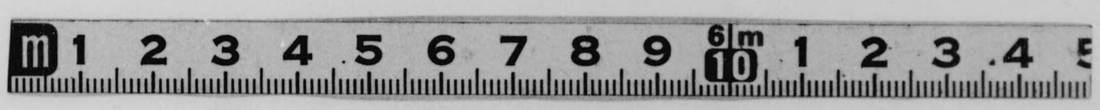


電氣事業主任技術者資格檢定

試驗問題解答集

第　參　輯

電氣及磁氣測定

財團法人

工業教育會

圖書部

電氣事業主任技術者資格檢定

試驗問題解答集

第參輯

電氣及磁氣測定

財團法人

工業教育會

圖書部

目　次

十
十一
十二
十三

九
十
十一
十二

電氣事業主任技術者資格檢定

試驗問題解答　第三輯

電氣及磁氣測定

明　治　四　十　四　年　度

（第　一　級）

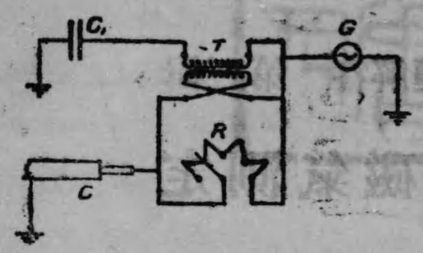
問題（1） 布設したる地中電纜（Cable）の靜電容量を測定する方法を說明せよ。

解答 布設したる地中電纜の靜電容量を測定する方法數種あれども此所にては鳳博士の考案になる差働受話器(differential telephone) を用ひて已知の標準容量と比較する方法を述べん、差働受話器は同樣なる二條の絹捲細銅線を出來るだけ密接せしめて常に二條相併び卷きたるものにして之に依て各捲線の自己インダクタンスを兩捲線間の相互インダクタンスに甚だ精密に等しくなすことを得せしめたるものなり、又抵抗も精密に同一になしたるものなり。

電纜の靜電容量を測定する場合の線結法次の如し。

Cは電纜にして外被は接地せられ其容量をCとす、C_1は已知の

容量にして其値は C_1 とす G は交流の電源にして T は差働受話器にして一つの捲線抵抗を r とす R は加減抵抗器にして、之れを加減して受話器の音が全く止みたる時の値をRとす然る時は



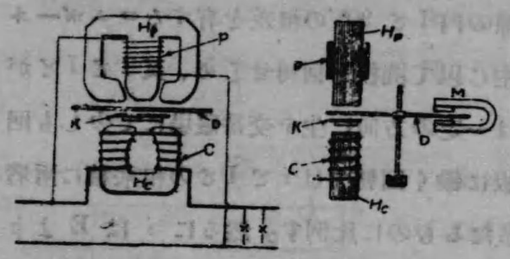
$$C=\frac{r+R}{R}\times C_1$$

此式よりCの値を知る事を得べし、此方法は任意の電壓、任意の周波數を以て測定し得る最便利なる方法なり。

問題（2）　誘導型積算電力計（Induction type Integrating watt-meter）の一種に就て其構造及原理を説明せよ。

解答　誘導型積電力計は電氣誘導の原理に基きて製作せられたるものにして交流にのみ使用せらるべき事は勿論なり。現今使用せられつゝある此型の積算電力計の種類は頗る多數あれど何れも其原理に於ては異なる所なく唯電壓電流兩捲線並に其磁路の形狀配置及調整裝置等を異にするに過ぎず。圖は米國デー、イー會社製作に係る最新型にして I_{-14} 型を示す、H_p 及 H_c は成層鐵心Pは電壓捲線、Cは電流捲線、Dはアルミニユーム製回轉圓板にして前記兩捲線鐵心間の空線に裝置せられ兩捲線の作る磁力線と之により誘起せらるる渦流との相互作用により回轉す、圓板には二箇の孔を穿ち之によりて無負荷回轉を防ぐ、Mは制動用永久磁石に

して圓板を挾み其回轉を制動す、此磁石は實際に於ては二個相對して取付けられ其支持腕に沿ふて前後に移動して重負荷に於ける圓板の回轉速度を調整し得。Kは輕負荷調整用短絡片並に位相調整用短絡鋼片にして夫々輕負荷及び誘導荷荷に於ける圓板の回轉速度を調整し得。又回轉圓板の回轉は圓板軸の上端に近く刻まれたる螺旋と之に連續せる齒車裝置とに依り逐次指針型キロワット時數指示盤に傳へられる。



前記電壓捲線は其捲數多く且其磁路は殆んど完全にて其捲線に流るる電流は供給電壓に對し殆んど 90° の相差を有し、又電流捲線は其捲數少く且磁路に大なる空隙ある爲殆んど無誘導なり、尙位相調整裝置に依て兩捲線の作る磁力線に無誘導負荷に於て完全に 90° の相差を與ふる事を從て兩磁力線は圓板の存在する空隙に一種の圓轉磁場を形成し圓板を磁場の回轉と同方向に回轉せしめ此回轉は制動磁石に依て制動せられ一定の負荷に對し圓板の速度は一定となる。今Eを供給電壓、Iを負荷電流、i を電壓捲線に通ずる電流、φ をIの位相がEの位相より遲るる角とすれば電壓及電流捲線に依りて生ずる磁力線は夫々 i 及Iに比例し、若し i とIとは 90° の相差を有すれば恰も二相式誘導電動機と同じく回

轉磁場を生じ圓板は回轉す。又若し i と I とが或る相差を有するときは i の生ずる磁力線の内 I と 90° の相差を有するコムポーネントのみが回轉磁場を生じ以て圓板を回轉せしめ、又 i と I とが同相ならば其合成磁場は一定の方向に生ず交番磁場にて少しも回轉力を生せず、故に圓板に働く回轉力は i と I との相乘積に兩者の相差角の Sine を乘じたるものに比例す。然るに i は E より 90° 遲るるを以て i と I との相差は $(90^0-\varphi)$ となり、又 i は周波數一定ならば E に比例するを以て、圓板に働く回轉力

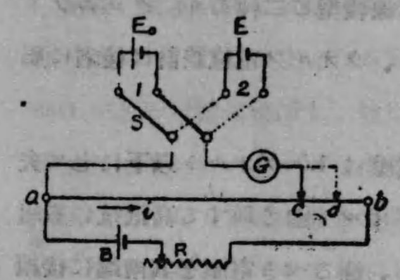
$$T=kiI\sin(90^0-\varphi)$$
$$=KEI\sin(90^0-\varphi)$$
$$=KEI\cos\varphi$$

即圓板に働く回轉力は消費電力 $EI\cos\varphi$ に比例す。而して永久磁石による反抗回轉力は圓板の回轉速度に比例するを以て負荷一定ならば圓板の回轉速度も一定となる卽圓板の回轉速度は消費電力に比例し從て其回轉數に依て消費電力量を測定し得。

問題(3) 電位差計 (Potentiometer) の原理及應用を説明せよ。

解答 電位差計は標準電池の起電力と比較し他の電位差を測定する裝置なり。圖は其原理を示す。太さ均等にして一樣なる比抵抗を有する滑動線 ab に蓄電池より電流 i を通じ置き、S なる切替開閉器を 1 の位置に閉ぢ標準電池 E_0 を反照電流計 G と直列に結び摺動子 C を滑動線上に動かし標準電池の電壓と滑動線上

ac 間に生ずる電位差とを平衡せしめ G に電流の通せざる位置を求め、次に開閉器 S を 2 の位置に閉ぢ E_0 を E に置換へ再び C の位置を調整して G に偏れを生せざる位置を求むれば標準電池の起電力は ac 間の電壓降下に等しく又 E なる電壓は ad 間の電壓降下に等し、但し i なる電流は常に一定に保つ事必要なり、今 ρ を滑動線單位長の抵抗、l_1 及 l_2 を ac 及 ad の長さとすれば



$$E_0=l_1\rho i, \quad E=l_2\rho i$$

故に $E=E_0\dfrac{l_2}{l_1}$

E_0 はウエストン標準電池では攝氏 20° に於て 1.0183 ヴォルトなる故

$$E=1.0183\times\frac{l_2}{l_1}$$

若し ab に等分せる目盛を附し(a を零とす) C を 10183 の目盛に合せ蓄電池と直列にある加減抵抗器 R に依りて i を加減し開閉器 S が 1 の位置にあるとき G に電流の通せざる樣調整すれば滑動線の一目盛の電壓降下は 0.0001 ヴォルトとなるを以て測定せんとする電壓 E は平衡を得たる場合の摺動子の位置に於ける目盛を以て表はさる。實際の電位差計にては ab は全部滑動線に

あらず大部分は抵抗線輪にして一部分のみ滑動線となしたる滑動型及全部抵抗線輪を用ひたる抵抗線輪型と二種あり。クロムプトン電位差計は前者に屬し、オット、ウオルフ電位差計は後者に屬す。

電位差計にて直接測り得べき電壓は 1.5 ヴォルト以下にして夫れ以上の高電壓を測る場合にはヴォルト函と稱する高抵抗に數組のタップを設けたる抵抗函を用ひ、測るべき電壓を其兩端に接續し、其一部分の電壓降下を電位差計にて測り、其ヴォルト函の抵抗の測定電壓に接續せる部分と電位差計に接續せる部分との比を乘じて其電壓を知り得らる。又電流を測定するには其電流を標準抵抗器に通じ、其兩端の電壓降下を電位差計を以て測れば其電流の値を定め得。而して電位差計は電壓降下法の原理を用ふるものなる故抵抗の測定特に低抵抗の測定に使用し得らる。電位差計に依て直流電力を測定するにはヴォルト函を使用して其回路の電壓を測り、次に標準抵抗器を用ひ電流を測れば回路の電力を測定するを得。

上述の如く電位差計を用ふれば電壓、電流、電力及電氣抵抗を精密に測定し得る、故に諸種の測定器の試驗及目盛等に多く使用せられる。

（第　二　級）

問題（1）　布設したる地中電纜(cable)の一線條の漏電個所を見出す適當なる方法の一を說明せよ。

解答　此所にては試驗捲線 (Exploring coil) によりて見出す方法を述べん、漏電の生じたる電纜の一端を斷續電流 (Interrupted current) の電源に接續し、他端を接地せよ、而して試驗捲線と名附けたるインダクタンスコイルを其鐵心が電纜と直角をなす如く地上に支持して電纜に沿ふて動かし、其捲線の兩端を電話の受話器に結び、インダクシヨンによりて生ずる音を聞け、此音は斷續電流の電源と漏電個所の間に於ては聞く事を得れども、其他の場所にては聞く事を得ざるを以て、受話器に音を聞かざるに至りし附近に於て漏電個所ある事を知るべし。

問題（2）　指示電力計 (Indicating wattmeter) を用ひて交流電力を測定するに當りて生ずる最も普通なる誤差の原因如何。

解答　最も普通に生ずる誤差は電力計の電壓捲線の自己誘導係數に因るものにして、電壓捲線に自己誘導あるときは其内に通る電流 i は供給電壓と同相ならずして或角丈け遲る、從て電力計の指示は、回路の電流を I、力率を $\cos\phi$ とすれば

$$W' = EI\cos(\phi-\delta)$$

なり。然るに眞の電力は $EI\cos\phi$ なる故電壓線輪の自己誘導係數に因る誤差

$$a = \frac{EI\cos(\phi-\delta)}{EI\cos\phi} - 1$$

$$= \frac{\cos(\phi-\delta)}{\cos\phi} - 1$$

$=\cos\delta+\tan\phi\sin\delta-1$

實際に於ては δ は小なる角にして $\cos\delta$ は 1 と見做し得るが故に

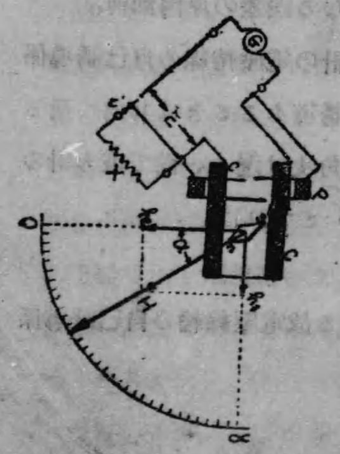
$\alpha=\tan\phi\sin\delta$

此式によりて直に知り得る如く回路の力率大なる場合には α は比較的小なれども力率の小なる場合には α は大となるものなり。尙此誤差は周波數に依て變化する事勿論なり。

此外計器に使用せられたる金屬部分に渦流を發生して多少の誤差を生ず、此誤差も周波數に依て變化すべき性質のものなり。

問題(3) オーム計 (Ohmmeter)の構造原理を說明せよ。

解答 オーム計は高抵抗又は絕緣抵抗を測定する計器にして、其指針は直にオーム又はメグオームを指示す。圖は其構造並に接續の大略を示す。



Pは電壓線輪で之と直角の位置に ∞ なる電流線輪あり、其中心に小磁針ありて之にアルミニユーム製の指針を取付けあり。別に計器に附屬すき手働小發電機あり。今測るべき抵べ抗 X 及發電機を圖の如く接續して發電機を回轉せしむれば電壓線輪及電流線輪に電流通じ圖

の如き方向に磁場 h_1 及 h_2 を生ず。此 h_1 は P に流るる電流、從て X の兩端に與へられる電壓 E に比例す、又 h_2 は電流線輪及 X に通ずる電流 i に比例す。而して指針は h_1 と h_2 との合成磁場 H の方向に偏れる、今 α を圖の如く磁針の軸の O 點よりの偏れの角とすれば

$$\tan\alpha=\frac{h_1}{h_2}=k\frac{E}{i}=kX$$

故に $X=K\tan\alpha$

即ち抵抗 X は指針の零點よりの偏れの角の正切に比例す。若し X が零ならば E は零にして指針は零を指示し、X が無限大ならば i は零にして $\tan\alpha=\infty$ となり指針は零點より 90° 偏れる即 ∞ を指示す。

(第 三 級)

問題(1) 交流電壓を測るに適する諸種の電壓計を擧げ其何故に適當なるかを說明せよ。

解答(α) 靜電電壓計、此電壓計は反對の充電を有する物體は互に吸引し、同樣の充電を有する物體は相反撥する理を應用したるものにして此靜電力は二物體の電位差の二乘に比例するを以て直流にも交流にも用ふるを得。此型の電壓計は高電壓を直接測定し得るの特長あり、而して直流に用ふる時は計器に電流通せず、交流に用ふる場合にも只少量の充電々流を要するのみなり、且交流の周波數及波形の影響なく外部磁界のため計器の確度を變せず、

直流にて目盛せるものを交流に使用し誤差を生ずる事なし、只此型の電壓計は可動部分の重さに比し回轉力が少なく摩擦による誤差は多少免れず。

(b) 誘導型電壓計、此計器の原理は交流によつて回轉磁界を生せしめ其磁界内にある可動金屬板に渦流を生せしめ、此渦流と磁界との相互作用により回轉力を生ずるものなる故、交流回路に限り使用せらるべきは勿論なり。

此型の計器は其内に鐵を含むが故に其指度は周波數によりて變化し且温度の影響を受くる缺點を有す、然し外部磁界の影響を受くる事少なく可動部分の構造簡單にして可動部分へ電流を導く裝置を要せず且可動圓板の位置如何に係らず回轉力等しく目盛の範圍を大にし得る特長あり。

(c) 熱線電壓計、之は電線に電流を通ずるとき其電流によりて生ずる熱の爲電線は伸張す、其電線の伸びを以て之に通ずる電流或は電壓を測るものなり、而して電流によりて生ずる熱は電流の二乘、從て電壓の二乘に比例するものなるが故に方向に關係なく直流は勿論交流回路にも使用し得らる、此計器は直流にて目盛したるものを直ちに交流に用ひて殆ど誤差を生せず、交流の周波數波形及外部磁界の影響を受けざれども比較的消費電力の大なる事と氣温の變化によりて零點の變化する缺點を有す。

(d) 可動鐵片型電壓計、此電壓計は線輪に通る電流に由て生ず

る磁力線が軟鐵片に作用する力を應用したるものにして喞子型(plunger type) 軟鐵計器、トムソン傾斜線輪型計器、及マグネチック、ヴエン型計器等諸種の型式のものあれど何れにありても其力は電流の方向に無關係なる故直流にも交流にも用ひらる。

此型の電壓計を交流に使用するときは磁界内に鐵を含むを以て其中にヒステリシス及渦流損失を生じ且線輪のインダクタンスも大なる故交流と直流との指示は同一ならず。又インダクタンスは比較的大なる爲周波數の影響あり、併し構造簡單にして且價格も低廉なるため多く用ひらる。

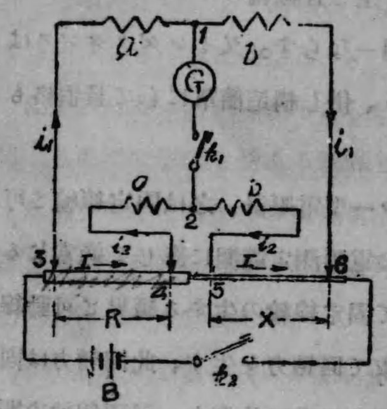
(e) エレクトロダイナモメーター型電壓計、之は固定線輪と可動線輪を直列に接續し更に計器の電壓測定範圍に應じて適當なる直列抵抗を接續したるものにして固定線輪の生ずる磁界と可動線輪に通ずる電流との相互作用に依て回轉力を生ず、此回轉力は固定線輪並に可動線輪に流れる電流の二乘に比例し、又兩線輪の關係的位置に依て變化する故、其目盛は均等ならず。此電壓計にては電流の方向を變ずるも固定線輪及可動線輪を通ずる電流の方向は同時に變化し可動線輪に働く回轉力の方向は變らず、從て直流及交流に用ひ得らる。過當に設計されたる電壓計にては交流の波形及普通使用せられたる範圍の周波數にては實用上誤差を生せず此型の計器は實驗用として多く使用さる。

尙ケルヴインのヴオルト衡も此型に屬するものなる故、交流直

流共に用ひ得るも實驗室用として僅かに用ひらるるのみなり。

問題(2) 數尺の送電線條の如き微小なる抵抗(low resistance)を測るに適する方法の一を擧げ且其何故に適當なるかを說明せよ。

解答 低抵抗を測定する場合にホヰートストンブリッヂを用ふる時は導體の接合點に於ける接觸抵抗の影響の爲測定の結果を不正確ならしむる缺點あり。斯くの如き低抵抗の測定にはケルヴインのダブルブリッヂを使用すべきなり。此ブリッヂにては抵抗の不定なる接合點は之をブリッヂの外部に除去し且接觸抵抗の加はる回路に高抵抗を結び其影響を小になしあり。圖は其接續を示すものにして a,b は抵抗にて等價のものを二箇宛接續せられ、R は標準抵抗にして未知抵抗 X を之と比較す。



先づ k_2 を閉ぢ次に k_1 を閉ぢてガルバノメーター G が偏れなくなる迄 X 又は R 上の接觸點を移動せしむれば

$$X = R\frac{b}{a}$$

となる。X の長さ及び R の値は目盛に依て精密に測定し得る、而して各接續點を含む回路には a,b 等の高抵抗が接續せられ電池と抵抗の接合點、R と X との接合點は共にブリッヂの外にある故、其抵抗はブリッヂには影響を及ぼさず。G に電流が通せざる時即平衡を得たる時には 1 と 2 とは同電位にして從て1234なる回路に於ては次式が成立する

$$i_1a - i_2a - IR = 0$$

或は $a(i_1 - i_2) = IR$ ……(1)

又 1256 の回路に於ては

$$i_1b - IX - i_2b = 0$$

或は $b(i_1 - i_2) = IX$ ……(2)

