

# Гальванометры. Виды и применение

Презентацию подготовили:  
Студенты группы БИ-31  
Струминская Елена, Комлев Алексей

**Национальный технический университет Украины "Киевский  
политехнический институт"**

# 1. Определение

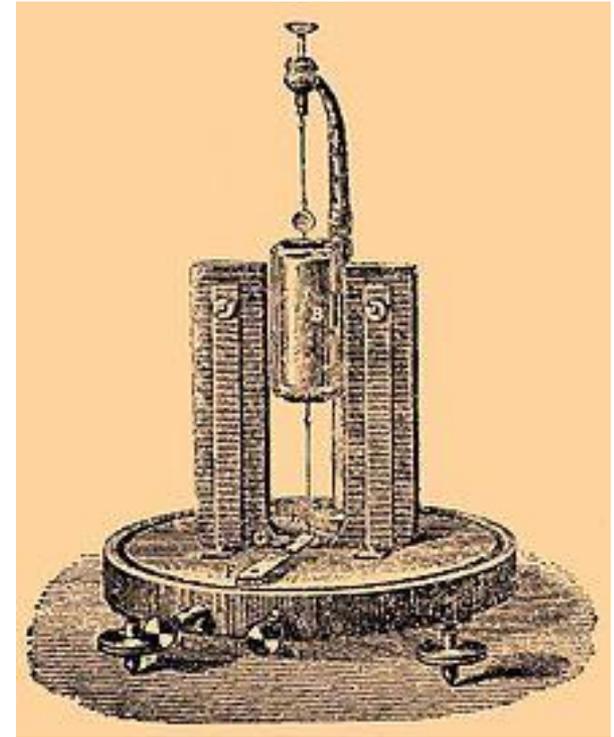
- ▣ **Гальванометр** (от фамилии учёного Луиджи Гальвани и др.-греч. μέτρον «измеряю») — высокочувствительный прибор для измерения малых постоянных и переменных электрических токов.

В отличие от обычных микроамперметров шкала гальванометра может быть проградуирована не только в единицах силы тока, но и в единицах напряжения, других физических величин, или иметь условную, безразмерную градуировку, например, при использовании в качестве нуль-индикаторов.



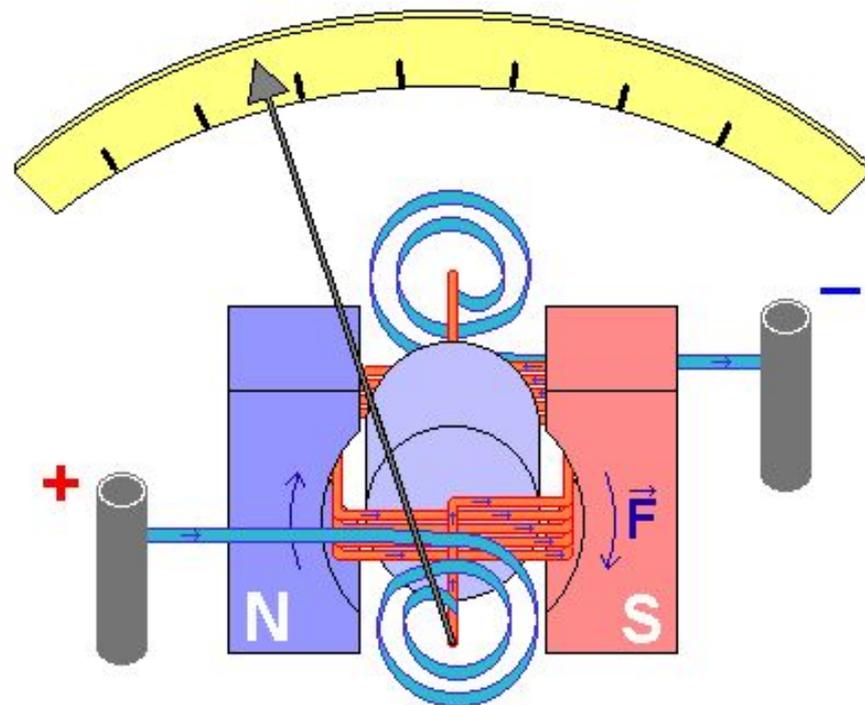
## 2. Принцип действия

- *Гальванометр* используется для измерения постоянного тока, протекающего в цепи. Гальванометры конструкции д'Арсонваля/Уэстона используемые на сегодняшний день сделаны с небольшой поворачивающейся катушкой, находящейся в поле постоянного магнита. К катушке прикреплена стрелка. Маленькая пружина возвращает катушку со стрелкой в нулевое положение.
- Основная чувствительность гальванометра может быть, например, 100 мкА (при падении напряжения, скажем, 50 мВ, при полном токе). Используя шунты, можно измерять большие токи.



