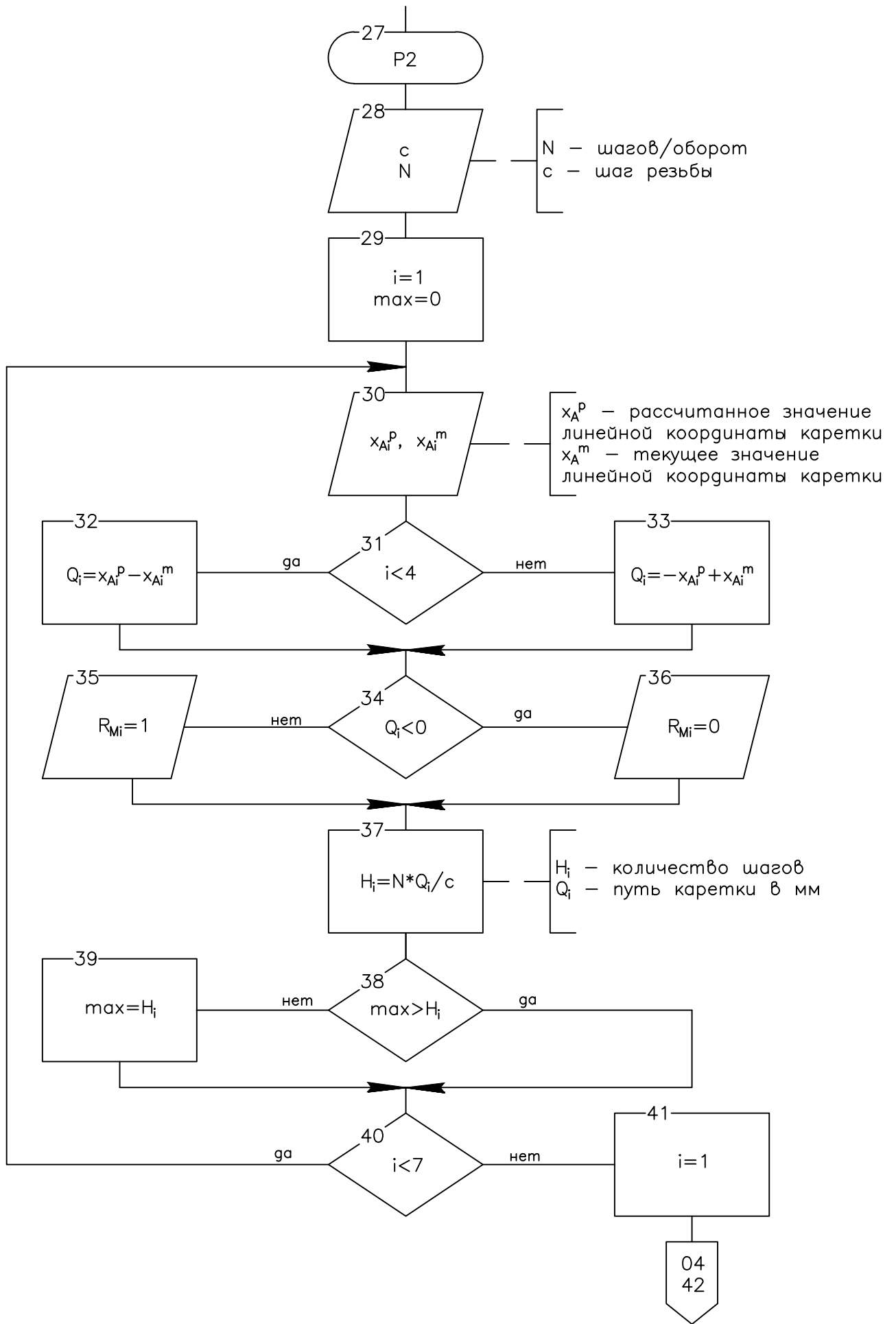


Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

15.03.04.2019.057.00

Лист

2

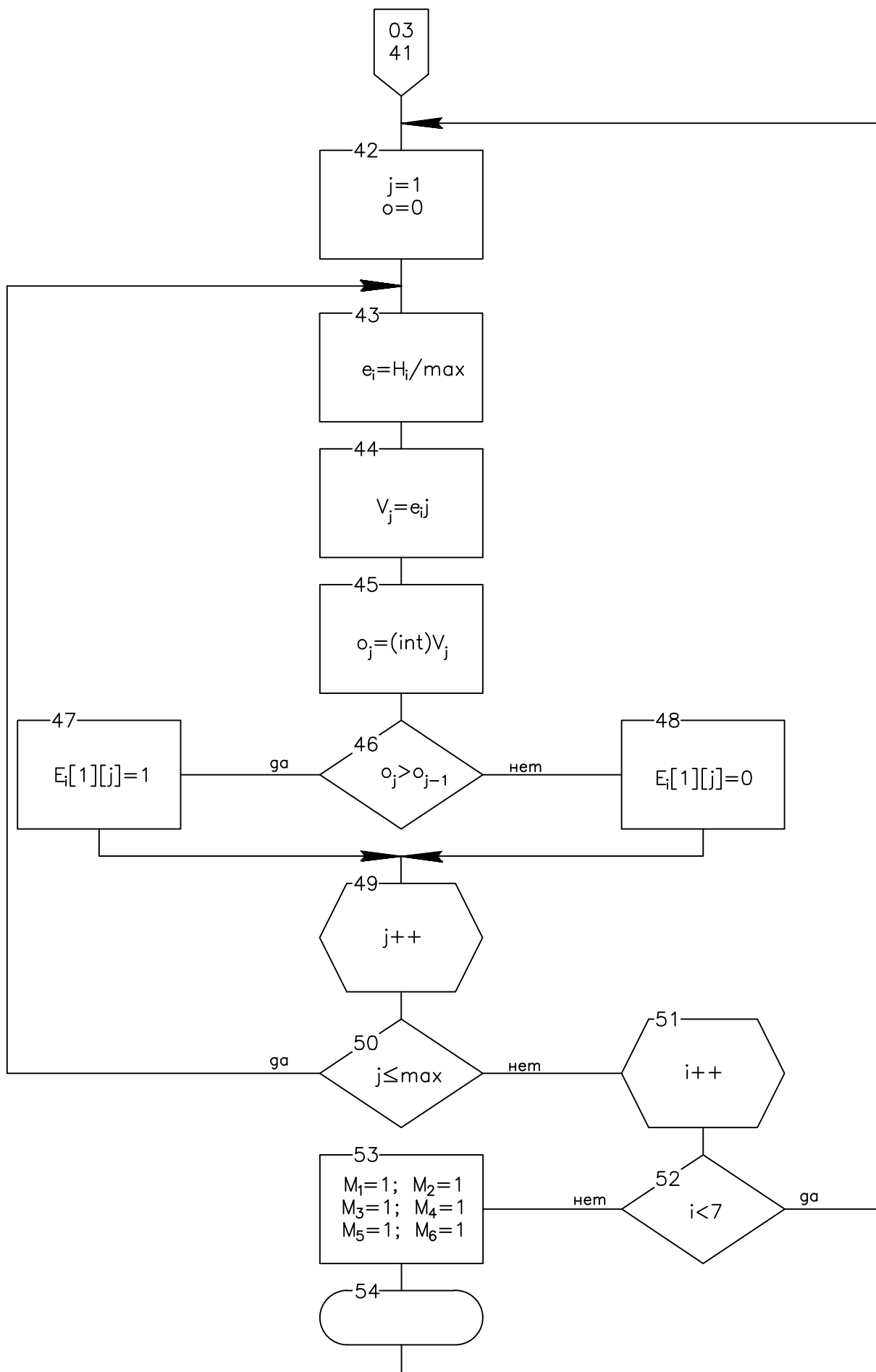


Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата

15.03.04.2019.057.00

Лист

4



55
P3

56
 $R_{M1}=1; M_1=1$
 $R_{M2}=1; M_2=1$
 $R_{M3}=1; M_3=1$

R – параметр реверса
двигателя
M – параметр работы
двигателя

57
 $R_{M4}=0; M_4=1$
 $R_{M5}=0; M_5=1$
 $R_{M6}=0; M_6=1$

58
 $i=1$