(1)及(2)より

$$\frac{X}{R} = \frac{b}{a}$$

即ち $X = R\frac{b}{a}$

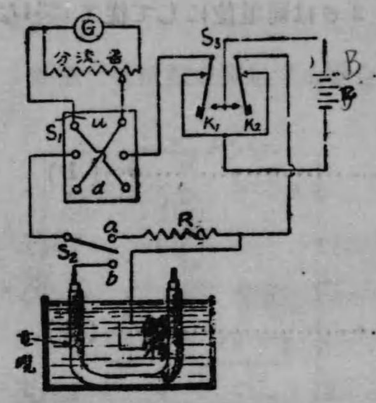
となる。

問題(3) 電纜 (Cable) の絶緣抵抗測定方法及測定に要する注意を記載せよ。

解答 電纜の絶緣試驗に當つては其被覆の缺點を充分に發見し易き樣全部を水中に浸したる後、水槽中に入れて相當に高き電壓を以て試驗する必要あり。被覆導體を水中に浸しる時は心線と水とを導體とし被覆を絶緣物とする蓄電器を形成する故、電路を開閉する瞬間には充電又は放電々流が回路に流るゝを免れず、故に

測定は電路の開閉後小時間を經て電流が平靜に復したる後之を行はざるべからず。

今次にダイレクト、デフレクション法を説明す。圖に於てGは高抵抗のガルバノメーター、S_1・S_2・及 S_3 は切替開閉器、B は電池、R は標準高抵抗なり。圖の如く、G には分電器を入れ其の感度を調整す（但し理論の説明には便宜上分流器なきものと假定す）。先づS_1 を u 又は d に入れ、S_2を b に入れK_1 又は K_2 を押下すれば B, G 及電纜は直列となる、此時に流るる電流は電纜の絶縁の缺點より漏洩電流にして同時に靜電容量の爲充電々流通じガルバノメーターを燒損する患ひあるを以て充分に注意せざるべからず。暫時の後充電々流の消失したる時に分電器調整してGの感度を高くして其偏れを讀み、次に K_1 又は K_2 により前と反對の方向に電流を通じて再びGの偏れを讀み是等の平均を a_x とし、電池の電壓を V とすれば



$$K_x a_x = \frac{V}{X}$$

Xは電纜の絶縁抵抗、K_xはガルバノメーター（分流器を含む）の常數なり。次に S_2 を a に切替へ回路に R を入れて前同樣に

二回試驗し其讀みの平均を a_r とし、K_r を此場合のガルデノメーターの常數とすれば

$$K_x a_x = \frac{V}{R}$$

此二式に依り　$\frac{K_r a_r}{K_x a_x} = \frac{X}{R}$

故に　$X = R\frac{K_r a_r}{K_x a_x}$

之に依て X を R と比較し得る。此試驗に於て電流の方向を變ずる前に G 及電纜を短絡して放電せしむる必要あり、又絶縁抵抗は温度に依て變化するを以て水の温度を一定に保つ必要あり。又心線の一端は充分に絶縁して濕氣の浸入を防ぐべきなり。

試驗前に電纜の長さ l を測りて置けば單位長に對する絶縁抵抗 X_0 は次の如くなる。

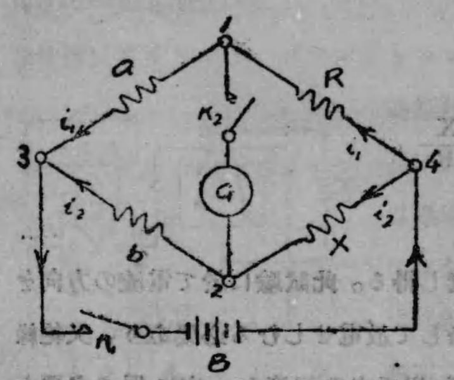
$$X_0 = \frac{X}{l}$$

（第　四　級）

○問題（1）「ホキートストン、ブリッヂ」(Wheatstone Bridge)に依る電氣抵抗測定の原理を説明せよ。

解答　圖はホキートストン、ブリッヂの接續圖なり、此圖に於て ab 及 R は已知抵抗、X は測るべき未知抵抗、G はガルバノメーター、B は電池なり。先づ K_1 及 K_2 なる電鍵を兩方共閉ぢても G が偏れなくなる迄 R の値を變じて調整す、但し電池の電鍵 K_1 は常にガルバノメーター用電鍵 K_2 を閉ずる前に閉ぢて

置く事肝要なり、而らざれば試驗回路の自己誘導又は靜電容量の爲めガルバノメーターを燒損する虞あり。



斯くして平衡を得たる時には 1−2 間は無電流なるを以て 4−1 を通る電流は其儘 1−3 に、4−2のものもは其儘 2−3 に流れる。今是等の電流を夫々 i_1 及 i_2 とすれば 1 と 2 とは同電位なり、即 4−1 間の電位差は 4−2 間の電位差に等しく、1−3 間の電位差は 2−3 間の電位差に等しい

今 $v_1.v_2.v_3$ 及 v_4 を各點の電位とすれば

$$v_4-v_1=v_4-v_2$$

$$v_1-v_3=v_2-v_3$$

且オームの法測に依り $v_4-v_1=i_1R$

$$v_4-v_2=i_2X$$

$$v_1-v_3=i_1a$$

$$v_2-v_3=i_2b$$

是等の値を前の二式に代入すれば

$$i_1R=i_2X \quad i_1a=i_2b$$

となり此二式より $aX=bR$

或は $X=\frac{b}{a}R$

而して此式はガルバノメーターと電源との位置を轉換しても等しく異なり。

之に依て X の値を知る事をう、實際に於ては a と b とは 10 の倍數なる故 R の値より直ちに X の値を讀み得る樣になれり。

問題(2) 指示電力計 (Indicating wattmeter) の構造を說明せよ。

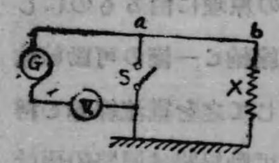
解答 指示電力計にはダイナモメーター型誘導型及熱線型等あれど最も多く使用せらるゝはダイナモメーター型にして之は交流直流共に用ひ得べきものにして誘導型も相當に用ひらるれども之は交流回路にのみ使用し得るものにして熱線型は使用せらるゝ事稀なり。

ダイナモメーター型はダイナモメーターの原理に由るものにして單相式のものにては一個又は二個の固定線輪と一箇の可動線輪とよりなる、固定線輪は回路の全電流を通じて之を電流線輪と稱へ太き線を使用し、其捲數比較的少なく、可動線輪は回路の兩幹線間に接續せられ之を電壓線輪と稱へ極めて細き電線を用ひ其捲數は比較的多し。電壓線輪には其計器の規定電壓に應じて適當の値を溫度の係數少なき無誘導抵抗を直列に接續す。可動線輪は固定線輪の內部に在て上下の軸にて支持せられ自由に回轉し得らる而して軸の兩端には螺旋狀彈條を取付けられ、之に依て線輪ハ電

流を導くと同時に制御作用を營むものなり。可動線輪の軸にはアルミニユーム製の指針を備へ、兩線輪に電流通じて其相互作用によりて可動線輪が彈條の力に反對して動くときは同時に指針は目盛盤に沿ふて偏れ、兩線輪に通ずる電流による回轉力と彈條に依る制御力と平衡する位置にて靜止す。其偏れは回路の電力に比例す、可動部分にはアルミニユームの翼を附け指針の運動に從て之を空筒又は空函を移動せしめ其空氣の抵抗に依て指針の運動を制御す。

問題(3)　己知抵抗 (Known resistance)の電壓計一個を用ひて單線式電路の絶縁抵抗を使用電壓にて測定する方法を説明せよ。

解答　圖に於て X は測定すべき絶縁抵抗を代表し、G は使用電壓 E ヴォルトを發生する發電機、V は已知抵抗の電壓計、S は開閉器なり ab は試驗すべき單線式電路其一端 b は開いて置く。先づ開閉器 S を閉ぢて電壓計の讀み V_1 をとり、電壓計の抵抗を R とすれば



$$V_1=E$$

次に S を開いて電壓計の讀み V_2 をとれば

$$V_2=\frac{E}{R+X}R$$

但し電源の内部抵抗及導線の抵抗等は R 及 X に比して甚だ小なる値なる故、之を無視す。

上の二式依り $\frac{V_1}{V_2}=\frac{R+X}{R}=1+\frac{X}{R}$

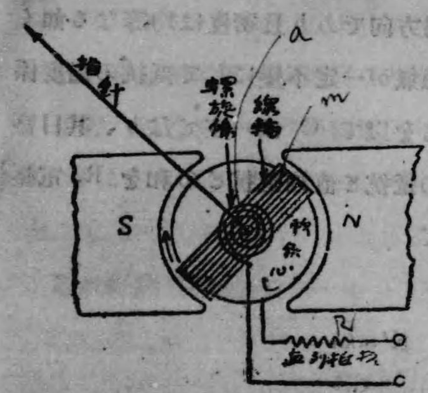
故に　$X=R\left(\frac{V_1}{V_2}-1\right)$

となる、此式に依て直に電路の絶縁抵抗を見出し得らる。

(第　五　級)

問題(1)　直流電壓計の一種に就て其原理を説明せよ。

解答　最も廣く用ひらるゝ直流電壓計は可動線輪型ダルソンバル、ガルバノメーターの原理に基きて製作せられたものにしてウエストンの計器は其代表的のものなり。圖は其原理を示す、之はアルミニユーム枠に銅線を捲きたる輕き矩形の線輪を其上下のピボット及寶石軸承にて支持し、線輪は軟鐵心と特殊の形をなせる耐久磁石の兩極片間の際を回轉し得る樣になりたる線輪へ直角に輕き指針を取付けあり。線輪へ電流を導き、且指針の運動を制御する爲に線輪の上下に螺旋狀の彈條を取付けあり、而して目盛盤は直ちにヴォルトを讀み得る樣に目盛せらる。



線輪に電流が通ずれば其電流と空隙の磁界との相互作用により線輪に働く回轉力は電流と磁界の強さとに正比例し螺旋條による

反對の方向の回轉力即制御力は線輪の原位置よりの回轉角度に比例す、而して此二力の相等しき位置にて靜止す即

$$C\alpha = kih$$

但し $C\alpha$ は螺旋條の捻回モーメント、kih は電働モーメント (electrodynamic moment) α は偏れの角、i は線輪に通ずる電流 h は磁界の强さなり。

ウエストンの計器にては空隙の磁束の方向は線輪の如何なる位置に於ても常に線輪に對して同方向であり且密度は均等なる如く設計さる、而して耐久磁石の磁氣が一定不變にして抵抗の溫度係數が微少で殆ど零と見做し得るを以て C は一定となり、其目盛は均等目盛なり、從て今線輪の抵抗と直列抵抗との和を R. 電壓計の兩端の電壓を V とすれば

$$C\alpha = khi = K'i$$

$$= K'\frac{V}{R} \quad 但し \quad K' = kh$$

故に $V = \frac{CR}{K'}\alpha = K\alpha$ 但し $K = \frac{CR}{K'}$

即指針の偏れは電壓に正比例す。尙前近の可動線輪枠は金屬製なるを以て同時に制動裝置として作用す。

問題(2) 直流三線式電路に於て電燈球を各線と大地との間に順次挿入せしに外線の一なる甲に於ては電燈の光輝最も大に中間線に於ては其光輝之に次ぎ他の外線丙に於ては光輝なし、三線中何れの線に漏電最も多きや。

解答 甲線及び乙線には漏電殆んど無く、丙線の漏電最も多し。若し甲及乙線に多少にても漏電ありとすれば丙線の電灯にも光輝あるべきなり。甲線に接續した場合に光輝最も大なるは電壓最大なる甲丙兩外線間に電灯を接續したると同一の狀態となり、乙線に電灯を接續したる場合には乙丙間に電灯を接續したる狀態となり從て電壓は前の場合よりも低く、電灯の光輝も少き理なり。

問題(3) 甲乙兩幹線と大地間の絶縁抵抗を夫々測定せるに甲は 350,000「オーム」乙は 150,000「オーム」を示せり、兩幹線と大地間の合成絶縁抵抗は幾何なりや。

解答 甲乙兩幹線の絶縁抵抗を夫々 R_a 及 R_b とすれば R_a と R_b とは並列に大地と幹線との間にある故其合成絶縁抵抗は次の如くなる

$$合成絶縁抵抗 = \frac{1}{\frac{1}{R_a}+\frac{1}{R_b}} = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b}$$

$$= \frac{350{,}000 \times 150.000}{350{,}000 + 150{,}000}$$

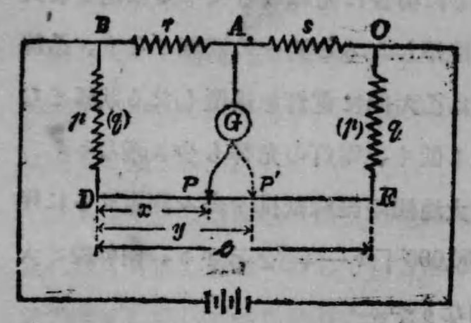
$$= 105{,}000 \ オーム$$

大正元年度

(第一級)

問題(1) 「ケリー、フオスター、ブリッヂ」(Carey Foster Bridge) の原理及び用法を説明す可し。

解答　(Carey Foster Bridge) は殆ど相等しき二つの抵抗の差を正確に測定するものにして、或値の抵抗を同値の標準抵抗と比較して其誤差を定め或は標準抵抗の寫をとる等に使用せらるゝものなり。



初め其の原理を述べんに第一圖に於て

p及q……比較せんとする相等しき二抵抗

r及s……他の二抵抗

DE……太さ一様なる金屬線にて此上を(slide)する金屬片によりて電流計Gは線上の任意の一點に接續し得。

今金屬片を DE 線上に(slide)せしめて P なる位置にて電流計の平衡は得たるものとし、p 及 q に附屬せる結合線及接觸等の合成抵抗を夫々 α 及 β とし、金屬線の單位の長さの抵抗を ρ とす、DP$=x$ とすれば

$$\frac{r}{s}=\frac{b+\alpha+\rho x}{p+\beta+\rho(l-x)}$$

故に $\dfrac{r+s}{s}=\dfrac{p+\alpha+\rho x+q+\beta+\rho(l-x)}{p+\beta+\rho(l-x)}$

$$=\frac{p+q+\alpha+\beta+\rho l}{q+\beta+\rho(l-x)}\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

次に p と q を置換へて、P′ にて平衡を保ちたりとすれば

$$\frac{r}{s}=\frac{q+\alpha+\rho y}{p+\beta+\rho(l-y)}$$

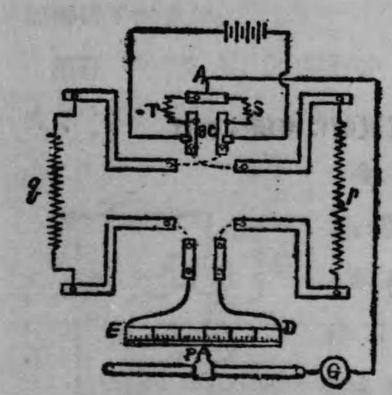
$$\therefore\ \frac{r+s}{s}=\frac{p+q+\alpha+\beta+\rho l}{p+\beta+\rho(l-y)}\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

(1)(2)より

$$q+\beta+\rho(l-x)=p+\beta+\rho(l-y)$$

$$q-\rho x=p-\rho y$$

$$p-q=\rho(y-x)$$

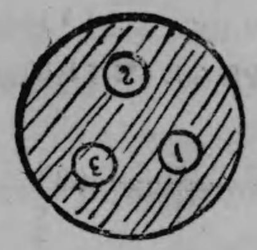


故に ρ は既知なるを以て x と y とを正確に測ればよし。

次に使用法を述べんに第二圖に示せるごとく p·q を置換せしむるために點線にて示せるごとくなす DE は尺度を有し金屬片 P の點端にて正確によむ様にせらる。

問題(3)　圖の如き三心「ケーブル」の二相交流に對する導線一條の容量を測定する方法を述べ、其の原理を説明すべし。

解答　三心ケーブルの三線を(1)(2)(3)とす、今各電線の一センチメートルの有する電氣量を q_1, q_2, q_3, 及び電位を V_1, V_2, V_3とすれば



$$q_1=k_{11}V_1+k_{21}V_2+k_{31}V_3$$
$$q_2=k_{12}V_1+k_{22}V_2+k_{32}V_3$$
$$q_3=k_{13}V_1+k_{23}V_2+k_{33}V_3$$

而して三相交流にては對照なる故

$$k_{11}=k_{22}=k_{33}$$

$$k_{12}=k_{13}=k_{31}=k_{21}=k_{23}=k_{32}$$

$$V_2+V_3=-V_1$$

故に　$q_1=k_{11}V_1-k_{12}V_1=(k_{11}-k_{12})V_1$

今 C_1 を(1)の容量とすれば

$$C=\frac{q_1}{V_1}=k_{11}-k_{12}$$

次に(3)を接地して(1)(2)を電氣的に接續すれば

$$V_1=V_2\quad V_3=0$$

なる故

$$q_1=k_{11}V_1+k_{21}V_2=V_1(k_{11}+k_{21})$$
$$q_2=(k_{12}+k_{11})V_1$$
$$q_1+q_2=2q_1=2V_1(k_{12}+k_{11})$$

このときの容量を k とすれば

$$k=\frac{q_1+q_2}{V_1}=2(k_{12}+k_{11})$$

$$\therefore\quad k_{12}=\frac{k}{2}-k_{11}$$

$$C=k_{11}-k_{12}$$

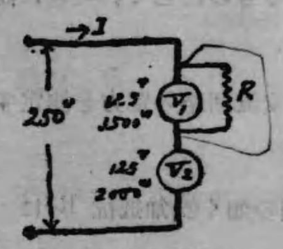
$$=k_{11}-\frac{k}{2}+k_{11}$$
$$=2k_{11}-\frac{k}{2}$$

故に k 及 k_{11} を測れど可なり即ち傾斜法によつてなすものなり。

(第二級)

問題(3)　二個の電壓計あり共に 125「ヴオルト」迄讀み得るものにして其一個の抵抗は 3500「オーム」他の抵抗は 2000「オーム」なり、今此兩器を用ひて 250「ヴオルト」迄測り得しむるには如何にすべきか。

解答　V_1 及 V_2 を 125volt を讀み得る電壓計とし其の抵抗を夫々 3500 オーム及 2000 オームとす。



今 V_1 V_2 をこのまゝにて直列に接續す、各の抵抗異るを似て兩者の指示異なる故其の抵抗を同一になすを要す。其の爲には V_1 に平列に他の抵抗を入れ其の合成抵抗が V_2 の其れに等しくすれば宜し。故に其 R を求むれば

$$\frac{1}{\frac{1}{R}+\frac{1}{3500}}=2000$$

$$\frac{1}{R}+\frac{1}{3500}=\frac{1}{2000}$$

$$\frac{1}{R}=\frac{1.5}{7000}$$

R=4666.6 オーム

(第　三　級)

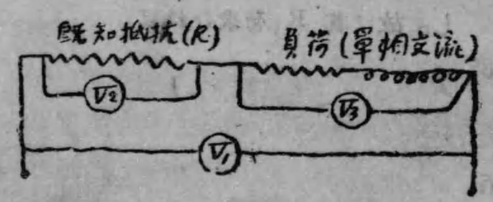
問題(2) 熱線電壓計は高壓用として不適當なる理由を記せ。

解答　一般に電壓計にて測る電壓をE「ヴオルト」其の電流をI「アムピア」とすれば EI「ワツト」が其の計器内の電力損失にして其れが大なるときは電力損失大にして從つて其のセリース抵抗の發熱大にして放熱困難となる、故に其れを出來る限り小とせざるべからず。

然るに高壓にてはE大なるを以て其の條件を滿足せしむるためにはIを小とせざるべからず、然るに熱線電壓計は其の構造上微小の電流にて良好に動作することを得ざるものにして、ために高壓用とならず。

