



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого»

Кафедра «Промышленная электроника»

**ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ ДАТЧИКОВ
ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.
ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ
ВХОДНЫХ ЦЕПЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
по курсу «Специальные измерения
в промышленной электронике»
для студентов специальности 1-36 04 02
«Промышленная электроника»**

УДК 621.391.827+621.396.96(075.8)
ББК 32.96-04я73
ИЗ7

*Рекомендовано научно-методическим советом
факультета автоматизированных и информационных систем
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 1 от 12.09.2005 г.)*

Авторы-составители: *В. А. Карпов, С. А. Мурашко*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Автоматизированный электропривод» ГГТУ
им. П. О. Сухого *В. В. Логвин*

ИЗ7 **Измерительные** схемы датчиков физических величин. Помехоустойчивость входных цепей измерительных преобразователей : лаб. практикум по курсу «Специальные измерения в промышленной электронике» для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» / авт.-сост.: В. А. Карпов, С. А. Мурашко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2006. – 34 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

Подготовлен в соответствии с программой курса.

Содержатся теоретические сведения об основных источниках помех и способах их уменьшения.

Для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника».

УДК 621.391.827+621.396.96(075.8)
ББК 32.96-04я73

© Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», 2006

Лабораторная работа №1

Исследование влияния помех общего и нормального видов во входных цепях измерительных преобразователей.

Цель работы: исследование влияния помех нормального и общего видов на точность работы измерительных преобразователей.

Используемое оборудование.

Лабораторный стенд для исследования помехоустойчивости и измерительный преобразователь-интегрирующий вольтметр постоянного тока типа В7-37, шестидекадный магазин сопротивлений МС типа Р-33.

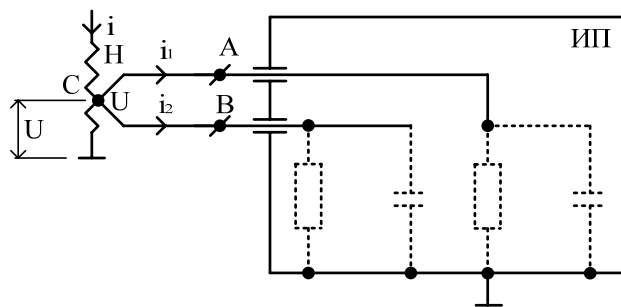


Рис.1. Пример источника помех общего вида.

1. Общие теоретические сведения

Источники помех в измерительных преобразователях и способы оценки помехозащищенности.

В общем виде под помехами понимают любые факторы, искажающие результаты измерения. Далее под помехами подразумеваются паразитные сигналы, действующие на входе измерительного преобразователя (ИП) наряду с полезным сигналом – напряжением постоянного тока.

Источниками помех могут быть электромагнитные наводки, термо-ЭДС, токи утечки, протекающие по распределенным сопротивлениям изоляции, и другие явления. Отмеченные источники возникают непосредственно во входном контуре ИП.

На рис.1 представлен источник помехи иного вида. ИП измеряет напряжение постоянного тока U , создаваемое термопарой ТП, приваренной к нагревателю Н, по которому протекает переменный ток i . Нижний конец Н и корпус ИП заземлены. ИП должен иметь симметричный вход (ни один из входов не соединён с корпусом). В данном случае точка соединения термопары с нагревателем находится под определенным потенциалом φ относительно земли. При этом распределённые сопротивления и ёмкости изоляции (показаны пунктиром) между корпусом ИП и входами. А, В не могут быть одинаковыми. Поэтому токи утечки I_1, I_2 , создаваемые напряжением U не равны, что приводит к появлению разности напряжений

U_{AB} . Эта разность потенциалов является паразитным сигналом, действующим во входном контуре ИП. т.е. напряжение U , хотя и не действует непосредственно во входной цепи ИП, но частично «проникает в него»

Для оценки влияния помех, используются эквивалентные схемы в которых элементы с распределенными параметрами заменяют сосредоточенными, а всю совокупность источников помех заменяют двумя (рис.2). Это ЭДС помехи нормального вида $E_{н.в.}$ и ЭДС помехи общего вида $E_{о.в.}$. В дальнейшем будем рассматривать помехи постоянного тока и синусоидальные, имея в виду, что периодический сигнал может быть представлен в виде суммы гармоник. Среди синусоидальных помех наибольший интерес представляют помехи сетевой частоты.

Представим $E_{н.в.}$ в виде суммы помех: $\bar{E}_{н.в.}$ и $\tilde{E}_{н.в.}$ - соответственно постоянного тока и синусоидальной ЭДС. Составляющая $\bar{E}_{н.в.}$ неотличима от полезного напряжения U . Различные схемные способы направлены на защиту от $\tilde{E}_{н.в.}$, их называют способами защиты от помехи нормального вида. Однако какие бы не применялись способы, некоторое влияние $\tilde{E}_{н.в.}$ остается.

Степень защищенности ИП от $\tilde{E}_{н.в.}$ характеризуют коэффициентом подавления синусоидальной помехи нормального вида, выражаемого в дБ.

$$\tilde{K}_{н.в.} = 20 \lg \frac{E_{н.в.м}}{|\Delta U|},$$

где $E_{н.в.м}$ – амплитуда синусоидальной ЭДС помехи нормального вида; ΔU – изменение показаний ИП, вызванное этой помехой.

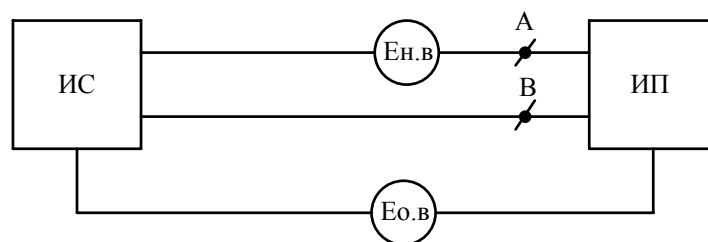


Рис.2. Эквивалентная схема, отражающая наличие помех нормального $E_{н.в.}$ и общего $E_{о.в.}$ видов, ИС – источник изменяемого сигнала.

При краткой характеристике защищенности ИП о $E_{н.в.}$ дается значение $\tilde{K}_{н.в.}$, только на одной частоте, как правило сетевой. При более полной характеристике дается частная зависимость $\tilde{K}_{н.в.}(f)$.

ЭДС помехи общего вида влияет на показания ИП лишь постольку, поскольку некоторая ее доля $E'_{о.в.}$ проникает во входную цепь ИП. Способы, направленные на уменьшение отношения $E'_{о.в.}/E_{о.в.}$ называют способами защиты от помех общего вида.

Электродвижущие силы $E_{o.v.}$ и $E'_{o.v.}$ можно, как и раньше, представить в виде составляющих $\bar{E}_{o.v.}$, $\tilde{E}_{o.v.}$, $\bar{E}'_{o.v.}$, $\tilde{E}'_{o.v.}$. Степень защищенности ИП от помех общего вида характеризуют двумя коэффициентами подавления помех общего вида.

$$\bar{K}_{o.v.} = 20 \lg \frac{\bar{E}_{o.v.}}{\bar{E}'_{o.v.}},$$

$$\tilde{K}_{o.v.} = 20 \lg \frac{\tilde{E}_{o.v.}}{\tilde{E}'_{o.v.}}$$

Электродвижущая сила $\bar{E}_{o.v.}$, перешедшая во входную цепь, неотличима от полезного сигнала – напряжения постоянного тока U – и вызывает изменение показаний ИП на некоторую величину ΔU , поэтому $\bar{K}_{o.v.}$ можно записать в следующем виде:

$$\bar{K}_{o.v.} = 20 \lg \frac{\bar{E}_{o.v.}}{|\Delta U|}$$

ЭДС $\tilde{E}'_{o.v.}$, перешедшая во входной контур, действует в нем так же, как $\tilde{E}_{n.v.}$. Поэтому если в ИП использовать какой либо способ защиты от помех нормального вида $\tilde{E}_{n.v.}$, то он в равной мере относится и к помехе общего вида $\tilde{E}'_{o.v.}$, перешедшей в него. Т.е. $\tilde{E}'_{o.v.}$ может дополнительно подавляться, а изменение показаний ΔU , которое она вызывает, определяется $\tilde{K}_{n.v.}$. В связи с этим вводят еще один коэффициент, называемый эффективным коэффициентом подавления синусоидальных помех общего вида:

$$\tilde{K}_{o.v.эфф} = 20 \lg \frac{E_{o.v.m}}{|\Delta U|},$$

где $E_{o.v.m}$ – амплитуда синусоидальной ЭДС помехи общего вида; ΔU – изменение показаний ИП, вызванное действием этой помехи.

$$\text{Представив } \frac{E_{o.v.m}}{\Delta U} = \frac{E_{o.v.m}}{E'_{o.v.m}} \cdot \frac{E'_{o.v.m}}{\Delta U},$$

можно записать $\tilde{K}_{o.v.эфф} = \tilde{K}_{o.v.} + \tilde{K}_{n.v.}$.

При краткой характеристике защищенности ИП от помех общего вида приводится $\tilde{K}_{o.v.}$ на одной частоте, как правило сетевой, и значение $\bar{K}_{o.v.}$. При более полной характеристике – частотная зависимость $\tilde{K}_{o.v.}(f)$ (или $\tilde{K}_{o.v.эфф}(f)$).

В последнем случае

$$\tilde{K}_{o.v.} = \tilde{K}_{o.v.}(0) = \tilde{K}_{o.v.эфф}(0)$$

2.1. Определение зависимости $\tilde{K}_{н.в. \min}(m)$.

$\tilde{K}_{н.в.}(m)$ определяется для наихудших значений f . ИП в режиме измерения U с периодическим запуском подключается к генератору синусоидальных напряжений G (см. схему на рис.3). Среднееквadrатическое значение ЭДС $\tilde{E}_{н.в.}$, имитирующей помеху нормального вида, измеряется вольтметром переменного тока. Необходимо соблюсти условие

$$E_{н.в.} < 1.2 * U_{ном},$$

где $E_{н.в.}$ - амплитуда ЭДС $\tilde{E}_{н.в.}$; $U_{ном}$ - номинальное напряжение U на выбранном диапазоне измерения. При режиме наихудших частот, следует иметь в виду, что у прибора В7-23 длительность первого такта интегрирования составляет 40 мс.

Для каждого установленного значения частоты нужно некоторое время наблюдать за изменением искажений прибора и зафиксировать среди них наибольшее по абсолютной величине ΔU . Эти изменения обусловлены тем, что фазовый сдвиг φ ЭДС $\tilde{E}_{н.в.}$ изменяются относительно начала первого такта интегрирования синхронизированного с сетью. Наибольшие искажения соответствуют наихудшему φ , т.е. наименьшему $\tilde{K}_{н.в.}$. Значения $\tilde{K}_{н.в. \min}$ вычисляется по формуле

$$\tilde{K}_{н.в.} = 20 * \lg\left(\frac{E_{н.в.}}{|\Delta U|}\right)$$

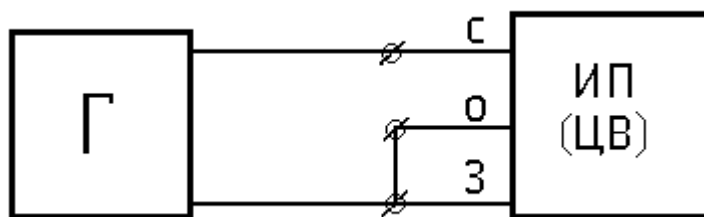


Рис.3 Схема эксперимента и для определения $\tilde{K}_{н.в.}$.

2. Определение соответствия ИП по значению $\tilde{K}_{н.в.\min}$ для помехи частоты сети.

