

18

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

И Я Ф 53 - 70

А.С.Калинин, М.М.Карлинер, А.С.Медведко

## СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ РАВНОВЕСНОЙ ОРБИТЫ В НАКОПИТЕЛЬНОМ КОЛЬЦЕ ВЭП - 3

Новосибирск

1970

А.С.Калинин, М.М.Карлинер, А.С.Медведко

## СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ РАВНОВЕСНОЙ ОРБИТЫ В НАКОПИТЕЛЬНОМ КОЛЬЦЕ ВЭПП-3

### А Н Н О Т А Ц И Я

Равновесная орбита контролируется системой электростатических датчиков, равномерно распределенных вдоль накопительного кольца. С помощью диодных ключей датчики поочередно подключаются к линии, передающей сигналы в устройство наблюдения и обработки. Период опроса датчиков составляет 20 мсек. При обработке азимутальные гармоники отклонения равновесной орбиты преобразуются во временные гармоники, которые могут быть использованы для автоматической коррекции равновесной орбиты. Система может работать при числе частиц в кольце больше  $10^8$ .

Описана работа отдельных узлов и системы в целом.

Неоднородности в магнитной структуре накопительного кольца ВЭПП-3 приводят к искажению равновесной орбиты, следствием чего может быть потеря пучка.

Для коррекции этих неоднородностей необходим контроль положения равновесной орбиты. В накопителе положение орбиты измеряется в 20 сечениях камеры (рис.1) пикап-станциями.

Блок-схема системы контроля положения равновесной орбиты дана на рис.2. Система состоит из пикап-станций, канала связи и устройства наблюдения и обработки. Станция имеет электростатические дифференциальные датчики, измеряющие смещение пучка по двум координатам, датчик тока пучка (интегральный датчик) и узкополосные балансные параметрические смесители (БПС) с предварительными усилителями промежуточной частоты (ПУПЧ). Смесители преобразуют сигнал с датчиков (частоты обращения пучка или кратной ей) в сигнал промежуточной частоты  $f_{пр} = 10$  МГц. Через диодные ключи (Кл) выходы трех смесителей данной станции присоединяются к трем линиям передачи (коаксиальные кабели) на время 0,8 мсек 50 раз в секунду. Опрос станций производится поочередно с помощью дешифраторов, управляемых пятизначным параллельным кодом по пяти проводам, проложенным вдоль накопителя. Управляющие кодовые импульсы вырабатываются блоком управления (БУ) системы коррекции. В конце каждой линии включен усилитель промежуточной частоты (УПЧ), настроенный на частоту 10 МГц.

Сигнал с дифференциального датчика после УПЧ подается на синхронный детектор (СД), что необходимо для определения знака смещения пучка от центра камеры. Опорным напряжением служит сигнал соответствующего интегрального датчика на выходе УПЧ-*i*

Благодаря поочередному подключению дифференциальных датчиков к УПЧ временная зависимость напряжений на выходе синхронных детекторов даёт изображение равновесной орбиты по координатам  $x$  и  $z$ .

Эти напряжения после обработки используются для ручной и автоматической коррекции равновесной орбиты. /1/. Постоянная составляющая напряжения с выхода синхронного детектора  $z$ -координаты подается в устройство регулирования частоты ускоряющего напряжения при работе с протонами.

Величина опорного напряжения на выходе УПЧ-*i* поддерживается постоянной при помощи схемы автоматической регулировки усиления (АРУ). Регулировка усиления производится по сигналу интегрального датчика одной из станций и запоминается на период опроса. Напряжение АРУ этого усилителя подается также в цепи регулировки усиления двух других усилителей. Благодаря идентичности УПЧ исключается, таким образом, зависимость сигналов дифференциальных датчиков на выходе УПЧ от тока пучка, т.е., осуществляется нормировка.

На накопителе предполагается два режима работы: электрон-позитронный и протонный. Частота обращения релятивистского электронного (позитронного) пучка 4 МГц, протонного - (0,23 - 2,7) МГц в зависимости от энергии. Для протонного режима имеется схема автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧ).

