

第一圖 (圖るたれらへ典に題問)

電流を求めよ、
解 R_1, R_2 を流る電流を I_1, I_2 とし各部分の電流の方向を第二圖に示す如くに假定すれば OD 間及 ED 間の電流は夫々 $I_2 - i_1$ 及 $I_1 - i_3$ なり

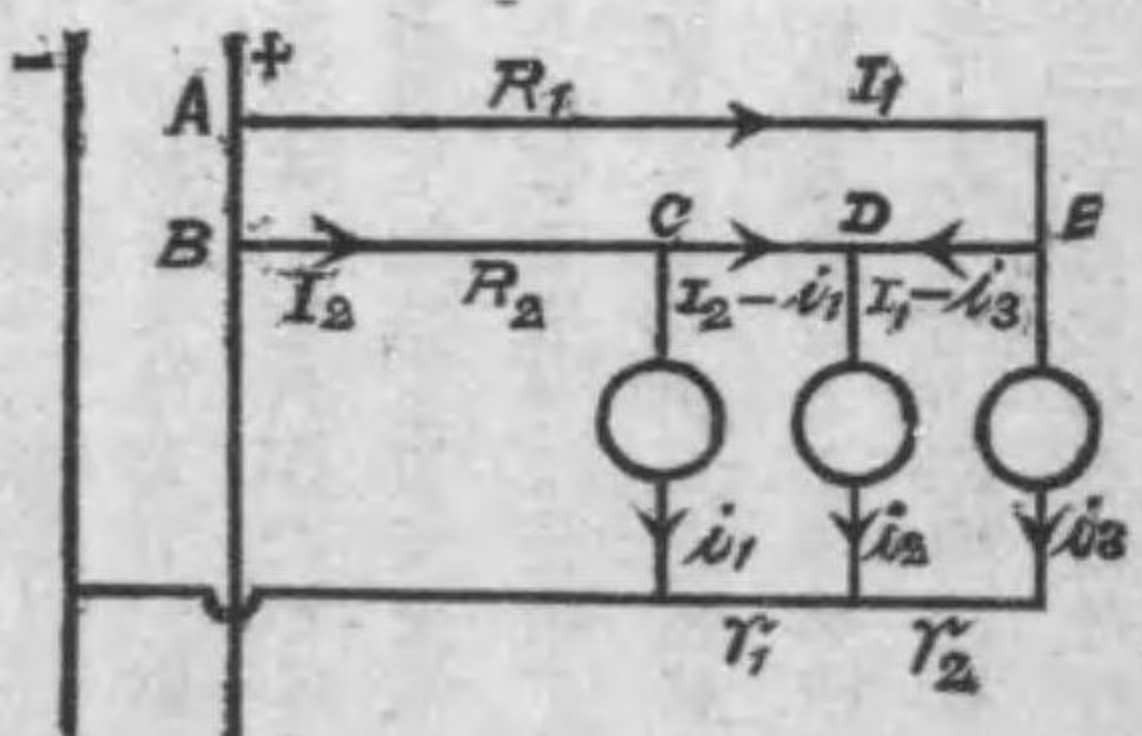
故に $ABCDEA$ なる電路に於て「キルヒホフ」の第二法則を應用すれば

$$I_2 R_2 + (I_2 - i_1) r_1 - (I_1 - i_3) r_2 - R_1 I_1 = 0$$

$$I_1 (R_1 + r_1) - I_2 (R_2 + r_2) - (i_1 r_1 - i_3 r_2) = 0 \dots (1)$$

又 $I_1 + I_2 = i_1 + i_2 + i_3 \dots (2)$ なること明なり
故に以上の(1)(2)の兩式より I_1 及び I_2 を求むれば可なり

(2)式より $I_2 = i_1 + i_2 + i_3 - I_1$



第二圖

此 I_1 の値を(1)式に代入すれば

$$I_2 (R_2 + r_2) - (i_1 + i_2 + i_3 - I_2) (R_1 + r_1) = 0$$

$$\therefore I_2 (R_2 + r_2 + R_1 + r_1) = (i_1 + i_2 + i_3) (R_1 + r_1) + (i_1 r_1 - i_3 r_2)$$

$$= (i_1 + i_2) (R_1 + r_1) + i_3 R_1 + i_3 r_1$$

$$I_2 = \frac{(i_1 + i_2) (R_1 + r_1) + i_3 R_1 + i_3 r_1}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2}$$

同様にして

$$I_1 = \frac{(i_2 + i_3) (R_2 + r_2) + i_1 R_2 + i_1 r_2}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2}$$

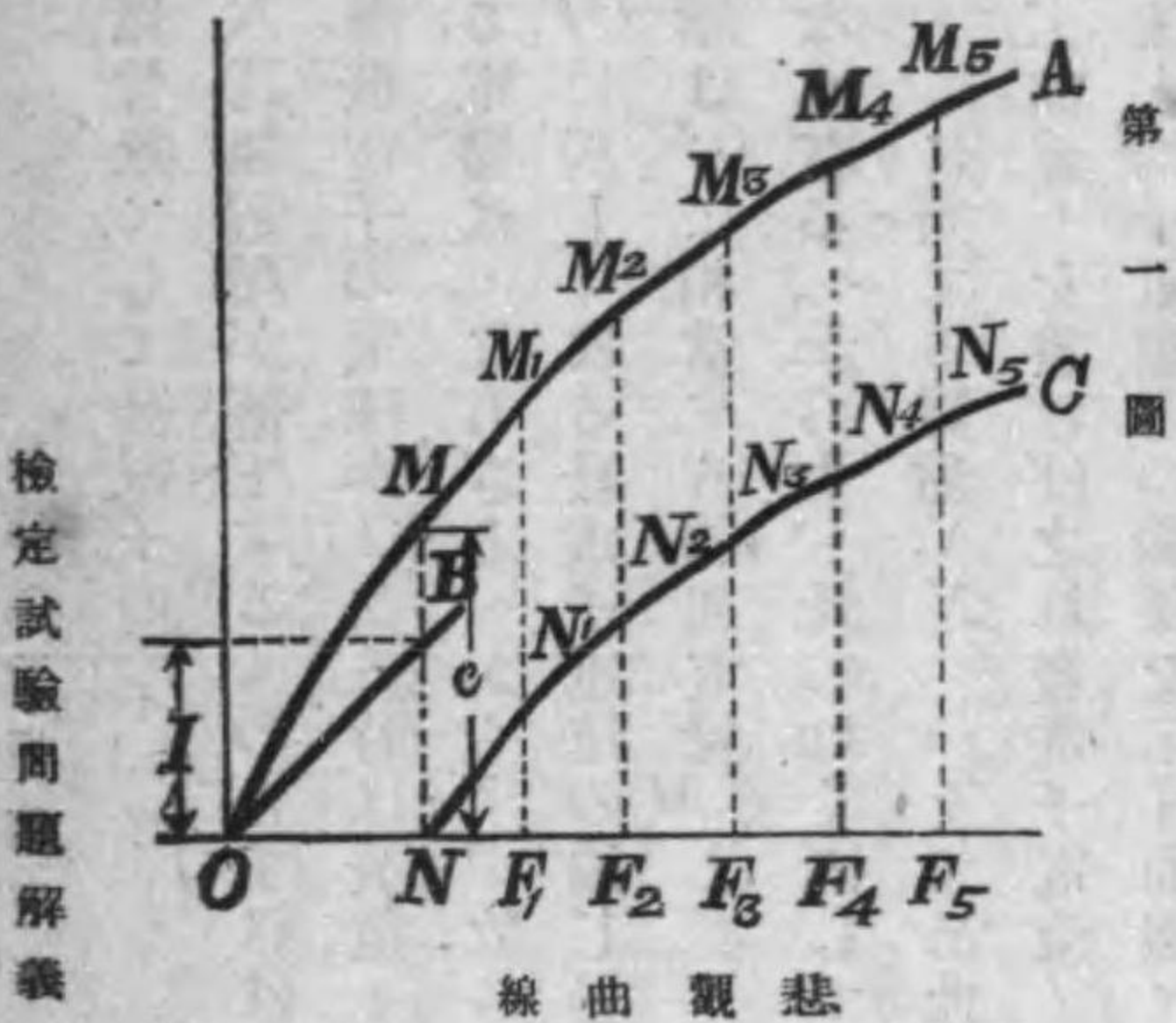
を得

電氣機械及變壓器並附屬器具

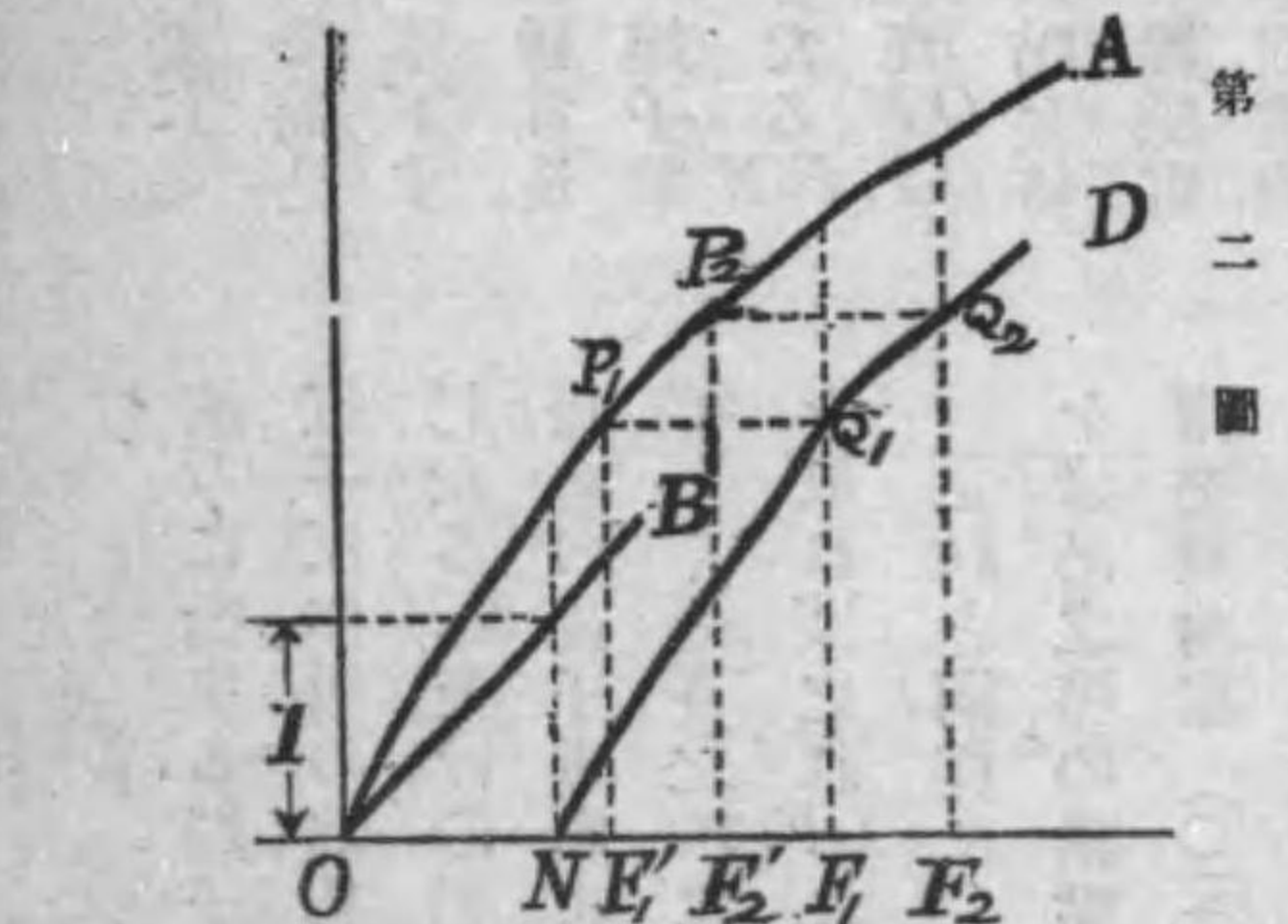
〔一〕 開電路試験 (Open circuit test) 及び短絡試験 (Short circuit test) の結果により交流發電機

零力率に對する電壓變動率の最大限度並に最小限度 (Pessimistic and Optimistic limit) を示す曲線を描く方法を記せよ、

解 交流發電機の開電路試験の結果より勵磁電流を横軸に誘起電壓を縦軸にとりて開電路特性曲線 A (説明圖参照) を書き短絡試験の結果より勵磁電流を横軸に短絡電流を縦軸にとりて短絡特性曲



第一圖



第二圖

線 B を書き此二つより所要の二曲線を描くものなり、
今此發電機の全負荷電流を I とせば此電流を短絡電流とする勵磁電流は曲線 B によりて ON にて表はさるゝを知る之れを i と假定す而して此勵磁電流によりて誘起さるゝ電壓は曲線 A によりて NM にて表はさるゝを知る、之れを e と假定す、然るときは短絡電流 I を通ずる爲に誘起電壓 e は全部發電子内にて費さるべし、發電子内にて費さるゝ電壓は一部分は發電子の「イムビダン

ス」の爲に一部は發電子の反作用の爲に費さるゝものなれど今假に (a) 發電子の反作用全

然皆無にして發電子の「イムピーダンス」の爲にのみ誘起電壓が落下するものとすれば負荷せる時と雖發電子の電流がIなる時は發電子内にて落下する電壓はeならざるべからず、故に任意勵磁電流OF₁に對しIなる發電子電流の通じ居る時の端子電壓はOF₁に相當する誘起電壓F₁M₁eを減じたるならざるべからず、此の如くにして勵磁電流OF₁、F₁N₁、……に對する諸點N₂、N₃……を求め此等の諸點を結ぶ曲線Oを畫けば之れ發電子電流Iに對し勵磁電流と端子電壓との關係を示す曲線にして悲觀曲線(Pessimistic curve)と稱し電壓變動率の最大限度を示すものなり、

