

Оценка возможности построения многоэлементных структур на основе полевых датчиков Холла и определение способов их коммутации.

Краткий научно-технический отчет

Бараночников М.Л.

1. Объект исследований.

Полевой датчик Холла в DIP-корпусе.

Полевой датчик Холла (ПДХ) представляет собой кремниевый кристалл размером 1,15 x 1,15 x 0,65 мм. Площадь магниточувствительной (активной) зоны – 0,5 x 0,5 мм. Кристаллы изготовлены по технологии “кремний на изоляторе” (КНИ) с использованием процесса локальной изоляции типа “ЛОКОС”. Топология кристалла приведена на рис. 1, а структура на рис. 2.

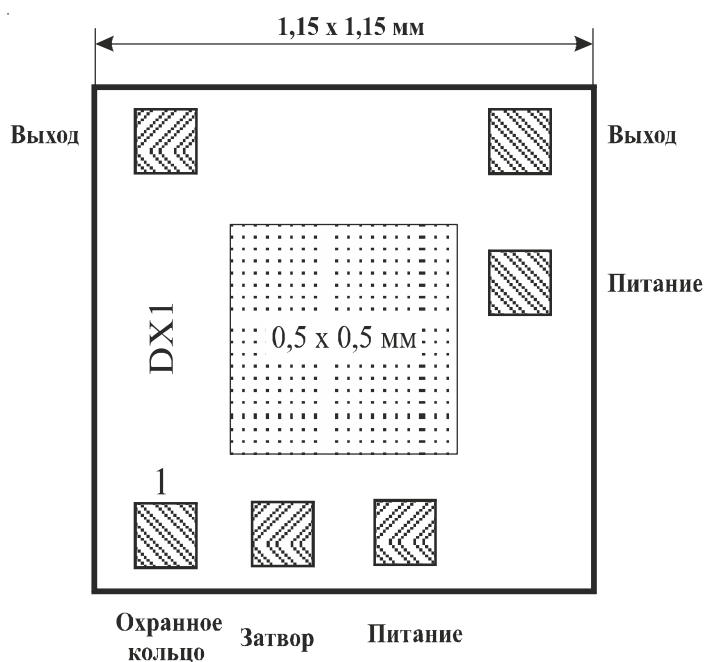


Рис. 1. Топология кристалла ПДХ.

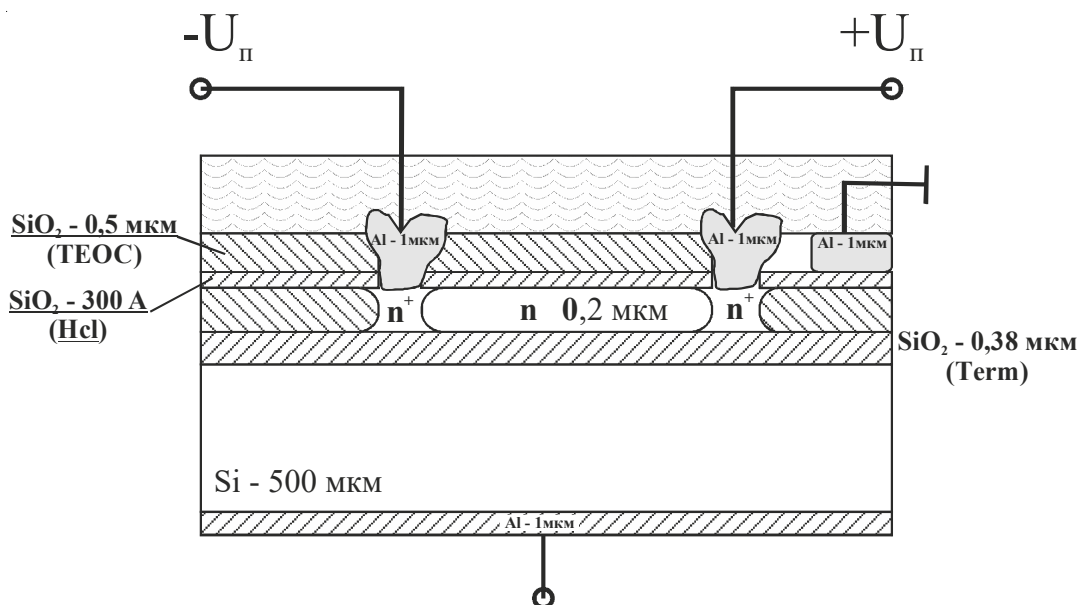


Рис. 2. Структура кристалла ПДХ.

Кристаллы укреплены на 8-ми выводной коварой рамке при помощи токопроводящего клея на основе серебра (контактола) и герметизированы пластмассой.

Максимальные размеры корпуса без выводов 6,5 x 10,5 x 3,5 мм. Шаг расположения выводов – 2,54 мм.

Далее по тексту отчета кристалл ПДХ, размещенный в DIP-корпусе, будем называть “прибором”.

Габаритный чертеж прибора приведен на рис. 3.

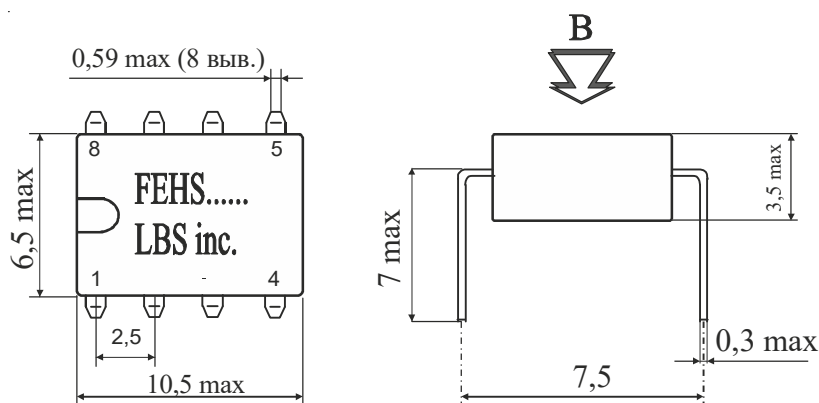


Рис. 3. Габаритный чертеж ПДХ в корпусе DIP-8 (2101.8-1).

Количество приборов – 100 шт. Кристаллы изготовлены в 1995 году в МИЭТ и смонтированы в DIP корпус в 1996 году на базе Калужского завода микроэлектроники.

2. Цель исследований.

Оценка возможности построения многоэлементных структур на основе полевых датчиков Холла и определение способов их коммутации.

3. Этапы исследований.

- Автономная оценка параметров ПДХ.
- Отбор приборов для составления многоэлементных структур.
- Сборка приборов в имитаторы многоэлементных структур.
- Разработка схем коммутации элементов.
- Оценка параметров ПДХ в составе имитаторов многоэлементных структур.

4. Автономная оценка параметров ПДХ.

Приборы исследовались в типовом включении. Схема включения ПДХ при измерении параметров приведена на рис. 4.

Основные параметры приборов оценивались при помощи специального измерительного устройства, снабженного необходимыми коммутирующими элементами и источниками питания. В качестве контактного приспособления использовалась 16-ти контактная колодка с золочеными контактами. Магнитное поле

создавалось миниатюрным постоянным магнитом (6 x 6,5 x 4,5 мм) с индукцией $B = 17,5$ мТл.

В качестве измерительных приборов использовались цифровые мультиметры Fluke 77, Mastech mY-65, Mastech M-830, TES 2730 и т.п.

Схема устройства для измерения параметров приборов приведена на рис. 5, а его внешний вид на рис. 6.

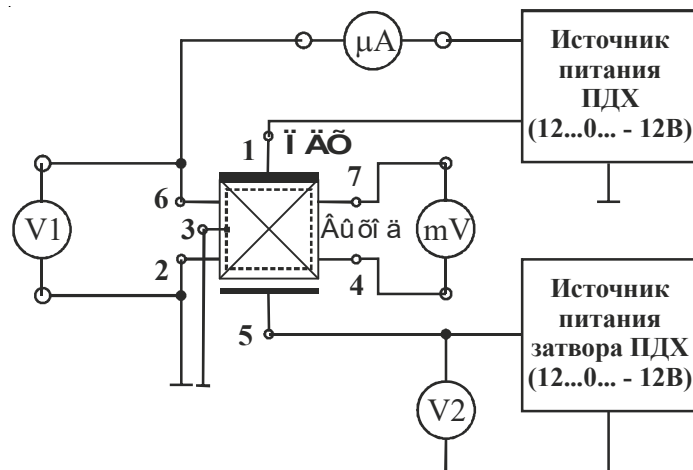


Рис. 4. Схема включения приборов при измерении основных параметров.

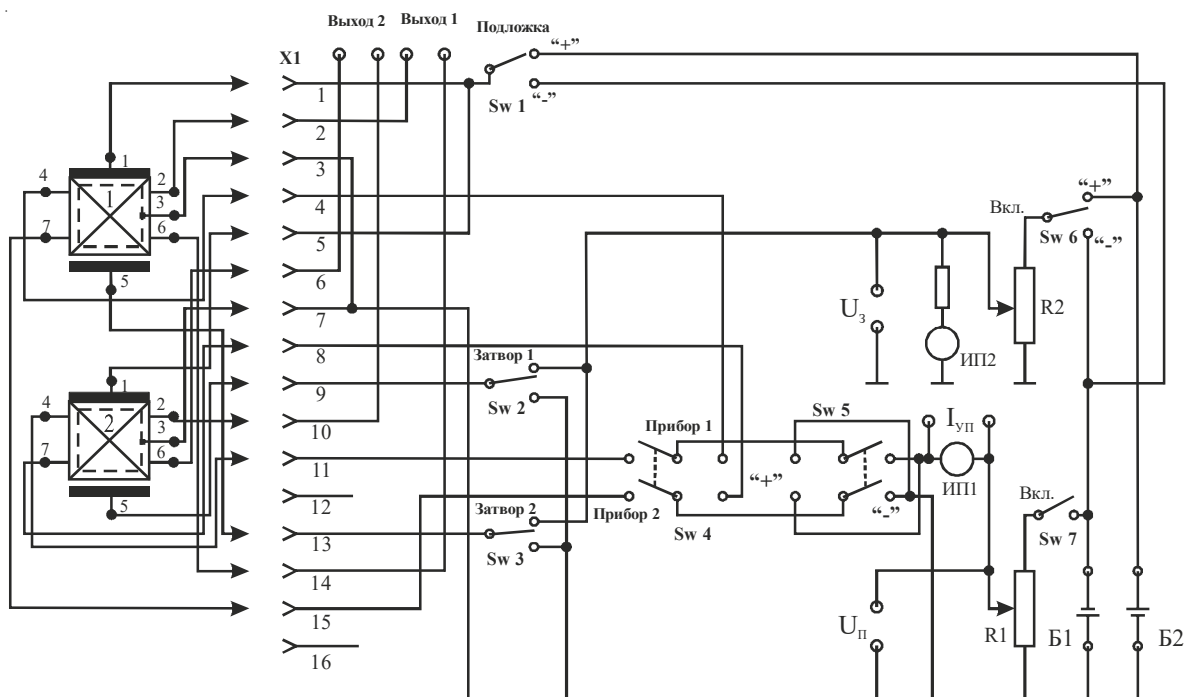


Рис.5. Принципиальная электрическая схема устройства, используемая для измерения параметров приборов в DIP-корпусе.

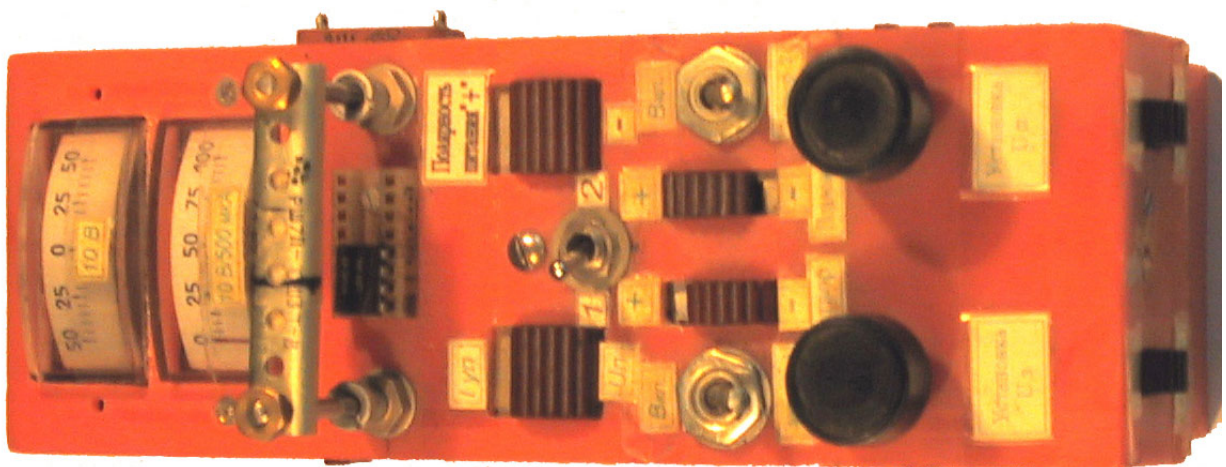


Рис. 6. Внешний вид устройства, используемого для измерения параметров приборов в DIP-корпусе.

В процессе исследований измерялись следующие параметры: остаточное напряжение ($E_{см}$), ЭДС Холла (U_B) и ток управления ($I_{уп}$), а остальные, (например, магнитная чувствительность S , входное сопротивление, отклонения параметров от средних значений и т.п.) определялись расчетным путем. Информация заносилась в «активный» протокол, размещенный в формате Excel 4.0.

Измерения проводились в два этапа: проверка на функционирование и измерение конкретных параметров.

4.1. Результаты автономной оценки параметров.

После проверки на функционирование (определение обрывов, коротких замыканий, механических повреждений) условно годными остались 79 приборов.

Результаты измерений основных параметров условно годных приборов приведены в таблице 1. (См. Приложение).

Обобщенные результаты измерений основных параметров ПДХ приведены в табл. 2. Таблица 2. Обобщенные результаты измерений основных параметров ПДХ.

$U_3, В$	$I_{уп}, мВ$			$E_{см}, мВ$			$S, мВ/мТл$		
	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее
9	124	329	248	-23,5	1,5	-8	0,12	0,6	0,5
0	20	153	87,9	-17,59	8,19	-5,6	0,12	0,41	0,3
-9	0,1	44	14,5	-22,2	11,63	-4,2	0,01	0,16	0,1

Отношение магнитной чувствительности (S_9/S_{-9}) при двух значениях напряжения на затворе: плюс 9 и минус 9В, составляло от 1,99 до 34,96 при среднем значении 6,9.

По результатам измерений условно годных приборов были построены гистограммы распределения по основным параметрам, которые приведены на рис. 7 – 13.

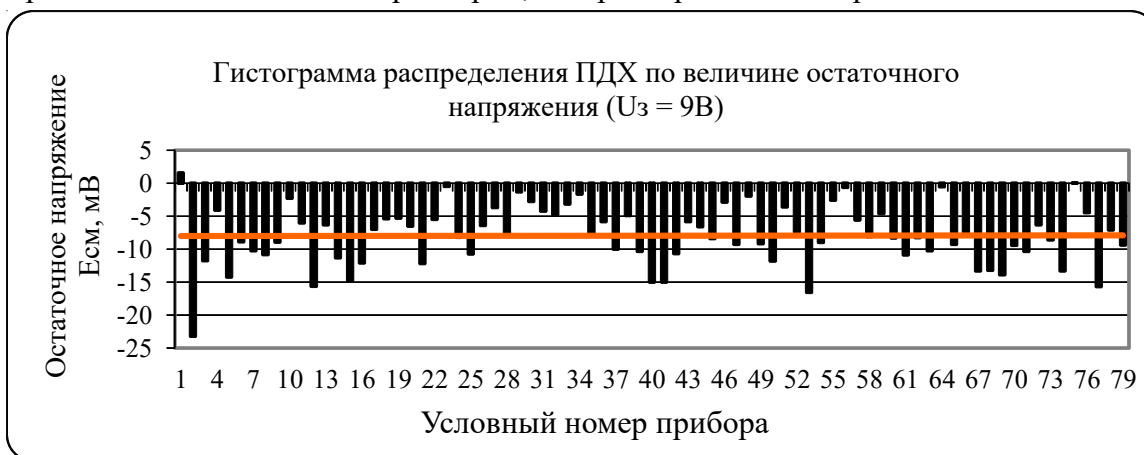


Рис. 7. Гистограмма распределения ПДХ по величине остаточного напряжения ($U_3 = 9В$).