Для определения $\tilde{K}_{н.в.\min}(50\text{Гц})$ необходимо собрать схему, представленную на рис.4

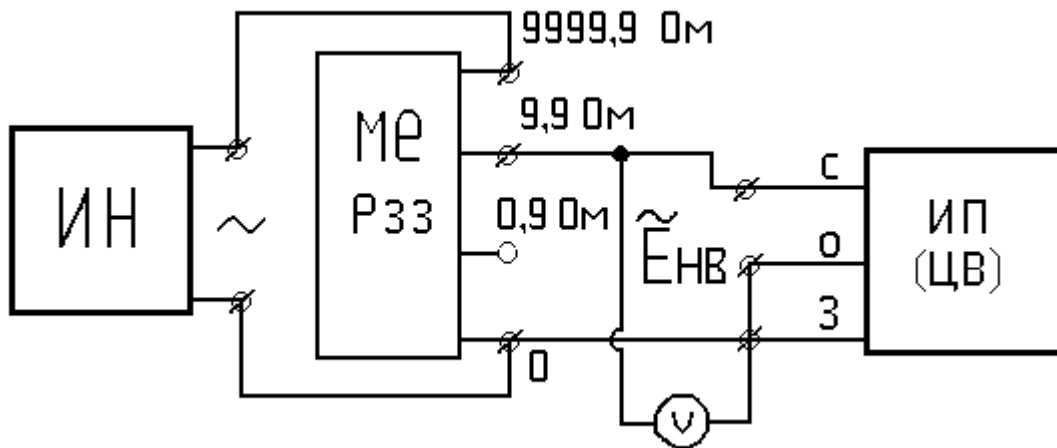


Рис.4 Схема эксперимента для определения $\tilde{K}_{н.в.}(50\text{Гц})$

Магазин сопротивлений ME используется как делитель напряжения, снимаемое с ИН. Коэффициент деления следует выбирать так, чтобы обеспечить равенство $E_{н.в.т} = U_{ном}$, где $E_{н.в.т}$ - амплитуда ЭДС $\tilde{E}_{н.в.}$; $U_{ном}$ - номинальное значение U на выбранном диапазоне. Среднеквадратическое значение ЭДС $\tilde{E}_{н.в.}$ измеряется вольтметром V. Если показания ИП остаются нулевыми, это значит, что $\tilde{K}_{н.в.\min} > 80\text{дБ}$, так как значение $U_{ном}$ на всех диапазонах соответствует числу 10^4 . Таким образом, отсутствие искажений при приложенном напряжении, имитирующим помеху, является свидетельством того, что $\tilde{K}_{н.в.\min} \geq 80\text{дБ}$.

3. Экспериментальное определение значения $\bar{K}_{о.в.}$

Необходимо собрать схему эксперимента, представленную на рис. 5. Сначала с помощью цифрового прибора необходимо уточнить напряжение на выходе ИН, а затем использовать его в качестве имитации помехи общего вида $E_{о.в.}$.

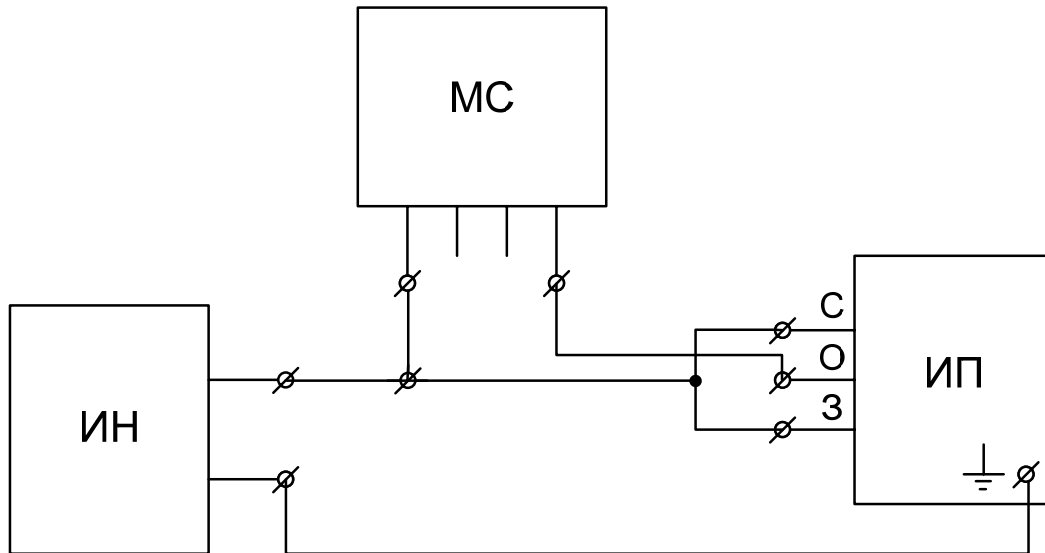


Рис. 5. Схема эксперимента для определения $\bar{K}_{o.в.}$.

На МС необходимо установить значение сопротивления 1 кОм. Оно соответствует $R_{вых.}$ эквивалентной схемы замещения измерительной цепи ИП и ИН. Если ИП (ЦВ) удовлетворяет требованиям технических условий по значению $\bar{K}_{o.в.}$, то его показания должны остаться нулевыми даже на диапазоне 0,1 В (для того, чтобы при $\bar{K}_{o.в.}=140$ дБ показания изменились хотя бы на один квант – 10 мкВ, необходимо приложить напряжение не 10 В, а 100 В. Из соображений техники безопасности такие напряжения в лабораторной практике не используются). Для определения $\bar{K}_{o.в.}$ при помехе ~ 10 В необходимо увеличивать сопротивление устанавливаемое на МС до тех пор, пока показание прибора не составит несколько единиц младшего разряда (нескольких квантов) на диапазоне 0,1 В. А $\bar{K}_{o.в.}$ необходимо рассчитать по формуле [ГОСТ 14014 – 82. Приборы и преобразователи измерительные напряжения, тока, сопротивления цифровые. Общие технические условия.]:

$$\bar{K}_{o.в.} = 20 \lg \frac{\bar{E}_{o.в.}}{|\Delta U|} + 20 \lg R_{мс},$$

где $R_{мс}$ – сопротивление, установленное на магазине сопротивлений МС, в кОм.

4. Определение $\tilde{K}_{o.в.}$ (10 кГц) и $\tilde{K}_{o.в.эфф}(f)$.

Для определения коэффициента подавления помехи общего вида на частоте 10 кГц – $\tilde{K}_{o.в.}$ (10 кГц) и эффективного коэффициента подавления

помех общего вида $\tilde{K}_{o.v.эфф.}$ от частоты помехи f необходимо собрать схему эксперимента, представленную на рис. 6.

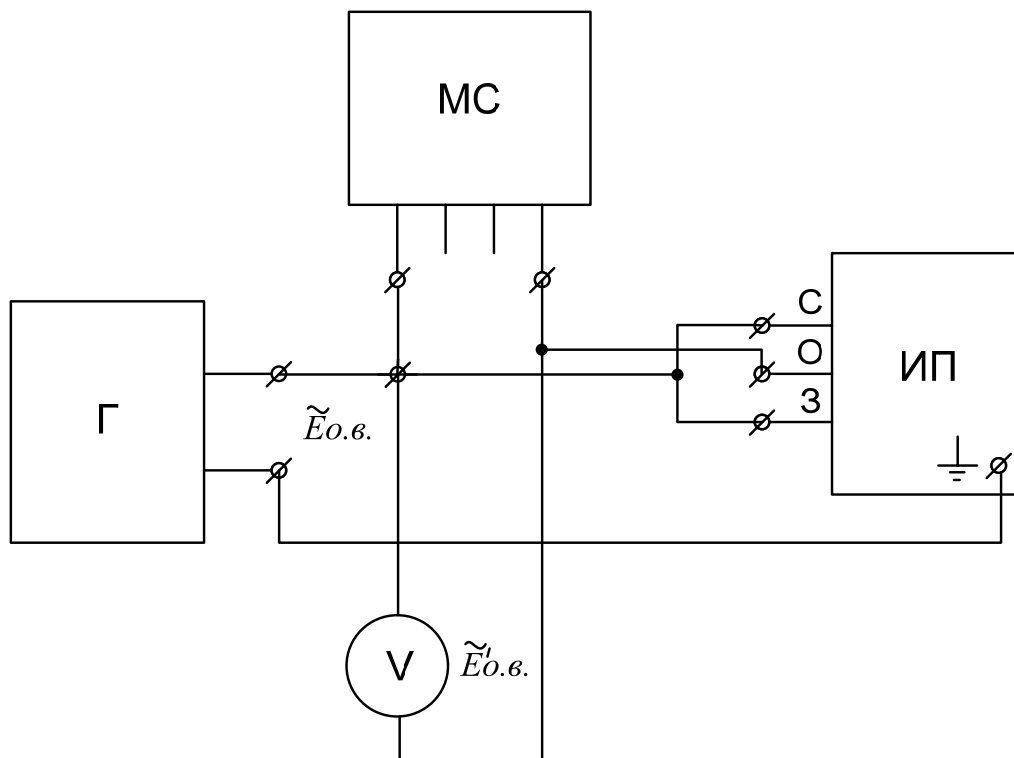


Рис. 6. Схема эксперимента для определения $\tilde{K}_{o.v.}(f)$.

На МС необходимо установить значение сопротивления 1 кОм. В этой схеме вольтметр V измеряет проникшую во входной контур долю $\tilde{E}'_{o.v.}$ от всей ЭДС $\tilde{E}_{o.v.}$, которую имитирует генератор Г. Последняя измеряется вольтметром V перед снятием эксперимента. Амплитуда помехи $E_{o.v.м.}$ ЭДС $\tilde{E}_{o.v.}$ не должна превышать $1,2 U_{ном.}$ на выбранном диапазоне измерения. Для построения $\tilde{K}_{o.v.эфф.}(f)$ необходимо использовать формулу:

$$\tilde{K}_{o.v.эфф.} = \tilde{K}_{o.v.} + \tilde{K}_{н.в.}$$

5.Содержание отчета

Наименование и номер работы. Цель работы. Диаграммы работы схемы. Таблица с результатами расчетов и измерений, графики. Принципиальная схема.

6. Контрольные вопросы

1. Построить ЛАЧХ $\tilde{K}_{O.B}(t)$ для ИП с защитой от помех общего вида путем симметричного входа с экранированием, если известно, что $R_{\text{вых1}}=0$; $R_{\text{вых2}}=R_{\text{вых}}=1$ кОм; $R_{\text{BF}}=0,1$ тОм; $C_{\text{BF}}=5$ пФ.
2. Найти $\tilde{K}_{O.B}$ для ИП с симметричным входом и защитным экранированием, если известно, что $\tilde{K}_{O.B}(50\text{Гц})=120$ дБ; $R_{\text{вых1}}=0$; $R_{\text{вых2}}=R_{\text{вых}}=1$ кОм; $R_{\text{BF}}=31,8$ ГОм; $C_{\text{BF}}=10$ пФ.
3. Построить ЛАЧХ $\tilde{K}_{O.B}(t)$ для ИП с симметричным входом и защитным экранированием, если известно, что $R_{\text{вых1}}=0$; $R_{\text{вых2}}=R_{\text{вых}}=1$ кОм; $R_{\text{BF}}=0,1$ ТОм; $C_{\text{BF}}=10$ пФ. На входе установлен низкочастотный фильтр с постоянной времени 10 мс.
4. Найти минимальную частоту для измерительного преобразования двойного интегрирования на которой $\tilde{K}_{H.B} \rightarrow \infty$, если длительность интегрирования составляет 100 мс.
5. Найти сопротивление R_{BF} , если известно, что $R_{\text{вых1}}=0$; $R_{\text{вых2}}=R_{\text{вых}}=1$ кОм, а зависимость $\tilde{K}_{O.B} = 60 - 40 \lg 40f$.

Лабораторная работа №2

Исследование способов защиты входных цепей измерительных преобразователей от помех общего и нормального видов.

Цель лабораторной работы: исследование способов защиты измерительных преобразователей от помех общего вида путём использования симметричного входа и симметричного входа с защитным экранированием.

1. Краткие теоретические сведения.

При защите от помех общего вида используют два способа:

- Симметричный вход
- Симметричный вход с экранированием

1.1 Симметричный вход

Под симметричным входом ИП подразумевают такой вход, когда входные зажимы изолированы от корпуса (в отличие от осциллографа, в котором один из входов соединён с корпусом прибора). Иногда такой вход называют «плавающим» (потенциал входного контура относительно корпуса изменяется, «плавает»).

На рис. 1 R_{AF} , R_{BF} отображают распределённые сопротивления изоляции, C_{AF} , C_{BF} – распределённые ёмкости между корпусом ИП (точка F) и его входными зажимами (точки A и B). ЭДС полезного сигнала и помехи нормального вида не показаны. Помеха общего вида представлена ЭДС $\tilde{E}_{O.B.}$. Корпус источника ИИ (точка D) может быть соединён с любой точкой его схемы, поэтому выходное сопротивление $R_{вых}$ разделено на две части $R_{вых1}$, $R_{вых2}$. Сопротивления проводов линии связи обозначены r_1 , r_2 .

