# Rīgas Tehniskā Universitāte

# DMZC

## Vladimirs Bernatovičs

### Kursa darbs

(Elektriskie mērījumi)

# Līdzstrāvas mērīšana ar šunta palīdzību

2002

**Saturs.**

**1. Ievads 3**

**2. Teoretiskā daļa 4**

**3. Aprēķinu daļa 13**

**4. Secinājums 16**

**5. Literatūra 17**

**6. Pielikūms 18**

**Ievads.**

Dota uzdevuva man jāizmēra līdzstrāvu ar šunta palidzību. Šunts plaši izmantas, lai paplašināt mērāmo strāvas intervālu. Vēl man jāizdara statistisko apstrādi un un aprēķināt kļudas.

#### Измерение постоянных токов

**Общие замечания**. Измерение постоянных токов в подавляющем большинстве случаев производится посредством магнитоэлектрических амперметров и вольтметров. Для этой цели применяют также электромагнитные, электродинамические, ферро-динамические и электростатические приборы, а также потенцио­метры постоянного тока и цифровые приборы.

Магнитоэлектрические амперметры. Измеритель­ные механизмы магнитоэлектрических амперметров и вольтметров принципиально не различаются. В зависимости от назначения прибора (для измерения-тока или напряжения) меняется его изме­рительная цепь. В амперметрах измерительный механизм включа­ется в цепь непосредственно или при помощи шунта. В вольтметрах последовательно с измерительным механизмом включается доба­вочный резистор, и прибор подключается к тем точкам схемы, между которыми необходимо измерить напряжение.

Амперметр без шунта применяется в том случае, если весь измеряемый ток можно пропустить через токоподводящие пру­жинки (или растяжки) и обмотку рамки измерительного механизма. Обычно значение этого тока не превышает 20—30 мА, т. е. такая схема возможна только для микро- и миллиамперметров.

Характер измерительной цепи в значительной степени опреде­ляется также допустимой температурной погрешностью и преде­лом измерения прибора.

Изменение температуры прибора сказывается на его работе следующим образом.

1. При повышении температуры удельный противодействующий момент пружинок (или растяжек) уменьшается примерно на 0,2— 0,4% на каждые 10 К повышения температуры. Магнитный поток постоянного магнита падает приблизительно на 0,2% на каждые 10 К повышения температуры.

Так как ослабление пружинок и уменьшение магнитного потока вызывают одинаковые изменения противодействующего и вращаю­щего моментов по значению, но с разными знаками, то эти два яв­ления практически взаимно компенсируют друг друга. .. и

2. Изменяется- электрическое сопротивление обмотки рамки и пружинок. Это является основным источником температурной погрешности магнитоэлектрических приборов.

В большинстве случаев температурная погрешность вольтметров является незначительной. Это объясняется тем, что температурный коэффициент сопротивления (ТКС) цепи вольтметра определяется не только ТКС «медной» части обмотки измерительного механизма, но и добавочного резистора, выполняемого из материала с очень малым ТКС.

Наиболее неблагоприятным в отношении влияния температуры является амперметр с шунтом. При повышении температуры и неиз­менных значениях измеряемого тока и сопротивления шунта .Rш (шунт, как указывалось выше, выполняется из манганина) ток /, протекающий через измерительный механизм, уменьшается и по­является отрицательная погрешность.

Для компенсации температурной погрешности часто применяются специаль­ные схемы. Наиболее широко используемые схемы для температурной компенсации представлены на рис. 3.23 и 3.24. Простейшим способом уменьшения температур­ной погрешности является включение последовательно с обмоткой рамки доба­вочного резистора *Ra* из манганина (рис. 3.23). Недостаток этой схемы заключается в том, что на рамку попадает только часть напряжения, снимаемого с шунта. Для прибора класса точности 0,2 напряжение, попадаемое на рамку, составляет всего 5%. Обычно этот способ применя­ется только для приборов класса точности не выше 1,0.

