

Лабораторная работа №3

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХПАРАМЕТРОВОГО ПЕРВИЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НЕСЕЛЕКТИВНОГО ТИПА ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ДПКД-10

1. Цель работы

1. Изучить структурную схему двухпараметровой информационно-измерительной системы на базе многочастотного пьезорезонансного ПИП.

2. Изучить принцип действия, конструкцию и схемотехнику неселективного измерительного преобразователя с кварцевым резонансным чувствительным элементом, возбуждаемым одновременно на трех частотах и использующего механическую силовую и температурную чувствительности (тензо- и термочувствительность).

3. Приобрести навыки в снятии статических градуировочных характеристик по давлению одновременно на трех частотах, оценке свойств этих характеристик с точки зрения многомерных измерений.

2. Описание лабораторной установки

Изучаемая МИИС предназначена для одновременного измерения давления и температуры газа. В ее состав (рис.1) входят ПИП, ВИП и ЭВМ. Чувствительный элемент ПИП выполнен в виде датчика ДПКД-10 с рабочим диапазоном давлений $0 \dots 10 \text{ кгс/см}^2$ и диапазоном температур $(-60 \dots +130)^\circ\text{C}$, а многомерный измерительный сигнал формируется трехчастотным автогенераторным электронным блоком. Вторичный измерительный преобразователь содержит три блока гетеродинов БГ1...БГ3 для переноса информационных сигналов в низкочастотную область $F_i = f_i - f_0$, где f_0 — значение опорной частоты опорного генератора — гетеродина ОГ. Низкочастотные информационные сигналы преобразуются в коды преобразователями "частота-код" ПЧК1...ПЧК3 и через блок согласования БС поступает на ЭВМ для решения системы уравнений относительно значений давления P и температуры T . Опорные временные интервалы ("ворота"), необходимые для работы ПЧК1.. ПЧК3, формируются делителем частоты ДЧ из сигнала опорного генератора.

Конструкция ДПКД-10 (рис.2)

Основным узлом датчика является его чувствительный элемент (ЧЭ) — высокочастотный кварцевый резонатор 4, жестко запрессованный в силопередающий элемент — цапфу 5 и возбуждаемый одновременно на трех частотах: пятой и седьмой механических гармониках f_5 и f_7 , а также на ангармонике седьмой механической гармоники f_{7A} . Соединение "металл-кварц" цапфы 5 и резонатора 4 не имеет люфтов и гистерезиса, являющихся главными источниками погрешностей в устройствах такого типа.

Воспринимаемое ЧЭ механическое усилие является результатом преобразования T . Мембрана (и весь датчик) выполнена из антикоррозийного упругого сплава 36НХТЮ, ее конструкция обеспечивает формирование усилия, совпадающего с продольной осью датчика. Поперечные составляющие этого усилия отсутствуют, благодаря чему достигается плоское нагружение ЧЭ.

Мембрана 3 и цапфа 5 с помощью электронно-лучевой сварки соединены с основанием. Внутренняя полость мембраны вакуумирована, поэтому ДПКД-10 является датчиком абсолютного давления.

С мембраной 3 также с помощью сварки соединен приемный узел 1, имеющий туцерную часть, с помощью которой датчик присоединяется к источнику измеряемого давления P и температуры T . Благодаря высокой теплопроводности мембраны 3 и цапфы 5 обеспечивается эффективная передача тепла к ЧЭ 4 и температура кварцевого резонатора мало отличается от измеряемой температуры газа T .

Электрические выводы 7 через металлогермовывод соединены с электродами кварцевого резонатора 4 и с резисторами согласующего П-четырёхполюсника, смонтированными на плате 6. Выводы этих резисторов через электрический разъем 9, установленный на защитном кожухе 8, соединены с помощью двух высокочастотных кабелей с электронным блоком.

Конструкция электронного блока

ЭБ имеет секционированную структуру, обеспечивающую благодаря экранированию трех каналов подавление межканальных связей на уровне 80дБ. На одной из его боковых стенок установлены два байонетных ВЧ разъема, обозначенных знаком "□", с помощью которых ЭБ соединяется с датчиком. На этой же стенке смонтирован разъем питания « U_n », обеспечивающий

подключение ЭБ к источнику питания +12В.

