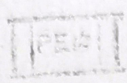
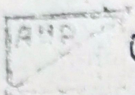
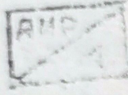


6540



108-114

Суб

УДК 621.317.321

О.В.Гришков, А.Н.Морозова, Б.И.Ро

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА
МИКРОВОЛЬТОВОГО УРОВНЯ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ
ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

При проектировании ИИС и ИВК, использующих термопары и высокочувствительные тензодатчики, стоит задача разработки усилителей постоянного тока (УПТ) микровольтового уровня, обладающих высокими метрологическими и эксплуатационными параметрами.

Выпускаемые в настоящее время фотогальванометрические УПТ микровольтового уровня (например, ФПТ) имеют низкую надежность, узкий диапазон рабочих температур, не могут работать в условиях вибрации и при большом значении сопротивления источника сигнала.

УПТ на основе вибропреобразователей обладают высокой чувствительностью, но имеют ряд недостатков: низкую надежность, малый срок службы, необходимость периодической подстройки. УПТ с преобразованием сигнала по схеме модулятор-демодулятор (МДМ), выполненные с модулятором на полевых МОП-транзисторах, нашли широкое применение в измерительных преобразователях для усиления сигналов милливольтового уровня. Однако они обладают недостаточной чувствительностью и стабильностью смещения нулевого уровня, что становится особенно заметным при сопротивлении источника сигнала более 1 кОм. Это обусловлено наличием в цепи сигнала паразитного тока, который зависит от величины емкости между цепями управления и сигнала.* Типичная величина емкости для полевых МОП-транзисторов составляет $5 \cdot 10^{-12}$ ф, что приводит к возник-

* Горохов В.П., Гришков О.В., Завадский Н.Н., Кавокин В.П., Морозова А.Н., Перчуков В.И. Исследование фоторезисторных модуляторов для усилителей постоянного тока высокой чувствительности. - Труды ВНИИЭП. Элементы, узлы, блоки средств электрических измерений, 1976

Труды ВНИИЭП "Проектирование средств электроизмерительной техники", 1979

новеньки составляли порядка 10^{-9} А.

Таким образом постоянный ток в диапазоне сигналов имеет аддитивную составляющую от высокоомных эксплуатационных элементов. В этом должно быть температурное дрейфование точки сигнала

Имеется разный уровень, основанный и термостатированием тока смещения. При выпуске усилителей также нестабильно и под влиянием

Опыт отечественные также проведенные вания схем модуляторов на чувствительного УПТ

В статье привели выполненного по оптической связи в источника света в качестве фотоприемника Cd Hg Se, спектрально-чувствительного оптрона с транзисторов, размещенных

Проведение в менном токе дали в тока управления, входной ток, входной дрейф нулевого уровня

На рис.1 приведен резистора от тока

8-114
Розова, Д. И. РоКА
ЕТОВтермопары и
разработке
го уровня,
ационнымиметрические
от низкую
не могут ра-
ни сопротив-от высокой
кую надеж-
еской под-
модулятор-
полевых
ерительных
тового уров-
ностью и
овится осо-
ла более
разитного
цепями уп-
ля полевых
ит к возник-Н., Каво-
ние фоторе-
тока высо-
лы, блоки

ительной

новенно составляющей тока смещения цепи источника сигнала порядка 10^{-9} А.

Таким образом, актуальна задача создания усилителя постоянного тока высокой чувствительности, работающего в диапазоне сигналов микровольтового уровня, с низким значением аддитивной составляющей погрешности, способного работать от высокоомных источников сигнала, имеющего хорошие эксплуатационные параметры, малые габариты и массу. При этом должно быть обеспечено низкое значение временного и температурного дрейфа нулевого уровня при сопротивлении источника сигнала до 100 кОм.

Имеются различные способы уменьшения дрейфа нулевого уровня, основанные на подборе транзисторов, симметрировании и термостатировании схемы модулятора, введении цепей компенсации тока смещения. Однако они трудно выполнимы при серийном выпуске усилителей из-за технологической сложности, а также нестабильности параметров полевых транзисторов во времени и под влиянием температуры.

Опыт отечественного и зарубежного приборостроения, а также проведенные теоретические и экспериментальные исследования схем модуляторов показали перспективность использования модуляторов на базе оптоэлектроники для создания высокочувствительного УПТ микровольтового уровня.

В статье приводятся результаты исследований модулятора, выполненного по последовательно-параллельной схеме с прямой оптической связью на двойном оптроне типа ОЭП-16. В качестве источника света использован светодиод из $GaAs$, в качестве фотоприемника - фоторезистор на основе материала $CdHgSe$, спектрально согласованный со светодиодом. Конструктивно оптрон состоит из двух светодиодов и двух фоторезисторов, размещенных в металлическом корпусе.