(d) 前の場合とは全く反對に發電子内にて消さるる電壓は發電子の反作用のみにより「イムピーダンス」によりては降下せざるものと假定すれば勵磁電流iは全部發電子電流がIなる時其反作用に打勝つ爲に費さることとなる、故に任意の勵磁電

流OF₁に對する端子電壓を求むるにOF₁中ONだけは發電子反作用の爲めに費さるゝを以てOF₁よりONを減じたるNF₁だけの勵磁電流に相當する誘起電壓が此場合の端子電壓に等しきこととなる故にOF₁をNF₁に等しくとり之れに相當する誘起電壓F₁P₁に等しくF₁Q₁を取れば之れOF₁に對する端子電壓なり

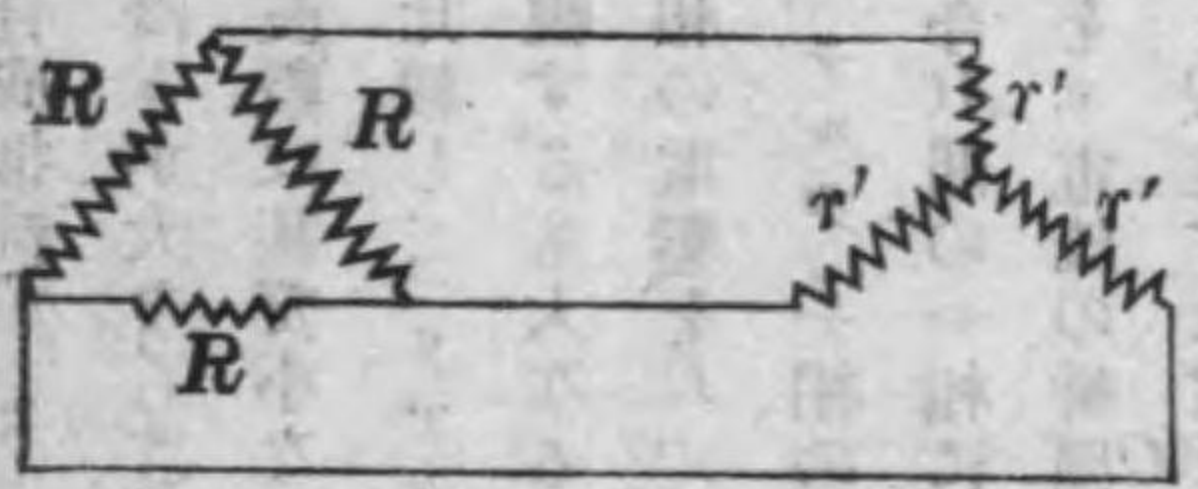
之れと同様にしてP₂、P₃……に相當するQ₂、Q₃……を求め之等の諸點を通ずる曲線Oを畫けば之れ所謂樂觀曲線(Optimistic curve)にして全負荷電流Iに對する電壓變動率の最小限度を示す曲線なり

發電機を短絡せる場合には誘起電壓と電流との間の位相の差は九十度に近く力率殆んど零なる故以上の二方法による電壓變動率を示す曲線は零力率に對するものなり

〔二〕誘導電動機あり廻轉子捲線の接続は「デルタ」形にして滑動環(Slip Ring)間にて測定せる廻轉子捲線の抵抗Rなり同一の「デルタ」(Tor-

que)に對し滑り(Slip)を二倍にすには如何なる抵抗を滑動環間に星形に挿入すべきや

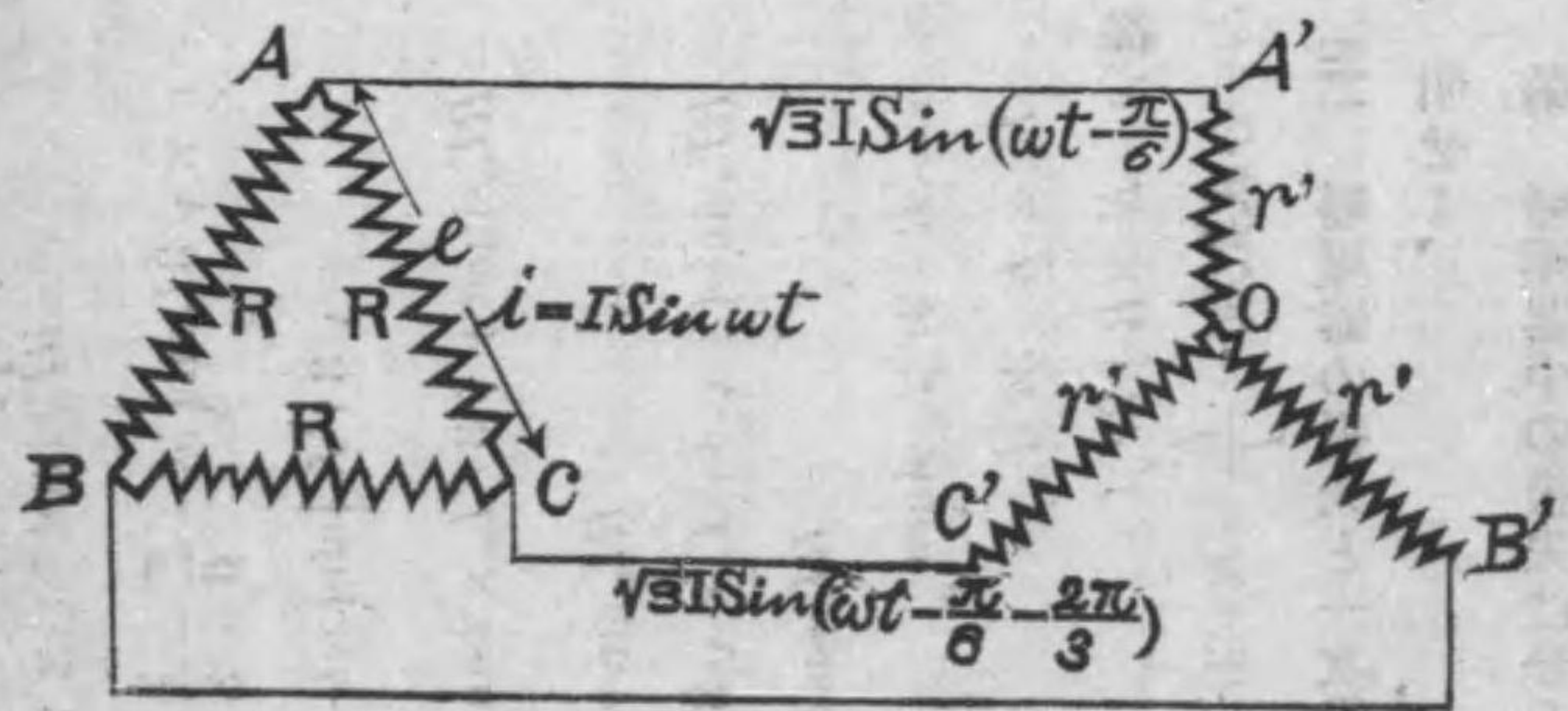
なるを以て



第一圖

解 滑りが大ならざる時は同一の「トルク」に對しては滑りは略廻轉子の抵抗に比例す故に滑りを二倍にする爲めには廻轉子に或る抵抗を挿入して其合成抵抗を廻轉子抵抗の二倍にすれば可なり今廻轉子の各相の抵抗をRとし之れにr'なる三抵抗を星形に結べるものを接続すれば「デルタ」の一相に對する合成抵抗は $R + \frac{3}{2}r'$ なり、此理由は後に述べべし

故に之れが廻轉子抵抗の二倍になるためには $3r' = 2R$ 即ち $r' = \frac{2}{3}R$ ならざるべからず、然るに滑動輪間にて測れる抵抗はRと2Rとが並列に接続せられたるものの合成抵抗



第二圖

即ち $r' = \frac{1}{2}R$

故に滑動輪間に測定せる抵抗の二分の一の抵抗を星形に結びて廻轉子に挿入すれば可なり

「デルタ」二相の

合成抵抗が $R+3r'$ となる理由は次の如し
滑りが大ならざる時は廻轉子に發生する電壓の周波数は甚だ小なり故に廻轉子捲線中には抵抗に比較して「リアクタンス」は小なるを以て之れを無視するも大なる誤なし。斯くする時は廻轉子の一相の電壓を E 、電流を I とせば

「デルタ」一相の合成抵抗は E/I なり

今 AC 間の一相に就て考るに、 AC 間の電壓の瞬間値を e 、電流の瞬間値を i 、最大値を I_m とし $i = I_m \sin \omega t$ と假定すれば $A'O$ を流るる電流は星狀電流にして AC 間の電流の $\sqrt{3}$ 倍にして倍相は 30° 遅るべし故に其瞬間値は $\sqrt{3} I_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{6})$ にて表はし得べし又 $CC'O$ を通る電流は O を通る電流より 120° 遅るべしを以て $\sqrt{3} I_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{6} - \frac{2}{3}\pi)$ にて表はし得べし。故に $AA'OO'CO$ なる電路に「キルヒホフ」の第二法則を應用すれば

$$\begin{aligned} e &= RI_m \sin \omega t + r' \times \sqrt{3} I_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{6}) \\ &= r' \times \sqrt{3} I_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{6} - \frac{2}{3}\pi) = RI_m \sin \omega t \\ &\quad + \sqrt{3} r' I_m \left\{ \sin(\omega t - \frac{\pi}{6}) - \sin(\omega t - \frac{5}{6}\pi) \right\} \\ &= RI_m \sin \omega t + \sqrt{3} r' I_m \times 2 \sin \frac{\pi}{3} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) \\ &= RI_m \sin \omega t + \sqrt{3} r' I_m \times \sqrt{3} \sin \omega t \\ &= RI_m \sin \omega t + \sqrt{3} r' I_m \times \sqrt{3} \times \sin \omega t \\ &= RI_m \sin \omega t + 3r' I_m \sin \omega t \\ \therefore e &= (R+3r') I_m \sin \omega t \\ \therefore E_m &= (R+3r') I_m \\ \text{從つて } E &= (R+3r') I \\ \therefore \text{合成抵抗} &= \frac{E}{I} = R+3r'. \end{aligned}$$

○[三] 變壓器の損失と一次電壓波形との關係を説明せよ。

解 變壓器中の損失は分ちて銅損失及鐵損失の二となす前者は電氣回路即ち銅線中の「オーム

ク」損失にして後者は磁氣回路即ち鐵心中の渦電流損失及「ヒステレシス」損失なり

「オーム」損失は電流の波形の如何を問はず其實効値によりて定まるものなるを以て一次電壓の波形の變化による勵磁電流の實効値の變化等を閉却すれば銅損失は一次電壓波形の變化によりて左右せられず

又鐵損失中渦電流損失は一次電壓波形の如何に關せざれど「ヒステレシス」損失は大に之れに關係す、其理由は次に説明する如し

磁氣回路中の總磁力線數の最大値を Φ_{max} とせば一次誘起電壓の平均値は

$$E_{av} = 4fn\Phi_{max} \times 10^{-8}$$

但し式中 f = 週波數、 n = 一次線輪の捲數故に週波數 f が不變なりとせば $E_{av} = c\Phi_{max}$ とし得べし (c は常數)

而して電壓の實効値は其「フォーム、ファクター」

を K とせば

$$E = kE_{av} \text{ なるを以て} \\ E = kc\Phi_{max} \quad \therefore \Phi_{max} = \frac{E}{kc} \dots \dots (1)$$

故に同一の E の値に對し k が大なる程即波形が尖れる程 (Peak) Φ_{max} は小にして k が小なる程即波形が平かなる程 (Flat) Φ_{max} は大なり故に E の波形が尖れる程 Φ の波形は平かにして E の波形が平なる程 Φ の波形は尖れり、而して渦電流損失は $(k\Phi_{max})^2$ に比例し「ヒステレシス」損失は略 Φ_{max}^2 に比例するものなるを以て週波數が不變なる時は鐵損失は次の如くに表し得べし

$$\begin{aligned} W_{iron} &= c_1 (k\Phi_{max})^2 + c_2 \Phi_{max}^2 = c_1 \left(k \times \frac{E}{kc} \right)^2 \\ &\quad + c_2 \left(\frac{E}{kc} \right)^2 = \frac{c_1}{c^2} E^2 + \frac{c_2}{c^2 k^2} E^2 \\ &= c_1' E^2 + c_2' \frac{E^2}{k^2} \\ W_{iron} &= c_1' E^2 + c_2' \frac{E^2}{k^2} \end{aligned}$$

即渦電流損失は一次誘起電圧の二乗に比例し、
は無関係にして「ヒステレシス」損失は一次誘起電
圧の一六乗に比例し、の一六乗に逆比例す、今日
使用する鐵板にては「ヒステレシス」損失は ϕ_{max} の1.6
乗以上の乗器に比例するを以て此影響は更に大
り、即ち ϕ が大なる程小にして ϕ が小なる程大
り、換言すれば一次電圧波形が尖れる程「ヒステ
レシス」損失は小にして平かなる程損失大なり、
之れを要するに一次電圧波形の影響は銅損失及
渦電流損失に對しては度外視し得る程度なれど
「ヒステレシス」損失に對しては其影響大にして一
次電圧波が尖れる形を有する程「ヒステレシス」損
失小にして平かなる波形を有する程損失大なり、

