15.447.
II

21 —
22 —

537

1953

Сер

ПЕРМСКАЯ ГОРОДСКАЯ
БИБЛІОТЕКА
6--НОЯ-1913
№ 15447

27

Въ даръ Пермской
Общественной библіотеки
отъ Электротехническихъ
Курсовъ въ Харьковѣ.
30 октября 1913г. —

ПРОВЕРЕНО
Книгохранилище
1985 г.

Директоръ А. Лебединцевъ

1942

Электротехническіе Курсы
Харьковъ

Губернская Публичная Библіотека
ОСНОВАНА
—в—
1863
ГОДУ
г. Пермь

ПЕРМСКАЯ ГОС. ЗЕМСКАЯ
БИБЛИОТЕКА
6 НОЯ 1913

Электрическія измѣренія. —

Глава I.

Абсолютная и практическая системы единицъ.

Механическія единицы.

Измѣрить какую-нибудь величину — значитъ узнать, сколько разъ въ ней содержится другая, принятая за единицу. Но такой способъ измѣреній неудобенъ, въ виду того, что необходимо было-бы имѣть столько единицъ, сколько родовъ величинъ подлежитъ измѣренію.

Поэтому принимается другой способъ, заключающійся въ томъ, что устанавливается аналитическая зависимость измѣряемой величины отъ другихъ, на измѣреніе которыхъ и сводится измѣреніе этой величины.

Не трудно замѣтить, что выбравъ единицы для трехъ величинъ — длины, времени и массы или силы, можно съ помощью ихъ выражать всѣ остальныя физическія величины, потому что всѣ онѣ, напр. работа, живая сила, мощность

и т. п., могут быть связаны известными образами с выбранными величинами и не потребуют новых единиц (за исключением температуры и силы света, для которых до сих пор приняты отдельные условные единицы.)

Те величины, с помощью которых выражаются все остальные, называются <u>основными</u>, а те, измерение коих связано известными образами с основными, называются <u>производными</u>.

На конгрессе электриков в Париже в 1881 г. условились принять за основные величины меру длины, массы и времени; эти величины обозначаются знаками L, M, T.

За единицу длины принят <u>сантиметр</u> = одной сотой образцового метра, хранящегося в международном бюро в Севре.

За единицу массы принята <u>масса грамма</u>, т. е. масса кубического сантиметра воды при 4°C, (ея наибольшей плотности).

За единицу времени принята <u>секунда</u>,

равная $\frac{1}{86400}$ части средних солнечных суток.

Система измерений, основанная на этих единицах, называется сантиметр - грамм - секунда, или просто C.G.S; она носит так-же название, хотя не совсем точное, системы абсолютных единиц.

Приведем единицы C.G.S. для наиболее употребительных величин механики.

За единицу скорости принята скорость равномерного движения, при которой тело в одну секунду проходит пространство в один сантиметр; так по правилам механики скорость равномерного движения v = пути l : на время t.

$$v = l/t.$$

Скорость света, пробегающего в секунду 300000 километров в системе C.G.S выразится:

$$v = 3.10^{10} \text{ един. C.G.S.}$$

Единицей угловой скорости называется скорость вращающегося тела, любая точка которого в еди-

ницу времени пройдет единицу угла: за последнего принят угол, дуга которого = радиусу и который называется радианом; он равняется 57°17'44,8". Таким образом, угол, как отношение длины дуги к радиусу, есть величина отвлеченная. Угловая скорость, следовательно, есть число радианов в секунду; она = углу α : время t.

$$\omega = \frac{\alpha}{t}.$$

Единицей <u>ускорения</u>* будет ускорение такого движения, когда скорость в одну секунду увеличивается на единицу C.G.S. скорости, т. е. на один сантиметр в секунду. Ускорение a = скорости v : время t.

$$a = \frac{v}{t}.$$

Ускорение силы тяжести для средних широт:

$$g = 981 \text{ C.G.S.}$$

За единицу силы принята такая сила, под действием которой масса грамма приобретает единицу C.G.S. ускорения; сила эта называется <u>дина</u>.

* Ускорением называется прирощение скорости в одну секунду.

она имеет обозначение D. Сравнивая дину с силой одного грамма: в то время как дина сообщает массе грамма единицу C.G.S. ускорения, та же масса грамма подъ дѣйствіемъ силы грамма, т. е. собственнаго вѣса пріобрѣтаетъ 981 ед. C.G.S. ускоренія, слѣдовательно

$$1 \text{ гр.} = 981 \text{ D.}$$

$$1 \text{ D} = \frac{1}{981} \text{ гр.} = 0{,}00102 \text{ гр.},$$

т. е. дина приблизительно = вѣсу одного миллиграмма.

Сила = масс. ускореніе.

Работой называется произведеніе изъ силы на путь.

Единица работы есть работа, совершаемая дином по своему направленію на протяженіи одного сантиметра; она называется эргомъ и обозначается черезъ E.

Работа = сила × путь.

$$W = f \cdot l.$$

Употребительная практическая единица работы килограммометръ:

$$1 \text{ kgm.} = 9{,}81 \cdot 10^7 \text{ эргов.}$$

Благодаря эквивалентности, т. е. пропорціональности, работы и теплоты, мож-

но последнюю выразить в единицах C.G.S. Так для килограмм-калории, которая пропорциональна 427 кгмт. работы,

$$1 \text{ кгк. cal.} = 427 \text{ кгмт} = 4{,}19 \cdot 10^{10} \text{ эргов.}$$

Единица мощности или напряжённости работы, т.е. работы в секунду есть эрг в секунду; она $P = pa$. Somm pl: на время t.

$$p = \frac{pl}{t}.$$

Практическая единица мощности — метрическая лошадиная сила = 75 килограммометров в секунду.

$$1 \text{ PS} = 736 \cdot 10^7 \text{ C.G.S.}$$

Её не следует смешивать с английской лошадиной силой $HP = 550$ английских фунто-футов, или 76 кгмт/s.; сравнительно английская лошадиная сила =

$$1 \text{ HP} = 76 \cdot 9{,}81 \cdot 10^7 = 746 \cdot 10^7 \text{ C.G.S.}$$

Электрические единицы.

Благодаря тому, что взаимодействия магнитов сводятся к явлениям механическим, измерения их могут быть сведены на измерения этих последних, т.е. могут быть выражены в абсолю-

ных единицах C.G.S. Так, сила притяжения или отталкивания двух магнитных масс m и m', находящихся на расстоянии r, будет по закону Кулона

$$f = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{m \cdot m'}{r^2}$$

где μ зависит от среды и для воздуха равняется единице; полагая $m = m' = 1$ и $r = 1$, находим что $f = 1$; отсюда можно установить единицу для магнитной массы, как такого количества магнетизма, которое отталкивает равное ему количество на расстоянии одного сантиметра в воздухе с силой в один дин.

$$m = r\sqrt{f}.$$

Все остальные магнитные единицы можно вывести, пользуясь зависимостью их величин от магнитной массы.

В таблице приведены для некоторых магнитных величин следующие формулы:

Величина, знак.	Исходная формула.
Магнитная масса m	$f = \frac{m \cdot m'}{r^2}$
Магнитный потенциал v	$v = \frac{m}{r}$
Напряжение маг. поля H*)	$H = \frac{dv}{dl}$
Магнитная индукция B*)	
Магнитный поток F	$F = 4\pi m$

μ — без наименования. f — сила притяжения в динах, r — расстояние в сантиметрах.

*) Напряжение показывает число силовых линий на 1 кв. см. воздуха, а индукция — в магнитных металлах.

Со этими величинами можно связать и электрические, и такая система измерений называется <u>электромагнитной</u>.

Известно, что ток, протекая по окружности радиуса R создает в ее центре магнитное поле, напряжение которого:

$$H = \frac{li}{R^2} \quad \ldots\ldots (1)$$

где l означает длину окружности.

Пользуясь этой формулой можно установить абсолютную электромагнитную единицу силы тока, как силу кругового тока радиуса равного единице, каждый радиан которого действует на единицу магнитной массы, находящуюся в центре, с силой в один дин.

Сила тока, выраженная в этих мерах

$$\text{из (1)} \ldots\ldots\ldots i = \frac{HR^2}{l}$$

Единицей количества электричества Q называется такое количество, которое протекает через любое сечение проводника при токе, равном единице, в течении одной секунды;

Количество электричества Q = силе тока i · на время t.

$$Q = i.t.$$

Следовательно и его можно выразить въ электромагнитныхъ единицахъ.

По закону Джоуля работа (или энергія), выдѣляемая въ проводникѣ сопротивленія r при протеканіи по нему тока i въ теченіи времени t будетъ пропорціонально квадрату силы тока и сопротивленію, т. е.

$$W = i^2.r.t;$$

Отсюда устанавливаетъ единица для сопротивленія: единица электрическаго сопротивленія есть сопротивленіе такого провода, по которому токъ, равный единицѣ, въ теченіи одной секунды, выдѣляетъ количество тепла, эквивалентное одному Эргу.

Электрическій потенціалъ, или электродвижущая сила, равная разности потенціаловъ, а также напряженіе по закону Ома выражается формулой

$$E = i.r.$$

Следовательно, единица электродвижущей силы, разности потенціаловъ или

Губернская Публичная библіотека основана в 1865 году Пермь

напряжения производит в проводнике, сопротивление которого равно единице, ток от силою в одну единицу.

Единица емкости* найдется из соотношения: емкость = количеству электричества : на потенциал

$$C = \frac{q}{v},$$

как емкость такого тела, потенциал которого повышается на единицу, при сообщении ему заряда, равного единице количества электричества.

Практическая система электрических единиц.

Выражение в абсолютных единицах электрических величин, встречающихся на практике имеет свои неудобства, так как получались-бы слишком большия или слишком малыя числа; во избежание этого установлены практические единицы, представляющия собою величины, кратныя абсолютным единицам.

За практическую единицу силы тока

*Емкостью называется количество электричества, необходимое для повышения потенциала на единицу.

принят ампер, равный 0,1 абсолютной единицы и ему присвоен знак А. Для измерения весьма малых сил тока употребляется миллиампер = $\frac{1}{1000}$ А.

