

М. Н. КРМОЯН, А. Э. ЗАХАРЯН, Ш. М. АРУТЮНЯН

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ АППАРАТУРЫ „ОРИОН“

Обсерватория „Орион“ представляет собой связку из телескопа и фотогида, установленную со своей двухосной монтировкой на внешней стороне космического корабля „Салют“. Каждая из осей монтировки снабжена своим электромеханическим автоматическим приводом, управляемым как от визирного устройства, так и от индивидуального звездного двухкоординатного фотогида.

Электропитание обсерватории производится с борта космического корабля. Подключение всех механизмов обсерватории и управление ими также осуществляется с борта корабля, с помощью автономного пульта управления.

Блок-схема управления „Орион“ показана на рис. 1. С целью предохранения аппаратуры „Орион“ от вибрационных перегрузок она предварительно закрепляется с помощью пирочек. Расчеховка производится уже после вывода на орбиту с помощью пиросредств, путем нажатия специальной кнопки на пульте управления.

Наведение телескопа „Орион“ на нужную звезду производится визирным устройством, имеющим квадратное поле обзора со сторонами 35×35 градусов. Описание принципа работы „Ориона“ с использованием визирной системы приведено в [1]. Привод визира выполнен на двигателях постоянного тока типа ДПМ и дает возможность наводки по двум координатам и с двумя скоростями — $1,5$ и $15'/\text{сек}$.

Время экспонирования спектров звезд задается электромеханическим программно-временным устройством (ПВУ). Оно управляет протяжным механизмом спектрографа, открытием и закрытием затвора и механизмом расширения спектрограммы. Помимо ПВУ, те же операции можно выполнить и вручную с того же пульта управления. С него же производится ручное управление затвором фотогида. После окончания всех работ по фотографированию спектрограмм кассеты расчеховываются пиросредствами и транспортируются в кабину корабля. Все операции по управлению и наведению контролируются с пульта при помощи световой индикации.