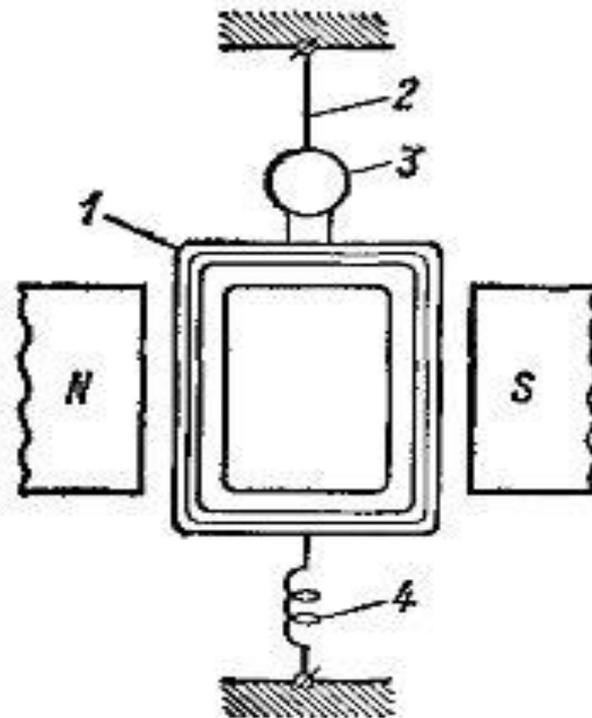
*Гальванометр Д'  
Арсонваля*

- Когда постоянный ток проходит сквозь катушку, в ней возникает магнитное поле. Оно взаимодействует с полем постоянного магнита, и катушка, вместе со стрелкой, поворачивается, указывая на протекающий через катушку электрический ток.
- Так как стрелка прибора находится на небольшом расстоянии от шкалы, может возникнуть параллакс. Чтобы его избежать, под стрелкой располагают зеркало. Совмещая стрелку со своим отражением в зеркале, можно избежать параллакса



*Схема работы гальванометра*

- Основное требование, предъявляемое к гальванометрам, — высокая чувствительность, которая достигается, главным образом, путем уменьшения противодействующего момента и
  - В переносных гальванометрах подвижная часть устанавливается на растяжках, а в зеркальных — на подвесе.
- 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.



*Устройство гальванометра на подвесе*

## 3. Разновидности и устройство

### ▣ Магнитоэлектрический

Представляет собой проводящую рамку (обычно намотана тонким проводом), закреплённую на оси в магнитном поле постоянного магнита. При отсутствии тока в рамке она удерживается пружиной в некотором нулевом положении. Если же по рамке протекает ток, то рамка отклоняется на угол, пропорциональный силе тока, зависящий от жёсткости пружины и индукции магнитного поля. Стрелка, закреплённая на рамке, показывает значение тока в тех единицах, в которых отградуирована шкала гальванометра.

От прочих конструкций магнитоэлектрическая система отличается наибольшей линейностью градуировки шкалы прибора (в единицах силы тока или напряжения) и наибольшей чувствительностью (минимальным значением тока полного отклонения стрелки).

## ▣ Электромагнитный

Исторически самая первая конструкция гальванометра. Содержит неподвижную катушку с током и подвижный магнит (в приборах постоянного тока) или сердечник из магнитомягкого материала (для приборов, измеряющих и постоянный, и переменный ток), втягиваемый в катушку или поворачивающийся относительно неё.

Данная конструкция отличается большей простотой, отсутствием необходимости делать катушку возможно меньшего размера и веса (что требуется для магнитоэлектрической системы), отсутствием проблемы подведения тока к подвижной катушке. Однако такие приборы отличаются существенной нелинейностью шкалы (из-за неравномерностей магнитного поля сердечника и краевых эффектов катушки) и соответствующей сложностью градуировки.

## ▣ Тангенциальный

Тангенциальный гальванометр — один из первых гальванометров, использовавшихся для измерения электрического тока. Он работает с помощью компаса, который используется для сравнения магнитного поля создаваемого неизвестным током с магнитным полем Земли. Свое название он получил от тангенциального закона магнетизма, в котором говорится, что тангенс угла наклона магнитной стрелки пропорционален соотношению сил двух перпендикулярных магнитных полей. Впервые это было описано Клодом Пулье в 1837 году.

Тангенциальный гальванометр состоит из катушки, сделанной из изолированной медной проволоки, намотанной на немагнитную рамку, расположенную вертикально. Рамка может поворачиваться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр.



