

Тема 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Объекты измерений и их модели

Общие сведения об объектах измерений. Объекты измерений – это реальные физические объекты (материальные объекты, процессы или явления) природного или технического происхождения, свойства (физические величины) которых подлежат измерению.

Реальные физические объекты имеют множество свойств (характеристик, параметров), часто взаимосвязанных, зависящих от условий реализации, в совокупности определяющих, как правило, чрезвычайно сложную структуру такого объекта. Экспериментатор не в состоянии воспринимать объект целиком во всем его многообразии. Поэтому вынужденно приходит к некоторому абстрактному представлению реального объекта. Абстрагирование при представлении реального объекта состоит в выделении его наиболее существенных свойств и признаков, представлении этих свойств и признаков в форме, которая необходима для последующего теоретического и экспериментального исследования. «Не существует эмпирического метода без чисто умозрительных понятий и систем, и не существует систем чистого мышления, при более близком изучении которых не обнаруживался бы эмпирический материал, на котором они строятся», А. Эйнштейн.

Такое упрощенное представление реального физического объекта является моделью этого объекта.

Модель объекта – это математическое, физическое или иное описание (или представление) объекта, при котором выделяются существенные для конкретных целей измерений свойства объекта.

Один и тот же физический объект может иметь различные модели в зависимости от цели измерений. Здесь следует напомнить, что измерение никогда не является самоцелью. Цель измерений определяется совокупностью требований при проведении исследовательских, технологических или конструкторских работ. Так, моделью резистора на постоянном токе или на низких частотах может быть некоторое постоянное сопротивление, этот же резистор на повышенных частотах имеет другую модель, включающую, кроме постоянного сопротивления, реактивные составляющие – емкости и индуктивности.

Выбор модели объекта является весьма ответственной процедурой при проведении измерительного эксперимента. Модель должна быть адекватной и достаточной (полной) для решения поставленной измерительной задачи. При этом погрешность неадекватности не должна превышать допустимых значений.

В общем случае выбор модели объекта можно представить в следующей последовательности. В каждом конкретном случае сначала выбирается измеряемая величина и принимается адекватная модель этой величины, затем при необходимости определяются другие свойства объекта исследования, влияющие на результаты измерений, принимаются модели физических величин, отражающие эти свойства. В совокупности эти модели определяют модель объекта измерений для конкретной цели - измерения выбранной физической величины. Для другой цели (измерение другой физической величины) модель объекта будет другой.

Кроме того, для реальных условий эксперимента следует учесть возможное влияние внешних факторов на объект измерений. Это влияние может отразиться на изменении параметров принятой модели объекта, в том числе и на измеряемых параметрах.

Значение измеряемой величины без указания ее модели и измеряемого параметра не имеет смысла. Например, утверждение, что измеренное выходное напряжение некоторого генератора равно допустим 10 В без указания формы выходного напряжения, явно недостаточно, поскольку это напряжение может быть напряжением постоянного тока, действующим значением синусоидального напряжения, амплитудным значением прямоугольных импульсов и т. п.

Измеряемую величину часто называют входным сигналом или входным измерительным сигналом. Такое определение, в общем, не является достаточно точным, однако оно широко используется в литературе и весьма удобно, поскольку многие вопросы, описания моделей входных сигналов средств измерений подробно рассмотрены в достаточно хорошо разработанной теории сигналов.

Классификация измерений

Существующее многообразие измерительных экспериментов для нахождения значения физических величин определяется как большим количеством этих величин, характером их изменения во времени, так и различными требованиями к качеству получаемых результатов. Классификация измерений позволяет структурировать множество измерительных процедур с целью их эффективной организации и использования.

Измерения могут быть классифицированы по следующим признакам:

- способу получения результата измерений – прямые, косвенные, совместные и совокупные измерения;
- отношению к изменению измеряемой величины – статические и динамические измерения;

- характеристике точности – равноточные и неравноточные измерения;
- числу измерений в ряду измерений – однократные и многократные измерения;
- выражению результата измерений – абсолютные и относительные измерения;
- метрологическому назначению – технические и метрологические измерения.