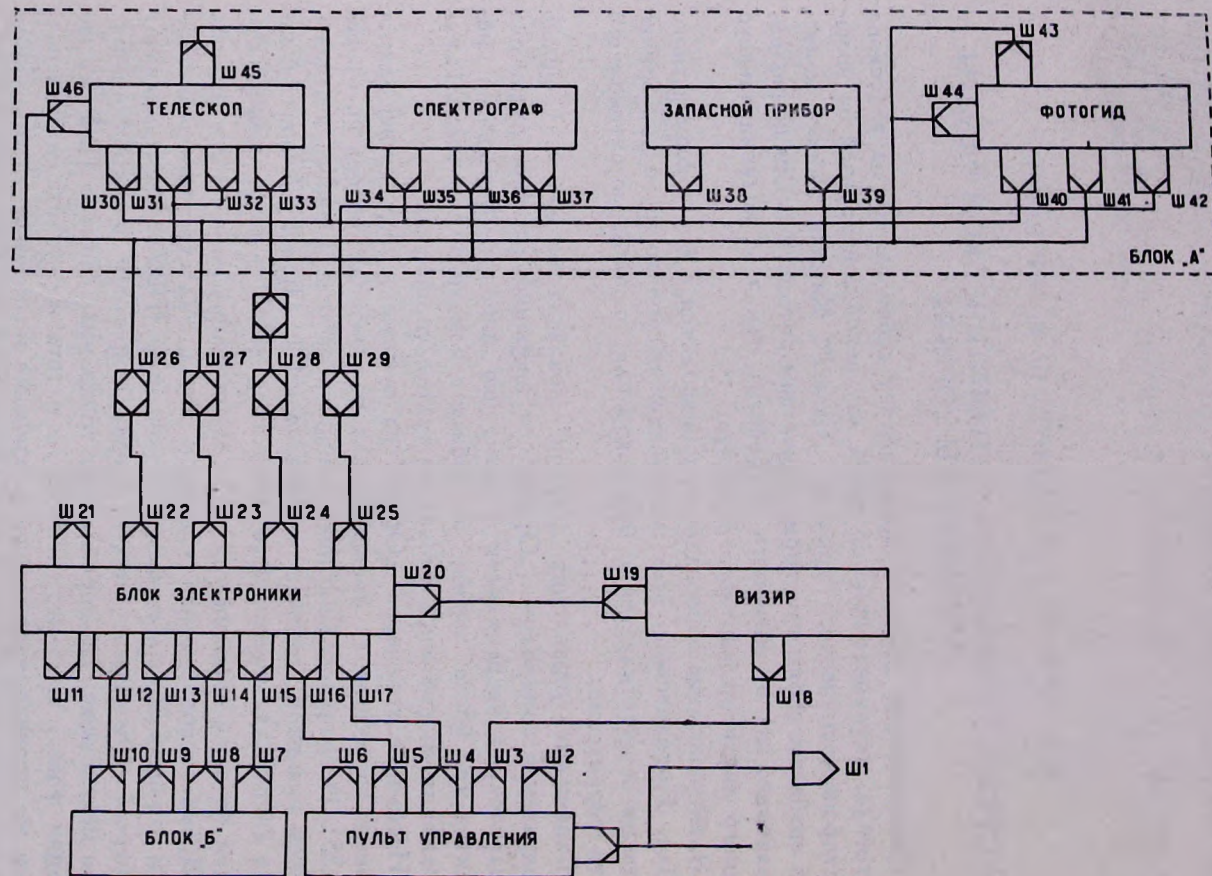


Рис. 1. Блок-схема системы „Орион“.

Նկ. 1. «Օրիոնի» բլոկային սխեման:

Следящая система работает в двух режимах, полуавтоматическом (наведение) и автоматическом (слежение). После наведения визира на звезду вручную включается следящая система, которая согласовывает оси телескопа и визира с точностью 10 угловых минут. Датчиками углового рассогласования в этом режиме являются предезионные потенциометры, установленные на осях визира и монтировки, и включенные по мостовой схеме. После отработки рассогласования специальное устройство производит переключение следящей системы на работу от фотогида. В этом случае происходит захват фотогидом данной звезды и стабилизация оси телескопов с заданной точностью, т. е. $\pm 15''$.



Рис. 2. Блок-схема звездного фотогида.

Նկ. 2. Աստղային տվիչի բլոկային սխեման

Изображение звезды строится входным объективом на анализатор, представляющий собой зеркальный модулятор, затем через линзу поля на каскад фотоумножителя (ФЭУ). Сигнал от ФЭУ поступает через предварительный усилитель на резонансный усилитель, после чего на вход следящей системы. Имеется возможность изменять поле зрения фотогида, а в случае необходимости закрывать его.

Основные технические параметры фотогида следующие: световой диаметр — 68 мм; фокусное расстояние — 450 мм; поле зрения — $2,5^\circ$; зона нечувствительности — $5''$; частота сигнала — 150 гц; линейная зона — $35''$, область спектральной чувствительности — 3200—8000 Å. Блок-схема следящей системы приведена на рис. 3.

Следящая система построена на базе двигателя постоянного тока. Для управления исполнительным двигателем применен принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Такой способ управления имеет ряд преимуществ перед непрерывным (высокий к. п. д., небольшие габариты и вес). При правильном выборе частоты переключений жесткость механических характеристик двигателя не уступает естественным характеристикам, а привод приобретает хорошие регулировочные свойства. Кроме того, при отсутствии сигнала якорь двигателя закорочен, что позволяет получить переходный процесс с малым перерегулированием.

Исследование динамических свойств импульсного привода с ШИМ, строго говоря, должно проводиться методами, применяемыми для импульсных систем. Однако, если выбрать частоту коммутации достаточно большой, то практически выполняются условия эквивалентности импульсной и непрерывной систем, сформулированные в теореме В. А. Котельникова [2]:

$$\begin{aligned} 0 \leq \omega \leq \omega_0 - \omega_{\text{ср}}, \\ \omega_0 \geq 2\omega_{\text{ср}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\omega_0 = 2\pi f$ — угловая частота коммутации,
 $\omega_{\text{ср}}$ — угловая частота среза системы,
 ω — угловая частота внешнего возмущения.