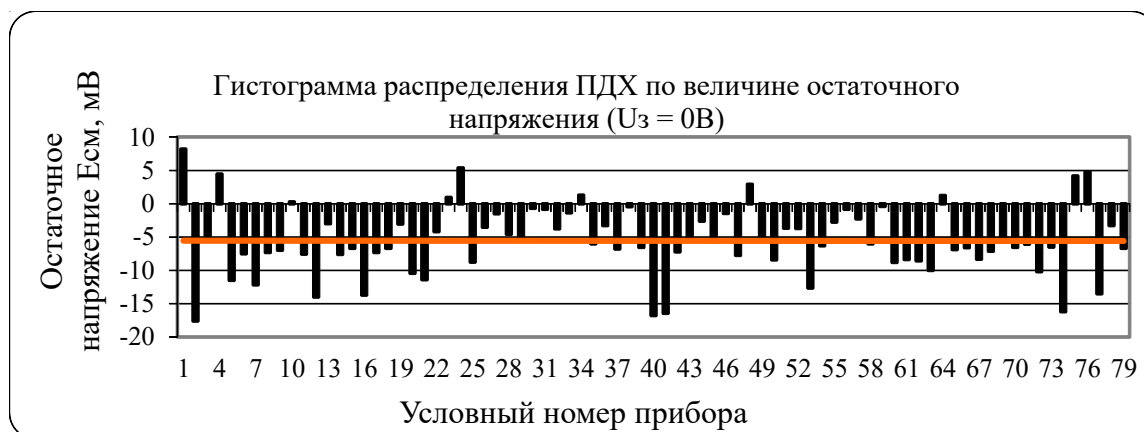


Рис. 8. Гистограмма распределения ПДХ по величине остаточного напряжения ($U_3 = 0В$).

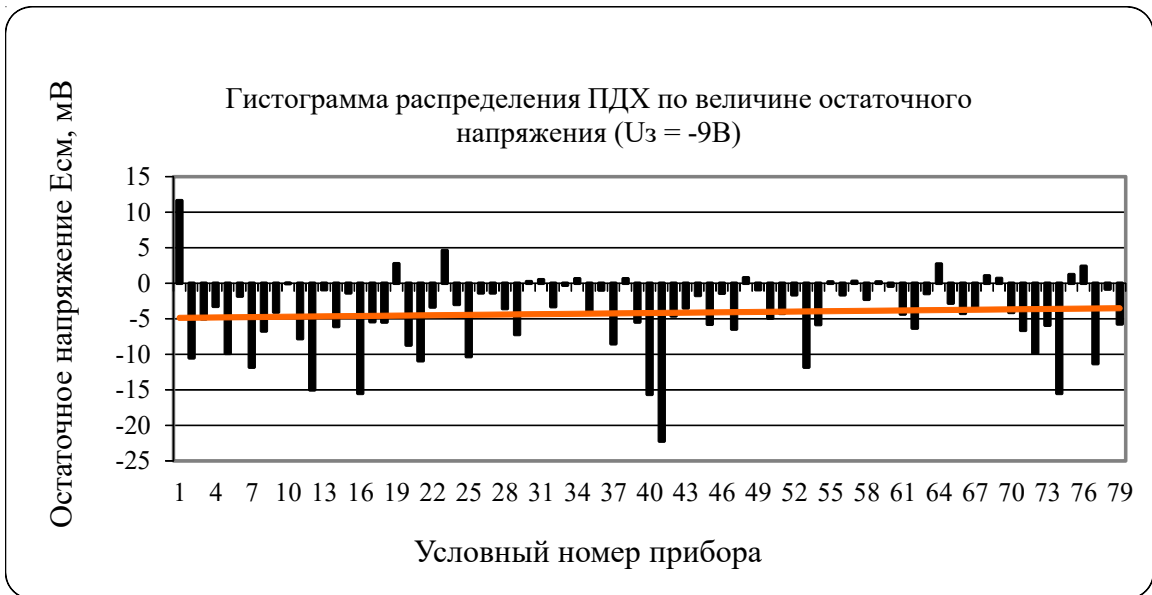


Рис. 9. Гистограмма распределения ПДХ по величине остаточного напряжения ($U_3 = -9В$).

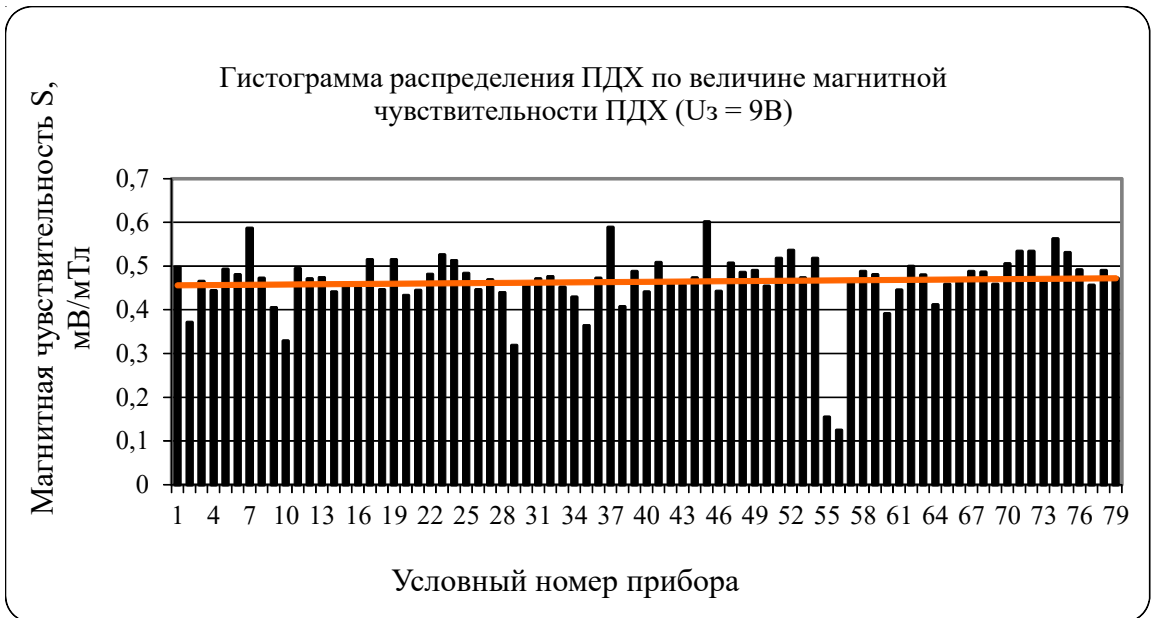


Рис. 10. Гистограмма распределения ПДХ по величине магнитной чувствительности ($U_3 = 9В$).

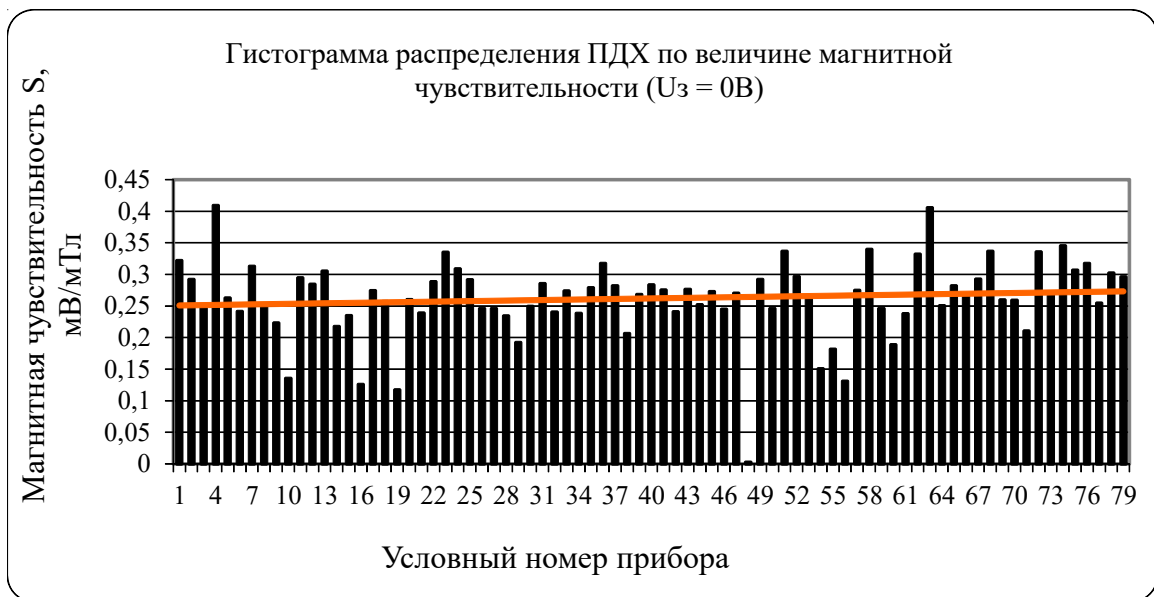


Рис. 11. Гистограмма распределения ПДХ по величине магнитной чувствительности ($U_3 = 0В$).

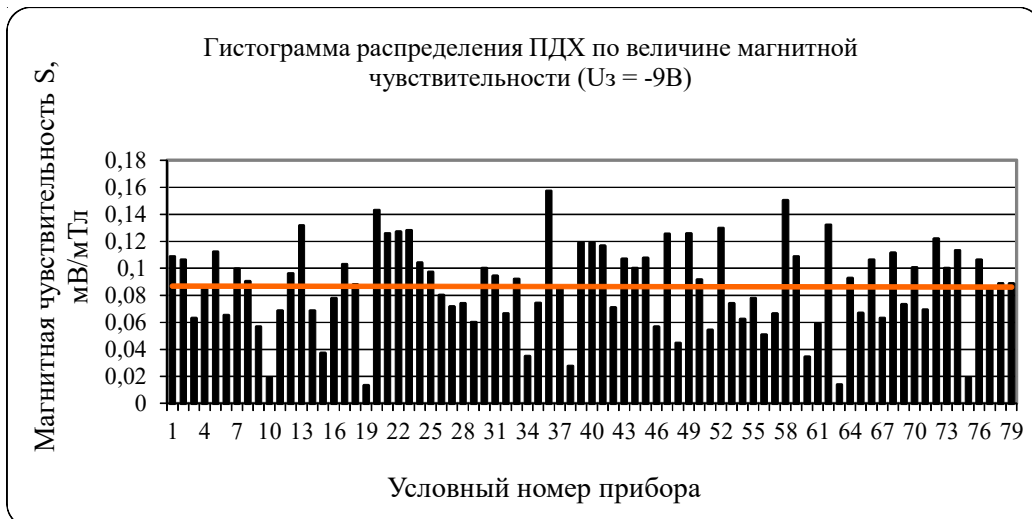


Рис. 12. Гистограмма распределения ПДХ по величине магнитной чувствительности ($U_3 = -9В$).



Рис. 13. Гистограмма распределения ПДХ по отношению магнитной чувствительности при двух напряжениях на затворе S_9/S_9

Кроме того, для одного прибора (№ 5) были дополнительно исследованы зависимости магнитной чувствительности (S) при различных напряжениях питания ($U_{п}$) и напряжении на затворе (U_3). График зависимости приведен на рис. 14.

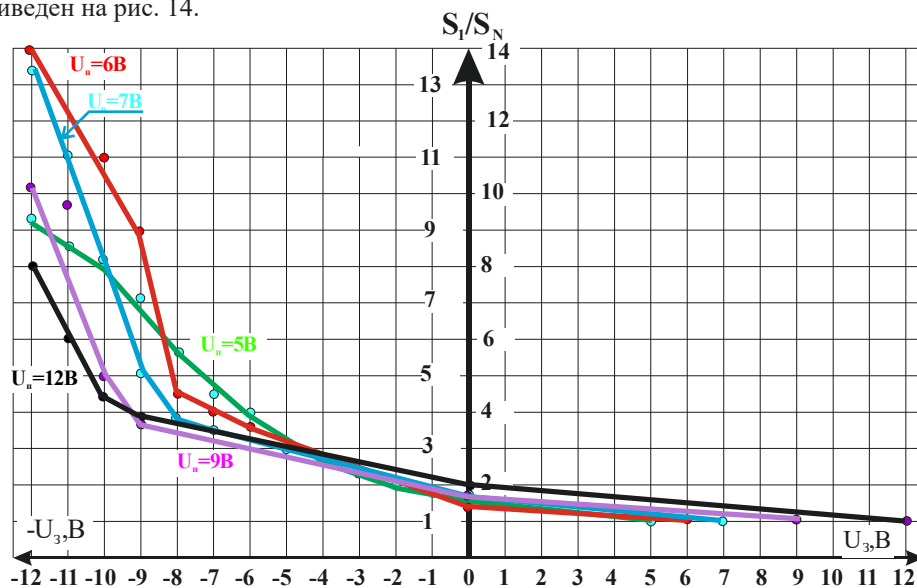


Рис. 14. Зависимость изменения магнитной чувствительности (S_1/S_N) при различных напряжениях питания ($U_{п}$) и различных значениях напряжении на затворе (U_3).

5. Отбор приборов для составления многоэлементных структур.

Отбор элементов для набора дискретных многоэлементных структур осуществлялся по двум критериям: величине остаточного напряжения ($E_{см}$) и величине магнитной чувствительности (S), измеренным при напряжении на затворе $U_3 = 9В$.

Было отобрано 8 приборов (№№ 1, 11, 21, 23, 48, 80, 82, 127) с примерно близкими $E_{см}$ и S . (См. таблицу 1, Приложения).

6. Сборка приборов в имитаторы многоэлементных структур.

Для выполнения дальнейших исследований на базе отобранных приборов собирались имитаторы многоэлементных структур (ИМС), которые предназначались для работы с двумя типами коммутационных схем: с коммутацией по выходным выводам ПДХ (с опросом по выходу) и с управлением по затвору (с коммутацией по затвору).

Имитаторы представляют собой печатные платы, на которых вплотную размещены стандартные 8-ми контактные колодки, и в которые вставляются ПДХ в DIP-корпусе. На каждой плате имеется выходной разъем, необходимый для соединения с внешними цепями. Всего было собрано 6 типов имитаторов со следующими условными наименованиями:

- матрица 9.1. – с опросом по выходу;
- матрица 9.2. – с коммутацией по затвору;
- линейка 4.1. – с опросом по выходу;
- линейка 4.3. – с коммутацией по затвору;
- матрица 4.2. - с опросом по выходу;
- матрица 4.4. - с коммутацией по затвору;

Матрица 9.1. размещалась на печатной плате с максимальными размерами 51 x 55 мм. На этой плате устанавливалось девять 8-ми контактных колодок, которые размещались в три ряда, формируя матрицу 3 x 3 элемента. Шаг размещения приборов 10 мм. Соединение матрицы 9.1. с внешними цепями осуществлялось при помощи 22-х контактного разъема типа МРН2-22. Принципиальная схема матрицы приведена на рис. 15, а её внешний вид на рис. 16.

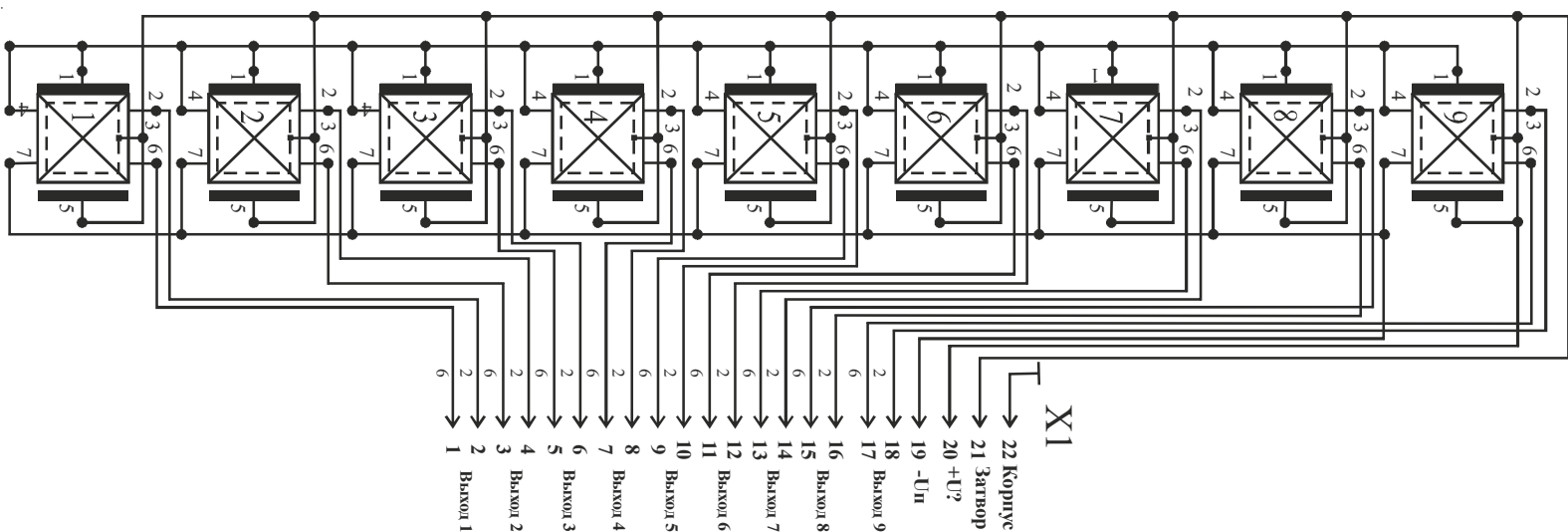


Рис. 15. Принципиальная электрическая схема матрицы 9.1.