Прямое измерение – измерение, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно в результате выполнения измерительного эксперимента. Например, измерение длины микрометром, силы тока – амперметром, электрического сопротивления – омметром и т.д.

Косвенное измерение – определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной. При косвенном измерении значение искомой величины y связано с измеряемыми некоторой функциональной зависимостью $y = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – значения величин, полученных с помощью прямых измерений. Например, значение сопротивления резистора R определяют из уравнения $R = U/I$, в которое подставляют значения напряжения U на резисторе и тока I через него.

Совместные измерения – проводимые одновременно измерения двух или нескольких неоднoименных величин для определения зависимости между ними. По сути, совместные измерения – это одновременно проводимые косвенные измерения. При этом решают следующую систему уравнений:

[illegible]

где y_i – искомые величины, x_{ij} – значения измеренных величин. Например, для нахождения зависимости сопротивления резистора от температуры, определяемой выражением $R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$, измеряют сопротивление резистора при трех различных температурах, составляют систему из трех уравнений и находят значения параметров R_0 , A и B .

Совокупные измерения – проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют пу-

тем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях. Например, выполняют прямые измерения сопротивлений резисторов, соединенных треугольником, а затем по результатам этих измерений рассчитывают значения сопротивлений самих резисторов.

Статическое измерение – измерение физической величины, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения. Например, измерение сопротивления резистора при нормальной температуре.

Динамическое измерение – измерение изменяющейся по размеру физической величины. При этом может идти речь и об измерении значения физической величины, и об измерении изменения во времени этой величины. Вследствие возможного быстрого изменения размера физической величины ее измерение проводят с точной фиксацией момента времени. В этом случае говорят об измерении «мгновенного значения измеряемой величины». Пример, измерение значения амплитуды переменного напряжения электрического тока.

Равноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью.

Неравноточные измерения – ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях.

Однократное измерение – измерение, выполненное один раз. На практике, как правило, выполняются именно однократные измерения. В ряде случаев принципиально невозможно увеличивать число измерений одной и той же величины, например, измерение параметров, характеризующих запуск ракетополетов космических кораблей.

Многократное измерение – измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т.е. состоящее из ряда однократных измерений. Результат многократных измерений получается из следующих друг за другом значений ряда однократных измерений. Однако перед началом обработки необходимо убедиться, что все измерения этого ряда являются равноточными.

Абсолютное измерение – измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физиче-

ских констант. Например, измерение силы F основано на измерении основной величины – массы (m) и использовании физической постоянной g (в точке измерения массы), в соответствии с уравнением $F = mg$.

Относительное измерение – измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную.

Технические измерения – измерения с помощью рабочих средств измерения. Технические измерения выполняются с целью контроля и управления научными экспериментами, технологическими процессами, движением транспорта и т.д. Например, измерение ряда физических величин, характеризующих некоторый технологический процесс.

Метрологические измерения – измерения, выполняемые при помощи эталонов и образцовых средств измерений с целью воспроизведения единиц физических величин для передачи их размера рабочим средствам измерений. Пример, выполнение процедуры поверки рабочих средств измерений.

Если в качестве критерия классификации измерительных процедур используется измеряемая физическая величина, то принято использовать понятие вида измерения. Под видом измерений понимается часть области измерений, имеющая свои особенности и отличающаяся однородностью измеряемых величин. Например, в области электрических и магнитных измерений могут быть выделены такие виды измерений как измерения электрического сопротивления, электрического напряжения, магнитной индукции и т.д.

Взаимодействие средств измерений с объектом измерения основано на физических явлениях или эффектах.

Принцип измерений – физическое явление или эффект, положенное в основу измерения.

Методом измерений – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

В основе классификации методов измерения лежит способ применения меры при получении значения измеряемой величины. Выделяют несколько основных методов: непосредственной оценки и сравнения с мерой, последний, в свою очередь, подразделяется на нулевой, дифференциальный или разностный, замещением, дополнением.