電氣理論電氣及磁氣測定

〔一〕 次式にて表はし得べき交番電壓の實効値を
算出せよ、

$$E = \sqrt{\frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sum e_n^2 \sin^2(n\omega t + \theta_n) dt + \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sum 2e_n e_m \sin(n\omega t + \theta_n) \sin(m\omega t + \theta_m) dt}$$

$$\therefore E = \sqrt{\frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sum e_n^2 \sin^2(n\omega t + \theta_n) dt + \sum 2e_n e_m \sin(n\omega t + \theta_n) \sin(m\omega t + \theta_m) dt}$$

$$\text{然るに } \int_0^{2\pi} \sin^2(n\omega t + \theta_n) dt = \int_0^{2\pi} \frac{1 - \cos(2n\omega t + 2\theta_n)}{2} dt$$

$$= \left[\frac{1}{2} t - \frac{1}{4n\omega} \sin(2n\omega t + 2\theta_n) \right]_0^{2\pi} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi}{\omega} \dots (2)$$

$$\int_0^{2\pi} \sin(n\omega t + \theta_n) \sin(m\omega t + \theta_m) dt = \int_0^{2\pi} \frac{\cos\{(n-m)\omega t + \theta_n - \theta_m\} - \cos\{(n+m)\omega t + \theta_n + \theta_m\}}{2} dt$$

$$= \left[\frac{1}{2(n-m)\omega} \sin\{(n-m)\omega t + \theta_n - \theta_m\} \right. \\ \left. - \frac{1}{2(n+m)\omega} \sin\{(n+m)\omega t + \theta_n + \theta_m\} \right]_0^{2\pi} = 0 \dots (3)$$

(1)(2)(3)の三式より

$$E = \sqrt{\frac{\sum e_n^2}{2\pi} \cdot \frac{\omega}{\omega} \times \frac{\pi}{\omega} + \sum e_n e_m \frac{\omega}{2\pi} \times 0} = \sqrt{\frac{\sum e_n^2}{2} \times \frac{1}{2}}$$

$$e_1 \sin(\omega t + \theta_1) + e_2 \sin(3\omega t + \theta_2) + e_3 \sin(5\omega t + \theta_3) + \dots$$

解 所求の實効値を E 、瞬時値を e とせば

$$E = \sqrt{e^2 \text{の一周期間の平均値}} = \sqrt{\int_0^T e^2 dt / T}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} e^2 dt} = \sqrt{\frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi} e^2 dt}$$

($T = \frac{2\pi}{\omega}$ = 交番電壓の周期)

$$\text{而して } e^2 = \{e_1 \sin(\omega t + \theta_1) + e_2 \sin(3\omega t + \theta_2) + e_3 \sin(5\omega t + \theta_3) + \dots\}^2$$

$$= e_1^2 \sin^2(\omega t + \theta_1) + e_2^2 \sin^2(3\omega t + \theta_2) + e_3^2 \sin^2(5\omega t + \theta_3) + \dots$$

$$+ 2e_1 e_2 \sin(\omega t + \theta_1) \sin(3\omega t + \theta_2) + \dots$$

$$+ 2e_1 e_3 \sin(\omega t + \theta_1) \sin(5\omega t + \theta_3) + \dots$$

$$+ 2e_2 e_3 \sin(3\omega t + \theta_2) \sin(5\omega t + \theta_3) + \dots$$

$$= \sum e_n^2 \sin^2(n\omega t + \theta_n) + \sum 2e_n e_m \sin(n\omega t + \theta_n) \sin(m\omega t + \theta_m)$$

但し n 及び m は任意の奇數を表はす

$$\therefore E = \sqrt{\frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sum e_n^2 \sin^2(n\omega t + \theta_n) dt + \sum 2e_n e_m \sin(n\omega t + \theta_n) \sin(m\omega t + \theta_m) dt} \dots (1)$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2} \sum e_n^2} = \sqrt{\frac{1}{2} (e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots)}$$

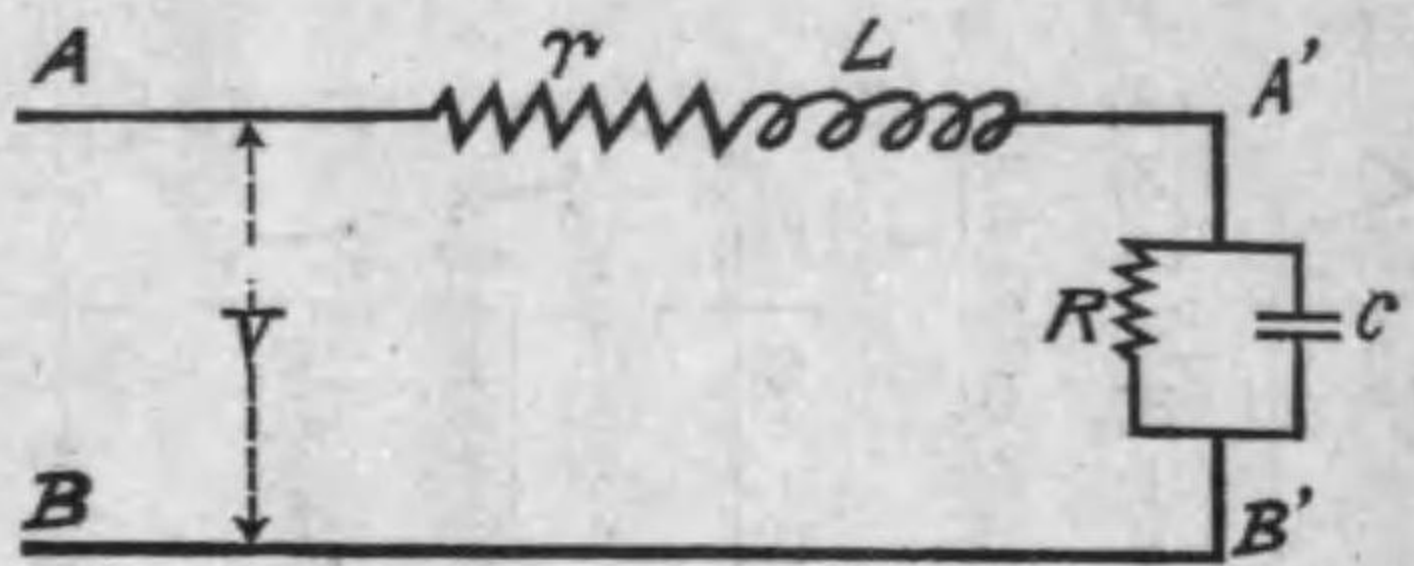
$$\therefore E = \sqrt{\frac{1}{2} (e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots)}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots}$$

之れ求むる實効値なり、

〔二〕 圖に示す如き回路の AB 間に f 、「サイクル
V」[「ヴォルト」] (實効)の交流電壓を與ふる時は $A'B$
間の電壓幾「ヴォルト」[「實効」]なりや、但、 r 、 R は
抵抗 L は「インダクタンス」 C は「静電容量」とす

解 AB 間の電壓を V 「ヴォルト」、其合成「イム
ピーダンス」を Z 「オーム」、全回路の合成「イム
ピーダンス」を Z' 「オーム」、全電流を I 「アムペア」



とせば
 $I = \frac{V}{Z}$, 及び $I = \frac{V'}{Z}$

$$\therefore V = IZ = \frac{Z}{Z} V' \dots (1)$$

静電容量 C による「リアクタンス」は $\frac{1}{2\pi fC}$ にして之れと R とが並列にあるを以て $A'B'$ 間の合成「イムビータンス」を複素量 (Complex quantity) にて表はせば

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{j\frac{R}{2\pi fC}}} = \frac{jR}{2\pi fOR + j} = \frac{jR(2\pi fOR - j)}{(2\pi fOR)^2 + 1} = \frac{2\pi fOR^2 + jR}{(2\pi fOR)^2 + 1}$$

$$\therefore Z = \frac{R}{(2\pi fOR)^2 + 1} + j \frac{2\pi fOR^2}{(2\pi fOR)^2 + 1} \dots (2)$$

故に Z の絶対値は

$$Z = \sqrt{\frac{R^2}{(2\pi fOR)^2 + 1} + \frac{(2\pi fOR^2)^2}{(2\pi fOR)^2 + 1}} = \sqrt{\frac{R^2(1 + (2\pi fOR)^2)}{(2\pi fOR)^2 + 1}} = \frac{R}{\sqrt{(2\pi fOR)^2 + 1}} \dots (2')$$

次に AA' 間の「イムビータンス」を複素量にて表はせば $r + j(2\pi fL)$ なり

故に全回路の合成「イムビータンス」を複素量にて表はせば

$$Z = Z + r - j(2\pi fL) = \frac{R}{(2\pi fOR)^2 + 1} + r - j\left\{2\pi fL - \frac{2\pi fOR^2}{(2\pi fOR)^2 + 1}\right\} \dots (3)$$

故に Z の絶対値は

$$Z = \sqrt{\left[\frac{R}{(2\pi fOR)^2 + 1} + r\right]^2 + \left[2\pi fL - \frac{2\pi fOR^2}{(2\pi fOR)^2 + 1}\right]^2} \dots (3')$$

(1)(2)(3)の三式より

$$V = \frac{Z}{Z} V = \frac{\frac{R}{\sqrt{(2\pi fOR)^2 + 1}}}{\sqrt{\left[\frac{R}{(2\pi fOR)^2 + 1} + r\right]^2 + \left[2\pi fL - \frac{2\pi fOR^2}{(2\pi fOR)^2 + 1}\right]^2}} V$$

$$= \frac{R}{RV} \sqrt{\left[\frac{R}{(2\pi fOR)^2 + 1}\right]^2 + \left[2\pi fL - \frac{2\pi fOR^2}{(2\pi fOR)^2 + 1}\right]^2}$$

之れ所求の電圧なり

〔三〕 指針を有する同期検定器 (Synchroscope)

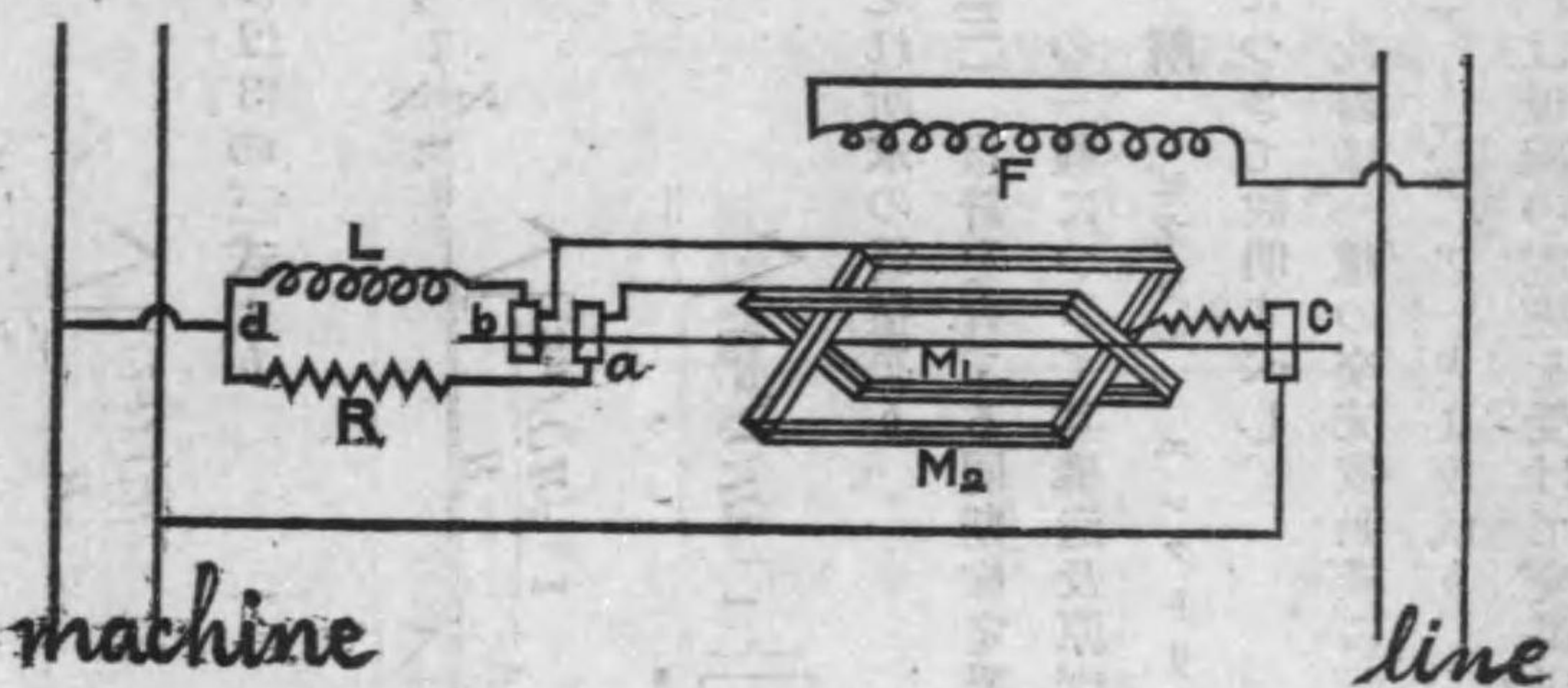
の一種につき其構造及原理を説明せよ

解 「ゼネラル、エレクトリック」會社製の一種につき説明すべし、

此器は一種の交流電動機にして「フィールド」と「アーマチュア」とより成り、「フィールド、コイル」 F は母線の電圧を受けて交番磁界を作り、「アーマ

チュア、コイル $M_1 M_2$ は廻轉軸を有する鐵製の圓筒狀の「コア」の上に互に九十度の角をなして取り付けらる、

M_1 は a を經て抵抗 R に連り M_2 は b を通りて「インダクタンス」 L に連り兩者は c, d 二點にて並列に接続せられて並列運轉をなさんとする機械の電圧を受く。普通 R は白熱電球を使用し、 L は函内に藏せらる。又 a, b, c は「スリップ、リング」なり。