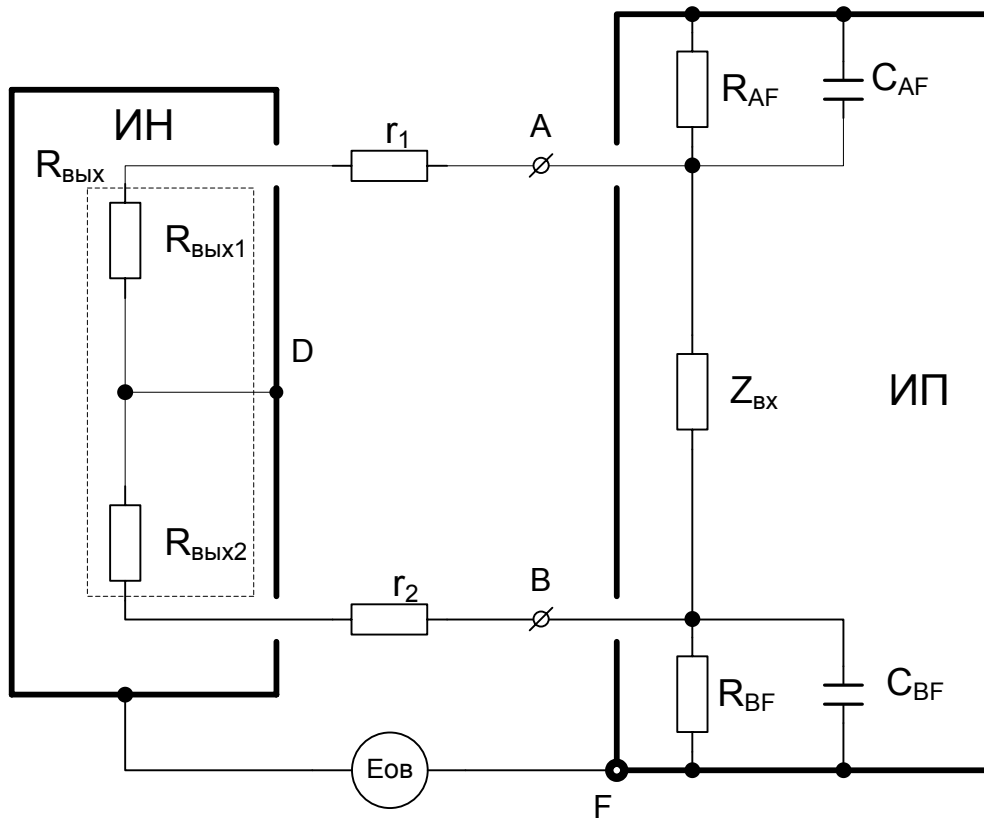


Рис.1 Использование симметричного входа в ИП.

Поскольку вход ИП симметричный точка В не соединена с корпусом (точкой F), во входной контур будет проникать лишь часть $\tilde{E}_{O.B.}$, причём малая, поскольку R_{BF} велико, а C_{BF} мала. В соответствии с эквивалентной схемой (рис. 1) требуется найти $K_{O.B.}(f)$ – коэффициент подавления помехи общего вида $\tilde{E}_{O.B.}$. Схему, представленную на рис. 1 можно изобразить в более удобном для анализа виде (см. рис. 2.а). В диагонали АВ моста AFBD может оказаться нулевое напряжение, т.е. $\tilde{E}_{O.B.}=0$.

Но этот случай маловероятен. Будем ориентироваться на наихудший случай – случай наибольшего разбаланса моста. Обычно $R_{AF} > R_{BF}$, $C_{AF} < C_{BF}$, потому, что зажим В соединён с общей точкой схемы ИП и эта «точка» имеет геометрические размеры, значительно превышающие размеры той части схемы, которая соединена с зажимом А. Следовательно, разбаланс моста (рис. 2.а) будет тем больше, чем больше, чем меньше $R_{ВЫХ1}$ и r_1 ; в пределе – при короткой линии связи ($r_1=0$) и при соединении корпуса ИП с крайней точкой $R_{ВЫХ}$ ($R_{ВЫХ1}=0$). Таким образом, можно принять (на наихудший случай) $R_{ВЫХ2}=R_{ВЫХ}$; $r_1=r_2$; $R_{ВЫХ1}=0$.

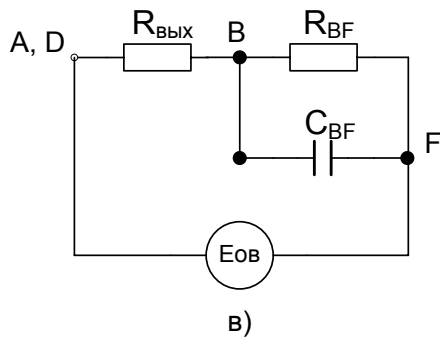
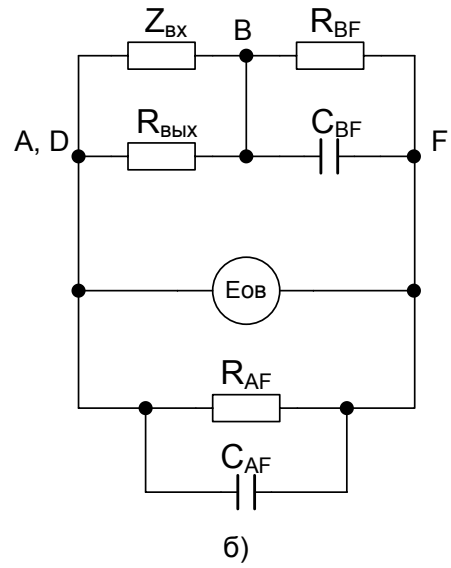
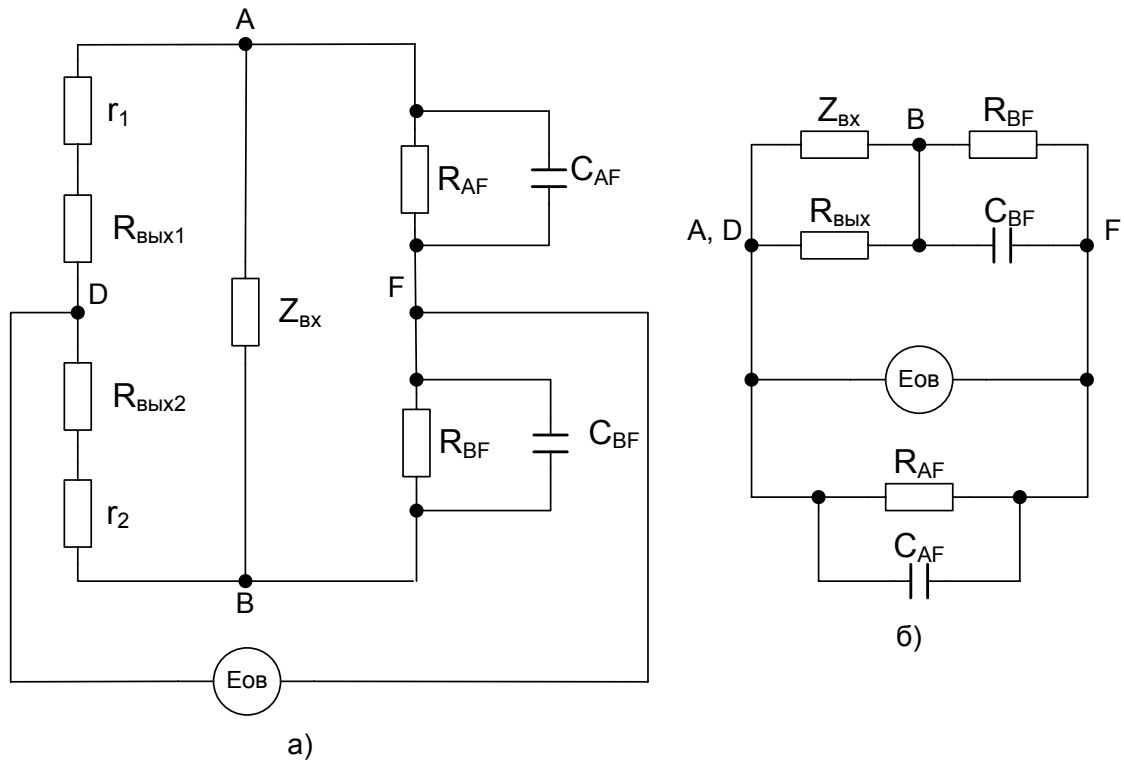


Рис. 2 Эквивалентные схемы ИП с симметричным входом в условиях действия помех общего вида $E_{0.B}$. а) – полная, б) – упрощённая.

В этом случае точки А и D совмещаются, и мост вырождается в более простую схему, представленную на рис. 2.б. Учитывая, что $Z_{BX} \gg R_{ВЫХ}$, эту схему можно ещё упростить (отбрасывая R_{AF} , C_{AF} поскольку они подсоединены параллельно $\tilde{E}_{0.B}$). Данная схема представлена на рис. 2.в. Разность напряжений между точками А и В – это и есть доля помехи общего вида $\tilde{E}_{0.B}$, прошедшая во входной контур ИП $\tilde{E}_{0.B}$.

С учётом малости $R_{ВЫХ}$, можно записать:

$$\tilde{E}'_{0.B} = \tilde{E}_{0.B} \cdot \frac{R_{ВЫХ}}{R_{BF}} \sqrt{1 + (\omega\tau_{BF})^2},$$

где $\tau_{BF} = R_{BF} \cdot C_{BF}$. Тогда $K_{0.B}$ имеет вид:

$$K_{0.B} = 20 \lg \frac{\tilde{E}_{0.B}}{\tilde{E}'_{0.B}} = 20 \lg \frac{R_{BF}}{R_{ВЫХ}} \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega\tau_{BF})^2}}$$

Для построения зависимости $K_{OB}(f)$ выделяют участки, когда $(\tau_{BC})^2 \gg 1$, $(\tau_{BF})^2 \gg 1$.

Тогда
$$K_{OB} = \overline{K}_{OB} = 20 \cdot Lg \frac{R_{BF}}{R_{BЫX}}.$$

$$K_{OB} = \overline{K}_{OB} - 20 \cdot Lg w \cdot \tau_{BF} = 20 \cdot Lg \frac{1}{w \cdot R_{BЫX} \cdot C_{BF}}$$

Частотная характеристика K_{OB} представлена на рис.2.г.

Согласно ГОСТ14014-81 Приборы и преобразователи измерительные напряжения, тока, сопротивления цифровые. Общие технические условия. Сопротивление $R_{BЫX}$ принято задавать равным 1 кОм. Значение R_{BF} не трудно обеспечить на уровне 0,1 ÷ 10 гОм, $C_{BF} = 0,1 \div 10$ нФ. Примем $R_{BF} = 1$ гОм, $C_{BF} = 1$ нФ. Тогда

$$\overline{K}_{OB} = 20 \cdot Lg 10^6 = 120 \text{ дБ.}$$

$$K_{OB}(50 Гц) \approx 70 \text{ дБ.}$$

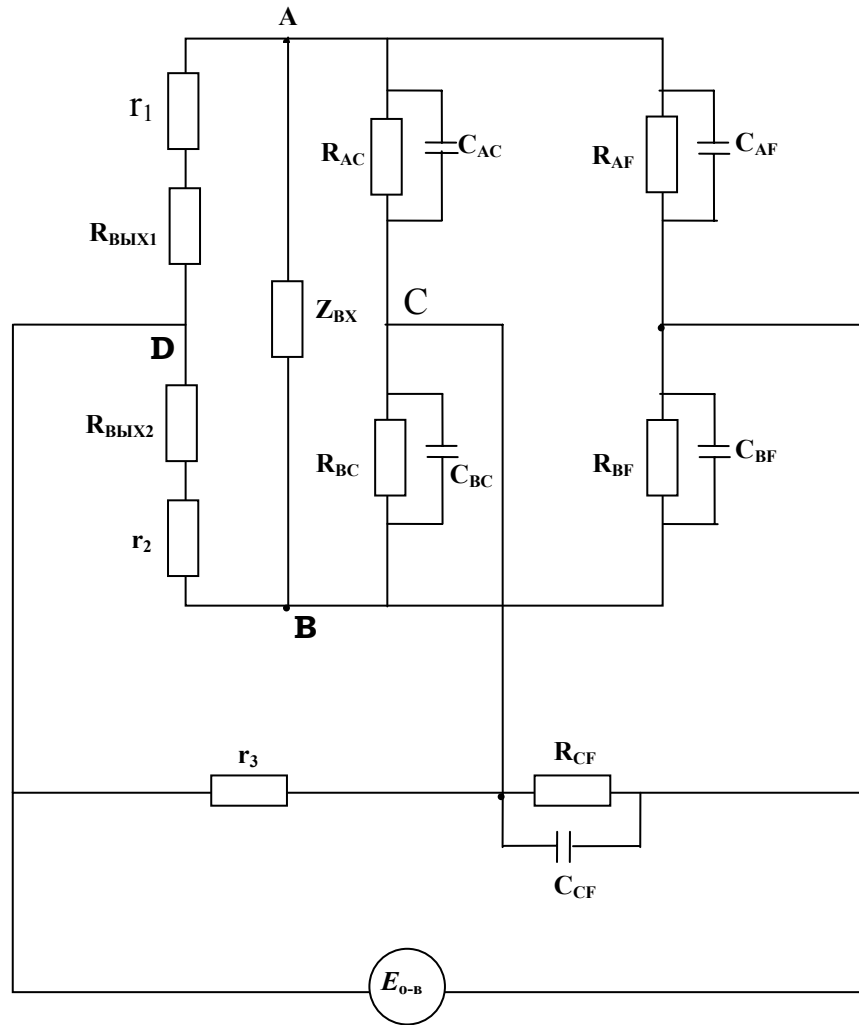
Такое подавление в большинстве случаев оказывается недостаточным.