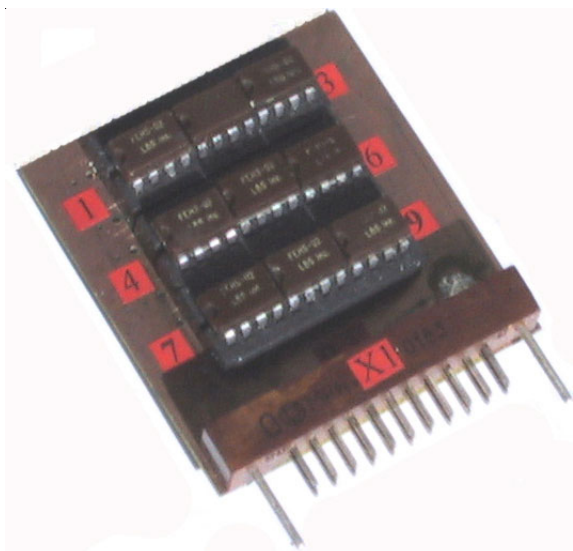


Рис. 16. Внешний вид матрицы 9.1.

Матрица 9.2. размещалась на печатной плате с максимальными размерами 64 x 58 мм. На этой плате устанавливалось девять 8-ми контактных колодок, которые размещались в три ряда, формируя матрицу 3 x 3 элемента, и девять светодиодов типа КИПМ02, которые выполняли функции индикаторов номера канала (ИНК). Шаг размещения приборов 10 мм. Соединение матрицы 9.2. с внешними цепями осуществлялось при помощи 14-ти контактного разъема типа МРН1-14. Принципиальная схема матрицы приведена на рис. 17, а её внешний вид на рис. 18.

Индикатор № канала

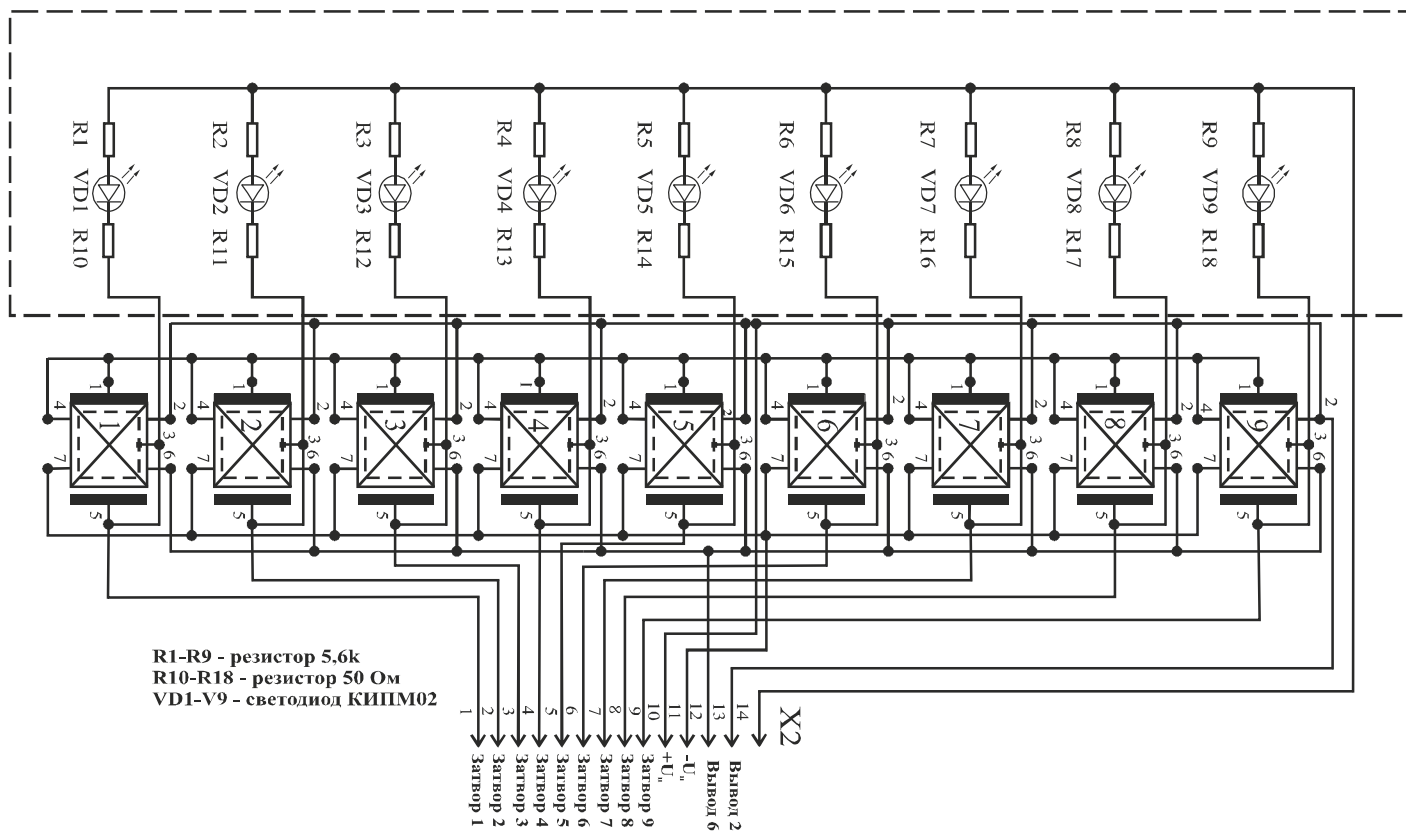


Рис. 17. Принципиальная электрическая схема матрицы 9.2.

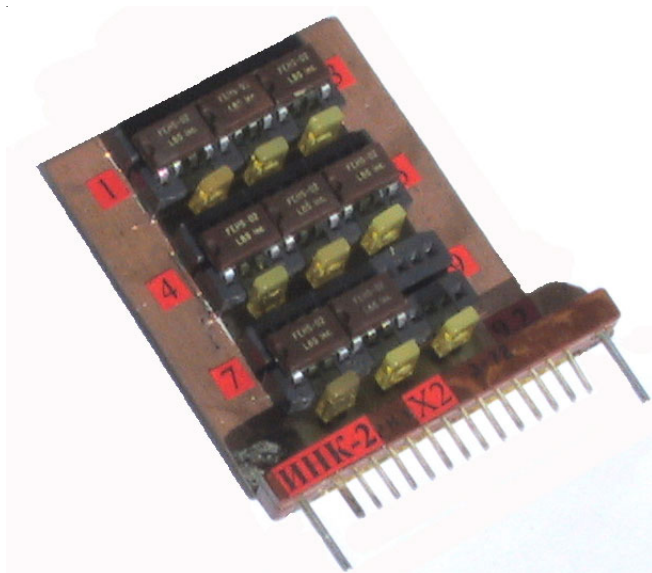


Рис. 18. Внешний вид матрицы 9.2.

Линейки 4.1. и 4.3 размещались на печатных платах с максимальными размерами 33 x 55 мм. На этой плате устанавливалось по четыре 8-ми контактных колодок, которые размещались в одну линию, формируя линейку 1 x 4 элемента. Шаг размещения приборов 10 мм. Соединение линеек 4.1. и 4.3 с внешними цепями осуществлялось при помощи 11-ти контактного разъема типа ОНп-КГ-11. Линейки имели различные электрические схемы. Принципиальные схемы линеек 4.1. и 4.3 приведены на рис. 19 и 21. Внешний вид линеек приведен на рис. 20 и 22.

Вариант 4.1

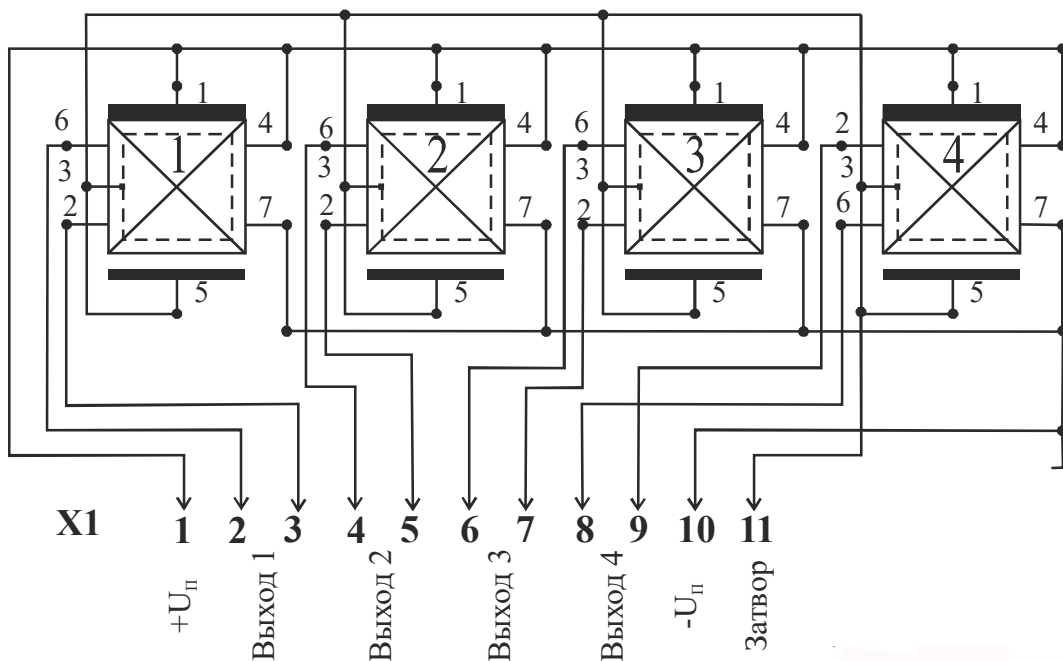


Рис. 19. Принципиальная электрическая схема линейки 4.1.

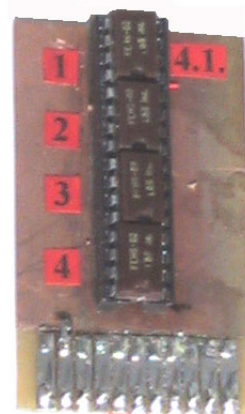


Рис. 20. Внешний вид линейки 4.1.

Вариант 4.3

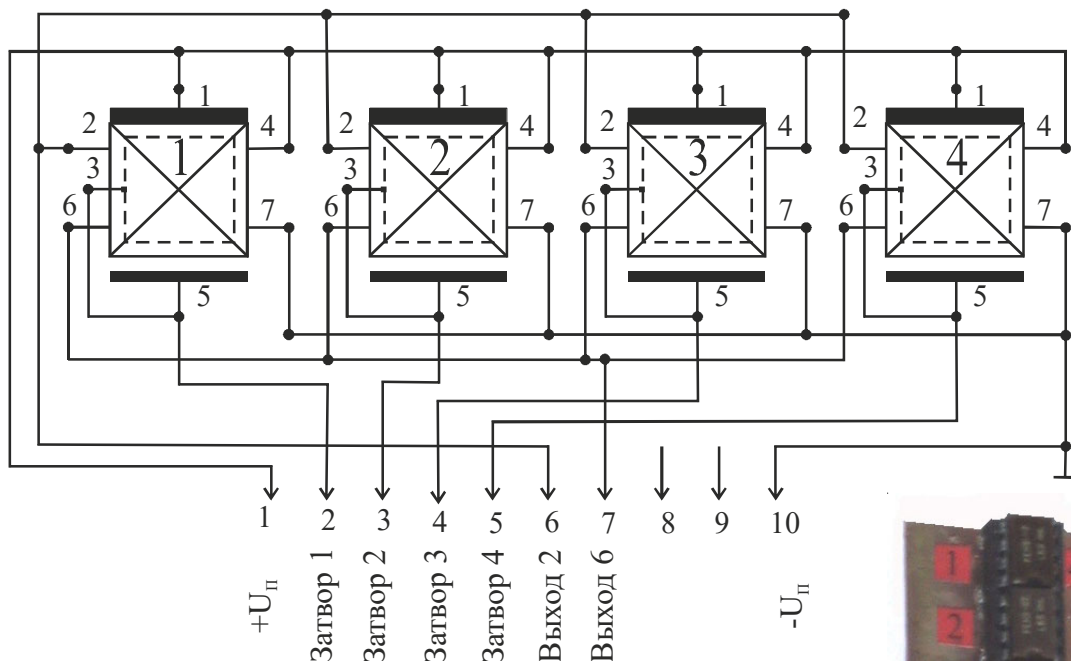


Рис. 21. Принципиальная электрическая схема линейки 4.3.

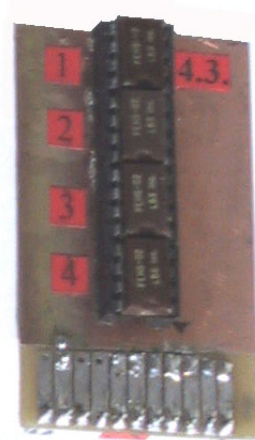


Рис. 22. Внешний вид линейки 4.3.

Матрицы 4.2. и 4.4 размещались на печатных платах с максимальными размерами 33 x 50 мм. На этой плате устанавливалось по четыре 8-ми контактных колодок, которые размещались в две линии, формируя матрицу 2 x 2 элемента. Шаг размещения приборов 10 мм. Соединение матриц 4.2. и 4.4 с внешними цепями осуществлялось при помощи 11-ти контактного разъема типа ОНп-КГ-11. Матрицы имели различные электрические схемы. Принципиальные схемы линеек 4.2. и 4.4 приведены на рис. 23 и 24. Внешний вид линеек приведен на рис. 25 и 26.

Вариант 4.2

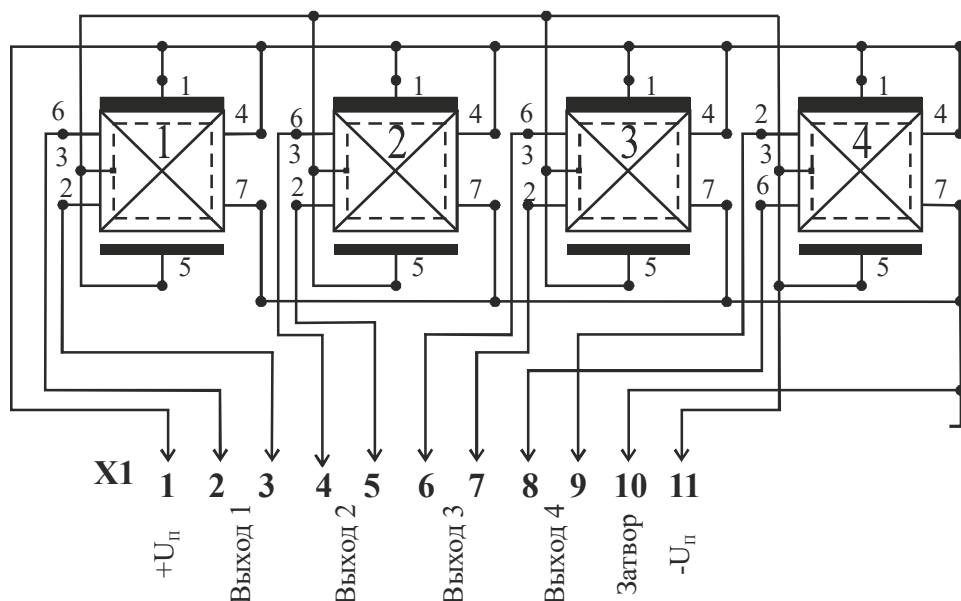


Рис. 23. Принципиальная электрическая схема матрицы 4.2.

Вариант 4.4

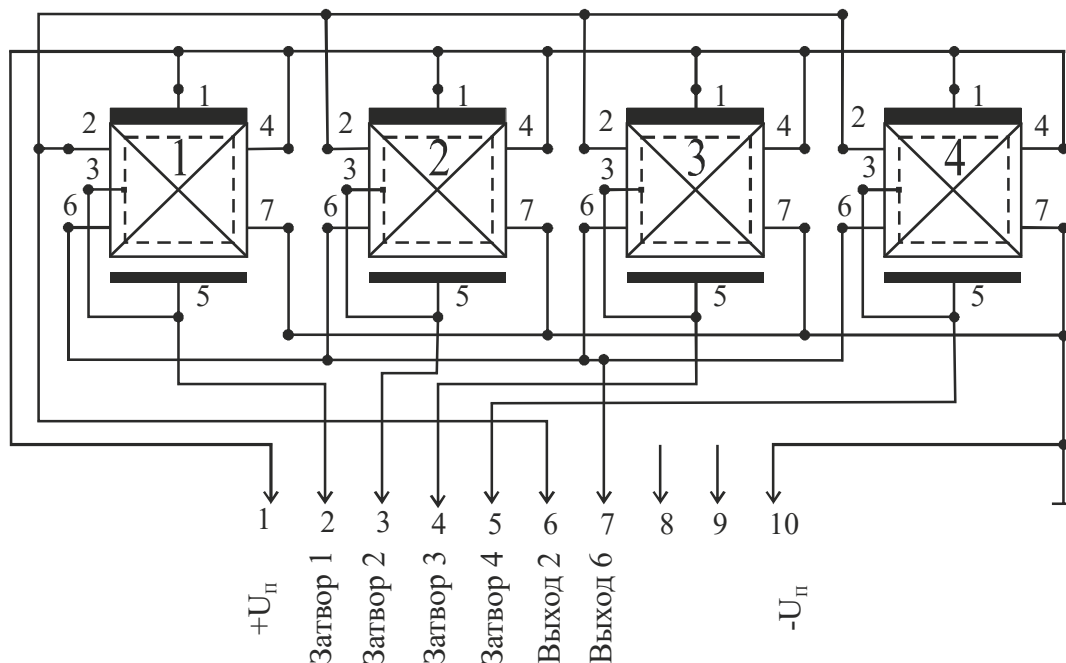


Рис. 24. Принципиальная электрическая схема матрицы 4.4.