На противоположной стенке ЧЭ установлены три ВЧ разъема, предназначенные при выполнении лабораторной работы для подачи сигналов каждой из частот f_5 , f_7 и f_{7A} к частотомерам. При работе изучаемого ПИП в составе реальной МИИС эти сигналы поступают на входы ВИП (рис.1)

Структурная схема трехчастотного ПИП (рис.3)

Одновременное возбуждение ЧЭ на трех частотах достигается благодаря использованию последнего в качестве многорезонансного (три резонанса) частотного дискриминатора, осуществляющего частотную автоподстройку трех автономных друг от друга петель.

ПИП содержит: 1) блок суммирующих усилителей БСУ, содержащий три согласующих усилителя сумматора $\sum 1, \sum 2, \sum 3$, сумматор (на VT8) с согласующей цепочкой, входящей в состав П-четырёхполюсника, в который с помощью двух кабелей включен усилитель выходного трехчастотного сигнала ДПКД-10 (на VT9, VT10); 2) три генератора, управляемых напряжением ГУН1, ГУН2, ГУН3, с выходов которых через соответствующие буферные каскады снимаются сигналы с частотами f_5 , f_7 , f_{7A} на выходные разъемы и через разветвители и компенсаторы фазового сдвига 1 на первые входы каждого своего фазового детектора ФД1, ФД2, ФД3. Вторые входы этих детекторов соединены с единственным выходом усилителя выходного сигнала ДПКД-10. Фазовые детекторы формируют каждое управляющее напряжение E_{y1} , E_{y2} , E_{y3} , каждое из которых является функцией двух параметров (давления P и температуры T). Каждое управляющее напряжение управляет своим управляемым генератором кварцевым УГ₁, УГ₂, УГ₃, вследствие чего их частоты генерации f_5 , f_7 , f_{7A} будут каждая являться функциями P и T и образуют систему трех линейно независимых уравнений двух неизвестных.

Схемотехника электронного блока (рис.4)

Все ГУН содержат кварцевый управляемый генератор, выполненный на транзисторе VT2 (здесь и далее рассматривается канал информационной частоты f_5) по схеме емкостной трехточки на кварцевом резонаторе ZQ. Управление частотой осуществляется с помощью варикапа VD1. Индуктивность L1 предназначена для расширения межрезонансного промежутка с целью увеличения диапазона перестройки частоты. Через конденсатор связи C5, выполняющий одновременно функцию разделительного, сигнал подается на буферный каскад — эмиттерный

повторитель на VT3 и далее на усилитель - разветвитель (VT4), один выход которого обеспечивает большую амплитуду сигнала, снимаемого с нагрузки R15+R16, а другой — малую, благодаря съему с части коллекторной нагрузки (только с R15). Сигнал частоты f_5 с большой амплитудой через эмиттерный повторитель на VT5 подается на выходной ВЧ-разъем, а с меньшей — через фазирующую цепь C1R1 и через согласующий усилительный каскад на VT1 подается на первый вход фазового детектора, выполненного на микросхеме K174ПС1 (вывод 13). На второй вход ФД (вывод 7) поступает сигнал с выхода двухкаскадного усилителя сигнала, снимаемого с П-четырёхполюсника (R39, R34, ZQ, R36, R35). Поскольку амплитуда этого сигнала весьма мала, применен двухкаскадный усилитель на VT9, VT10 с идентичной схемой.

Выходной сигнал с выхода согласующего каскада на VT1 подается не только на первый вход ФД, но и через компенсатор фазового сдвига R9C10 на вход согласующего усилителя сумматора на VT6 (эмиттерный повторитель), VT7 (усилитель по схеме ОБ). Такая схема минимизирует обратное прохождение сигналов всех трех частот на выходные клеммы, благодаря чему совместно с тщательным экранированием каналов обеспечена очень высокая их развязка (около 80дБ). С коллекторной нагрузки R29 сигнал подается на вход усилителя на VT8, нагруженного через разделительный конденсатор C24 на вход П-четырёхполюсника.

3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкцией датчика, схемами электронного блока, правилами работы с задатчиком давления ГУПМ-300.

2. После собеседования, получив разрешение преподавателя на включение лабораторной установки

- установить тумблеры рода запуска частотомеров в положение "внешний пуск", "время измерения" - 10s;

- подключить выходы электронного блока ко входам трех частотомеров;

- проверить надежность подключения датчика к задатчику давления ГУПМ-300. Задаваемое давление должно быть равно нулю;

- подать напряжение питания +12В и, считывая отсчеты с частотомеров нажимая на кнопку "Внешний пуск" каждые 25...30 с, снять характеристики выбега частот.