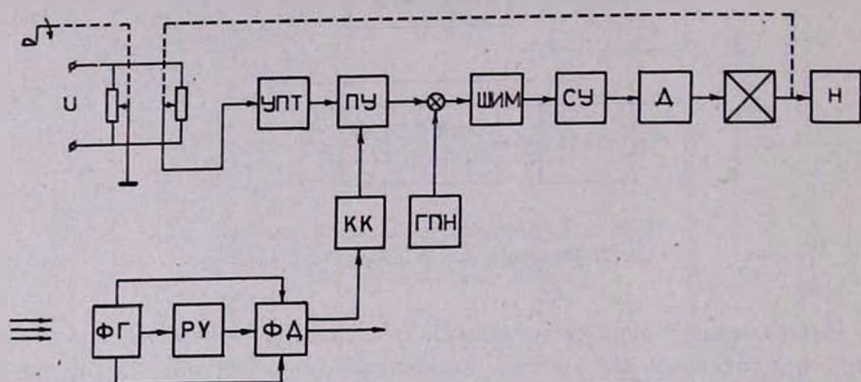


Рис. 3. Блок-схема следящих систем «Ориона» (Визир-телескоп и телескоп звезда).

Նկ. 3. «Օրիոնի» հետևող սիստեմի բլոկային սխեման (հեռադիտակ-առաքողի և առաքողի սխեմա)

В принципе системы с ШИМ нелинейны, но они с достаточной точностью могут быть рассмотрены как линейные, если все элементы, кроме импульсного звена, сами линейны [3, 4]. Таким образом, расчет динамики системы — устойчивость, точность, переходные процессы при малых отклонениях и т. д. — может быть проведен с помощью методов, разработанных для линейных непрерывных систем.

Порядок расчета системы в режиме слежения следующий. Сначала система рассматривается как непрерывная линейная и методом логарифмических частотных характеристик находится последовательное корректирующее устройство, обеспечивающее устойчивость и заданные динамические свойства системы. И лишь после этого методом динамического баланса исследуется влияние люфта редуктора на устойчивость системы.

На основании предъявленных к системе требований были построены желаемые логарифмическая амплитудная и фазовая частотная характеристики, а также амплитудная и фазовая частотная характеристики нескорректированной системы. Затем был произведен анализ последовательного корректирующего устройства.

Было выбрано пассивное корректирующее устройство интегро-дифференцирующего типа с передаточной функцией

$$W_k(p) = \frac{(0.7p + 1)(0.03p + 1)}{(6p + 1)(0.004p + 1)}. \quad (2)$$

Включение корректирующего устройства обеспечивает получение требуемых динамических свойств системы. На устойчивость системы могут оказать большое влияние нелинейности (люфты, насыщение, сухое трение в редукторе). Здесь, однако, ограничимся исследованием влияния наиболее значительных из них — люфтов, с целью выяснения возможности появления автоколебаний.

Исследование проводилось методом гармонического баланса. Установить возможность существования автоколебаний, а также определить их амплитуды и частоты, можно с помощью уравнения [5]:

$$W_\lambda(j\omega) J\left(\frac{A}{\Delta}\right) + 1 = 0, \quad (3)$$

где $W_\lambda(j\omega)$ — передаточная функция линейной части системы $J\left(\frac{A}{\Delta}\right)$ — эквивалентная амплитудная характеристика нелинейного элемента.

Обычно решение этого уравнения находят графическим путем. Для этой цели на комплексной плоскости строится амплитудно-фазовая характеристика линейной части системы и обратная эквивалентная амплитудная характеристика нелинейного элемента с обратным знаком. Если эти две характеристики пересекаются, то это значит, что существует действительное значение частоты, удовлетворяющее уравнению (3). Если же кривые $W_\lambda(j\omega)$ и $J\left(\frac{A}{\Delta}\right)$ не пересекаются,

то автоколебания в системе невозможны. Проведем эти построения для нашей системы (рис. 4), увидим, что в нашем случае под действием люфта автоколебания невозможны.

Экспериментальное исследование следящей системы заключалось в определении реакции на скачок (рис. 5). Перерегулирование получается больше расчетного из-за наличия насыщения в характеристике фотодатчика. Несмотря на это, система полностью удовлетворяет заданным показателям качества.