1.2. Сочетание симметричного входа с экранированием.

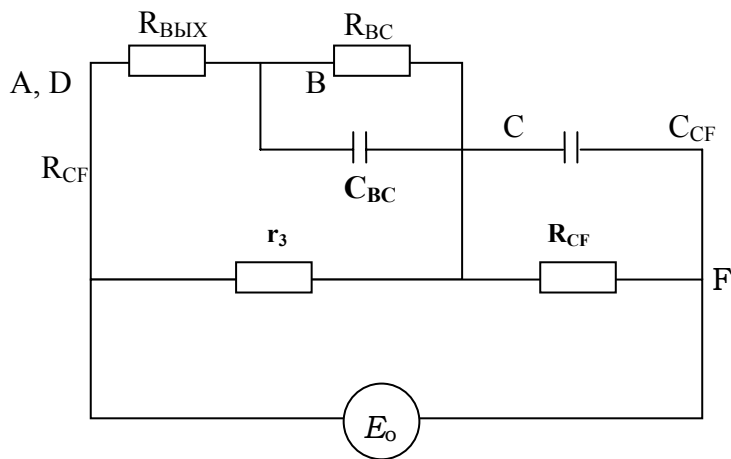
Корпус ИП играет роль экрана \mathcal{E}_1 . Часть элементов схемы ИП (по крайней мере, входной усилитель) помещена во внутренний экран \mathcal{E}_2 , электрически изолированный от \mathcal{E}_1 , R_{CF} , C_{CF} отражают распределенные сопротивления и емкость изоляции между экранами \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 . Экран \mathcal{E}_2 соединен с экраном \mathcal{E}_3 , в котором находится провода линии связи r_1 и r_2 . Сопротивление экрана \mathcal{E}_3 – r_3 . Таким образом, ИП имеет трехзажимный вход АВС (Н_i, L_o, G_u – высокий, низкий, защита). Схему можно представить в более удобном виде, представленном на рис. 4. Схema содержит три полумоста АDB, АСВ, ФАИ и делитель напряжения с низкоомным плечом r_3 . Обратный полумост АFB и определяет разность потенциалов точек А и В для моста ABCD, а затем, наоборот, отбросим полумост АСВ и определим ту же разность потенциалов для моста AFBД. Можно заметить, что при отбрасывании полумоста АFB оставшаяся часть схемы отличается от уже рассмотренной (рис. 2.1) только тем, что K_{OB} приложено к диагонали не непосредственно, а через делитель напряжения с элементами r_3 , C_{CF} , R_{CF} . Поэтому остаются в силе все рассуждения, которые привели к упрощению схемы, представленной на рис. 2.а. В результате получаем схему представленную на рис. 4.б. Она представляет собой двухступенчатый делитель напряжения. С учетом малости $R_{BЫX}$, r_3 можно получить:

$$K_{O.B.} = 20 \cdot Lg \frac{R_{BE} \cdot R_{CF}}{R_{BЫX} \cdot r_3} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (w \cdot \tau_{BC})^2} \cdot \sqrt{1 + (w \cdot \tau_{CF})^2}},$$

где $\tau_{BC} = R_{BC} \cdot C_{BC}$; $\tau_{CF} = R_{CF} \cdot C_{CF}$.



а)



б)

Рис.4. Эквивалентные схемы ИП с симметричным входом и защитным экранированием: а) полная, б) упрощенная.

2. Ход лабораторной работы.

2.1. Определение оптимального подключения линии связи ИП при измерении напряжения.

Экспериментальное определение оптимального подключения линии связи ИП к исследуемому напряжению в условиях действия помех общего вида осуществляется в соответствии со схемой, приведенной на рис.5. В которой, источником сигнала является напряжение в диагонали моста, образованного резисторами R_1, R_2, R_3, R_{MC} .

Сначала нужно цифровым прибором изменить значения резисторов R_1, R_2, R_3 , установленных в стенде. После этого на магазине сопротивлений МС нужно установить такое значение сопротивления R_{MC} , чтобы четырехплечий мост, образованный R_1, R_2, R_3, R_{MC} был уравновешен.

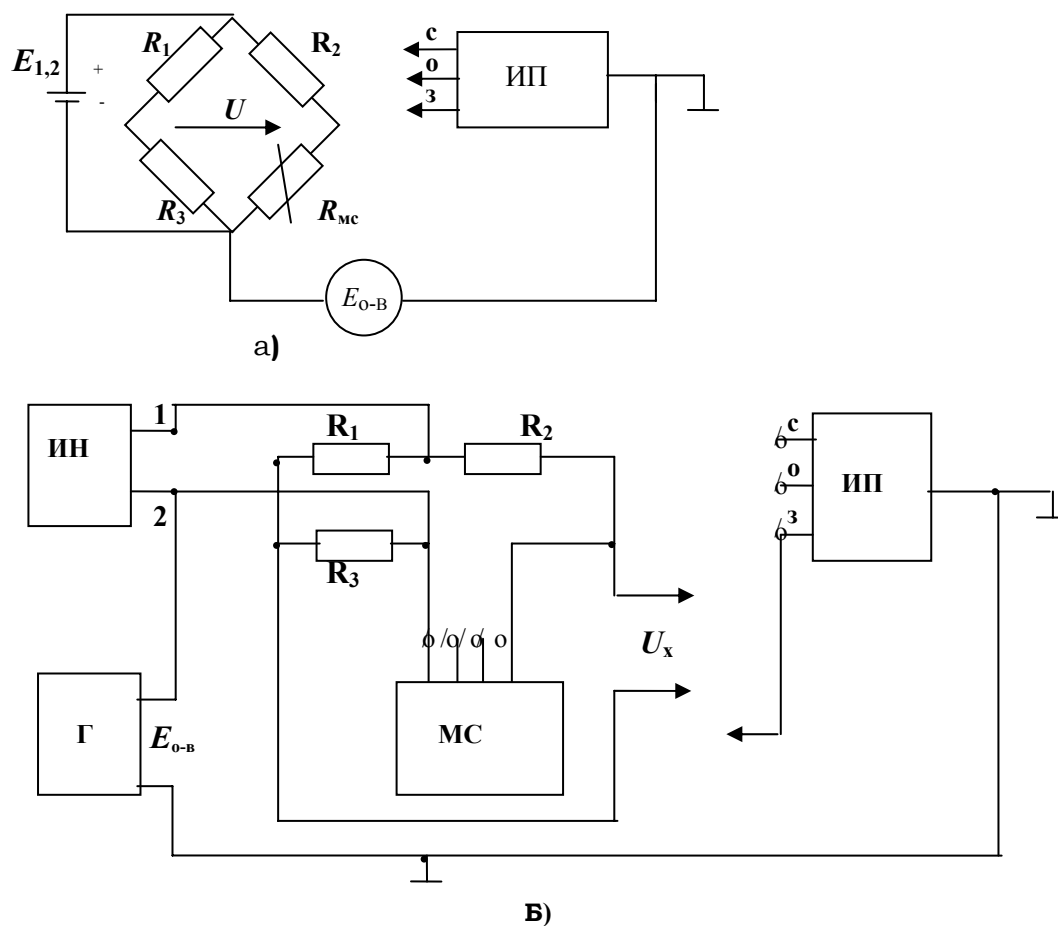


Рис.5. Схема эксперимента для определения оптимального подключения линии связи при наличии помех общего вида E_{0-B}

Теперь необходимо решить два вопроса:

– Куда подключить зажим 3 измерительного преобразователя (ЦВ);

– Как выгоднее подключить зажимы C и O для измерения напряжения U в диагонали моста.

При решении первого вопроса нужно руководствоваться следующими соображениями:

Зажим 3 нужно подключить так, чтобы ЭДС $E_{o.в.}$, имитирующая помеху общего вида, как можно меньше проникала в цепь моста, т.е. создавала в его клеммах как можно меньше тока.

Для решения второго вопроса нужно мостовую цепь представить в виде эквивалентной схемы (рис.6),

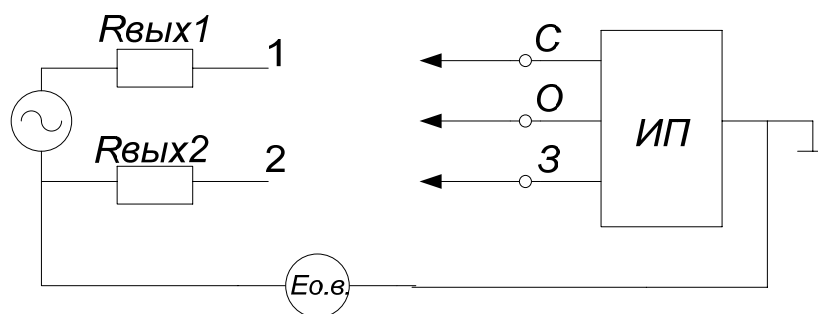


Рис.6. Эквивалентная схема источника напряжения U .

Вычислить значения $R_{вых1}$ и $R_{вых2}$ считая, что внутреннее сопротивление источника $E=0$; учесть, что $\tilde{E}_{o.в.}$ будет влиять тем, меньше, чем меньше сопротивление источника сигнала сосредоточено в ветви AO .

Определившись с этим вопросом следует собрать схему, представленную на рис.5.б. $\tilde{E}_{o.в.}$ пока не подавать и зажим 3 никуда не подавать, а на ИП (ЦВ) установить диапазон $0,1В$.

Измерив сопротивление R_{MC} , нужно вывести мост из состояния равновесия настолько, чтобы показания ИП примерно соответствовали середине диапазона.

Затем нужно на генераторе Γ установить какое либо из неблагоприятных значений частоты f и значение $\tilde{E}_{o.в.}$ порядка $10\div 30В$ и приложить $\tilde{E}_{o.в.}$ между корпусом ИП и мостом, как показано на рис. 5.а, а зажим № по прежнему никуда не подключать. Показание ИП измениться, причем это изменение будет флуктуировать из-за изменений фазы ψ .

Затем нужно присоединить зажим 3 в соответствии с ранее принятым решением. Если присоединение зажимов $C, O, 3$ к мосту верно, то флуктуация показаний должна резко уменьшиться, так что показание станет таким же или почти таким же, как до подачи $\tilde{E}_{o.в.}$

Далее следует сделать проверку: во-первых, поменять местами подключение к зажимам C и O : во-вторых, восстановив прежде подключение

к этим зажимам, присоединить зажим 3 к какой-нибудь другой точке моста. В обоих случаях флуктуация показания должны возрасти.

2.2. Определение уменьшения погрешности, вносимой линиями связи, при использовании четырехпроводной линии связи по сравнению с двухпроводной.

Как следует из рис.7а, при двухпроводной схеме включения измеряемого сопротивления R сопротивления r каждого из двух проводов ($r_1=r_3=r$) вносит относительную погрешность $2r/R = 200r/R, \%$.