3. Задавая давление от 0 до 10кгс/см² через 1 кгс/см², снять градуировочные характеристики "давление-частота" по всей трем частотам. При этом: ручку "наполн.-слив" поставить в положение

"наполн.", штурвал "всасыв.-давление" вращением против часовой стрелки поставить в крайнее левое положение, ручку "наполн.-давление" в положение "наполн.". Несколькими движениями насоса произвести заполнение системы, ручку "наполн.-давление" перевести в положение "давл." и вращением штурвала установить первое значение $P=1\text{кгс/см}^2$, отснять все градуировочные точки до $P=10\text{кгс/см}^2$, после чего, снижая давление, снять характеристику обратного хода. Определить максимальную девиацию частоты для каждой из частот во всем интервале изменения давления и разрешающую способность ПИП при разрешении по частоте 0.1Гц. Оценить линейность характеристики преобразования.

4. Оценить воспроизводимость преобразований "давление-частота". Для этого осуществить съем показаний всех частот для $P=5,0\text{кгс/см}^2$ 10 раз. Определить СКО результата преобразования "давление-частота".

5. Оценить динамические характеристики системы. Для этого, установив максимальную величину давления $P=10\text{кгс/см}^2$, осуществить резкий сброс его до нуля. При этой ручку ГУМП-300 "наполн. - давл." из положения "давл." перевести в положение "наполн.", а ручку "наполн.-слив" перевести из положения "наполн." в положение "слив". Отсчеты показаний частотомеров осуществлять через каждые 25...30 секунд с момента получения $P=0$ по образцовому манометру.

4. Обработка результатов эксперимента

1. С помощью программы NUMERI построить нормированные градуировочные характеристики для каждой из частот.
2. Определить крутизну преобразования и разрешающую способность для каждой из частот.
3. Аппроксимировать градуировочные характеристики полиномом первой степени.

5. Содержание отчета

1. Структурная схема измерительного преобразователя.
2. Таблица измерений по п. п. 3, 4, 5.
3. Графики результатов измерений по п.п. 3, 4, 5.
4. Выводы по работе.

