

1a

И Н С Т И Т У Т ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН С С С Р

И Я Ф 52 - 70

И.И.Авербух, В.М.Боровиков, М.М.Карлинер,

А.С.Медведко, И.Я.Протопопов

СИСТЕМА КОРРЕКЦИИ РАВНОВЕСНОЙ ОРБИТЫ В НАКОПИТЕЛЬНОМ КОЛЬЦЕ ВЭПП - 3

Новосибирск

1970

Авербух И.И., Боровиков В.М., Карлинер М.М., Медведко А.С.,
Протопопов И.Я.

СИСТЕМА КОРРЕКЦИИ РАВНОВЕСНОЙ ОРБИТЫ В НАКО- ПИТЕЛЬНОМ КОЛЬЦЕ ВЭПП-3

А Н Н О Т А Ц И Я

Коррекция равновесной орбиты в накопительном кольце ВЭПП-3 осуществляется с помощью корректирующих обмоток, имеющих в каждом электромагните. Каждая обмотка питается от отдельного транзисторного усилителя мощности. Сигналы коррекции на вход усилителей мощности подаются с помощью специальной системы дистанционного управления. Предусмотрено введение корректирующих сигналов в виде азимутальных гармоник вертикального и радиального отклонения, а также раздельное дистанционное управление током каждой обмотки. В дальнейшем предполагается автоматическая коррекция по результатам измерения положения равновесной орбиты.

Магнитная система накопительного кольца ВЭПП-3 содержит 16 электромагнитов с жесткой фокусировкой, образующих полукольца, и 8 пар квадрупольных линз на прямолинейных промежутках. В каждом элементе периодичности размещены дополнительные обмотки, позволяющие корректировать искажение равновесной орбиты по радиусу и по вертикали /1/.

Амплитуда вынужденных колебаний пучка в системе с жесткой фокусировкой, имеющей частоту свободных колебаний Q (для ВЭПП-3 $Q_{x,z} \approx 5,25$), записывается в виде /2,3/:

$$\eta = \sum \frac{Q^2}{Q^2 - K^2} (a_K \cos K\varphi + b_K \sin K\varphi),$$

где $\eta = \beta^{-1/2} \cdot x$, $\varphi = \int \frac{dl}{\alpha\beta}$ — нормализованные переменные; a_K, b_K — коэффициенты Фурье разложения возмущений магнитного поля по переменной φ ; $\beta(l)$ — функция Флоке, l — продольная координата орбиты; K — номер гармоники.

При переходе к действительным переменным x и l каждому значению $\eta_K(\varphi)$ соответствует свой Фурье-спектр колебаний. Очевидно, что при достаточно гладкой функции Флоке гармоники порядка более высокого, чем число элементов периодичности, малы. Воздействие на орбиту оказывается наиболее сильным у гармоник возмущения с номером, близким к Q .

Можно показать, что наличие в структуре магнитной системы прямолинейных промежутков приводит к возникновению связи между колебаниями с различными значениями K . В первом приближении этой связью можно пренебречь.

Описываемая система предназначена для регулировки формы равновесной орбиты циркулирующего пучка при постоянной энергии и при её подъёме. Работа системы основана на принципе коррекции азимутальной неоднородности магнитной структуры накопительного кольца по гармоникам. Обеспечивается регулировка шести гармоник, наиболее существенно влияющих на форму равновесной орбиты.

На рис.1 приведена блок-схема части системы, обеспечивающей регулировку x -координаты равновесной орбиты. Аналогично выполнена коррекция z -координаты. Система включает в себя 24 обмотки коррекции R_K , каждая из которых питается от уси-

руются с остальными сигналами коррекции и подаются через выходной усилитель (ВУ) на магистральный кабель. Для сохранения постоянства относительной величины корректирующих полей при изменении энергии пучка в выходном усилителе осуществляется автоматическая регулировка коэффициента усиления системы пропорционально величине основного магнитного поля накопителя.

Кроме коррекции орбиты при помощи гармоник предполагается использование ЭВМ как датчика корректирующих сигналов. ЭВМ в этом случае должна подключаться к системе через цифро-аналоговый преобразователь (5), имеющий достаточное быстродействие.

Возможна также регулировка тока в каждой обмотке коррекции отдельно при помощи блока раздельной регулировки (2, рис.1). Блок содержит ключи, поочередно подключающие к сумматору 24 регулируемых напряжения. Ключи коммутируются блоком управления.

