# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 17

Определение ЭДС компенсационным

способом

**Цель работы:** освоить методику определения ЭДС компенсационным способом, определить ЭДС неизвестного источника постоянного тока.

**Приборы и принадлежности:** два источника постоянного тока, нормальный элемент Уитстона, гальванометр с нулевым делением в середине шкалы, двухполюсный переключатель, однополюсный переключатель, реохорд длиной 5 м, соединительные провода.

### Теория работы

Если в проводнике создать электрическое поле и не поддерживать его, то перемещение носителей заряда быстро прекратится. Для того чтобы по проводнику проходил постоянный ток, необходимо поддерживать постоянную разность потенциалов на концах проводника. С этой целью в замкнутой цепи наряду с участками, на которых под действием кулоновских сил положительные заряды движутся в сторону убывания потенциала, должны существовать участки, на которых перенос зарядов происходит в направлении возрастания потенциала (для положительных зарядов).

Иными словами для поддержания постоянного тока необходимо, чтобы на указанных участках цепи действовали силы неэлектрической природы (индукционные, контактные, термоэлектрические, химические и т.д.). Для краткости их называют сторонними силами.

Сторонние силы можно охарактеризовать работой, которую они совершают над перемещаемыми по цепи зарядами.

Отношение работы сторонних сил, к величине положительного заряда, называется электродвижущей силой (ЭДС), действующей во всей цепи или на ее участке. Тогда по определению ЭДС равна:

, (1)

где АСТ.СИЛ – работа сторонних сил по перемещению заряда q по замкнутому контуру электрической цепи. Сопоставляя это определение с определением потенциала, видим, что размерность ЭДС совпадает с размерностью потенциала, т.е. ЭДС измеряется в тех же единицах, что и потенциал – в Вольтах (В).

Рассмотрим участок замкнутой цепи 1-2 , содержащий источник тока Е (рис.1).

##### Рис.1Работа по перемещению заряда на участке 1 – 2

А1,2 = q(φ1- φ2) + АСТ.СИЛ, (2)

где q (φ1- φ2) – работа кулоновских сил на участке 1 – 2 , φ1 и  φ2 - потенциалы электрического поля в точках 1 и 2, Аст.сил – работа сторонних сил. Разделив почленно правую и левую части (2) получим:

.

Или учитывая (1), . (3)

Величина, численно равная работе, совершаемой электростатическими и сторонними силами при перемещении единичного положительного заряда, называется падением напряжения (или просто напряжением) на данном участке цепи:

. (4)

При отсутствии на участке цепи сторонних сил АСТ.СИЛ = 0 и напряжение . Для замкнутой цепи (рис.2) работа электростатических сил равна нулю , так как для замкнутой цепи .

Если проводники, образующие участок цепи, неподвижны, то единственным результатом прохождения тока будет нагревание проводников. Поэтому элементарная работа dA1,2 всех сил (электростатических и сторонних), совершаемая над носителями заряда dq, должна быть равна выделившемуся теплу dQ. Записав (3) в дифференциальной форме,



и, учитывая закон Джоуля – Ленца dQ = I2Rdt = IRdq для участка цепи с суммарным сопротивлением R, получим

IRdq =.

Сократив на dq, получим, что

IR = .

Откуда . (5)

Формула (5) выражает закон Ома в самом общем случае для замкнутой (полной) цепи. Если цепь не замкнута, то I=0 и

Е = , (6)

т. е. ЭДС равна разности потенциалов на полюсах источника тока при разомкнутой цепи. При отсутствии на участке цепи источника тока (Е = 0) выражение (5) переходит в выражение закона Ома для участка цепи:

, (7)

где R – полное сопротивление участка цепи.

Для замкнутой цепи, когда :

, (8)

где R – полное сопротивление внешней по отношению к источнику тока части цепи, r – внутреннее сопротивления источника тока.

Формулируется закон Ома следующим образом: для замкнутой электрической цепи ток прямо пропорционален ЭДС источника и обратно пропорционален полному сопротивлению цепи.