M_1, M_2 兩「コイル」を通ずる電流は一方は抵抗 R に連り他方は「インダクタンス」 L に連り居るを以て位相に於て九十度の差を有すべし且つ兩「コイル」は空間に於て互に九十度の角をなすを以て兩者は圓筒表面に廻轉磁界を生ず

べし

此 F による交番磁界と M_1, M_2 による廻轉磁界との作用によりて圓筒の軸上に取り付けられたる指針は次の原理によりて母線の電壓と之れに加入せんとする機械の電壓とが同期にして且同位相にありや否やを示す、

今此兩電壓の周波數全く等しく且つ位相も正しく一致せりと假定すれば F による磁界と M_1 による磁界とが同位相にありて M_2 による磁界は此兩者と九十度の位相の差を有す、故に F による磁界が最大値を有する時 M_1 による磁界は最大にして M_2 による磁界は零なり、従つて圓筒は M_1 による磁界の方向が F による磁界の方向に一致する位置に止まり指針は垂直に上方に向ふべし

若し又兩電壓間に位相の差ある時は廻轉磁界の方向が F に依る磁界の最大なる瞬間に其方向と一致する如き位置を取り指針は兩電壓の遅進により

其度に應じて右又は左に遍くべし（「ゼネラル、エレクトリック」會社製のものにありては加入せんとする機械の位相を進める時は右に遍し、遅れたる時は左に遍す）

以上は周波數が等しとすることとなるが周波數が同一ならざる時は兩電壓の位相の差が絶へず變化するを以て指針は常に右方又は左方に廻轉し兩電壓の周波數全く等しくなり位相が一致するに到りて初めて垂直上方を指して止まる、

電氣鐵道

〔一〕 四輪車にて二ヶの電動機を有する電車あり其全重量十英噸齒車齒數比 (Gear ratio) 65 : 15 車輪の徑 30 吋とす今これに電動機を有せざる全重量六英噸の附隨車を連結して水平軌道上を走行せんとするに軌條と電車輪間の附着係數 (Coefficient of Adhesion) を 15% 電車運轉抵抗 (train

resistance) を一英噸に付 20 封度とせば此の電車に與へ得べき最高加速度は毎秒一時間何哩なりや、又此場合に於ける電動機の與ふる全「トルク」を計算せよ。

解 所求の加速度を毎秒一時間 a 哩とし附隨車の廻轉部分に廻轉加速度を與ふるに要する牽引力を同車に進行加速度を與ふるに要する牽引力の $\frac{5}{100}$ と假定すれば加速度を生ずるに要する牽引力の牽引力は

$$F = \frac{(10 + 6 \times 1.05) \times 2240}{g} \times \left(a \times \frac{5280}{3600} \right)$$

$$= \frac{16.3 \times 2240}{32.2} \times \frac{22}{15} a = 1663a \text{ 封度}$$

式中 $a \times \frac{5280}{3600}$ は a を (秒々呎) (feet per second per second) にて表せるものなり。

次に電車廻轉抵抗に打勝つに要する牽引力は

$$f_2 = (10 + 6) \times 20 = 320 \text{ 封度}$$

故に牽引車の全牽引力は

$$F = f_1 + f_2 = 1663a + 320.$$

然るに電車輪と軌條間の附着係数は 15% なるを以て此牽引力の許し得べき最大極限は

$$F = \frac{15}{100} \times 10 \times 2240 = 3360 \text{ 封度なり}$$

$$\therefore 1663a + 320 = 3360$$

$$\therefore a = \frac{3360 - 320}{1663} = 1.83 \text{ (秒時哩)}$$

次に電動機の與ふる「トルク」を見出さん、電動機の一時間の廻轉數を n 、二個の電動機の與ふる全「トルク」を T 封度呎とせば電動機の「パワー」は

$$P = 2\pi n T \dots \dots (1)$$

又電動車の廻轉部分に廻轉加速度を與ふるに要する牽引力を f_3 とし之れを同車に進行加速度を與ふるに要する牽引力の 10% と假定すれば (此場合には電動機を有するを以て附隨車の場合より割

合を多く見積れり)

$$f_3 = \frac{10}{g} \times a \times \frac{5280}{3600} = \frac{10}{32.2} \times \frac{22}{15} \times 1.83 = 185 \text{ 封度}$$

故に全牽引力は $F + f_3 = 3360 + 185 = 3545$ 封度

而して車輪の徑 30 吋、一分間の廻轉數は $\frac{15}{65}$ なるを以て齒車間の効率を 90% と假定すれば電動機の「パワー」は大略次の如くに表し得べし

$$P = (F + f_3) \pi \times \frac{15}{12} \times \left(\frac{15}{65} \right) \times \frac{100}{90} \dots \dots (2)$$

而して $F + f_3 = 3545$ 封度 なるを以て

(1)(2)の二式より

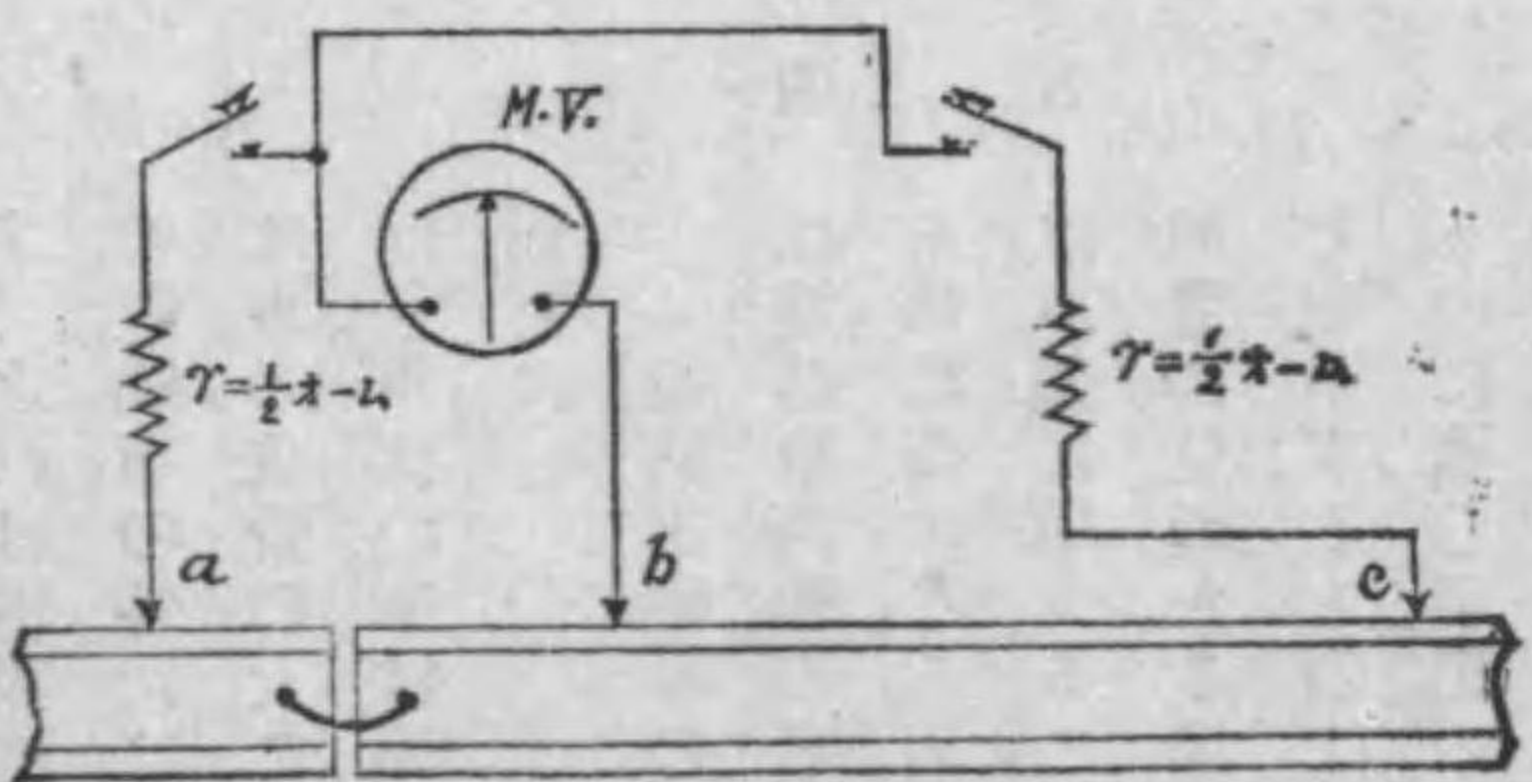
$$\begin{aligned} 2\pi n T &= 3545 \times \pi \times \frac{15}{12} \times \left(\frac{15}{65} \right) \times \frac{100}{90} \\ \therefore T &= 3545 \times \frac{15}{12} \times \frac{15}{65} \times \frac{100}{90} \\ &= 3545 \times \frac{5}{4} \times \frac{3}{13} \times \frac{10}{9} = \frac{3545 \times 50}{4 \times 13 \times 3} \\ &= \frac{177250}{156} = 1136 \text{ 封度呎} \end{aligned}$$

故に一個の電動機の與ふる「トルク」は約五六八封度呎なり

〔二〕 軌條「ボンド」の抵抗試験法を説明せよ、

解 「ボンド」の抵抗を測定するには通常軌鐵に流れ居る電流を利用するに此電流は常に其値を變じつゝあるものなれば其測定を零位測定法によるを可とす通常「ボンド」抵抗は「オーム」にて測定せずして敷設せる軌鐵の長さにて測定す而して軌鐵の單位長に對する抵抗は既知のものなるを以て之に依り「ボンド」の抵抗は計算によりて見出し得べし

圖は「ボンド」の抵抗を測定する装置にして MV は「ミリヴォルト」計 r (抵抗は 1、2「オーム」位を可とす) 抵抗器、 a, b, c は接觸子とす。「ミリヴォルト」計は目盛の中央に零を有するものにして電壓を與へざる時は指針は中央の零を指し之に一定の方向に電流を通ずれば指針は一方に傾き若し反對の方



子 b, c 間の電壓に等しからざるべからず從て「ボンド」の抵抗は b, c 間の軌鐵の抵抗に等しからざるべからず。

此方法に於て更に精密なる結果を得んとするには「ミリヴォルト」計の代りに差働電流計を使用す

向に電流を通ずれば

指針は反對の方向に傾斜す a, b の接觸子の間隔は通常十二吋にして常に一定の間隔に保たる今圖の接觸に於て接觸子 c を移動し「ミリヴォルト」計の指針を零ならしむる位置を求むれば此場合に接觸子 a, b 間の電壓は接觸

れば可なり

〔三〕 現今最も汎く直流式電車に實用せらるゝ各種の制動装置 (Brake) の種類を列記し且つ其各の最も適する用途を列記せよ、

解 現今最も普通に使用せらるゝ制動装置は手働になるものと動力を使用するものとの二種あり前者に屬するは

一、手用制動器 (Hand Brake)

後者に屬するは

二、電氣制動装置 (Electric Brake) 電氣による

三、直働空氣制動装置 (Straight air Brake)

四、自動空氣制動装置 (Automatic air Brake)

此二種は壓搾空氣を使用す

五、スリッパ制動装置 (Slipper air Brake)

手働又は壓搾空氣による、

六、マグネチック制動装置 (Magnetic Brake)

電磁石になる、

等なり

一、は市内電車等重量輕きものに適し又他の制動装置を用ふる時の豫備に適す、

二、は單獨に用ふことはなく他の制動装置と併用し非常の場合に電車を急に止むるに適す、之れは電動機を應用するものなるを以て電動車の外には用ひられず

三、は車の重量の大なるものに適す、又二車或は三車位の連結運轉に於ては總ての車輛に同時に「ブレーキ」をかけ得る便あり、然れども連結車輛等の多き時は適せず

四、は連結車輛数の多き時に最も適す、然れども構造複雑なる爲車輛数の少き時は適せず

五、は單獨に用ふること稀にして他と併用す、軌道に急坂ある場合には最も適す壓搾空氣を使用するものは連結運轉又は重量大なるものに適し手用のものは單車又は重量小なるものに適す

るものに適す

六、は五と用途を同うすれど電動機を用ふるものなるを以て電動車の外には使用せられず

發電所設計附原動機

〔一〕 ① 低壓蒸汽旋車 (Low pressure turbine) の用途を説明せよ、

② 低壓蒸汽旋車は普通の蒸汽旋車 (Steam turbine) に對し如何なる相違の點を有するや之を列舉せよ、

解 ① 低壓蒸汽旋車は絶對壓力一六封度内外の蒸汽を受けて運轉するものにして蒸汽機關に於て凝縮機を使用する代りに低壓蒸汽旋車を附加し汽機の排汽を以て之れを運轉すれば出力を六〇%乃至一二〇%位迄も増加し得、然るに凝縮機を使用することによりて得らるゝ出力の増加は僅々二五%乃至三三%に過ぎず、

低壓旋車を使用して増加すべき出力の割合は高壓蒸汽の壓力及び汽機の効率及負荷の大小によりて左右せられ高壓蒸汽の壓力の大なる程増加出力の割合は小なり、

汽罐の蒸發力が既設汽機に對するよりも餘裕ある場合には一層出力増加あるべし斯く汽機に低壓旋車を使用して出力を増加し得るを以て次の目的に使用して有利なり

(a) 現在往復動汽機關を使用する發電所に於て出力増加を要する場合には先づ第一に低壓蒸汽旋車を設置するを以て最も有利とすべし

(b) 既設發電所の効率を増さしむるに用ふ、
(c) 汽罐給水の供給充分ならざる發電所に於て給水を經濟的に使用せんとする場合又は燃料高價なる場合に發電所廻轉費を經濟的ならしむる場合に使用して利あり、
(d) 尙之れは蒸汽機關に結合して使用するには非