Понятие о силе тока всего легче составить, пользуясь электролитическими свойствами тока, именно: ток, силой в один ампер, проходя через раствор азотно-кислого серебра ($AgNO_3$), осаждает из него в течение одной секунды 1,118 мгр. металлического серебра, или из раствора медного купороса ($CuSO_4$) – 0,329 мгр. меди.

За практическую единицу сопротивления принят ом, равный 10^9 единицы C.G.S.; ом равен сопротивлению столба ртути в 1 мм.^{2} поперечного сечения и в 106,3 см. длиной при 0°C.; единица эта принята в 1896 году под именем интернационального ома (международного) – и ему присвоен знак Ω.

Весьма малые сопротивления измеряются микроомами; 1 микроом = 0,000001 ома; весьма большие – измеряются мегаомами; 1 мегаом = 1000000 омов.

Практическая единица электродвижущей силы называется <u>вольтами</u> и

равна 10^8 единицы C.G.S.; это есть та электродвижущая сила, которая в проводнике сопротивлением один ом, вызовет ток силой один ампер; знак для вольта – V; для весьма малых напряжений применяется единица в 1000 раз меньшая – милливольт = 0,001 вольта.

За единицу количества электричества принят кулон, равный тому количеству электричества, которое доставляется током в один ампер в одну секунду; кулон равен 0,1 абсолютной единицы и имеет знак C. Для практических целей единица кулон мала, поэтому употребляется производная от этой единицы – ампер-час = 3600 кулонов.

Единица емкости – фарада, равный кулону: на вольт, а потому

$$1 F = 10^{-9} C.G.S.$$

На практике приходится иметь дело с более мелкими величинами емкости, а поэтому в качестве единицы употребляют микрофараду $(MF) = 10^{-15}$ C.G.S.

Единица электрической работы есть та работа, которую производит в провод-

ника тока силою в один ампер при напряжении у концов проводника в один вольт в течение одной секунды. За практическую единицу для измерения электрической энергии или работы принимается произведение вольта на кулон, которое называется джоулем и обозначается через букву J; в абсолютных единицах

$$1J = 10^7 \text{ эргов}.$$

Так как $1 \text{ gr. cal.} = 4{,}19 \cdot 10^7$ эргов, то отсюда получаем:

$$1 \text{ gr. cal.} = 4{,}19\, J,$$

или обратно, для электрической работы 1-го джоуля получаем выражение в единицах количества теплоты:

$$1J = 0{,}2387 \text{ gr. cal.}$$

Выражение джоуля в килограмметрах:

$$1J = \frac{1}{981} \text{ кгм}.$$

Наиболее важное практическое значение имеет единица электрической мощности, называемая ваттом, который равен одному вольт-амперу или вольт-кулону в секунду; его знак — W.

Следовательно

$$1W = 10^7 E/S = \frac{1}{9,81} \text{ kgmt/s.}$$

Выражение ватта в лошадиных силах

$$1W = 0,00136 PS.$$

При измерении большой мощности употребляется киловатт равный тысяче ватт

$$1KW = 1,36 PS;$$

обратно, лошадиная сила в единицах электрической мощности выражается соотношением:

$$1PS = 736 W.$$

Точно так-же

$$1HP = 746 W.$$

Коэфициент самоиндукции есть магнитный поток, проходящий сквозь контура замкнутого проводника, когда по нему протекает ток, равный единице.

Коэфициент самоиндукции = магнитному потоку : на силу тока,

$$L = \frac{F}{I} = L,$$

т. е. выражается длиной. За практическую единицу принят генри (H) = 10^9 абсолютных единиц, т. е. 10^9 см.

$1\,H = 10^9$ C.G.S.;

другими словами, генри равен 10000000 метров или квадранту, т. е. одной четверти земного меридиана.

Вообще, система практических единиц построена так, что за единицу длины принято 10^9 см., т. е. квадрант, за единицу массы - 10^{-11} массы грамма, и за единицу времени - секунда.

Необходимо помнить, что практическая единица установлена только для электрических величин, магнитные же величины измеряются в единицах абсолютных, как напр., напряжение поля H, магнитная индукция B, магнитный поток Φ и т. п.; поэтому в тех формулах, которые связывают магнитные величины с электрическими, если последние выражены в единицах практических, необходимо ввести численный коэффициент. Так, напряжение магнитного поля внутри катушки, имеющей N_1 оборотов на одном сантиметре ея длины, будет

$$H = 4\pi N_1 i,$$

сли i выражено в единицах C.G.S.; если же сила тока измеряется в амперах, то:

$$H = 4\pi N_1 \frac{i}{10} = 1{,}256 N_1 i,$$

т. е напряжение поля внутри катушки выражается числом ампер витков на одном сантиметре ея длины, умноженным на 1,256.

Точно так-же в абсолютных единицах электродвижущая сила индукции:

$$E = H.l.v$$

где H напряжение поля, l длина проводника, и v скорость его вращения. Но сам электродвижущая сила выраженная в вольтах, то:

$$E = H.l.v.10^{-8}V = -\frac{d\Phi}{dt}.10^{-8}V.$$

Таблица первая.

Величины и условное их обозначение.	Абсолютныя единицы величин.	Практическія единицы.
Магнѣтныя		
1) Магнѣтная масса (количество магнѣтизма). ($m = r\sqrt{f}$) изъ зак. Кулона.	Каждая изъ двухъ равныхъ массъ, взаимодѣйствующихъ на разстояніи въ 1 см. съ силою въ 1 дину.	Квт.
2) Число линій силъ магнѣтнаго поля. N. ($N = 4\pi m$)	Наименованія не имѣетъ.	Въ практикѣ также.
3) Магнѣтный моментъ. M ($M = m\,l$), гдѣ l длина магнѣта.	Единичный магнѣтный моментъ	Такъ же.
4) Напряженіе магнитнаго поля. H; B.	Поле единичнаго напряженія дѣйствуетъ на единицу магнѣтной массы, находящуюся въ немъ, съ силою, равной 1 динѣ.	Такъ же.
Электрическія		
1) Сила тока. J; i. ($J = \frac{d\,E\,r^2}{m\,d} \cdot \sin\alpha$)	Сила тока, образующаго такое магнѣтное поле, которое дѣй-	Амперъ.

	ствует на единицу магнитной массы при разстоянии до проводника = 1 сант. с. силою в 1 дину	Милли-ампер = $\frac{1}{1000}$ А Микро-ампер. = $\frac{1}{1000000}$
2) Напряжение; электродвижущая сила. E, e, E', e', E^0, e^0 $(E = H.l. \alpha \sin \varphi)$	Электродвижущая сила, которая появляется в проводнике длиною в 1 сант., двигающемся перпендикулярно направлению линий силы поля и пересекающем по 1 силовой линии магнитного поля в 1 секунду.	Вольт. Милливольт. = $\frac{1}{1000}$ в
3) Сопротивление R, r. $(R = \frac{E}{I})$	Сопротивление проводника, при котором единица напряжения у концов его развивает в проводнике единицу силы тока.	Ом (Ω) Мегом = $10^6 \Omega$. Микром = $10^{-6} \Omega$.
4) Количество электричества. $Q; q$. $(Q = J.t)$.	Через поперечное сечение проводника при единичной силе тока в нем протекает в 1 секунду единица количества электричества.	Кулон = 1 ампер × 1 секунда.

		Ампера × час = 3600 кулонов.
5) Электрическая емкость. C; c. $C = Q : E$.	Величина заряда от единичного напряжения	Фарад. Микрофарад.
6) Электрическая мощность. A. $A_1 = E \cdot I$.	Работа, затрачиваемая единицей электродвижущей силы при развитии его единицы силы тока.	Ватт. Гекваватт. Киловатт. Лошадиная сила = 736 ваттов.
7) Электрическая работа A. $(A = E \cdot I \cdot t)$	Работа, совершаемая в одну секунду единицей мощности.	Джоуль = 1 вольт × 1 ампер × 1 секунду = 1 ватт × 1 сек. Ватт-час. Гекватт-час. Киловатт-час.

Глава II.

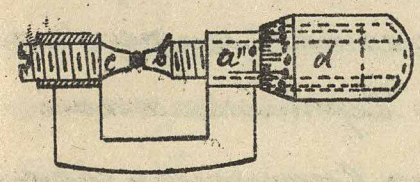
Вспомогательные приборы и способы измерений.

Измерение длины. Для измерения длины употребляется метр, раздѣленный на сантиметры и миллиметры; измѣреніе можетъ быть производимо съ точностью до 1 мм. Для производства какихъ либо вычислений по формуламъ, а также при опредѣленіи длины проводника, измѣренія должны производиться въ метрической системѣ, и если размѣры даны въ другихъ единицахъ, то они должны быть переведены въ метрическую систему.

При опредѣленіи діаметра проводника употребляютъ такъ называемые калиброметры; описанъ одинъ изъ нихъ – штрека Палмера (Чер. II), которая представляетъ собою металлическую скобу, сквозь конецъ которой пропущены два винта, установочный с измѣряющій в. Шагъ нарѣзки винта в равенъ 1 мм. На головкѣ винта в укрѣпляется муфта d, оканчивающаяся отросткомъ a; конецъ муфты, обращенный къ отростку

срезан конусом и на край нанесен нанесена деления, представляющая собою сетку дуг окружности муфты; эта шкала служит нониусом для основной, нанесенной на стрежень а", разделенной на миллиметры и дает возможность измерять сотые доли миллиметра; при шаге нарезки винта в один миллиметр угловое перемещение головки измеряющего винта на 1/100 часть окружности вызовет за собою поступательное его перемещение в гильзе на 1/100 часть мм. При установке прибора нужно наблюдать за тем, чтобы срезы муфты стояли на нулевом делении основной шкалы и нулевая черта нониуса совпадала с горизонтальной чертой той-же шкалы. В случае несовпадения нулевых делений основной шкалы со срезом муфты и нониуса с горизонтальной чертой шкалы производится установка с помощью установочного винта с, который может вращаться в своей гильзе в ту или другую сторону.

Черт. 1.



Инв. № 15.448

Измерение углов. При измерении углов отклонений магнитной стрелки, подвешенной в приборе на нити, от своего первоначального положения пользуются тремя способами: 1) способ простого отсчитывания, 2) способ субъективный и 3) способ объективный; последние два способа для зеркального отсчитывания.