Дифференциальные и интегральный датчики размещены на одном фланце и образуют монитор. Форма электродов монитора прямолинейных промежутков для обеспечения линейности и независимости показаний от смещения пучка по другой координате выбрана треугольной /2/. В мониторах полуколец из-за наличия в камере приёмников синхротронного излучения форма электродов отличается от оптимальной. Вид электродов и размещение приёмника показаны на рис.3.

Электрические характеристики мониторов при нормировке на сигнал собственного интегрального датчика приведены в табл.1.

В электрон-позитронном режиме при максимальной энергии возможен перегрев монитора из-за рассеянного синхротронного излучения. Для охлаждения электродов тепло от них отводится через сигнальные шины, имеющие радиаторы с принудительным охлаждением. Воздухом.

Точность совмещения *x*- и *z*-осей камеры и монитора (0,1 мм) обеспечивается фланцевым соединением. Выставка датчиков относительно фланца производилась на координатном столе. На нем же с помощью заряженной нити измерялись характеристики и чувствительность.

Перед установкой в накопитель мониторы обезгаживаются в вакууме при 400°C.

Схема балансного параметрического смесителя приведена на рис.4. Пучок, изображенный генераторами тока  $I(f_c)$ , наводит на ёмкости электродов дифференциального датчика  $C_{Э1}$  и  $C_{Э2}$  напряжения, которые прикладываются к нелинейным ёмкостям  $C_{1H}$  и  $C_{2H}$  запёртых диодов типа Д311. Ёмкости  $C_{1H}$  и  $C_{2H}$  модулируются напряжением гетеродина с частотой  $f_r$ . В результате через  $C_{1H}$  и  $C_{2H}$  текут токи комбинационных частот вида  $\pm n f_c \pm m f_r$ . Связанные контуры  $K_1, K_2, K_3$  настроены на разностную (промежуточную) частоту  $f_{пр} = f_r - f_c$ . Вычитание напряжений осуществляется в контуре  $K_3$ . Для установки нуля при вычитании служат ёмкости  $C_5$  и  $C_6$ . Отношение синфазного сигнала к парафазному на ёмкости контура  $K_3$  составляет 0,05 в диапазоне температур  $(20 - 60)^\circ\text{C}$ . Сигнал с контура  $K_3$  подаётся на предварительный усилитель промежуточной частоты (ПУПЧ). Полоса пропускания всей схемы порядка 100кГц.

Применение ёмкостных параметрических смесителей при ёмкостном характере датчика позволяет получить малый коэффициент шума ( $F = 1,1\text{дБ}$ ) схемы /3, 4, 5/. Чувствительность схемы при  $C_{Э1} = C_{Э2} = 70$  пф составила 25 мкВ разностного напряжения на электродах (при этом мощность сигнала на выходе ПУПЧ равна мощности шума). Такой сигнал соответствует смещению равновесной орбиты от центра камеры на 1 мм при амплитуде наблюдаемой гармоники тока пучка около 150 мкА ( $\beta = 1$ ). Линейность амплитудной характеристики смесителя сохраняется до напряжения на электродах порядка 250 мВ.

Три смесителя и предварительных усилителя объединены в модуль, подключаемый к монитору через разъём.

В разработке и изготовлении элементов системы принимали также участие Н.И.Андреев, Н.В.Горячева, В.И.Кушнир и Б.Н.Чекалин.