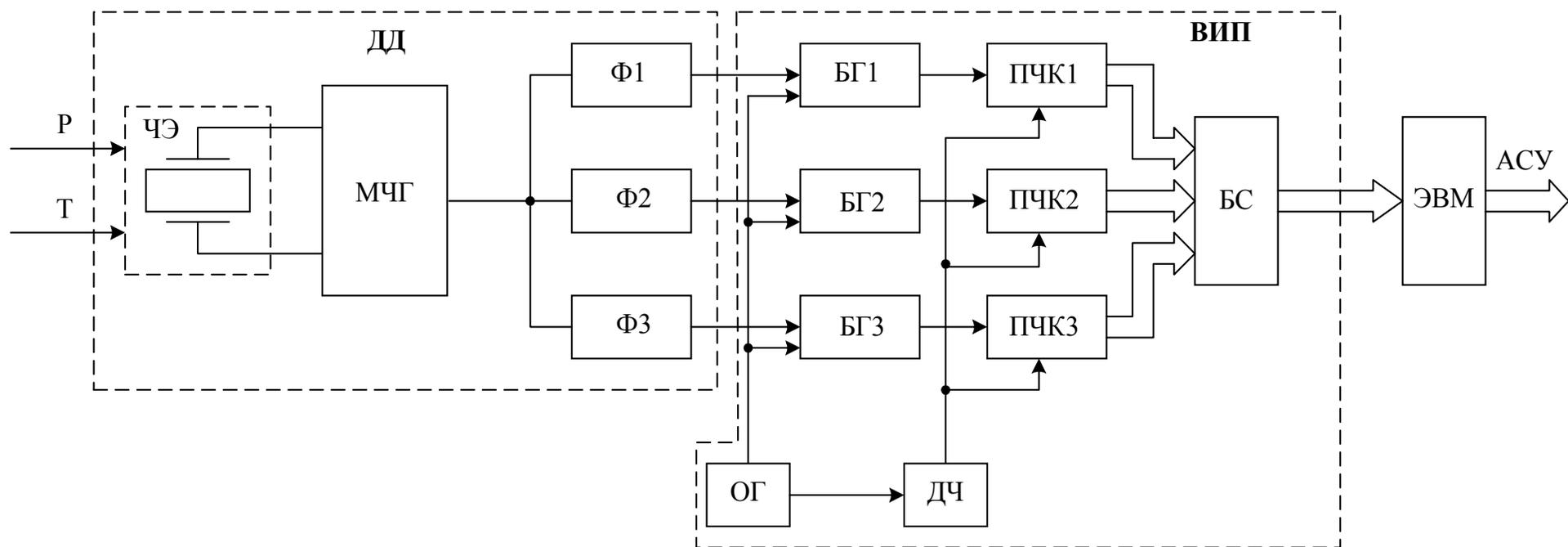


Рис.1 Структурная схема информационно-измерительной системы

Р, Т - давление и температура газа;

ДД - датчик давления;

ЧЭ - чувствительный элемент-пьезорезонатор;

Ф1,2,3 - полосовой фильтр;

ВИП - вторичный измерительный преобразователь;

БГ1,2,3 - блок гетеродинирования;

ОГ - опорный генератор;