Способ простого отсчитывания. При измерении углов этим способом на магнитной стрелке, подвешенной в приборе на нити или укрепленной на острие, прикрепляется указатель довольно значительной длины из легкого не магнитного материала, обыкновенно алюминиевый; под таким указателем располагается циферблат, совпадающий своим осью с вертикальной линией, проходящей через ось вращения стрелки. При таком устройстве величина угла отклонения стрелки считывается прямо с циферблата в градусах и долях их.

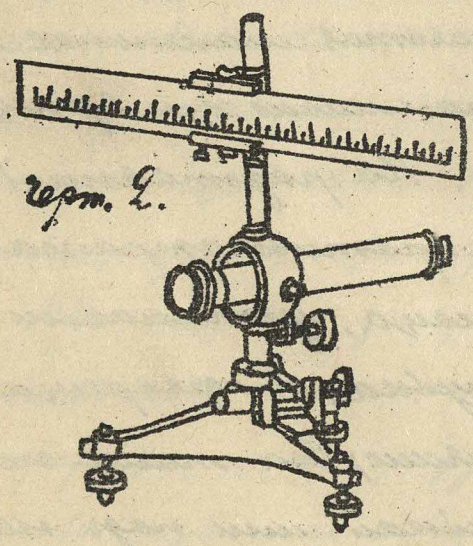
Чтобы избежать ошибки от параллакса, в циферблат вставливается зеркальная полоска, своей отражающей плоскостью строго параллельная плоскости циферблата. Показания читаются при условии закрытия указателем своего изображения в зеркале.

Однако, этот способ при измерении очень малых углов движения неудобен, поэтому что в последнем случае пришлось-бы делать слишком длинные указатели, что сделало-бы всю систему громоздкой и неповоротливой, т.е. понизило-бы чувствительность прибора и повлекло-бы ошибки при измерении.

Поэтому при измерении очень малых углов употребляются другие два способа.

Способ субъективный (1.2) При измерении этим способом, на нити, на которой подвешена подвижная часть прибора - магнитная стрелка, зеркальце, или блоквит (в квадрантном электрометре), укрепляется маленькое плоское зеркальце, параллельно оси вращения подвижной части. На расстоянии 1-5 метров от прибора, против отражающей плоскости зеркальца, устанавливается зрительная трубка, со перекрещивающимися внутри нитями; на том-же расстоянии, над трубкой или под нею помещена шкала - линейка с делениями в 1 мм.; линейка располагается перпендикулярно оси зрительной трубки. Шкала и трубка укрепляются на общем штативе, снабженном уровнем и установочными

винтами, служащими для правильной установки магнита в горизонтальной плоскости. Когда магнитная стрелка или вообще подвижная часть прибора находится в покое, в трубку видно при этом среднее деление шкалы; правильность установки трубки и шкалы надо производить всегда перед началом работы. Иногда трубка бывает снабжена двойным стеклом; тогда цифры на шкале прямые; если же двойного стекла нет — то цифры обратные.



Черт. 2.

Рассмотрим теперь самый способ измерения углов отклонений. Предположим, что зеркальце M (см. чер. 3) из положения 1-1 перешло в положение 2-2 и в зрительной трубке станет видимым n-е деление шкалы, лежащее в точке S_2, т. е. на пересечении со шкалой линии MS_2, составляющей с MS_1 такой же угол, какой с MS_1 составляет линия MS (угол падения и угол отражения). Из чер. 3 видно, что угол S_1MS_2 = углу 2 M 1, но

перпендикулярности сторон, а значит $\angle S_1MS_2 = \angle 2\alpha$, если через α назвать угол отклонения зеркальца от первоначального положения. Тангенс* этого угла выразится как отношение катетов треугольника S_2MS, т. е.

$$tg\,2\alpha = \frac{S_2S}{MS},$$ но $MS = r$ = расстоянию от шкалы до зеркальца, а $S_2S = n$ = числу делений шкалы от S_0 до S_2, отсюда

$$tg\,2\alpha = \frac{n}{r} \ldots\ldots (1)$$

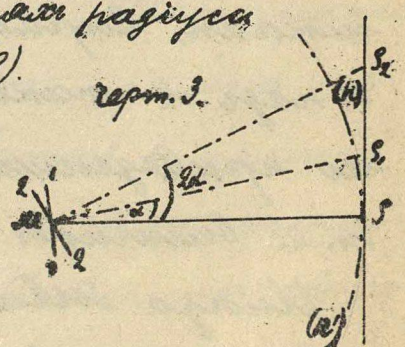
При весьма малых углах отклонения можно допустить замену в этой формуле тангенса соответствующей дугой и написать вместо $tg\,2\alpha - 2tg\,\alpha$

$$tg\,2\alpha = 2tg\,\alpha = \frac{n}{r}, \text{ откуда}$$

$$tg\,\alpha = \frac{1}{2}\cdot\frac{n}{r} = \frac{n}{2r} \ldots\ldots (2)$$

Следовательно, по отклонению n найдется и угол α; он, как показывают математические вычисления = в частях радиуса

$$\alpha = \frac{1}{2}\left\{\frac{n}{r} - \frac{1}{3}\left(\frac{n}{r}\right)^3\right\} \ldots\ldots (3).$$



Если угол отклонения требуется выразить в градусах, то $\alpha = 28°65' \cdot \frac{n}{r}\left\{1 - \frac{1}{3}\left(\frac{n}{r}\right)^2 + \frac{1}{5}\left(\frac{n}{r}\right)^4 - \frac{1}{7}\left(\frac{n}{r}\right)^6\right\}$.

На практике удобнее вы-

*Отрезок касательной, проведенной к началу дуги до пересечения с радиусом, проходящим через конец дуги наз. тангенсом.

ражать отклонений в миллиметрах n', которые были-бы отсчитаны по шкале, закругленной по радиусу r; легко видеть, что принимая $tg2\alpha$ за дугу 2α мы из (1) $2\alpha = \frac{n'}{r}$, откуда

$$n' = 2\alpha r$$ или точнее

$$n' = n\{1 - \tfrac{1}{3}(\tfrac{n}{r})^2\} \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

и только при очень малых отклонениях можно обойтись совершенно без поправки $\frac{1}{3}(\frac{n}{r})^2$.

Для α около 5^0 $(\frac{n}{r} = \frac{1}{6})$ ошибка получается около 1%. Отсюда видно, что поправкой можно пренебречь в тех случаях когда отклонения по шкале не превышают $1/6$ расстояния ея от зеркальца прибора, при условии, что ограничиться точностью до 1%. В дальнейшем под n будут подразумеваться отклонения по шкале, выраженные в миллиметрах, а под α такие-же значения отклонений, но приведенные к дуге по формулам (3) и (4) т. е. величины n'.

Иногда бывает необходимо знать не абсолютную величину угла α, а отношение их при различных наблюдениях, которое для малых отклонений сведется к отношению

отсчетов по шкале

$$\frac{\alpha}{\alpha_1} = \frac{n}{n'};$$

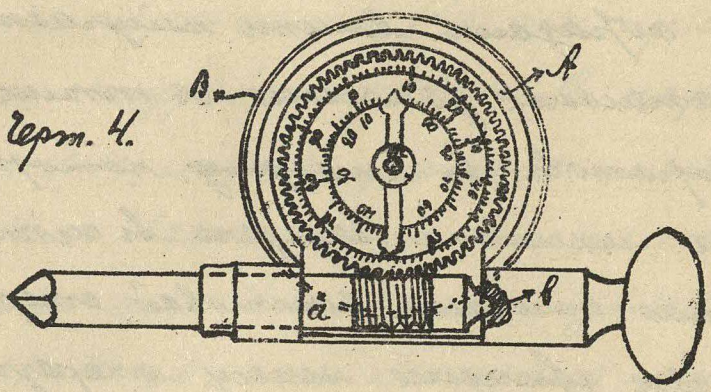
Способ объективный. Недостатком субъективного способа является невозможность наблюдать одновременно несколькими лицами и утомительность для глаза. В объективных способах, предложенных Томпсоном (лордом Кельвином), эти недостатки устранены и этот способ более часто употребляется, хотя он и менее точен. Сущность его заключается в следующем. На шкале, на которой подвешена подвижная часть прибора укрепляется сферическое вогнутое зеркальце, на которое направляется луч света, обыкновенно узкая световая полоска; луч, отразившись зеркалом падает на шкалу, находящуюся на расстоянии 1–1,5 метра от прибора. Источником света обыкновенно служит лампа накаливания, (лучше предпочитать ее причастию) или газовый рожок и далее обыкновенная керосиновая лампа. Источник света помещается в глухой камере с узкой прорезью в виде щели; этот камера с источником света располагается обычно-

венно под шкалою, на одной нитяной, под ея серединою. Призма обращена к зеркальцу и световая полоска при спокойном положении стоит на средине шкалы. Если компаса с источником света ставится над шкалою или в стороне, то луч света передается на зеркало и шкалу помощью ряда зеркал.

Иногда зеркало прибора делается не вогнутое, а плоское, как и при субъективном способе; тогда перед щелью компаса ставится двояко-выпуклое стекло, концентрирующее (собирающее) лучи. Правила при установке соблюдаются те же, что и при субъективном способе. Приведенные выше формулы для угла d можно пользоваться и при этом способе измерений углов отклонений.

Измерение числа оборотов при испытании динамо-машин, а также и электродвигателей, когда бывает необходимо поддерживать все время или одинаковую скорость вращения якоря или знать какая эта скорость меняется в зависимости от других причин, необходимо знать скорость вращения оси машины, на которой насажен

якорь, что измеряется числом оборотов оси в минуту. Простейшим прибором для этой цели служит простой или звонковый счетчик. (Черт. 4). К метал-



Черт. 4.

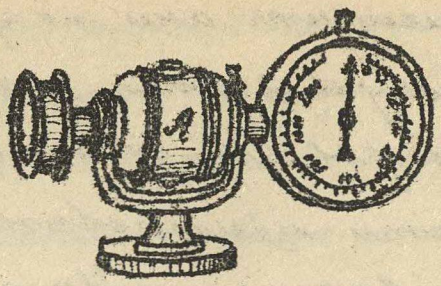
ческому футляру А этого прибора насажено на оси О зубчатое колесо, имеющее 100 зубцов. На одной стороне этого колеса, обращенной наружу футляра нанесены 2 шкалы, с делениями каждая от 0 до 100. На оси вращения колеса, на наружной его стороне наглухо насажена стрелка m, а на противоположном конце оси наружу звонок B. На внутренней стороне зубчатого колеса укреплена собачка c, имеющая небольшой угол поворота; эта собачка через каждый оборот зубчатого колеса приводит в соприкосновение с молоточком d, находящимся на пружине внутри звонка; после каждого соприкосновения молоточек производит удар о звонок.

