**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**“ЛЭТИ”**

**Кафедра ИИСТ**

# Курсовой проект на тему

**Фотогальванометрический веберметр**

**Выполнил:Климченко Ю.А.**

**Гр.1562**

**Преподаватель:Бишард Е.Г.**

**2004г.**

**Фотогальванометрические приборы для измерения**

**и регистрации малых токов и напряжений**

Обычные показывающие и регистрирующие приборы не отвечают уровню

современных требований по чувствительности, точности и быстродействию,что привело к необходимости искать решение проблемы в совершенствовании и при- менении компенсационных приборов с гальванометрическими и электронными усилителями.

Наиболее распространены фотогальванометрические компенсационные прибо-

ры(ФГКП), в которых используются гальванометрические усилители с фотоэлект-

рическими преобразователями.

Отечественная промышленность приобрела большой опыт и достигла значитель-

ных успехов в области изготовления ФГКП. Достаточно сказать, что выпускаются

приборы с ценой деления 1\*10-9В (Ф118) и 1\*10-11А (Ф128).

Следует отметить, что высокие технические характеристики ФГКП не исклю-

чают наличия у них ряда существенных недостатков, связанных с наличием фото-

электрического преобразователя.

В связи с этим исследуется возможности применения в компенсационных при-

борах гальванометрических усилителей с трансформаторными (индукционными)

преобразователями (самопишущий милливольтметр Н37-1).

Компенсационные приборы с использованием гальванометрических усилителей не могут применяться в условиях тряски и вибраций , так как они очень чувстви-

тельны к сотрясениям. В этих случаях используют компенсационные приборы с электронными усилителями переменного тока.

Структурная схема прибора такого типа (рис.1) содержит модулятор М, усили-

тель У~, фазочувствительный выпрямитель ФЧВ, обратный преобразователь ОП и

выходной прибор – миллиамперметр.

В качестве модуляторов применяются вибропреобразователи и динамические конденсаторы (при измерениях в высокоомных цепях). Компенсационные приборы с электронными усилителями восприимчивы к электромагнитным помехам, что ог-

раничивает их точность.

Принцип действия. На рис.2 показана принципиальная схема фотогальваномет-

рического компенсационного микповольтметра.

Наличие напряжения Ех на входе гальванометрический усилитель вызовет появ-

ление тока в рамке гальванометра, а следовательно, ее вращение. При этом прои-

зойдет перераспределение освещенности фоторезисторов и в выходной цепи при-

бора появится ток Iвых. Падение напряжения Uк на сопротивлении rк  (Uк=Iвыхrк) стремится скомпенсировать входное напряжения Ex (это обеспечивается опреде-

ленной полярностью включения гальванометра). Полной компенсации в схеме не произойдет, так как для поддержания рамки в откланенном состоянии (в против-

ном случае Iвых = 0) в ее цепи должен протекать некоторый ток некомпенсации Iнк. При достаточно высокой чувствительности гальванометра можно считать, что

Iнк≈0,тогда Eх≈Uк=Iвыхrк (\*).

Как показывает равенство (\*), выходной ток Iвых может служить мерой Eх. Для измерения этого тока используются обычно магнитоэлектрические милли- или микроамперметры, шкала которых градуируется в единицах напряжения.

Принципиальная схема фотогальванометрического микроамперметра приведена на рис. 3. В этой схеме в момент компенсации ток Iх’, являющийся частью измеряе-

мого тока Iх, который составляет определенную часть выходного тока Iвых. Если предположить, что rГ=r1+r2 и rГ<<rх, а чувствительность гальванометра высокая (ΔI≈0), то будут справедливыми равенства

Iк=Iвых=Iх,

т.е. ток, измеряемый выходным прибором, пропорционален измеряемому току Iх.

В конструкциях ФГКП предусмотрены специальные зажимы для включения ре-

гистрирующего прибора, с помощью которого можно осуществить запись показа-

ний (на рис.2 и рис.3, а эти зажимы обозначены как зажимы для включения сопро-

тивления нагрузки rн).