Метод непосредственной оценки – метод измерения, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений.

Результат измерения в этом случае определяется непосредственно по отсчетному устройству средства измерения. Использование меры в получении результата происходит опосредованно через процедуру градуировки шкалы средства измерения на этапе его производства.

Метод сравнения с мерой – метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Нулевой метод измерений – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля. Устройство, с помощью которого определяется равенство нулю указанной разности, называется нуль-индикатором.

На рис. 1 приведена схема, поясняющая использование нулевого метода, где U_x – измеряемая величина; U_0 – мера; НИ – нуль-индикатор. Изменяя значение меры, добиваются выполнения равенства $U_x = U_0$. Признаком равенства этих значений является отсутствие тока через НИ $I_{\text{ни}} = 0$.

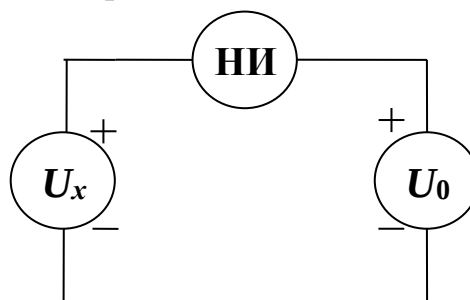


Рисунок 1

Данный метод позволяет получить высокую точность измерений, при применении высокоточных мер и нуль-индикаторов, обладающих высокой чувствительностью. На использовании нулевого метода измерений основано, например, измерение сопротивления с помощью четырехплечего моста.

Дифференциальный или разностный метод измерений – метод измерения, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами. Результат определяется, как сумма показаний средства измерений и значения физической величины воспроизводимой мерой. Наибольшую точность данный метод позволяет получить при незначительном отличии между измеряемой величиной и известным значением, воспроизводимом мерой.

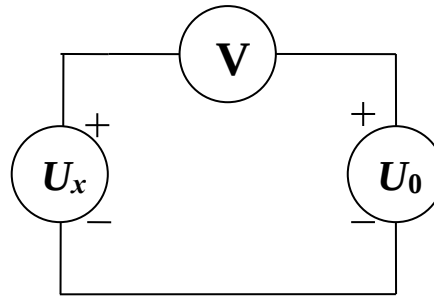


Рисунок 2

На рис. 2 представлена обобщенная схема, построенная на основе дифференциального метода. V – вольтметр, измеряющий разность ΔU между значением измеряемого напряжения U_x и значением воспроизводимым образцовым источником напряжения. Тогда измеряемая величина определяется выражением $U_x = U_0 + \Delta U$.

Особенностью данного метода является возможность получить результат измерения с высокой точностью, используя средство измерения разности сравнительно невысокой точности. Так, если относительная погрешность измерения разности ΔU составляет 1% и отношение $\Delta U / U_x$ также равно 1%, то измеряемая величина U_x определяется с погрешностью 0,01%.

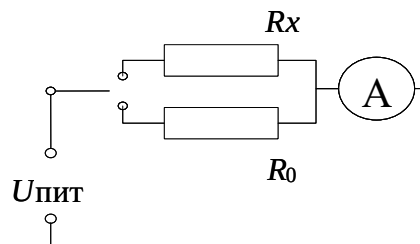


Рисунок 3

Метод измерений замещением – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины. С помощью средства измерения производится поочередное измерение искомой величины и величины, воспроизводимой мерой, результат определяется по этим двум значениям. На рис. 3 приведена обобщенная схема измерения значения сопротивления резистора R_x на основе метода замещения.

На первом шаге измеряется ток I_x через резистор R_x . На втором – ток I_x через образцовое сопротивление R_0 . Искомая величина определяется из соотношения $R_x = I_0 R_0 / I_x$. Метод тем точнее, чем R_0 ближе к R_x .

Метод измерений дополнением – метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению.

Мосты постоянного и переменного тока

Для измерения параметров электрических цепей широко используются мостовые схемы. Различают мосты постоянного и переменного тока. В зависимости от количества плеч существуют одинарные (четырёхплечие) и двойные (шестиплечие) мосты. Выпускаются мосты с ручным и автоматическим уравниванием.