Зубчатое колесо находится в сцеплении с винтом а, один конец которого упирается в подпятник в, а другой имеет три острых ребра, которыми упирается в отпуски засверленного вала машины и таким образом винт получает свое вращательное движение с тем же числом оборотов в минуту, которое делает сама машина. Находясь в сцеплении с зубчатым колесом, винтовой стержень передает свое движение колесу и через каждые сто оборотов стержня, колесо делает один оборот вокруг своей оси, собачка прижата в сцеплении с маховичком и последний производит удар о звонок; таким образом, зная число ударов звонка в минуту можно узнать сколько раз по 100 оборотов сделала вал машина в минуту, а следовательно и скорость вращения машины. Нужно только наблюдать, чтобы перед началом испытания один из концов стержня непременно стоял против О. Два винта предназначаются для прямого и обратного вращения; наружный - против часовой стрелки, внутренний - по часовой стрелке. Описанный прибор пригоден только при определении числа оборотов в минуту,

для определения числа оборотов в данный момент они не пригодны. Для этой цели употребляются так называемые тахометры. Их действие основано на зависимости центробежной силы от скорости вращения. На оси прибора внутри чугунной коробки А находятся подвижные массы, расходящиеся в стороны тем более, чем больше скорость вращения оси. Эти массы увлекают вдоль по оси конусы, от которого имеется передача к стрелке, ходящей по циферблату. Стрелка показывает непосредственно число оборотов в минуту. (гер. 5) Описанный тахометр наиболее распространенный системы Брош-Сомбарт.

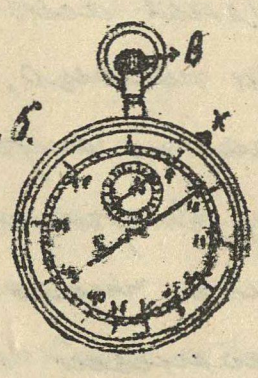
Тахометры соединяются с вспомогательным валиком часто посредством гибких, при чем гибкий на валу машины и у тахометра должны быть совершенно одинаковы, но кроме гибких передач тахометры соединяются с валами машин так-же и при помощи муфт, что является гораздо надежнее. Очень удобный для работ так-же ручной тахометр доктора Горна, основанный на том-же принципе регулятора с маят-

мкам. Черт. 5.



Измерение времени. Для измерения времени употребляются особые приборы – секундомеры или хронометры (Чер. 6). Стрелка S этого прибора обходит полный круг в 1 минуту; маленькая стрелка s, двигается в 60 раз медленнее и отмечает целые минуты.

Черт. 6.



Механизм пускается в ход в момент надобности простым нажатием пружинки K, вторичным нажатием которого стрелки мгновенно останавливаются в той положении в которой их застает это нажатие. Повернутая головка B стрелки снова возвращаются к нулевым делениям. Завод пружины прибора производится со стороны, противоположной циферблату, для чего имеется ключ.

Перед началом работы секундомеры необходимо проверить: заведены ли они, остановлены ли стрелки тотчас по нажатии и верно ли возвращаются к нулевым делениям.

3) Точное взвешивание. При градуировании технических приборов помощью вольтаметров требуется производить весьма точное взвешивание отложившихся веществ под действием тока (меди, серебра). Это взвешивание производится на точных весах.

Порядок работы с этими весами требует следующих предостережений и приемов:

1) Перед взвешиванием обязательно установить указатель на нуль и удостоиться в чувствительности весов.

2) При накладывании разновеса на чашку весов обязательно иметь коромысло приподнятым (или же чашки поддерживать снизу), что достигается поворотом особой кнопки; разновес брать не руками, а особыми щипчиками.

3) Взвешиваемое вещество должно быть высушено и иметь температуру, одинаковую с температурой весов.

4) Опускание коромысла на стойку производится по окончании установки взвешиваемого предмета, и приблизительно уравновешивающего его количества гирек.

5) перед каждой прибавкой или снятием гирек обязательно приподнимать коромысло весов.

6) Точное уравновешивание плеч коромысла производится особым приспособлением, назыв. „рейтерами".

7) При точном взвешивании весы должны быть обязательно закрыты особыми стеклянными колпаками.

8) Полного успокоения указателя можно не добиваться, достаточно будет, если колебания его в обе стороны будут равны.

9) Снятие взвешиваемых предметов и гирек должно производиться со всею осторожностью, что и при загрузке чашек.

10) По окончании взвешивания обязательно поднять коромысло со стойки и подставки под чашки весов.

11) В обыкновенное время весы всегда держать закрытыми в ящике и воздух внутри просушивать особыми препаратами.

Измѣреніе плотности жидкости.

§10) При изслѣдованіи элементовъ и аккумуляторовъ необходимо знать плотность растворовъ и измѣненіе ея съ теченіемъ времени. Для этой цѣли употребляются обыкновенные ареометры. Шкалы нѣкоторыхъ ареометровъ градуированы въ градусахъ Боме, другіе - въ относительной плотности. Для измѣренія плотности кислоты въ аккумуляторахъ примѣняются особые плоскіе ареометры.

Глава III.

Эталоны электрическихъ единицъ и вспомогательные приборы для производства электрическихъ измѣреній.

§11) Эталономъ, образцомъ вообще или нормальной величиной называется образецъ какой-нибудь мѣры, возможно точно выполненный.

Эталоны электрическихъ единицъ могутъ быть воспроизведены для сопротивленія, э. д. с. силы, емкости и коэфиціента самоиндукціи, за исключеніемъ силы тока, для которой построить эталонъ невозможно, она можетъ быть опредѣлена только посредствомъ

измерения сопротивления и напряжения между двумя точками цепи или-же посредством вольтаметров, т.е. $r = \frac{E}{I}$, $i = \frac{a}{zb}$.

§ 12 Эталон сопротивления впервые был предложен Вернером Сименсом в 1860 г.; он представлял собою электрическое сопротивление столба ртути высотою 100 сант. и поперечным сечением в 1 кв. мм. при температуре ±0°C. Этот эталон был назван ом Сименса. В 1884 году на электрическом конгрессе в Париже за эталон сопротивления было принято электрическое сопротивление столба ртути высотою в 106 сант. и поперечным сечением в 1 кв. мм. при ±0°C. и названо легальный ом. Более точный эталон был выработан в 1893 г. на конгрессе в Чикаго и назван международный ом; это есть сопротивление столба ртути в 106,3 сан. высотою и в 1 кв. мм. поперечного сечения при ±0°C. В настоящее время электрическое сопротивление выражается в международных омах, хотя еще встречаются приборы и магазины, сопротивления которых выражены в перечисленных выше единицах, а также в единицах

британской ассоциации. Эта единица установлена в 1864 г. и представляет сопротивление около 50 метров проволоки из чистой красной меди, диаметром в 1 мм.; обозначение её „B. A. U.".

§13. „Эталоны-прототипы", с которыми сверяются эталоны приготовленные для практики, изготовляются следующим образом. Стеклянная трубка (черт. 8), наполненная ртутью, сопротивление которой равно одному международному ому, снабжается спиралью, концы которой плотно вставляются в воронки стеклянные, тоже с ртутью; в последние опущены электроды из амальгированной меди; все это вставляется в стеклянный сосуд, с деревянной или эбонитовой крышкой; прибор этот удобен для перевозки с места на место.

Для поправки на изменение сопротивления от температуры


черт. 8.

применяется формула:

$R = R_0(1 + 0{,}0008649t + 0{,}00000112t^2)$, где

R – сопротивление в международных омах и

t – температура в градусах.

R_0 – сопротивл. при температ. таяния льда 1)

1) Вид. см. в курсе электрот. постоянного тока.

Для практических целей ртутные эталоны неудобны по многим причинам и поэтому применяются сопротивления, приготовленные из металлических сплавов, особенность которых составляет ничтожный температурный коэффициент и большое удельное сопротивление. Ниже приведена таблица таких сплавов.

Сплавы	*) Удельное сопротивление в микроом-сантиметр при ±0°С	**) Температурный коэффициент в пределах изменения температуры близко к +15°С.
Нейзильбер (60%Cu+25%Zn+15%Ni)	29,982	0,000273
Платина-Серебро (33%Pt+67%Ag)	21,582	0,000243
Платиноид (Нейзильбер+вольфрам	41,731	0,000310
Манганин (84%Cu+12%Mn+4%Ni)	46,078	0,0000
Кругинин (Cu, Ni, Mn)	85,13	0,000700

*) Удельное сопротивление - сопротивление единицы длины проводника, при единице площади его сечения.

В этой таблице нашлось заключительное манганин, изменение сопротивления которого становятся ощутительными при температурах, превышающих +150°С.

§14. Эталон из металлических сплавов предъявлен на чер. 9.; он состоит из изолированной проволоки, намотанной на эбонитовую катушку, которая вставляется в латунную коробку А, залитую внутри слоем парафина.

**) Температурный коэффициент см. далее.

Электроды B и C – толстые медные стержни, амальгированные на концах, которыми они ставятся в чашечки со ртутью при вводе эталона в цепь. В эбонитовую крышку коробки A вставляется пробка, с точным термометром Г. Работа с эталонами требует большой точности и аккуратности; при производстве работы эталон за несколько часов до начала ее погружается в воду; температура внутри коробки наблюдается по термометру Г.

Эталоны частей ома приготовляются из двух проволок, соединенных параллельно; одна толстая – берется несколько большего сопротивления, чем нужно для изготовления эталона, другая тонкая – вводится параллельно ей в таком количестве, чтобы результирующее сопротивление дало точно требуемую величину.

Нормальное сопротивление делается в 1, 10, 100 и т.д. до 100000 омов, а также в 0,1, 0,01, 0,001 и 0,0001 ома. При пользовании такими приборами нужно остерегаться пропускать через них чрезмерный ток и вызывать опасное нагревание. При отсутствии охлаждения прибор может поглощать безвредно 1 ватт.