問題(3) 三個の電壓計を用ひて單相交流回路の電力を測定する方法を述べよ。

解答　$V_1 V_2 V_3$ を三個の電壓計とし圖の如く既知抵抗 R に V_2 を負荷に V_3 を全體に V_1 を結びたるものとす。而して



$V_1 V_2 V_3$ を實効値

$v_1 v_2 v_3$ を瞬時値

i を電流の瞬時値

w を負荷の電力の瞬時値$=v_3 i$

W を其の實効値とす

$$\therefore\ v_1^2=v_2^2+v_3^2+2v_2v_3$$

$$v_1^2=v_2^2+v_3^2+2v_2v_3$$

$$\frac{1}{T}\int_0^T v_1^2dt=\frac{1}{T}\int_0^T v_3^2dt+\frac{2}{T}\int_0^T v_2v_3dt$$

$$V_1^2=V_2^2+V_3^2+\frac{2}{T}\int_0^T v_2v_3dt$$

然るに　$Ri=v_2$　なる故

$$\frac{2}{T}\int_0^T Riv_3dt=\frac{2R}{T}\int_0^T wdt$$

$$=2RW$$

故に　$W=\frac{1}{2R}(V_1^2-V_2^2-V_3^2)$

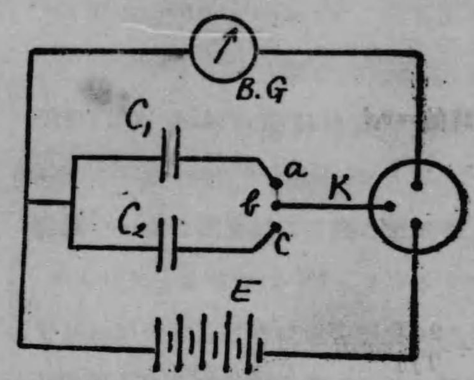
(第　四　級)

問題(1) 同期表示器の一種に就き其の構造及原理を說明せよ。

解答　大正二年度第二級電氣及磁氣測定問題(3)を見よ。

問題(3) 二個の蓄電器の容量を比較する方法の原理を記述せよ。

解答　圖に示せる如く接續す。



B.G —Ballistic galvanometer

C_1, C_2—比較せんとする condenser

K — 電鍵

E — 電池にして其の電壓を表す。不變なりとす。

今電鍵を ab に結び C_1 を充電し、後放電するときは、其の量に應じて B. G. の針が動く故に q_1 を其の電量とし、α を其の時の振れとすれば

$$q_1 = C_1E = \frac{\alpha}{K}$$

K は B.G につき一定の値にして豫め角度に對して電量が測られたるものなり。

同樣に ca を閉ぢて後放電すれば次の事が成立す。

$$q_2 = C_2E = \frac{\alpha'}{K}$$

$$\therefore \quad \frac{C_1}{C_2} = \frac{\alpha}{\alpha'}$$

（第　五　級）

問題（1） 電流計（galvānometer）を用ひて絶縁抵抗を測定する方法を說明せよ。

解答　電流計を用ひて絶縁抵抗を測定する方法は或は既知の高

抵抗のものと、測定せんとするものと各電流を通じせしめこの各の電流計の振れに依りて知るものなり、今 r は既知抵抗、x は計らんとする絶縁抵抗、K を電鍵、B を電池とすれば、初め r のみを接續して K を閉づるとき及び x のみを接續したるときの電流計の振れを各々 $\alpha\alpha'$ とすれば

$$x = \frac{\alpha}{\alpha'} r \frac{\ell}{\ell'}$$

にて x を求めらるべし。

但 x が cable のときには電氣容量あるを以て、電流計に點線にて示すが如き短絡電鍵 K_1 を以て K を閉づる前に一二度開閉す可し、而して充電流をして電流計を通らしめざるを要す。

a 點はこのときは內部導體にして、b は內部の絶縁物に相當すべし。

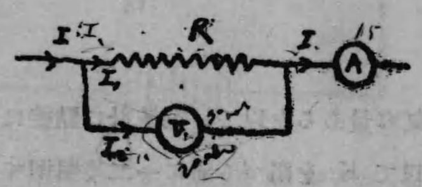
問題（2） 標準電壓計を用ひて電壓計を檢定する方法如何結果を如何に記錄するを便とするか。

解答　標準電壓計を使用して他の電壓計を檢定するためには、起電力を任意に變じ得る電源に兩電壓計を並列に接續して、其の電源の電壓を漸次に大より小にかへ、其の度毎に兩者の度盛をよみ、其の差をとればよろしい、而して其の差（檢定すべきものより標準電壓計のものを引きたる差）に正負をつける。

又其の兩者の目盛を一方を橫軸に他方を竪軸に取りて曲線にてかけば一目瞭然たるべし。

問題(3) 次の如き接續を以てRなる抵抗を「アムペア」計と電壓計とを用ひて計りしに 15ampere 30volt を示せり。而して此電壓計の抵抗甚だ小にして僅かに 20 オームなりと云ふRを計算せよ。

解答 $I_1+I_2=15$ ……(1)



$I_1R=30$ ……(2)

$I_2\times 20=30$ ……(3)

(3)より $I_2=1.5$

(1)より $I_1=15-1.5=13.5$

(2)より $R=\frac{30}{13.5}=2.22$ ohms.

大正二年度

(第二級)

問題(3) 指針を有する同期檢定器 (Synchronoscope)の一種につきて其構造及原理を説明せよ。

解答 指針を有する同期檢定器の一種たる可動線輪型につき理論及構造を記す可し。

總て同期檢定器は交流發電機の竝行運轉を爲す場合に於て兩發電機位相の一致と速度の差を知るものにして此の型の構造は一見電力計型力率計の構造と類似し唯力率計の場合に電流捲線として用ひたる固定線輪を同期檢定器の場合に於ては他の發電機の母線

に接續するを異にするものなり。

斯の如き場合に於て若し兩發電機の周波數に差違を生ずるときは兩電壓間の相差は時と共に絶えず變化するを以て從つて可動線輪は一定の位置に靜止する事を得ずして絶えず一方に廻轉す可く若し兩方の周波數一致せば可動線輪は其時の兩電壓の相差に相當する位置に靜止す可し。更に兩電壓の位相も一致する時には可動線輪は力率計に於て回路の力率一なる時に可動線輪の靜止す可き位置に止まり、可動線輪に附したる指針は測定器前面に記せる同期の記號を指すべし。故に發電機の速度を漸次化して指針が此記號の位置に來り靜止するを待ちて竝行運轉を爲さしむるものとす。而して其靜止する迄に指針の廻轉する方向に依り何れの發電機が早きかを確むる事を得べく、又廻轉速度は兩發電機の速度の差を表す可し。何となれば今指針の靜止するは二つの電壓間の相差角 φ と指針の偏れ θ とが等しき時なり。即ち

$$\varphi=\theta$$

而して二つの電壓が同相にある時より時間 t を經たる時に於て兩電壓の相差は f_1 f_2 を二つの周波數とせば次の如き關係あり

$$\varphi=2\pi f_1 t-2\pi f_2 t=2\pi t(f_1-f_2)$$

$$\therefore\ \theta=2\pi t(f_1-f_2)$$

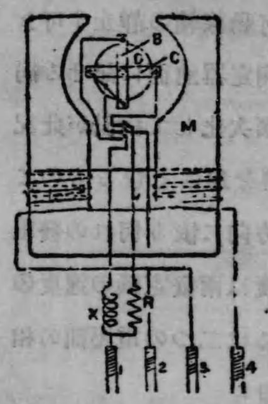
$$\frac{\theta}{t}=2\pi(f_1-f_2)$$

$\frac{\theta}{t}$ は指針の廻轉速度なり、之を w とせば

即ち指針の廻轉速度は二つの周波數の差に比例し $f_1 \neq f_2$ なるに從ひ指針は何れか一方に廻轉し、$f_1=f_2$ の時靜止す可きを知る。

構造の說明に米國ウエスチングハウス製のものをとれば圖の如し。

Mは二極を有する鐵心にして之に施せる捲線は3,4のターミナルに依り、運轉中の發電機の兩極又は母線に接續す、廻轉力を大にするために線輪に對して成層鐵心を用ふるものなり、其鐵心の空隙中にて自由に廻轉する他の鐵心Dに互に直角の方向にある二箇の捲線 B, C を裝置し、其一方 C には抵抗 R を他方 B には誘導X を接續したる上並列にして之を 1,2 のターミナルに依り始動せんとする發電機に接續するものとす。



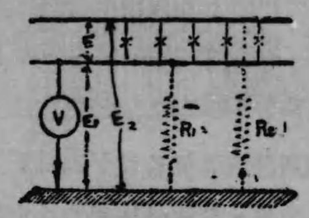
Dに指針を附し、此指針が此外型に於て記せる指針と一致するときを以て同期たらしむ。

尙三相式二相式の場合には一相のみに對して此同期檢定器を接續するものなり。

（第　三　級）

問題（2）　送電中の直流二線式電線路の絕緣抵抗を既知抵抗を有する直流電壓計一個を用ひて測定する方法を說明せよ。

解答　送電中の直流二線式電線路の絕緣抵抗を求むるためには次の方法を用ふ。



一箇の既知抵抗の電壓計（可動線輪）型を圖の如くVとして交互に各線と大地間及び兩線間の電壓を測定するものとす。

R_1 及び R_2 を各線の絕緣抵抗とし、E_1, E_2 及び E を各回路の電壓計の讀みとせば Rv を電壓計の抵抗として、次の如くにして R_1 及び R_2 を求め得べし。今 i_1 及び i_2 を各回路の漏洩電流とせば

$$E_1=E-i_1R_2$$

而して

$$i_1=\frac{E}{\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_V}}+R_2}$$

又　$E_2=E-i_2R_1$

$$i_2=\frac{E}{\frac{1}{\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_V}}+R_1}$$

是等の關係より

$$\frac{E-E_1}{E_1}=R_2\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_V}\right)$$

$$\frac{E_1-E_2}{E_2}=R_1\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_V}\right)$$

或は $$\frac{E}{E_1}=\frac{R_2R_V+R_1R_2}{R_1R_V}+1$$

$$=\frac{R_1R_2+R_1R_V+R_2R_V}{R_1R_V}$$

$$\frac{E}{E_2}=\frac{R_1R_V+R_1R_2}{R_2R_V}+1$$

$$=\frac{R_1R_2+R_1R_V+R_2R_V}{R_2R_V}$$

$$\therefore\ \frac{E_1}{E_2}=\frac{R_1}{R_2}$$

此關係を上式に代入して

$$R_1=\frac{\{E-(E_1+E_2)\}R_V}{E_2}$$

$$R_2=\frac{\{E-(E_1+E_2)\}R_V}{E_1}$$

より R_1 及び R_2 の値を別々に求むる事を得べし。故に全部の一線路の大地に對する絶縁抵抗Rは

$$R=\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}}=\left(\frac{E}{E_1+E_2}\right)R_V$$

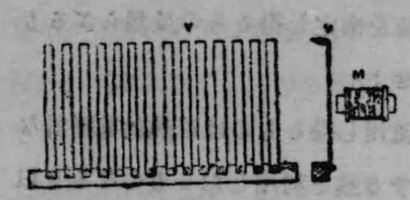
に依りて計算する事を得べし。

問題(3) 周波計 (Frequency meter) の一種に付き原理及檢定方法を述べよ。

解答 交流の周波計には種類多く其の一例として振動型周波計の原理及檢定方法を述べん。

原理 振動片の合調作用を利用して交流の周波數を測定するも

のにして其の構造にも多くの變遷ありてキャムベル周波計は上圖に示す如く多數の軟鐵振動片Vを一列に配置し、之に大なる交流磁石Mを交流電源（周波を計る可きもの）にて勵磁すればVは各異る自然振動周期を有するを以て交流周波數と一致する自然振動周期を有するものが交流電磁石の作用により共振作用を生じ最も大なる振幅を以て振動し其他の鐵片は殆ど振動せず故に之に周波數の目盛をすれば可なり。



尙交流電磁石に直流電磁石を併用し直流によりて生ずる磁界の強さを交流に依りて生ずる磁界の強さに等しからしむれば振動片は成極せられ一周期中最大値の唯一回に於て振動片を吸引し、他の最大値の時には交流直流兩磁界相殺して引力なく、從つて振動片を吸引する事なし。故に振動片の周期と交流の周期と同一なる時にのみ合調を生じ前の二倍の周波數に用ひ得る事明なり。

檢定法 一般に交流の周波數とは一秒間に繰り返す周波の數なるを以て磁極の數 d にして一秒間に n 廻轉を爲す發電機に依りて發生せらるゝ交流の周波數 f は次の如くにして定めらる

$$f=\frac{pn}{2}$$

從つて廻轉計算器を用ひて n を測定し周波計にて測定せるものと一致せるや否に依りて定め得るなり。

（第　四　級）

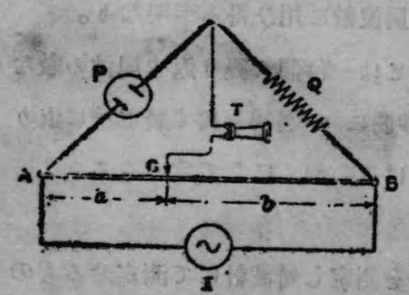
問題（1）　交流電壓計にて直流を檢定し得るもの及然らざるものゝ一種を記載し其理由を説明せよ。

解答　交流電壓計中直流にも使用し得るものは電熱的電壓計なり。是電流のため電線の中に生ずる熱を利用したるものなるを以て直流交流に關係せず總電流の二乘は其發生熱量に比例すればなり。

同じく使用し得ざるものは電磁的電壓計なり。是電流と磁との間の作用を應用せるものにして交流のときは直流のときよりも鐵損失のみ大なる電力を要すればなり。

問題（2）　抵抗を測定するに交流を用ゆるを必要とする場合を擧げ其理由を説明し且其の方法を記載せよ。

解答　抵抗測定に交流を用ふるを必要とする場合は電解液の抵抗を測定するときの如くこの場合は直流によりては電氣分解を生ずれば眞の抵抗を知るを得ず



其の測定法はコールラウシュ、ブリッヂを用ふ。

其の方法は大略振動ブリッヂと同樣にして適當なる容器に充したる液體をブリッヂの一邊に接續し、他の三邊には既知の抵抗及ひ摺動線を置くものとす。

而して電源としては電池の代りに適當なる高周波交流發生裝置を用ひ、又檢測器としては直流用ガルバノメーターに代ふるに適當なる交流檢測器を用ふるものとす。

上圖が其接續を表すものにして P を液體抵抗の値、Q を既知抵抗の値、I を交流電源、T を交流檢測器、AB を摺動線とし、Q の値及び摺動子の位置を變じ、例へば C に於て檢測器に無電流なる條件を發見すればホイートストン、ブクッヂの法則に依りて

$$P=\frac{a}{b}Q$$

よりPを求むるものなり。

（第　五　級）

問題（1）　既知抵抗の直流電流計及直流電壓計を其目盛以上の測定に使用するには如何なる方法を用ふべきや。

解答　直流電流計の場合には、それに並列に抵抗Rを入る可し

Rを入れざるときの電流Iは　$I=\frac{E}{r}$

Rを入れたるときの電流は　$I_1=\frac{E}{\frac{Rr}{R+r}}$

但 E は電壓

$$\therefore\ \frac{I}{I_1}=\frac{R}{R+r}$$

$$I_1=I\left(\frac{R+r}{R}\right)$$

故にRを入れることにより其の測定の範圍大となる。次に直流電壓計の時には、直列にRを入る可し。

然るときは

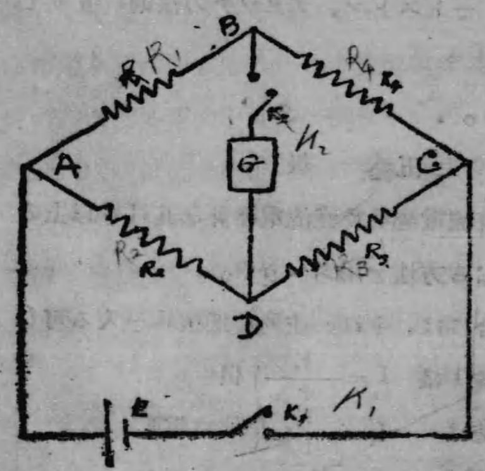
Rを入れざるときの電壓は　$E=Ir$

Rを入れたるときの電壓は　$E_1=I(R+r)$　　Iは電流

故に　$\frac{E}{E_1}=\frac{r}{r+R}$　　$E_1=E\times\frac{r+R}{r}$

卽ちRを入れたるときは其の測定の範圍增加す。

問題(2)「ホイートストン、ブリッヂ」を用ゐて抵抗を測定するに當り先づ電池電鍵を閉ぢ而して後に電流計電鍵を閉ずることを適當とする理由を述べよ。



解答「ホイートストン、ブリッヂ」に於て抵抗を測定するには圖の如き接續をなし K_1 を閉ぢたる場合に於て BD の電位が等しくなりたる時卽ち K_2 を閉づるも電流計が振れを生せざる時

$\frac{R_1}{R_4}=\frac{R_2}{R_3}$ なる關係より求むるものなり。

今 K_2 を初め閉ぢたる後電流を通ずる時には回路中の自己誘導のため各電線の電流は一定の狀態と異なりたる分布をなす、依て

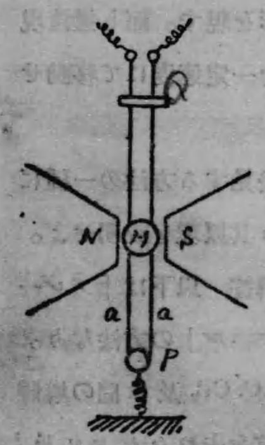
實際 R_1, R_2, R_3, R_4 が上述の關係にある時も電流計は一時振るゝなり。故に必ず K_1 を閉ぢて K_2 を閉づ可きなり。K_1 は E の所のものなり。

大正三年度

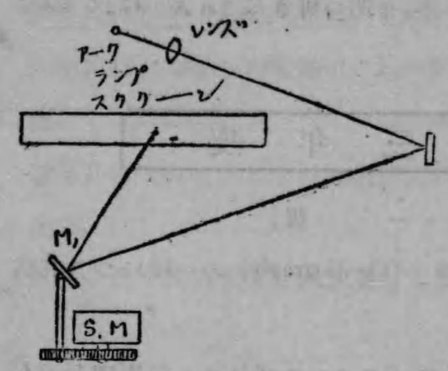
(第一級)

問題(2)「オッシログラフ」(Oscillograph) の一種につき其構造及原理を說明せよ。

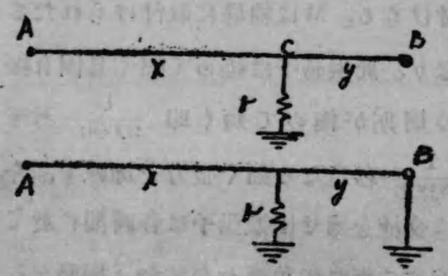
解答　圖は「ダッデル」氏の「オッシログラフ」の原理を示したるものにしたり a, a は二條の金屬線にして上端は Q によりて固定せられ且二條によりて吊さる。下端は P なる象牙の滑車を通り S なるスプリングによりて適當の張力を與へられ金屬線は N なる磁石の間隙に位する如く取付けらる。Mは線條に取付けられたる鏡なり。此振動子は極めて輕く且固有振動の周期が極めて短く卽 $\frac{1}{3,000}$ 乃至 $\frac{1}{10,000}$ 秒となる如く張力を加減す。今 aa に交流を通せば振動子は各瞬間に於て其瞬間の交流の瞬時値に比例する振れの角度をなす如き振動をなす。依つて M に光線を當てスクリーン上に反射せしむれば光點



は水平に振動すべし。故にスクリーンを垂直に一定速度にて移動せしむれば水平及垂直運動が合成して交流の波形を認むる事を得。スクリーンを移動せしむる變りに圖の如くMよりの反射光線を更にMなる鏡によりて反射せしめ此れをスクリーンに當つ。而してM.は測らんとする交流と同じ電源にて運轉せらるゝS.M.なる同期電動機にて回轉せらる。從つてスクリーン上には波形を現す。而し過渡現象に於ける場合には連續帶狀のスクリーンを一定速度にて移動せしむ。