Обобщенная схема моста переменного тока представлена на рис. 4. Элементы $a - б$, $б - в$, $в - з$ и $а - з$ являются плечами моста и содержат комплексные сопротивления $Z_1 \div Z_4$.

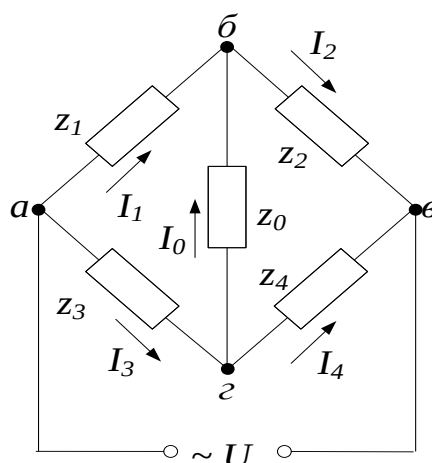


Рисунок 4

Элемент $б - з$ называется измерительной (выходной) диагональю. В нее включается нагрузка: нуль-индикатор, усилитель выходного сигнала и другие устройства для оценки величины неуравновешенности моста. Диагональ $а - в$ является диагональю питания.

Под равновесием измерительного моста понимается режим работы схемы, при котором ток в измерительной диагонали отсутствует $I_0 = 0$. Данное условие выполняется при равенстве произведений сопротивлений противоположных плеч моста:

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3.$$

При использовании показательной формы записи полного сопротивления:

$Z_i = z_i e^{j\varphi_i}$. Выражение для условия равновесия моста принимает вид:

$z_1 z_4 e^{j(\varphi_1 + \varphi_4)} = z_2 z_3 e^{j(\varphi_2 + \varphi_3)}$, из которого следует, что для достижения равновесия необходимо выполнение двух равенств:

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3 \text{ и } \varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3$$

где Z_i – модули полных сопротивлений плеч; φ_i – углы фазового сдвига тока относительно напряжения. Наличие двух равенств указывает на то, что для достижения положения равновесия в мостах переменного тока требуется регулировка не менее двух параметров моста.

Для мостов переменного тока важное значение имеет сходимость моста – возможность достижения состояния равновесия определенным числом последовательных переходов от регулировки одного параметра к другому.

Используя условие равенства сумм фаз противоположных плеч моста можно определить характер сопротивлений плеч. Если плечи моста, например первое и второе, имеют чисто активное сопротивление, т.е. $Z_1 = R_1$ и $Z_2 = R_2$ тогда $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$. Следовательно, сопротивления третьего и четвертого плеч должны иметь одинаковый характер (емкостный или индуктивный).

Важной характеристикой измерительного моста является его чувствительность. Под чувствительностью моста понимают отношение конечных приращений выходной величины и измеряемой величины вблизи положения равновесия:

$$\dot{S} \approx \Delta \dot{y} / \Delta \dot{x}.$$

Для достижения максимальной чувствительности в мостах переменного тока мост должен быть симметричным ($Z_1 = Z_2$ и $Z_3 = Z_4$) и угол фазового сдвига плеч, расположенных по обе стороны измерительной диагонали, равен $\pm \pi$. Практически из-за наличия потерь точно выполнить последнее условие невозможно.

Для измерения электрического сопротивления на постоянном токе используются одинарные или двойные мосты в зависимости от величины этого сопротивления. Одинарные мосты работают, как правило, на диапазонах от 10 до 10^6 Ом. Границы этого диапазона обусловлены со стороны малых значений величиной сопротивлений соединительных проводов и контактов, а со стороны больших – сопротивлением изоляции. Например, при присоединении измеряемого объекта R_x к мосту с учетом сопротивления проводников и контактов вносится сопротивление порядка 10^{-4} Ом и более. В случае измеряемого сопротивления 1 Ом вносится

ошибка порядка всего лишь 0,01%, но для сопротивления 10^{-3} Ом ошибка будет составлять 10%.