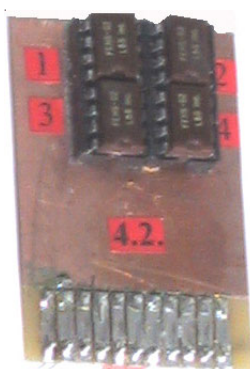


Рис. 25. Внешний вид матрицы 4.2.

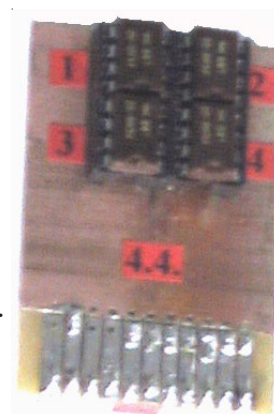


Рис. 26. Внешний вид матрицы 4.4.

Разработка схем коммутации элементов осуществлялась путем их физического моделирования с применением доступной отечественной элементной базы. Основные параметры отечественных ИС, предназначенных для коммутации сигналов, приведены в таблице 3. (См. Приложение)

В процессе настоящей работы было исследовано два варианта схем коммутации и управления:

Вариант 1 - на основе интегральной схемы коммутатора типа КР590КН1;

Вариант 2 - на основе интегральной схемы коммутатора типа КР590КН3.

7.1. Устройство коммутации и управления по варианту 1:

Схема устройства коммутации и управления по варианту 1 реализовывалась в двух модификациях: 1А и 1Б.

Функциональная схема устройства коммутации и управления по варианту 1А приведена на рис. 27.

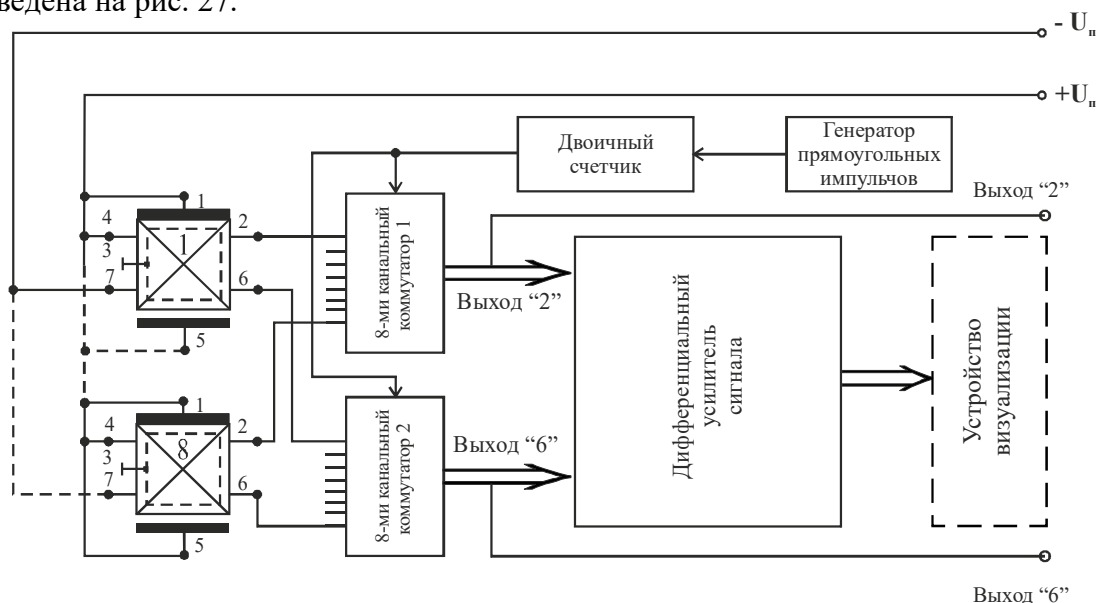


Рис. 27. Функциональная схема устройства коммутации и управления по варианту 1А.

Схема работает следующим образом. Восемь приборов включаются параллельно источнику питания. Своими выходными («холловскими») выводами приборы подключаются к входам двух ИС аналоговых коммутаторов (типа КР590КН1). При этом каждый коммутатор коммутирует только одну цепь (вывод «2» или «6» ПДХ).

Коммутаторы имеют встроенные дешифраторы и управляются кодом, формируемым двоичным счетчиком, управляемым при помощи генератора прямоугольных импульсов. Все каналы опрашиваются синхронно и последовательно в ручном или непрерывном режиме.

С выходов коммутаторов сигнал может поступать на выход схемы или на вход дифференциального усилителя, а затем на устройство визуализации.

Функциональная схема устройства коммутации и управления варианта 1Б приведена на рис. 28.

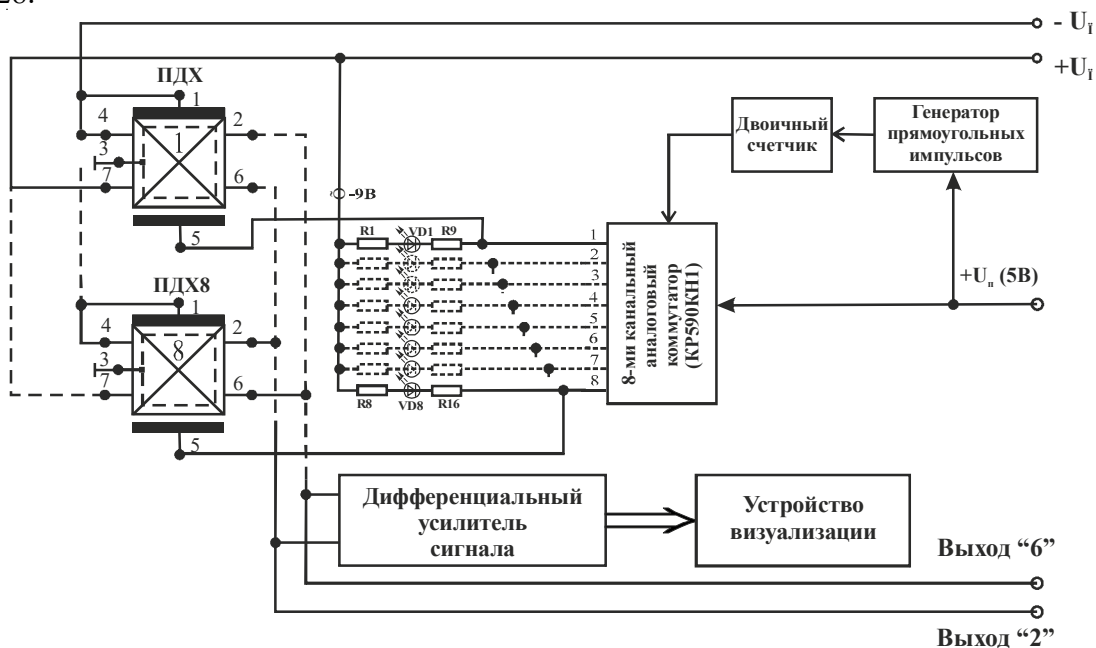


Рис. 28. Функциональная схема устройства коммутации и управления по варианту 1Б.

Схема (Рис. 28) работает следующим образом. Все восемь приборов включаются параллельно источнику питания. Выходные («холловские») выводы всех приборов включаются параллельно. Затворы приборов подключаются к входам ИС аналогового коммутатора (типа КР590КН1), а выход коммутатора подключается к источнику напряжения плюс 5В.

В исходном положении в цепь затвора ПДХ через резисторы R1-R8 подается напряжение отрицательной полярности (-9В) и все приборы практически заперты, т.е. обладают минимальной магнитной чувствительностью.

Все каналы опрашиваются синхронно и последовательно в ручном или непрерывном режиме. При опросе определенного канала через один из резисторов R9-R16 на соответствующем затворе создается положительное напряжение (5В), что приводит к открыванию только одного канала ПДХ и срабатыванию соответствующего светодиода VD1-VD8. Остальные приборы остаются в закрытом режиме, т.е. в режиме минимальной магнитной чувствительности. Светящийся диод индицирует № канала.

С «объединенного» выхода «2 -6» сигнал может поступать на выход схемы или на вход дифференциального усилителя.

Величина напряжения на затворе в 5В ограничивается возможностями конкретного типа ИС коммутатора (КР590КН1).

7.1.1. Принципиальная схема устройства коммутации и управления.

Для исследования схем по вариантам 1А и 1Б использовалось унифицированное устройство коммутации и управления, позволяющее оценивать основные параметры имитаторов многоэлементных структур. Схема устройства приведена на рис. 29, а внешний вид устройства приведен на рис. 30.

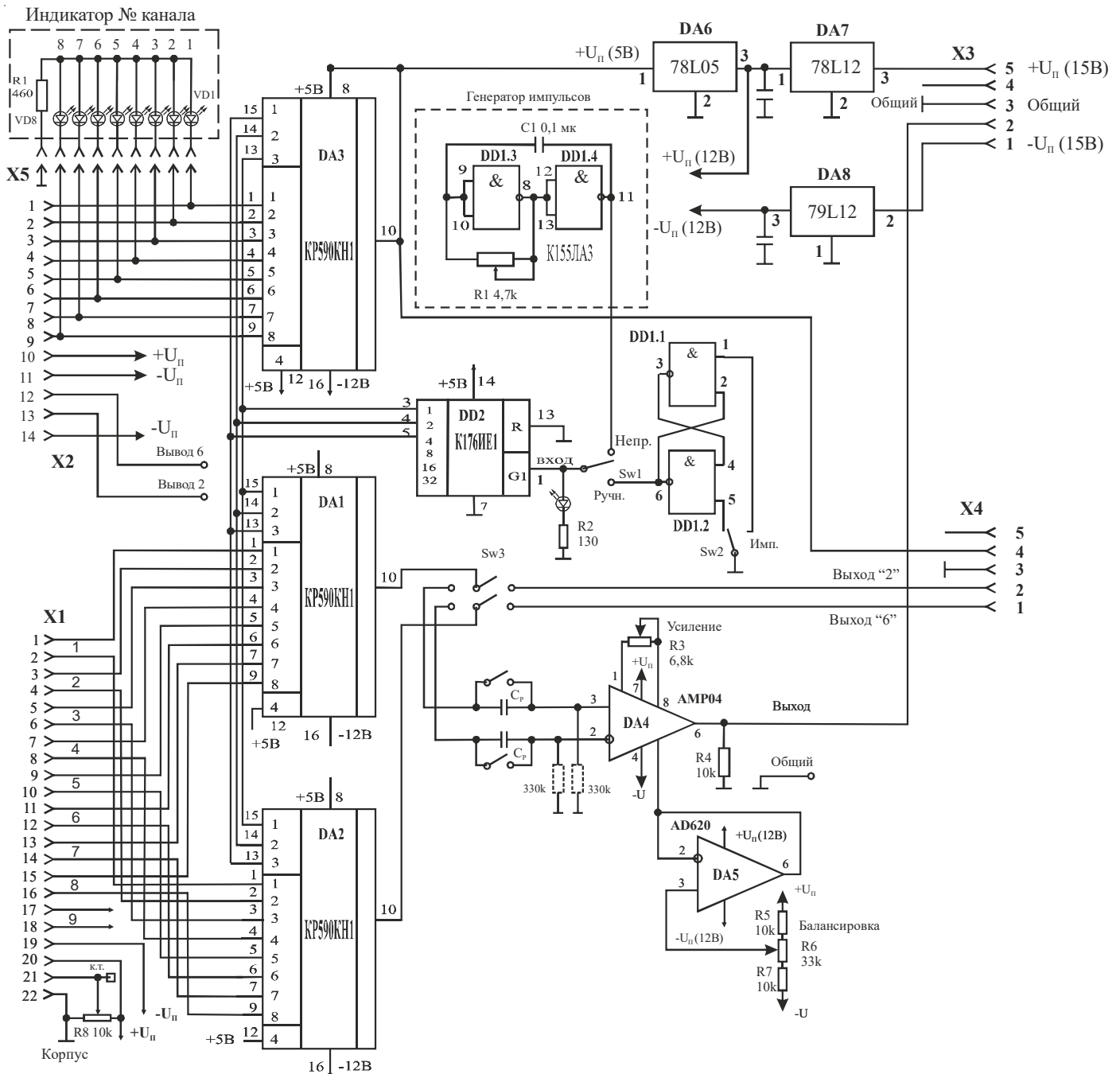


Рис. 29. Принципиальная электрическая схема унифицированного устройства коммутации и управления, использованное для исследований вариантов 1А и 1Б.

Рис. 30. Внешний вид унифицированного устройства коммутации и управления, использованное для исследований вариантов 1А и 1Б.

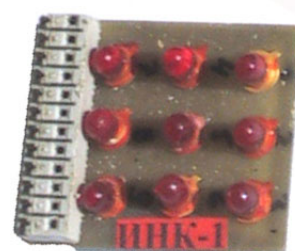
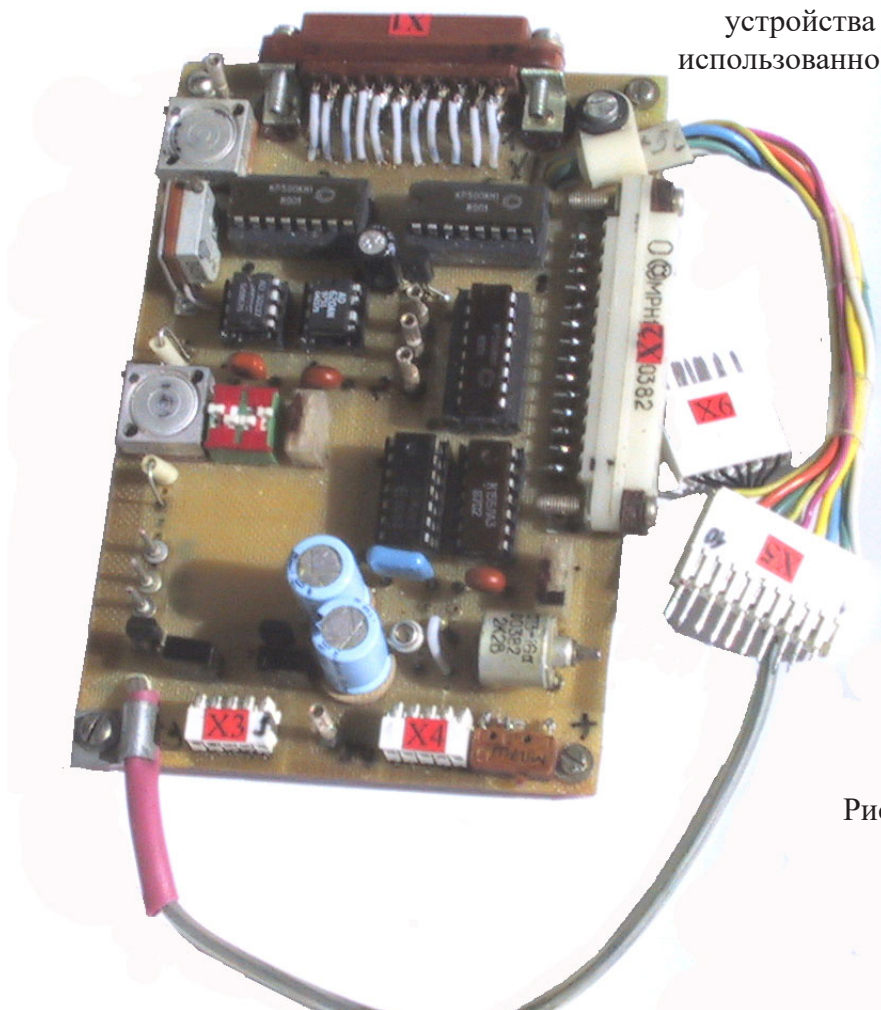


Рис. 31. Внешний вид индикатора номера канала.

Принцип действия и назначение элементов схемы.

При работе по варианту 1А исследуемая многоэлементная структура (типа 9.1.) через разъем X1 подключается к входам ИС коммутаторов DA1 и DA2.

Коммутатор DA3 служит для регистрации номера опрашиваемого канала, который индицируется ИНК, подключаемом через разъем X5. Индикатор номера канала (ИНК) представляет собой матрицу светодиодов. Внешний вид ИНК приведен на рис. 31.

Все три коммутатора (DA1-DA3) управляются одним двоичным счетчиком DD2 от генератора прямоугольных импульсов, реализованном на логических элементах DD1.1. – DD1.4. Переключатель Sw1 служит для установки режимов работы генератора: «ручной» или «непрерывный». Частота следования импульсов регулируется переменным резистором R1 и лежит в пределах 1 – 2 кГц. В «ручном» режиме одиночный импульс формируется однократным нажатием переключателя Sw2.

С выходов коммутаторов DA1 и DA2 сигнал поступает на переключатель Sw3 через который, может передаваться непосредственно на выход измерительной схемы (разъем X4) или на усилитель напряжения, реализованный на микросхемах DA4 и DA5, а затем на выход схемы (разъем X3).

Микросхемы DA7 - DA9 выполняют роль стабилизаторов напряжения.