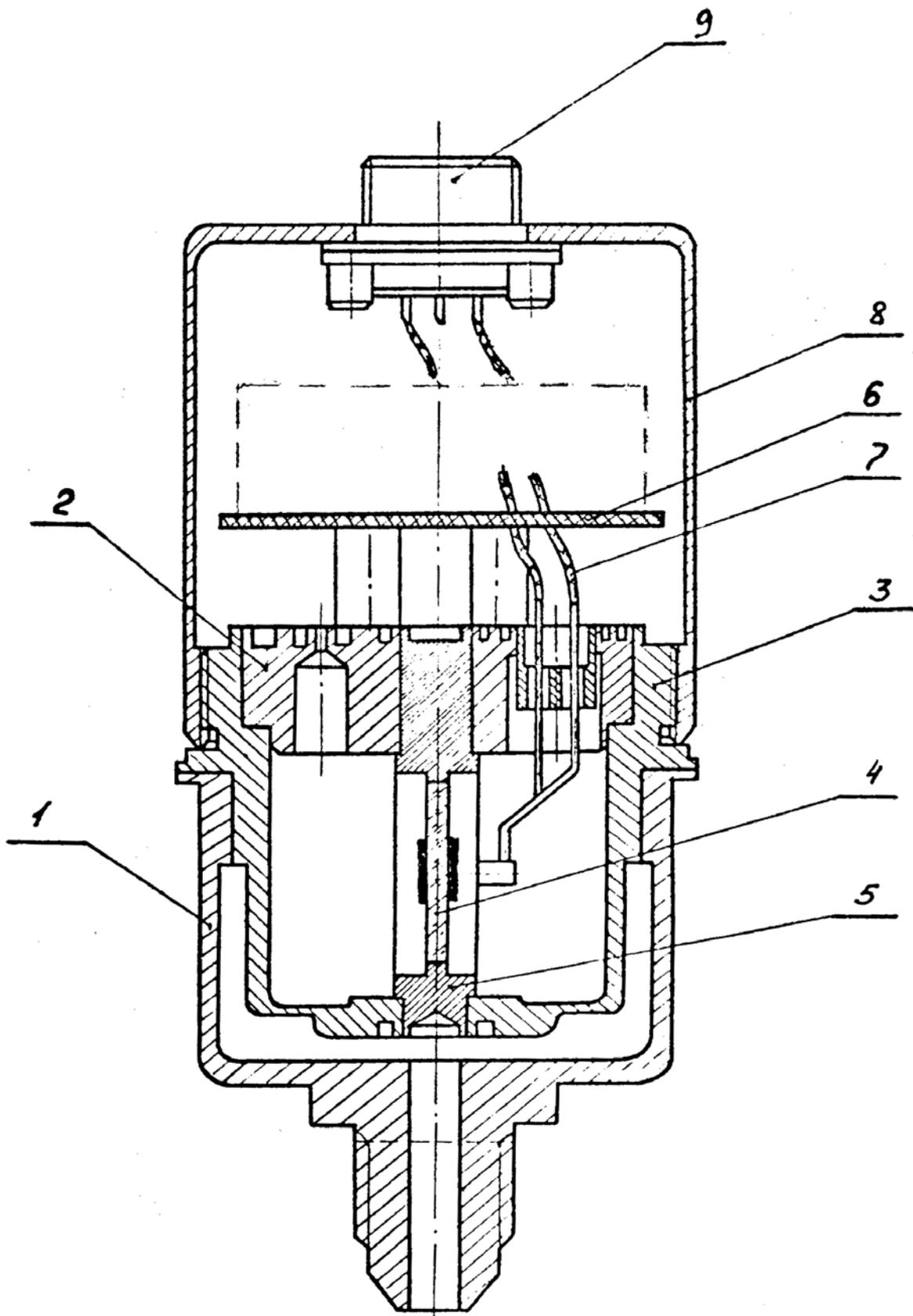


Рис. 2 Конструкция ДПКД - 10

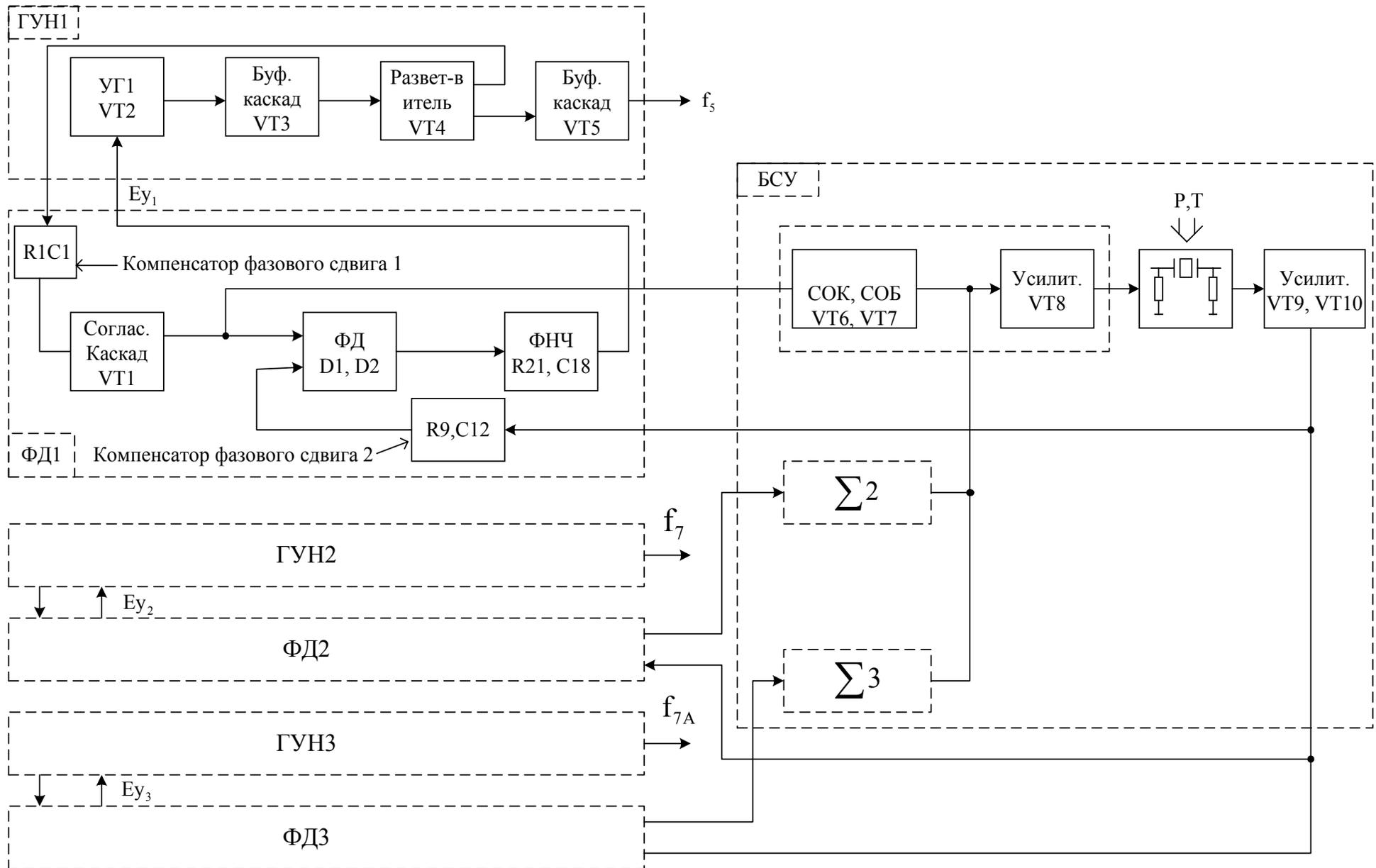