Промышленностью выпускаются также фотогальванометрические компенсацион-

ные усилители постоянного тока (Ф115, Ф117 и др.), которые отличаются от ФГКП отсутствием встроенного выходного прибора (выходным прибором может служить стандартный показывающий или самопишущий прибор с соответствующим преде-

лом измерения).

## Фотогальванометрический веберметр

На рис. 4 приведена принципиальная схема использования баллистического галь-

ванометра для измерения магнитного потока. Обозначения на схеме: ИК – измири-

тельная катушка, БГ – баллистический гальванометр; М – катушка взаимной ин-

дуктивности; А – амперметр.

Если изменить поток, сцепленный с витками ωк измерительной катушки ИК, нап-

ример, от Фх до 0, то на зажимах измерительной катушки возникает э.д.с. ех, кото-

рая будет уравновешена активным и реактивным падением напряжения в цепи бал-

листического гальванометра; при этом первый наибольший отброс подвижной час-

ти гальванометра будет α1m:

ех=−ωк =ir+L,(\*\*)

где ωк – число витков измерительной катушки; i – ток в цепи; r – сопротивление це-

пи гальванометра (сумма сопротивления рамки гальванометра и сопротивления внешней цепи); L – индуктивность цепи.

Интегрируя левую и правую часть выражения в пределах времени изменения по-

токосцепление и учитывая, что в момент начала и окончания изменения потоко-

сцепления ток равен нулю, получим

ωкΔФх=Qr,

где ΔФх – изменение потока за указанное время (в нашем случае ΔФх=Фх); Q – ко-

личество электричества, прошедшего в цепи.

Так как α1m=SбQ, то Q=Cбα1m, где Сб – баллистическая постоянная гальванометра в кулонах на деление; α1m – первый наибольший отброс подвижной части гальва-

нометра.

Окончательно получаем

ΔФх=α1m=α1m,

где Сф=Сбr – постоянная баллистического гальванометра по магнитному потоку в веберах на деление.

Из этого выражения видно, что постоянная баллистического гальванометра Сф за-

висит от сопротивления цепи, поэтому определять ее необходимо при том сопро-

тивлении цепи, при котором производится измерение магнитного потока. Кроме того, так как точность интегрирования импульса зависит от его длительности, из-

менение потока должно происходить достаточно быстро,чтобы продолжительность

импульса была в 20 – 30 раз меньше периода колебаний подвижной части гальва-

нометра.

Для определения постоянной баллистического гальванометра по магнитному по-

току используют меру магнитного потока в виде двухобмоточной катушки с извест-

ной взаимной индуктивностью.

При изменении тока в первичной обмотке катушки взаимной индуктивности на не-

которую величину ΔΙ во вторичной ее обмотке, присоединенной к баллистическому гальванометру (см. рис. 4), произойдет изменение магнитного потока:

ΔΦ=ΜΔΙ,

где М – коэффициент взаимной индуктивности катушки.

Это изменение потока ΔΦ вызовет отброс подвижной части баллистического галь-

ванометра β1m.

Отсюда интерисующая нас постоянная баллистического гальванометра по магнит-

ному потоку будет

Сф=, Вб⁄дел.

Баллистический гальванометр в рассмотренной схеме можно заменить вебермет-

ром.

В магнитоэлектрическом веберметре используется измерительный механизм маг-

нитоэлектрической системы с противодействующим моментом, близким к нулю, и большим моментом электромагнитного торможения (рамка веберметра замкнута на измерительную катушку, имеющую обычно малое сопротивление).

Уравнение движения подвижной части веберметра можно записать в следующем виде:

J+P2=Bsωi.

Ток i определяется э.д.с., которая возникает в цепи веберметра при изменении по-

тока, сцепляющегося с витками измерительной катушкой, подключенной к зажимам веберметра. Эта э.д.с. определяется выражением (\*\*):

J+P2=(ex-L).

Интегрируя это выражение за время движения подвижной части (от 0 до t) и учи-

тывая, что в момент времени 0 и t подвижная часть находится в состоянии покоя, получаем

P2 Δα==ΔФхωк.

окончательно получим

Δα=ΔΦх=ΔΦх ,

где Сф – постоянная веберметра, обычно выражаемая в веберах на деление.