Таблица 1

Электрические характеристики мониторов при нормировке на сигнал  
собственного интегрального датчика

	X - Датчик		Z - Датчик		Токовый Датчик	
	Для прямых линейных промежутков	Для полуколец	Для прямых линейных промежутков	Для полуколец	Для прямых линейных промежутков	Для полуколец
Чувствительность при $\beta = 1$	300 $\frac{\text{мкВ}}{\text{мм.ма}}$	200 $\frac{\text{мкВ}}{\text{мм.ма}}$	600 $\frac{\text{мкВ}}{\text{мм.ма}}$	500 $\frac{\text{мкВ}}{\text{мм.ма}}$	2,5 $\frac{\text{мВ}}{\text{ма}}$	1,5 $\frac{\text{мВ}}{\text{ма}}$
Отклонение характеристики от линейной	10%					
Зависимость показаний от смещения пучка по другой координате	10%	20%	10%	15%	-	-

## Л и т е р а т у р а

1. И.И.Авербух, В.М.Боровиков, М.М.Карлинер, А.С.Медведко, И.Я.Протопопов. "Система коррекции равновесной орбиты в накопителе ВЭПП-3". Препринт ИЯФ № 52-70
2. Л.Л.Гольдин, А.А.Кузьмин. "О форме электродов, измеряющих положение пучка". ПТЭ, 1967, № 2, стр.18.
3. В.С.Эткин, Е.М.Гершензон. "Параметрические системы на полупроводниковых диодах". "Сов.радио", М., 1964.
4. М.Е.Мовшович. "Полупроводниковые преобразователи частоты". "Энергия", М., 1968.
5. А.С.Калинин. "Система измерения положения и тока пучка в камере накопителя ВЭПП-3". Дипломная работа. Новосибирский государственный университет, 1968.

## Подписи к рисункам

Рис.1. Размещение мониторов на накопительном кольце.

1 - магниты; 2 - квадрупольные линзы;  
3 - резонаторы; 4 - мониторы.

Рис.2. Блок-схема системы контроля положения равновесной орбиты. 1 - станции; 2 - канал связи; 3 - устройство наблюдения и обработки.

Рис.3. Монитор для полуколец накопителя.

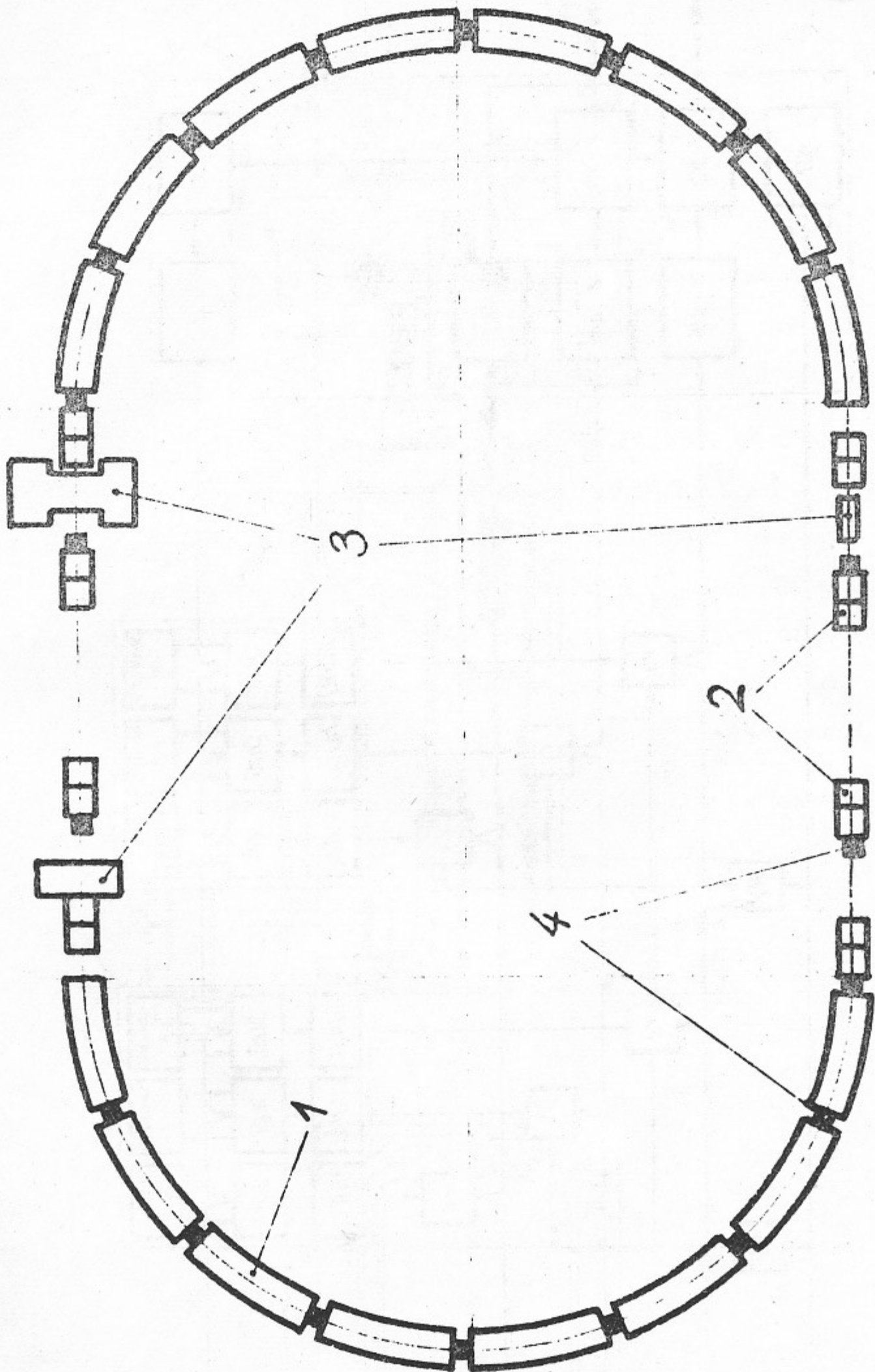
$a \times b$  - апертура камеры,  $a = 58$  мм,  $b = 29$  мм;