Ix

Ix

Rш

RД

I

I

Ix

Rш

R2

R2

R1

R3

I2

I1



Рис. 3.23. Схемы для температурной

компен­сации амперметров с

добавочным резисто­ром Рис. 3.24. Последовательно-параллельная

схема для температур­ной компенсации



Последовательно-параллельная схема (рис. 3.24) широко используется в прибсрах высоких классов точности (0,5; 0,2; 0,1). В такой схеме последовательно с уедной рамкой включается резистор из манганина *R*3.Эта цепь шунтируется резистором R1 из материала с большим температурным коэффициентом (меди или никеля) и через последовательно включенный манганиновый резистор *R2* под­ключается к шунту *Rm.* При повышении температуры возрастают сопротивления рамки и R1*.* Однако, поскольку последовательно с рамкой включен резистор *R*3*,* имеющий практически нулевой температурный коэффициент, то по сравнению с цепью рамки увеличение сопротивления в цепи *R1* будет больше. Поэтому изме­нится распределение токов /2 и *It* таким образом, что в обмотку рамки будет от­ветвляться несколько большая часть общего тока, чем раньше. Так как сопро­тивление между точками aи сувеличивается, а ток *!х* не изменяется, напряже­ние *Uac* между этими точками несколько увеличится. Выбором сопротивлений можно добиться того, чтобы при изменении температуры ток в обмотке рамки менялся в пределах, определяемых допускаемым значением температурной по­грешности.

При создании приборов для измерения очень малых напряжений (например, э. Д. с. термопар) желательно, чтобы всё напряжение подводилось непосредст­венно к цепи измерительного механизма. В этом случае температурная компен­сация осуществляется не с помощью схем, а посредством термомагнитного шунта. Такой шунт выполняется из специальных магнитных материалов (сплавов меди с никелем или железа с никелем), у которых магнитная проницаемость сущест­венно уменьшается при возрастании температуры. Конструктивно термомагнит­ный шунт представляет собой пластинки, которыми замыкаются полюсные на­конечники постоянного магнита. При повышении температуры магнитное сопрот тивление шунта возрастает, что приводит к увеличению индукции в воздушном зазоре и к малой зависимости показаний от температуры.

Магнитоэлектрические амперметры и вольтметры выпускают переносными и щитовыми. Переносные приборы в большинстве слу­чаев делают высокоточными (классов 0,1—0,5), многопредельными (до нескольких десятков пределов) и часто комбинированными (например, вольтамперметрами). В качестве многопредельного ком­бинированного прибора можно указать, например, милливольт-.миллиамперметр типа М1109 класса точности 0,2. Прибор имеет 15 пределов измерений: 8 — по напряжению (от 15 мВ до 3 В) и 7 — по току (от 0,15 до 60 мА). Щитовые приборы выпускают обычно однопредельными, чаще всего классов точности 1,0 и 1,5.

**Магнитоэлектрические гальванометры***.* Гальванометром на­зывается электроизмерительный прибор с неградуированной шка­лой, имеющий высокую чувствительность к току или напряжению.

2

1

3

4

N

S

Рис. 3.25. Схематическое

устройство гальванометра

на подвесе

Гальванометры широко используются в ка­честве нуль-индикаторов, а также для из­мерения малых токов, напряжений и коли­честв электричества, если известна посто­янная гальванометра.

Кроме магнитоэлектрических сущест­вуют и некоторые другие виды гальвано­метров, например электростатические, на­зываемые электрометрами. Однако их при­менение весьма ограничено.

Основное требование, предъявляемое к гальванометрам, — высокая чувствитель­ность, которая достигается, главным обра­зом, путем уменьшения противодействую­щего момента и использования светового указателя с большой длиной луча.

По конструктивному оформлению раз­личают: а) гальванометры переносные (со встроенной шкалой), в которых исполь­зуются как стрелочные, так и световые указатели; б) гальвано­метры зеркальные, с отдельной шкалой, требующие стационарной установки по уровню.