ざれども大型瓦斯機關の冷却水を排瓦斯にて熱し低壓蒸気を作り之を以て低壓旋車を運轉するものもあり、

(e) 汽槌、「ローリングミル」汽機送風機等の排汽が大氣壓以上なるもの相當多量なる場合に應用して發電用其他の動力を増加すること、此場合蒸氣供給一定せざるときは特別の裝置を附加するか又は混壓旋車による可とす、

低壓旋車は普通汽機の排汽を使用して運轉するものなるを以て其出力は汽機に支配せらる、されば低壓旋車は單獨に荷重を負ふ能はず必ず發電機側に於て汽機と並行運轉をなすべきものなり、故に時としては調速機を省略することあり

低壓旋車は高壓旋車に於ける低壓の羽根のみを使用するを以て其構造簡單にして何れの式にも應用せらるゝものなり

(□) 兩者の相違の點は大略次の如し

又低壓旋車の方普通旋車より温度の低き蒸気を使用するを以て輻射による損失小なり

之等の原因により低壓旋車の方普通旋車より効率高し

(d) 低壓旋車は高さ真空即二十八吋以上二十九吋内外に於て運轉するを經濟とするを以て同一の容量に對しては凝縮機は高壓旋車に對するものよりも大なるものを要す

(二) 發電所設計に於て水力を利用するか將た又火力に依るか之を決定する場合の見地につきて詳述せよ、

解 本問の如き問題の起るは電燈電力會社の新設増設電力を要する製造工場又は工場動力の電化等に際し電力の必要より發電所を設立する場合にして而も利用し得る水力ありて其水力によるも又火力によるも相當に經濟的の運轉をなし得る場合なり。

(a) 普通の蒸気旋車に於ては高壓羽根及低壓羽根を有し構造比較的複雑なれど低壓旋車にては低壓羽根のみにて構造簡單なり

(b) 普通の蒸気旋車にては高壓蒸気を使用すれど低壓旋車にては大氣壓より一封度内外高さ蒸気を使用するものなるを以て之れに相當して設計を異にするを要す、例へば同重量の蒸気は低壓に於ては其容積非常に増加するを以て低壓旋車を蒸氣通路は高壓旋車に比して甚だ大なるべし即ち羽根「ノツズル」等何れも同容量の高壓旋車に比して大なり又蒸氣の速度と蒸氣の容積よりして羽根の角度も亦高壓旋車と異なるべきが如し、

(c) 蒸氣の内部摩擦による勢力損失は高壓蒸氣の方低壓蒸気より大なるを以て此點に於て低壓旋車の方普通旋車より効率高し、

又羽根の尖端よりの蒸氣の漏洩による損失は低壓旋車の方羽根大にして蒸氣の壓力低き故少し

豊富なる水力ありて之れを天然の儘に放置することの國家經濟上甚だ不得策なるを以て之れを利用して何等かの電氣事業を起さんとする場合又は製鐵所等にて「プラスト、ファーネース」の排氣の成分良好にして之れを捨つるに忍びざるの故を以て之れを利用して電力を得んとする場合等の如く原動力先づ存し之れを利用して何等か電氣事業を起さんとする如き場合には本問の如き問題の起ることなし

故に是より以下に於ては電力の必要が主となりて此要求に適合する發電所を設計するものとして論ずべし、此場合に於ても利用すべき水力を有せざる場合又は適當なる水力はあれど石炭の運搬不便にして蒸氣力による時は運轉費甚だ高價となる場合等に於ては殆んど問題とならずに其何れかに決定すべく、眞に問題となるは水力によるも火力によるも相當の經濟的運轉をなし得る場合なり

發電所設計に際し第一に考慮すべきは經濟問題と運轉の確實なることなり

資本を無制限に投ずれば如何に完全なる發電所をも設立し得べきも經濟を無視せる設計は何等價値なきものなり。又如何に廉價に設立したりとするも運轉不確實なるときは更に増設又は豫備等を要することとなりて結局不經濟に終るべし

是れより水力と火力とを比較するに當り一言すべきは火力と稱する中には蒸気力と瓦斯力とを含むことなり然れども小發電所の場合を除くの外瓦斯力は第二義に考ふべきものなるを以て茲にては主として蒸気力と水力とを比較し最後に瓦斯力に關し附記すべし。

大體より言へば供給電力價の最小なる様に發電所を設計すべきものにして供給電力價は創立費(準備費、建設費等)維持費(運轉費、修繕費等)設備償却費金利等の合算によりて決定せらるべきも

のにして供給地の需要多寡によりて異動あり小なる電力を遠距離に送る時は電線路の工事費並に損失の爲め供給地に於ける電力價は増大し利益を得ることは殆んど望むべからず。假令有利なる水力ありて發電地の電力價小なるも如斯場合には寧ろ供給地に汽力發電所を設立する方供給電力價低廉なることあり之れ水力發電所にては運轉費極小なるも水路工事送電線路等に多額の費用を要し建設費甚だ大にして汽力發電所にては全く之れに反するによる、故に土木工事の難易送電距離の大小等に應じて精確なる計算をなしたる上水力と汽力との電力價を比較して小なる方を採用すべし

然れども實際の場合に單純に電力價の大小のみによりて直ちに決定せらるゝものにあらず。勿論水力によると火力による場合との電力價著しく異なる時は電力價の小なる方を採用すべきも然らざるときは資本の大小落成期限、將來擴張の必要の

有無、技術上の諸問題等によりて決定せらるべきものなり

一般に水力による場合には建設費大なるを以て多額の固定資本を要し水力による方有利なりとするも小資本を以て電氣事業を起さんとする場合には電力價の不廉を忍びて固定資本の小なる火力に劣らざるべからず

此理により水力によりて相當の利を收め得る場合にも大資本を投ずること能はざる場合には火力によること多し

又營業上短日月中に工事の落成を要する場合には火力によるべし、水力發電所を建設するには水路工事、送電線路工事等あり且つ交通不便なる山間に發電所を設立するものなるを以て火力發電所建設に比し數倍の長日月を要するを普通とするを以てなり

又水力電氣事業の流行せる時代には水力電氣事

業なる名稱が株主を募集する上に於て甚だ都合なることあり如斯場合には他の事情による不便を忍びても水力によるを得策とすべし

將來擴張の必要なる場合には火力の方便なり、火力にては用地充分なるときは増設容易なれど水力にては然らず且つ火力にては營業狀態より計畫變更又は移轉等をなすこと容易なれど火力にては然らず

次に技術上より水力と火力とを比較すべし

發電所の具備すべき要件は(1) 送電の確實なること (2) 配列簡單なること (3) 過負荷に安全なること (4) 負荷變動に對して効率一樣なること (5) 發電所の壽命の長きこと等にして此各に關し水力と火力とを比較するに (1) 火力發電所内配列複雑なるを以て此點にては水力より故障多かるべし。水力發電所にては水量充分ならざるときは夏時等に於て全負荷を出し得ざる等のことあり又洪水の害を受くることなきを保せず。又長距離送電線の故障多く水路の破損は回復に永き時日を要す。機械器具の修理は火力發電所の方市街地にあるを以

て便なり (2)火力にては原動機附屬の機械器具多くして配列複雑にして取扱簡單ならず此點にては水力の方が優る (3)過負荷に對しては水力に於ては數十「パーセント」過負荷運轉に耐ふる様に作らるゝとするも永久に増すことは困難なり。火力によれば過負荷容量大にして凝縮汽機發電所に於ては低壓「タービン」混壓「タービン」を使用して出力を増大することを得 (4)水車は負荷變動大なるとき効率變化大なり汽機に於ては負荷變動に對し効率變化小なり (5)一般に水力によるもの火力によるものより壽命長し、

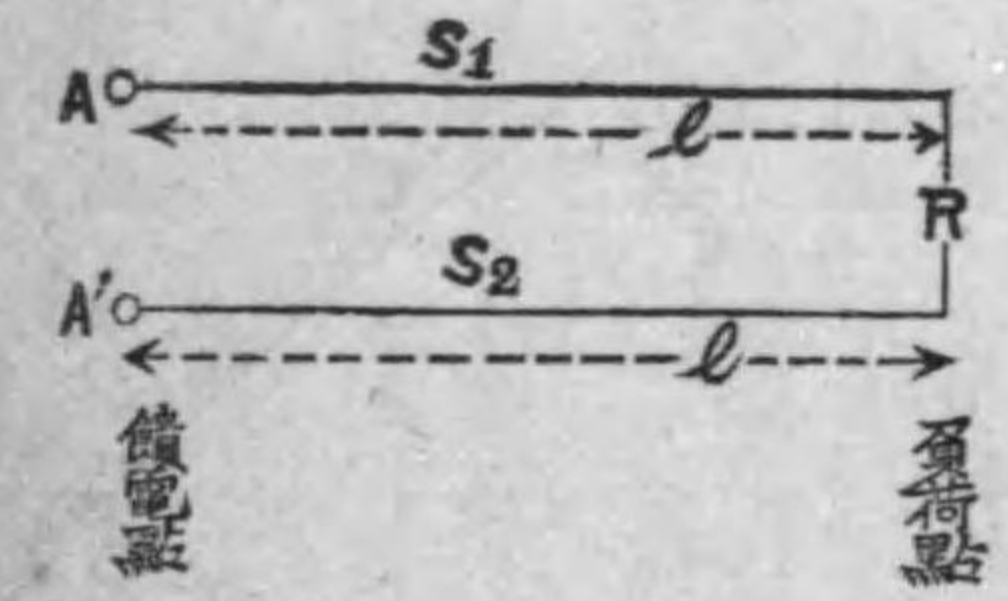
尙(1)に於て述べたる如く水力による場合には水量の充分なりや否やと洪水の惧なきかを充分調査するを要す此爲めには水源状態(森林雨量地形地質)流量(湧水期流量)有効落差(洪水面)等を充分調査すべし、
又火力の場合には善良なる給水豊富なる冷却水の有無を調査せざるべからず
尙又工事費及び運轉費を見積るには發電所内の

機械器具其他一切の設備の費用以外に次の諸項を考慮するを要す即ち水力發電所にては (1)水路の距離工事の難易 (2)發電所を置くべき土地の状態(排水灌溉基礎工事の難易) (3)送電線路の互長工事の難易等。又火力發電所にては石炭運搬の難易及炭價 (2)地盤の堅固なりや否や。基礎工事及機械据付工事の難易 (3)用地の價格又は地代等、
以上に述べたる事項を慎重に調査研究の上利害の大小輕重を比較の上決定すべし。
次に瓦斯力發電所にては「サクシヨン、ガス、プラント」による小發電所の外「プレシヤ、ガス、プラント」による大容量の發電所にては建設費は汽力發電所に比し遙かに大にして時には水力發電所以上なり、而して普通運轉費は蒸汽力より小なれど水力より大にして「プラスト、ファーンエス」等の排氣の利用し得るもの存する場合又は使用石炭の成分が良好にして多くの硫酸「アムモニウム」を生ずる場合に「モンド、ガス、プラン」を採用して經濟的なる場合の外は甚だ疑問なり。

第三級之部

一般電氣に關する事項

(一)圖に示すが如き直流回路に於て、 A, A' は饋電點 R は負荷にして饋電點と負荷點との距離を l とし一方の電線の切斷面積を S_1 他方の電線の切斷面積を S_2 とす今電流及び全電壓降下を一定なるものとすれば電線の全重量を最小ならしむる S_1 及び S_2 の關係如何



解 電流を C 各線の抵抗を R_1 及び R_2 とせば電壓降下の和は $OR_1 + OR_2$ となる而して $R_1 = \rho \frac{l}{S_1}$ $R_2 = \rho \frac{l}{S_2}$ (ρ は比抵抗なりとす) なるを以て此値を代用すれば $C\rho l \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} \right)$

檢定試驗問題解義

が電壓降下の和にして電流及び電壓降下を一定とせば

$$\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} = K \text{ (定數)}, \quad \frac{1}{S_2} = K - \frac{1}{S_1}$$

依りて $S_2 = \frac{S_1}{KS_1 - 1}$

今電線量を最小にするには $S_1 + S_2$ を最小ならしむるを要す此 S_2 に以上の値を代用すれば

$$S_1 + \frac{S_1}{KS_1 - 1} = \frac{KS_1^2}{KS_1 - 1}$$

らしむる條件は S_1 にて微分せる値をば零とするを要す

$$\frac{2KS_1(KS_1 - 1) - KS_1^2 \times K}{(KS_1 - 1)^2} = 0$$

依りて

$$\frac{KS_1(KS_1 - 2)}{(KS_1 - 1)^2} = 0$$

而して $KS_1 \neq 0$ なるを以て

$$\text{即 } KS_1(KS_1 - 2) = 0$$

依りて $KS_1 - 2 = 0$ $S_1 = \frac{2}{K}$ となる

$$\text{従つて } S_2 = \frac{\frac{2}{K}}{K \times \frac{2}{K} - 1} = \frac{2}{K}$$

即ち兩電線の切斷面積が相等しき場合に電線の重量は最小となるなり

附言 電力輸送並配電の第一問の解答の如き方法によりて本問を解けば數學式は尙簡單となる

(二) (a) 一市街内に直流架空單線式電氣鐵道あり其軌道附近の埋設鐵管に對する工事は總て適法にして漏洩電流を認めざりしに數年後に於て軌道並に鐵管の狀態に何等の變更を施さず運轉電車の臺數も當初と同一なるに拘らず漏洩電流のため接地點附近の鐵管腐蝕したることを發見せり此の場合に於て其電氣的原因として第一に着目すべき點及電氣