Схема усилителя мощности (УМ) приведена на рис.3. Усилитель обеспечивает максимальный ток на выходе ($\pm 2,5$ а, $R_{обм} = 2,2$ ом для N_x и $\pm 1,5$ а, $R_{обм} = 6$ ом для N_x) при входном напряжении ± 2 в. Схема выполнена на транзисторах и охвачена глубокой отрицательной обратной связью. Сигнал обратной связи снимается с сопротивления R_4 (рис.3), включенного последовательно с обмоткой коррекции, и подается на противофазный вход усилителя для увеличения его входного сопротивления. С этой же целью входной делитель $R_1 \div R_3$, задающий ток в базу первого транзистора, через стабилитроны D_6, D_7 присоединен к сопротивлению обратной связи. В результате усилитель имеет $R_{вх} = 1 \div 3$ Мом, что обеспечивает малый разряд ёмкости C_1 в промежутке между импульсами, открывающими ключ ($D_1 \div D_5$). Конденсатор C_2 и сопротивление R_5 служат для обеспечения устойчивости.

Дрейф нуля усилителя при работе от низкоомного источника через диодный мостовой ключ не превышает $1 \div 2$ мв за месяц работы.

В настоящее время все элементы системы, обеспечивающие режим ручной коррекции, установлены на накопителе и использу-

ются при его наладке. Избирательные усилители, предназначенные для автоматической работы, находятся в стадии изготовления.

В разработке и изготовлении элементов системы принимали участие также А.И.Бутакон, Ю.С.Невзорон, В.М.Ураев, Н.П.Тумайкина.

Л и т е р а т у р а

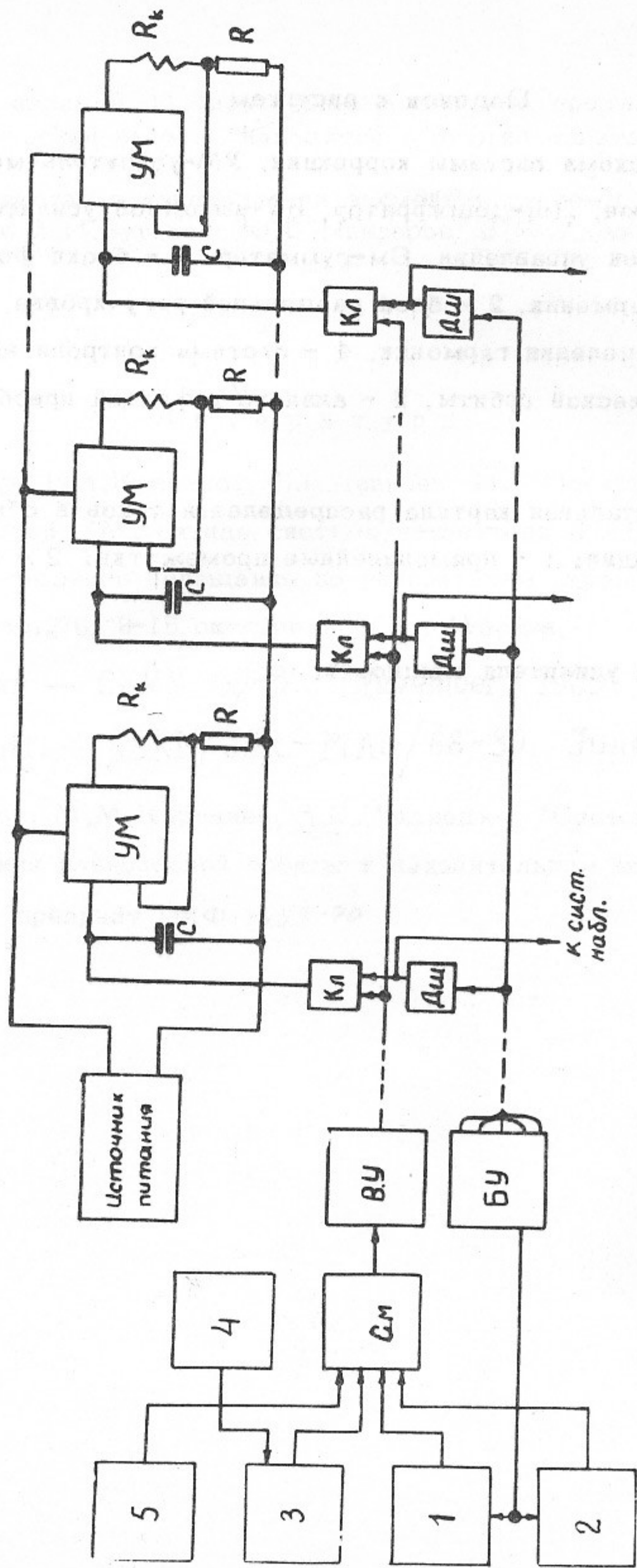
1. Г.И.Будкер, Н.А.Кузнецов, Б.В.Левичев, И.Я.Протопопов, А.Н.Скринский. "Магнитная система накопителя ВЭПП-3". Труды всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, т.1, стр.270, 9-16 октября 1968 г., Москва.
2. Y. Ваконьер — CERN 65-35, November, 1965.
3. L. Resegotti — CERN/JSR-MAG/68-30. June, 1968.
4. А.С.Калинин, М.М.Карлинер, А.С.Медведко. "Система контроля положения равновесной орбиты в накопительном кольце ВЭПП-3", препринт ИЯФ №53-70