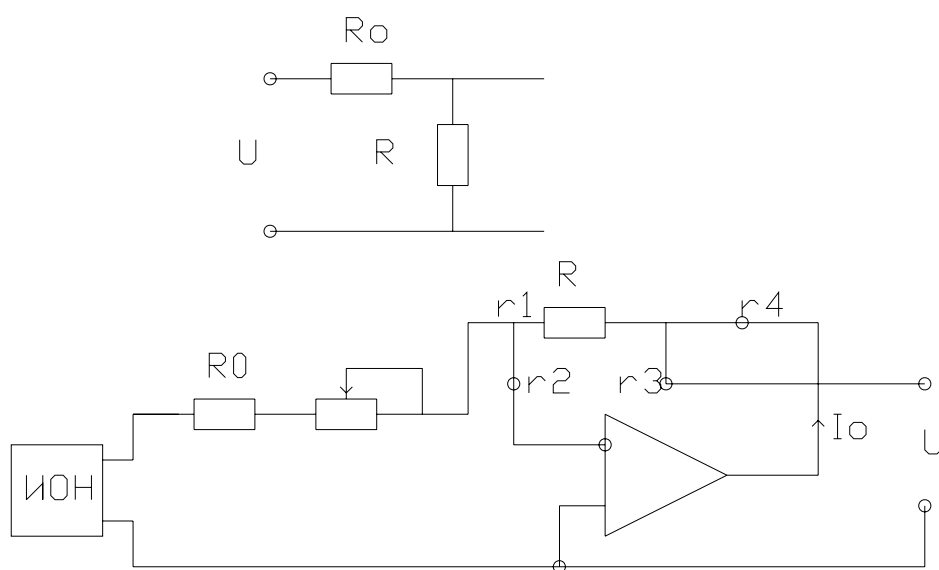


Рис. 7. Схемы подключения ИП для измерения сопротивления R – а) двухпроводная, б) четырехпроводная

При четырехпроводной схеме (рис.7.б) можно экспериментально определить влияние r , включая его по очереди в каждой из проводов r_1-r_4 . Соответствующие схемы показаны на рис 8.а-г. Две младшие декады магазина сопротивлений имитируют r а на остальных устанавливается $R=1\text{кОм}$. Измерительный преобразователь работает в режиме измерения сопротивления. Зажимы П1,У1,П2,У2,3. Это зажимы на лицевой панели лабораторного стенда, к которым кабелем подсоединяется ИП.

В соответствии с рис. 8. в трех случаях из четырех влияние r должно быть пренебрежимо малым. Поэтому в том единственном случае из четырех, где влияние r заметно (влияние r определяется по изменению показаний ИП ΔR при $r=5\text{Ом}$ по сравнению с $r=0$), оно практически было бы таким же, если бы в каждой из четырех проводов r_1-r_4 включили по сопротивлению r . Следовательно, проведенный эксперимент позволяет определить погрешность, вносимую сопротивлениями r при четырехпроводной

схеме включения: она составляет $\Delta R/R = 100 \Delta R/R, \%$. Ее значение нужно сопоставить с расчетным значением для двухпроводной схемы.

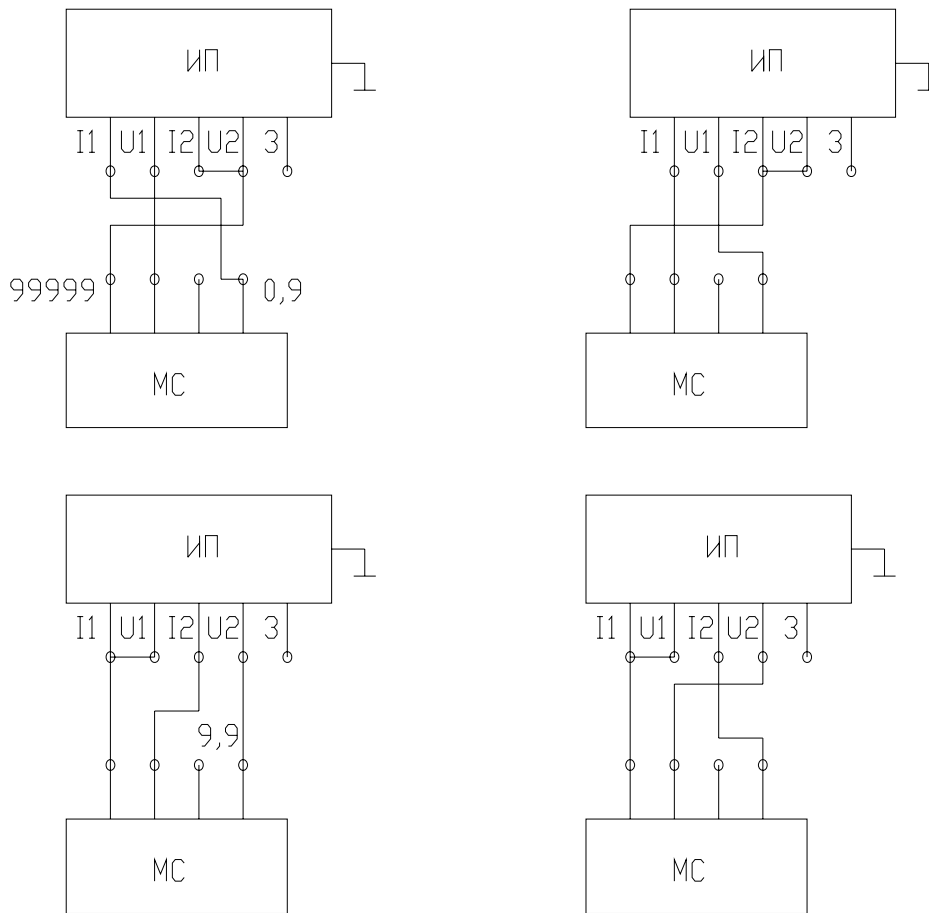


Рис. 8. Варианты схем подключения измеряемого сопротивления (МС) по экспериментальной схеме соединения.

2.3. Нахождение оптимального варианта подключения зажима 3 при измерении сопротивления в условиях действия помехи общего вида.

В качестве сопротивления R можно использовать магазин сопротивления МС, подключенный двухпроводной схеме (рис 9). ЭДС \tilde{E}_{ov} , имитирующая помеху общего вида, может быть приложена между любым R и корпусом ИП Рис. 9. Она приложена между I2,U2 и корпусом

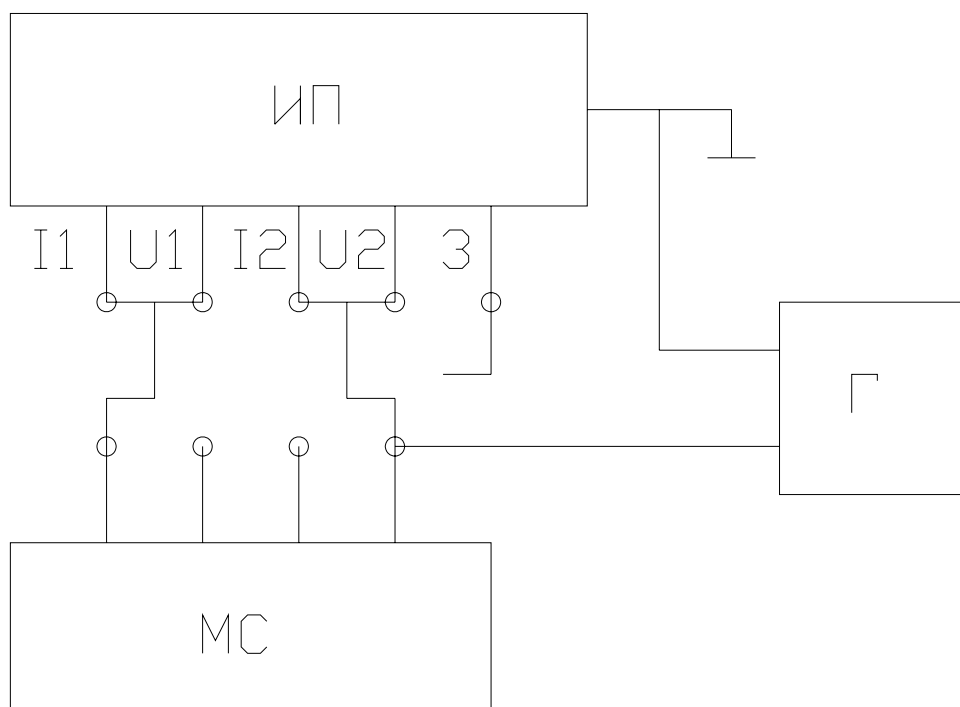


Рис. 9. Схема эксперимента для нахождения оптимального подключения зажима защитного заземления 3.

Выбор оптимального варианта подключения зажима 3 должен быть основан на таком же в принципе соображении, как и при измерении напряжений. Это подключение должно быть таким, чтобы ЭДС $\tilde{E}_{\text{ов}}$ создавала как можно меньший ток в измеряемом резисторе R .

Решив, куда должен быть подключен зажим 3, следует собрать схему, представленную на рис. 9, но зажим 3 пока ни куда не подключать. На магазине сопротивлений MC рекомендуется установить значение R порядка нескольких $k\Omega$ и выбрать соответствующий диапазон измерения.

На генераторе Γ необходимо установить какое-либо из неблагоприятных значений частоты f и значение помехи $\tilde{E}_{\text{ов}}$ порядка 10-30В. Показание прибора будет флуктуировать из-за изменений фазы φ .

Теперь можно присоединить зажим 3 в соответствии с принятым решением.

Если это решение верно, то флуктуация показаний должна резко уменьшиться, так, что показание станет равным или почти равным установленному на MC значению R .

Рекомендуется сделать проверку: присоединить зажим 3 к какой-либо другой точке схемы – флуктуация должна возрасти.

Содержание отчета

Наименование и номер работы. Цель работы. Диаграммы работы схемы. Таблица с результатами расчетов и измерений, графики. Принципиальная схема.

4. Контрольные вопросы.

1. Дать определение симметричного входа ИП.
2. Дать определение защитного экранирования.
3. К чему подключен зажим защитного экранирования внутри ИП.
4. К какой вершине моста следует подключить зажим защитного экранирования?
5. Что покажет ИП, если известно что, $\tilde{E}_{ов}=10В$ и $\tilde{K}_{о.в.}=140дБ$, а емкость между зажимом общий и корпусом равна $10пФ$?

Лабораторная работа №3 Исследование корректора

Цель работы: ознакомиться с назначением, изучить принцип действия, работу корректора нелинейности.

1. Краткие теоретические сведения.

Основной причиной нелинейности диффометрического преобразователя (ДМ) является нелинейность мембранного блока.

Чувствительные элементы в ДМ (мембраны, мембранные коробки, сильфоны и т.д.) имеют нелинейную зависимость перемещения определенной точки чувствительного элемента от действующей нагрузки. Изменение формы поверхности мембраны (гофрирование и т.д.) не всегда позволяет достичь необходимой линейности выходной характеристики ВХ. Поэтому на практике прибегают к электронной коррекции ВХ ДМ. Такая коррекция позволяет в необходимых пределах уменьшать отклонение реальной ВХ ДМ от линейного закона и является одним из наиболее применяемых методов повышения точности современных ДМ.

Структура электронного корректора и способ коррекции ВХ ДМ зависят от вида нелинейности.

Анализ способов линеаризации ВХ

Обычно для линеаризации ВХ используют специальные нелинейные звенья, которые включаются либо до, либо после преобразователя. В этих звеньях линеаризация достигается кусочно-линейной аппроксимацией и выполняется, как правило, с помощью последовательно соединенных резисторов, шунтированных стабилитронами или диодами.

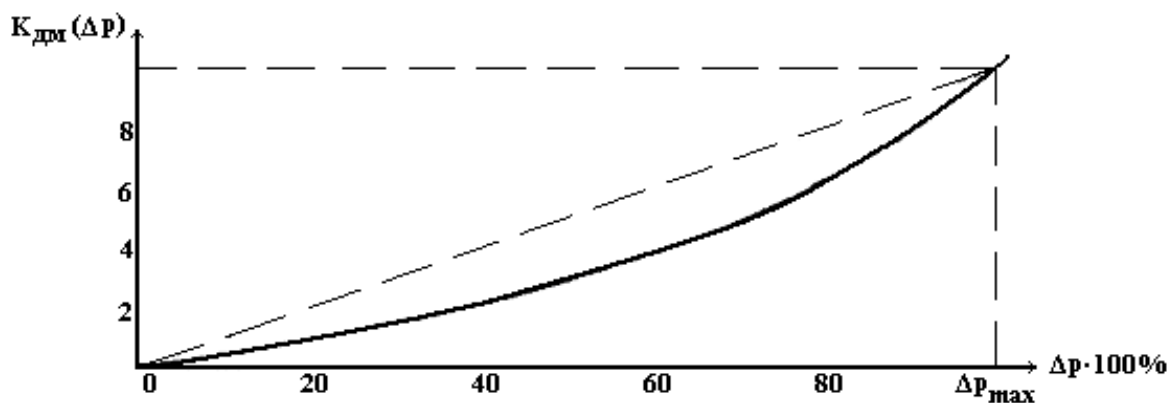


Рис.1. Нелинейная ВХ тензометрического блока ДМ, которую можно линеаризовать электронным корректором ДМ типа «Сапфир-2»

ДМ с ДТД имеют четыре вида характерных нелинейностей ВХ. Эти нелинейности, как видно из рис. 2, 3 и 4, отличаются друг от друга знаком отклонения ВХ ДМ от линейного закона. Знак отклонения может быть как отрицательный (рис. 2) или положительный (рис. 3), так и знакопеременный (рис. 4а, 4б).