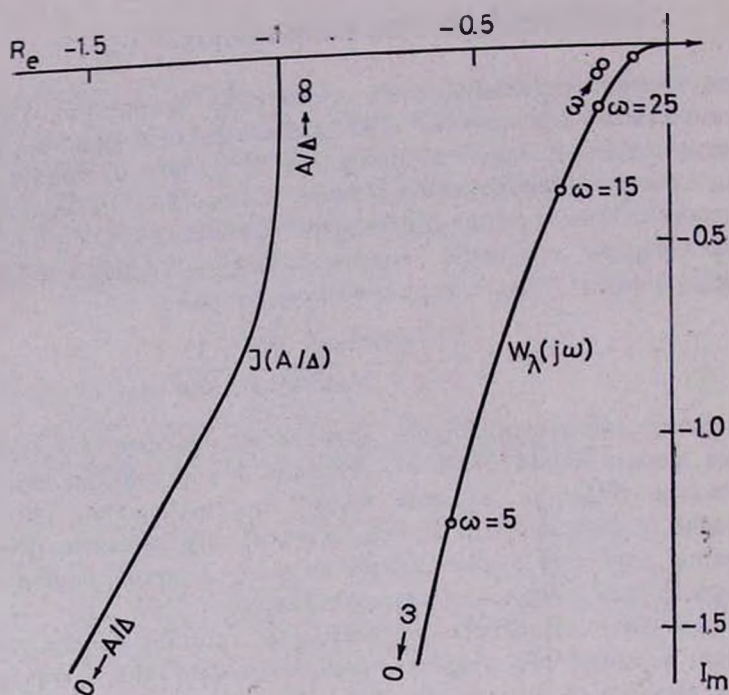


Рис. 4. Частотные характеристики линейной части следящей системы и нелинейного звена (люфта).

Նկ. 4. Հետևող սիստեմի զծային մասի և ոչ զծային օղակի հաճախականությունային քննարարգիրը:

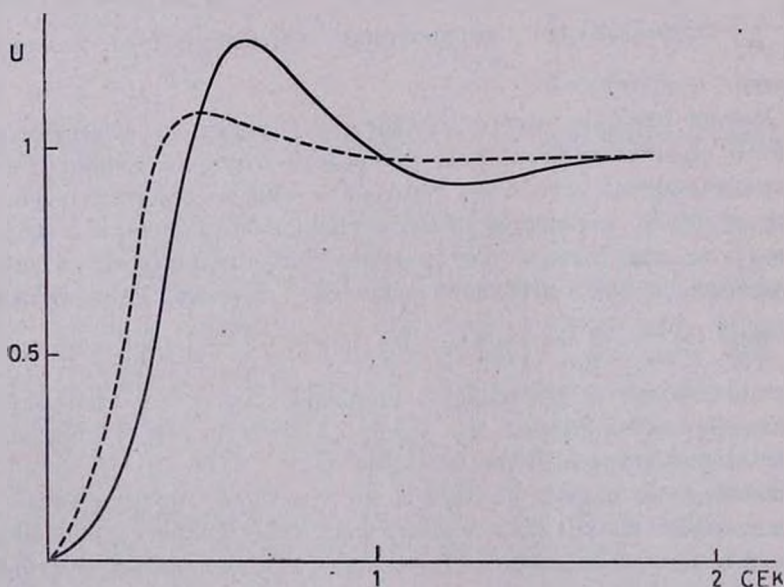


Рис. 5. Графики переходного процесса: сплошная линия — эксперимент, пунктирная линия — расчетный (ордината — напряжение в относительных величинах).