В переносных гальванометрах подвижная часть устанавливается на растяжках, а в зеркальных — на подвесе (рис. 3.25). В последнем случае токоподвод к обмотке рамки 1 осуществляется посредством подвеса *2* и безмоментной нити *4.* Для измерения угла поворота рамки служит зеркальце *3,* на которое фокусируется луч света от специального осветителя.

Постоянная зеркального гальванометра данной конструкции зависит от расстояния между зеркальцем и шкалой. Ее условились выражать для расстояния, равного 1 м, например: С1 = 1,2\*10-6 А\*м/мм. Для переносных гальванометров в паспорте указывают цену деления шкалы, например: 1 деление = 0,5\*10-6 А.

Наиболее чувствительные современные зеркальные гальвано­метры имеют постоянную до 10-11 А\*м/мм; у переносных гальвано­метров постоянная составляет примерно 10-8 — 10-9 А/дел.

Стандарт на гальванометры (ГОСТ 7324 — 68) допускает откло­нение постоянной (или цены деления) от указанной в паспорте на ±10%.

Важной характеристикой гальванометра является постоянство, нулевого положения указателя, под которым понимают невозвра­щение указателя к нулевой отметке при плавном его движении от крайней отметки шкалы. По этому параметру гальванометры делят на разряды постоянства. Условное обозначение разряда постоян­ства нулевого положения указателя гальванометра, состоящее из цифрового обозначения разряда постоянства, заключенного в ромб, наносят на шкалу гальванометра при маркировке.

Многие гальванометры снабжают магнитным шунтом. Регули­руя положение шунта посредством выведенной наружу ручки, можно менять значение магнитной индукции в рабочем зазоре. При этом изменяется постоянная, а также ряд других параметров гальвано­метра. По требованию стандарта, магнитный шунт должен изменять постоянную по току не менее чем в 3 раза. В паспорте гальванометра и в его маркировке указывают значения постоянной при двух край­них положениях шунта — полностью введенном и полностью вы­веденном.

Гальванометр должен иметь корректор, перемещающий при круговом вращении указатель в ту или другую сторону от нулевой отметки. Гальванометры с подвижной частью на подвесе должны быть снабжены арретиром (приспособлением для механической фиксации подвижной части), который включают, например, при переноске прибора.

Гальванометры ввиду высокой чувствительности необходимо защищать от помех. Так, от механических сотрясений гальвано­метры защищают, устанавливая их на капитальные стены или спе­циальные фундаменты; от токов утечек — электростатическим экранированием и т. п.

Характер движения подвижной части гальванометра при изме­нении измеряемой величины зависит от его успокоения, которое определяется сопротивлением внешней цепи. Для удобства работы с гальванометром это сопротивление подбирают близким к так называемому внешнему критическому сопротивлению *R*к*,* указанному в паспорте гальванометра. Если гальванометр замкнут на внеш­нее критическое сопротивление, то указатель плавно и за минималь­ное время подходит к положению равновесия, не переходит его и не совершает около него колебаний (см. § 3.10).

Баллистический гальванометр позволяет измерять малые коли­чества электричества (импульс тока), протекающие в течение корот­ких промежутков времени — долей секунды. Таким образом, баллистический гальванометр предназначен для импульсных из­мерений. Теория баллистического гальванометра (см. § 3.10) пока­зывает, что если принять допущение о том, что подвижная часть начинает свое движение после окончания импульса тока в обмотке подвижной рамки, то количество электричества Q, протекшее в цепи, пропорционально первому максимальному отклонению указателя alm, т. е.

**Q = C6a1m,** (3.36)

где Сб — баллистическая постоянная гальванометра, выражаемая в кулонах на деление.

Следует отметить, что Сб не остается неизменной для данного гальванометра, а зависит от сопротивления внешней цепи, что требует обычно ее определения в процессе измерений опытным путем.