Величины IR и Ir принято называть падением напряжения на внешнем и внутреннем сопротивлениях цепи. Из закона Ома следует, что ЭДС источника равна сумме падений напряжения во внешней и внутренней частях цепи:

Е = IR + Ir.

**Описание установки**

**

Рис.3**Принципиальная схема одного из методов определения ЭДС постоянного источника тока- компенсационного – приведена на рис.3. Сущность этого метода состоит в том, что ЭДС, например, Ех исследуемого элемента уравновешивается падением напряжения на участке проволоки *ас* реохорда *аb*. Такое падение напряжения создается током, протекающим по реохорду при замкнутом ключе К от батареи Е. Если проволока реохорда однородна, то на единицу длины проволоки приходится падение напряжения:

, (9)

где IR- падение напряжения на той части реостата R , через которую течет ток.

Для определения ЭДС Ех элемент подключают к реохорду так, чтобы при замкнутом ключе К1 созданный этим источником ток в цепи с гальванометром Г был противоположно направлен току от батареи Е. Замкнув ключ К1 на элемент Ех и, передвигая скользящий контакт *с* по реохорду, можно найти такое положение *с*, при котором падение напряжения U*ас* будет равно Ех. Это положение легко найти с помощью гальванометра, стрелка которого в момент, когда Uас = Ех, установится в нулевое положение. Согласно формуле (9):

. (10)

Так как значения Е, I, R неизвестны, то для определения Ех далее поступают следующим образом. Переключив ключ К1 на нормальный элемент Уитстона (Е0), величина ЭДС которого известна и равна 1,018В, перемещением скользящего контакта по реохорду, добиваются установки стрелки гальванометра на нуль. При этом падение напряжения U*ас0* на участке *ас0* реохорда *аb* равно подключенной ЭДС-Е0. Тогда, с учетом (9):

. (11)

Решив систему уравнений 10 и 11 совместно относительно Ех, получают расчетную формулу:

 (12)

где *ℓ* и *ℓ*0- длины реохорда, равные соответственно *ас* и *ас0*.

Если производится определение ЭДС малой величины, то для повышения чувствительности схемы желательно взять реохорд длиной 5-7 метров, так, чтобы эталонный источник компенсировался падением напряжения на участке реохорда, приближенном к его полной длине. В таком случае малые ЭДС компенсируются падением напряжения на малых участках реохорда, но различимых и доступных для измерения.

**Порядок выполнения работы**

1. Собрать установку по приведенной схеме (рис.3).
2. Замкнув цепь ключом К, а затем переключив К1 на элемент Ех, перемещением ползунка добиться прекращения тока через гальванометр Г. Измерить длину реохорда , падение напряжения на котором компенсирует Ех.
3. Переключателем К1 замкнуть цепь на элемент Е0 и перемещением ползунка добиться того, чтобы через гальванометр перестал протекать ток. Измерить длину реохорда .
4. Повторить измерения пунктов 2 и 3 не менее трех раз.
5. Данные измерений занести в таблицу:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ЭДС | n |  |  |  |  | Ех | Е0 |
| Эталонный | 1  2  3 |  |  |  |  |  |  |
| Иследуемый | 1  2  3 |  |  |  |  |  |  |

1. Усреднив данные непосредственных измерений, по формуле (12) определить величину искомой ЭДС Ех.
2. Произвести статистическую обработку экспериментальных результатов с доверительной вероятностью 0.95.

**Контрольные вопросы**

1. Что такое ЭДС?
2. Что возникает на участке проводника при протекании через него электрического тока?
3. Чем обусловлена величина падения напряжения на участке цепи?
4. Чему численно равна работа электростатических сил для замкнутой цепи?
5. На каком принципе основана работа лабораторной установки?
6. Как получить расчетную формулу для неизвестной ЭДС источника?
7. Как формулируется закон Ома для участка цепи?
8. Как формулируется закон Ома для замкнутой (полной) цепи?
9. Из каких слагаемых состоит суммарное сопротивление всей цепи постоянному току?