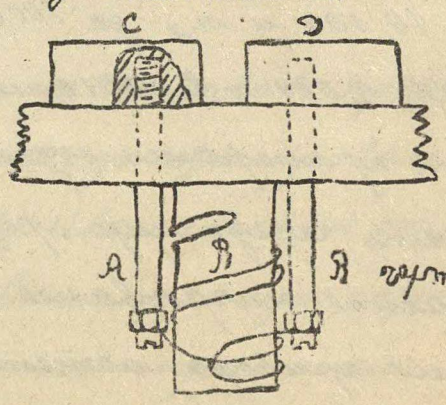
при керосиновой бане сопротивление может брать на себя до 10 ватт, а если ванна получает еще и водяное охлаждение то до 100 ватт.

§15 Магазины сопротивлений.

Описанные нормальные сопротивления употребляются только, как эталоны для поверки лабораторных приборов; для измерительных же работ применяются т. н. магазины сопротивлений, состоящие из целой группы сопротивлений, допускающих непрерывные комбинации.

Отдельные сопротивления таких магазинов приготовляются из проволоки, намотанной бифилярно, т. е. в два конца на деревянные катушки или на металлические, изолированные шелком трубки (черт. 10); обмотка бифилярно препятствует появлению самоиндукции в катушках, т. к. токи в двух легающих концах будут идти по противоположным направлениям и самоиндукционное действие их уничтожается.

При наматывании проволоки на катушку в ней, вследствие эластичности возникают внутренние напряжения и сопротивление будет меняться с течением



черт. 10

временем. Во избежание этого катушки нагреваются в продолжение нескольких часов до температуры 120-130°С., что уничтожает указанные натяжения. После обмотки катушки покрываются лаком или парафином. После точной калибровки сопротивления концы проволоки зажимаются и запаиваются на металлические стерженьки А и В, вставленные в латунные пластинки С и Д, которые закрепляются на эбонитовой крышке К магазина. Между пластинами таким образом будет включено точно подобранное сопротивление R.

Отдельные сопротивления приготовляются от 0,01 до 10000 ом. Нужно помнить, что сопротивления с десятыми долями ома выдерживают ток до 0,5 ампера, десятки омов - до 1 ома и тысячи омов - 0,1 ампера.

В зависимости от способа группировки сопротивлений магазины разделяются на магазины с последовательным соединением сопротивлений и магазины декадные (десятичные).

§ 8. Магазины с последовательным соединением сопротивлений состоят из ряда катушек, сопротивления которых группиру-

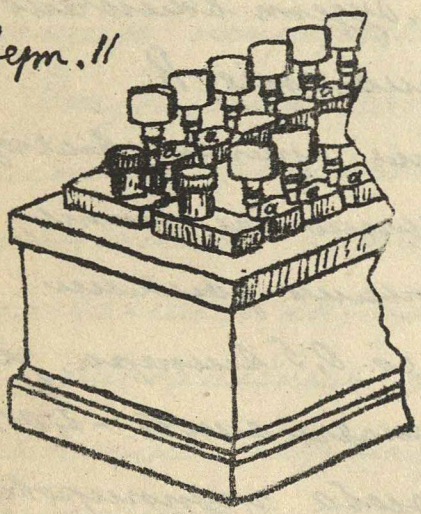
гается:

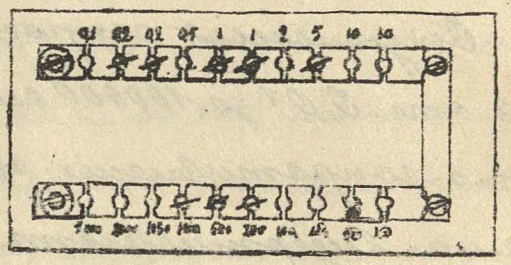
или 1) 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 2; 5; 10; 20; 20; 50;
100; 200; 200; 500; 1000; 2000; 2000; 5000 омов; *)

или 2) 0,1; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1; 2; 5; 10; 10; 20; 50;
100; 100; 200; 500; 1000; 1000; 2000; 5000 омов.

Известными комбинациями можно брать на магазин сопротивлений между 0,1 и суммою всех катушек. На черт. 11 представлен магазин сопротивлений и его верхняя крышка, на которой показана группировка отдельных сопротивлений.

Черт. 11





На крышке А, изготовленной обыкновенно из эбонита, находятся ряд латунных пластинок а, между которыми вставляются латунные же штепселя в, называемые тоже проводниками между одной пластинкой и другою. Вынув катушку с сопротивлением, которая находится

*) Образцы такого магазина имеются в лаборатории Каф. Эл. Курсов.

под крышкой в лунки В и соединены своими концами с двумя сосудными пластинками. Так как с изменением температуры изменяется и сопротивление, то поэтому при точных измерениях необходимо вводить поправку на температуру, которая производится по формуле:

$$R_t = R_{20°}[1-\alpha(20-t)],$$

Эта формула помещена на стр. 39, в которой почти 3 листа истории по цифрам часто отображаются.

где R_t - искомое сопротивление при температуре $t°C$,

$R_{20°}$ - сопротивление катушек при $+20°C$, обозначенное на крышке магазина,

α - температурный коэффициент* металла катушек,

t - температура в градусах С, при которой производится измерение.

§17. Однако такие магазины сопротивлений большой точности при измерениях отличаться не могут, т.к. вставляя штепсель в штепсельное гнездо, т.е. замыкая ток на короткую, нельзя достигнуть полного короткого замыкания и всегда контакт

*Температурным коэффициентом называется изменение сопротивления одного ома проводника при изменении температуры на 1°C.

штепсель и пластинка будет представлять сопротивление, хоть и незначительное (около 0,0001 ома), но при большом числе вставленных штепселей, допускающее чувствительную ошибку в точных вычислениях.

В магазинах сопротивлений второго рода (декадные, десятичные) этот недостаток хоть и не совсем уничтожен, но уменьшается число контактов и облегчается комбинирование сопротивлений.

Такой магазин (черт. 12) имеет:

9 катушек сопротивлением в 1 ом каждая
9 " — " — " — " 10 " — "
9 " — " — " — " 100 " — "
9 " — " — " — " 1000 " — "

Девять катушек каждого ряда соединены последовательно, а места соединения двух соседних с поперечными пластинками А;

Черт. 12.

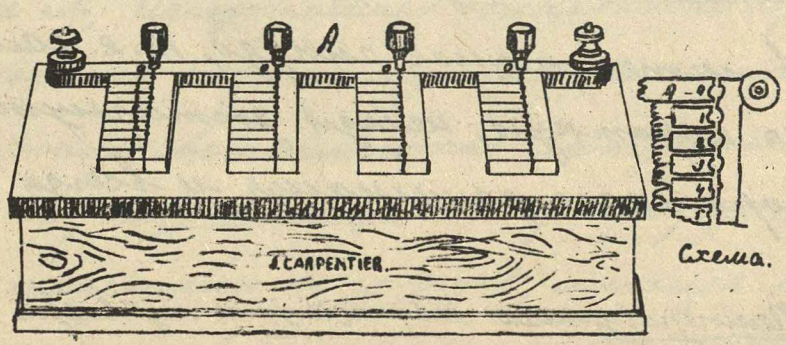


Схема.

на этих пластинках поставлены цифры от 1–9, а на продольной пластинке А против каждого ряда стоит 0.

Вставляя штепсель напр., в гнездо 2 на тысячах, 5 – на сотнях, 3 – на десятках и 7 – на единицах, получим сопротивление

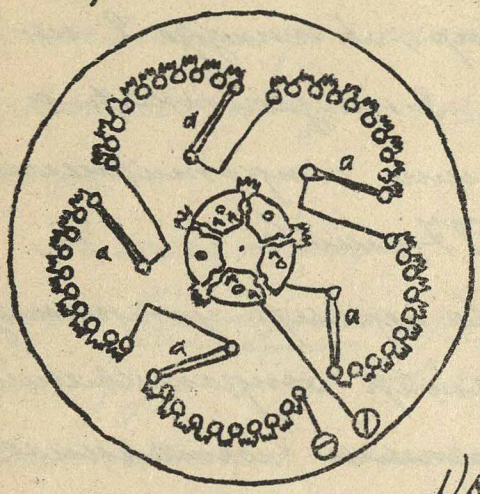
$2000 + 100 + 30 + 7 = 2537$ омов.

В этом магазине во первых устраняется сложение (при чтении) взятых сопротивлений, а кроме того число штепселей постоянное = =4, что значительно уменьшает ошибки при точных измерениях. Единственным недостатком этого прибора является большое число отдельных катушек сопротивления, отражающееся на его размерах и стоимости.

§18 Довольно удобный декадный магазин сопротивлений для ввода в цепь сопротивления без перерыва тока, изготовляемый фирмой „Сименс и Гальске", представлен на чер. 13. Магазин этот смешанного типа: часть сопротивлений вводится помощью рычажных контактов а, другая часть – помощью штепселей в. На нем имеется пять отделений с передвижными включателями а,

и четыре основных сопротивления, выделяемых штепселями П.

Черт. 13



I. Декадные (рычажные).

Отделения.

1-е	0;	0.1;	0.2	и т.д. до:	0.9 Ω
2-е	0;	1;	2; 3		9 "
3-е	0;	10;	20; 30		90 "
4-е	0;	100;	200; 300		900 "
5-е	0;	1000;	2000.		9000 "

II. Основные (штепсельные)

1) катушка в 10000 омов
2) " " 20000 "
3) " " 40000 "
4) " " 80000 "

§19. При измерении больших сопротивлений, до нескольких миллионов ом, при работах со слабыми токами употребляются иногда графитовые сопротивления (черт. 14).

На матовом стекле проводятся градуировочным карандашом ломаные линии а и между ними округлости в; длина и толщина линий а подбираются так, чтобы между ними при получать требуемые сопротивления, самые же линии для нейтрализации местности покрываются лаком; на круги в накладываются стеклянные трубочки, при-

шлифованным к стеклу; эти трубочки наполнены ртутью и служат электродами. (Такие сопротивления неудобны

Черт. 14



для переноски и передвижения; более удобны, предложенные фирмой „Simens & Halske" состоят из бакелитового цилиндрика, на которые сделаны продольные канавки, натерты чистым графитом и покрыты сверху лаком; на концах вместо держащих латунные пластинки, служащие электродами. Достоинство графитовых сопротивлений, что их независимость от времени и малая зависимость от температуры.