Рис.3 Структурная схема трехчастотного ПИП

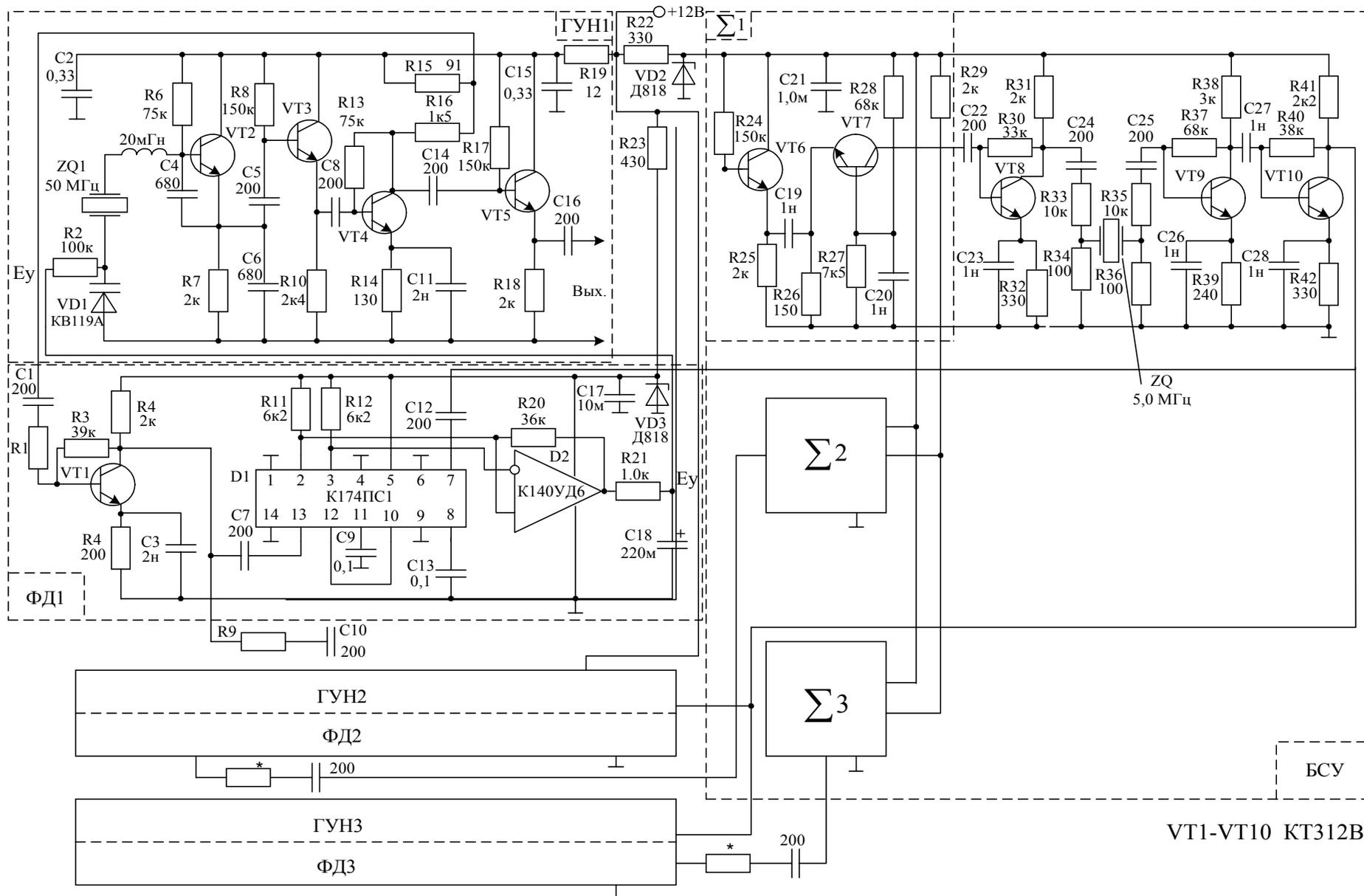


Рис.4 Схема электронного блока