Проведенные испытания оптронов на постоянном и переменном токе дали возможность рационально выбрать величину тока управления, частоту управляющих импульсов, определить входной ток, входное и выходное сопротивления модулятора, дрейф нулевого уровня.

На рис. 1 приведен график зависимости сопротивления фоторезистора от тока светодиода (управляющего тока). При

токе управления менее 10 мА имеет место сильная зависимость сопротивления фоторезистора от тока управления. При токе 10-20 мА световое сопротивление фоторезистора меняется незначительно, поэтому ток управления выбран равным 10 мА. При этом значении тока управления световое сопротивление оптрона составляет величину 1,5-3 кОм. Темновое сопротивление фоторезистора (при отсутствии управляющего тока) превышает 10 МОм.

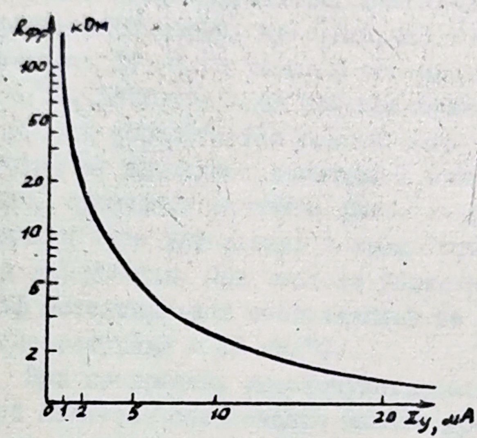


Рис.1. Зависимость сопротивления фоторезистора от тока управления оптрона

Для оценки быстродействия оптронов определены величины времени нарастания τ_n и времени спада $\tau_{сп}$ выходного напряжения модулятора при установлении выходного напряжения на уровне 0,9 установившегося значения. При сопротивлении источника сигнала 100 кОм τ_n и $\tau_{сп}$ составляют 0,3 и 0,05 мс соответственно, а при сопротивлении источника сигнала 1 кОм $\tau_n \approx \tau_{сп} \approx 0,15$ мс. Ток управления незначительно влияет на быстродействие оптронов.

Для выбора оптимальной частоты управления оптронов исследована зависимость коэффициента передачи модулятора от частоты управления. При частоте управления 250-300 Гц коэффициент передачи модулятора близок к 0,5, входное сопротивление примерно 250 кОм, что дает возможность построить схему усилителя с высоким входным сопротивлением.

Конст
 ции между
 личину про
 тить, что
 ружией и
 обусловив
 оптронного

Испыт
 параллельно
 превышает 1
 I п A/°C. По
 го уровня с
 которая не
 вания, сумм
 величины то
 тока управл
 дрейф потен
 а температу

При по
 лемой являе
 уровня, кот
 ет аддитивн
 ких метроло
 ления и неос
 обычно испол
 связь.

Примене
 усилителей д
 щий УПТ на б
 ных блоках.
 альная схема

Усилите
 довательно-п
 переменного
 напряжения (с
 лителя (блок
 усилителя, по
 на интегральн

Сильная зависимость
изменения. При токе
модулятора меняется не-
значительно равным 10 мА. При
сопротивлении оптро-
на сопротивление
этого тока) превышает

Конструкция оптрона обеспечивает сопротивление изоля-
ции между входной и выходной цепями не менее 10^{10} Ом и ве-
личину проходной емкости не более $5 \cdot 10^{-14}$ ф. Следует отме-
тить, что проходная емкость оптрона определяется его конст-
рукцией и поэтому достаточно стабильна, что, в свою очередь,
обуславливает низкое значение токовой составляющей дрейфа
оптронного модулятора.

Испытания модулятора, выполненного по последовательно-
параллельной схеме, показали, что входной ток модулятора не
превышает 10 пА, а токовая составляющая дрейфа не превышает
1 пА/°С. Потенциальная составляющая дрейфа смещения нулево-
го уровня определяется суммой фото- и термо-ЭДС оптронов,
которая не превышает величины 1 мкВ. Как показали исследо-
вания, суммарная величина фото- и термо-ЭДС не зависит от
величины тока управления и прямо пропорциональна частоте
тока управления. При частоте управления 250 Гц временной
дрейф потенциальной составляющей не превышает 100 нВ за 8 ч
а температурный - 30 нВ/°С.

При построении высокочувствительных УПТ основной проб-
лемой является обеспечение малого дрейфа смещения нулевого
уровня, который не отличается от входного сигнала и вызыва-
ет аддитивную составляющую погрешности. Для получения высо-
ких метрологических параметров, заданного входного сопротив-
ления и необходимой стабильности характеристик усилителя
обычно используется последовательная отрицательная обратная
связь.