В процессе исследований внешние измерительные приборы подключались к выходам коммутаторов DA1 и DA2 (вывод 10), и при последовательном опросе каналов многоэлементной структуры регистрировались значения остаточного напряжения $E_{см}$ и напряжения сигнала U_B .

В качестве источника магнитного поля использовался миниатюрный постоянный магнит со следующими параметрами: Диаметр - 6, высота -12 мм, индукция $B = 20$ мТл

При работе по варианту 1Б используется функциональная схема, приведенная на рис.28. Исследуемая многоэлементная структура (типа 9.2.) через разъем X2 подключается к входам ИС коммутатора DA3. (См. рис. 29). Выход коммутатора подключен к источнику питания 5В.

При этом коммутаторы DA1 и DA2 не используются. Индикация номера опрашиваемого канала индицируется светодиодами, размещенными непосредственно на матрице 9.2. (см. рис.17).

Назначение остальных элементов то же, что и для варианта 1А.

В процессе исследований внешние измерительные приборы подключались к контактам 12 и 13 разъема X2, и при последовательном опросе каналов многоэлементной структуры регистрировались значения остаточного напряжения $E_{см}$ и напряжения сигнала U_B .

В качестве источника магнитного поля использовался миниатюрный постоянный магнит со следующими параметрами: Диаметр - 6, высота -12 мм, индукция $B = 20$ мТл

7.1.2. Визуальное представление информации.

Для визуальной регистрации работы многоэлементной структуры использовался электронный блок, условно названный «визуализатором магнитного поля», который подключался на выход инструментального усилителя (DA4 на рис. 29).

Функциональная схема визуализатора магнитного поля приведена на рис. 32.

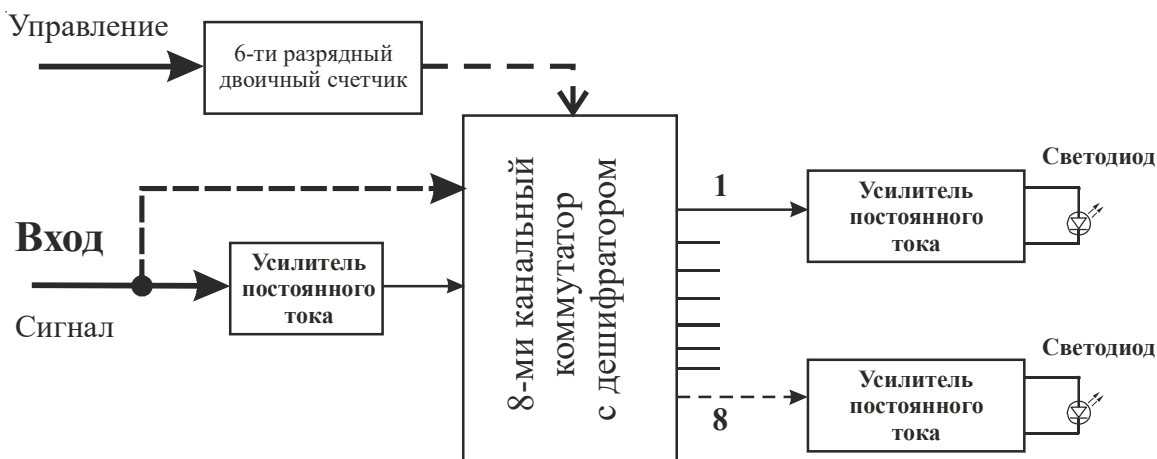


Рис. 32. Функциональная схема визуализатора магнитного поля.

Схема, приведенная на рис. 32 не требует особых пояснений

Принципиальная электрическая схема визуализатора приведена на рис. 33.

Схема работает следующим образом. Сигнал от внешнего источника поступает на вход ИС коммутатора DA1 (KP590KH1), а с его выхода поочередно поступает на входы усилителей постоянного тока (УПТ), выполненным на транзисторах VT2 - VT10. Управление коммутатором производится от одного, с источником сигнала, генератора прямоугольных импульсов.

Коллекторы транзисторов нагружены на светодиоды VD1 - VD9. Яркость свечения диодов VD1 - VD9 пропорциональна величине индукции магнитного поля.

Резисторы R3-R12 служат для выравнивания каналов по чувствительности.

При минимальной величине сигнала используется дополнительный УПТ, выполненный на транзисторе VT1. Коэффициент усиления 2 – 5.

Внешний вид визуализатора магнитного поля приведен на рис. 34.

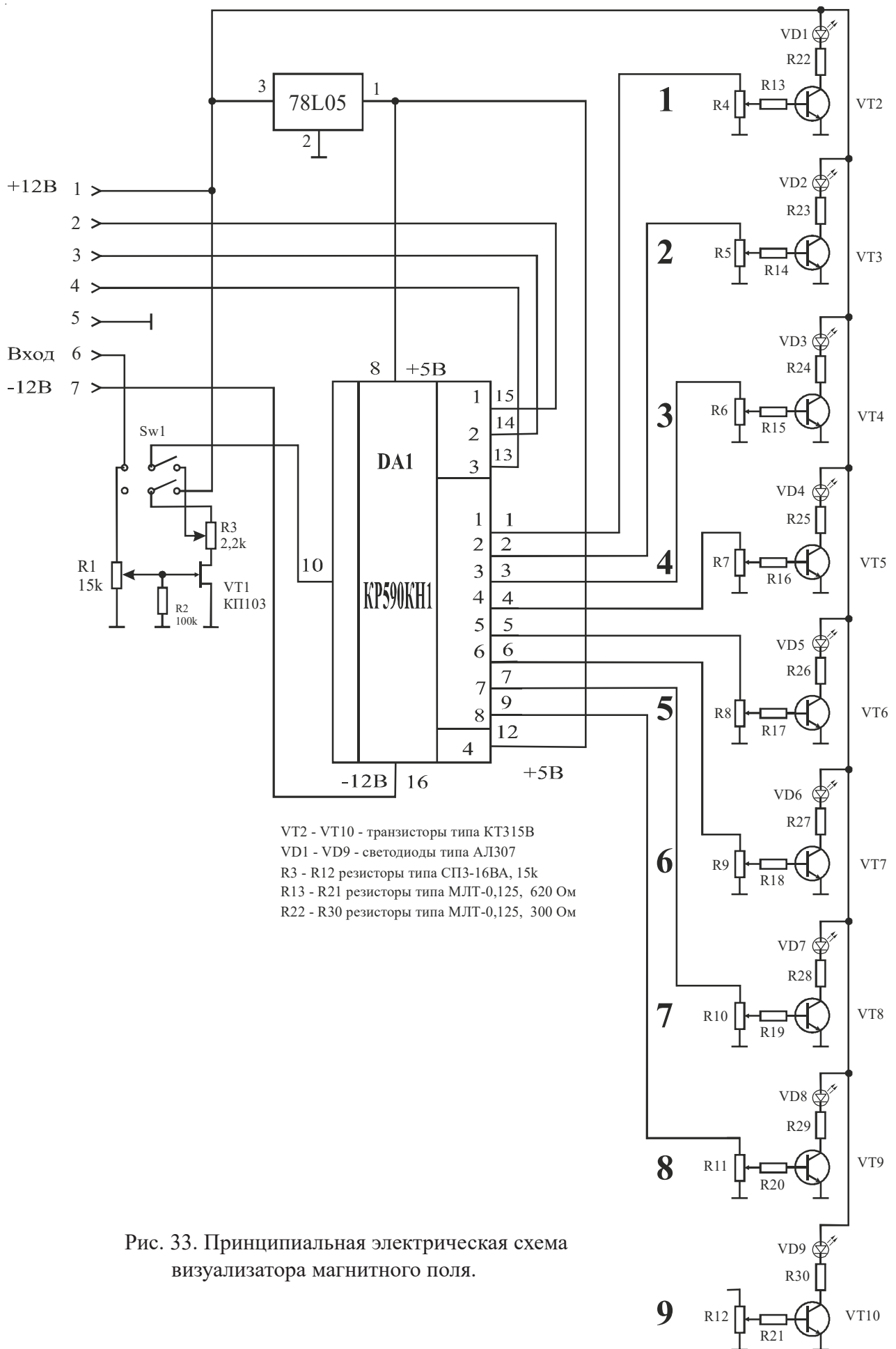


Рис. 33. Принципиальная электрическая схема визуализатора магнитного поля.

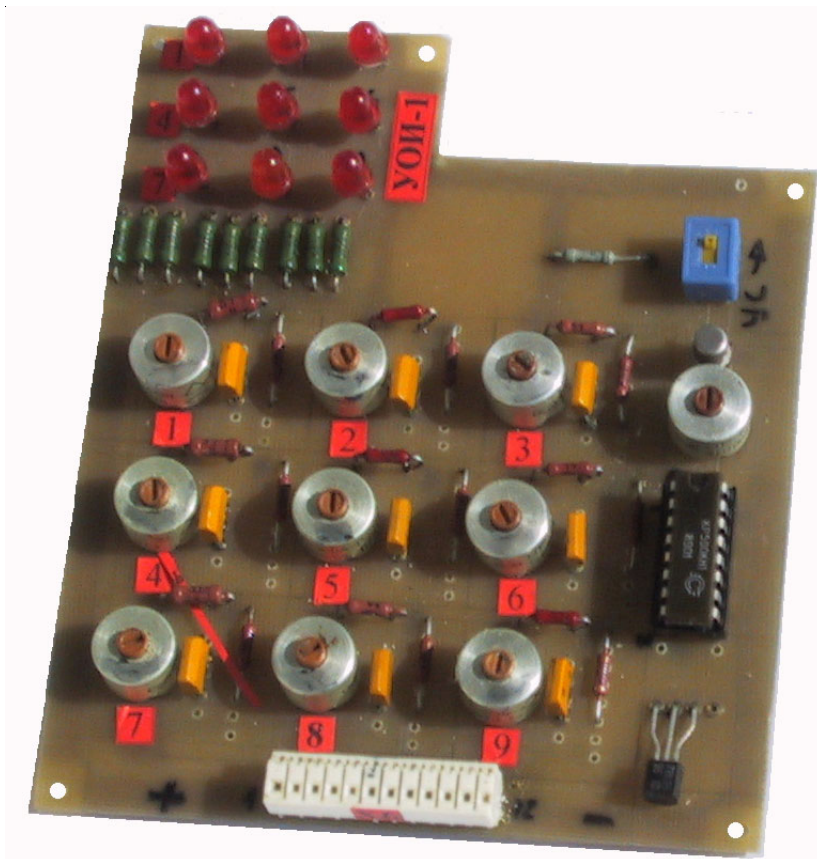


Рис. 34. Внешний вид визуализатора магнитного поля.

7.2. Устройство коммутации и управления по варианту 2

Схема устройства коммутации и управления по варианту 2 также реализовывалась в двух модификациях: 2А и 2Б.

При работе по варианту 2А используется функциональная схема устройства коммутации и управления, приведенная на рис. 35.

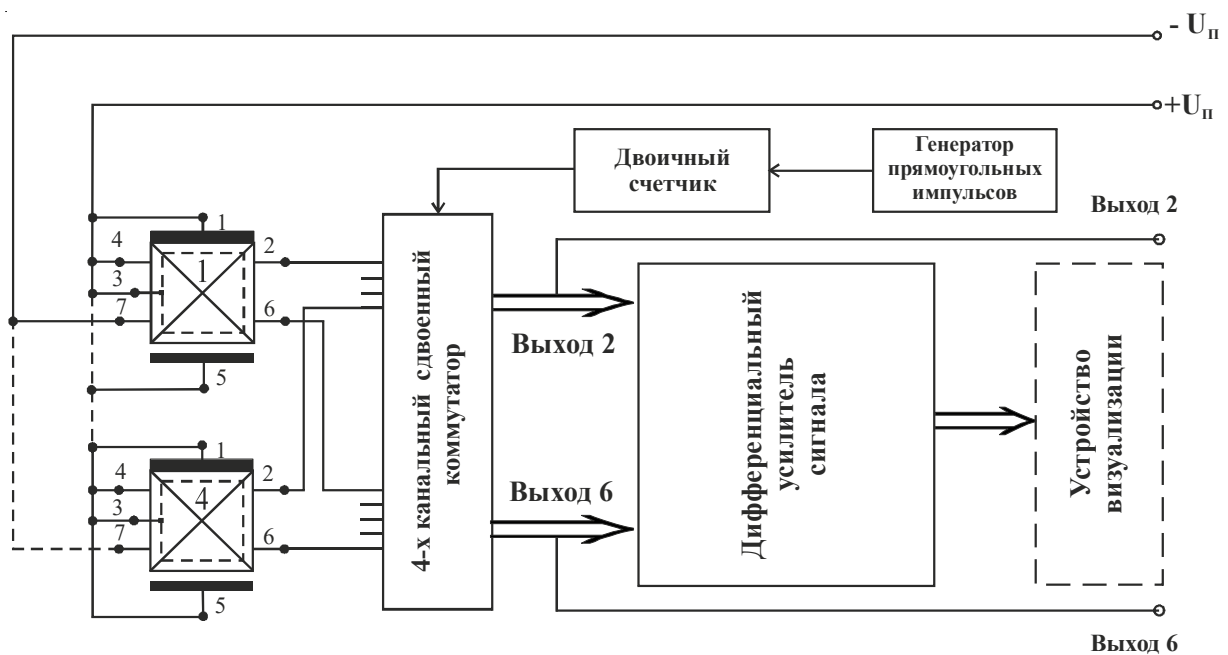


Рис. 35. Функциональная схема устройства коммутации и управления по варианту 2А.

Схема (Рис. 35) работает следующим образом. Четыре прибора включаются параллельно источнику питания. Своими выходными («холловскими») выводами приборы подключаются к входам ИС двоянного аналогового коммутатора (типа КР590КН3). При этом коммутатор коммутирует обе цепи (выводы «2» и «6» ПДХ).

Коммутатор имеет встроенный дешифратор и управляется кодом, формируемым двоичным счетчиком, управляемым при помощи генератора прямоугольных импульсов. Все каналы опрашиваются синхронно и последовательно в ручном или непрерывном режиме.

С выходов коммутатора сигнал может поступать на выход схемы или на вход дифференциального усилителя, а затем на устройство визуализации.

При работе по варианту 2Б используется функциональная схема устройства коммутации и управления, приведенная на рис. 36.

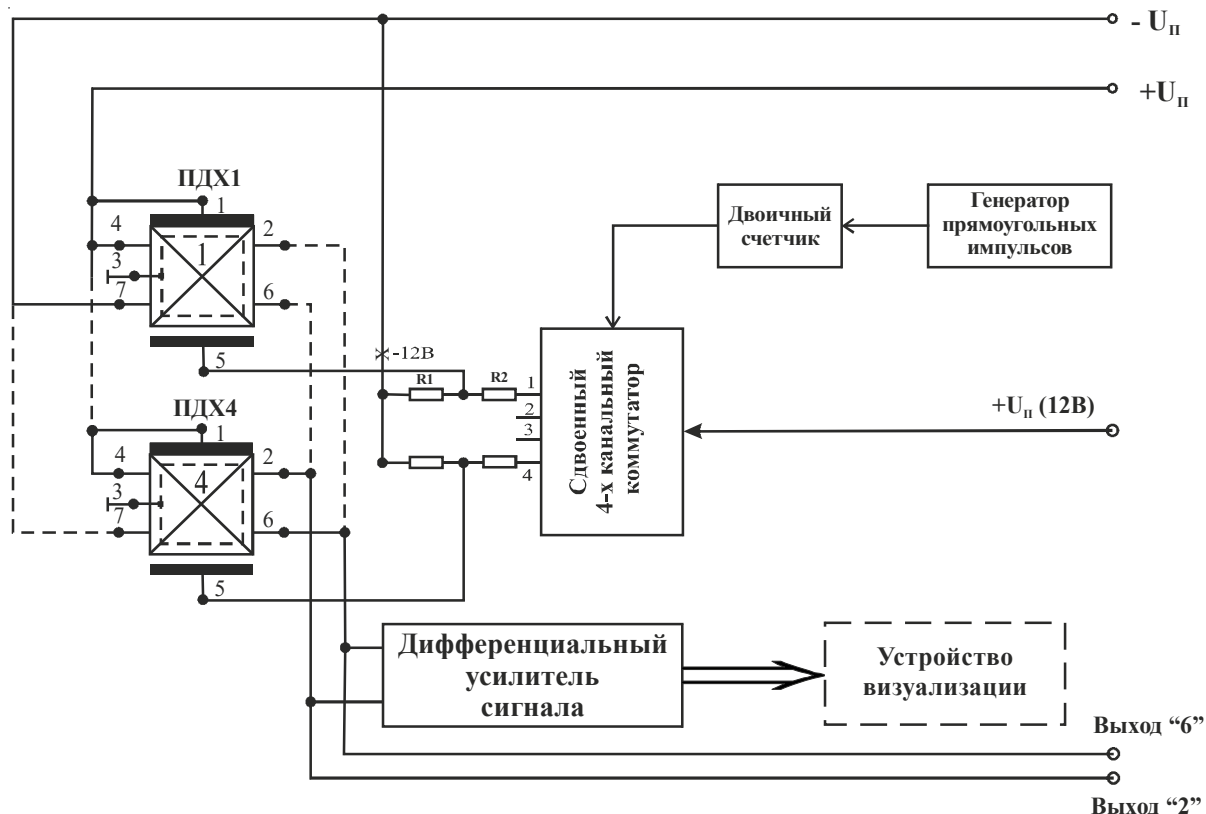


Рис. 36. Функциональная схема устройства коммутации и управления по варианту 2Б.