問題(3) 敷設せる地中電纜の地氣點を發見する方法の一種につき其原理を説明せよ。



解答 以下は「ブレーヴキエル」の方法なり。

AC. CB. 及A間の導體抵抗を夫れ々々 x, y 及 l とし地氣の抵抗を r とす但C點に於て地氣を生じたるものとし且大地の抵抗は零なりとす。

先づB端を開きてA點と大地間の抵抗を測り R_1 とす。次にB點を出來得る限り完全に接地してA點と大地との間の抵抗を測り R_2 とす。然る時は

$$R_1 = x + r \quad or \quad r = R_1 - x$$

及 $$R_2 = x + \frac{ry}{r+y}$$

$$= x + \frac{(R_1 - x)y}{R_1 - x + y}$$

然るに $y = l - x$

$$\therefore \quad R_2 = x + \frac{(R_1 - x)(l - x)}{R_1 + l - 2x}$$

此式より x を求むれば

$$x = R_2 \pm \sqrt{(R_1 - R_2)(l - R_2)}$$

然るに x は R_2 より小なるべきを以て

$$x = R_2 - \sqrt{(R_1 - R_2)(l - R_2)}$$

故に一哩の抵抗を R_0 すれば

$$AC = \frac{x}{R_0} \text{哩}$$

としてCの位置を知る事を得。

此の方法にては二回の測定に於て接地點を流る電流の大さ異る故 r の値を異にし從つて測定の結果を不正確ならしむる缺點あり。故に「キングスフオード」の方法に依りて修正す。即ち接地點の電流を等しくせんが爲に第一の測定の時丈に x と直例に或る抵抗 a を加ふ。然る時は

$$r=R_1-(x+a)$$

$$R_2=x+\frac{ry}{r+y}$$

及 $x+y=l$

此三式より x を求むれば

$$x=R_2-\sqrt{(R_1-a-R_2)(l-R_2)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

又測定用電池の電壓を E 二回の測定に於ける接地點の電流を i_1 及 i_2 とすれば

$$i_1=\frac{E}{x+a+r}$$

$$i_2=\frac{E}{x+\frac{ry}{r+y}}\times\frac{y}{r+y}$$

$$=\frac{yE}{xr+xy+ry}$$

然るに $i_1=i_2$ ならしむる爲には

$$ay=xr$$

或は $a=\frac{xr}{y}$

$$=\frac{x(R_1-x)}{l} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

最初「ブレーヴキエル」のの方法により R_1 及 x を求め(2)により a の概數を求め「キングスフオード」の方法に此 a を用ひて x を計算す。更に(2)によりて a を求め此れを用ひて最初の動作を繰返へす。斯の如くする事二三回にして初めて正確なる x の値を得

(第三級)

問題(3) 試驗用變壓器を用ひて絶縁物の絶縁耐力試驗をなすに當り被試驗物に加へらるる電壓を測定する方法を列擧し其缺點を指摘せよ。

解答 主なる方法次の如し。

(1) 靜電電壓計を用ひて直接高壓側の電壓を測る方法。取扱に注意を要し且甚だ高き電壓用のものは高價となる。又デッド、ビートならざるは其缺點なり。

(2) 試驗用變壓器の變壓比により其抵壓側電壓を測りて試驗電壓に換算する方法。最も普通に用ひらるゝ方法なれども正確を要する場合には試驗用變壓器の凡ての電壓に對する變壓比を知らざるべからず。且又凡ての電流に對するレギユレーションをも知らざるべからず。

(3) 電壓計用變壓器を試驗用變壓器の高壓側に用ひて測る方法。電壓餘り高き時は電壓計用變壓器の價甚だ高くなり且試驗用變壓器の容量を增す必要あり。

(4) 試驗用變壓器の高壓捲線の數タンよりターミナルを出し之に電壓計を入れ此タンの數と全體のターンの數との比により試驗高壓を知る方法。高電哩のブツシングを多數出すは不便なり。

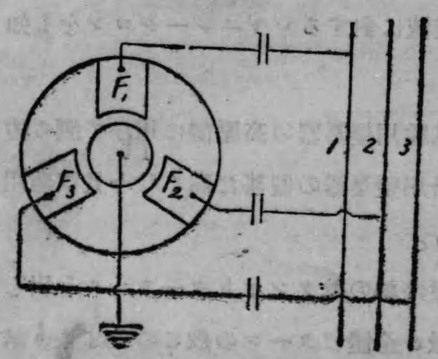
(5) コロナ現象を利用したる高電壓測定用の電壓計を使用する方法。成積餘りに良好ならず。

（6） 高壓側ターミナルに試驗物と並列にギャップを置き其大小を適當にして放電する時の電壓を知る方法。此方法はギャップに放電を生ず迄電壓の値を知る事能はず從つて長く一定の電壓に保つ目的には不適當なり。且ギャップの大さ一定にても狀況によりて放電電壓を異にする缺點あり。又放電すれば一旦試驗を中止せざるべからず。然れ共非常なる高壓には廣く用らる。

（第　三　級）

問題（4） 多相式靜電檢漏器の一種につき其構造及働作を說明せよ。

解答　圖はウエスチングハウス三相式靜電檢漏器にして $F_1.F_2.F_3$ なる固定アルミニウム片及 M なる可動アルミニウム片を有す

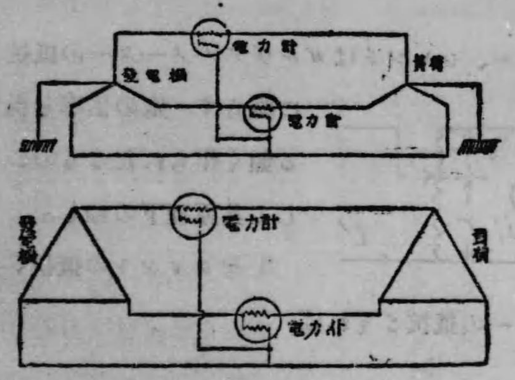


F_1. F_2. F_3 は同一球面の一部をなし直接或はコンデンサーを直列にして各ライン 1.2.3 に接續す。D は固定片の作る球面より少しく小なる球面の一部をなし其中心に相當する點にて支へられ何れの方向にも振れ得る如くして片は接地す。

各イン共に地氣なければ F_1 M, F_2 M, F_3 M 間の電壓相等しく從つて其吸引力は平均し M は中央に靜止す。若し1に地氣を

生ずれば F_1 M 間の電壓小さくなり從つて吸引力小さくなり M は F_1 と反對の方向に傾く。若し 1 及 2 に地氣あれば F_1 M 及 F_2 M 間の吸引力小さなり M は F_3 の方に傾く。此によりて地氣ある線を知る。然れ共三線共に平等に地氣ある場合には M は中央に靜止し三線共に完全なる時と區別する能はず。故にラインの一本を或抵抗を通して接地したる時三線共に完全ならば M の振れ甚だしく三線共に不完全ならば左程甚だしからず。

問題（3） 中性點を接地したる星形結線の三相發電機より同樣の接續をなしたる負荷に送電する場合に其送電線に挿入せる電力計は實際送出したる電力よりも稍小なる讀みを呈せり而して之を接地せざる三角形に變更せしに斯の如き現象を呈せずと云ふ其原理を說明せよ勿論電力計は正確なるものとす。



解答　三相式に於て中性點を接地せざる時は何れか二相の電流の和は必ず第三相の電流に等し。故に何れか二相と第三相との間に電力計を入るゝ時は全電力を指示すべし。然れ共星形結線に於

て發電機（又は變壓器の二次線輪）及負荷の中性點を共に接地すればアンバランスド、ロードに對して大地を通る電流を生じ從つて何れか二相の電流の和は第三相の電流に等しからず。故に二相と第三相との間に二個の電力計を入るれば始めの二相より第三相に流るゝ電流に對する電力は指示すれ共大地に流るゝ電流に對する電力は指示せず。從つて二個の電力計の示す電力は全電力より小となる。

（第　四　級）

問題（1）「ユニヴアーサル」分流器（Universal Shunt）とは何ぞや。

解答　ユニヴアーサル、シヤントはガルヴアノメーターの抵抗に關らず一定の倍率を得る如く作られたるものにして其原理下の如し。

S をシヤントの抵抗、G をガルヴアノメーターの抵抗とすれば

$$i_1=\frac{S}{S+G}i$$

$$i_1'=\frac{r}{G+(S-r)+r}i'=\frac{r}{G+S}i'$$

故に若し $i=i'$ ならしむる時は

$$i_1'=\frac{r}{S}i_1$$

即ち（2）の感度は（1）の感度の $\frac{r}{S}$ 倍にして倍率は $\frac{S}{r}$ なり。而

して此値はGを含まざる故カルヴアノメーターの抵抗に無關係なり。

問題（2）「シヤント」を有する電流計を直流を用ひて檢定し之を交流回路に用ふるの可否如何理由を説明せよ。

解答　一般に電流計自身のレアクタンスは分流器のレアクタンスよりも大なり。今Iを測定せんとする電流Eを電流計の兩端の電壓、Z_1 Z_2 を夫れ々々電流計及分流器のイムピーダンスとす。

$$\begin{cases} Z_1=r_1+jx_1 \\ Z_2=r_2+jx_2 \end{cases}$$

然る時は　$I=I_1+I_2$

$$I_1=\frac{E}{r_1+jx_1}$$

$$I_2=\frac{E}{r_2+jx_2}$$

$$\therefore\ I_1=\frac{r_1+jx_1}{r_2+jx_2}I_1$$

依つて　$I=I_1\left(1+\frac{r_1+jx_1}{r_2+jx_2}\right)$

$$=I_1\frac{r_1+r_2+j(x_1+x_2)}{r_2+jx_2}$$

或は　$I_1=\frac{r_2+jx_2}{r_1+r_2+j(x_1+x_2)}I$

$$\therefore\ I_1=\frac{\sqrt{r_2^2+x_2^2}}{\sqrt{(r_1+r_2)^2+(x_1+x_2)^2}}I \quad\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

然るに直流にて檢定したる場合には

$$I_1=\frac{r_1}{r_1+r_2}I \quad\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

故に(1)(2)を等しからしめん爲には

$$\frac{r_2^2+x_2^2}{(r_1+r_2)^2+(x_1+x_2)^2}=\frac{r_2}{(r_1+r_2)^2}$$

$$\therefore\ \frac{r_2^2}{(r_1+r_2)^2}=\frac{x_2^2}{(x_1+x_2)^2}$$

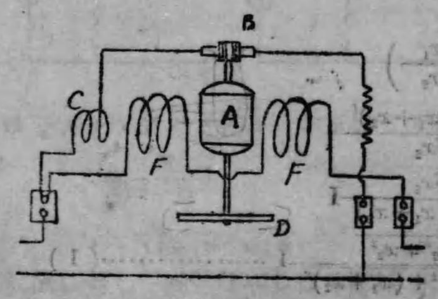
$$\frac{r_2}{(r_1+r_2)}=\frac{x_2}{(x_1+x_2)}$$

$$\therefore\ \frac{r_2}{r_1}=\frac{x_2}{x_1}$$

此關係を滿足せしむる事極めて困難なる故一般に直流にて檢定したるものを交流に用ふるは不可なり。而し熱線電流計の如くレアクタンスの小なるものにては餘り大差なし。

問題(3) 直流に用ふる事をうる積算電力計の一種につき其構造及働作を略述せよ。

解答 トムソン積算電力計は之一なり。電動機と同じ原理より成り F は固定線輪にして磁場に相當し直列に入れる。A は電動子にして鐵心を有せざる輕き木枠に細き電線を捲き回路にシャントに入れる。B は整流子にして二個の銅ブラッシを具ふ。D はアルミニウム圓板にして電動子の軸に取付けられ永久磁石の極間を廻轉す。又 C はコムペンセーチング、ワインディングにして此に通る電流と電動子に通る電流と



Torque only

よりトークを生じ電動子の磨擦による影響を輕減す。此電力計を測定せんとする回路に圖の如く裝置する時は F には負荷電流が流れ從つて電流に比例する磁場を生ず。又 A には電壓に比例する電流が流るゝ故 A 及 F により生ずるトークは磁場の強さと A の電流との積即ち負荷電流と電壓との積換言すれば電力に比例す。而して D は一定磁場の中に廻轉する故圓板上に渦流を生じ此渦流と磁場とにより廻轉速度に比例する逆トークを生ず。而して此逆トークが電動子の廻轉トークに等しくなる迄速度を增す。故に廻轉速度は電力に比例し或時間內の廻轉數は其時間內の電力量に比例す。依て此廻轉數を齒車により積算する裝置を施せば積算電力計となる。

(第五級)

問題(1) 發電機、電動機の發熱試驗に於て寒暖計を用ひずして其線輪の溫度上昇を測定する方法を說明せよ。

解答 一般に物體の溫度を變ふれば其比抵抗も變化するものにして銅の如きは溫度上昇すると共に抵抗增加す。故に銅の溫度係數を知れば捲線の溫度上昇は容易に計算するを得べし。

今 R_T = T°C に於ける抵抗

R_t = t°C に於ける抵抗

α_T = T°C に於ける溫度係數

とすれば

$$R_t = R_T[1+\alpha_T(t-T)]$$

$$\therefore\ t-T=\frac{R_t-R_T}{\alpha_T R_T}\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

而して銅線にては

$$\alpha_T=\frac{0.00427}{1+0.00427T}$$

$$=\frac{1}{234+T}$$

なる故運轉前の室内溫度に對する溫度係數を計算し α_T を得。次に發電機捲線の抵抗を測り R_T を得。又運轉後再び捲線の抵抗を測りて R_T を得。此等の値より(1)式を用ひて溫度上昇を計算する事を得。

問題(2)「ウエストン」型直流電壓計の誤差を生ずる原因如何。

解答　此型の電壓計は一定の强さの磁場を作る爲に永久磁石を用ひ、此磁場内に可動線輪を置きたるものにして磁場の强さをH線輪の電流をIとすればトークは HI に比例す。線輪及此と直列にある電線の抵抗をRとすれば $I=\frac{V}{R}$ なる故

$$トーク \propto V\frac{H}{R}$$

H及Rは一定となる如く作らるゝ故トークは電壓に比例す。此トークにバランスするものはコントローリング、スプリングの逆トークなり。

從つて電壓計に誤差を生ずるは廻轉トークが變はるか逆トークが變はるかなり。逆トークが變はるはスプリングが時と共に性質

を變化すると彈性の限度を越すとにあり。又トークが變化するはH及Rの變化するによる。而してHの變化は永久磁石が時と共に又は溫度等其他の影響により弱くなると外部磁場の爲にHが攪亂せらるゝとにより、抵抗の變化は溫度の變化に從ひ導體の抵抗を變ずる事其原因をなす。

大正四年度

(第一級)

問題(1) 象眼電位計(quadrant electrometer)の原理を説明せよ

解答 今簡單の爲めに圖に於て E及Fをクオドラントを代表すべき二個の平面導體Gを指針に相當する一個の平面導體としGの面はE及Fの面と平行し其面内に於て横に動き得るものと假定せよ、GとE及Fとの間の距離をt,E,F及Gの紙面に直角なる方向に於ける長さをlとしGとEFとの間の靜電作用の爲めにGを矢の方向に動かさむとする力をXlとせば其力の爲めに其方向に於て小距離x丈動きたるとき電氣力に依りて爲さるる仕事はXlxに等しかるべし、而して此仕事はGの移動の爲めに增加したる靜電磁界の勢力に等しからざるべからず、今F,E,Gの電位を夫々A,B,Cとせばと Fとより形作る蓄電器は其面積lx丈增加したるが爲め$\frac{lx}{8\pi t}(C-A)^2$に相當する丈けの勢力を增加しGとEとの形作る蓄電器は同じ面積丈減少するが爲め$\frac{lx}{8\pi t}(C-B)^2$丈けの勢力を失ふを以て結局勢力增加は二つの差即

$$\frac{1}{8\pi}\cdot\frac{lx}{t}\left\{(C-A)^2-(C-B)^2\right\}=\frac{1}{4\pi}\cdot\frac{lx}{t}(B-A)\left\{C-\frac{1}{2}(A+B)\right\}$$

に依りて表はさるべし而して前記の如くこの勢力は電氣力に依りてなされたる仕事に等しきを以て結局

$$Xlx=\frac{1}{4\pi}\ \frac{lx}{t}(B-A)\left\{C-\frac{1}{2}(A+B)\right\}$$

或は $X=\frac{1}{4\pi t}(B-A)\left\{C-\frac{1}{2}(A+B)\right\}$

これGの動さるゝ力を表はす式なり而してクオドラント、エレクトロメーターの場合に於ては指針の兩半に上記の力反對の方向に働くを以て其爲め廻轉力を生ず之れをTとせば $T=n(B-A)\left\{C-\frac{1}{2}(A+B)\right\}$ となるべし玆にnは常數なり而て此廻轉力が指針を吊す糸の捻廻力に基く反抗廻轉力に等しき迄指針は傾きて靜止すこの時の傾角をθとすれば捻廻力の爲めの反抗廻轉力$T'=m\theta$ mは他の常數なり然るに $T=T'$

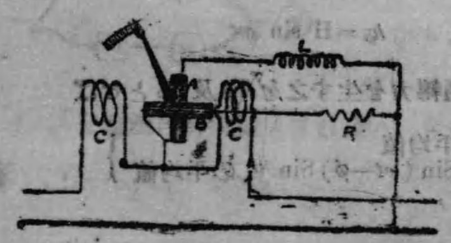
$$\therefore m\theta=n(B-A)\left\{C-\frac{1}{2}(A+B)\right\}$$

$$\theta=\frac{n}{m}(B-A)\left\{C-\frac{1}{2}(A+B)\right\}$$

(第二級)

問題(1) 力率計の一種に付き其構造及作用を説明せよ。

解答 圖に示すものは力率計の一種の接續にして其接續極めてダイナモメーター型電力計と類似せり、唯だ其異る點は可動線輪が互に直角に裝置せられたる二箇の線輪より成り一方に誘導性他方に無誘導性抵抗を直列に接續したる點なり、圖中Cは固



定線輪にして回路に直列にA,Bは可動線輪にして夫々R及Lなる誘導性並に無誘導性抵抗と共に回路に並列に接續せらる。

猶下記に依りて明なる如く本力率計には電力計に於けるが如き制御用螺旋の必要なきを以て之を裝置せず。

今其作用を説明せん爲めに圖に於てAA′, BB′及CC′を以て或位置に於ける三つの線輪の軸の方向を表はすものとし、この時BB′のCC′より廻轉せる角をθとせよ。

電壓電流共波形は正弦波なりとせば回路の力率 $\cos\phi$に等しき時に於てB,A及C中の電流の瞬時値は夫々

$$i_b = I_b \sin \omega t$$

$$i_a = -I_a \cos \omega t$$

$$i_c = -I_c \sin(\omega t - \phi)$$

によりて表はさるべし但し回路は誘導性にしてA中の電流は直列に接續せる誘導性抵抗の爲め電壓より九十度遲るゝものと看做す I_a, I_c, I_bは夫々電流の最大値とす。

次にi_a及i_bの爲めに生ずる磁界の强さをh_a及h_bとし兩磁界の最大値が同一なる樣設計し之をHとせば

$$h_a = H \cos \omega t \qquad h_b = H \sin \omega t$$

このh_a及h_bとi_cとの間に廻轉力を生ず之をT_a及T_bとせば

$$\left\{\begin{array}{l} T_b = K\ h_b i_c \sin\theta \text{ の平均値} \\ \quad = KHI_c \sin \omega t \sin(\omega t - \phi) \sin\theta \text{ の平均値} \end{array}\right\}$$

$$= \frac{KHI_c}{2} \cos\phi \sin\theta$$

$$T_a = K\ h_a\ i_c \sin(\theta - 90^\circ) \text{の平均値}$$

$$= KHI_c \cos \omega t \sin(\omega t - \phi) \cos\theta \text{ の平均値}$$

$$= -\frac{KHI_c}{2} \sin\phi \cos\theta$$

故に可動線輪に加ふる全廻轉力は

$$T = T_a + T_b = \frac{KHI_c}{2}(\cos\phi \sin\theta - \sin\phi \cos\theta)$$

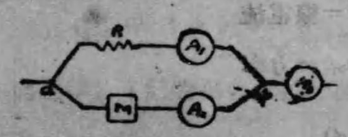
$$= \frac{KHI_c}{2} \sin(\theta - \phi)$$