Применение блочно-функционального принципа построения
усилителей дает возможность реализовать несколько модифика-
ций УПТ на базе ограниченного числа однотипных функциональ-
ных блоков. На основе вышеизложенного разработана принципи-
альная схема усилителя, показанная на рис.2.

Усилитель состоит из модулятора, выполненного по после-
довательно-параллельной схеме на оптроне ОЭП-16, усилителя
переменного тока (блок 1, блок 3), генератора управляющего
напряжения (блок 2), демодулятора (блок 4) и выходного уси-
лителя (блок 5). Усилитель переменного тока состоит из пред-
усилителя, построенного на полевых транзисторах, и каскада
на интегральной микросхеме МАА725. Режим работы предусли-

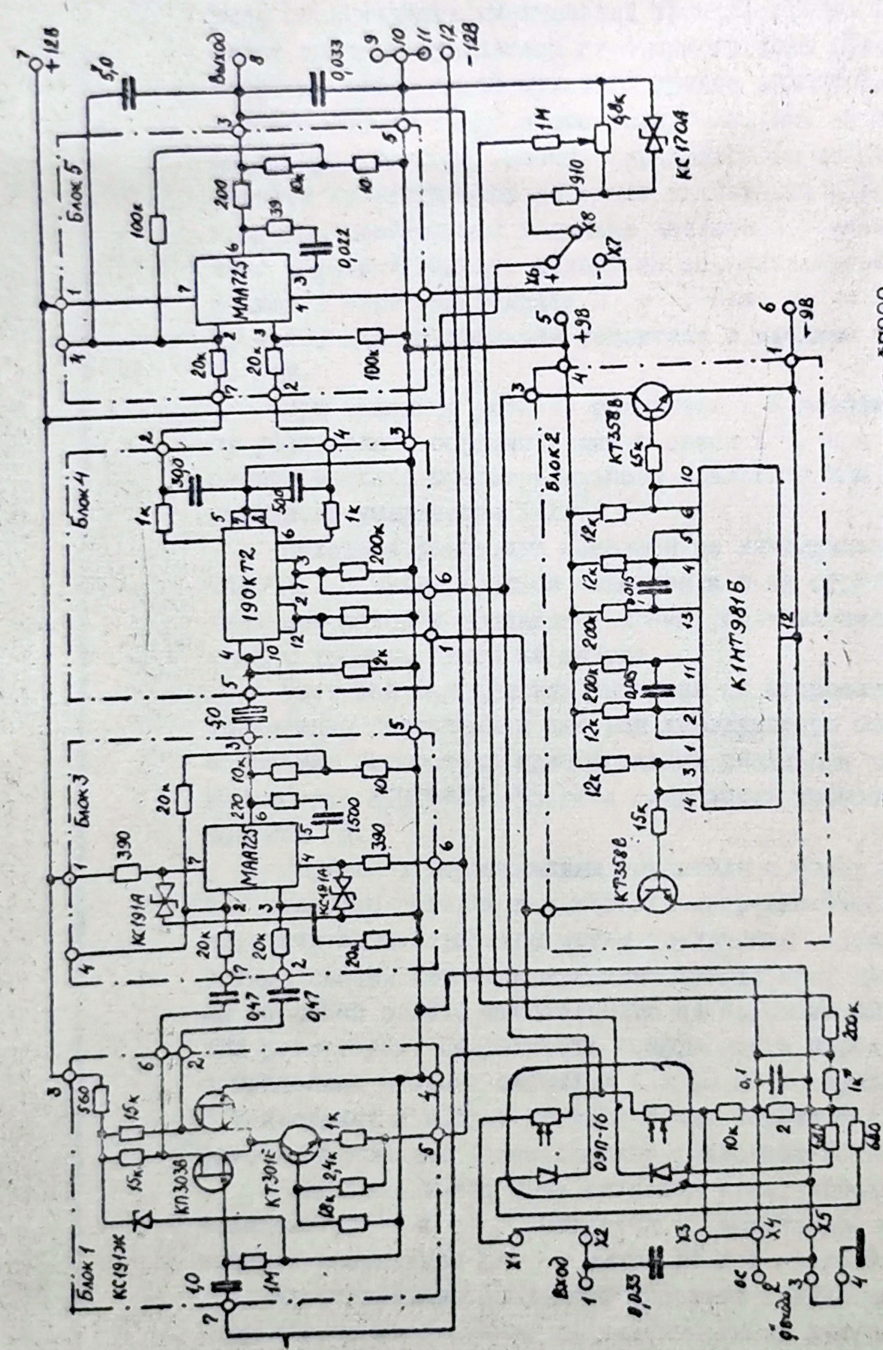


Рис.2. Принципиальная схема усилителя Ф7200

теля обеспечи
цент передач
образом, чтоб
приведенный
не дрейфа нуле
расчета coeff
задается необ
бина обратной
фициента перед
К_p = 100 для м
10 мкВ.