Схема работает следующим образом. Все четыре прибора включаются параллельно источнику питания. Выходные («холловские») выводы всех приборов включаются параллельно. Затворы приборов подключаются к входам 1-4 ИС двоянного аналогового коммутатора (типа КР590КН3), а выход коммутатора подключается к источнику напряжения плюс 9 - 10В.

В исходном положении в цепь затвора ПДХ через резисторы R1-R4 подается напряжение отрицательной полярности (-12В) и все приборы практически заперты, т.е. обладают минимальной магнитной чувствительностью.

Все каналы опрашиваются синхронно и последовательно в ручном или непрерывном режиме. При опросе определенного канала через один из резисторов R5-R8 на соответствующем затворе создается положительное напряжение (9 - 10В), что приводит к открыванию только одного канала ПДХ. Остальные приборы остаются в закрытом режиме, т.е. в режиме минимальной магнитной чувствительности.

С «объединенного» выхода «2 - 6» сигнал может поступать на выход схемы или на вход дифференциального усилителя.

Величина напряжения на затворе в 10В ограничивается возможностями конкретного типа ИС коммутатора (КР590КН3).

7.2.1. Принципиальная схема устройства коммутации и управления

Для исследования схем по вариантам 2А и 2Б использовалось унифицированное устройство коммутации и управления, позволяющее оценивать основные параметры имитаторов многоэлементных структур. Устройство коммутации состоит из двух отдельных плат: платы генератора прямоугольных импульсов и платы коммутатора.

Принципиальная схема генератора прямоугольных импульсов приведена на рис. 37, а его внешний вид на рис. 38.

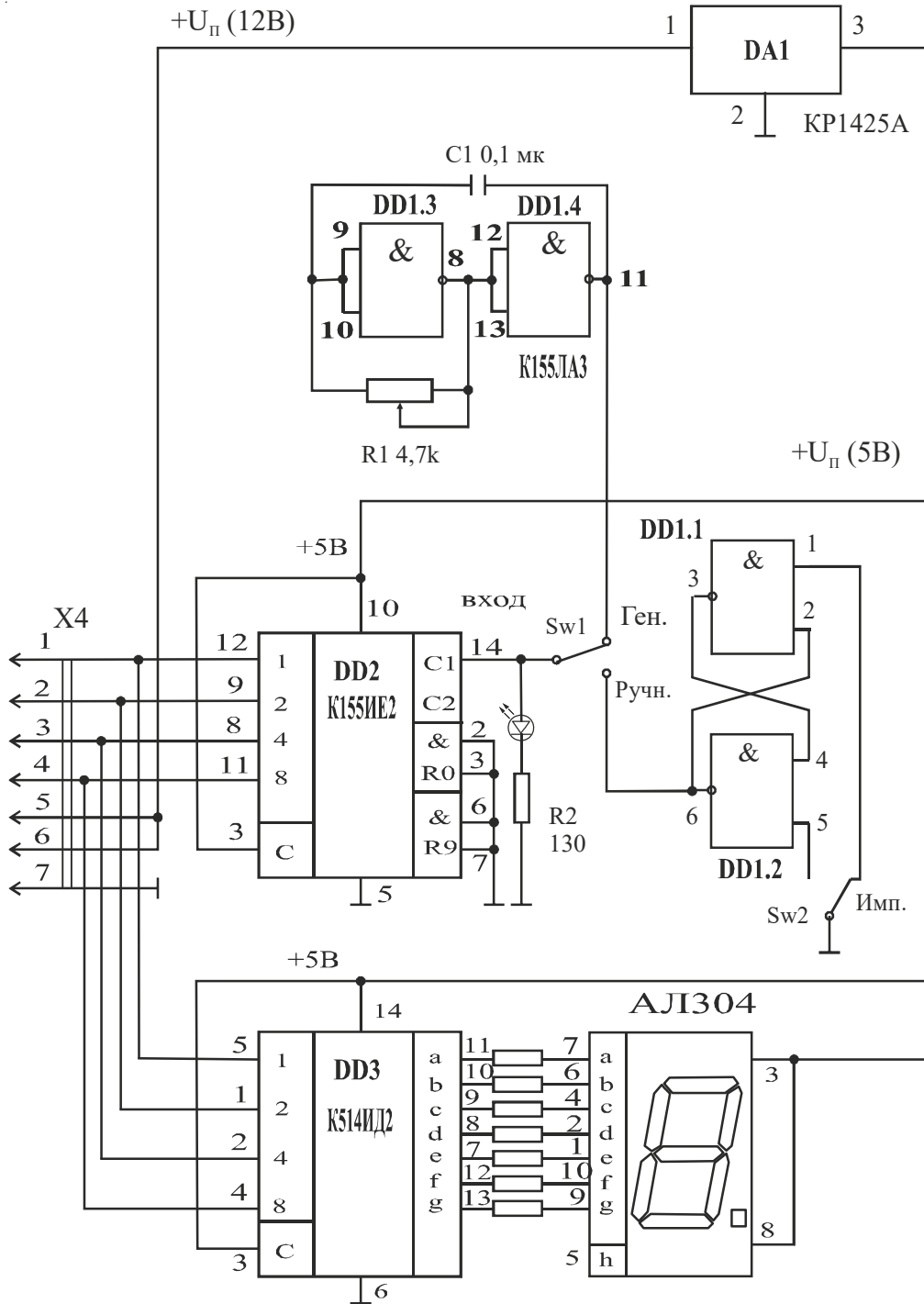


Рис. 37. Принципиальная схема генератора прямоугольных импульсов.

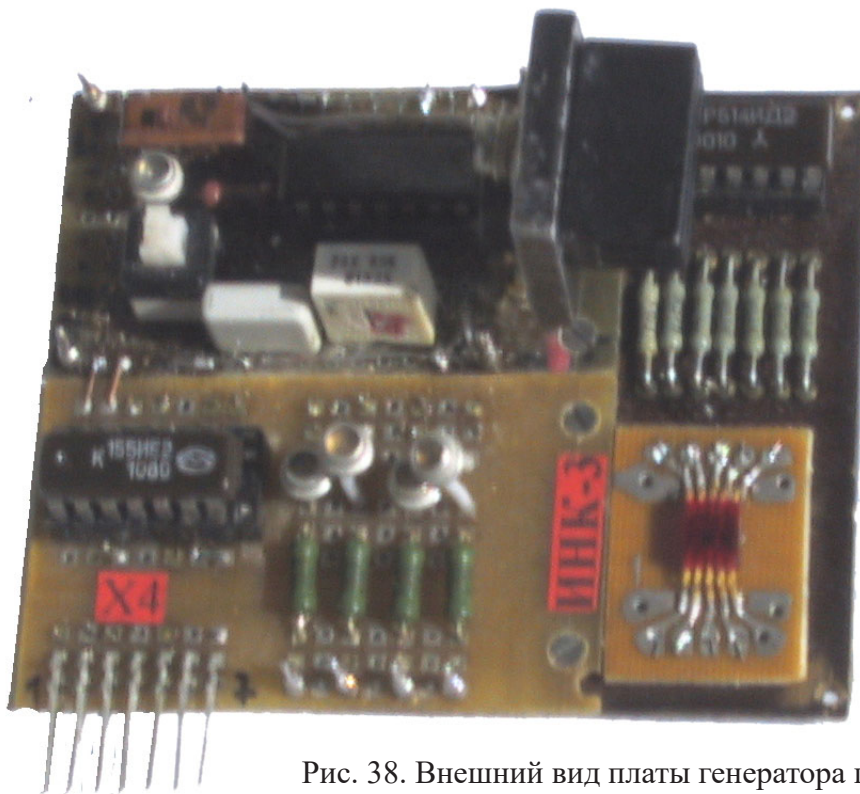


Рис. 38. Внешний вид платы генератора прямоугольных импульсов.

Принцип действия и назначение элементов схемы генератора импульсов.

Генератора прямоугольных импульсов, реализован на логических элементах DD1.1. – DD1.4. Переключатель Sw1 служит для установки режимов работы генератора: «ручной» или «непрерывный». Частота следования импульсов регулируется переменным резистором R1 и лежит в пределах 1 – 2 кГц. В «ручном» режиме одиночный импульс формируется однократным нажатием переключателя Sw2.

Сигнал с генератора импульсов поступает на вход двоичного счетчика DD2, где преобразуется в двоичный код. Сигнал в двоичном коде поступает на выход платы генератора (разъем X4) и параллельно на дешифратор DA3. С выхода дешифратора DA3 сигнал поступает на цифровой индикатор (АЛ104), который индицирует № опрашиваемого канала.

Схема платы коммутатора приведена на рис. 39, а её внешний приведен на рис. 40.

Принцип действия и назначение элементов схемы коммутатора. На плате размещены две ИС коммутатора DA1 и DA2, которые через разъем X4 управляются сигналом, формируемым генератором прямоугольных импульсов. В зависимости от типа используемой многоэлементной структуры (4.1; 4.2; 4.3 или 4.4) используется только один из указанных коммутаторов.

Выходной сигнал ПДХ поступает непосредственно на выход платы коммутатора через разъем X3 или после усиления его усилителем напряжения, реализованном на микросхемах DA4 и DA5.

Микросхемы DA6-DA8 выполняют роль стабилизаторов напряжения.

После установки платы генератора на плату коммутатора, последняя может называться «унифицированным устройством коммутации и управления». Внешний вид этого устройства приведен на рис. 41.

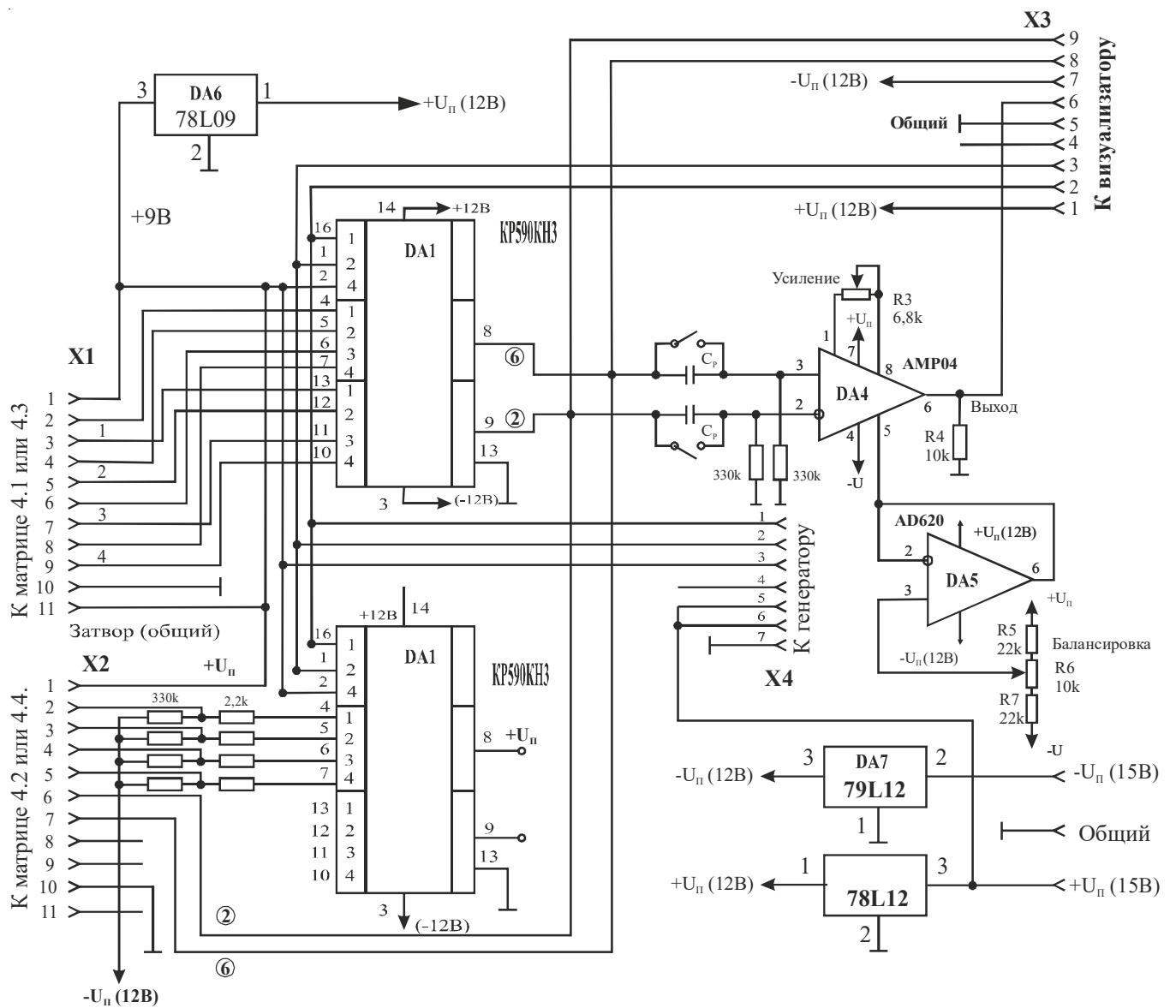


Рис. 39. Принципиальная электрическая схема платы коммутатора.

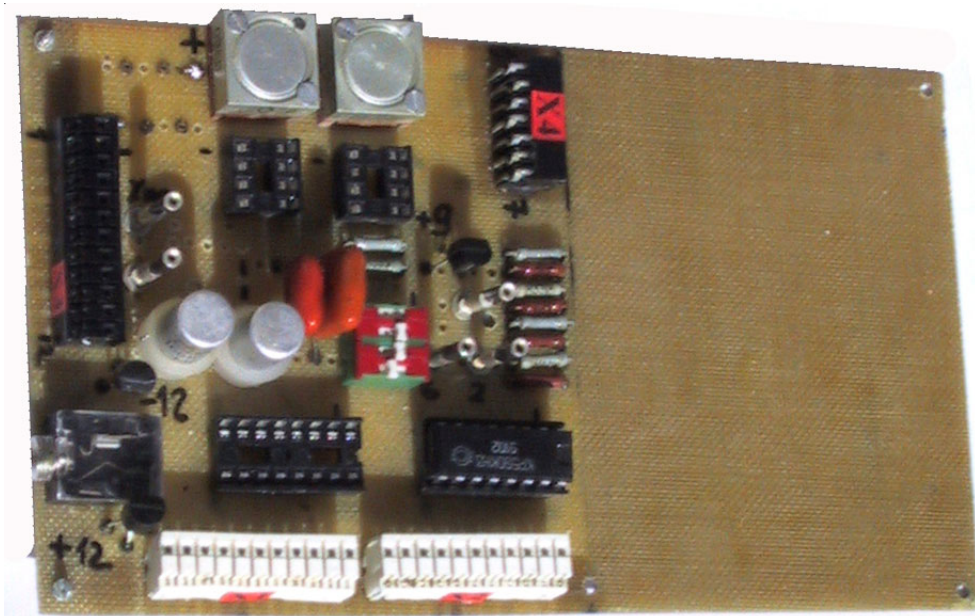


Рис. 40. Внешний вид платы коммутатора.

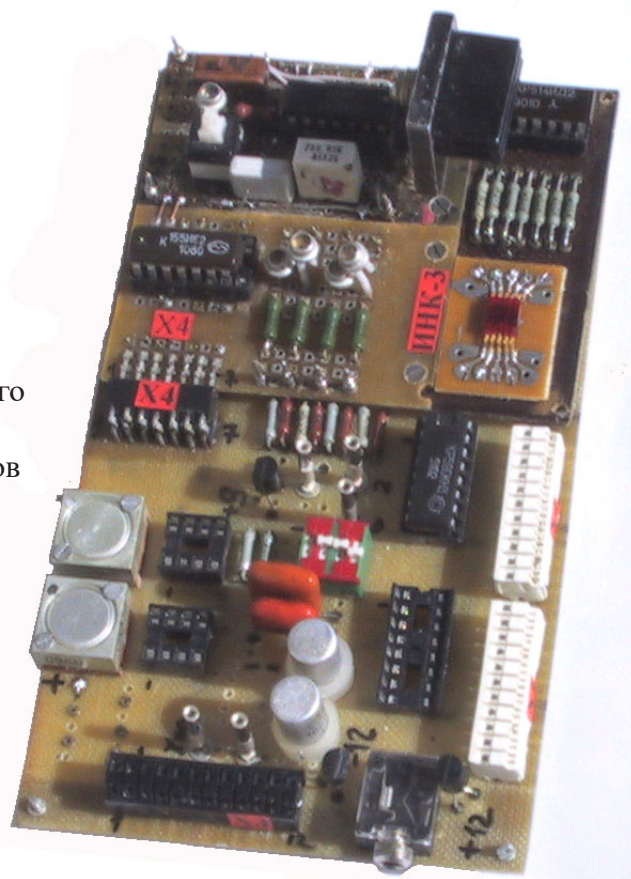


Рис. 41. Внешний вид унифицированного устройства коммутации и управления, использованного для исследований вариантов 2А и 2Б.