Նկ. 5. Անցումային պրոցեսի գրաֆիկը. հոծ գիծը — էմպիրիմենտը, ընդհատված գիծը — հաշվարկը (օրդինատը բերված է լարվածությունը կամայական միավորներով):

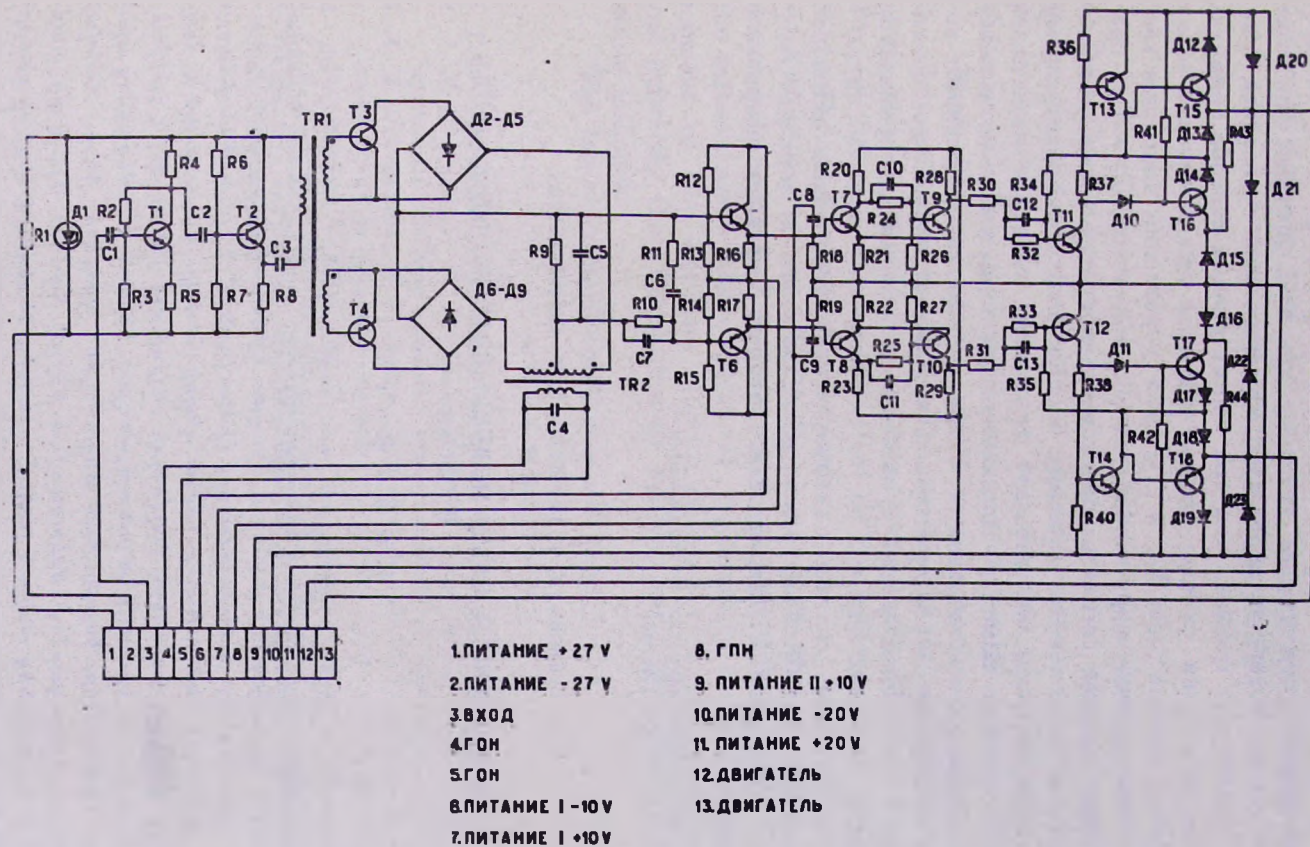


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема усилительной части следящей системы «Орион».