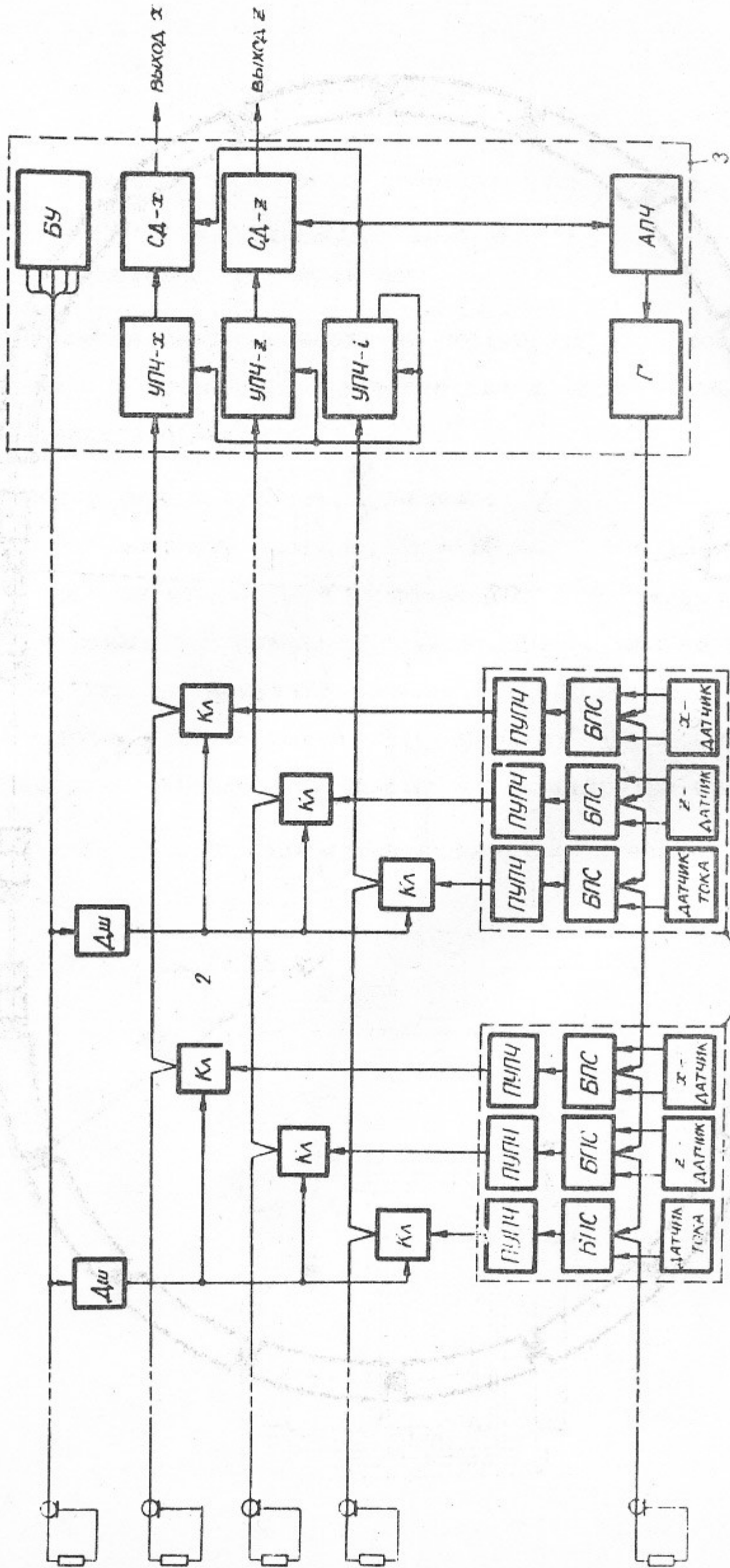
1 -  $x$ - пластины; 2 -  $z$ - пластины; 3 - токовый датчик;  
4 - экраны; 5 - приёмник синхротронного излучения;  
6 - жгут; 7 - вакуумный ввод; 8 - радиатор; 9 - разъём;  
10 - трубка для воздуха; 11 - цилиндр.