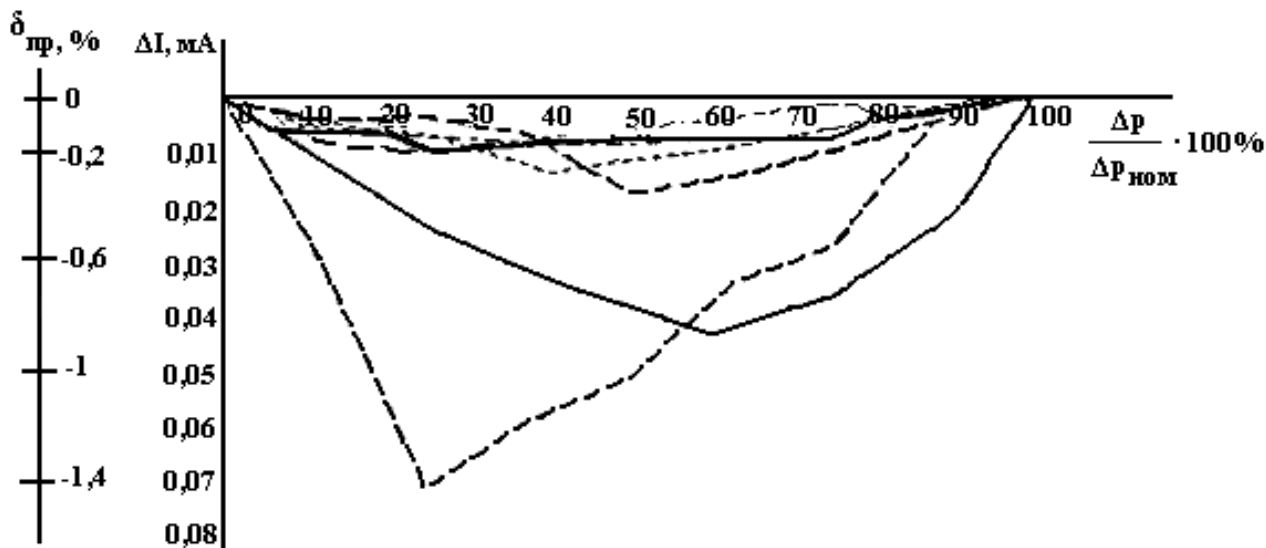


Рис.2. Отклонения ВХ ДМ от линейной характеристики с отрицательным знаком.

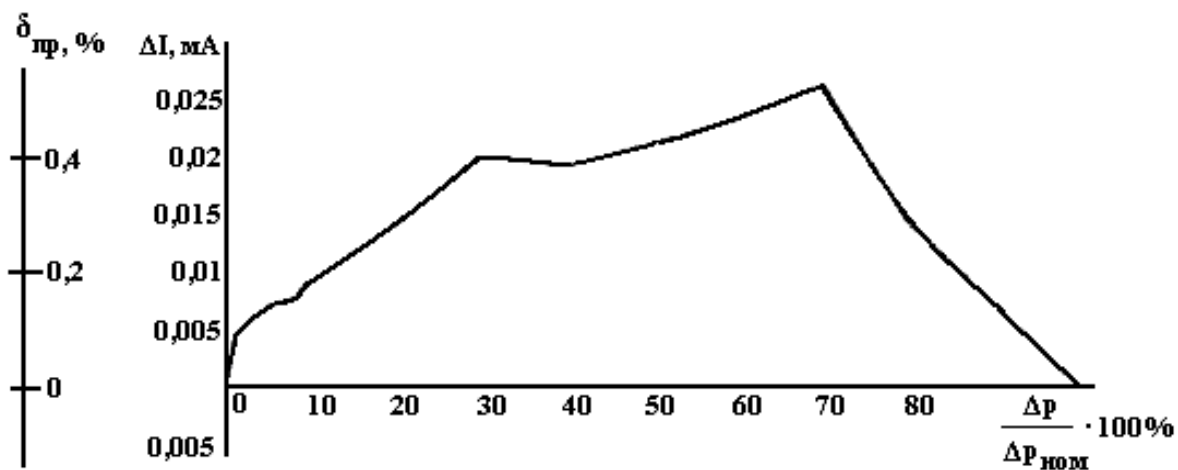


Рис.3. Отклонение ВХ ДМ от линейной характеристики с положительным знаком.

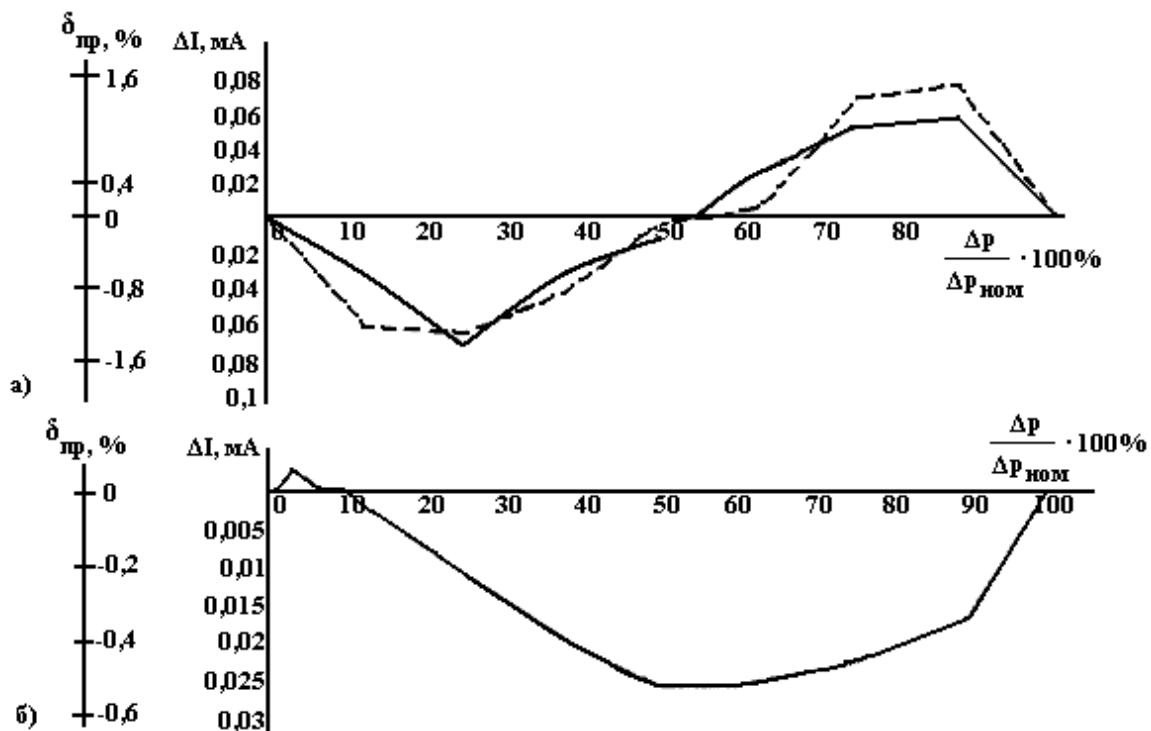


Рис.4. Знакопеременные отклонения ВХ ДМ от линейной характеристики.

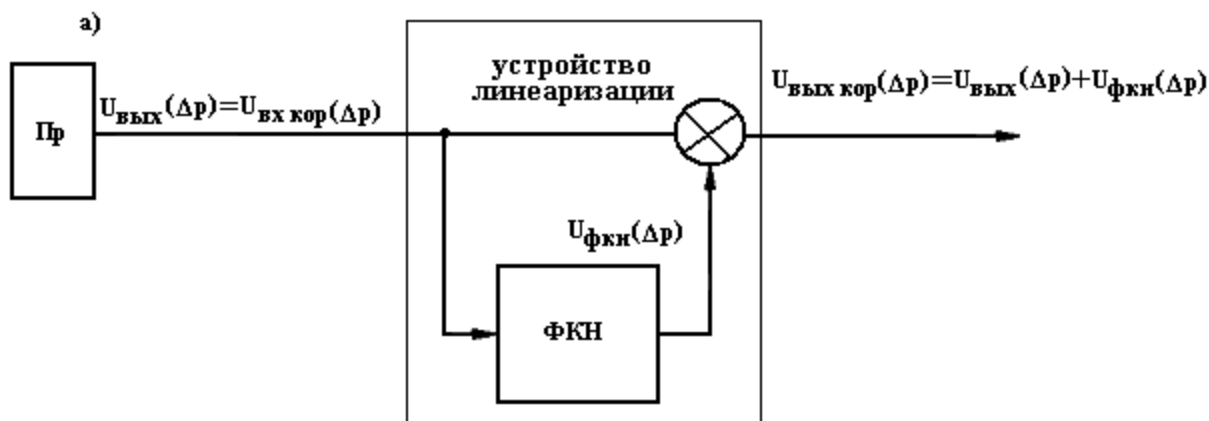
Структурная схема преобразователя выходного сигнала ДТД с электронным устройством линейризации и графическое пояснение принципа линейризации для одного из видов отклонений представлены на рис. 5а, 5б, где введены следующие обозначения: $U_{\text{ВЫХ}}(\Delta p)$ - выходной сигнал преобразователя (Пр); $U_{\text{ВХ кор}}(\Delta p)$ - входной сигнал устройства линейризации; ФКН - формирователь корректирующего напряжения: $U_{\text{фкн}}(\Delta p)$ - корректирующее напряжение; $U_{\text{ВЫХ кор}}(\Delta p)$ - ВС устройства линейризации.

Устройство линейризации состоит из сумматора и формирователя корректирующего напряжения (ФКН), в котором для создания необходимой формы напряжения используется принцип кусочно-линейной аппроксимации.

Принцип формирования корректирующего напряжения поясняется рис. 6 (б-д). Из напряжения $U_{\text{ВЫХ}}(\Delta p)$ формируются напряжения вида $a_0 - U_{\text{ВЫХ}}(\Delta p)$ и напряжения вида $a_i \cdot [U_{\text{ВЫХ}}(\Delta p) - U_i] \cdot F\{\text{sign}[U_{\text{ВЫХ}}(\Delta p) - U_i]\}$ (рис. 6, в, г, д). Корректирующее напряжение получается в результате суммирования этих напряжений и имеет вид:

$$U_{\text{фкн}}(\Delta p) = a_0 \cdot U_{\text{ВЫХ}}(\Delta p) - \sum_{i=1}^n a_i \cdot [U_{\text{ВЫХ}}(\Delta p) - U_i] \cdot F\{\text{sign}[U_{\text{ВЫХ}}(\Delta p) - U_i]\}, \quad (1)$$

$$\text{где } F\{\text{sign}[U_{\text{ВЫХ}}(\Delta p) - U_i]\} = \begin{cases} 0, & \text{при } U_{\text{ВЫХ}}(\Delta p) - U_i < 0; \\ 1, & \text{при } U_{\text{ВЫХ}}(\Delta p) - U_i \geq 0; \end{cases}$$