手記

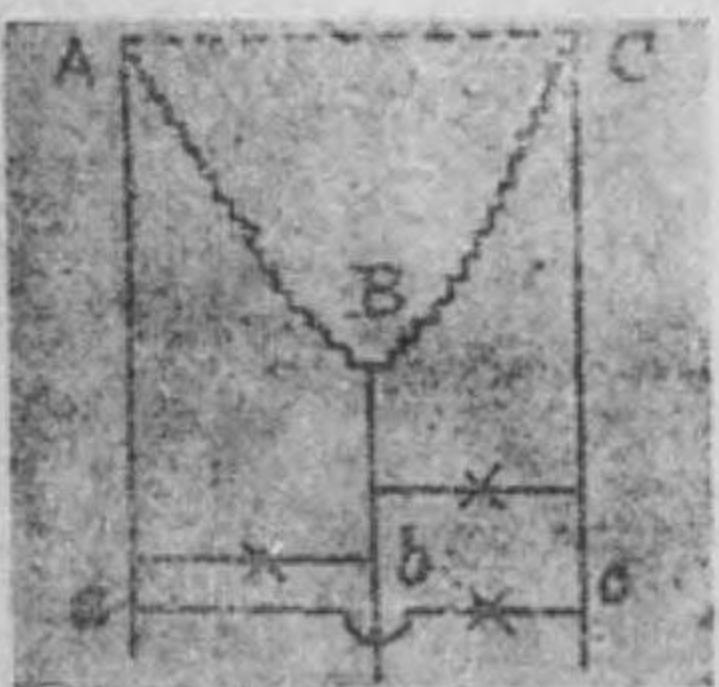
用す

然るに題意によれば工事落成の當初に於ては上記の諸項につきて設計及工事適當なりしものと認めべし、而して數年後に漏洩電流の爲め發電機の接地點附近の鐵管腐蝕したりとの事實によれば接地點以外の場所に於て漏洩電流が此の鐵道の歸線より鐵管に入り鐵管中を流れて接地點附近に於て鐵管を出でて發電機の負極に歸りたるものと考へらる、故に本件の電氣的原因として先づ第一に着目すべき點は接地點以外に於て鐵管に漏洩電流の入り易き歸線中の場所即ち鐵管と軌道又は絶縁歸線の最も接近したる場所に於て上記の(i)の設備の損壞せるもの或は「ボンド」の滅失せるものなきや又は補助絶縁歸線の絶縁不良となれる箇所なきやを取調らべ且つ又絶縁歸線の途中斷線又は破損等によりて導電力を低下せる箇所なるやを取調らぶるを要す、又電氣工作物改修上取るべき處置とし

工作物改修上執るべき處置如何

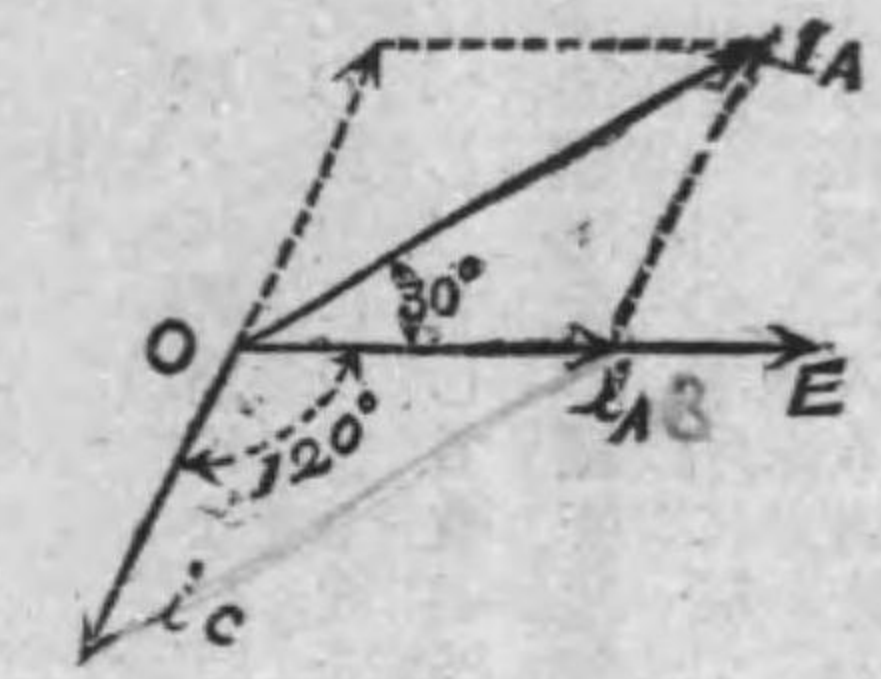
(b) 出力相等しき交流單相變壓器三個を「デルタ」結線法に接続し交流三相三線式に依り全負荷に於て送電する電氣工作物あり今變壓器の一が燒損し他に之に代るべきものなき場合に於て配電電壓を降下することなくして供給し得る最大電力如何

- (i) 軌條に完全なる「ボンド」を爲し又軌條數本置きに「クロスボンド」を施す
- (ii) 發電機の負極を完全に接地し大地との抵抗を減少す
- (iii) 補助歸線(サブプレメンタリー、ワイア)を以ては其不良の箇所を原設計の如く復舊する爲め適當の準備を整ふべきは勿論先づ工事施行前接地點附近の鐵管を發電機の接地板又は之に近き軌條と金屬的に接続して鐵管中を流るる漏洩電流が金屬的回路を経て發電機に歸る如くなすべし、此の方法實行し難き場合には成るべく該軌道の運轉車輛數を減じて漏洩電流を小にし以て鐵管の損害を避くることを勤め然る後成るべく速かに改修工事を完成するを要すべく出來得べくんば夜間等運輸及交通上支障少なき時刻に工事をなすを可とす



デルタ結線の一相の變壓器AOを除去するも三電線の線間電壓は依然として同じ(A, C間には百二十度の位相の差ある電壓の和にしてA, B及B, C間の電壓に等し)依りて二個の變壓器に

依りてABC三線に交流を供給する事を得べし是れV結線法なり此場合に供給し得る最大電力は次の如し圖に於てAB間に連結されたる變壓器は自己の電壓 O_1A と同位相なるab間の負荷電流 O_1a と之と百二十度位相の差あるac間の負荷電流 O_1c の差を通ずるが故に圖法にて示す如くAB間の變壓器の電流は O_1A となり O_1A は O_1E とは三〇度の位相差ありBC間に連結されたる變壓器に於ても同様なり依りて各變壓器の供給する電力 W は O_1A の値を I とせば



$$W = EI \cos 30^\circ \text{ 及 } EI \cos 30^\circ$$

なり而して負荷各相間に均一なる時は $I_a = I_b$ なり之を I とせば I は三線 Aa, Bb, Cc に流るゝ電線に等し依りて全電力は $2EI \cos 30^\circ = 2EI \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 2EI \times 0.866$

となる

今「デルタ」結線の場合と一相の變壓器を去りたるV結線の場合と配電電圧を等しくせんと欲せば I を定数とせざるべからず

然るに「デルタ」結線に於ては三個の變壓器の各は EI の電力を供給するが故に二個にては $2EI$ を供給す故にV結線法にては變壓器の電力供給容量をば「デルタ」結線法に於ける各變壓器の全負荷の〇・八六六に減小するなり、従て二つの場合の最大負荷の比は左の如し

$$\begin{aligned} V \text{ 結線の最大負荷} &= \frac{2EI \times 866}{3EI} \\ \Delta \text{ 結線の最大負荷} &= \frac{2 \times 866}{3} = 577 \quad (\text{以上豫備試験}) \end{aligned}$$

電氣機械及變壓器並附屬器具

(一) 交流發電機の短絡試験に於て勵磁電流を一定に保持し廻轉數を變更せば發電子電流に如何なる

影響あるやを述べ其理由を説明せよ

解 交流發電機の發電子の短絡電流は勵磁電流の一定の場合に於ては廻轉數變化するも殆ど變化することなし其理由次の如し

交流發電子の誘發起電力を E とし其の「シントロナス、インピーダンス」を Z とせば發電子短絡電流 I は $I = E/Z$ にて表はさるべし

然るに E は同一發電機に於ては其の全磁力線數と周波數の積に正比例し又勵磁電流一定の場合には全磁力線數は一定にして周波數は同一發電機に於ては其の廻轉數に比例す故に勵磁電流一定の場合には發電子の誘發起電力は廻轉數に正比例す即ち $E \propto \text{時數} \times \text{回轉數}$ と表はすことを得

又 Z は發電子の内部抵抗 R と内部「リアクタンス」 X の合成値にして $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ にて表はすべし而して R は X に比較して一般に甚だ小なるを以て本題の如き場合に於ては實用上之を開却す

るも差支なく又 X は同一發電機に於ては其の周波數又は廻轉數に正比例す仍て Z は其の廻轉數に殆ど正比例するを以て $Z \propto \text{時數} \times \text{回轉數}$ とし
て表はし得べし、故に
勵磁電流一定の場合には短絡電流は $I = E/Z \propto \frac{\text{時數} \times \text{回轉數}}{\text{時數} \times \text{回轉數}}$ となりて結局廻轉數には無關係なるものとなる

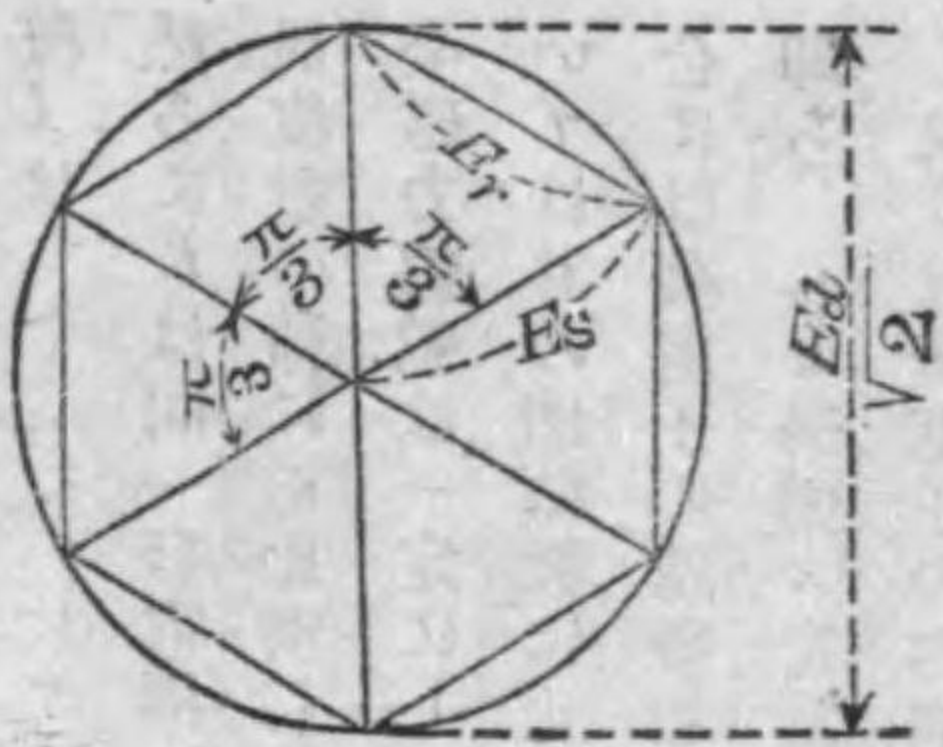
(二) 六相廻轉變流機あり其直流電壓は六百「ヴォルト」なり交流側に於ける星形電壓 (Star voltage) 及び環狀電壓 (Ring voltage) を算出せよ

解 一般に廻轉變流機の交流側の星形電壓の最大値は直流電壓の二分の一にして交流電壓の實効値は其の最大値の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ なり、故に六相廻轉變流機の直流電壓を E_d とし交流側の星形電壓實効値を E_s とせば