Показания веберметра не зависят от времени магнитного потока (как это имело место в баллистическом гальванометре) и в некоторых пределах не зависит от соп-

ротивления внешней цепи (если оно достаточно мало). Так как противодействую-

щий момент прибора равен нулю, то его указатель может занимать произвольное по-

ложение. При определении магнитного потока ΔΦх берут разность показаний прибо-

ра Δα=α2−α1, где α2 – конечное показание, α2 – начальное показание.

Для установления указателя на нулевую либо другую удобную отметку шкалы (например, ею иногда может быть средняя отметка) в приборе используют электри-

ческий корректор. Он представляет собой катушку, расположенную в поле постоян-

ного магнита. Если соеденить эту катушку с рамкой веберметра и изменить поток, сцепляющийся с витками катушки (путем поворота катушки или магнита), то рамка веберметра отклонится; регулируя положение катушки или магнита, устанавливают указатель прибора в нужное положение.

Баллистический гальванометр превосходит магнитоэлектрический веберметр по чувствительности и позволяет изменять магнитные величины с большей точностью, но является прибором неградуированным и требует определения постоянной по маг-

нитному потоку Сф в каждом конкретном случае.

Веберметр является переносным прибором, шкала его отградуирована в единицах магнитного потока, он прост и удобен в работе, его показания в довольно широких пределах не зависят от сопротивления цепи и времени изменения потокосцепления.

Основными недостатками его являются относительно низкая чувствительность и малая точность.

В значительной мере лишен этих недостатков фотогальванометрический веберметр (ФЭВ).Упрощенная принципиальная схема ФЭВ, поясняющаяпринцип его действия, приведена на рис.5.

Работает схема следующим образом. Разность э.д.с. ех, возникающей на зажимах измерительной катушки ИК при изменении потокосцепления, и э.д.с. ео.с. обратной связи создает ток i, протекающий через обмотку рамки гальванометра Г с миниатюр

ным зеркальцем на подвижной части. Отклонение подвижной части гальванометра под действием тока i вызывает перемещение светового пятна по последовательно включенным фотосопротивлениям ФС1 и ФС2, в результате чего на входе усилите-

ля У появится сигнал и выходной ток I усилителя скомпенсирует ех через отрицате-

льную обратную связь при помощи катушки взаимной индуктивности М. Считая в приближении ех≈ео.с. (предпологаем, что применен гальванометр высокой чувствите-льности к напряжению, и неучитываем э.д.с., индуктированную в рамке гальвано-

метра при ее движении), получим

ωк≈M,

т.е. по току I можно судить о потоке Фх.

Ток I можно измерить магнитоэлектрическим прибором, а при необходимости за-

писать самопишущим прибором или осциллографом. Теоретические и эксперимен-

тальные исследования компенсационного фотоэлектрического веберметра подтверж-

дают зависимость тока I от потока Фх и показывают возможность осуществления по-

добного прибора для измерения весьма малых потокосцеплений.

Все рассмотренные приборы измеряют изменение потокосцепления ΔΨ=ωкΔΦ=(ωкs)ИКB=μ0(ωкs)ИКH;

B=; H=.

Некоторые характеристики отечественных приборов:

1) баллистические гальванометры имеют постоянную по магнитному потоку от 0,8 \* 10-6 Вб/мм/м (тип М171/12) до 40\*10-6 Вб/мм/м (тип М197/1);

2) магнитоэлектрические веберметры имеют пределы измерения от 500мкВб (тип М199) до 10 м Вб (тип М1119), т.е. постоянная колеблется от 5\*10-6 Вб/дел до 100\*10-6 Вб/дел.;

3) фотоэлектрические веберметры имеют пределы измерения от 2 мкВб до 500 мкВб (тип Ф190), т.е. постоянная колеблется в пределах от 0,02\*10-6 Вб/дел. до 5\*10-6 Вб/дел.

### Список литературы

1)“Информационно-измерительная техника” - Бишард Е.Г.,2 изд. М:Высшая школа 1991

2)”Электрические измерения” – Фремке А.В.

3)”Электромагнитные устройства ИИТ” – Преображенский А.А.