Принцип действия и назначение элементов схемы.

При работе по варианту 2А исследуемая многоэлементная структура (типа 4.1. или 4.3) через разъем X1 подключается к входам ИС коммутатора DA1.

С выходов коммутаторов DA1 сигнал поступает непосредственно на выход измерительной схемы (разъем X3) или на усилитель напряжения, реализованный на микросхемах DA4 и DA5, а затем на выход схемы (разъем X3, контакт 6).

В процессе исследований внешние измерительные приборы подключались к выходам коммутатора DA1 (выводы 8 и 9), и при последовательном опросе каналов многоэлементной структуры регистрировались значения остаточного напряжения $E_{см}$ и напряжения сигнала $U_{в}$.

При этом коммутатор DA2 не используется. Индикация номера опрашиваемого канала осуществляется цифровым индикатором, установленным на плате генератора импульсов.

В качестве источника магнитного поля использовался миниатюрный постоянный магнит со следующими параметрами: Диаметр - 6, высота -12 мм, индукция $B = 20$ мТл

При работе по варианту 2Б исследуемая многоэлементная структура (типа 4.2. или 4.4.) через разъем X2 подключается к входам (4 – 7) ИС коммутатора DA2.

При этом коммутатор DA1 при этом не используется. Индикация номера опрашиваемого канала осуществляется цифровым индикатором, установленным на плате генератора.

Назначение остальных элементов то же, что и для варианта 1А.

В процессе исследований внешние измерительные приборы подключались к контактам 6 и 7 разъема X2, и при последовательном опросе каналов многоэлементной структуры регистрировались значения остаточного напряжения $E_{см}$ и напряжения сигнала $U_{в}$.

В качестве источника магнитного поля использовался миниатюрный постоянный магнит со следующими параметрами: Диаметр - 6, высота -12 мм, индукция $B = 20$ мТл

8. Результаты исследований варианта 1

8.1. Результаты исследований варианта 1А.

Результаты исследований по варианту 1А сведены в табл. 4. В данной таблице приводятся значения основных параметров ПДХ, измеренные автономно, и полученные после коммутации.

Таблица 4. Результаты исследований параметров ПДХ по варианту 1А.

№ п/п	№ приб.	Автономно						После коммутатора				Отклонение от первоначального значения	
		I _{уп.} , мкА	R _{вх.} , кОм	E _{см.0} , мВ	U _в , мВ	U _с , мВ	S ₉ , мВ/мТл	E _{см.0} , мВ	U _в , мВ	U _с , мВ	S _{9к} , мВ/мТл	dE _{см.0} , %	dS ₉ , %
1	127	214	42,1	-15,7	-7,7	7,98	0,46	-16,3	-26,5	10,2	0,51	-16	12
2	11	250	36,0	-15,6	-7,4	8,24	0,47	-20,7	-33	12,3	0,62	31	31
3	82	244	36,9	-15,0	-6,12	8,89	0,51	-15,6	-26,4	10,8	0,54	6	6
4	80	244	36,9	-15,0	-7,3	7,71	0,44	-17,1	-27,8	10,7	0,54	21	21
5	48	212	42,5	-14,9	-6,8	8,05	0,46	-18,7	-30,7	12	0,60	30	30
6	1	289	31,1	-14,2	-5,6	8,62	0,49	-15,8	-26,2	10,4	0,52	6	6
7	21	214	42,1	-13,9	-5,85	8,02	0,46	-16,9	-29	12,1	0,61	32	32
8	23	300	30,0	-13,3	-3,47	9,83	0,56	-15,2	-27,3	12,1	0,61	8	8
Сред.		245,9	37,2	-14,7		8,4	0,5	-17,0		11,3	0,6	14,8	18,2

Средние отклонения от первоначального значения остаточного напряжения E_{см} составили 14,8 %, а магнитной чувствительности 18,2 %.

При подключении выходов коммутаторов DA1 и DA2 к усилителю напряжения (DA4, АМР01) все значения практически увеличивались на величину коэффициента усиления, равную 200.

8.2. Результаты исследований варианта 1Б.

Результаты исследований по варианту 1Б сведены в табл. 5. В данной таблице приводятся значения основных параметров ПДХ, измеренные автономно, и полученные после коммутации.

Таблица 5. Результаты исследований параметров ПДХ по варианту 1Б.

№ п/п	№ приб.	Автономно				После коммутатора (U _з = 5В)				Отклонение от первоначального значения	
		E _{см.0} , мВ	U _в , мВ	U _с , мВ	S ₉ , мВ/мТл	E _{см.0} , мВ	U _в , мВ	U _с , мВ	S _{9к} , мВ/мТл	dE _{см.0} , %	dS ₉ , %
1	127	-15,7	-7,7	7,98	0,46	67	60	7	0,56	23	23
2	11	-15,6	-7,4	8,24	0,47	41	36	5	0,40	-15	-15
3	82	-15,0	-6,12	8,89	0,51	74	70	4	0,32	-37	-37
4	80	-15,0	-7,3	7,71	0,44	3,6	0,5	3,1	0,25	-44	-44
5	48	-14,9	-6,8	8,05	0,46	50	45	5	0,40	-13	-13
6	1	-14,2	-5,6	8,62	0,49	4	0,1	3,9	0,31	-37	-37
7	21	-13,9	-5,85	8,02	0,46	40	35	5	0,40	-13	-13
8	23	-13,3	-3,47	9,83	0,56	81	74	7	0,56	0	0
Сред.		-14,7		8,4	0,5	45,1		5,0	0,4	-17,0	-17,0

Средние отклонения от первоначального значения остаточного напряжения E_{см} и магнитной чувствительности S составили 17% в сторону уменьшения.

В процессе измерений отмечалась значительная нестабильность величины остаточного напряжения (E_{см}), а также значительное влияние на величину E_{см}, постороннего освещения обусловленного фотоэффектом светодиодов, расположенных на комбинированной матрице (9.2).

8.3. Выводы по результатам исследований варианта 1.

Исследование вариантов включения 1А и 1Б позволяют сделать следующие выводы:

1. Использование варианта 1А можно считать оптимальным.
2. Рекомендуемая схема включения коммутаторов по варианту 1А приводится на рис. 42.
3. При появлении дополнительных возможностей следует исследовать и использовать ИС 16ти канальных коммутаторов типа КР591КН3 или сдвоенные 8ми канальные коммутаторы типа КР591КН2 (см. табл. 3).
4. Вариант 1Б из-за ограничения величины напряжения на затворе (5В) и нестабильности параметров использовать не рекомендуется. Требуется применение новой элементной базы.

9. Результаты исследований варианта 2

9.1. Результаты исследований варианта 2А.

Результаты исследований по варианту 2А сведены в табл. 6. В данной таблице приводятся значения основных параметров ПДХ, измеренные автономно, и полученные после коммутации.

Таблица 6. Результаты исследований параметров ПДХ по варианту 2А.

№ п/п	№ приб.	Автономно						После коммутатора				Отклонение от первоначального значения	
		I _{уп.} , мкА	R _{вх.} , кОм	E _{см.0.} , мВ	U _{в.} , мВ	U _{с.} , мВ	S _{9.} , мВ/мТл	E _{см.0.} , мВ	U _{в.} , мВ	U _{с.} , мВ	S _{9к.} , мВ/мТл	dE _{см.0.} , %	dS _{9.} , %
1	127	214	42,1	-15,7	-7,7	7,98	0,46	10,91	23,6	12,7	0,63	170	39
2	11	250	36,0	-15,6	-7,4	8,24	0,47	13,1	23,1	10,0	0,50	184	6
3	82	244	36,9	-15,0	-6,12	8,89	0,51	11,39	21,6	10,2	0,51	176	0
4	23	300	30,0	-13,3	-3,47	9,83	0,56	10,81	20,19	9,4	0,47	181	-17
Сред.		252,0	36,2	-14,9		8,7	0,5	11,6		10,6	0,5	177,6	3,7

Средние отклонения от первоначального значения остаточного напряжения $E_{см}$ и магнитной чувствительности S составили соответственно 176,6 и 7,3 % в сторону увеличения.

При динамическом опросе каналов (непрерывный режим генератора) усредненное значение остаточного напряжения $E_{см}$ составляло 11,6 мВ, при этом усредненная величина магнитной чувствительности была порядка 0,5 мВ/мТл.

При данном измерении использовался постоянный магнит с геометрическими размерами 20 x 15 x 4 мм. $B = 100$ мТл.

При подключении выходов (8 - 9) ИС коммутатора DA1 к усилителю напряжения (DA4, АМР01) все значения практически увеличивались на величину коэффициента усиления, равную 200.

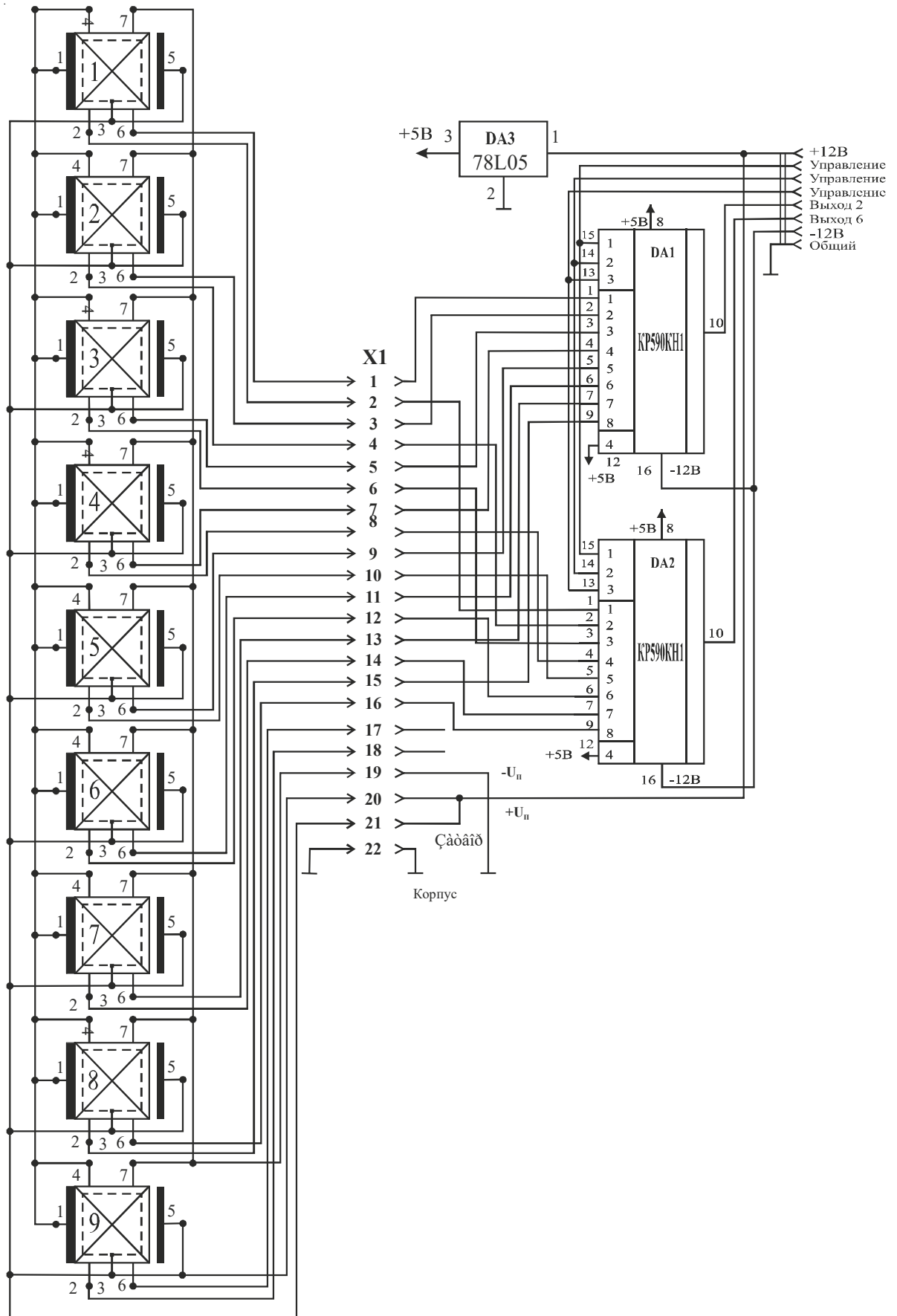


Рис. 42. Рекомендуемая схема коммутатора по варианту 1А.

9.2. Результаты исследований варианта 2Б.

Результаты исследований по варианту 2Б сведены в табл. 7. В данной таблице приводятся значения основных параметров ПДХ, измеренные автономно, и полученные после коммутации.

Таблица 7. Результаты исследований параметров ПДХ по варианту 2Б.(Напряжение питания 12 В. Напряжение на затворе 8,7В. Напряжение запираения затвора -11,8В)

№ п/п	№ приоб.	Автономно						После коммутатора				Отклонение от первоначального значения	
		I _{уп.} , мкА	R _{вх.} , кОм	E _{см.0} , мВ	U _{в.} , мВ	U _{с.} , мВ	S ₉ , мВ/мТл	E _{см.0} , мВ	U _{в.} , мВ	U _{с.} , мВ	S _{9к.} , мВ/мТл	dE _{см.0} , %	dS ₉ , %
1	127	214	42,1	-15,7	-7,7	7,98	0,46	13,2	22,1	8,9	0,45	-2	-2
2	11	250	36,0	-15,6	-7,4	8,24	0,47	10,7	19,0	8,3	0,42	-12	-12
3	82	244	36,9	-15,0	-6,12	8,89	0,51	30,0	39,0	9,0	0,45	-11	-11
4	23	300	30,0	-13,3	-3,47	9,83	0,56	19,5	27,0	7,5	0,37	-34	-34
Сред.		126,0	18,1	-7,5		4,4	0,2	9,2		4,2	0,2	-7,4	-7,4

Средние отклонения от первоначального значения остаточного напряжения $E_{см}$ и магнитной чувствительности S составили соответственно +224 и -14,7 %.

В процессе измерений отмечалась нестабильность величины остаточного напряжения $E_{см}$, вызванная, в том числе, качеством источника питания цепи затвора.

При динамическом опросе каналов (непрерывный режим генератора) усредненное значение остаточного напряжения $E_{см}$ составляло 18,4 мВ, при этом усредненная величина магнитной чувствительности была порядка 0,4 мВ/мТл.

При данном измерении использовался постоянный магнит с геометрическими размерами 20 x 15 x 4 мм. $B = 100$ мТл.

9.3. Выводы по результатам исследований варианта 2.

Исследование вариантов включения 2А и 2Б позволяют сделать следующие выводы:

- 1 Использование варианта 2А для малоформатных матриц (2 x 2) можно считать оптимальным.
- 2 Рекомендуемая схема включения коммутаторов по варианту 2А приводится на рис. 43.
- 3 При появлении дополнительных возможностей следует исследовать и использовать ИС 16ти канальных коммутаторов типа КР591КН3 или сдвоенные 8-ми канальные коммутаторы типа КР591КН2 (см. табл. 3).
- 4 Использование варианта 2Б для малоформатных матриц (2 x 2) также можно считать оптимальным.
- 5 Рекомендуемая схема включения коммутаторов по варианту 2Б приводится на рис. 44.

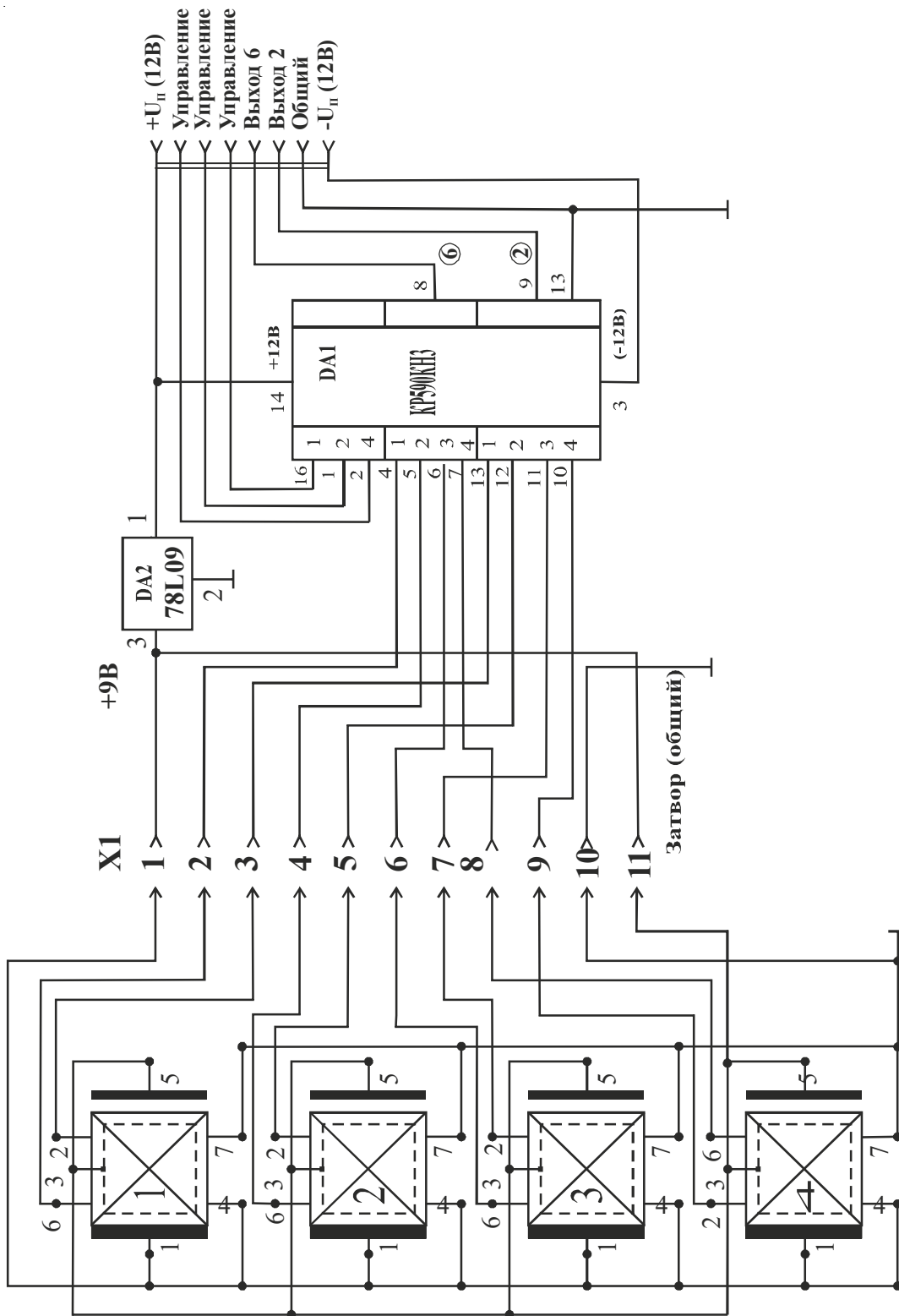


Рис. 43. Рекомендуемая схема коммутатора по варианту 2А.