故に$\theta = \phi$のときT=0即ちθが位相角ϕに等しき迄BB′が廻轉すれば廻轉力は零となり可動線輪は靜止すべし、故に之に適當なる指針を附しϕの種々なる値に對しθを定め度盛をなし置けば力率計として使用する事を得べし。

（第　三　級）

問題(1) 三箇の電流計を用ひ單相交流電力を測定する方法の原理を説明せよ、但し電壓及電流は正弦波とす。

解答　Mを負荷、Rを之と並列に接續せる無誘導抵抗A_1, A_2及A_3を三個の電流計としA_1及A_2の抵抗は各R及Mの抵抗に比して極めて小なりとすA_1のインダクタンスは特に微小なるを要す。



i_1, i_2, i_3を電流の瞬時値とすれば　$i_1 + i_2 = i_3$　之を自乘して

$$i_1 i_2 = \frac{1}{2}(i_3^2 - i_1^2 - i_2^2)$$

ab 間の電位差の瞬時値を e と名くれば

$$e=i_1R$$

なる故Mに供給せらるゝ勢力の瞬時値は

$$p=ei_2=Ri_1i_2$$

之に上式を代置すれば　$p=\frac{R}{2}(i_3^2-i_1^2-i_2^2)$

故に平均價即Mに供給せらるゝ勢力は

$$p=\frac{1}{T}\int_0^T pdt=\frac{1}{T}\frac{R}{2}\int_0^T(i_3^2-i_1^2-i_2^2)dt$$

$$=\frac{R}{2}(I_3^2-I_1^2-I_2^2)$$

但し $I_1\ I_2\ I_3$ は三個の電流計の指示する所の電流の實效價なり。

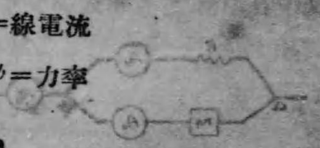
問題(2) 二個の電力計を用ひて平衡負荷の三相式回路に於ける力率を測定する方法を説明せよ。

解答　二個の電力計の電流捲線を一個宛三相式平衡負荷回路の二線に電壓捲線を其線と第三線との間に一個宛接續する場合には二個の電力計は夫々

$W_1=EI\cos(30^\circ+\phi)$　　但　E＝線間電壓

$W_2=EI\cos(30^\circ-\phi)$　　I＝線電流

$\cos\phi$＝力率



に相當する電力を指示す即

$$W_1=EI\{\cos 30^\circ\cos\phi-\sin 30^\circ\sin\phi\}$$

$$W_2=EI\{\cos 30^\circ\cos\phi+\sin 30^\circ\sin\phi\}$$

$$\therefore\ W_1+W_2=2EI\cos 30^\circ\cos\phi$$

$$W_2-W_1=2EI\sin 30^\circ\sin\phi$$

$$\therefore\ \frac{W_2-W_1}{W_1+W_2}=\tan 30^\circ\tan\phi$$

$$\therefore\ \tan\phi=\sqrt{3}\,\frac{W_2-W_1}{W_1+W_2}$$

力率　$\cos\phi=\frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\phi}}$

(第四級)

問題(1) 五十「ミリヴオルト」の測定範圍を有する直流「ミリヴオルト」計を以て直流五十「アムペア」迄の電流を測定する爲には幾「オーム」の分流器 (shunt) を要するや、但し「ミリヴオルト」計の最大目盛に對する電流は十「ミリアムペア」とす。

解答　ミリヴオルト計に流るる電流は最大10ミリアムペアにしてミリヴオルト計の電流は全電流の僅に 0.02 パーセントに當り 10 アムペアを測定せんとする場合にも猶 0.1 パーセントとなる而て實際のミリヴオルト計にては 0.1 パーセント以下を讀む事困難なるを以て結局斯の如きミリヴオルト計にては其内に流るゝ電流は無視して可なり然るときは所要の抵抗

$$R=\frac{50\text{ミリヴオルト}}{50\ \text{アムペア}}=0.001\text{オーム}$$

問題(2) 下記物品の抵抗を測定するに最も適當なる方法を各別に列擧せよ。

(イ)數百分の一「オーム」を有する太き電線、

(ロ)數千「オーム」を有する細き電線、

(ハ)數十萬「オーム」を有する絶縁物、

(ニ)數百「メグオーム」を有する絶縁物、

解答 (イ)ケルビン、ダブルブリッヂ法、

(ロ) ホイートストン、ブリッヂ法、

(ハ) 百ヴォルト用メッガー、

(ニ) 五百ヴォルト用メッガー、

(第 五 級)

問題(1) 百五十「ヴォルト」用直流電壓計あり其抵抗は一萬八千「オーム」なりと云ふ今此電壓計を直流六百「ヴォルト」用のものとなす爲めには幾「オーム」の直列抵抗を要するや

解答 電壓計の抵抗 $r=18,000$「オーム」

電壓計の最大電壓 $V_0=150$「ヴォルト」

故に電壓計中を通過し得る最大電流 $i_0=\frac{150}{18000}$

故に600「ヴォルト」に對し通過電流をi_0に制限する爲めの全抵抗

$$r=\frac{600}{\frac{150}{18000}}=72,000$$

故に接續すべき直列抵抗$=72,000-18,000=54,000$「オーム」

大正五年度

(第一級)

問題(2) 振動電流計 (vibration galonaometer)の一種に就て其構造及用途を述べよ。

解答 (Robert. W. Paul) に於て製作する(Campbel)の振動電流計は強力なる耐久磁石の兩極間の細隔に極めて細き線輪を二本の(Phosphor bronze)の纖條にて吊し其上部又は下部の支持點に螺旋頭を備へ之によりて纖條の張力を加減し、又線輪の支持點を變更して其有効の長さを加減し以て可動部分の固有周期を調整し得る樣になし、線輪面には小鏡を貼付し之に光線を送り一定の距離に置きたる尺度上に光の像を作る事普通のガルバノメーターと同一なり。而して上記纖條を通じ線輪に電流を通ずればこれと耐久磁石の磁界の爲め線輪は偏れ其方向は夫れに通ずる交流の方向の變化と共に廻轉するを以て尺度上の像は周波數が極めて低き場合の外は光帶となるを以て此光帶の巾により振幅の大小を知り間接に線輪に通ずる電流を測定する事を得。而して可動部分の固有振動數が線輪に通ずる電流の周波數と合調する時感度最も鋭敏にして尺度上の像の幅最大となり之と合調せざるものに對しては感度極めて小なるを以て亂形波電流の如く高調波を有する場合にも殆ど高調波の影響を受けず基本波のみに感せしむる事を得。依て此ガ

ルバノメーターは誘導係數、靜電容量を測定する場合に多く用ひられ、零位法の測定に當りて之れを用ふれば他のガルバノメーターの如く高調波の爲めに妨害を受くる事なく極めて正確に平衡を得べし、平衡を得たる時卽ちガルバノメーターに電流通ぜざる時は尺度上の光帶は細き線となりて靜止すべし。

(第二級)

問題(3) 變流器 (current transformer) 及電力計を用ひて電力を測定する場合に生ずる誤差を述べよ、但し電力計は正確なるものとす。

解答 電力計を變流器と共に使用する場合に電力計の讀みに生ずる誤差に二種あり、(電力計は正確なるものとす) (α) 變流比の誤差(δ)一次電流と二次電流との相差 180^0 ならざるための誤差是なり。

今 α を變流比の誤差、δ を變流器の二次電流 (180^0反轉したる) の一次電流より進む角、E を回路の電壓、I_1 を變流器の一次電流 $\cos\theta$ を一次回路の力率とすれば電力計の讀みは

$$P'=I_1(1+\alpha)\cos(\theta-\delta)$$

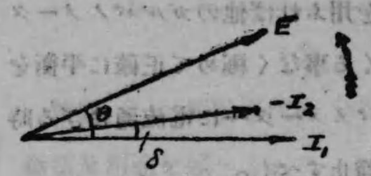
然るに眞の電力は $P=EI_1\cos\theta$

なるを以て此場合の誤差は次の如くなる。

$$\frac{P'}{P}-1=\frac{(1+\alpha)\cos(\theta-\delta)}{\cos\theta}-1$$

$$=(1+\alpha)\{\cos\delta+\sin\delta\tan\theta\}-1$$

然るに實際に於てはδは極めて小にして$\cos\delta$は1,$\sin\delta$はδと見做して大差なきを以て



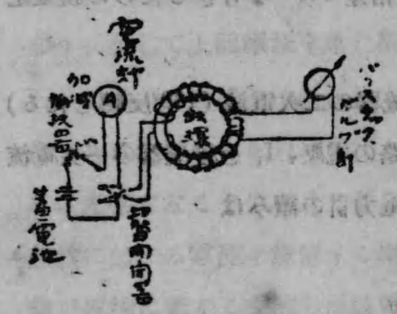
誤差 $=\delta\tan\theta+a$

圖は電壓一次電流及二次電流(I_2)の相關係を示すヴエクトル圖なり。

(第　三　級)

問題(1)　鐵の B−H 曲線を決定する方法の一を述べよ。

解答　(Ring method) に就きて說明せん。試驗せんとする鐵を環狀に作り其上に磁化線輪として電線を一樣に捲くべし、此捲數を n_1 とす。此線輪と直列に切替開閉器、電流計、加減抵抗器及蓄電池を接續す、而て磁化線輪の上に捲數 n_2 なる試驗線輪を捲き之にバリスチック、ガルヴ計を接續する事圖の如くすべし



先づ最大勵磁電流を通ずる樣抵抗器を加減し切替開閉器により數回、電流の方向を轉すべし、此場合にはガルヴ計回路は開き置くものとす、次にガルヴ計を接續し、電流を少しく減少せしめ、此勵磁電流の變化に對するガルヴ計の偏れを記錄すべし。斯くの如く抵抗を漸次變じて電流の零

に達する迄上記の試驗を行ひ、次に勵磁電流の方向を轉換して一試驗毎に少しづゝ電流を增加し、最大値に達したるときは再び電流を漸次零に至る迄減じつゝ試驗し、又電流の方向を轉じて元の最大値に達する迄同樣の手續を繰返すべし。上記の試驗の際は勵磁電流 i 及之に對するガルヴ計の偏れを記錄し置き次式によりて磁束密度 B 及磁化力 H を計算し、之によりて曲線を描けばB−H曲線を得べし。

$$H=\frac{4\pi n_1 i}{10l}$$

$$B=\frac{10^8 RK\theta}{An_2}$$

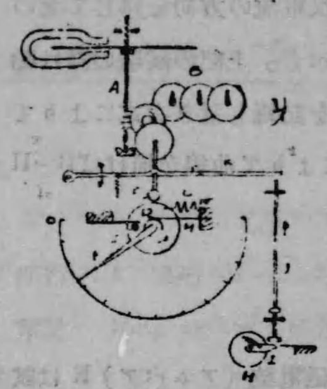
但し l は鐵環の平均長(糎)、i は勵磁電流(アムペア) R は試驗線輪及其回路の全抵抗、K はガルヴ計の定數にして $K\theta$ はガルヴ計を通過せる電重(クーロン)を表はす、A は鐵環の切斷面積(平方糎)なり。

問題(3)　最大負荷表示器 (Maximum demand indicator) の一に就き其構造及作用を述べよ。

解答　最大負荷表示器は或一定の期間中に於ける最大需要を表示する計器なり。今シーメンス會社ランデイス、ウント、ギアー等に於て製造する(merz)型最大負荷表示器につき其構造及作用の大略を述べんに此型の表示器は必ず積算電力計と結合せらるべきものにして時限を定むるために時計を備へ、其時計は表示器の外にある場合もあれども多くは表示器と同一の函中に藏められたる

電氣捲時計なり。

積算電力計の廻轉軸 A の建轉は齒車に依て計量裝置 B に傳へられたる普通の方法にて電氣勢力を計量すると同時に其廻轉は齒車 C によりて一個の小突起 E を有する圓板 D にも傳り之によりて圓板上の小突起 E に圓板の廻轉と共に表示器の指針 F を押して前進せしむ、而して一定の時限に達すれば時計の齒車と連絡せる齒車 H は一周しカム I は J を押上げ K は齒車 C と圓板 D との連絡を一時絶ち、D は彈條 L のため元の位置に復す、然るに表示器指針 F は彈條 M に支へられて其位置に止まる。而して暫時の後齒車 C と圓板 D との連絡復舊し、D は兩び回轉を開始す、若し同一時限內に於ける消費勢力が前より大なるときは小突起のため指針は前進すれども前よりも小ならば E が未だ指針に達せざる前に時限に達するを以て E は其儘後退すべし。



時限は普通十五分間なるも時として三十分間或は一時間となす場合あり。

斯の如き表示器を回路へ接續すれば、若し一定負荷が一時限以上連續する場合には指計は全負荷を指示すれども、一定負荷の連

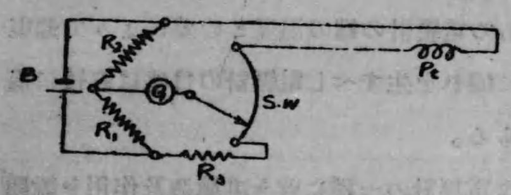
續が一時限以內なる場合には指示は時間に比例して增加す、依て之を變動負荷の回路に接續する時は指針の指示は一時限中の平均負荷に相當し、各時限中の平均負荷の最大値を表示すべし。

此表示器に使用さるゝ時計の彈條は、其中に裝置さるゝ小誘導電動機によつて自働的に捲かるゝものなり。

（第　四　級）

問題（1） 電氣的現象により溫度を測定する方法を擧げよ。

解答 電氣的現象により溫度を測定する方法に二種あり（a）導體の電氣抵抗の變化によるもの（b）熱電氣によるもの是なり。

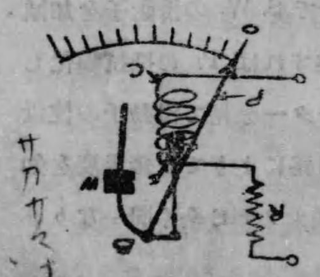


（a）は測定すべき溫度によりて抵抗線の電氣抵抗の變化を測るものなり、圖に於て R_1, R_2 は等しき抵抗にして、ホキートストン、ブリッヂの比抵抗に相當す、R_3 は補償抵抗 S. W. は滑動抵抗にして目盛あり P_t は白金抵抗線にして室內溫度に於て S. W. の滑動子を加減し P_t と平衡せしめ置き、次に P_t を熱すれば P_t の抵抗變化し平衡破るゝを以て G なるガルバノメーターを見て滑動子の位置を動かし再び平衡せしむれば S. W, の目盛によりて直接溫度を知り得るなり。此原理はホキートストンブリッヂと全く同一なり、之を抵抗パイロメーターと稱す。

(b)之は異種の金屬を接觸せしめ其點を熱すれば所謂起電力を生ず。此起電力を測定し、以て溫度を知るを得べし。此原理に基きて作られたるもの卽熱電氣パイロメーターなり、之に用ふる金屬の組合せに白金と白金イリヂユーム、白金と白金ロヂユーム、銅とコンヌタンタン等種々あり、測るべき溫度の高低によりて何れかを使用す。其構造は二種の適當なる組合せの金屬線の一端を互に接續し、之を耐火性物質の外包を似て覆ひ、金屬線の他端を端子として之に極めて銳敏なる電壓計（普通可動線輪型）を接續したるものなり。此金屬線の接續點を測るべき溫度に曝すときは其點の溫度と大氣中にある電壓計の端の溫度との差によりて起電力を生じ電壓計の指針に偏れを生ずべし電壓計の目盛は直接に溫度を讀み得る樣刻盛せらる。

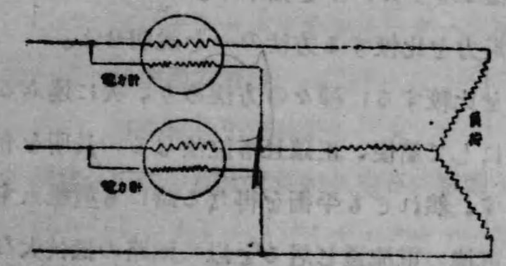
問題(2) 可動鐵片型電壓計の一種に就き其構造及作用を說明せよ。

解答 ソレノイドの中に軟鐵片を垂下し置き電流を通すれば、軟鐵片は磁束密度大なる方に引き込まるゝものにして其引力は線輪に通ずる電流、從て電壓の二乘に比例す依て此原理に基きて作られたる計器は直流及交流用測定器として使用し得るなり。

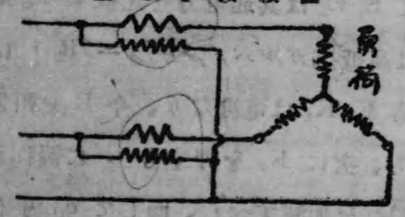


圖は此型に屬する配電盤用計器の一

種の略圖にして C は固定線輪 R は直列抵抗なり、B は水平に支持せらるゝ軸にして、制御用重錘 W. 指針 P, 軟鐵 I は之によりて支持せらる。兩端子間に電壓なきときは W, I 及 P の重力平均して指針は零を指す此零點を調整するには W なる重錘を軸に沿ひて、其位置を移動せしむれば可なり。兩端子間に電壓を與ふれば C なる線輪に電流通じ、I なる可動鐵片は線輪中に吸込まるゝを以て指針 R は右に偏れを生ず其偏れの程度は線輪に生ずる電流（從て兩端子間の電壓）の二乘に比例するを以て適當なる度盛をなし置けば指針の偏れにより直ちに電壓の値を讀む事を得べし。



正しき接續圖



問題(3) 二個の電力計を用ひて三相電力を測定するに當り下圖の如く接續して可なりや若し不可なりとせば如何に之を變更すべきや。

解答 下圖の如く變更せざるべからず。

（第　五　級）

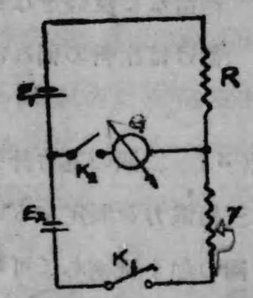
問題(1) 直流二百五十「ヴオルト」の電壓を二個の百五十「ヴ

オルト」用電壓計を直列に接續して測定するに當り二個の電壓計の抵抗は夫々一萬五千「オーム」及一萬「オーム」ならば各計器の指示如何。

解答 二個の電壓計を回路へ直列に接續したるとき各電壓計に通ずる電流は $\frac{250}{15,000+10,000}=0.01$ アムペアなり依て第一電壓計に加はる電壓は $15,000\times0.01=150$ ヴォルトなり、即ち前者は 150 ヴォルトを、後者は 100 ヴォルトを指示す。

問題(2) 電池の起電力を比較する方法の一を説明せよ。

解答 電池の起電力を比較するに種々の方法あり、次に述ぶるはラムスデン氏の方法にして簡便、正確且零位法なるの長所を有す、然れども平衡を得たる時にも猶絶えず電池の電流通じ居るを以て回路の抵抗大ならざれば電池の成極作用のため誤差を生ず