Указанное выше допущение выполняется тем точнее, чем больше момент инерции подвижной части гальванометра и, следовательно, больше период свободных колебаний *Т0.* Для баллистических галь­ванометров *Т0* составляет десятки секунд (для обычных гальвано-,метров — единицы секунд). Это достигается увеличением момента {инерции подвижной части гальванометра с помощью дополнитель-|ной детали в виде диска.

**Магнитоэлектрические измерительные механизмы.** В магнито­электрических измерительных механизмах вращающий момент со­здается в результате взаимодействия магнитного поля постоянного магнита и магнитного поля 'проводника с током, выполняемого обычно в виде катушки — рамки.

Обратимся к рассмотрению принципа действия магнитоэлектри­ческих измерительных механизмов.

На рис. 3.1 показана подвижная рамка измерительного меха­низма, находящаяся в равномерном радиальном магнитном поле. При протекании по обмотке рамки тока возникают силы *F,* стре­мящиеся повернуть рамку так, чтобы ее плоскость стала перпенди­кулярной к направлению Ох — 02. При равенстве вращающего и противодействующего моментов подвижная часть останавли­вается.

Для получения зависимости между углом отклонения и током в рамке обратимся к уравнению (3.1), которое применительно к на­шему случаю представляется так:

(3.5) где Ф — поток, сцепляющийся с обмоткой рамки; I — ток в обмотке рамки.



Величина Ф может быть подсчитана как произведение индукции *В* в воздушном зазоре, числа витков *w* обмотки рамки и суммы площадей двух боковых поверхностей, опи­санных активными сторонами подвиж­ной катушки при ее повороте на угол а я от нейтрального положения (оси *О1 —* O2).

В соответствии с рис. 3.1 активными сторонами обмотки рамки будут являть­ся стороны, расположенные в плоско­сти, перпендикулярной рисунку. Сто­роны рамки, находящиеся в плоскости рисунка, при своем движении скользят

вдоль силовых линий, не пересекая их, и поэтому не будут участ­вовать в создании вращающего момента. Следовательно,

Ф = *B2rlwa,*

где r*—* радиус рамки относительно оси вращения; / — длина рамки; а — угол отклонения рамки от нейтрального положения. Обозначив площадь катушки через s, можем написать

Ф = *Bswa.*

Подставляя это выражение в формулу (3.5) и дифференцируя его, получим

(3.6)



Так как противодействующий момент создается упругими эле­ментами, то можно воспользоваться формулой (3.2) и для режима установившегося отклонения написать



откуда

(3.7)



Как видно из выражения (3.7), при перемене направления тока в обмотке рамки меняется на обратное и направление отклонения подвижной части.

Для получения отклонения указателя в нужную сторону необ­ходимо при включении прибора соблюдать указанную на приборе полярность.

Из выражения (3.7) и определения понятия чувствительности следует, что для магнитоэлектрических измерительных механизмов и, следовательно, для магнитоэлектрических приборов чувствитель­ность

(3.8)



Из уравнения (3.8) видно, что чувствительность магнитоэлектри­ческого прибора не зависит от угла отклонения и постоянна по всей шкале; отсюда следует, что магнитоэлектрические приборы имеют равномерную шкалу. Это позволяет выпускать их комбинирован­ными и многопредельными.

Магнитоэлектрические приборы относятся к числу наиболее точных. Они изготовляются вплоть до класса точности 0,1. Высокая точность этих приборов объясняется рядом причин. Наличие равно­мерной шкалы уменьшает погрешности градуировки и отсчета. Благодаря сильному собственному магнитному полю влияние по­сторонних полей на показания приборов весьма незначительно. Внешние электрические поля на работу приборов практически не влияют. Температурные погрешности могут быть скомпенсированы с помощью специальных схем.