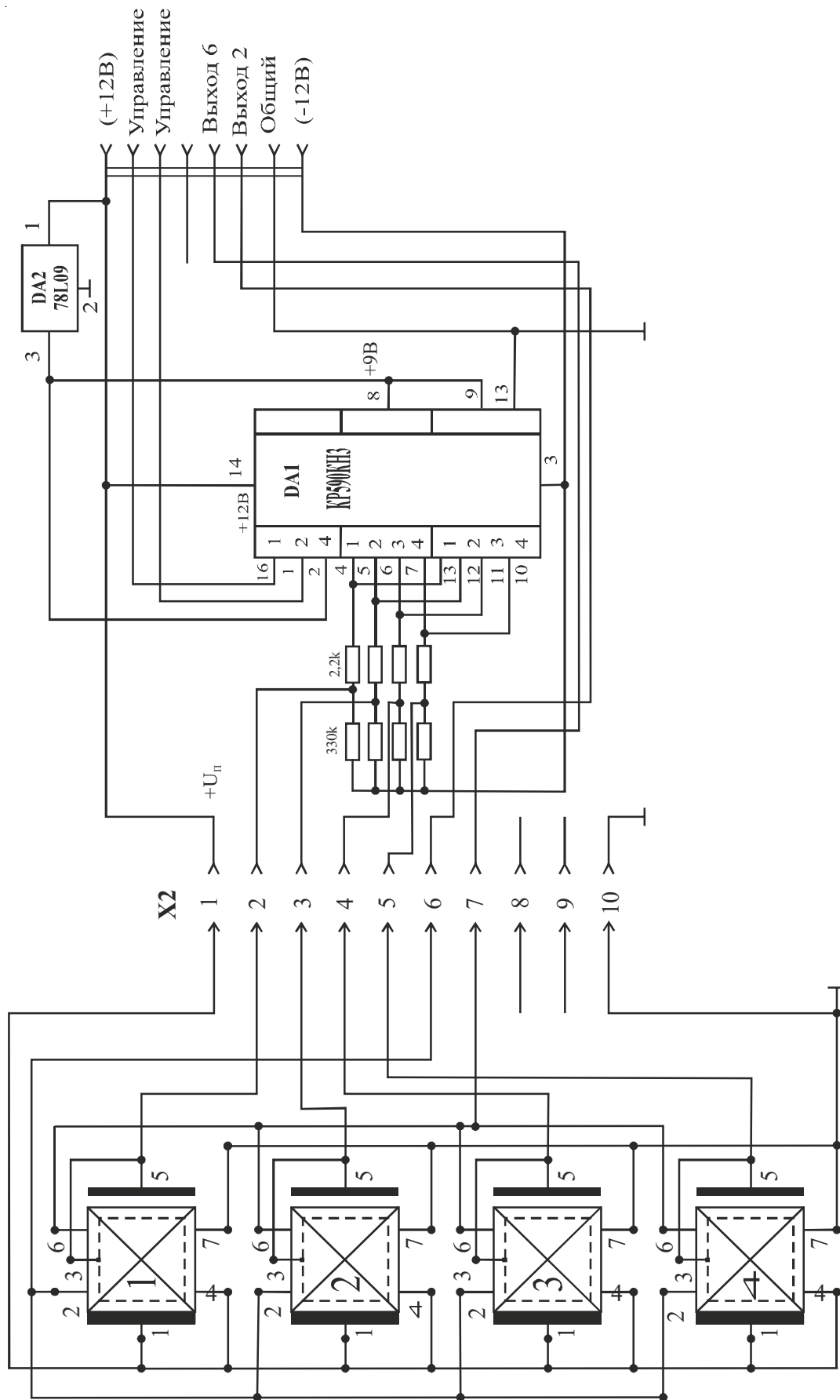


Рис. 44. Рекомендуемая схема коммутатора по варианту 2Б.

10. Согласование приборов с последующей электроникой

При использовании полевых датчиков Холла, обладающих высокой магнитной чувствительностью при значительном входном сопротивлении, возникают проблемы согласования ПДХ с последующими элементами электронного тракта аппаратуры.

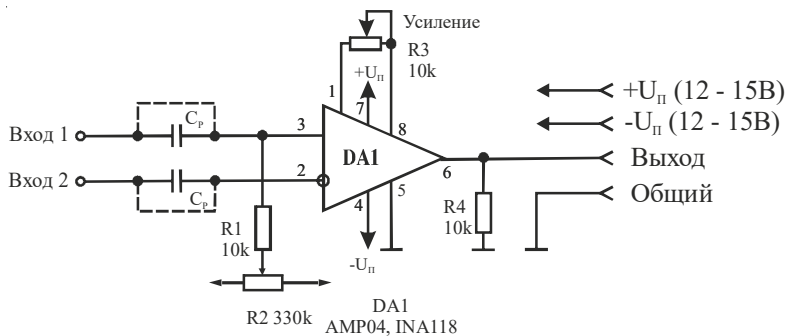
Наиболее оптимальным является применение в качестве предварительных усилителей сигнала ПДХ, т.н. инструментальных усилителей (ИУ). Инструментальные усилители, реализованные в виде интегральных схем, обладают высокими эксплуатационными характеристиками и позволяют, практически без потерь, реализовывать пороговые характеристики ПДХ. Эти усилители не требуют дополнительного обрамления, а их коэффициент усиления с высокой точностью устанавливается единственным «внешним» сопротивлением. Такие усилители могут использоваться как для непосредственного усиления сигнала ПДХ, так и для усиления сигнала после коммутатора.

Отечественной промышленностью ИС инструментальных усилителей не выпускается.

Параметры наиболее известных интегральных схем инструментальных усилителей фирм «Analog Device» и «Burr Brown», приведены в табл. 8. (См. Приложение).

Из исследованных нами интегральных схем ИУ наиболее подходящими оказались микросхемы AMP04 фирмы «Analog Device» и INA118 фирмы «Burr Brown», используемые в типовом включении. Схемы включения ИУ приведены на рис. 45 и 46.

Рис. 45. Типовая схема включения инструментальных усилителей AMP04 фирмы «Analog Device» и INA118 фирмы «Burr Brown».



Преобразователь магнитного поля подключается к входу усилителя с использованием балансирующего звена (R1 - R2), позволяющего компенсировать остаточное напряжение ($E_{см}$), через керамические разделительные емкости. В качестве R2 и R3 используются многооборотные построечные резисторы.

Схема работает в аналоговом режиме и обеспечивает преобразование сигнала в полосе частот от 0 до 350 кГц и минимальным уровнем собственных шумов.

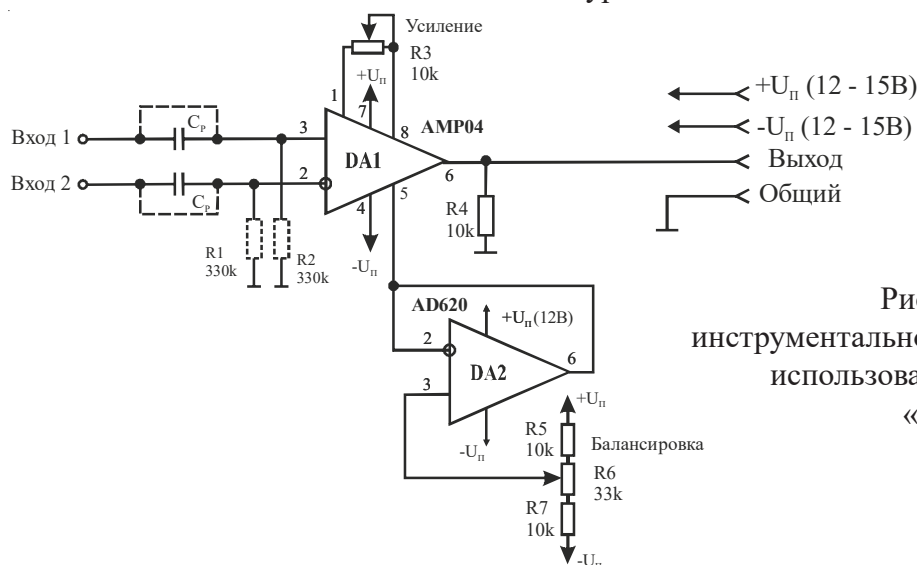


Рис. 46. Схема включения инструментального усилителя AMP04 с использованием дополнительного «балансирующего» ОУ.

Схема, приведенная на рис. 46, не требует дополнительных пояснений. В качестве R3 и R6 используются многооборотные построечные резисторы. В качестве DA2 может быть использован операционный усилитель любого типа.

11. Примерные параметры многоэлементных магниточувствительных структур, необходимые для выполнения дальнейших работ.

В результате выполнения настоящей работы можно определить примерные параметры двух групп магниточувствительных многоэлементных структур, необходимых для продолжения работ. Эти параметры приведены в табл. 10 и 11.

Таблица 10. Примерные параметры многоэлементной структуры с коммутацией по выходу.

N п/п	Наименование параметра	Значение параметра	Примечание
1	Расположение элементов	Линейка или матрица	В зависимости от назначения
2	Способ коммутации чувствительных элементов	Внешняя коммутация с полной электрической развязкой отдельных МЧЭ друг от друга	Параллельное соединение МЧЭ по цепи питания
3	Принцип преобразования магнитного поля	Мгновенного действия	
4	Способ выборки информации	последовательная произвольная	Для линейки Для матрицы
5	Размер чувствительной области, мкм	от 50 x 50 до 1000 x 1000	В зависимости от назначения
6	Количество элементов	до 256 до 64	Для линейки Для матрицы
7	Зазор между элементами, мкм	от 50 до 250	В зависимости от назначения
8	Магнитная чувствительность, мВ/мТл	0,3 - 0,5	Для одного элемента
9	Неравномерность магнитной чувствительности, %, не более	от 1 до 5	В зависимости от назначения
10	Магнитная связь между элементами, %, не более	от 1 до 5	В зависимости от назначения
11	Неравномерность напряжения смещения, %, не более	от 1 до 5	В зависимости от назначения
12	Ток управления, мкА	50 - 200	Для одного элемента
13	Рекомендуемый источник питания	Источник напряжения	
14	Возможные области применения	Позиционные датчики положения или перемещения Угловые датчики положения и перемещения Системы визуализации магнитного поля. Системы неразрушающего контроля. Системы охранной сигнализации.	Уточняются по результатам дальнейших исследований

Таблица 11. Примерные параметры многоэлементной структуры с управлением по затвору.

N п/п	Наименование параметра	Значение параметра	Примечание
1	Расположение элементов	линейка или матрица	В зависимости от назначения
2	Способ коммутации чувствительных элементов	Внешняя коммутация с полной электрической развязкой отдельных МЧЭ друг от друга	Параллельное соединение МЧЭ по цепи питания
3	Принцип преобразования магнитного поля	Мгновенного действия	
4	Способ выборки информации	последовательная произвольная	Для линейки Для матрицы
5	Размер чувствительной области, мкм	от 50 x 50 до 1000 x 1000	В зависимости от назначения
6	Количество элементов	до 16	
7	Зазор между элементами, мкм	от 20 до 100	В зависимости от назначения
8	Магнитная чувствительность, мВ/мТл	0,2 - 0,4	Для одного элемента
9	Неравномерность магнитной чувствительности, %, не более	5	В зависимости от назначения
10	Магнитная связь между элементами, %, не более	5	В зависимости от назначения
11	Неравномерность напряжения смещения, %, не более	5	В зависимости от назначения
12	Ток управления, мкА	50 - 200	Для одного элемента
13	Рекомендуемый источник питания	Источник тока	
14	Возможные области применения	Позиционные датчики положения или перемещения Угловые датчики положения и перемещения Системы визуализации магнитного поля. Системы неразрушающего контроля. Системы охранной сигнализации.	Уточняются по результатам дальнейших исследований

12. Общие выводы, проблемы и предложения

В процессе проведения настоящей работы:

1. Выполнен широкий спектр исследований опытных образцов ПДХ, направленных на выявление возможностей построения на основе указанных приборов магниточувствительных многоэлементных структур с последовательным опросом.

Все исследования выполнялись при нормальных климатических условиях.

Из-за отсутствия материально-технической базы не выявлялись зависимости основных параметров ПДХ от влияния внешних факторов, (например, температуры, вибрации и др.).

По той же причине, в полной мере, не были проведены измерения собственных шумов ПДХ, линейности характеристики магнитной чувствительности приборов, коэффициента магнитной связи между элементами и др.

2. Достигнуты определенные результаты и выявлены некоторые особенности использования полевых элементов Холла в составе многоэлементных структур, а именно

- экспериментально подтверждена возможность формирования на базе ПДХ малоформатных многоэлементных линейных и матричных магниточувствительных структур с последовательным опросом и использованием отечественной элементной базы – ИС коммутаторов серии КР590;

- основным недостатком исследуемых приборов при использовании их в составе имитаторов многоэлементных структур является сильная неравномерность величины остаточного напряжения (E_{cm}) и магнитной чувствительности (S);

- выявлена значительная зависимость величины и нестабильности остаточного напряжения (E_{cm}) от качества источника питания ПДХ, особенно при управлении по затвору;

- отмечено сильное влияние входного и выходного сопротивлений ПДХ, неравномерности их величины, а также зависимости указанных сопротивлений от индукции воздействующего магнитного поля;

- в процессе работы также отмечалось влияние «остаточного намагничивания» коваровой рамки прибора на результаты измерений;

3. Определены примерные параметры многоэлементных магниточувствительных структур, необходимых для продолжения работ.

Для продолжения исследований возможностей создания многоэлементных магниточувствительных структур необходимо выполнить следующие работы:

1. Продолжить исследования основных характеристик ПДХ: остаточного напряжения (E_{cm}), магнитной чувствительности, входного и выходного сопротивлений с целью более полного набора статистических данных и выявления закономерностей их поведения при воздействии различных факторов, в том числе, и в режиме регистрации слабых магнитных полей (менее 1 мТл). Разработать пути уменьшения нестабильности указанных параметров.

2. Разработать и применить специализированные методики проектирования и отбора элементов, предназначенных для использования в составе магниточувствительных многоэлементных структур.

При разработке приборов необходимо учесть, что особое значение при формировании многоэлементных структур имеет идентичность характеристик элементов, что может быть достигнуто только в результате оптимизации топологии и совершенствования конструкции приборов и технологии их изготовления.

3. Основное внимание необходимо обратить на применение современной элементной базы для питания, коммутирования, усиления и обработки сигналов ПДХ, в том числе, ИС матричных коммутаторов.

При конструировании аппаратуры с использованием многоэлементных структур необходимо учитывать биполярность сигнала ПДХ, (т.е. зависимость от полярности воздействующего магнитного поля) и невозможность использования ИС униполярных коммутаторов.

Для обработки сигналов ПДХ использовать современные методы обработки, в том числе, синхронного детектирования, «привязанного» к конкретным каналам

Использовать для питания ПДХ прецизионные биполярные стабилизаторы напряжения, например, типа AD688AR, AD587, AD581 фирмы «Analog Device», REF101, REF102 фирмы «Burr-Brown» или аналогичные.

4. Дальнейшие исследования можно проводить, в том числе, и на приборах, не имеющих в своей конструкции ферромагнитных элементов. Одним из таких вариантов могли бы стать многоэлементные структуры, смонтированные на печатной микросхеме.

Предложения по микросхемам изложены в приложениях.

Исполнитель: Бараночников М.Л.

16 июля 2003 года.