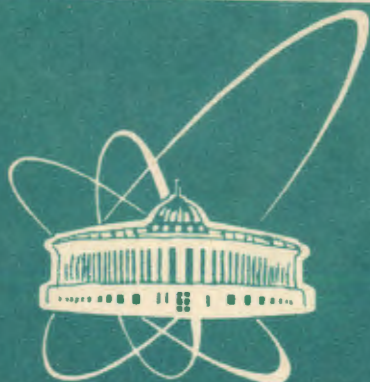


93-105



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

P13-93-105

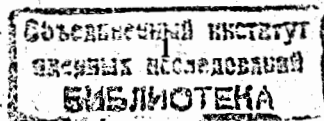
Ю.И.Романов

УСИЛИТЕЛИ  
С ГАЛЬВАНИЧЕСКИ РАЗВЯЗАННЫМИ ЦЕПЯМИ  
НА ОСНОВЕ ДИОДНЫХ ОПТОПАР

1993

При обеспечении связи между блоками аппаратуры с существенной разницей рабочих уровней напряжения возникает проблема защиты низковольтных цепей от помех, в частности, систем управления и контроля силовых цепей ионных источников, в аппаратуре которых применяются слаботочные полупроводниковые элементы. При этом помехозащищенность используемой микроэлектронной базы имеет тенденцию к снижению за счет повышения быстродействия и уменьшения электропотребления. Эффективным методом снижения уровня помех, проникающих в цепи управления и контроля, является их гальваническая развязка с силовыми цепями. Кроме того, этот метод позволяет устранить влияние так называемой продольной помехи промышленной частоты и ее гармоник, воздействующих на преобразователи и усилители. Продольная помеха возникает из-за появления блуждающих токов при заземлении силовых цепей и установок [1].

Большинство существующих оптронов пригодно для обеспечения гальванической развязки цепей, по которым передается цифровая информация. Для передачи аналоговой информации необходим линеаризованный оптический тракт. Это объясняется малым диапазоном линейности передаточной характеристики оптронов, а также температурной и временной нестабильностью. В литературе [2] указывается на перспективность использования дифференциальных диодных оптопар в сочетании со схмотехнической компенсацией нестабильностей оптрона для передачи аналоговых сигналов. В дифференциальной оптопаре А0Д301 [3] оба фотоприемника работают от одного излучателя, и в результате этого в ней можно образовать два канала: основной и вспомогательный. По основному — идет передача сигнала и обеспечивается развязка от светодиода, вспомогательный канал используется для компенсации искажений. Высокая степень подобия передаточных характеристик этих каналов (коэффициент неидентичности основной и вспомогательной оптопар 0,2+2,0%) [3] обеспечивают независимость коэффициента передачи устройства от нелинейности и нестабильности параметров оптронов. Принципиальная схема усилителя с гальванически развязанными цепями показана на рис.1. Она состоит из двух каскадов, построенных на микросхемах М1 и М2 типа К553УД2. В первом каскаде в цепь обратной связи включен вспомогательный канал оптопары, образуемый светодиодом и фотоприемником Ф1. Благодаря действию обратной связи ток светодиода равен



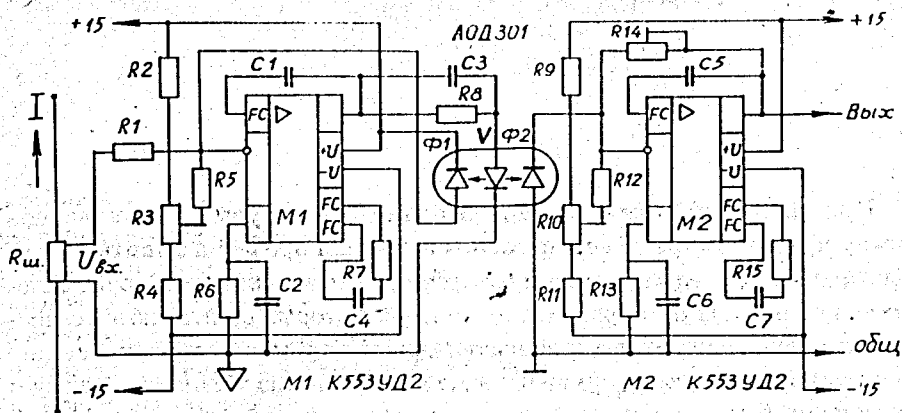


Рис.1. Электрическая схема усилителя с гальванически развязанными цепями на основе дифференциального оптрона. M1, M2 — K153УД2; оптрон (V) — AOD301