Реостаты.

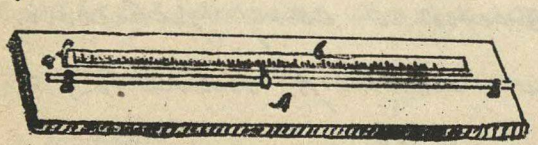
§ 22. Употребление магазинов сопротивлений ограничено только случаями определения точной величины **ев** данного сопротивления и пропускания только слабых токов; в тех же случаях, когда бывает необходимо пропускать большую силу тока или изменять напряжение цепи, применяются регулировочные сопротивления или реостаты.

По своему типу реостаты разделяются на следующие: 1) проволочные и ленточные; 2) ламповые; 3) угольные и 4) жидкие.

§ 21. Проволочные и ленточные реостаты.

Так как реостаты предназначаются для сильных токов, то подбор во избежание сильного нагревания проволоки, последняя должна быть более толстая, чем в магазинах, совершенно голая, со свободным доступом воздуха для охлаждения. Самый простой реостат или реохорд (черт. 15) состоит из голой проволоки, натянутой между двумя опорами а а, вдоль которой движется металлический контакт А, помощью которого можно включать в цепь большую или меньшую длину проволоки, а следовательно менять и сопротивление цепи. Контакт А снабжен указателем, перемещающимся по шкале в, на которой нанесены деления или в единицах сопротивления, или же в миллиметрах; в последнем случае должно быть известно сопротивление одного миллиметра проволоки, тогда подво-

черт. 15.

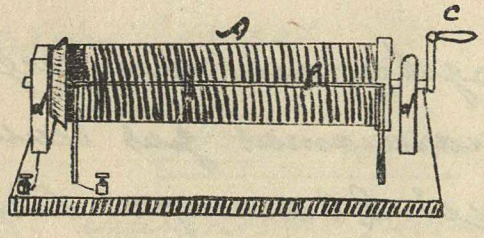


дится к зажимам c и d.

Для возможности вводить в цепь большую длину проволоки употребляются реостаты, изображенные на черт. 16.

Такой реостат состоит из мраморного или фарфорового цилиндра A, на который намотана спиралью голая проволока; вдоль цилиндра на стойках укреплен металлический стержень b, по которому свободно ходит рамка с вилкой и все время касается обмотки цилиндра; сам цилиндр помощью рукоятки c вращается в металлических стойках d. При вращении цилиндра рамка перемещается по стержню и вводит в цепь большую или меньшую часть проволоки цилиндра, а следовательно увеличивает и сопротивление цепи.

Черт. 16

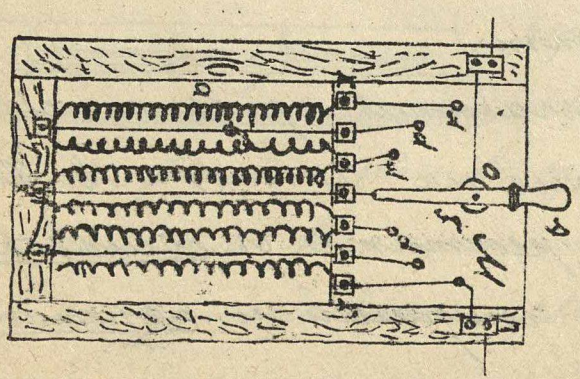


Чаще всего встречаются проволочные реостаты, изображенные на черт. 17 и 18. Они разделяются на реостаты с последовательным соединением спиралей и параллельным

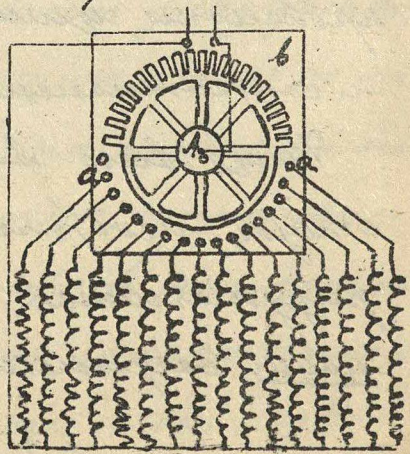
§22. Реостат с последовательным соединением спиралей состоит из ряда примыкающих проволок b и ряда спиралей a, собранных на деревянной раме M. На той же раме расположен ряд контактов d подуги и по ним скользит рычаг F, вращающийся в точке O, как в центре; концы спиралей и примыкающих проводов присоединяются к зажимам x, y, как показано на чертеже 17; последние в свою очередь присоединяются к соответствующим контактам d, за исключением крайнего ряда y. Ток подводится к одному из крайних зажимов x и к рычагу F.

Реостаты с последовательным соединением спиралей назначаются для силы тока, не превышающей 20 ампер. Для

черт. 17



черт. 18



силы тока, большей 20 ампер применяются реостаты с параллельным соединением спиралей (черт. 18). В этом случае концы одной спиралей соединяются между собою параллельно, другие же присоединяются к соответствующим контактам а расположенным по дуге на доске. Металлическое контактное кольцо А при вращении в точке О как в центре замыкает последовательно все контакты, а следовательно и концы спиралей между собою параллельно; с увеличением числа параллельно введенных спиралей сопротивление в цепи будет уменьшаться, а сила тока увеличиваться.

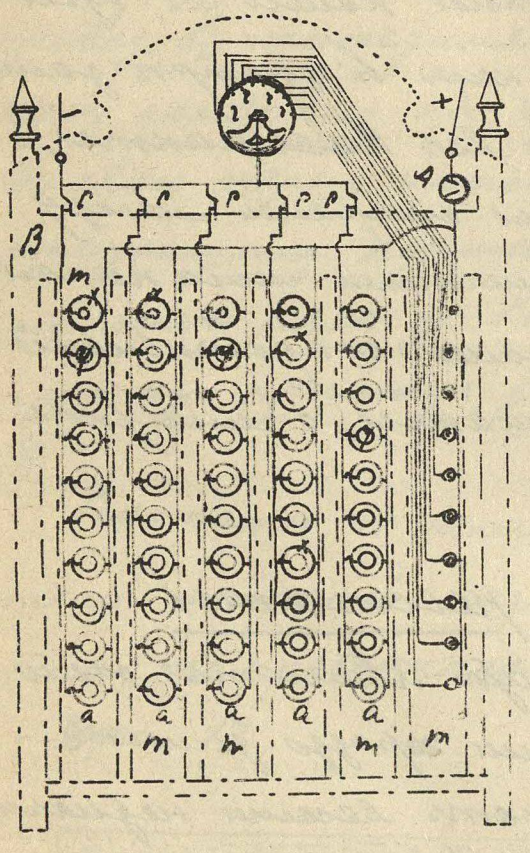
Ламповые реостаты.

§ 23. Ламповые реостаты являются очень удобными, так как они гораздо дешевле проволочных, и обладают весьма незначительной самоиндукцией*), почему удобны при работах с переменными токами. Материалом для этих реостатов являются лампочки накаливания, уже негодные для освещения; они могут включаться, как параллельно

*) Самоиндукция называется явление возбуждения индуктивного тока в самой цепи при изменении силы тока.

так и последовательно. На чертеже 19 представлен такой ламповый реостат. Он имеет 60 лампочек, разделенных на 6 групп по 10 лампочек в группе; как группы, так и лампы соединены параллельно: На деревянной раме B лампочки прикреплены

Черт. 19.



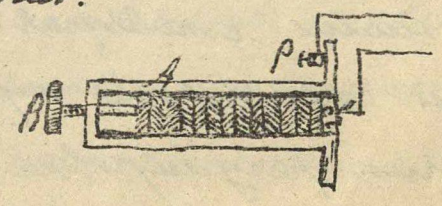
ламповые патроны a, наружные части которых соединяются с положительными проводниками, а контактные винты y - с отрицательными. На шестом ряду контактные винты y соединяются с кнопками z, расположенными по окружности, а наружные части - с положительными проводами; для каждой группы имеется свой выключатель p и общий A - для всех групп. Металлический полудиск C соединен с отрицательным проводником, поворачивая его можно изъ 6-й

группы включать лампочки постепенно, по одной; все соединения производятся изолированными проводниками на задней стороне щита. На чертеже включена 9 ламп.

Ламповые реостаты.

§ 24 Ламповые реостаты употребляются тогда, когда в цепь нужно вводить не вполне определенное сопротивление, а надо постепенно менять его сопротивление и поддерживать определенной силу тока. Эти реостаты приготовляются из угольных пластинок квадратной или круглой формы а, собранных стальными винтами А. Эти пластинки изолируются от рамы стеклом или слюдой, а на концах предусмотрены медные пластинки в, снабженные на концах зажимами р и р. Угольная пачка может сжиматься с помощью винта Д; при сжатии угля сопротивление реостата уменьшается, при ослаблении увеличивается.

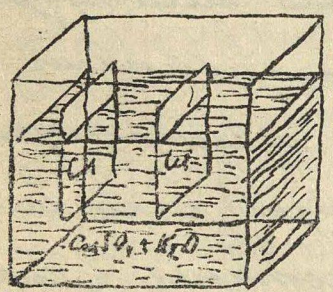
Черт. 20.



Жидкіе реостаты.

§ 25 В качествѣ жидкости для такихъ реостатовъ употребляются слабые растворы солей какихъ-либо металловъ, напр., соли мѣднаго купороса ($CuSO_4$); растворы эти наливаются въ стеклянные сосуды (черт. 21), въ которые опускаются обыкновенно амальгамированные пластинки изъ цинка, соль котораго находится въ растворѣ. Регулированіе реостата производится двоякимъ образомъ: 1) большимъ погруженіемъ или вынниманіемъ пластинъ изъ сосуда (ч. 21) и 2) большимъ сближеніемъ или удаленіемъ пластинъ другъ отъ друга.

черт. 21.



Во избѣжаніе случайнаго короткаго замыканія въ реостатѣ, т. е соединенія пластинъ между собою, иногда между ними ставятся или деревянныя планки или стеклянныя трубки; въ послѣднемъ случаѣ регулировка производится гаечнымъ ко-

погружением пластин в раствор соли. Достоинство реостатов этого типа, будучи дешевизна в сравнении с проволочными реостатами.