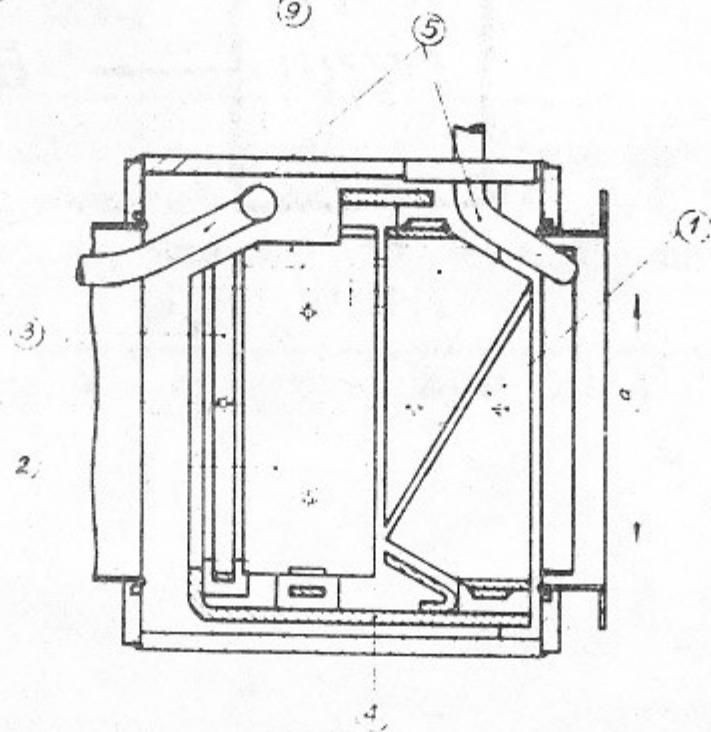
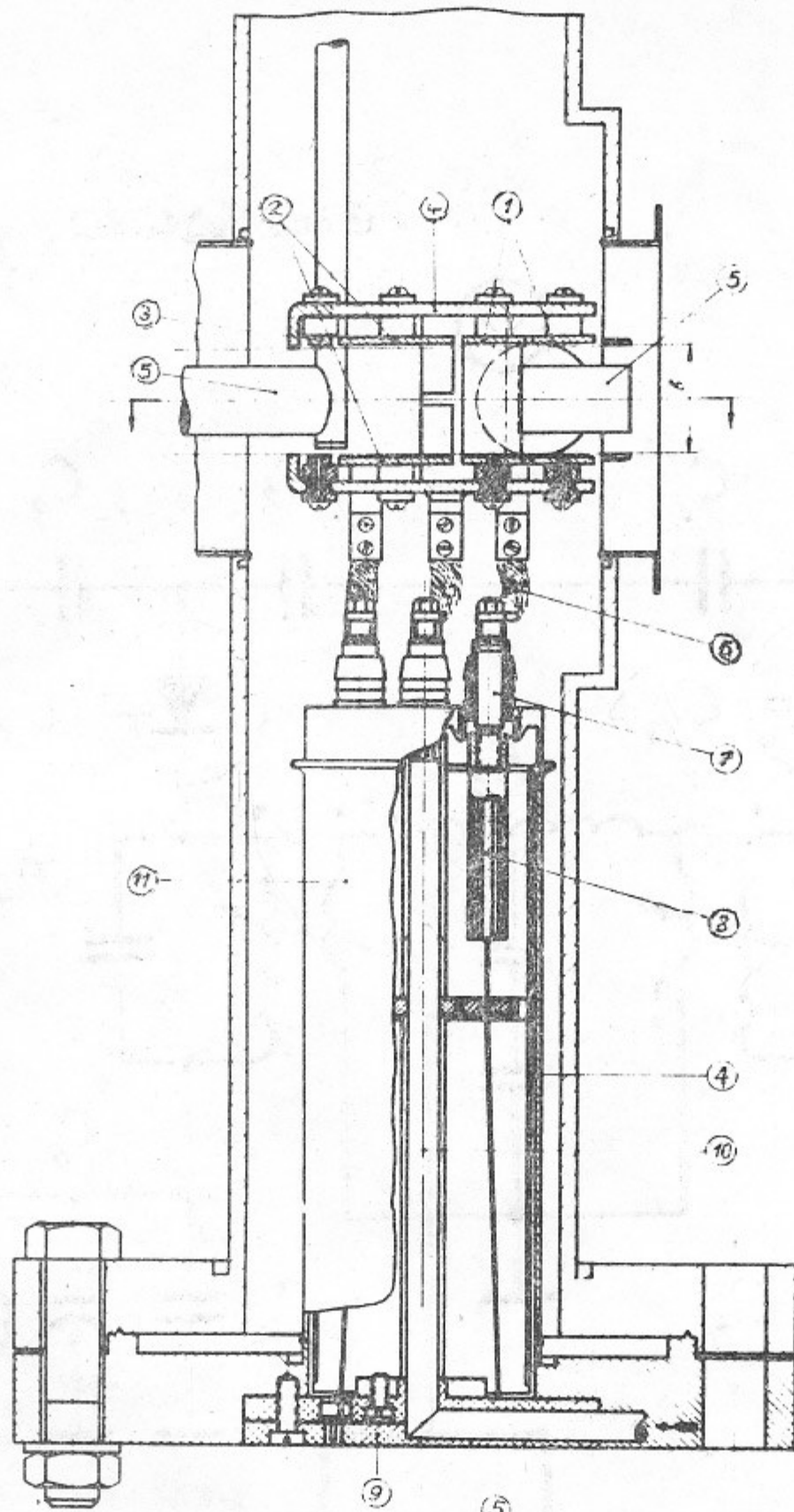
Крепление экрана с датчиками к цилиндру не показано.