$$I_{св.} = I_{вх.} K_{M1} / (1 + K_{M1} K_1),$$

где  $I_{вх.}$  — входной ток;  $K_{M1}$  — коэффициент усиления по току микросхемы M1;  $K_1 = I_{Ф1} / I_{св.}$  — коэффициент передачи по току вспомогательного канала оптопары. В схеме обеспечивается глубокая обратная связь, поскольку  $K_{M1} K_1 \geq 1$ , отсюда  $I_{св.} = I_{вх.} / K_1$ . Фототок фотоприемника основного канала оптопары  $I_{Ф2} = I_{св.} K_2$ , где  $K_2$  — коэффициент передачи по току основного канала оптопары. Из двух последних выражений следует  $I_{Ф2} = I_{вх.} K_2 / K_1$ . Так как коэффициенты  $K_1$  и  $K_2$  в оптопаре одинаковы и изменяются в равной степени [3], то, как показано выше, ток  $I_{Ф2} = I_{вх.}$ . Таким образом, световой поток, излучаемый СД, пропорционален входному напряжению датчика с достаточно высокой точностью. Фотодиод Ф2 оптопары подключен к инверсному входу линейной интегральной микросхемы M2. К этому же входу подключена цепь параллельной отрицательной обратной связи, в которую введен регулируемый резистор R14, позволяющий плавно изменять коэффициент усиления (в пределах 3...10) микросхемы M2. Выходное напряжение  $U_{вх.}$  с достаточной точностью воспроизводит изменения светового потока светоизлучающего диода и, в конечном счете, пропорционально измеряемому току.

Для питания усилителя с гальванически развязанными цепями используются два гальванически несвязанных источника постоянного напряжения ( $U_{п} \pm 15$  В).

Основные характеристики измерительного преобразователя «Датчик тока»:

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| 1. Входное напряжение, В                           | $75 \cdot 10^{-3}$ ;     |
| 2. Выходное напряжение, В                          | 10;                      |
| 3. Допустимое напряжение между входом и выходом, В | 1000;                    |
| 4. Относительная погрешность измерения, %          | $\pm 2$ ;                |
| 5. Потребляемая мощность                           | $\pm 15$ В; $\pm 10$ мА. |

Несмотря на сложившуюся практику использования стандартных оптоэлектронных приборов, существует необходимость передачи информации с источников аналоговых сигналов, находящихся под потенциалом более 1000 В по отношению к измерительной аппаратуре. Сравнительно просто этот метод реализуется конструированием и изготовлением нестандартных оптопар с использованием дискретных оптоэлектронных преобразователей. Электрическая схема измерительного преобразователя на дискретных оптических компонентах приведена на рис.2. Две идентичные оптронные пары служат для развязки сигнала от резисторного датчика (ОП1) и для развязки сигнала отрицательной обратной связи (ОП2). Введение отрицательной обратной связи позволяет скомпенсировать нелинейные характеристики оптрона.

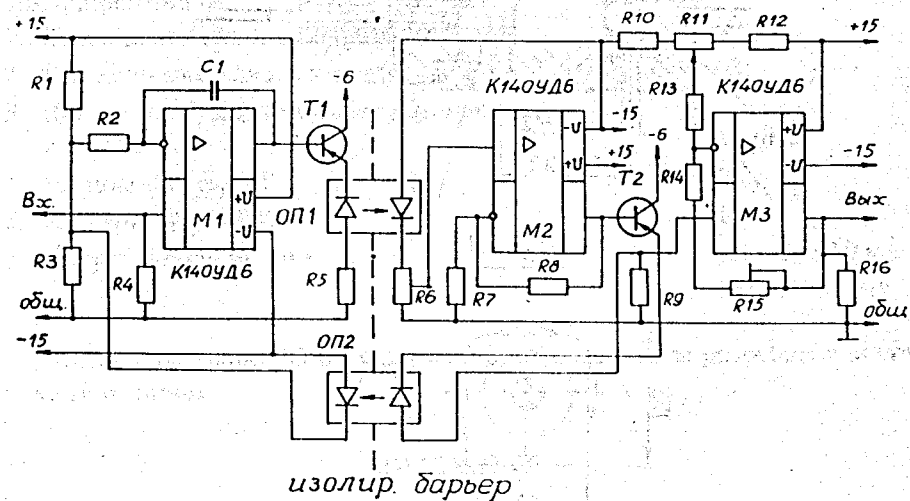


Рис.2. Электрическая схема усилителя с гальванически развязанными цепями на дискретных оптоэлектронных преобразователях. M1, M2, M3 — K140УД6; T1, T2 — КТ814; ОП1, ОП2 — (АЛ107Б + ФД256)

В системе измерения высокого напряжения ионного источника режим регистрации сигнала с датчика близок к статическому. Это позволило применить в цепи отрицательной обратной связи операционный усилитель М1 с полным коэффициентом включения (по постоянному току), что обеспечило нелинейность передачи сигнала на уровне 1% без какого бы то ни было подбора светодиодов. Подбором светодиодов по методике, изложенной в [4], нелинейность устройства развязки удалось снизить до уровня, определяемого точностью подбора и термостабильностью оптронных пар, которая в диапазоне токов светодиодов 5...25 мА не превышала 0,8%. Из множества опробованных светоизлучающих и фотоприемных элементов была выбрана оптопара на основе инфракрасного излучающего диода АЛ107Б и фотодиода ФД256. В данной конструкции использовались специально подобранные светодиоды с остро направленной индикатрисой без существенного смещения направления максимального излучения относительно геометрической оси кристалла излучателя. На рис.3 схематически показана