Схема одинарного моста приведена на рис. 5. В качестве примера будем рассматривать подключение измеряемого сопротивления R_X в первое плечо моста, т.е. $Z_1 = R_X$. Тогда плечо Z_3 является плечом сравнения, а Z_2 и Z_4 – плечами отношений. Поскольку речь идет об измерении активного сопротивления, то в дальнейшем воспользуемся равенствами $Z_1 = R_1$, $Z_2 = R_2$, $Z_3 = R_3$, $Z_4 = R_4$. Величина измеряемого сопротивления определяется из выражения $R_X = R_2 R_4 / R_3$.

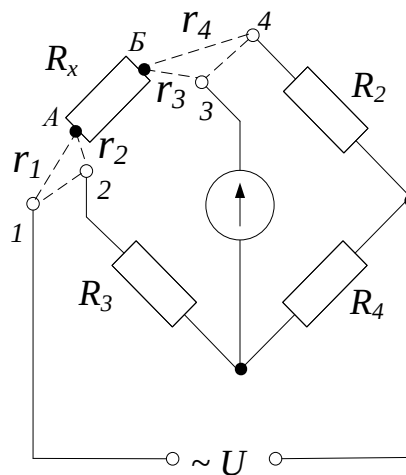


Рисунок 5

При измерении сопротивлений, больших 10 Ом, измеряемое сопротивление подключается по двухзажимной схеме. В этом случае (рис. 5) точка А подключается к зажиму моста 1, который в свою очередь соединен перемычкой с зажимом 2, а точка В – к зажиму 3, соединенному перемычкой с зажимом 4. Некоторое расширение диапазона измеряемых сопротивлений в область малых значений достигается в схеме одинарного моста при использовании четырехзажимной схемы подключения. Для этого точка а отдельными проводами подключается к зажимам 1 и 2, перемычка между этими зажимами удаляется. Точка Б отдельными проводами соединяется с зажимами 3 и 4, между которыми также удалена перемычка. Такая схема подключения позволяет снизить влияние сопротивлений проводов и контактов, которые в схеме условно обозначены как сопротивления $r_1 \div r_4$. Действительно, поскольку сопротивления плеч моста R_2 и R_3 выбираются из условий $R_2 \gg r_4$ и $R_3 \gg r_2$, то влиянием сопротивлений проводников и контактов r_2 и r_4 можно пренебречь. Сопротивления r_1 и r_3 включены в различные диагонали моста и также не влияют на выполнение условия равновесия.

Чувствительность мостовой схемы определяется значением измеряемого сопротивления и величиной напряжения питания. Измерение малых сопротивлений приводит к снижению чувствительности, которое может быть скомпенсировано увеличением напряжения питания. Однако, в результате ограничений на величину допустимой рассеиваемой мощности в плечах моста, постоянное увеличение напряжения питания мостовой схемы невозможно. Отмеченные недостатки отсутствуют в двойных измерительных мостах. Использование двойных мостов позволяет расширить нижний предел измеряемого сопротивления до 10^{-8} Ом.

Для мостов постоянного тока нормирование основной погрешности осуществляется по относительной погрешности. Класс точности обозначается либо в виде одного числа c , и тогда предел допускаемой основной относительной погрешности определяется по одночленной формуле $\delta = c$, либо в виде дроби c/d , и тогда $\delta = \pm [c + d (R_K / R_X) - 1]$, где R_K – конечное значение сопротивления данного диапазона; R_X – измеряемое сопротивление.

Мосты для измерения емкости и тангенса угла потерь. При измерении емкости необходимо учитывать то обстоятельство, что реальный конденсатор за счет поглощения активной мощности обладает потерями. Для описания конденсатора с малыми потерями используется последовательная схема, а для конденсатора с большими потерями – параллельная. На схемах элемент C – эквивалентная идеальная емкость, равная по значению измеряемой, а R – эквивалентное сопротивление, характеризующее величину мощности, поглощаемой в конденсаторе.

На рис. 6 представлена схема моста для измерения емкости конденсатора с малыми потерями.