圖に於て E_1 E_2 は其起電力を比較すべき電池 G は高抵抗ガルバノメーター R, r は高抵抗箱 K_1 K_2 は電鍵なり、今 R を相當に高き値となし置き K_1 を閉ぢ、次に K_2 を押すも G に偏れを生せざる樣(即電流通せざる樣)r を加減すべし、而して b_1, b_2 を夫々起電力 E_1. E_2 なる電池の內部抵抗し、其時の回路に流るゝ電流を I とすれば

$$E_1=I(R+b_1),\ E_2=I(r+b_2)$$

故に $E_1/E_2=(R+b_1)/(r+b_2)$

然るに R 及 r に比し b_1 及 b_2 は極めて小なるが故に之を省略すれば

$$E_1/E_2=R/r$$

問題(3) 下記の電流計に就き近傍に鐵片又は耐久磁石の影響を受け易きものと然らざるものとを區別せよ。

(イ) 可動線輪型電流計(耐久磁石を用ふるもの)

(ロ) エレクトロダイナモメーター型電流計

(ハ) 熱線型電流計

(ニ) 可動鐵片型電流計

解答 近傍の鐵片又は耐久磁石の影響を受くるもの。

(ロ) エレクトロ、ダイナモメーター型電流計

(ニ) 可動鐵片型電流計

近傍の鐵片又は耐久磁石の影響を受けざるもの。

(イ) 可動線輪型電流計(耐久磁石を用ふるもの)

(ハ) 熱線型電流計

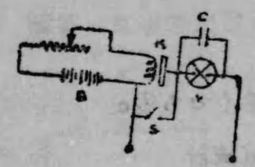
大正六年度

(第一級)

問題(3) 波頂電壓計 (crest voltmeter) の一に就き其原理を略述せよ。

解答 波頂電壓計は交流電壓の最大値を測定する計器にして種々の型あり。次にケノトロンと靜電電壓計とを使用する波頂電壓計の原理を說明せん。

此波頂電壓計にては整流器としてケノトロンを使用するものにして、完全なる眞空管を使用すればケノトロンの放電は絕對に一方の方向に限らるるものなる故之を靜電壓計と直列に接續するときは電壓計は測定回路 A の電壓の最大値まで充電せられ、一周期中充電は其儘殘留す、依て電壓計の指示は最大値を示し周波數及波形に無關係なり。圖は此裝置の接續を示し、Kはケノトロンにして其陰極を數個の電池 B に依て熱す、C は蓄電器にして Vなる靜電電壓計の指示を安定ならしむる爲に電壓計と並列に接續す。此裝置に於て若し初の半周期中に充分充電せられざるときは次の半周期に於て遂に最大値に達す。



電壓高き回路の電壓を測定する場合には多數の蓄電器を直列に接續し或は高抵抗の倍率器を使用しケノトロンと電壓計とを蓄電器又は抵抗の一部分に並列に接續し、電壓計に加はる電壓を減少せしめ得、此場合に電壓計の漏洩小なれば電壓計は常に充分に充電せられ居るを以て其容量は倍率に影響を及ぼさず。若し K を開閉器 S に依り短絡するときは電壓計は電壓の實效値を指示する事となれども此讀みは電壓計の靜電容量に關係するを以て精確

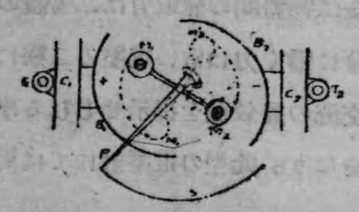
なる値にあらず、唯之を測定器用變壓器の二次線又は試驗用變壓器の電壓計捲線に直接に接續したる場合には K を接續したる場合と之を短絡した場合との電壓計の讀みの比は直に波形の波高率を表はす。

尙ケノトロンの陰極を熱する電源として測定回路と同一の交流電流に變壓器を接續して使用し得らる。

(第二級)

問題(1) 十萬ヴオルト以上の電壓を測定するに適する電壓計の一に就き其構造及原理を略述せよ。

解答 圖は米國ウエスチングハウス會社にて製作する靜電電壓計の構造にして 25,000 乃至 200,000 ヴオルト迄の電壓を測定するに適するものなり。圖に於て T_1 T_2 は端子、C_1 C_2 は蓄電器を形成する平行板なり、其板の一方に接續したる B_1 B_2 たる圓筒の一部をなせる金屬板あり、B_1 B_2 の中に M_1 M_2 なる二箇の金屬製筒がある、互に連絡せられ中心に指針 P 及制御用螺旋を有す。今 T_1 T_2 に測定せんとする電壓を加ふる時は、B_1 B_2 は夫々 M_1 及 M_2 に反對の電氣を誘發し、M_1 と B_1 及 M_2 と B_2 は互に相吸引す、而して B_1 と B_2 との中心は夫々適當の箇處にありて M_1 M_2 の軸と一致せざる故 M_1 M_2 は同



轉し制御用螺旋の彈力と平均して點線にて示すが如き倍置に來り從て指針は目盛 S の上に於て指示を與ふる事となる。此電壓計の全部は之を高絶縁力を有する油を充せる函の中に藏められ各部分は絶縁臺にて蓋より吊され目盛は蓋の上に在りて筒形をなす。C_1 C_2 の蓄電器は働作部分にかゝる電壓の降下を目的とする事他の型の電壓計に於ける直列抵抗器と同樣なり、卽兩端子間の全電壓を V_1, B_1 B_2 間の電壓を V_0, 其靜電容量を C_0, 直列にある蓄電器の容量を C とすれば

$$\frac{V_1-V_0}{V_0}=\frac{C_0}{C}$$

或は $$\frac{V_1}{V_0}=\frac{C_0+C}{C}$$

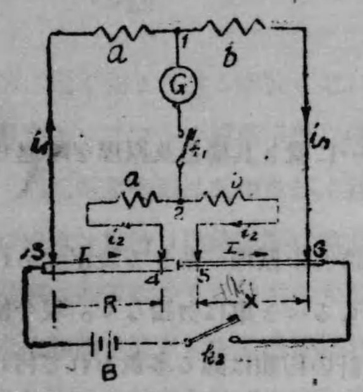
$$\therefore\quad V=V_0\left(1+\frac{C_0}{C}\right)$$

靜電電壓計は同電使用法に於ける象限電位計の理論を應用したるものなり。一般に充電せられたる二物體間の靜電力は二物體の電位差の二乘に比例する故可動部分に働く力は常に電壓の二乘に比例す、從て靜電電壓計の指示は交流の實效値を指示せしむる事を得、又直流にも用ひ得る事は勿論なり。此型の電壓計にては周波數及波形は目盛に影響を生せす。

（第　三　級）

問題（1）　ケルヴイン、ダブル、ブリッヂ (Kelvin double bridge) の原理及用途を述べよ。

解答　極めて微小なる抵抗を測定する場合にホヰートストン、ブリッヂを用ふる時は導體の接合點に於ける接觸抵抗の影響の爲測定の結果を不正確ならしむる缺點あり。斯くの如き抵抗の測定にはケルヴインのダブル、ブリッヂを使用す。此ブリッヂには抵抗の不定なる接合點は之をブリッヂの外部に除去し且接觸抵抗の加はる回路に高抵抗を結び其影響を小にしてあり。



圖は其接續を示すものにして a, b は抵抗で、等價のものを二箇宛接續せられ、R は標準抵抗で未知抵抗 X を之と比較す。

先づ k_2 を閉ぢ次に k_1 を閉ぢてガルバノメーター G がふれなくなる迄 X 又は R 上の接觸點を移動せしむれば

$$X=\frac{b}{a}R$$

となる。X の長さ及 R の値は目盛に依て精密に測定し得らる而して各接續點を含む回路には a, b 等の高抵抗が接續せられ、電池と抵抗の接合點、R と X との接合點は共にブリッヂの外にある故其抵抗はブリッヂには影響を及ぼさず。G に電流が通せざる時卽平衡を得た時には 1 と 2 とは同電位にして從て 1234 なる回路に於ては次式が成立す。

$$i_1a-i_2a-IR=0$$

或は $a(i_1-i_2)=IR$ ……(1)

又 1256 の回路に於ては

$$i_1b-IX-i_2b=0$$

或は $b(i_1-i_2)=IX$ ……(2)

(1)及(2)より

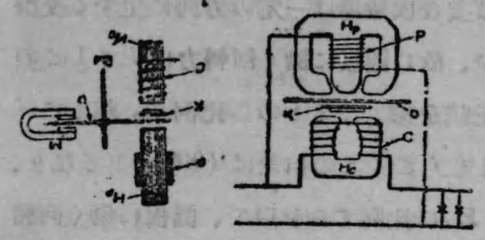
$$\frac{X}{R}=\frac{b}{a}$$

即 $X=\frac{b}{a}R$

問題(2) 誘導型積算電力計の一に就き其構造及原理を略述せよ。

解答 誘導型積算電力計は電氣誘導の原理に基きて製作せられたるものにして交流にのみ使用せらるべき事は勿論なり。現今使用せられつゝある此型の積算電力計の種類は頗る多數あれど何れも其原理に於ては異なる所なく唯電壓電流兩捲線並に其磁路の形狀配置及調整裝置等を異にするに過ぎず。圖は米國デー、イー會社製作に係る最新型の I_{-14} 型を示す、H_p 及 H_c は成層鐵心、P は電壓捲線、C は電流捲線、D はアルミニユーム製回轉板にして前記兩捲線鐵心間の空隙に裝置せられ兩捲線の作る磁力線と之により誘起せらるゝ渦流との相互作用により回轉す、圓板には二箇の孔を穿ち之によりて無負荷回轉を防ぐ、M は制動用永久磁石にして圓板を挾み其回轉を制動す、此磁石は實際に於ては二箇相對し

て取付けられ其支持腕に沿ふて前後に移動し重負荷に於ける圓板の回轉速度を調整し得らる。K は輕負荷調整用短絡金屬片並に位相調整用兩短絡銅片にして夫々輕負荷及誘導負荷に於ける圓板の回轉速度を調整し得らる。又回轉圓板の回轉は圓板軸の上端に近く刻まれたる螺旋と之に連續せる齒車裝置とに依り逐次指針型キロワット時數指示盤に傳へらる。



前記電壓捲線は其捲數多く且其磁路は殆んど完全にして其捲線に流るゝ電流は供給電壓に對し殆んど 90° の相差を有し、又電流捲線は其捲數少く且磁路に大なる空隙ある爲殆んど無誘導なり、尙位相調整裝置に依て兩捲線の作る磁力線に無誘導負荷に於て完全に 90° の相差を與ふる事を得、從て兩磁力線は圓板の存在する空隙に一種の回轉磁場を形成し圓板を磁場の回轉と同方向に回轉せしめ、此回轉は制動磁石に依て制動せられ一定の負荷に對し圓板の速度は一定となる。今 E を供給電壓、I を負荷電流、i を電壓捲線に通ずる電流、φ を I の位相が E の位相より遲るゝ角とすれば電壓及電流捲線に依りて生ずる磁力線は夫々 i 及 I に比例し、若し i と I と 90° の相差を有すれば恰も二相式誘導電動機と同じく回轉磁場を生じ圓板は回轉す。又若し i と I とが或る

相差を有するときは i の生ずる磁力線の内 I と 90° の相差を有するコムポーネントのみが回轉磁場を生じ以て圓板を回轉せしめ、又 i と I とが同相ならば其合成磁場は一定の方向に生ずる交番磁場にして回轉力を生せず、故に圓板に働く回轉力は i と I との相乘積に兩者の相差角の正弦を乘じたるものに比例す。然るに i は E より 90° 遲るゝを以て i と I との相差は $(90^0-\varphi)$ となり、又 i は周波數一定ならば E に比例するを以て、圓板に働く回轉力は

$$T=kiI\sin(90^0-\varphi)$$
$$=KEI\sin(90^0-\varphi)$$
$$=KEI\cos\varphi$$

卽圓板に働く回轉力は消費電力 $EI\cos\varphi$ に比例す、而して永久磁石による反抗回轉力は圓板の回轉速度に比例するを以て負荷一定ならば圓板の回轉速度も一定となる卽圓板の回轉速度は消費電力に比例し從て其回轉數に依て消費電力量を測定する事をう。

（第　四　級）

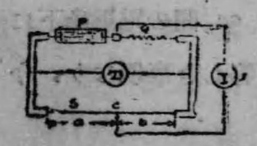
問題（1） コールラウシュブリッヂ (Kohlrausch bridge) の原理及用途を記せよ。

解答 液體の抵抗を測定するに當りホヰートストンブリッヂ法に於けるが如く之に直流を通ずる時には液が電解性なる場合には液の分解より生する成極作用の爲に液中に逆起電力を生じ、其爲

電源よりの電流を減せしむ、而して此成極作用は時間と共に漸次增加するを以て液體の抵抗は一般に電流を通じてより時間の經過するに從ひ漸次增加するが如き觀を有し其價は常に眞値より大なり。

コールラウシュ、ブリッヂは交流を使用し液體抵抗を測定するものにして成極作用は互に相殺して其影響は全然除外さるゝ故適當なる注意の下に之を使用すれば極めて精確なる結果が得らる。

コールラシュ、ブリッヂの原理は全く摺動線ブリッヂと同樣にして適當なる容器に充たしたる液體をブリッヂの一邊に接續し他の三邊には既知抵抗及摺動線を置く。而して電源としては電池の代りに適當なる高周波交流發生裝置を用ひ、又檢測器としては直流用ガルバノメーターに代ふるに適當なる交流檢測器（電話受話器を可とす）を用ふるものとす、圖は其簡單なる接續圖にしてPを



液體抵抗の値、Q を既知抵抗の値、I を交流電源、T を交流檢測器、S を摺動線とし Q の値及 S 上の摺動子の位置を變じ例へば C に於て檢測器に無電流なる條件を發見したりとすればホヰートストン、ブリッヂの理論により

$$P=\frac{a}{b}Q$$

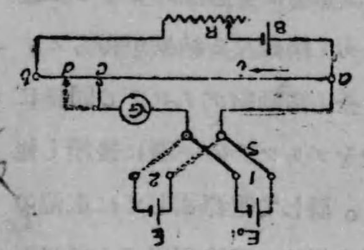
より P の値を求めらる。竝に a, b は C の兩側の摺動線の長さを表はす、而して此場合の成極作用は交流の方向により互に反

Pb=Qa

對に生ずるを以て彼此相殺して測定に影響を生せず。

問題(2) 電位差計 (Potentiometer) を用ひて直流電壓及電流を測定する方法を説明せよ。

解答 圖は電位差計の原理を示す略圖にして ab は一箇の可變抵抗なり、之に蓄電池 B より加減抵抗器 R を徑て一定電流 i を通じ置き、S なる切替開閉器を 1 の位置に閉ぢ、標準電池 E_0 をガルバノメーター G と直列に結び接觸點 C を動かして標準電池の電壓と抵抗線上 ab 間に生ずる電位差とを平衡せしめ、G に電流の通ぜざる位置 C を求め、次に開閉器 S を 2 の位置に切替へ E を E_0 に置換へ再び接觸點 C の位置を動かして G に振れを生せざゝ位置を求むれば標準電池の起電力は ac 間の電壓降下に等しく又 E なる電壓は ad 間の電壓降下に等しき事明なり、今 r_1 及 r_2 を ac 及 ad の抵抗とすれば



$$E_0 = r_1 i \qquad E = r_2 i$$

故に $E = E_0 \dfrac{r_2}{r_1}$

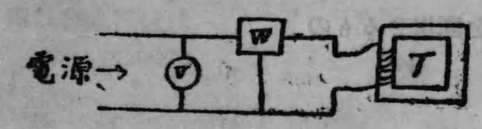
即標準電池の電壓及抵抗 r_1 r_2 が既知なるときは上記の關係によりて直ちに電壓 E を決定し得らる。普通電位差計を以て直接測り得べき電壓は 1.5 ヴォルト以下なり。依て夫れ以上の電壓を測

る場合には倍率器と稱する高抵抗に數組のタップを設けたる抵抗函を用ひ、測るべき電壓を其兩端に接續し、其一部分の電壓降下を電位差計にて測り、倍率器の抵抗の測定電壓に接續せる部分と電位差計に接續せる部分との比を乘じて其電壓の値を求めらる。

又電流を測定するには其電流を標準抵抗器に通じ、其兩端の電壓降下を電位差計を以て測り、之を標準抵抗の値にて除すれば直ちに其電流の値を得。

問題(3) 交流に依り變壓器用鐵板を試驗するに普通用ひらるる方法を述べよ。

解答 壓變器用鐵板の試驗は鐵損測定にして普通の方法は一定の鐵板見本に捲線を捲き此れに電壓を加へ次第に增加し其の入力を電力計にて測定す。圖は其の接續を示す。



V＝電壓計

W＝電力計

T＝試驗鐵心

今 V を加電壓 f を周波數 t を試驗裝置捲線の捲數 A を有效鐵心斷面積 B を磁束密度とすれば

$$V = 4.44 f t B A \times 10^{-8}$$

$$\therefore \quad B = \frac{V}{4.44 f t A} \times 10^{8}$$

故に W を加電壓 V のときの入力とすれば W は V に對する磁束密度 B のときの鐵心損失なり W は試驗鐵心全量 (M) に對する損失なるを以て B に對する W÷M を以て鐵心損失と稱するを普通とす。

(第　五　級)

問題(1)　指示電氣計器に於て使用せらるゝ制御法及制動法各三を擧げよ。

解答　制御法としては

(a)　彈條の捻廻力を應用せるもの

(b)　重力を應用せるもの

(c)　永久磁石の引力を應用せるもの

又制動法としては

(a)　渦流の制動作用

(b)　空氣の制動作用

(c)　液體の制動作用

を應用する方法あり。

問題(2)　第四種絶縁電線一千尺を購入し絶縁試驗を行ふに當り絶縁抵抗機メグオーム以上ならば之を良品と認むべきや。

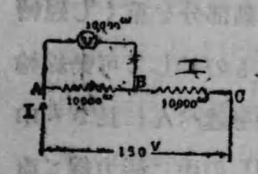
解答　電氣工事規定の定むる所に依れば其絶縁抵抗は廿四時間浸水の後更に鹽水に浸し一分間充電の後百ボルト以上の電壓を以て試驗し攝氏十五度の温度に於て一里百メグオーム以上のものな

らざるべからず而して絶縁抵抗は長さに反比例するが故に千尺に付ては

$$100\times\frac{3\times60\times6}{1000}=1296$$

卽千三百メグオーム以上のものを良品と認む。

問題(3)　各一萬オームの抵抗 AB 及 BC を直列に接續し AB 間に一萬オームの抵抗を有する電壓計を圖の如く接續し AC 間に百五十ボルトの電壓を加へたる時は電壓計は幾ボウルトを指示すべきや。



解答　電壓計は AB 間の電壓を指示するが故に AB 間の電壓を見出せば可なり AB 間の合成抵抗は

$$\frac{10,000}{2}=5,000 \text{ オーム}$$

故に AC 間の抵抗は 10,000＋5,000＝15,000 オームにして AB 間の抵抗は其三分の一なり今 AC 間に流るゝ電流を I とすれば

AC 間の電壓 ＝I×AC 間の抵抗

AB 間の電壓 ＝I×AB 間の抵抗＝$\frac{1}{3}$I×AC 間の抵抗、故に AB 間の電壓は AC 間の電壓の三分の一なり。卽ち

$$\frac{150}{3}=50 \text{ ボルト}$$

は電壓計の指示するものなり。

大正七年度

(第一級)

問題(1) 「バリスチック、ガルヴアノメーター」(Ballistic Galvanometee) の理論を述べよ。

解答 「バリスチック、ガルヴアノメーター」は其コイルを通じて放電したる電氣量を測定するものにして可動部分を重くし廻轉の角が頗る小なる間に電流が終る如くしたるものにして可動線輪型と可動磁石型とあり。前者に就きて其原理を述べんに長さ l 巾 b なる一捲のコイルを一樣なる磁場の中に H の中に磁力線と直角をなす如く二本吊となす。今或瞬間のコイルの電流を i とすればコイルの各邊と磁場 H との間の力は

$$f=\mathrm{H}li$$

巾 b なる故廻轉モーメントは

$$\mathrm{M}=fb=\mathrm{H}lbi$$

而してイムパルスは力が作用せる時間内に於ける力の總量なる故

$$\text{イムパルス}=\int fdt=\int \mathrm{H}lidt=\mathrm{H}l\int idt=\mathrm{H}l\rho$$