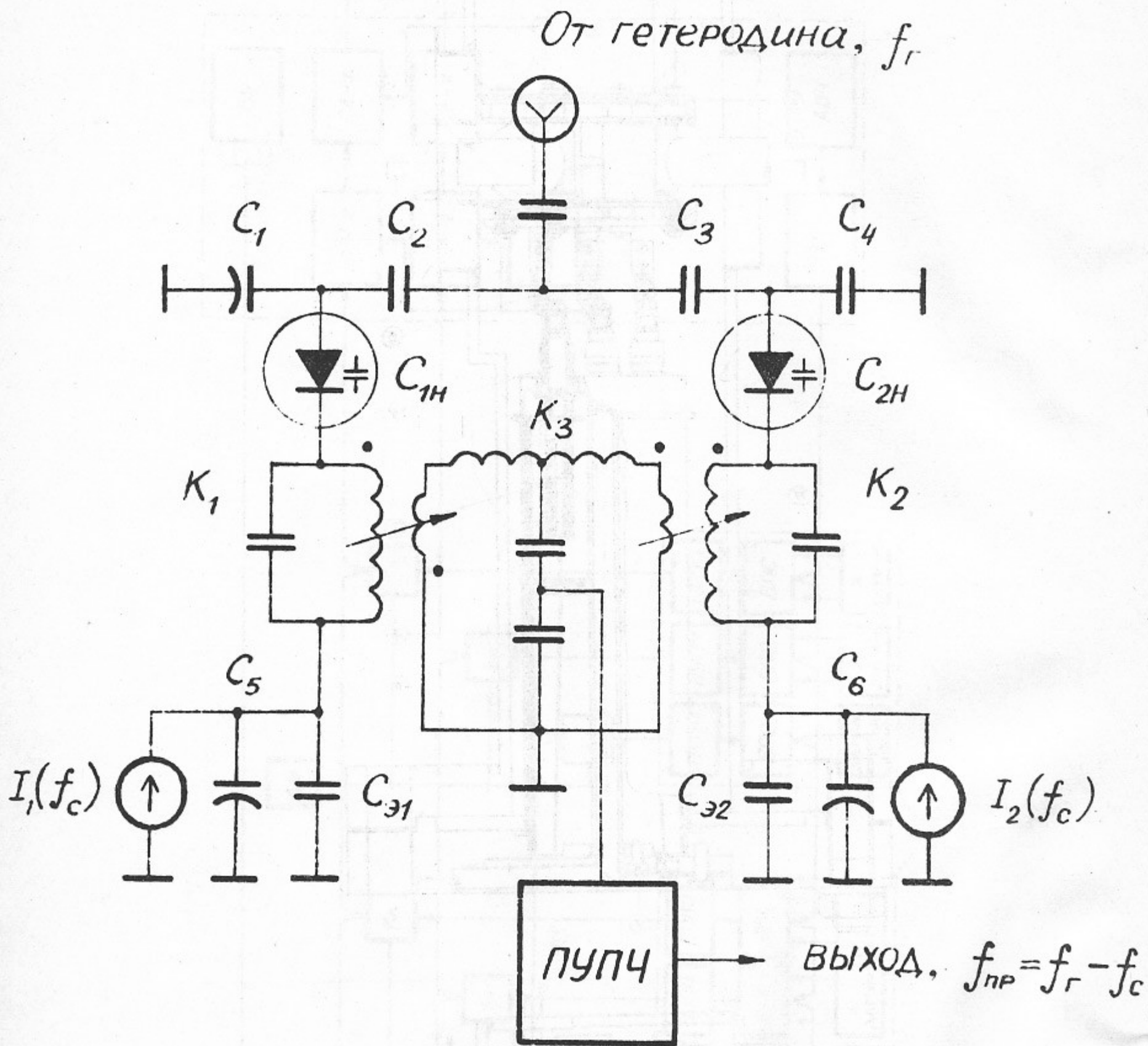
Рис.4. Схема балансного параметрического смесителя.











---

Ответственный за выпуск А.С.Медведко  
Подписано к печати **21.07.70**.

Усл. **0,6** печ.л., тираж 200 экз. Бесплатно.  
Заказ № **53** . ПРЕПРИНТ.

---

Отпечатано на ротапринтере в ИЯФ СО АН СССР, нв.