Полные сопротивления плеч моста в этом случае

$$Z_1 = R_X + \frac{1}{j\omega C_X}; \quad Z_2 = R_1; \quad Z_3 = R_N + \frac{1}{j\omega C_N}; \quad Z_4 = R_2.$$

Подставив эти выражения в формулу равновесия моста, получаем

$$[R_X + 1/(j\omega C_X)]R_2 = [R_N + 1/(j\omega C_N)]R_1.$$

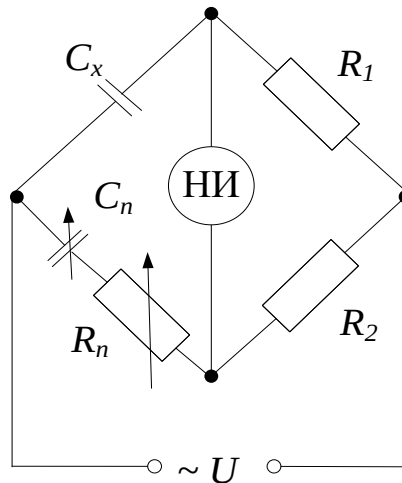


Рисунок 6

Значения C_X и R_X определяются из выражений $C_X = C_N R_2 / R_1$ и $R_X = R_N R_1 / R_2$. Угол потерь δ , дополняющий до 90° угол фазового сдвига тока относительно напряжения, определяется из выражения $\operatorname{tg} \delta = \omega C_X R_X = \omega C_N R_N$.

Алгоритм уравнивания моста следующий. Устанавливают $R_N = 0$, изменяют отношение плеч R_2 / R_1 до тех пор, пока нуль-индикатор не покажет минимальный ток. Регулируют R_N , добиваясь дальнейшего уменьшения показаний нуль-индикатора. Затем снова изменяют отношение R_2 / R_1 и т.д. до достижения положения равновесия.

При измерении емкости конденсатора с большими потерями применяют параллельную схему подключения R_N и C_N . Использование в этом случае последовательной схемы нецелесообразно, т.к. введение в уравнивающее плечо большого последовательного сопротивления приведет к снижению чувствительности моста.

Полные сопротивления плеч моста определяются выражениями

$$Z_1 = \frac{R_X}{1 + j\omega C_X R_X}; \quad Z_2 = R_1; \quad Z_3 = \frac{R_N}{1 + j\omega C_N R_N}; \quad Z_4 = R_2.$$

При достижении условия равновесия выполняется следующее равенство:

$$\frac{R_X R_2}{1 + j\omega C_X R_X} = \frac{R_N R_1}{1 + j\omega C_N R_N}.$$

Следовательно, $C_X = C_N R_2 / R_1$ и $R_X = R_N R_1 / R_2$. Тангенс угла потерь для данной параллельной схемы включения вычисляется из соотношения $\operatorname{tg} \delta = 1/(\omega C_X R_X) = 1/(\omega C_N R_N)$.

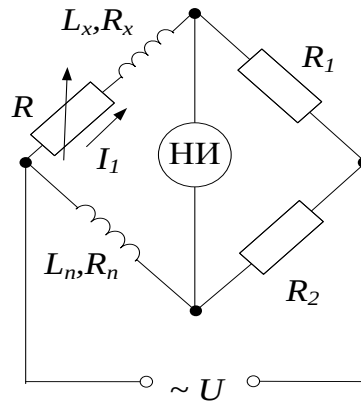


Рисунок 7

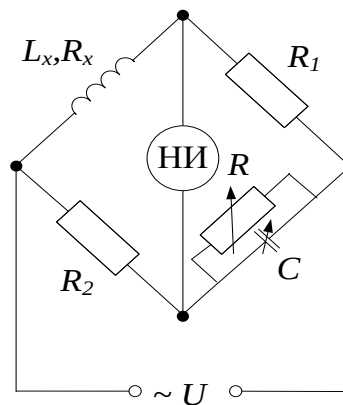


Рисунок 8

Мосты для измерения индуктивности и добротности. Мосты для измерения указанных физических величин могут быть построены с применением либо образцовой индуктивности – рис. 7, либо образцовой емкости – рис. 8.