$$E_s = \frac{E_d}{2\sqrt{2}} = \frac{600}{2\sqrt{2}} = 600 \times 0.354$$

2124「ヴォルト」

の如く E_s は直流電圧の約三五「ヘルセント」にして本題に於ては約二二「ヴォルト」となる



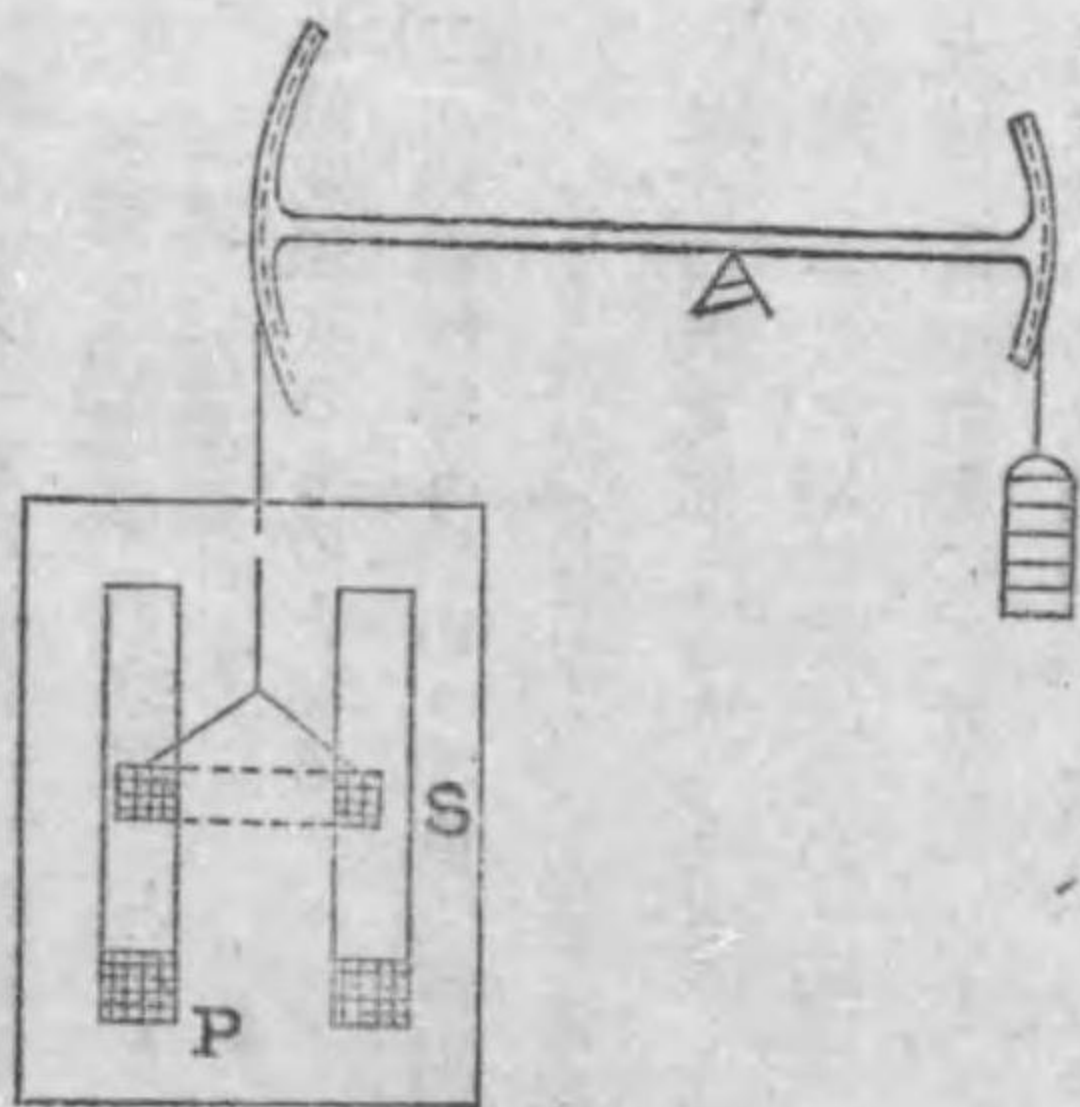
次に環状電圧を E_r とせば圖に示す如く次の關係あり
 $E_r = E_s \times 2 \sin \frac{\pi}{6} = E_s \times \frac{2}{2}$
 $= E_s = 21.24 \text{「ヴォルト」}$
即ち六相廻轉變流機に於ては交流側の星形電

壓と環状電圧は相等しくして其の實効値は直流電壓の約三五「ヘルセント」となる

(三)不変電流變壓器 (Constant current transformer) の構造及び原理を説明せよ

解 不変電流變壓器の構造の略圖は次圖の如し鐵心の下部に一次線輪は固定せられ二次線輪は鐵

心の上下に動く事を得此の上部に横杆ありて此横杆の他端には錘を釣り下ぐ二次線に電流が通ぜざる時は兩線輪の反撥する力は零なる故二次線輪は一次線輪と密接して居る若し二次線輪に電流通ずる時は其の電流は一次電流と反對の方向なる故に兩線輪間に反撥力働らき二次線輪は上に昇りて平衡を保つ今直列にあ



る電燈の個数を減ずると二次線輪の電流が増加し尙上に昇る然る時は一次線輪に依りて生ずる磁束が二次線輪を通ずる数が減少す何となれば磁束は空隙の部分にも通り居るを以て二次線輪が昇るに

従ひて之れに通ずる磁束の数は減少するを以てなり従つて誘發起電力は減少し二次電流は以前の値に減ず次に電燈の数を増加する時は電流減ずるが故に二次線輪は下に降り従つて誘發起電力を増す故に電流は元の値に増加す

電力輸送並に配電

(1)下の如き負荷を有せる配電線路に於て AB 間の電壓降下を與へられたるとき電線量を最小にするべき電流と AC 及 OB 間の電線切斷面積との關係式を求む

解 AC 間及 CB 間の距離を夫々 l_1 及 l_2 とし電線の比抵抗を ρ とせば AC 間及 CB 間の一線の抵抗は夫々 $\frac{l_1 \rho}{S_1}$ 及 $\frac{l_2 \rho}{S_2}$ なり而して AC 間の電流は $i_1 + i_2$ CB 間の電流は i_2 なるを以て AB 間の電壓降下を V とせば

検定試験問題解説

$$E = 2 \left[\frac{l_1 \rho (i_1 + i_2)}{S_1} + \frac{l_2 \rho i_2}{S_2} \right] \text{ (往復にて二倍)}$$

$$\frac{l_1}{S_1} (i_1 + i_2) + \frac{l_2}{S_2} i_2 = \frac{E}{2\rho} = K (\text{constant}) \dots \dots (1)$$

E は題意によりて定數 ρ も亦定數なるを以て $E/2\rho$ は常數なり

次に電線量を最小にするには電線の體積を最小ならしむるを要す而して電線の體積を V とせば $V = l_1 S_1 + l_2 S_2 \times 2$ 而して l_1 及 l_2 は定數なるを以て電線量が最小なる爲には體積 V を S_1 又は S_2 につ

きて微分せるものが零に等しからざるべからず今 S_1 につきて微分し零に等しと置けば

$$\frac{dV}{dS_1} = \left(l_1 + \frac{l_2 \rho S_2}{S_1} \right) \times 2 = 0 \therefore \frac{dS_2}{dS_1} = -\frac{l_1}{l_2} \dots \dots (2)$$

即電線量が最小なるためには \$S_1, S_2\$ 間に (2) の如き関係あるを要す

而して又電壓降下が一定なる爲には (1) の如き關係あるを要するを以て (1) 式より求めたる \$\frac{dS_2}{dS_1}\$ の値と (2) 式の \$\frac{dS_2}{dS_1}\$ の値とは等しからざるべからず (1) 式を \$S_1\$ につきて微分すれば

$$-\frac{l}{S_1^2}(i_1+i_2) - \frac{l}{S_2^2}i_1 \frac{dS_2}{dS_1} = 0$$

此式中の \$\frac{dS_2}{dS_1}\$ に (2) 式の \$\frac{dS_2}{dS_1}\$ の値を代入すれば

$$-\frac{l}{S_1^2}(i_1+i_2) - \frac{l}{S_2^2}i_1 \left(-\frac{l}{l_2}\right) = 0$$

$$\therefore -\frac{l}{S_1^2}(i_1+i_2) + \frac{l}{S_2^2}i_1 = 0$$

$$\therefore \frac{l}{S_2^2}i_1 = \frac{l}{S_1^2}(i_1+i_2) \quad \therefore \frac{i_1}{S_2^2} = \frac{i_1+i_2}{S_1^2}$$

$$\frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{i_1+i_2}{i_1}$$

$$\frac{S_1}{S_2} = \sqrt{\frac{i_1+i_2}{i_1}} \dots\dots\dots (3)$$

之れ求むる關係式なり 即 \$AC\$ 間及 \$CB\$ 間の電線の斷面積は \$AC\$ 間及 \$CB\$ 間の電流の平方根に比例するを要す

(2) 温度上昇を同一とせる場合に於て電線に通過し得べき電流は電線の直徑の約 \$\frac{3}{2}\$ 乗に比例することを證明せよ

解 電線中の任意の一部分をとりて考ふるに其部分の温度上昇は略部分中の熱損失即其發生する熱量に正比例し熱の發散面積即其部分の電線の表面積に逆比例す、電線は直徑に比し非常に長き導體なるを以て兩端に近き部分を除く外電線中の任意の一部分に發生する熱は其部分より直に半徑の方面に外方に導かれ電線の表面より空中に發散し電線の長さの方向には熱の移動なきものと考へて大なる誤なし故に温度上昇は略熱の發散面積即電線の表面積に逆比例するものと考へ得
故に温度上昇を \$T\$、熱損失を \$W\$、表面積を \$S\$ と

せば

$$T \propto \frac{W}{S}$$

今電線の單位の長さにつきて考ふるに比抵抗を \$\rho\$ 直徑を \$d\$ とせば單位の長さの抵抗は \$\frac{1}{\pi d^2} \rho\$ なり

り従て電流を \$I\$ とせば熱損失は \$W = \frac{\rho}{\pi d^2} I^2\$ 又表面積は \$S = \pi d \times l = \pi d l\$

面積は \$S = \pi d \times l = \pi d l\$

$$\text{故に } T \propto \frac{\frac{\rho}{\pi d^2} I^2}{\pi d l} \quad \therefore T \propto \frac{4\rho}{\pi^2} \frac{I^2}{d^3}$$

\$\frac{4\rho}{\pi^2}\$ は定數なるを以て \$T = K \frac{I^2}{d^3}\$ (\$K\$ は定數)

$$\therefore I^2 = \frac{T}{K} d^3 \quad \therefore I = \sqrt{\frac{T}{K}} d^{\frac{3}{2}}$$

故に温度上昇を一定とすれば \$I = K' d^{\frac{3}{2}}\$

$$\therefore I \propto d^{\frac{3}{2}} \quad (K' = \sqrt{\frac{T}{K}} = \text{定數})$$

即温度上昇を一定とすれば通し得べき電流は直

徑の \$\frac{3}{2}\$ 乗に比例す

(3) 送電線を撚架 (Transposition) する理由を説明せよ

解 送電線を撚架する理由は該道電線に添架せる電話線又は電信線其他該送電線に接近して略平行に架渉せる他の電信電話線等に對し該送電線の電磁的誘導作用及靜電的誘導作用による電信電話線の通信上の障礙を軽減するを主とす、即ち一般に送電線の各線を \$A, B, C\$ 等とせば \$A\$ と電信電話線との關係位置は \$B\$ 等と電信電話線との關係位置と異なるを以て送電線の \$A, B\$ 等の各線が電信電話線に及ぼす誘導作用は夫れ々相異なるべく従て誘導作用の結果として電信電話線中に電流を誘發し通信上の障害を來すべし、今送電線を適當の度數丈け撚架すれば送電線の一線 \$A\$ と電信電話線との關係位置は全線路を概括して考ふるときは送電線その他線 \$B\$ 等と電信電話線との關係位置と殆と相

等しき様になすことを得べし、此の如くすれば誘導作用は殆ど互に打消して電信電話線中には殆ど誘發電流を生ずることなく通信上の障礙を大に減ずるを得るなり、燃架の度数は電信電話線に接近せる区域内の全送電線路を其の線條數(例へば三線式送電線に於ては三)又は其の倍數の區域に分ち其の區分點に於いて燃架を行ふべし、送電線を燃架するときは其各線の相互の關係位置が互に殆ど相等しきものとなるを以て交流送電線に於いては各線の相互誘導作用略等しくなり各相の電壓降下及受電端に於ける力率を等齊とするに多少の利益あり

電燈

①我國電氣事業上公定せられたる一燭光とは如何なるものなるや之を説明せよ
解 一燭光とは氣壓七百六十「ミリメートル」の

時一立方「メートル」に付八「ワット」の水蒸氣を含有する空氣中に於て燃焼する「ハーコー」氏十燭光「ペンタリン」燈の光力の十分の一とす、「ペンタリン」燈は其燃料としては「ペンタリン」蒸氣と空氣との混合より成る瓦斯を使用す「ペンタリン」油は燈の上部の蒸發器に入れ重量に依りて「アルガン」燈の下部迄細管を傳はりて降りて燃焼す燭の長さは雲母の窓より見て一定の高さに調整す此電燈の燭光は氣壓及び水蒸氣の多少に關係するに依り前記の如く規定せるなり

②白熱燈球の炭素纖維製造の方法を略述せよ
解 炭素纖維の原料として使用せらるゝものを左の二種とす

- (一)纖維質のもの 例令紙竹木綿絲の類
- (二)組織なきもの 例令セルロースの類

竹は我國京都の八幡竹が良好にして古く取り日蔭にて乾燥し皮と身との間を極めて薄く纖維に沿

ひて切り取り之を細く割りヒゴ板に掛けて削り所要の形狀に曲げ爐に入れて蒸焼す蒸焼するには炭製の坩堝に纖維と同形の溝を穿ち置き之に纖維を入れ蓋にて之を覆ひ數回宛火爐に入れ石炭瓦斯にて蒸焼して炭化するなり

木綿絲より製するには木綿絲を曹達或は「アムモニア」にて熟煮し其脂肪を能く除去去りたる後水にて洗ひ硫酸中に浸したる後取出し再び水にて洗ひ乾かしたる後所要の形狀に曲げ之を蒸焼す「セルローズ」にて造るは現今尤も普通に用ゐらるゝ製造法にして木綿を鹽化亞鉛の溶液に溶かしたる半透明の濃厚なる飴狀の液體にして之を金屬板に穿ちたる直徑一定せる孔より空氣の壓力にて押出して「アルコール」中に入れる時は凝結して絲の如くなる之を絲卷にて捲きて乾かし適當の長さに切り型に卷付け炭粉を詰め爐に入れて蒸焼す火爐に入れたる坩堝は適當時間の後火爐より取