Большим достоинством магнитоэлектрических приборов яв­ляется высокая чувствительность. В этом отношении магнитоэлек­трические приборы не имеют себе равных. Известны магнитоэлек­трические микроамперметры с током полного отклонения 0,1 мкА (например, типа М95, класса точности 1,0).

Благодаря этим достоинствам магнитоэлектрические приборы применяют с различными преобразователями переменного тока в постоянный для измерений в цепях переменного тока.

К недостаткам магнитоэлектрических приборов следует отнести несколько более сложную и дорогую конструкцию, чем, например, конструкция электромагнитных приборов, невысокую перегрузоч­ную способность (при перегрузке обычно перегорают токоподводя-щие пружинки или растяжки для создания противодействующего момента) и, самое главное, отмеченную выше возможность приме­нения в качестве амперметров и вольтметров лишь для измерений в цепях постоянного тока (при отсутствии преобразователей).

Магнитоэлектрические измерительные механизмы с механи­ческим противодействующим моментом используются главным образом в амперметрах, вольтметрах и гальванометрах, а также в не­которых типах омметров.

Рассмотрим особенности устройства измерительных механизмов магнитоэлектрических логометров.

Как было указано выше, в логометрах противодействующий момент создается не механическим путем, а электрическим. Для этого в магнитоэлектрическом логометре (рис. 3.2) подвижная часть выполняется в виде двух жестко скрепленных между собой рамок 1 и *2,* по обмоткам кото­рых протекают токи I1 и I2. Пружинки для создания механического противодействующего момента не ставятся, а ток к обмоткам подво­дится с помощью безмоментных токопр ово­дов, выполняемых в виде тонких неупругих металлических ленточек.

Направления токов в обмотках выбира­ются так, чтобы моменты Мх и М2, создавае­мые рамками, действовали навстречу друг другу. Один из моментов вращающий, а вто­рой — противодействующий. Хотя бы один из моментов должен зависеть от угла поворота. Значит, один (или несколько) из параметров, определяющих значение момента, должен являться функцией угла а. Технически наиболее просто сделать зависящей от угла поворота индукцию Л. Для этого магнитное поле в зазоре должно быть неравномерным, что дости­гается неравномерностью зазора (с этой целью сердечник на рис. 3.2 сделан эллипсоидальным).

В общем виде выражения для моментов *М*1и *М2* могут быть записаны так:



где и — функции, выражающие закон изменения индукции для рамок 1и *2* при перемещении их в зазоре. При установившемся равновесии моменты *М*1и *М2* равны, т. е.



откуда



Выражение для угла поворота можно представить так:

(3.9)



Из выражения (3.9) видно, что отклонение подвижной части логометра зависит от отношения токов в его обмотках.

Измерительные механизмы магнитоэлектрических логометров применяют прежде всего в омметрах.

**Электромагнитные измерительные механизмы.** Вращающий мо­мент в электромагнитных измерительных механизмах возникает в результате взаимодействия магнитного поля катушки, по обмотке которой протекает измеряемый ток, с одним или несколькими фер­ромагнитными сердечниками, обычно составляющими подвижную часть механизма. В настоящее время наибольшее применение полу­чили три конструкции измерительных механизмов: а) с плоской катушкой; б) с круглой катушкой; в) с замкнутым магнитопроводом.

На рис. 3.3 показан измерительный механизм с плоской катушкой. Катуш­ка / наматывается медным проводом и имеет воздушный зазор, в который мо­жет входить эксцентрично укрепленный на оси сердечник *2.* Материал сердеч­ника должен обладать высокой магнит­ной проницаемостью, что способствует увеличению вращающего момента при заданном значении потребления мощно­сти прибором, и минимальной коэрци­тивной силой, что уменьшает погреш­ность от гистерезиса. Обычно материа­лом сердечника в щитовых приборах служит электротехническая (кремнис­тая) сталь, а в точных переносных при­борах — пермаллой.