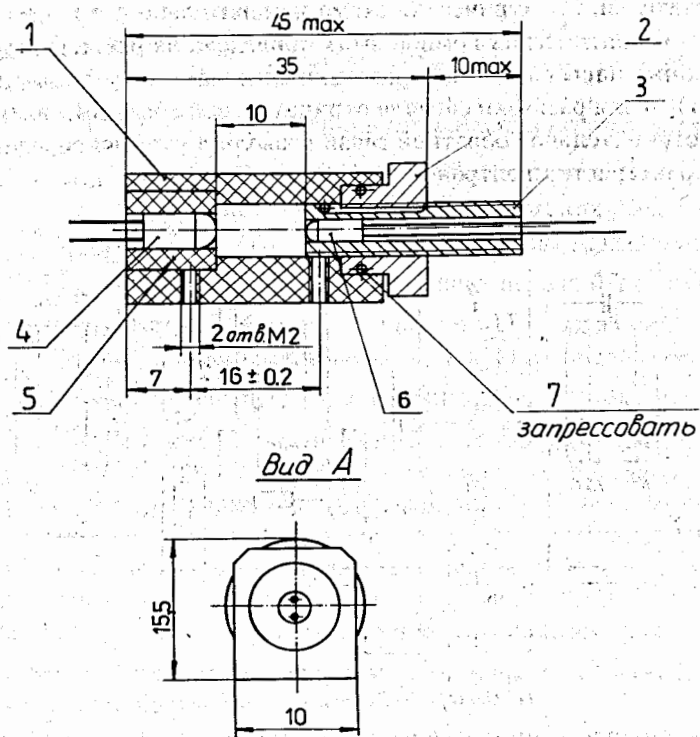


Рис. 3. Конструкция оптопары: 1 — корпус, 2 — гайка, 3,5 — втулка, 4 — фотодиод ФД256, 6 — светодиод АЛ107Б, 7 — штифт

конструкция оптопары. Ее элементы смонтированы в регулируемых подвижных втулках, перемещающихся внутри прямоугольного эбонитового корпуса. Размер корпуса 35x10 мм<sup>2</sup>, способ крепления оптических элементов — клейка. Сигнал от датчика напряжения через делитель подается на вход устройства опторазвязки. Резисторы R5 и R9 органичивают максимальный ток светодиодов оптопар ОП1 и ОП2. Начальный ток светодиодов, равный 15 мА, устанавливается потенциометром R6 для Д1 (ОП2) и подбором резистора R1 для ОП2. Резистор R11 служит для установки нуля.

Устройство опторазвязки изготовлено в виде отдельного экранированного модуля с печатным монтажом, выполненным на двухстороннем фольгированном фторопласте ФФ4 толщиной 2 мм. Модуль размещается в силовом блоке питания ионного источника.

Напряжение питания «плавающей части» оптической развязки должно подаваться с гальваническим разделением. В данном случае для питания «плавающей части» был использован отдельный силовой трансформатор. В некоторых случаях для снижения габаритов трансформатора идут по пути преобразования постоянного напряжения питания заземленной части измерительного оптопреобразователя в переменное напряжение частотой 10...100 кГц, которое затем передается на «плавающую часть» через трансформатор с ферритовым или пермалловым магнитопроводом [5,6]. «Плавающая часть» в этом случае, естественно, должна содержать соответствующие выпрямители и стабилизаторы питания.

Основные характеристики измерительного оптопреобразователя «Датчик напряжения»:

1. Максимальное входное напряжение, В	5;
2. Динамический диапазон, дБ	68;
3. Допустимое напряжение между входом и выходом, В	≥ 2000;
4. Нелинейность, %	0,8;
5. Коэффициент передачи	1;
6. Потребляемая мощность	±15 В; ±10 мА; -6 В; -25 мА.

Автор благодарит Ю.В.Гусакова и В.В.Селезнева за разработку конструкций оптопар.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гутников В.С. — Интегральная электроника в измерительных устройствах. Л.: Энергия, 1980.

2. Носов Ю.Р., Сидоров А.С. — Оптроны и их применение. М.: Радио и связь, 1981.
3. Иванов В.И., Аксенов А.И., Юшин А.М. — Полупроводниковые оптоэлектронные приборы. Справочник. 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: Энергоатомиздат, 1988.
4. Белкин В.С. — ПТЭ, 1982, 4, с.111.
5. Романов Ю.И. — ОИЯИ, 13-89-847, Дубна, 1989.
6. Романов Ю.И. — ОИЯИ, P13-91-317, Дубна, 1991.

Рукопись поступила в издательский отдел  
2 апреля 1993 года.