*Тангенциальный  
гальванометр*

### ▣ Электродинамический

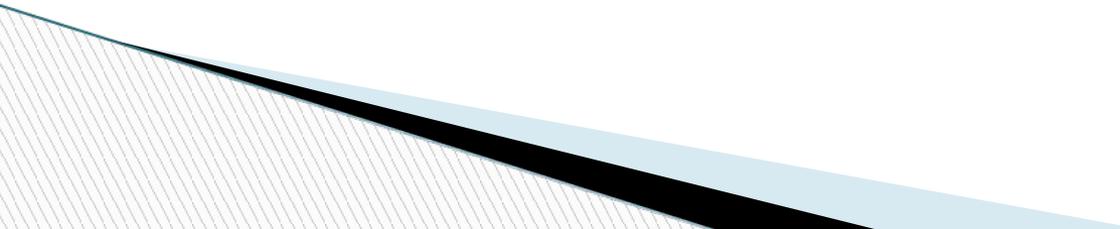
В качестве подвижного и неподвижного элемента используются катушки с током.

### ▣ Тепловой

Содержат проводник с током, удлиняющийся при нагреве, и рычажную систему, преобразующую это удлинение в движение стрелки.

### ▣ Апериодический

Апериодическим называют гальванометр, стрелка которого после каждого отклонения становится тотчас в положение равновесия, без предварительных колебаний, как это бывает в простом гальванометре.



## ▣ Зеркальный гальванометр

Большой точности измерений, а также наибольшей скорости реакции стрелки можно достигнуть, используя зеркальный гальванометр, в котором в качестве указателя используется небольшое зеркальце. Отражённый от него луч света играет роль стрелки. Зеркальный гальванометр был изобретен в 1826 году Иоганном Христианом Поггендорфом. Зеркальные гальванометры широко использовались в науке, до того как были изобретены более надежные и стабильные электронные усилители. Наибольшее распространение они получили в качестве записывающих устройств в сейсмометрах и подводных коммуникационных кабелях. В настоящее время высокоскоростные зеркальные гальванометры используют в лазерных шоу, для того чтобы перемещать лазерные лучи и создавать красочные фигуры в дыму вокруг аудитории.



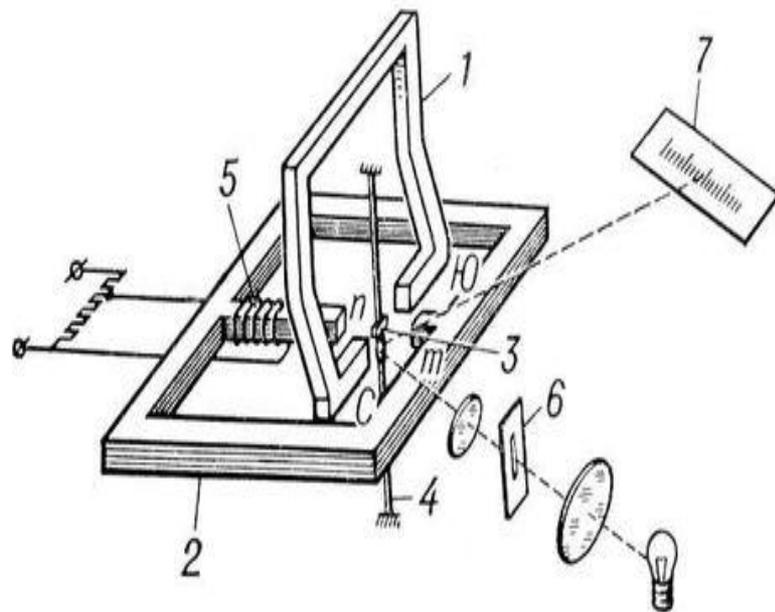
*Современный зеркальный гальванометр от фирмы Scanlab*

## ▣ Вибрационный

Вибрационные гальванометры являются разновидностью зеркальных гальванометров.

Настройка вибрационного гальванометра осуществляется изменением силы натяжения пружины.

Вибрационные гальванометры переменного тока предназначены для определения малых значений силы тока или его напряжения. Их наиболее распространенное применение в качестве нуль-индикаторов в мостовых схемах переменного тока и компараторах. Резкий резонанс колебаний в вибрационном гальванометре, делает его очень чувствительным к изменениям частоты измеряемого тока и может быть использован для точной настройки приборов.