При наличии тока в катушке сердеч­ник стремится расположиться в месте с наибольшей концентрацией поля, т. е. втягивается в зазор катушки. При этом закручиваются пружинки *3,* в резуль­тате чего возникает противодействующий момент. Для успокоения движения подвижной части в электр-омагнитных измерительных механизмах применяют обычно воздушные или жидкостные успо­коители. На рис. 3.3 представлен измерительный механизм с воз­душным успокоителем, состоящим из камеры *4* и крыла 5.

Одним из существенных недостатков электромагнитных измери­тельных механизмов с плоской или с круглой катушкой является сильное влияние внешних магнитных полей. Это объясняется тем, что собственное магнитное поле невелико. Для защиты от внешних полей применяются в основном два способа — астазирование и экранирование.

В астатическом измерительном механизме на оси подвижной части укреплены два одинаковых сердечника, каждый из которых размещается в магнитном поле одной из катушек, включенных между собой последовательно. Направление обмоток выбрано так,

что магнитные поля Катушек, равные по значению и конфигурации, направлены навстречу друг другу. При этом подвижная часть будет находиться под действием суммы двух моментов, каждый из которых создается одним из сердечников и действующей на него катушкой. Если такой измерительный механизм попадает в рав­номерное внешнее поле, то один из моментов, для которого направ­ления собственного и возмущающего полей будут совпадать, увели­чится, а второй — соответственно уменьшится. Суммарный момент, а следовательно, и показания прибора при этом не изменяются. Недостатки астатического измерительного механизма заключаются в усложнении и удорожании конструкции, а также в том, что ас-тазирование исключает действие только равномерных полей.

При магнитном экранировании измерительный механизм поме­щается внутрь замкнутой оболочки из ферромагнитного материала с большой магнитной проницаемостью (чаще всего из пермаллоя). Действие экрана состоит в том, что магнитные линии внешнего поля, стремясь пройти по пути с наименьшим магнитным со­противлением, сгущаются внутри сте­нок экрана, почти не проникая во внут­реннюю область. Для улучшения маг­нитной защиты иногда применяются экраны из двух или нескольких оболо­чек.

На рис. 3.4 показан электромагнитный измерительный механизм с замкнутым магнитопроводeом мещена на магнитопровод *2* с полюс­ными наконечниками *3.* При наличии

тока в обмотке катушки подвижный сердечник *4* стремится повер­нуться по часовой стрелке вокруг оси *0,* втягиваясь в рабочее пространство между полюсными накладками.

Достоинствами измерительного механизма с замкнутым магни­топроводом являются: повышенная чувствительность, уменьшение погрешности от влияния внешних магнитных полей, возможность относительно просто менять характер шкалы путем изменения поло­жения левого полюсного наконечника относительно правого. Обычно в измерительных механизмах с замкнутым магнитопроводом при­меняют растяжки и жидкостное успокоение.

В заключение отметим, что по своему устройству электромагнит­ные измерительные механизмы являются самыми простыми .среди измерительных механизмов приборов разных групп.

На основании уравнения (3.1) определим вращающий момент электромагнитного измерительного механизма. Электромагнитная энергия катушки, по обмотке которой протекает ток,



где L — индуктивность катушки, зависящая от положения сердеч­ника; / — ток в обмотке.

Выражение для вращающего момента будет



Если противодействующий момент создается с помощью упругих элементов, то для режима установившегося отклонения



откуда

(3.10)



Из выражения (3.10) видно следующее:

1. Знак угла отклонения подвижной части не зависит от направ­ления тока в обмотке. Это значит, что электромагнитные приборы могут применяться для измерений в цепях постоянного и пере­менного тока. В цепи переменного тока они измеряют действующее значение тока (или напряжение).

2. Шкала, электромагнитного прибора неравномерная, т. е. между измеряемой величиной (током) и.углом отклонения нет прямо пропорциональной зависимости. Характер шкалы зависит от множителя т. е. от закона изменения индуктивности с изменением



угла поворота сердечника и от квадрата тока в катушке. Меняя форму сердечника и его расположение в катушке, можно получить практически равномерную шкалу, начиная с 20 — 25% верхнего предела диапазона измерений.