б) $U_{\text{ВЫХ}}(\Delta P) = U_{\text{ВХ кор}}(\Delta P)$

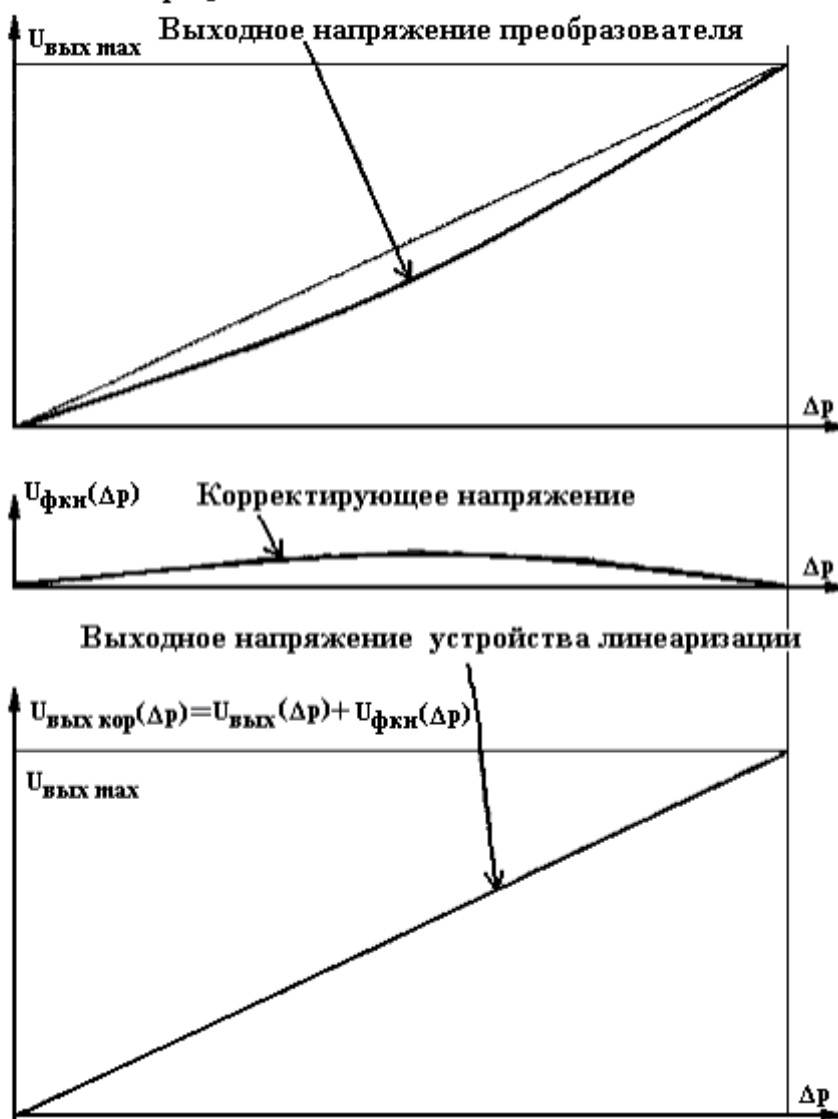


Рис. 5. Структурная схема преобразователя выходного сигнала ДТД (Пр) с электронным устройством линейаризации выходной характеристики дифмометра (а) и графическое пояснение принципа линеаризации выходного нелинейного сигнала преобразователя (U_p) (б).

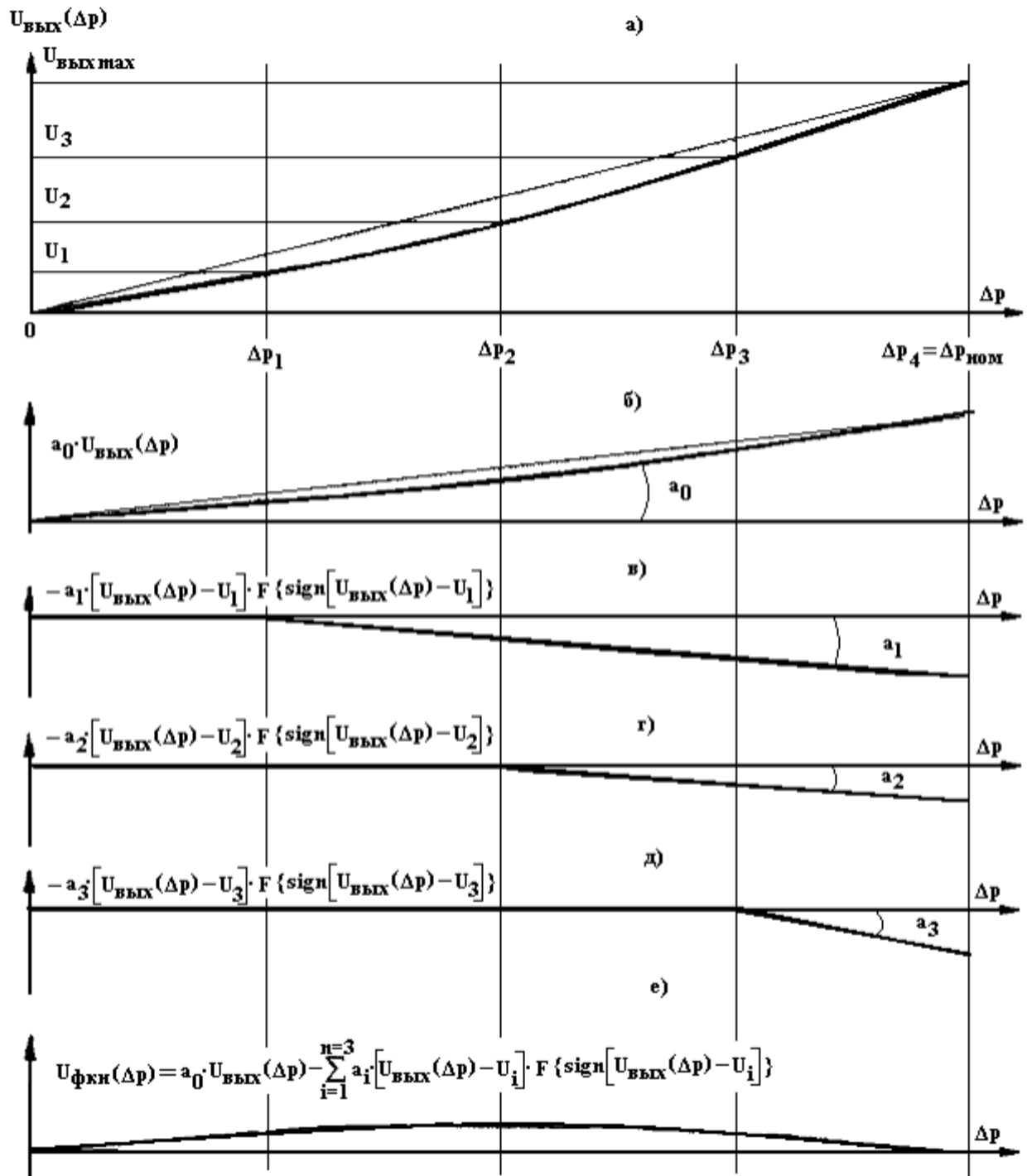


Рис. 6. Принцип формирования корректирующего напряжения из нелинейного ВС преобразователя

i , n - номер и количество участков, с помощью которых формируется необходимое корректирующее напряжение;

U - значение выходного некорректированного напряжения на конце i -го участка коррекции.

Полученное корректирующее напряжение $U_{\text{фкн}}(\Delta P)$ в результате сложения с нелинейным выходным сигналом преобразователя $U_{\text{вых}}(\Delta P)$

позволяет получить на выходе устройства линеаризации сигнал $U_{\text{выхкор}}(\Delta p)$, необходимо близкий к линейной зависимости, что зависит от количества участков коррекции. Участки могут быть равные (т.е. $\Delta p_1 = \Delta p_2 = \Delta p_3 = \Delta p_3$ и т.д.) и неравные в зависимости от вида нелинейности $U_{\text{вых}}(\Delta p)$ и желаемого результата.

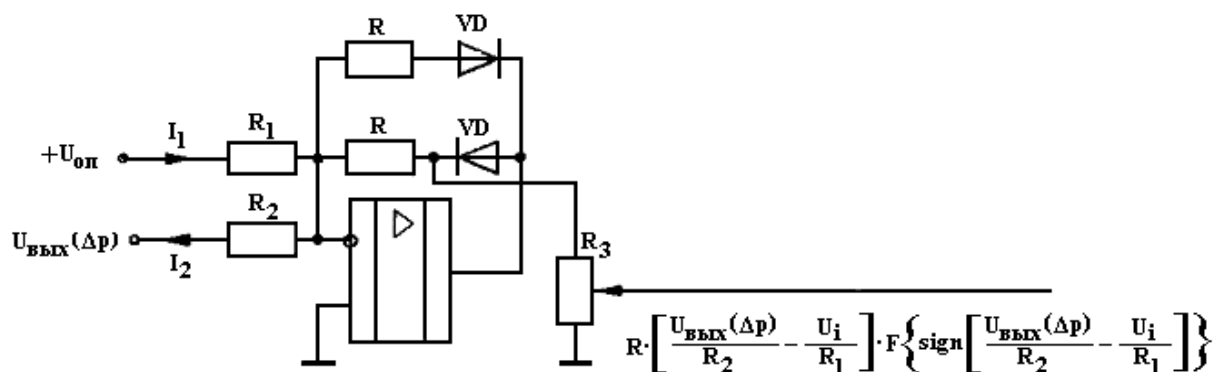


Рис. 7. Принципиальная схема ячейки

Аппаратная реализация лучей напряжения, изображенных на рис. 6(в-д) и соответствующих второму слагаемому (1) осуществляется схемной ячейкой, называемой «идеальным» диодным ключом или «идеальным диодом», принципиальная схема которой приведена на рис. 7.

В схеме на рис.7 пока $I_2 < I_1$ ячейка закрыта, и выходное напряжение равно нулю. Как только I_2 станет больше I_1 , ячейка открывается и пропускает на выход напряжение

$$R \cdot \left[\frac{U_{\text{вых}}(\Delta p)}{R_2} - \frac{U_i}{R_1} \right].$$

Величины токов I_1 и I_2 при $U_{\text{вых}}(\Delta p) = \text{const}$ устанавливаются при помощи токозадающих резисторов R_1 и R_2 . Отношение резисторов R_1/R_2 позволяет установить ориентировочное значение параметра a . (см. рис.4.7). Для точной установки параметра a , при градуировке и настройке используется потенциометр R_3 .

При настройке всего преобразователя значение параметра a_i , на каждом участке выставляется таким, чтобы в точке Δp_i выходной ток преобразователя соответствовал значению

$$I_{p_i} = \frac{\Delta p_i}{\Delta p_{\text{ном}}} \cdot 5, \text{ мА.}$$

Принципиальная схема ФКН, состоящего из трех схемных ячеек ($n=3$), представлена на рис. 8.

2. Методика проведения эксперимента

Для исследования работы корректора снимается зависимость выходного напряжения корректирующего устройства от входного сигнала расходомера, формируемого с помощью магазина взаимной индуктивности.

3. Используемые приборы и оборудование

1. Расходомер.
2. Макет лабораторного стенда по исследованию корректора.
3. Осциллограф С1-83 (С1 -93) с двумя шнурами.
4. Вольтметр В7-37 со шнуром.
5. Соединительные провода (4 шт.).

4. Порядок выполнения работы

1. Подключить лабораторный макет с принципиальной схемой корректора к разъему дифмометрического расходомера с **красной** меткой. Расходомер подключить к магазину взаимной индуктивности в соответствии с рис. 9.

Включить осциллограф и расходомер в сеть.

2. Тремя переключателями магазина взаимной индуктивности установить значение 4мГн. Переключатель МО в среднее положение.

3. Убедиться, что счетчик расходомера считает. В противном случае тумблер знака М переключить в другое положение.

4. Присоединить первый канал осциллографа к выходу формирователя управляющего напряжения (точка 5) и включить внутреннюю синхронизацию по первому каналу. Зарисовать осциллограмму.