*Вибрационный  
гальванометр*

1 — постоянный магнит; 2 — электромагнит; 3 — подвижная пластинка; 4 — бронзовая ленточка; 5 — обмотка для измеряемого тока; 6 — щель оптической системы; 7 — шкала

## 4. Применение

### ▣ Измерительные приборы

1. Гальванометр является базовым блоком для построения других измерительных приборов. На основе гальванометра можно построить амперметр и вольтметр постоянного тока с произвольным пределом измерения:
2. Для получения амперметра необходимо подключить шунтирующий резистор параллельно гальванометру.
3. Для получения вольтметра необходимо подключить гасящий резистор (добавочное сопротивление) последовательно с гальванометром.
4. Если к гальванометру не подключено никаких дополнительных резисторов, то его можно считать как амперметром, так и вольтметром (в зависимости от того, как гальванометр включен в цепь и как интерпретируются показания).

### ▣ Экспонометр, термометр

В сочетании с датчиком света (фотодиодом) или температуры (термоэлементом), гальванометр может быть использован в качестве, соответственно, экспонометра в фотографии, измерителя разности температур и т. п.



Фотоэкспонометр  
«Ленинград-4»  
(СССР, 1968)

## ▣ Баллистический гальванометр

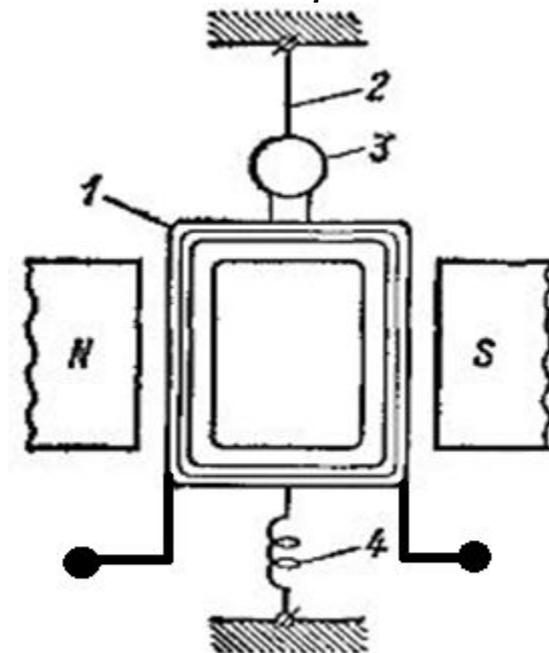
Для измерения заряда, протекающего через гальванометр в виде короткого одиночного импульса, используется баллистический гальванометр, в котором наблюдают не отклонение рамки, а её максимальный отброс после прохождения импульса.

Баллистический гальванометр отличается от обычного тем, что момент инерции  $J$  его подвижной части специально увеличен. Достигается это тем, что к раме гальванометра прикрепляют полый цилиндр из мягкого железа.

Увеличивая момент инерции рамки, этот цилиндр сильно увеличивает период собственных крутильных колебаний рамки.



*Баллистический гальванометр*



## ▣ **Нуль-индикатор**

Гальванометр используется также в качестве указателя (нуль-индикатора) отсутствия тока (напряжения) в электрических цепях. Для этого он обычно исполняется с нулевым положением стрелки посередине шкалы.



## **Механическая запись электрических сигналов**

Гальванометры используются для позиционирования писчиков в осциллографах, например в аналоговых электрокардиографах. Они могут иметь частотный отклик в 100 Гц и отклонение писчиков в несколько сантиметров. В некоторых случаях (у энцефалографа) гальванометры настолько сильны, что двигают писчики, находящиеся в непосредственном контакте с бумагой. Их пишущий механизм может быть основан на жидких чернилах или на подогреве писчиков,двигающихся по термобумаге.

## ▣ **Оптическая развёртка**

Системы зеркальных гальванометров используются для позиционирования в лазерных оптических системах. Обычно это механизмы высокой мощности с частотным откликом свыше 1 кГц.

## ▣ **Современное состояние**

В современных условиях аналого-цифровые преобразователи и приборы с цифровой обработкой сигналов и числовой индикацией величин заменяют гальванометры в качестве измерительных приборов, особенно в составе универсальных (Авометров) и в механически сложных условиях работы.

Получение, хранение и обработка данных в компьютерных системах по гибкости значительно превышает все способы фиксации электрических сигналов самописцами на бумаге.

Зеркальные гальванометры также потеряли своё значение в системах развёртки, сначала с появлением электронно-лучевых устройств, а там, где необходимо управление внешним световым потоком — с появлением эффективных пьезоэлектрических устройств и сред с управляемыми свойствами (например, жидких кристаллов). Однако на базе зеркальных гальванометров делаются устройства для отклонения луча лазера в лазерной технологии и установках для лазерных шоу.

**Спасибо за внимание!**