Устройство измерительного механизма электромагнитного ло-гометра с катушками Л и £ представлено на рис. 3.5. Сердечники на оси укреплены так, что при повороте подвижной части в неко­торых пределах индуктивность одной катушки увеличивается, а другой — уменьшается, вследствие чего вращающие моменты на­правлены в противоположные стороны. Взаимным влиянием одной катушки на другую пренебрегаем. Для статического равновесия можем написать

или



Решая это уравнение относительно получим



(3.11)



Электромагнитные измерительные механизмы используются в на­стоящее время в амперметрах, вольтметрах, в фазометрах и частото­мерах. Кроме этих приборов, применяются резонансные электромагнитные приборы, в которых частота собственных колебаний подвижной части (сердечника) настраивается в резонанс с частотой тока в обмотке. К таким устройствам относятся вибрационные час­тотомеры.

Главными достоинствами электромагнитных приборов являются: простота конструкции и, как следствие, дешевизна и надежность в работе; способность выдерживать боль­шие перегрузки, что объясняется отсут­ствием токоподводов к подвижной части; возможность применения для измерений в цепях постоянного и переменного тока (отдельных приборов до частоты примерно 10 000 Гц).

К недостаткам приборов относятся относительно малые точность и чувствительность.

**Aprēķinu daļa.**

A

Ir

Rš

Iš

I

U

A

Ampermetrs

Šunts

Izmantojama shēma.

Pēc Oma līkuma: no tā



Tad Is aizmainām ar ,tad



Pēc tam pieņēmsim kā ,tad



Mūsu gadījuma



**Apreķinu tabula.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ir(mA) | 70 | 70 | 70.1 | 70.1 | 69.9 | 69.9 | 70 | 70 | 70.1 | 70.1 |
| I(A) | 0.2800 | 0.2800 | 0.2804 | 0.2804 | 0.2796 | 0.2796 | 0.2800 | 0.2800 | 0.2804 | 0.2804 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N0 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Ir(mA) | 69.9 | 68.8 | 69.9 | 70 | 70.1 | 70.2 | 70.2 | 70.1 | 70 | 70 |
| I(A) | 0.2796 | 0.2752 | 0.2796 | 0.2800 | 0.2804 | 0.2808 | 0.2808 | 0.2804 | 0.2800 | 0.2800 |

Izmantojamas iekārtas:

Milliampermatrs – 75(mA), skāle (0-75), iekšēja pretestība r-28(Om), klase (1.0)

Šunts – iekšēja pretestība Rs-9.33(Om), klase (0.1)

Pēc iegūtam datiem veicām statistisko apstrādi.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Xi | 0.2792 | 0.2796 | 0.28 | 0.2804 | 0.2808 |
| mi | 1 | 4 | 7 | 6 | 2 |
| pi | 0.05 | 0.2 | 0.35 | 0.3 | 0.1 |

- eksperimentu skaits



Pēc tam atrodam , Ais - Strāvas īstā vertība



Tālāk atrodu ticamības intervālu ar izturību .



Tad mūsu rezultāts ir vienads:



Aprēķinu kļudas.

Ablolūta kļuda ir vienāda:



Relatīva kļūda ir vienāda:



Beigu rezultāti:



Secinājums.

Šajā darbā es veicu līdzstrāvas mērīšānu ar šunta palidzību. Pēc iegūtam datiem es atrodu absolūto un relatīvu kļudu , atrodu tīcamības intervālu. Pēc iegūtam datiem var sākt ,ka ar šunta palidzību var mērīt strāvas ar lielu precizitāti.

Literatūra.

1. A.В. Фремке и Е.М.Душина.-5-е изд., и доп.-Л.:Энергия. Лелингр. 1980.-392с.,ил.

**Pielīkums.**