故に此イムパルスのモーメントは

$$\int \mathrm{H}li\times b=\mathrm{H}lb\rho$$

又此コイルの(moment of inertia)を I としてコイルが與へられ

たる角速度を ω とすれば此モーメンタムは $\mathrm{I}\omega$ なり。從つて

$$\mathrm{H}lbq=\mathrm{I}\omega \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

コイルは二本吊なる故振りに對する抵抗は振角 θ に比例す。從つてトークも θ に比例す。故に單位振角に對するトークを C とすれば反抗トークは $\mathrm{C}\theta$ なり。又此コイルを $d\theta$ だけ振る爲になす仕事は $\mathrm{C}\theta d\theta$ なり。故にコイルが最大 δ まで振れるものとし δ に至る迄になす仕事の總量は

$$\text{仕事}=\int_0^{\delta}\theta d\theta=\frac{1}{2}\mathrm{C}\delta^2 \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

又 (moment of inertia I) にして角速度が ω なる物體の有するエネルギーは

$$\text{エネルギー}=\frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2 \cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

$$\therefore\ \frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2=\frac{1}{2}c\delta^2 \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

(1)と(4)とより ω を消去して ρ を求むれば

$$\rho=\frac{\sqrt{\mathrm{CI}}}{\mathrm{H}lb}\delta$$

右邊に於て δ 以外は凡て常數なる故電氣量 ρ は最大の振角 δ に比例す。

今此コイルの振動の周期を T とすれば

$$\mathrm{T}=2\pi\sqrt{\frac{\mathrm{I}}{\mathrm{C}}}$$

此式の I を上の式に代入すれば

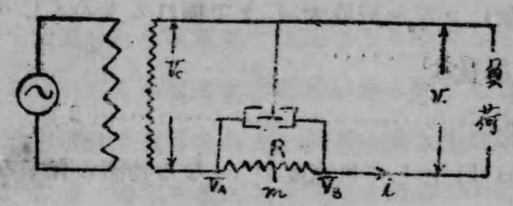
$$\rho=\frac{\mathrm{CT}}{2\pi\mathrm{H}lb}\delta \quad \text{となる}$$

又廻轉磁石型にては振戻しのモーメントは振の角の正弦に比例する故

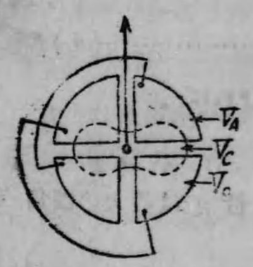
$$\rho=\frac{HT}{\pi G}\sin\frac{1}{2}\delta$$

となる。但 G はガルヴアノメーター、コンスタントにして磁場に單位電流が通ずる時中心に生ずる磁場の強さなり。

問題(2) 象限電位計 (Quadrant Electrometer) を電力計として使用しうる事を證明せよ。



解答 象限電位計を圖の如く接續し V_A, V_B, V_C を以て各部の電位を表はす。今 V なる電壓にて i なる電流を通ずる負荷の電力を測定する場合に振れの角を θ とすれば



$$\theta=\frac{K}{T}\int_0^T\left(V_A-V_B\right)\left(V_c-\frac{V_A+V_B}{2}\right)dt\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

但 T＝交番電位の周期（直流ならば任意の時間）

然るに $\frac{V_A+V_B}{2}$ は m 點の電位なる故

$$V_C-\frac{V_A+V_B}{2}=n,m\text{ 間の電位差}=kE+\frac{iR}{2}$$

但 R は無誘導抵抗にして此れによる電壓降下及電位計のレアクタンスを無視すれば $\frac{iR}{2}$ を閑却する事を得。

$$\therefore\quad V_C-\frac{V_A+V_B}{2}\fallingdotseq kE$$

又 $V_A-V_B=iR.$

$$\therefore\quad \theta\fallingdotseq\frac{K}{T}\int_0^T iR\times E\,dt\fallingdotseq K_0\frac{1}{T}\int_0^T iE\,dt\fallingdotseq K_0W$$

即ち振れの角度は電力に比例す。

若し R による電壓降下を無視する事能はざる時は先づ以上の接續に於て θ を讀み次に電位計の可動片を V_B に接續して振れの角 θ_0 を讀む。然る時は

$$\theta_0=\frac{K}{T}\int_0^T\left(V_A-V_B\right)V_B-\frac{V_A+V_B}{2}\,dt\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

(2)より(1)を減ずれば

$$\theta_0-\theta=\frac{K}{T}\int_0^T(V_A-V_B)(V_B-V_C)dt$$

然るに $V_B-V_C=E$

なる故 $\theta_0-\theta=\frac{K}{T}\int_0^T iR\times E\,dt=K_0\frac{1}{T}\int_0^T iE\,dt=K_0W$

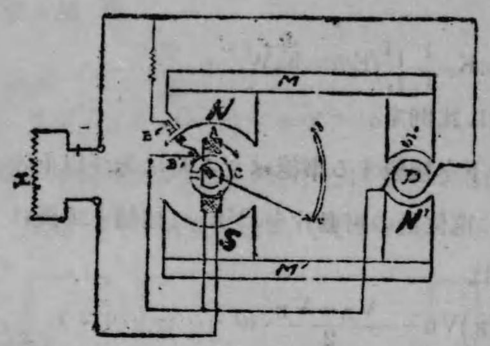
即ち二回の測定に於ける振れの角の差は電力に比例す。

（第　二　級）

問題(1) メツガーの構造の要點を圖示し其作用を説明せよ。

解答 圖はエヴアーシエツド、メツガーの原理を示したるものにして M M′ は永久磁石、N, S 及 N′,S′ は軟鐵の磁極なり。D は直流發電機の發電子、C は NS 間にある軟鐵管にして磁場と直角に切目あり。C の中心に相當する所に廻轉軸を取附け之に互に或る一定の角度にて固定せられたる三個のコイル A, B, B′ を附す。A は C の外側を廻轉し測定せんとする抵抗 x と直列に接續

せらる。B B′ は直列に接續せられ發電機の兩端に直接接續せらる。從つて A には x の電流と同じ大さの電流を通じ B B′ には發電機の電壓に比例する電流を通ず。此電流により生ずる回轉力の方向は反時計にして大さは B 及 B′ の電流と此コイルの存在する位置に於ける磁場の強さとの積に比例す。然るに軟鐵管には空隙を有する故磁場の強さは空隙に於て最小にして之より遠さかるに從つて大となる。又コイル A によりて時計式の廻轉力を生ず。而して A に於ける磁場は線輪の動き得る範圍内にては略圖一なる如き構造となしたるものなり。從つて其廻轉力は常に磁場の強さとコイルの電流との積に比例す。故に或る抵抗 x に對して A の生ずる廻轉力は電壓 E を x と A の抵抗とにて除したる電流に比例し B B′ の作る廻轉力と平衡する迄指針は働く。而して B B′ の廻轉力は電壓 E と其位置に於ける磁場の強さとの積卽ち電壓と θ なる位置とにより定まる。



A の廻轉力＝BB′ の廻轉力

$$\therefore\ K_1\times\frac{E}{x+R_1}\times H=K_2\times f(\theta)\times\frac{E}{R_2}$$

或は $\dfrac{K_1}{x+R_1}K_2 f(\theta)$

(θ) にして E には無關係なり。

(第　三　級)

問題(1) 導體の溫度係數とは何ぞや。正負及零溫度係數を有する物體の例各一を擧げよ。

解答 一般に物體の溫度を變化すれば其電氣抵抗も變化するものにして、溫度 t_1 に於ける抵抗を R_1 とし t_2 に於ける抵抗を R_2 とすれば

$$R_2=R_1\{1+\alpha(t_2-t_1)\}$$

にして α を t_1 に於ける溫度係數と云ふ。α の値は導體によりて異るものにして溫度の上昇と共に抵抗增加する如き導體の溫度係數を正とし抵抗の減少するものを負とす。又溫度係數の絕對に零なる如き導體を作るは困難なれども實用上殆ど零に近きものあり。

正　銅

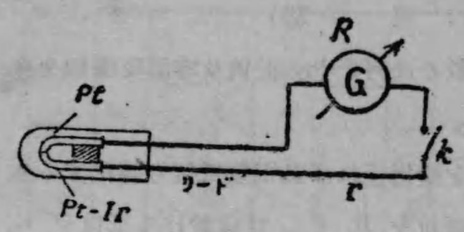
負　炭　素

零　マンガニン

問題(2) 熱電對 (Thermo Couple) を用ひて溫度を測定する方法を略述せよ。

解答 二種の異りたる金屬を接觸したる時各部の溫度同一なる時は電壓を發生せざれ共接觸點と他端との間に溫度の差あれば之に電壓を發生す。故に他端を抵抗及ガルヴアノメーター又はミリ

ヴオルトメーターに接續する時は回路には發生電壓 E に比例する電流が流れる。此をガルヴアノメーター又はミリヴオルトメーターにて測定すれば熱電對の金屬の接點に於ける温度を知る事を得。



E と t との關係は次の式にて表さる。

$$E=a+bt+ct_2 \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

a, b, c は組合せの金屬によりて異る常數にして實驗により求めらる。熱電對の發生電壓は E なれ共導線や熱電對自身等の電壓降下の爲ガルヴアノメーターの受くる電壓は

$$E'=R\times\frac{R}{R+r} \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

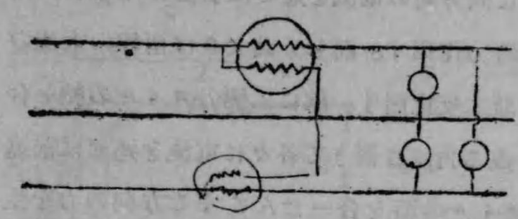
但 R＝電流計の抵抗

r ＝導線及自身の抵抗

にして電流計の振れは E′ に比例す。此(1)(2)より温度 t を知る事を得。1000°C 以上の高温度を測定するには白金と白金イリヂウム合金とを用ひ500°C 以下の低温度を測定するには鐵コンスタンタス合金と銅コンスタンタン合金とを用ふ。

問題(3) 圖の如く

三相回路に於て單相電力計を平衡無誘導負荷に接續せるに電力計の指示 W（ワット）なりと云ふ負荷の全電力如何。但電壓及電流は純正弦波形と假定す。



解答 電壓と電流との關係をヴエクトルにて表はせば圖の如し。電力計の電流捲線が aA の位相にありとすれば軟壓捲線は $\overline{oa}-\overline{oc}=\overline{ca}$ の位相にありて aA とは 30° の位相の差あり。故に電力計の指示ワットを W とすれば $W=EI\cos 30^\circ=\frac{\sqrt{3}}{2}EI$

又全體の電力を W_0 とすれば

$$W_0=\sqrt{3}EI=2\times\frac{\sqrt{3}}{2}EI$$

$$\therefore\ W_0=2W$$

（第　四　級）

問題(1) 温度上昇が耐久磁石に及ぼす影響如何。

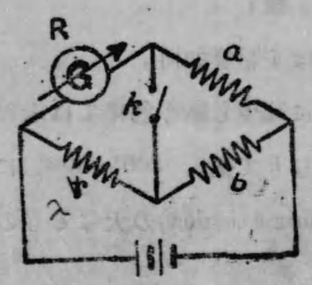
解答 磁氣の強さは温度の上昇と共に減少し暗赤色にては未だ減少餘り大ならざれ共之より少し高くなりて攝氏 300°～400° になれば殆ど磁氣を失ふ。(Intensity of magnetisation)の大なるもの程此減少小なり。

問題(2) 電力計型 (Electro-dynamometer type) 計器は如何な

る原理を應用せるものなりや。

解答 平行せる二線に同方向の電流を通せば引力作用し、反對の方向の電流を通せば壓力作用す。而して其大さは兩線の電流の積に比例し兩線間の距離に反比例す。故に二個のコイルの軸を合して吊しコイルの面を或る角度に置きて各々に電流を通せば前述の理由により二個のコイルの面を合一せんとする方向の力を生ず。故に一方を固定し他をスプリングにて吊せば廻轉力に應ずる角度だけ振るべし。電力計型計器は凡て此原理に基くものにして各コイルは鐵心を有せず。二個のコイルを直列に結べば電流計又は電壓計となり目盛は電流又は電壓の二乘に比例す。又一個を回路にシャントに入れ他を回路に直列に結べば電力計となる。直流交流の何れにも用ふる事を得。

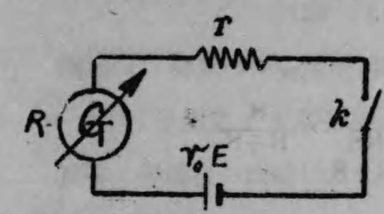
問題(3)「ガルヴアノメーター」あり他の「ガルヴアノメーター」を用ひずして其抵抗を測定する方法の一を記載せよ。



解答 之れには種々なる方法あり。

(1) 威氏電橋を應用したるものにして圖の如く普通のブリッヂのガルヴアノメーターの位置に短絡電鍵をXの所にガルヴアノメーターを接續し之を加減してKを開きたる時と閉ぢたる時とに於てガルヴアノメーターの振れが變化せざる如くす。之れGに電流の流れざる事を示すものにしてブリッヂの原理より

$$R=\lambda\frac{a}{b}$$



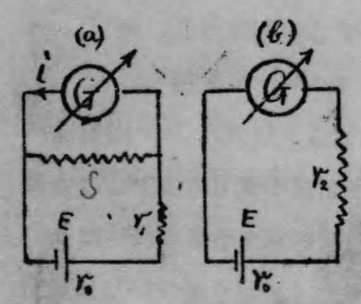
(2) (half deflection method) と稱せらるゝものにして抵抗 λ 及電地 E をガルヴアノメーターと直列に接續する事圖の如くなし抵抗が λ_1 なる時の振れを d とす。次に r を大にして $\frac{d}{2}$ なる振れを與ふる如くす此時の抵抗を λ_2 とす。然る時は

$$d\propto i=\frac{E}{R+r_0+r_1}$$

$$\frac{d}{2}\propto\frac{\lambda_1}{2}=\frac{E}{R+r_0+r_2}$$

$$\therefore\ \frac{E}{2(R+r_0+r_1)}=\frac{E}{R+r_0+r_2}$$

$$\therefore\ R=r_2-2r_1-r_0$$



普通 r_0 は R に比して甚小なる故省略して可なり。

(3) 圖に於て S は既知抵抗のシャント、r_1, r_2 は既知抵抗なり。先づ(a)の如く接續してガルヴアノメーターの振れを讀み次に(b)の如く接續を變へ r_2 を加減して(a)の時と同じ振れをなす如くす。

然る時は

$$(a)\quad i=\frac{E}{\gamma_1+\gamma_0+\frac{RS}{R+S}}\times\frac{S}{R+S}$$

$$(b)\quad i=\frac{E}{\gamma_2+\gamma_0+R}$$

故に $$\frac{E}{\gamma_2+\gamma_0+R}=\frac{E}{\gamma_1+\gamma_0+\frac{RS}{R+S}}\times\frac{S}{R+S}$$

之より $$R=S\frac{\gamma_2-\gamma_1}{\gamma_1+\gamma_0}$$

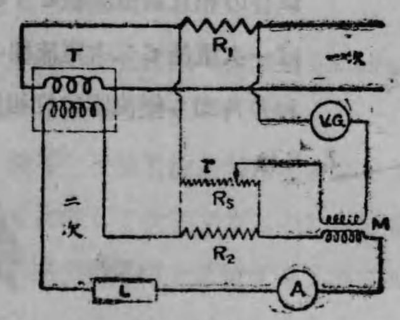
γ_0 が γ_1 に比して甚小なる時は省略して可なり。

大正八年度

(第一級)

問題(1) 變流器の變流比 (Ratio of transformation) 及位相角 (Phase angle) を測定する方法の一を擧げ之を説明せよ。

解答 變流器の試驗に關しては數種の方法あり。次に其一法を擧げて説明せん。

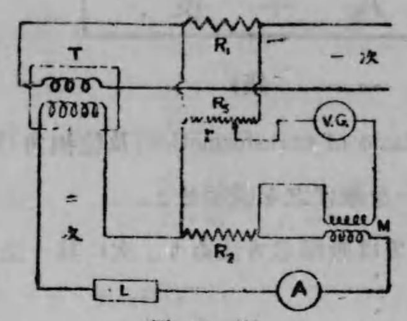


(第一圖)

第一圖に示すは其接續方法にして圖中Tは測定せらるべき變流器、R_1 及び R_2 は一次側及二次側に直列に接續せられたる無誘導性標準抵抗器、R_3 は R_2 に並列に接續せる無誘導性可變抵抗器、Mは可變相互誘導器にして其一次線を變流器の二次回路に接續す。V.G. は振動ガルバノメーター、Aは電流計 L は負荷なり。但し此接續は R_2 に於ける電壓降下が R_1 に於けるものに比し大なる場合にして之と反對の時は第二圖の如く接續すべきものなり。

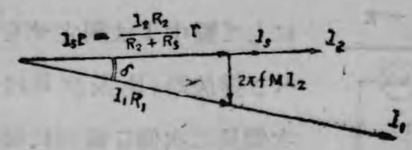
今第一圖の場合に就き測定方法を説明すれば先づ R_3 の接觸點の位置及びMの値を變化して終に振動ガルバノメーター V. G. に偏れなき狀態に達せしむべし。然る時は第三圖の如きヴェクトル關係

成立すべし。即ち圖中Lは變流器の一次電流の位相を反對にせるもの、I_2は二次電流、I_sはR_sを通る電流にして $I_s=\frac{R_2}{R_2+R_s}I_2$ なる事明かなり



（圖二第）

rは平衡狀態の場合にR_s中接觸點よりR_1, R_2の接續點に至る部分の抵抗、Mは其場合の相互誘導係數とすれば一次電流と二次電流間の相差角即ち變流器の位相角Sは



（圖三第）

$$S=\tan^{-1}\frac{2\pi fMI_2}{I_s r}$$

$$=\tan^{-1}\frac{2\pi fMI_2}{I_2\frac{R_2 r}{R_2+R_s}}$$

$$=\tan^{-1}\frac{2\pi fM(R_2+R_s)}{R_2 r}$$

而して $I_2=I_s\frac{R_2-R_s}{R_2}$ 又 $I_1=I_s\frac{r}{R}\times\frac{1}{\cos S}$ なるが故變流比nは

$$n=\frac{I_1}{I_2}=\frac{I_s\frac{r}{R}\frac{1}{\cos S}}{I_s\frac{R_2+R_s}{R_2}}$$

$$=\frac{R_2}{R_2}\times\frac{r}{R_2+R_s}\times\frac{1}{\cos S}$$

以上はR_g, R_2及びR_s中には全く誘導無きものと看做したるものにして極めて精密を要する場合の外は差支へ無きものなり。

第二圖の如き接續の場合には同樣にして

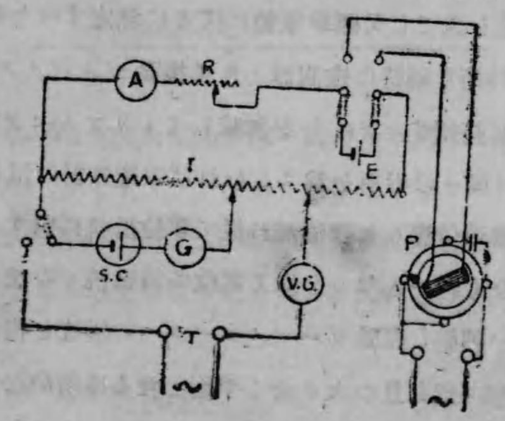
$$S=\tan^{-1}\frac{2\pi fM}{R_2}$$

$$n=\frac{R_2}{R_2}\times\frac{R_2+R_s}{r}\times\frac{1}{\cos S}$$

なる事明かなり。

問題(2) 交流用電位差計(Alternating current otPentiometer)の原理を説明せよ。

解答 交流電位差計は測定せんとする交流電壓を間接に標準電池と比較して決定するものにして直流電位差計の原理と殆ど同樣なれ共交流電壓を比較するものなる故單に兩電壓の大さを平衡せ