Նկ. 6. «Օրիոն» սիստեմի ուժեղացուցիչային հանգույցի սկզբունքային էլեկտրական սխեման:

Принципиальная схема следящей системы приведена на рис. 6. Выходной каскад ($T_{11} + T_{15}$) построен по мостовой схеме с несимметричным законом коммутации транзисторов. Как известно, при этом дополнительные потери в двигателе, обусловленные пульсацией тока якоря, значительно меньше, чем при симметричном способе коммутации. При отсутствии сигнала якорь двигателя закорачивается через насыщенные транзисторы T_{13} и T_{18} . Для управления выходным каскадом используется широтно-импульсный модулятор $T_7 + T_{10}$, преобразующий входной сигнал в последовательность импульсов неизменной частоты, длительность которых пропорциональна управляющему сигналу. Он построен по принципу сравнения на входе порогового элемента (триггера Шмидта) напряжения, пропорционального сигналу рассогласования с пилообразным. Схема надежна и обеспечивает хорошую линейность характеристики „вход-выход“, изменение скважности от 0 до 1. Резонансный усилитель и фазовый дискриминатор собраны по обычным схемам.

В разработке системы автоматического управления „Ориона“ принимали участие Ф. Хачатрян и С. Сагателян, а также В. Арутюнян, Р. Айвазян и Э. Мартиросян, которым выражаем искреннюю благодарность.

Филиал БАО по Космическим Исследованиям.
СКБ „Астро“

Մ. Ն. ԲՐՄՈՅԱՆ, Ա. Զ. ԶԱԽԱՐԻԱՆ, Շ. Մ. ԱՐՄԵՆԻԱՆ

«ՕՐԻՈՆ» ՈՒՂԵԾՐԱՅԻՆ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱՐԱՆԻ ԱՎՏՈՄԱՏ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՍԻՍՏԵՄԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Բերվում է «Օրիոն» ուղեծրային աստղադիտարանի կառավարման և հետևելու էլեկտրական սիստեմի նկարագրությունը, այն է, հետևող օպտիկական սարքի, կառավարման խցիկի և մնացած էլեկտրական սարքերի աշխատանքի սկզբունքները և կառուցվածքը: Հիմնավորվում է լայնական-իմպուլսային սկզբունքի ընտրությունը ներկա դեպքի համար: Շարադրված է հաշվարկների մեթոդը, հարմոնիկ հաշվեկշռի սկզբունքով քննարկվել է լուստերի ալոդեցությունը սիստեմի կալոնություն վրա: Բերված է ուժեղացնող սիստեմների սխեմաները, ինչպես նաև անցումային պրոցեսի կորը, հանված փորձական ճանապարհով՝ մեկուսացված թռիչքի համար: Այդ կորը տարբերվում է հաշվայինից աննշան լափով, որտեղից հետևանում ենք, որ ընտրված հետևող սիստեմը բավարարում է տրված տեխնիկական պահանջներին:

M. N. KRMOYAN, A. Z. ZAKHARYAN, SH. M. HARUTYUNYAN

THE CONTROL SYSTEM OF THE AUTOMATIC OPERATION OF THE „ORION“ EQUIPMENT

S u m m a r y

A description of the electric scheme of orientation and tracking of the „Orion“ system is given. The method of the operation of the system is set forth along with a description of the function of several parts: the photoguide, the control desk and the sight. Reasons for the choice of the method of pulse-width modulation are given.

Block diagrams of the whole system, the follow-up system and the photoguide are provided. The method of estimating the dynamics of the follow-up system is formulated concisely. A corrector is selected. Through harmonic balance the effect on the stability of the gap system in the reducer has been investigated.

A scheme of the amplifying part of the follow-up system with a detailed description of its function is provided. The paper also carries the experimentally taken curve of the transient process in the development of the unit-jump slightly differing from the calculated jump and indicating that the follow-up system meets the technical requirements assigned.

The basic technical conditions are given.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Г. А. Гурздян, Сообщ. Бюраканск. обс., вып., 45, 5, 1972.
2. Л. Д. Панкратьев, Б. И. Петров, В. А. Полковников, В. П. Широков, Импульсные и релейные приводы с электромагнитными муфтами, М., 1970, стр. 22.
3. Л. Д. Панкратьев, И. Г. Паппе, Б. И. Петров, В. А. Полковников, Импульсные и релейные следящие приводы постоянного тока с полупроводниковыми усилителями, М., 1968, стр. 57.
4. Я. Э. Цыпкин, Теория импульсных систем, М., 1958, стр. 299.
5. Техническая кибернетика, под редакцией В. В. Солодовникова, книга III, часть I, М., 1967, стр. 337.