При выходи
чи усилителя
цент передач
выходного уси
Выходной
МАА725 с инт
значение котор
теля и уровень
Мостовой
Управление опт
с помощью гене
ной сборке KIN
сов 250 Гц.

Переход к
нем входного
передачи осуще
ратной связи.
для обратной св
вых резисторах
с пределами вх
В усилителях с
вляется с помо
Усилитель
тенциометре,
ванного напряж
Конструкт
штэфльковыми ко

КС 1704

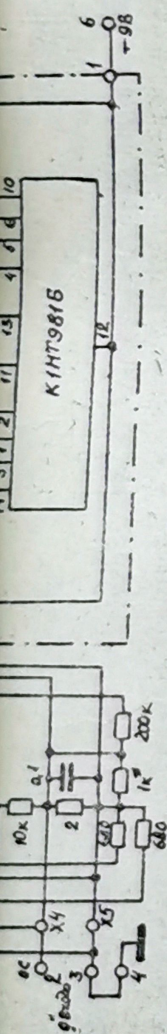


Рис. 2. Принципиальная схема усилителя Ф7200

теля обеспечивает минимальный уровень шумов. Общий коэффициент передачи усилителя переменного тока рассчитан таким образом, чтобы дрейф нулевого уровня выходного усилителя, приведенный ко входу всего усилителя, был значительно меньше дрейфа нулевого уровня, определяемого модулятором. Для расчета коэффициентов передачи усилителей МДМ и выходного задается необходимая величина петлевого усиления K_p (глубина обратной связи), исходя из значения погрешности коэффициента передачи усилителя δ . При $\delta = 2\%$ принято $K_p = 100$ для модификации усилителя с входным сигналом 10 мкВ.

При выходном сигнале усилителя 1 В коэффициент передачи усилителя с обратной связью равен 10^5 , при этом коэффициент передачи предварительного усилителя МДМ равен $2 \cdot 10^3$, выходного усилителя — $5 \cdot 10^3$.

Выходной усилитель выполнен на интегральной микросхеме МАА725 с интегрирующей емкостью в цепи обратной связи, значение которой определяет время установления всего усилителя и уровень шумов на выходе.

Мостовой демодулятор выполнен на микросхеме 190КТ2. Управление оптронами и ключами демодулятора осуществляется с помощью генератора прямоугольных импульсов на транзисторной сборке К1НТ981Б. Частота следования управляющих импульсов 250 Гц.

Переход к модификациям усилителя с более высоким уровнем входного сигнала и с меньшей погрешностью коэффициента передачи осуществляется путем увеличения глубины общей обратной связи. При этом изменяют коэффициент деления делителя обратной связи, выполненного на прецизионных марганциновых резисторах. Погрешность коэффициента передачи усилителя с пределами входных сигналов 1 и 10 мВ не превышает 0,05%. В усилителях с входом по току общая обратная связь осуществляется с помощью токозадающего резистора 10 кОм.

Усилитель имеет цепь смещения нуля, выполненную на потенциометре, и питается от источника стабилизированного напряжения плюс и минус 12 В и минус 9 В.

Конструктивно усилитель выполнен в виде модуля со штырьковыми контактами, предназначенными для впаивания в

печатную плату.

УДК 621

Основные технические данные усилителя Ф7200

Параметры	Модификации усилителя Ф7200							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Номинальное значение входной величины	10 мкВ	100 мкВ	1 мВ	10 мВ	1 мВ	10 мВ	100 мВ	1 мВ
Основная погрешность, %	2	0,5	0,05	0,05	2	0,5	0,5	0,5
Входное сопротивление	10 МОм				100 Ом			
Сопротивление источника сигнала	< 100 кОм				> 100 кОм			
Входной ток	10 нА							
Номинальное значение выходной величины, сопротивление нагрузки	1 В, 1 кОм							
Дрейф смещения нулевого уровня	0,5 мкВ/8 ч 0,05 мкВ/°С при R _{ист} = 10 кОм				0,05 мВ/8 ч 0,01 мВ/°С			
Время установления, с	10	1		10	1			
Амплитуда напряжения пульсаций, мВ	5	2		5	2			
Габариты, масса	103x68x29 мм, 0,25 кг							

Усилитель Ф7200 прошел Государственные приемочные испытания в 1978 г., первая промышленная партия усилителей выпущена в 1979 г. на ВЗЭПе, г. Витебск.

Из
собой д
фольгир
графии
Ос
что бла
изгото
полнен
идеятич
точност
В
измерен
"Красно
Те
в табл.
Ан
отечест
I-10000
рактери
в цепях
Во
настояд
ся. Поз
характе
Во
теристик
Труд
ной тех