При использовании образцовой индуктивности в измеряемое плечо моста включается испытуемая катушка с индуктивностью L_X , обладающая активным сопротивлением R_X , а в соседнее плечо – образцовая катушка с индуктивностью L_N и сопротивлением R_N . В зависимости от соотношения между сопротивлениями R_X и R_N дополнительное переменное сопротивление R подключается или последовательно с измеряемой катушкой, что для примера показано на рис. 7, или последовательно с образцовой катушкой индуктивности.

Если $R_X \langle R_N$ (R последовательно с L_X), то условие равновесия достигается при $L_X = L_N R_1 / R_2$, $R_X = R_N R_1 / R_2 - R$. Если $R_X \rangle R_N$, то R включается последовательно с L_N , а измеряемые L_X и R_X определяются как $L_X = L_N R_1 / R_2$, $R_X = (R_N + R) R_1 / R_2$.

В случае использования образцовой емкости (см. рис. 8) условия равновесия имеют вид:

$$L_X = C R_1 R_2; R_X = R_1 R_2 / R.$$

Добротность катушки определяется либо по значениям измеренной индуктивности L_X и соответствующего сопротивления R_X , либо по значениям R и C из выражений. $Q = \omega L_X / R_X = \omega C R$

Следует отметить, что в схеме на рис. 8 возможно использование не переменной, а постоянной образцовой емкости и переменного резистора. Данный способ характеризуется удобством снятия прямых отсчетов значений измеряемых индуктивностей и коэффициентов добротности. Однако при малых значениях добротности измеряемого контура $Q \leq 1$ такие мосты обладают очень плохой сходимостью.

Современные мосты создаются на основе цифровых процессоров. Микропроцессорное ядро позволяет автоматизировать процедуру измерения, обеспечить multifunctionality устройства (многие мосты интегрированы с другими измерительными приборами, например, мультиметрами), устранить помехи, организовать обработку накопленных результатов измерений (хранение, обмен с компьютером, печать протоколов) и др.

Компенсаторы постоянного тока

Обобщенная схема компенсатора представлена на рис. 9, где E_H – нормальный элемент, ЭДС которого известна точно; E_X – источник измеряемой ЭДС; НИ – нуль-индикатор, в качестве которого обычно используется гальванометр; R_H – образцовое сопротивление, выбираемое в зависимости от значения рабочего тока компенсатора и значения E_X ; ВВ – вспомогательная батарея.

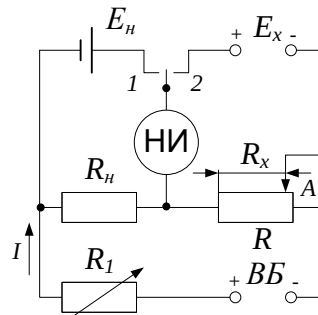


Рисунок 9

Алгоритм измерения E_x заключается в следующем. Устанавливают значение рабочего тока, для чего, переключатель B переводят в положение 1, а сопротивление R_1 изменяют до тех пор пока НИ не покажет отсутствие тока. Тогда $IR_n = E_n$. Затем переключатель B устанавливают в положение 2, и, перемещая подвижный контакт A добиваются отсутствия тока в измерительной диагонали. В этом случае $IR_x = E_x$, где I – значение рабочего тока, установленное ранее.

Высокая точность, достигаемая при измерении с помощью компенсатора, обусловлена высокой чувствительностью применяемого гальванометра, высокой точностью нормального элемента и резисторов, а также высокой стабильностью вспомогательного источника питания.

Достоинством компенсатора является также то, что в момент компенсации не потребляется мощность от источника измеряемой величины. Именно поэтому с помощью компенсатора возможно измерение ЭДС.

Предел допускаемой основной погрешности компенсатора нормируется по приведенной погрешности и тогда класс точности указывается одним числом $\gamma = \pm P$, либо по относительной погрешности $\delta = \pm c/d$.