Ключи и коммутаторы.

§ 26 Приборы эти служат для соединения и разъединения частей цепи (ключи-прерыватели) и для комбинирования (коммутаторы) помещенных приборов; они относятся к числу чисто-вспомогательных приборов, и разделяются на 1/ ртутные, 2/ с трущимися контактами и 3/ с пакетными контактами. Ртутные ключи и коммутаторы пригодны только для слабых токов, так как при токах большой силы ртуть при замыкании и размыкании разбрызгивается; кроме того недостатки ртутных ключей и коммутаторов заключаются и в том, что ртуть испаряется, а также окисляется и ее поверхность загрязняется. Приборы второй категории тоже не лишены подобных недостатков, но они дают несовершенный контакт, вследствие загрязнения и затмения трущихся поверхностей.

В приборах третьей категории, с надежными контактами, последние получаются еще менее совершенными, т. к. при размыкании между контактами получается искра, сильно их окисляющая, не смотря на то, что контакты снабжаются платиновыми накладками; по этой причине эти приборы применяются только при работах с самыми слабыми токами.

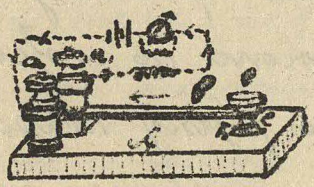
Все ключи и коммутаторы разделяются на три группы:

1) ключи или прерыватели (выключатели, рубильники);
2) коммутаторы или переключатели;
3) ключи-разрядники.

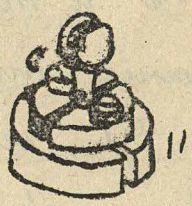
§27. Ключи или прерыватели служат для быстрого замыкания и размыкания цепи; на эбонитовой или мраморной доске А (черт. 22), находятся два зажимных винта $a\,a_1$; к одному из них, а, прикрепляется пружинная пластинка b, снабженная с нижней стороны противоположного конца, пуговкой c с платиновой

подложкой, а на верхней стороне этой пружины находится ручка b служащая для нажатия; подъ пружиной находится металлический выступ k, соединенный подъ доской толстымъ изолированнымъ проводникомъ съ однимъ изъ зажимовъ цепи a. Токъ подводится къ подвижному изъ зажимовъ ($a_2 a_1$). Въ свободномъ состояніи путь тока прерванъ и только при нажатіи пружины c, путь тока снова возстановливается.

Черт. 22.



Черт. 23.

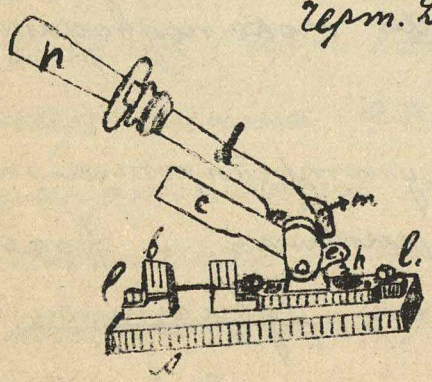


Кромѣ ключей такого типа встрѣчаются еще ключи штепсельные (чер. 23); замыканіе тока производится съ помощью штепселя, вставляемаго въ гнѣздо a; токъ подводится къ винтамъ c и d.

Если при измѣреніяхъ употребляется токъ большой силы, то для замыканія и размыканія цѣпи употребляется рубильникъ (чер. 24).

На мраморной или мраморной доске A установлена вилка b, в которую плотно, со трением входит ножка C, вращающийся в точке O, точке в центре симметрии отростка c, к которому прикреплена пружина n, оттягивающая все время отросток вниз. В той-же точке O вращается рычаг d с подпругами m, насаженными на ножку то на одну сторону центра, то на другую; рычаг снабжен ручкой r. Нажимая ручку вниз, подпружка заставляет ножку плотно входить в вилку b и трение происходит замкнутой петли, подвешенной к зажимам b, b_1; если поднимать ручку кверху подпружка нажимает на ножку то другую сторону центра и ножка постепенно выходит из вилки; когда пружина n преодолеет трение вилки, то ножка быстро выскочит

черт. 24

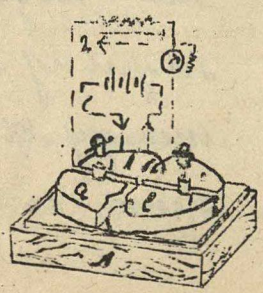


из вилки и произойдет моментальное размыкание тока почти без искры что очень важно.

§28. Коммутаторы или переключатели.

Эти приборы предназначаются или для перемены направления тока в цепи или для переключения источника тока из одной части цепи в другую. По своему устройству они разделяются на штепсельные и рычажные. На чертеже 25 представлен такой штепсельный переключатель. На доске A расположены четыре сектора a, b, c, d, между которыми находятся гнезда для штепселей, а на секторах - зажимы для подвода тока; источники тока подводятся к двум крестнакрест лежащим секторам, к другим двум - концы той цепи, в которой меняется направление тока; при положении штепселей в гнездах 1,1, направление тока в цепи будет показанное стрелкой; в положении - все 2,2,- обратное, показанное пунктирной стрелкой.

Черт. 25.

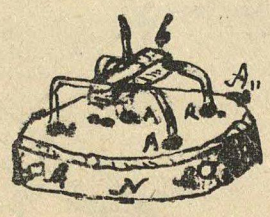


На черт. 26 представлен переключатель тока в двух цепи; ток подводится к одному из зажимов, находящихся на сегменте. Чертеж 27 представляет ртутный коммутатор с пятью гнездами a, наполненными ртутью. В эти гнезда погружаются концы двух медных стержней изогнутых в виде буквы R и соединенных с помощью эбонитового или деревянного бруска b; гнезда a соединены металлическими с винтами A, расположенными на колодке N. Ток подводится к двум погруженным деревянными винтами, а к другим двум присоединяются концы цепи. При положении стержней, указанном на чертеже, ток отсюда подойдет к зажиму A, и к гнезду a_1, по стержню - к гнезду a.

Черт. 26



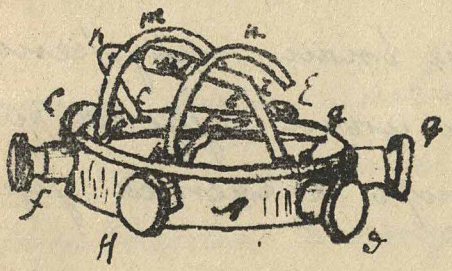
Черт. 27.



и зажиму A_{II}; через цепь пройдет ток в направлении, указанном стрелкой; обратный путь тока ясен из чертежа: зажим A_{III}, – гнездо a_{III} – стержень – гнездо a_{III} – зажим A_{III}. Если теперь повернуть брусок со стержнями на угол в 90° в горизонтальной плоскости (безразлично в каком направлении), то путь тока в цепи изменится на обратный.

Ртутный коммутатор Поля (черт. 28). позволяет изменять направление тока в данной цепи, он тоже все направляет тоже от источника но в одну, то в другую часть цепи. Он состоит из деревянного круга А, в котором имеются шесть гнезд со ртутью, соединенных с зажимами. В гнезда f и d опущены концы металлических колонок k и l, изогнутых под прямым углом и соединенных с колонкой двойного стержня M. К этим колонкам

Черт 28.

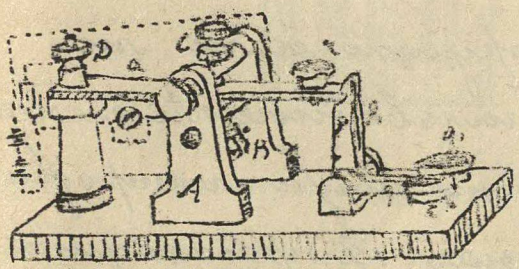


приходящие ртутные дуговые и и к концы которых погружаются или въ гнѣзда b и f - или - все въ гнѣзда h и g; гнѣзда b-g и f-h соединяются между собою металлическими стерженьками x и y изолированными другъ отъ друга вынимать одного изъ нихъ по средине; эти стерженьки могутъ свободно выниматься изъ своихъ гнѣздъ. Коммутаторъ Поля исполняетъ три функціи: 1) когда стерженьки лежатъ на своихъ мѣстахъ и токъ подведенъ къ зажимамъ C и D то коммутаторъ служитъ для перемѣны направленія тока въ цѣпи; 2) если стерженьки a и b вынуты, то приборъ работаетъ токъ переключателемъ тока то въ одну, то въ другую часть цѣпи и 3) если стерженъ M поставить такъ чтобы ножки за исключеніемъ и и к не были погружены въ гнѣзда со ртутью, то цѣпь будетъ разомкнута т. е. коммутаторъ является уже выключателемъ.

§29. Ключи-разрядники. Этотъ ключъ-разрядникъ, или ключъ конденсатора предложенъ Соблинымъ и имѣетъ слѣдующее устройство: между двумя неподвижными гори

зонтовыми контрольными стержнями загрузленными въ эбонитовыхъ стойкахъ А и В /черт. 29/. можетъ колебаться пружинящая пластинка а, загрузленная однимъ концомъ винтомъ Д на стойкѣ, тоже эбонитовой; другой конецъ пластинки снабженъ эбонитовой кнопкой ч, нажимая на которую пластинку а защелкиваютъ за вырѣзы вертикальныхъ колѣнъ угольниковъ р и р'; горизонтальныя колѣна этихъ угольниковъ имѣютъ эбонитовыя кнопки д и д', отстоящія отъ пружинящей подкладной пластинки колѣна угольниковъ все время кверху. Вырѣзы на вертикальныхъ колѣнахъ угольниковъ сдѣланы на разной высотѣ, такъ что когда пластинка а задерживается выступомъ б, то она упирается въ нижній регулировочный винтъ с; когда она задерживается выступомъ колѣна р, то находится въ среднемъ положеніи, т. е. не касается ни одного винта и

Черт. 29.



конецъ, когда конецъ пластинки выходитъ изъ зацѣпленія, то она касается верхняго регулировочнаго винта c_1; въ эти три положенія пластинки a достигаются различными комбинаціями гедолекъ g и g_1. Присоединеніе ключа-разрядника въ цѣпь показано на чертежѣ. Этотъ приборъ предназначается спеціально для зарядки и разрядки конденсаторовъ.