しむるのみならずして其位相をも同時に一致せしめざるべからず圖に示すはドライスデール交流電位差計の接續にして圖中rは電位差計抵抗, Eは補助電池, Rは加減抵抗器, Gは直流用ガルバノメーター, V. G. は振動ガルバノメーター, Aは電流力計型ミリアムペア計, S. C. は標準電池, Pは位相變成器 (Phase Shifting Transformer) なり。

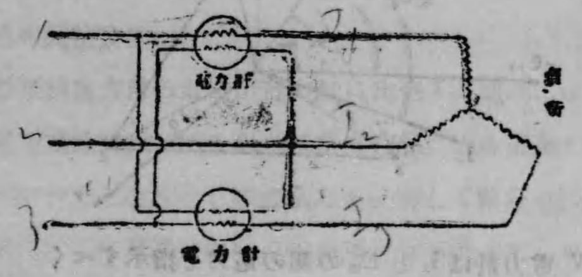
此電位差計に依り交流電壓を測定せんとするには先づ切替開閉器に依り補助電池E, 標準電池S. C. 及び直流用ガルバノメーターGを電位差計に接續し置き加減抵抗器Rを加減して補助電池Eより電位差計に流るゝ電流を變じ適當なる電位差計抵抗に對する電壓と標準電池の起電力とを平衡せしめ其時のミリアムペア計の指示を讀み取るものとす。次に補助電池E, 標準電池S. C. 及びガルバノメーターGを切り放し補助電池の代りに移相變成器Pの二次線よりの電壓を以てし又標準電池に代るに測定すべき交流電壓をTの端子に接續し同時に檢測器として振動ガルバノメーターV. G. を其回路に接續す。次にRを加減してミリアムペア計Aをして直流の場合と同一の指示を爲さしむれば電位差計の抵抗中には直流の場合と實效値等しき交流流れ從て單位抵抗に對する電壓は直流の場合と全く同一となるを以て電位差計抵抗rの値を變じ且つ移相變成器を調整し振動ガルバノメーターの零位を得れば此場合兩電位は位相一致し且つ大さ全く平衡したる事明かなり。故に此

時の電位差計の讀みと移相變成器の移相角の讀みより交流電壓の大さ、位相角等を決定し得るなり。

而して移相變成器の二次線の電壓は試驗電壓と同一の周波數及び波形を有する必要あるを以て其一次線は測定電壓と同一の電源に接續するを普通とす。

(第二級)

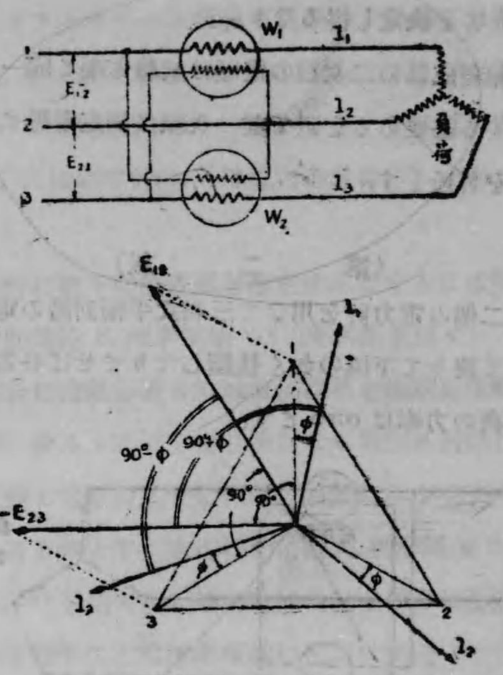
問題(1) 二個の電力計を用ひて三相式平衡回路の電力を測定する場合に於て誤りて下圖の如く接續したりとせば各電力計の指示如何。但負荷の力率は $\cos\phi$ とす。



解答 各相の電流及電壓を第一圖の如く定むれば此場合に於けるヴェクトル、ダイヤグラムは第二圖の如くなるべし。但し此場合 ϕ を遲角と假定す。然るときは W_1 電力計の電壓捲線には $-E_{23}$ なる位相を有する電壓加はり之と I_1 との間の電力を指示すべし。故に

$$W_1 = E_{23} I_1 \cos(90^\circ + \phi)$$

$= -E_{23}I_1\sin\phi$



次に W_2 電力計は I_3 と E_{12} の間の電力を指示すべく

$W_2 = E_{12}I_3\cos(90^\circ - \phi)$

$= E_{12}I_3\sin\phi$

題意に依れば平衡回路なる故各線電流及び各線間電壓相等しく之を夫々 1, E とせば

$W_4 = -EI\sin\phi$

$W_2 = EI_3\sin\phi$

即ち兩電力計の指示値は相等しく只一方は負の指示を爲すべし

以上は遲電流の場合の説明なれ共進電流の場合にも同樣にして

$W_1 = EI\sin\phi$

$W_2 = -EI\sin\phi$

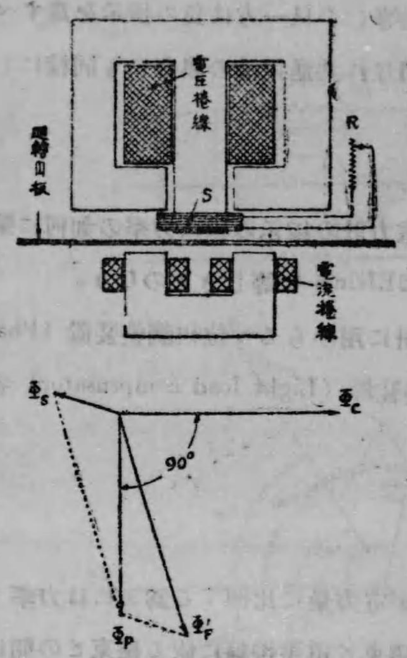
となる事明かなり。故に兩電力計の指示の和は力率の如何に關せず常に零にして其差は常に $2EI\sin\phi$ に等しきものなり。

問題(2) 誘導型積算電力計に用ひらるゝ位相調整裝置 (Phase compensation) 及輕負荷調整裝置 (Light load compensator) 各一を擧げ之を説明せよ。

解答

(a) 位相調整裝置

誘導型積算電力計の計量が電力量に比例する爲めには力率 1 の場合に於て電流捲線に依る磁束と電壓捲線に依る磁束との間に正確に 90° の相差を有すべき事必要なり。而して此爲めに誘導型積算電力計に於ては電壓捲線鐵心の磁路を殆ど完結せしめ其磁束を電壓より出來得る丈け遲らしむるものとす。然れ共鐵心の構造のみにては 75° 乃至 80° 位以上遲らしむる事困難なるが故他に適當なる裝置を施し更に磁束を遲らしめ遂に正確に 90° の相差を與ふる樣爲すものにして此の裝置を位相調整裝置と稱し種々なる方法あり。而して題意に依り其内普通使用せらるゝ一種を擧げ之を説明すれば次の如し。



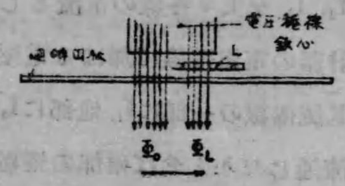
位相調整裝置として電壓捲線鐵心の一部に短絡捲線を裝置する方法。——此方法は第一圖に示す如く電壓捲線鐵心中働作磁束の通る位置に小捲線Sを裝置し之をRなる可變抵抗にて短絡するものとす。斯の如き短絡捲線は短絡せられたる變壓器の二次線の如き作用を爲すべく此等のヴエクトル的關係は第二圖の如くなるべし。圖中 φ'_p は電壓捲線の爲めに生せらるゝ磁束なり。φ_c は電流捲線に依り生ずる磁束 φ_s は上記の位相調整用短絡捲線に依り生ずる磁束にして廻轉圓板を通過する磁束は $\varphi'p'$ と之れとの合成の φp となり短絡抵抗Rを適當に加減して φ_s を變化せしむる事に依り力率1の場合に於て φc と φ'_p との間の相差を正確に90°たらしむる事を得べし。

(b) 輕負荷調整裝置

積算電力計は輕負荷に於て各部の摩擦の影響の爲め計量を甚だしく減少する傾向あり之を補償し計量をして正確に電力量に比例

せしむる爲め輕負荷調整裝置を使用するものにして題意に依り其内最も普通使用せらるる一種を擧げ之を説明せん。

一箇の金屬環を使用する輕負荷調整裝置——此方法は第三圖に示す如く電壓捲線鐵心と廻轉圓板との間の空隙に一箇の金屬環Lを裝置す。而して今此金屬環を圓板の廻轉と同方向に動かす時は之は一の Shading Coil として働きLを通過する磁束 φ_L は他の磁束 φ_0 より x 位相が遲れ從て φ_0 より φ_L の方向へ移動磁界を生じ無負荷即ち電流磁束の無き時にても圓板に少許の廻轉力を與へこれを以て輕負荷に於ける摩擦の影響を補償するものなり。



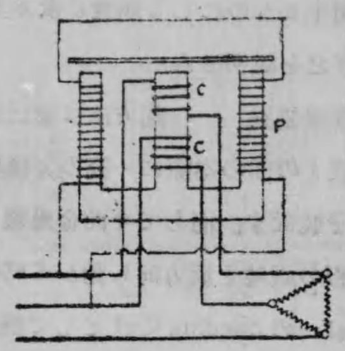
(第六圖)

(第三級)

問題(1) 三相式平衡負荷用誘導型積算電力計の一種につき其の原理を述べよ。

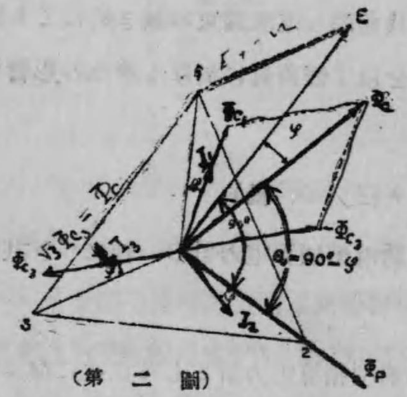
解答 三相式平衡負荷用誘導型積算電力計としては次に述ぶるが如き原理のもの最も多く使用せらる。

此積算電力計は第一圖に示すが如く單相式誘導型積算電力計の電流線輪Cを全く同一の捲數を有する二部に分ち且つ其捲き方を反對にし一箇宛之を三相式回路の二線に接續し電壓捲線Pは此二



（第一圖）

線間に接續するものなり。斯の如き方法を用ひれば力率Lの場合に於けるヴェクトルダイヤグラムは第二圖の如くなるべし。即ち圖中I_1, I_2, I_3を夫々各線の電流としEを計器の電壓捲線に加はる電壓とし電流捲線の一部にI_1, 他部にI_3の電流通じたりとせば兩部の捲數相等しく且反對に捲きあるを以て兩者の生ずる磁束は夫々Φ_{c1}及び$-\Phi_{c3}$にして其の合成磁束はΦ_cとなる事明かなり。而して電壓Eに依る磁束Φ_Pは單相式計器としての構造に依りEとの間に90°の相差ある樣調整せられ居るを以て結局Φ_PとΦ_Cとの間には$\theta_0=90°-\varphi$の相差を生ずべし。故に此の場合に於ける圓板に働く廻轉力DはK₁を一の常數とすれば



（第二圖）

$$D=K_1\Phi_P\Phi_C\mathrm{Sin}(90°-\varphi)$$

而して

$$\Phi_P\propto E \qquad \Phi_C=\sqrt{3}\,\Phi_{C1}=\sqrt{3}\,\Phi_{C3}$$

又電流捲線の捲數は單相式の時の半分なる故

$$\Phi_{C1}\propto\frac{1}{2}I_1 \qquad \Phi_{C3}\propto\frac{1}{2}I_3$$

而して平衡負荷なる故各線電流の値は相等しく之をLとせば

$$\Phi_C\propto\frac{\sqrt{3}}{2}I$$

故にK_2を一の常數として

$$D=\frac{\sqrt{3}}{2}K_2EI\mathrm{Sin}(90°-\varphi)$$

$$=\frac{\sqrt{3}}{2}K_2EI\mathrm{Cos}\varphi$$

而して此時の三相式電力は

$$W=\sqrt{3}\,EI\mathrm{Cos}\varphi$$

なるを以て

$$D=\frac{K_2W}{2}$$

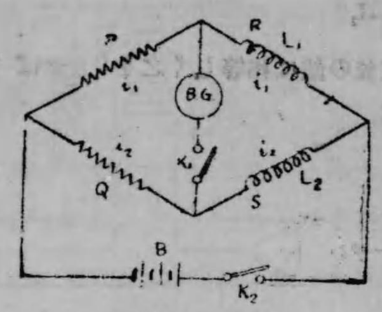
となり廻轉力は精密に三相式電力の半分に比例する事となるべし故に單相式計器に於ける齒車比を二倍にすれば計器の計量は直ちに三相式電力に相當する事となるべし。

問題(2) 二個の自己誘導係數を比較する方法の一を擧げ之を說明せよ。

解答 ブリッヂ法に依り二つの自己誘導係數を比較し得るものにして其接續方法圖の如し。

圖中P,Qは無誘導性加減抵抗L_1, L_2は二個の比較すべき自己誘導係數にして其回路の抵抗を夫々R, Sとす。又B.G.はバリスチ

ラク、ガルバノメーター、K_1, K_2は電鍵にしてBは電池なり。最初K_2を押へ置き次にK_1を押へてもガルバノメーターに振れを生せざる樣即ち平靜狀態に於て平衡を得る樣ブリッヂの抵抗を調整し次にK_1を押へたる後K_2を押へてもガルバノメーターに振れを生せざる樣即ち過渡現象に於ても平衡を得る樣更にブリッヂの抵抗を調整し結局平靜過渡何れの狀態に於てもブリッヂが平衡したりとせば



（第三圖）

$$PS=QR \quad \cdots\cdots(1)$$

$$Pi_1=Qi_2 \quad \cdots\cdots(2)$$

$$Ri_1+L_1\frac{di_1}{dt}=Si_2+L_2\frac{di_2}{dt} \quad \cdots\cdots(3)$$

(1)式及(2)式より

$$\frac{i_1}{i_2}=\frac{Q}{P}=\frac{S}{R}$$

$$\therefore \quad Ri_1=Si_2$$

∴ (3)式より

$$L_1\frac{di_1}{dt}=L_2\frac{di_2}{dt} \text{ 或は } L_1i_1=L_2i_2$$

故に

$$\frac{L_1}{L_2}=\frac{i_2}{i_1}=\frac{P}{Q}$$

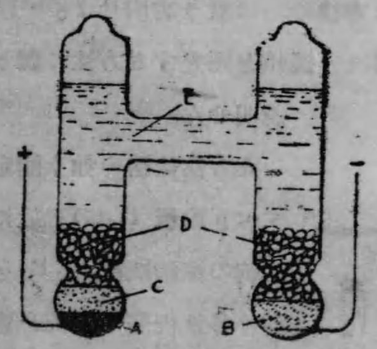
（第四級）

問題(1) 可動鐵片型電流計に於て電流を增加する場合と之を減少する場合とに依り同一の電流に對して指示を異にする理由を說明せよ。

解答 題意の如き現象の起るは可動鐵片型電流計を以て直流を測定する場合にして其原因は全く可動鐵片のヒステレシスに依るものなり。即ち同一の勵磁電流に對しても鐵片のヒステレシスの爲め電流の增加する場合と減少する場合とに依り其磁氣密度を異にし從て計器の指示に差異を生ずるものにして電流の減少する際の方指示大なるを普通とす。

問題(3) 「ウェストン」標準電池の構造の大要を述べ且其の起電力を附記せよ。

解答 ウェストン標準電池は硝子製H型瓶を容器とし其構造圖の如し。圖中Aは水銀、Bはカドミウムアマルガム、Cは成極作用を防ぐ爲めの減極物として硫酸カドミウムの粉末と硫酸第一水銀を硫酸カドミウムの溶液にて練り合せたる糊狀物、Dは硫酸カドミウムの結晶にしてEは硫酸カドミウム



（第四圖）

溶液なり。而して水銀Aの方は陽極と成りカドミウムアマルガムBの方は陰極と成り此の兩極に於ては白金線を硝子管中に封入して外方の導體に連絡せしむ。猶此電池の起電力は攝氏二十度の時1.0183ヴォルトなり。

(第五級)

問題(1) 直流及交流回路の孰れにも使用し得る電壓計にして其の原理を異にするもの三種を擧げよ。

解答 直流及交流兩用の電壓計にして原理を異にするものは次の三種なり。

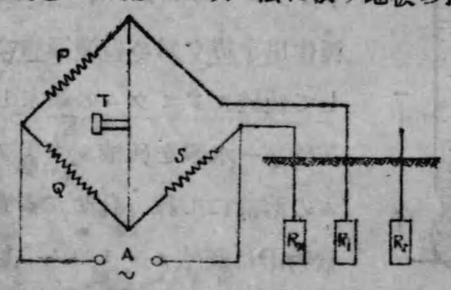
(a) 電流力計型　直流力計型

(b) 靜電型　靜電型

(c) 熱線型　熱線型

問題(2) 地板の抵抗を測定する方法の一に就き説明せよ。

解答 交流ブリッヂ法に依り地板の抵抗を測定する方法に就き説明せん。



(第六圖)

此方法は圖の如く測定すべき地板 R_x の附近に二箇の補助地板 R_1, R_2 を設け各地板間の抵抗を普通の交流ブリッヂに依り

測定するものにしてP, Qはブリッヂの比例邊、Sは加減邊、Aは交流電源、Tは受話器なり。今ブリッヂ法に依り各地板間の抵抗を測定し夫々

R_x, R_1 間 …… $R' = R_x + R_1$ ……(1)

R_1, R_2 間 …… $R'' = R_1 + R_2$ ……(2)

R_x, R_2 間 …… $R''' = R_x + R_2$ ……(3)

とすれば

(1)−(2)より

$R_x - R_2 = R' - R''$ ……(4)

(3)+(4)に依り

$R_x = \frac{1}{2}(R''' + R' - R'')$ ……(5)

即ち(5)式よりして地板抵抗を求め得べし。

問題(3) 電壓計及電流計を用ひて直流電力を測定する場合に於て回路の電壓約100「ヴォルト」、電流約1「アムペア」なるとき計器の損失に對する更正を行はずして測定の誤差を小ならしむるには

A 電流計　　V 電壓計

甲乙孰れの接續法を選定すべきや、但し電壓計の抵抗は10,000「オーム」、電流計の抵抗は2「オーム」とす。

解答　題意の如き場合には負荷に最も近き計器の電力損失が最小なる樣接續すべきものなり。依て先づ甲圖の場合に電流計Aの損失を計算すれば電流計の抵抗 $R_A=2$ オーム，電流 $I\doteqdot1$ アムペアなる故損失 W_A は

$$W_A=R_A\times1^2=2\times1=2 \text{ ワット}$$

次に乙圖の場合に電壓計Vの電力の損失を計算すれば電壓 $V\doteqdot100$ ヴォルト、電壓計の抵抗 $R_V=10,000$ オームなる故損失 W_V は

$$W_V=\frac{V^2}{R}=\frac{10000}{10000}\doteqdot1 \text{ ワット}$$

即ち乙圖の如き接續を選定せざるべからず。

附錄　電氣磁氣測定

正價金八拾錢

郵稅內地及滿鮮金四錢

大正九年一月十日印刷
大正九年一月十五日發行

著作兼發行者　財團法人 工業教育會
代表者　理事 鳥潟右一
編輯人並印刷人　鳥潟右一
東京府荏原郡入新井町大字新井宿藏原二八〇一
印刷所　博信堂
東京市神田區三崎町三丁目一番地
發行所　財團法人 工業教育會
東京市神田區三崎町一丁目三番地
電話神田一二五三番
振替口座東京三〇四四〇番

終