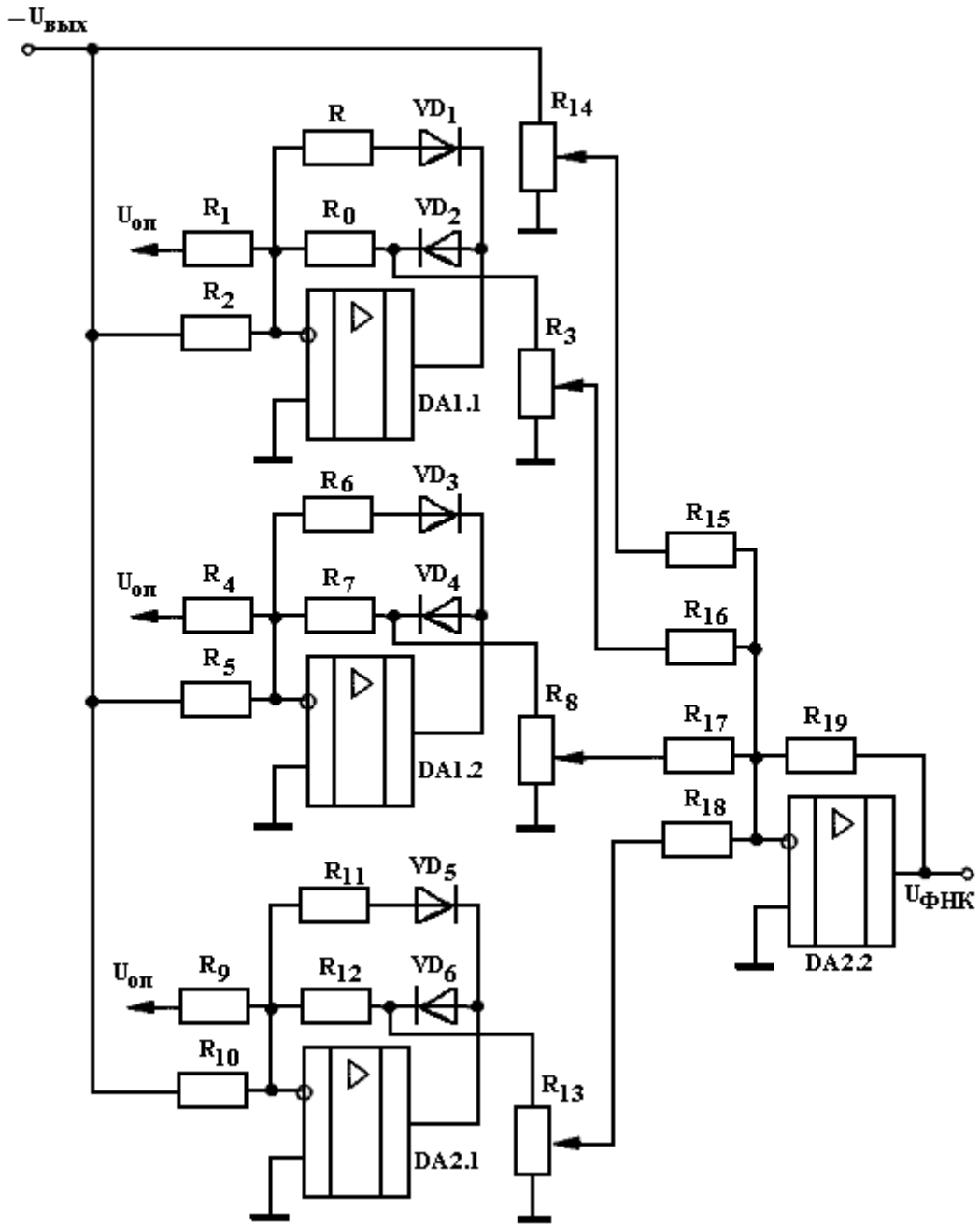


Рис. 8. Принципиальная схема ФКН, состоящего из трех схемных ячеек

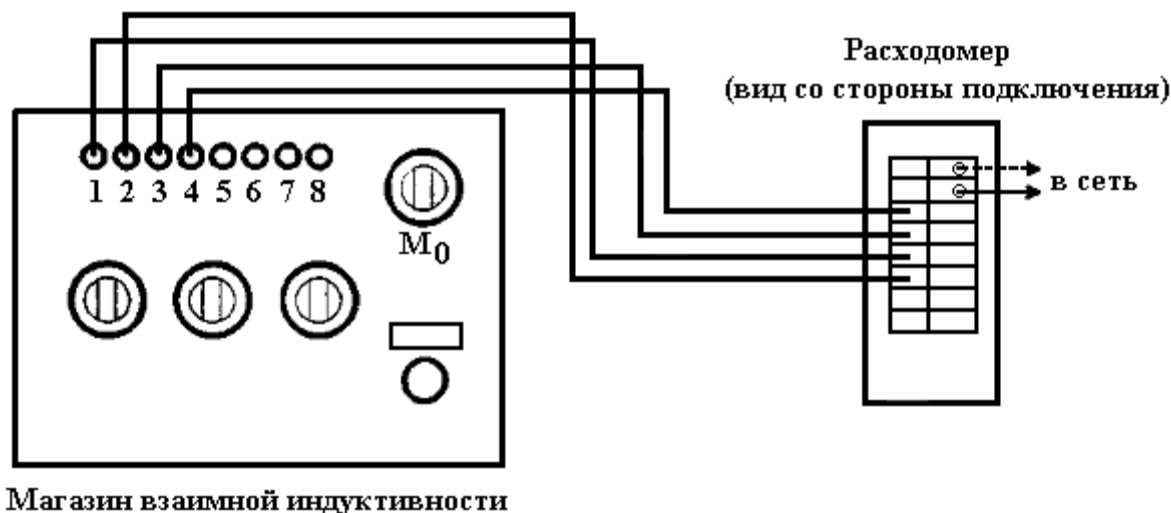


Рис. 9. Подключение расходомера к магазину взаимной индуктивности

5. С помощью второго канала осциллографа зарисовать осциллограммы в координатах напряжения пункта 4 на выходах

- входного симметричного усилителя (точка 1),
- фазосдвигающего устройства (точка 2),
- фазочувствительного выпрямителя (точка 7),
- фильтрующего усилителя постоянного напряжения ФУПН (точка 8),
- формирователя управляющего напряжения ФУН (точки 4.6). и опорное напряжение ФУН (точка 3).

6. С помощью осциллографа определить фазовый сдвиг, вносимый фазосдвигающим устройством, по фигуре Лиссажу.

7. Изменить взаимную индуктивность в 1,5-2 раза и снова повторить пункт 5, зарисовывая изменившиеся осциллограммы.

8. Снять зависимость выходного напряжения ФУПН (точка 8) и напряжения на выходе корректора (точка 9) от взаимной индуктивности M с помощью вольтметра, для M от 0 до 10 мГн, с шагом 0,5 мГн. Данные свести в таблицу и построить графики.

M , мГн	0	0,5	1	...	9,5	10
$U_{\text{фупн}}$, В				...		
$U_{\text{к}}$, В				...		

Содержание отчета

Наименование и номер работы. Цель работы. Диаграммы работы схемы. Таблица с результатами расчетов и измерений, графики. Принципиальная схема корректора и входного преобразователя расходомера, представленная на планшете.

Описание лабораторного стенда исследования помех.

На лицевой панели стенда (рис.П) расположены:

- 6-ти декадный магазин сопротивлений МС (типа Р-33);
- источник двух напряжений ИН: постоянного (зажимы 1,2) порядка 10В и синусоидального (зажимы 3,4) со средним квадратическим значением порядка 30В, имеющим частоту сети и сдвинутого по фазе 90° относительно напряжения сети (худшее φ);
- зажимы, к которым подсоединены постоянные резисторы R_1 , R_2 , R_3 ;
- зажимы с обозначениями I_1 , U_1 , I_2 , U_2 3 и соединены с ними штырьки для подсоединения к ним измерительного преобразователя (В7-23);
- зажим с обозначением К для присоединения к нему провода, соединенного с корпусом измерительного преобразователя;
- тумблер включения стенда под напряжение.

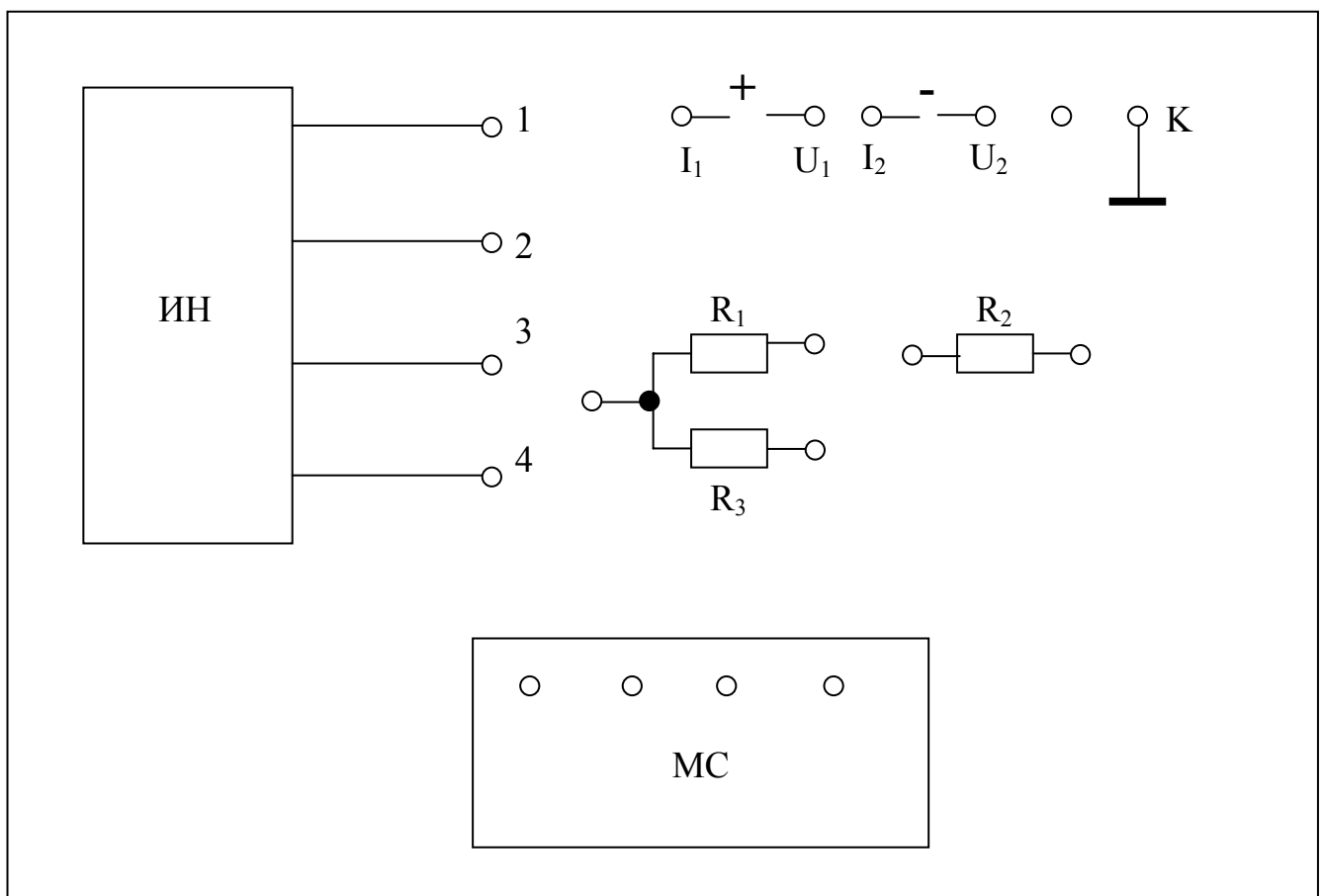


Рис. П. Лицевая панель лабораторного стенда

Список используемой литературы

1. Гришанов А.А., Кондюков Е.И., Редькин Б.Е. Интегрирующие цифровые вольтметры. – М.: Энергоиздат, 1981г.
2. Прянишников В.А. Интегрирующие цифровые вольтметры постоянного тока. – Л.: Энергия, 1978г.
3. Кончаловский В.Ю. Цифровые измерительные устройства: Учебное пособие для вузов. – М.,: Энергоатомиздат, 1985г.
4. Гальперин М.В., Пхакадзе О.Ш. Методы подавления помех в аналоговых измерительных системах. – Приборы и техника эксперимента, №4, 1980г., с.7-21.
5. Кирасиров А.Ф., Карпов В.А. Измерительные цепи рН-метров. – Гомель: ИЛП “Сож”, 1997г.
6. Отт Г. Методы подавления шумов и помех в электронных системах. – М.:Мир, 1979г.
7. ГОСТ 13607 – 89. Приборы и преобразователи электроизмерительные цифровые. Основные термины и определения.
8. ГОСТ 13384 – 75. Преобразователи измерительные для термопар и термометров сопротивления.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ ДАТЧИКОВ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН. ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ВХОДНЫХ ЦЕПЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

**Лабораторный практикум
по курсу «Специальные измерения
в промышленной электронике»
для студентов специальности 1-36 04 02
«Промышленная электроника»**

**Авторы-составители: Карпов Владимир Александрович
Мурашко Сергей Александрович**

Подписано в печать 10.10.06.
Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Цифровая печать. Усл. печ. л. 2,09. Уч. - изд. л. 1,9.
Изд. № 172.

E-mail: ic@gstu.gomel.by
<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на МФУ XEROX WorkCentre 35 DADF
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.
Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого».
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48, т. 47-71-64.