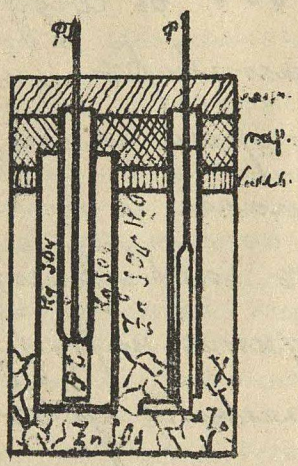
§30. Эталоны электродвижущей силы.

Эталонами электродвижущей силы могутъ служить такіе гальваническіе элементы которые имѣютъ постоянную электродвижущую силу и въ которыхъ не происходитъ химическихъ реакцій при разомкнутой внѣшней цѣпи. Къ числу такихъ элементовъ принадлежитъ элементъ Даніэля, въ составъ частей котораго входятъ растворы цинкового /$ZnSO_4$/. и мѣднаго /$CuSO_4$/. купороса съ пластинами тѣхъже металловъ /Zn и Cu/.

Электродвижущая сила такого элемента равна 1,072 вольта. при 20° С.

Въ настоящее время эталоном электродвижущей силы служитъ нормальный элементъ Вестмиръ-Кларка. /Cadmium Clark/. изображенъ на чер. 30. Устройство этого элемента заключается въ слѣдующемъ: на дно стекляного сосуда т.е. цилиндра А помѣщается слой кристалловъ цинковаго купороса /$ZnSO_4$/, въ который погружаются электроды элемента; положительнымъ электродомъ служитъ платиновая амальгированная пластинка /Pt Hg/, помѣщенная въ горизонтный сосудъ B, наполненный почти доверху полунасыщенной смѣсью $ZnSO_4$ и сѣрнокислой закиси ртути /$HgSO_4$/, и сверху залитый парафиномъ; отъ электрода сквозь стеклянную трубочку проходитъ платиновая проволочка. Отрицательнымъ электродомъ служитъ цинковый стержень C, изогнутый подъ прямымъ угломъ и горизонтальнымъ колѣномъ погруженный въ кристаллы купороса;

Черт. 30.



глубина погружения обоих электродов должна быть одинакова; вертикальное положение цинкового стержня обычно стеклянной трубкой, предохраняющей от соприкосновений с раствором цинкового купороса и заливкой сверху парафином; от этого электрода проходит платиновая проволочка. Поверх кристаллов $ZnSO_4$ в сосуде A наливают насыщенный раствор цинкового купороса ($ZnSO_4 + 7H_2O$), который затем заливается сверху слоем смолы и парафина и поверх заливки сосуда загружается пробкой, сквозь которую проходят наружу платиновые проволочки от электродов. *)

Электродвижущая сила этого элемента = 1,438 вольта при +15° C. С повышением температуры на 1°C величина эта падает на 0,00115 вольта. Вообще зависимость электродвижущей силы E_f от температуры t выражается формулой:

$$E_f = 1{,}438 - 0{,}0015(t - 15).$$

При работах с этим элементом необходимо вводить последовательно с ним сопротивление не менее 1000000 омов, т.к. он допускает

*) Элемент этот имеется в лаборатории Харьк. Электротех. Ин-та.

прохождения через себя тока очень слабого не свыше 0,0001 ампера на 1кв сантиметр поверхности цилиндра.

§31. Эталоны емкости.

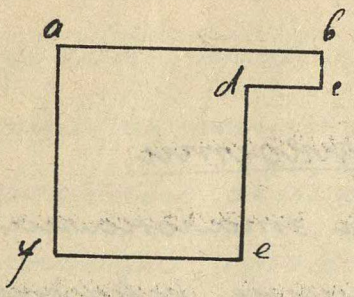
Наиболее совершенными эталонами емкости являются воздушные конденсаторы, у которых диэлектриком *) служит воздух; такой конденсатор нисколько не меняет свою емкость с течением времени, чего нельзя сказать про другие конденсаторы. Но на практике такие конденсаторы не могут быть изготовлены большой емкости, благодаря тому что нельзя сделать очень тонкими слои воздуха между пластинами конденсатора. Поэтому употребляются конденсаторы, диэлектриком у которых служит или слюда, или пропарафинированная бумага.

Эталоны емкости имеют следующее устройство; приготовляются оловянные или свинцовые листы формы a b c d e f (чер. 31), которые затем собираются в коробку и между

*) Диэлектрик наз. изолятор между металлическими пластинками конденсатора

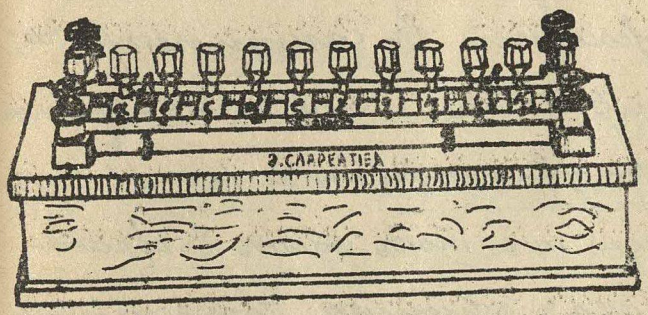
местами прокладывается или слюда или прогарафинированная бумага. Листы собираются такъ чтобы выступающіе уголки ихъ чередовались то въ одну сторону, то въ другую, напр. четные направо, нечетные налѣво. Число листовъ берется такимъ, чтобы емкость конденсатора получалась нѣсколько больше требуемой. Послѣ сборки конденсаторъ подвергаютъ прессовкѣ, для удаленія излишняго парафина и затѣмъ эталонировкѣ /градуировкѣ/; послѣдняя заключается въ отрываніи излишнихъ листовъ до тѣхъ поръ, пока конденсаторъ не будетъ имѣть желаемую емкость. Такой конденсаторъ помѣщается на дно деревяннаго ящика и весь ящикъ почти до краевъ заливается парафиномъ, къ выступающимъ концамъ конденсатора припаиваютъ желѣзныя проволоки, которыя выводятся наружу и привинчиваются къ пластинкамъ, расположеннымъ на эбонитовой крышкѣ ящика. На этой крышкѣ располагаютъ рядъ

Черт. 31.



поперечных пластинъ а — к /черт. 32/, и продольных А и В съ соответствующими гнездами для штепселей. Каждая часть конденсатора соединяется одной обкладкой съ пластиной А, а другой — съ одной поперечных пластинъ. При вставленіи штепселя

Черт. 32.



въ промежутокъ между пластиной В и одной изъ поперечныхъ, то вводится часть конденсатора; при вставленіи штепселей между А и а — к, части конденсатора коротко замыкаются /для разряда/. Одновременное вставленіе штепселей въ два отверстія каждой поперечной пластинки дастъ выключеніе конденсатора изъ цѣпи. Наибольшее напряженіе, допускаемое для зарядки конденсаторовъ не должно превышать 100 вольтъ, въ крайнихъ можно ограничиться напряженіемъ 10-15 вольтъ. Толщина конденсаторной пропарафинированной бумагой бываетъ обыкновенно 0,0

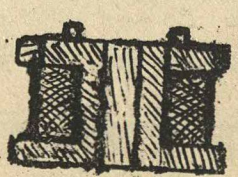
Явления самоиндукции.

§ 32. Самоиндукция в цепи имеет большое значение, при токе переменном, и только не постоянном, во время размыкания и замыкания цепи. Величина электродвижущей силы самоиндукции определяется из формулы:

$$E = -L\frac{di}{dt}$$ где L - коэфициент самоиндукции, выраженный в сантиметрах; di - бесконечно малое приращение тока и dt - время значок - указывает что при увеличении тока т.е. $+di$ э.д.с. самоиндук. отрицательная т.е. ток идет в обратную сторону. Практическая единица коэфициента самоиндукции - генри /от имени ученого Henry/ - /см. стр.

Явления самоиндукции /черт. 33/ приготовляются в виде катушек, намотанных на мрамор или камень серпентин, не содержащих железистых соединений. Проволока такихкатушек делается составленною из большого числа тонких осей для уничтожения могущих появится токов Фуко*), которые могут изменить самоиндукцию катушки.

Черт. 33.



*) Токи Фуко появляются в большой массе, если в разных ее частях индуцируется разная Э.Д. силы.

Эталоны самоиндукции изготовляются в 1 генри, в 0,1; 0,01; 0,001 и 0,0001 генри.

После изготовления проволока катушек покрывается бумагой.

§33. Классификация измерительных приборов.

По своему назначению все электро-измерительные приборы разделяются на приборы следующие:

1) Для измерения силы тока – гальванометры, амперметры, вольтамметры.
2) Для измерения электродвижущей силы, или напряжения – вольтметры.
3) Для измерения сопротивления – омметры.
4) Для измерения мощности – ваттметр
5) Для измерения электрической энергии работы – счетчики.

По принципу приборы подразделяются на приборы, основанные на:

1) Электромагнитных действиях тока, которые в свою очередь можно разделить на три группы:

а) действие неподвижной катушки с током

на подвижной магнитъ,

в) дѣйствіе неподвижного магнита на подвижную катушку съ токомъ,

с) дѣйствіе неподвижной катушки съ токомъ на подвижную часть изъ мягкаго желѣза.

2) Электродинамическихъ дѣйствій — дѣйствіе неподвижной катушки съ токомъ на такую-же подвижную (электродинамометры)

3) Электростатическихъ взаимодѣйствій между неподвижной и подвижной металлическими массами, заряженными до различныхъ потенціаловъ.

4) Тепловыхъ дѣйствій тока, проявляющихся въ нагрѣваніи проводниковъ перваго рода.

5) Электролитическихъ дѣйствій, заключающихся въ разложеніи токомъ проводниковъ второго рода (вольтаметры)

6) Индуктивныхъ дѣйствій неподвижной катушки съ переменнымъ токомъ на подвижную металлическую массу.

Во всѣхъ этихъ приборахъ, за исключеніемъ основанныхъ на электролизѣ, дѣйствіе тока

Публичная Библиотека ОСНОВАНА — 1863 — г. Пермь

Дар. Т. Т. О. Б.