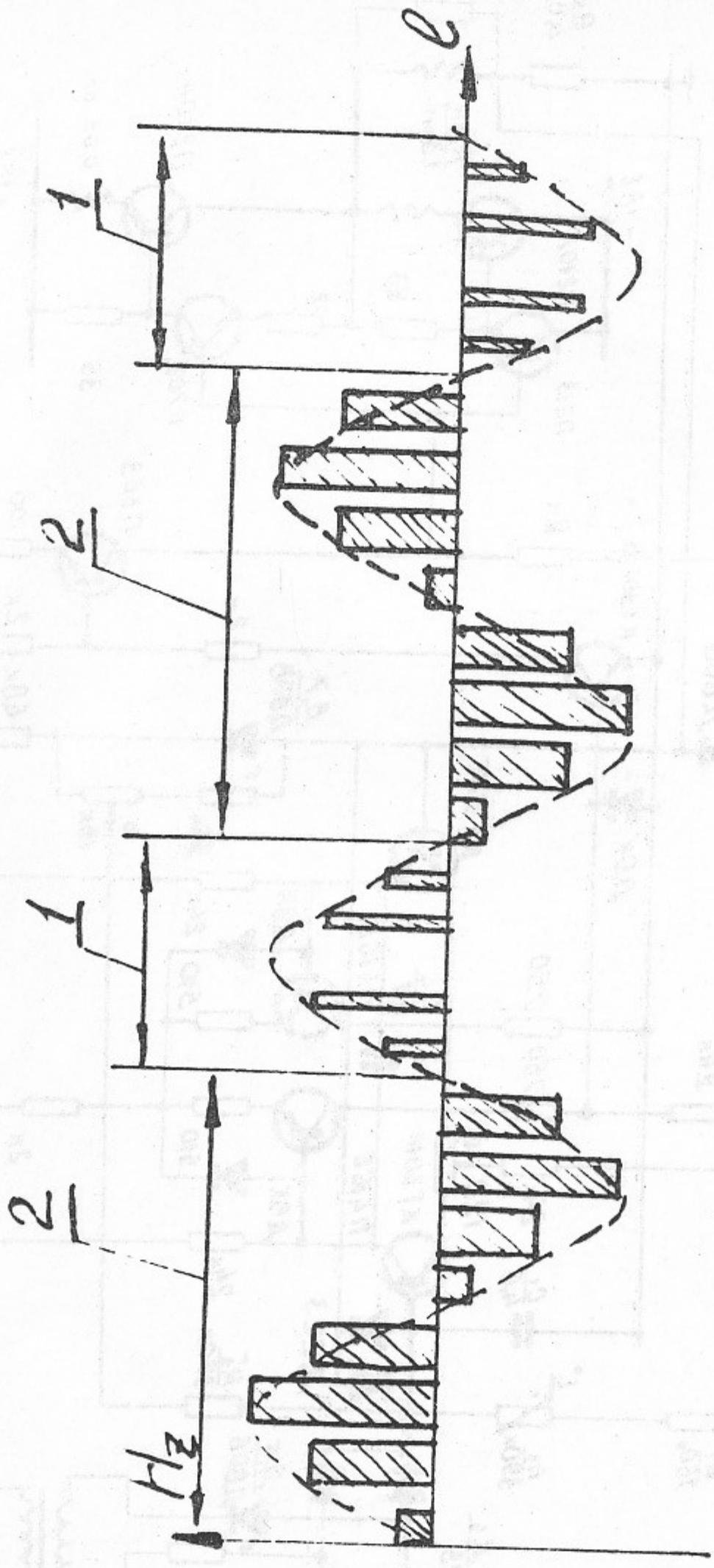
Подписи к рисункам

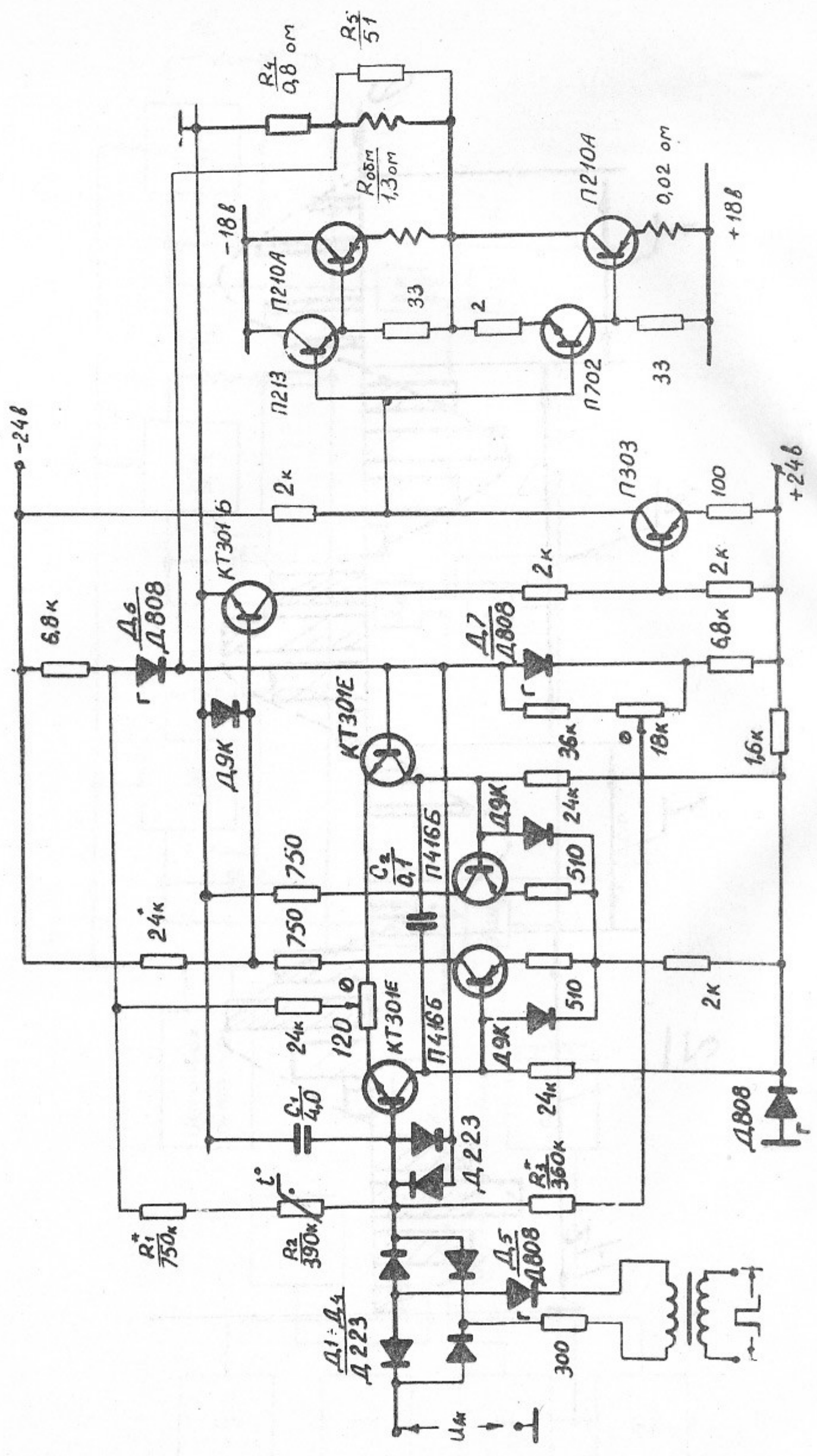
Рис.1. Блок-схема системы коррекции. УМ-усилитель мощности, Кл-ключ, ДШ-дешифратор, ВУ-выходной усилитель, БУ-блок управления, См-сумматор, 1 - блоки формирования гармоник, 2 - блок отдельной регулировки, 3 - блоки выделения гармоник, 4 - система контроля положения равновесной орбиты, 5 - аналого-цифровой преобразователь.

Рис.2. Азимутальная картина распределения токов в обмотках коррекции: 1 - прямолинейные промежутки; 2 - полукольца.

Рис.3. Схема усилителя мощности.







Ответственный за выпуск А.С.Медведко

Подписано к печати 21.07.70

Усл. 0,6 печ.л., тираж 200 экз. Бесплатно.

Заказ № 52 . ПРЕПРИНТ

Отпечатано на ротапринтере в ИЯФ СО АН СССР, нв.