出し冷印するを待ち坩堝を開きて炭化したる纖維を取出す此際纖維は脆くなれるに依り毀損せざる様に取扱に注意を要するなり

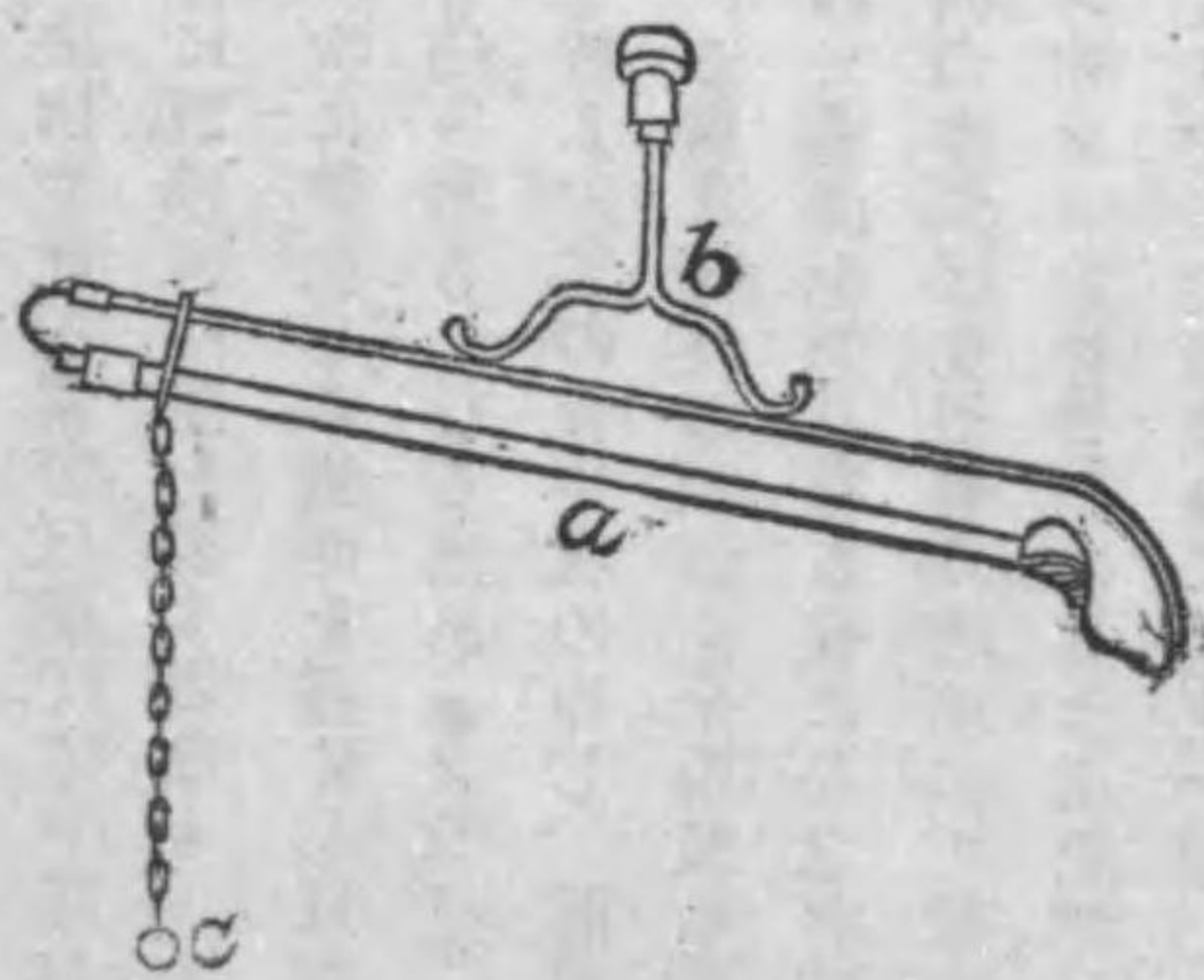
次に炭化する纖維を強くし且つ其の太さ及表面を均一ならしむる爲め「フラッシング」Flushingを行ふ、其の方法次の如し、前記の如くして作りたる炭素纖維の兩端を金屬製の「ターミナル」に挿みて電流を通じ得る様にし之を硝子鐘内に入れ鐘内の空氣は先づ真空唧筒にて抜き去りたる後「ベンチン」Benzene の如き炭化水素の瓦斯を鐘内に入れ次に炭素纖維に電流を通じ白熱となす然るときは纖維の周圍にある炭化水素は分解せられて其の炭素は纖維の表面に附着す、此の炭素は纖維の全表面に附着するも纖維の細き部分程電氣抵抗高き爲め電流により高温度に熱せらるゝを以て其の部分には多量の炭素を附着するなり、此の方法によりて纖維全體の電氣抵抗及強さが均一となるな

り、又「フラッシング」により表面に附着したる炭素は黒鉛状のものにして其の電気抵抗は繊維の心線より小なり故に「フラッシング」の間に通ずる電流は一定電圧の下に於て「フラッシング」の進むに従ひ漸次増加するを以て電流が一定の値まで増加するときは自動遮断装置により自動的に電流を遮断して「フラッシング」を終るものとす、又表面に附着せる黒鉛状の炭素は熱により蒸發すると「フラッシング」せざる内部の炭素より小きを以て「フラッシング」を行ひたる炭素繊維は「フラッシング」を行はざるざる繊維よりも高き温度に使用し得べく従つて電球の能率を高むるなり

(3) 水銀電燈 (Mercury vapour lamp) の點火方法の一を説明せよ

解 水銀蒸電燈は水銀の蒸氣の中に電弧を生ぜしめて光を放たせるものにして次圖は其概略を示す a は長さ約四呎直徑一吋程の硝子管にて水平よ

り稍傾ける位置に裝置し其兩端は膨れて居る即下方の一端には水銀を入れ之れを負極とし他端には鐵にて作れる釣鐘狀の電極を入れて正極とし此管内の空氣は全く排除し正負兩極に電流を導く爲め硝子管に出づる「ターミナル」を取付け適當の電壓を與ふるなり



今適當の法にて水銀に少しく熱を與ふる時は水銀の一部分は直ちに蒸發して充電せられたる蒸氣となり電流は其中を通過して甚だ強き光を發す

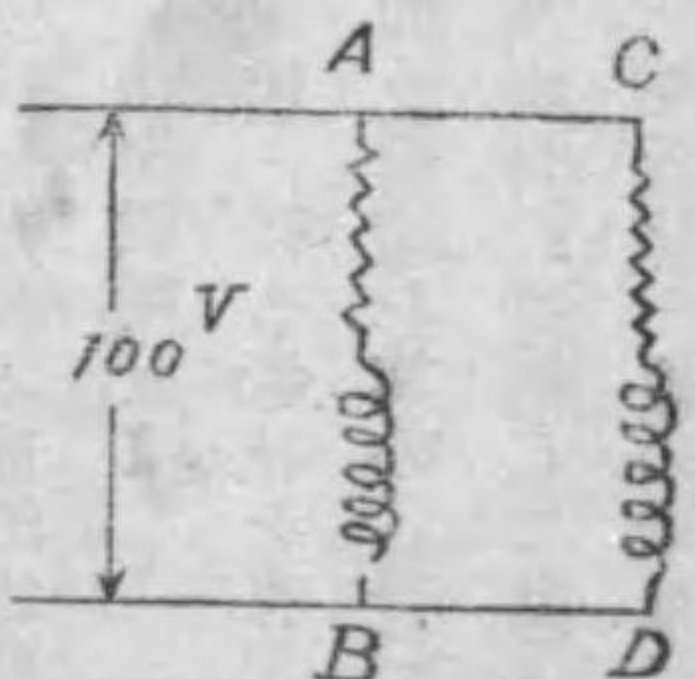
るなり圖のりの點にて蝶番にて支へられ正極の方が上になり管は斜になる様に保たる點火するには管の一方に附けある鎖を引きて陽極の方を降すと水銀は管の中を通つて陽極の方に流るゝに依り兩極は一瞬間丈水銀の細き流れによつて連結せらる従つて電流通ずれども間もなく水銀の細き流れは何處かで切斷せらる其故に豫め其回路の中に多少の自己誘導を有する「コイル」を入れて置くと共に切斷せられた處で火花が出るに依り充電せられたる水銀の蒸氣を管中に生ず然る後鎖を弛むる時は水銀は再び管の右端に歸り管中には水銀の蒸氣が充滿し強き光を出す事を得るなり

② 電気理論、電気磁氣測定

(1) 100「ヴォルト」の電壓に對し $\frac{1}{\sqrt{2}}$ の力率を以て 50「アンペア」を取る負荷と $\frac{1}{2}$ の力率を以て 80「アンペア」を取る負荷と並列にありとす總電流

検定試験問題解説

に對する力率を計算せよ

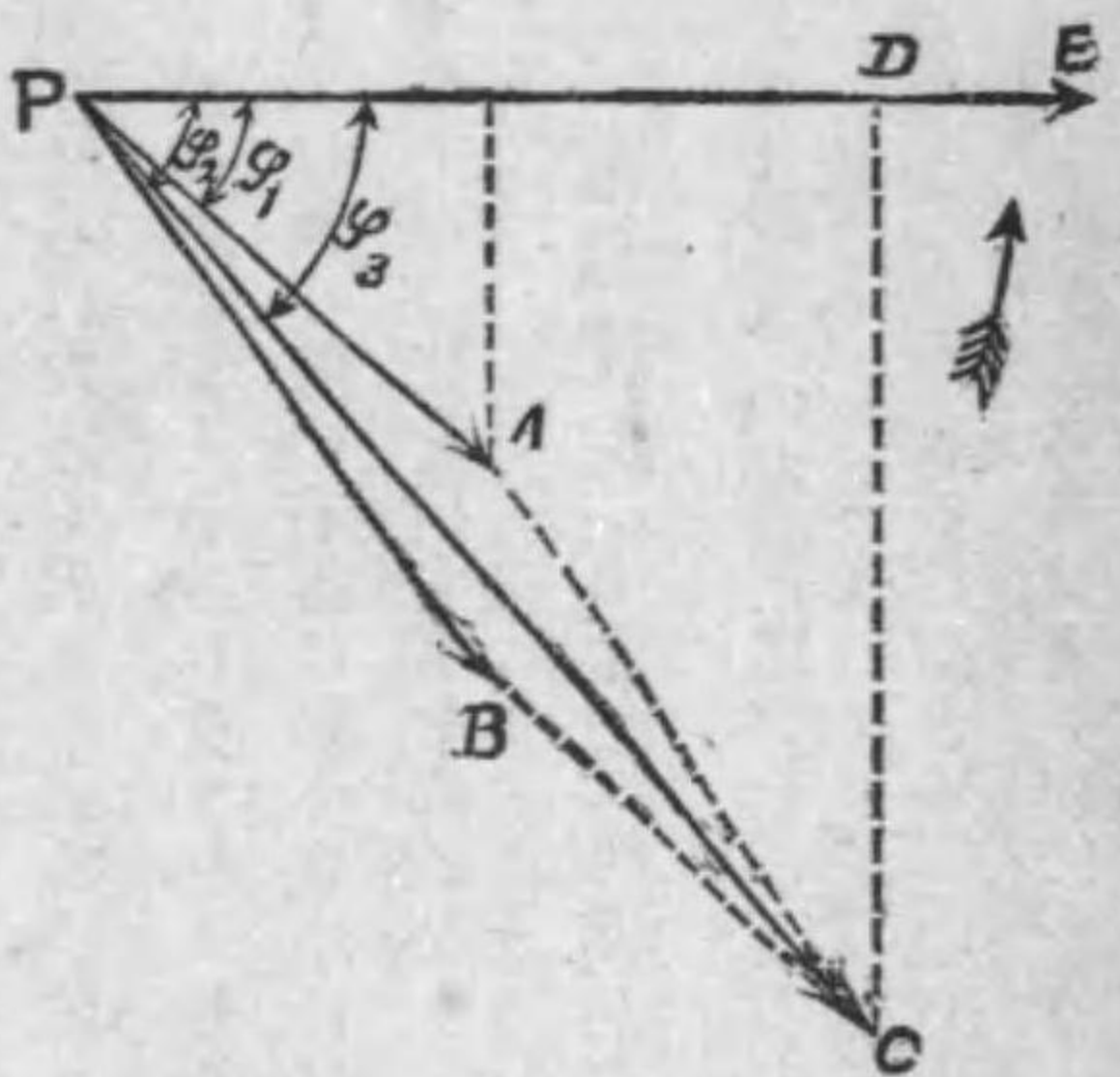


解 AB 及び CD の「インピーダンス」を S_1 及び S_2 とすれば
 $S_1 = \frac{100}{50} = 2 \angle \alpha_1$
 $S_2 = \frac{100}{80} = 1.25 \angle \alpha_2$
 となり

$\cos \phi_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}$ 依りて $\sin \phi = \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\phi_1 = 45^\circ$
 $\cos \phi_2 = \frac{1}{2}$ 依りて $\sin \phi_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}$ $\phi_2 = 60^\circ$

今 AB 及び CD の負荷が並列にあるときの合成分力率は次の「ベクトル、ダイアグラム」より容易に知る事を得

$\tan \phi_3 = \frac{CD}{PD} = \frac{P_A \sin \phi_1 + P_B \sin \phi_2}{P_A \cos \phi_1 + P_B \cos \phi_2}$
 然るに $P_A = \frac{E}{S_1}$, $P_B = \frac{E}{S_2}$ なるに依り



$$\tan \phi_3 = \frac{\frac{E}{S_1} \sin \phi_1 + \frac{E}{S_2} \sin \phi_2}{\frac{E}{S_1} \cos \phi_1 + \frac{E}{S_2} \cos \phi_2}$$

$$= \frac{S_2 \sin \phi_1 + S_1 \sin \phi_2}{S_2 \cos \phi_1 + S_1 \cos \phi_2}$$

従つて
 $\cos \phi_3 = \frac{S_2 \cos \phi_1 + S_1 \cos \phi_2}{\sqrt{(S_2 \sin \phi_1 + S_1 \sin \phi_2)^2 + (S_2 \cos \phi_1 + S_1 \cos \phi_2)^2}}$
 となる

以上の式に夫々の値を代入する時は

$$\cos \phi_3 = \frac{1.25 \times \frac{1}{\sqrt{2}} + 2 \times \frac{1}{2}}{\sqrt{(1.25 \times \frac{1}{\sqrt{2}} + 2 \times \frac{1}{2})^2 + (1.25 \times \frac{1}{\sqrt{2}} + 2 \times \frac{1}{2})^2}}$$

$$= \frac{0.885 + 1}{\sqrt{1.885^2 + 2.6^2}}$$

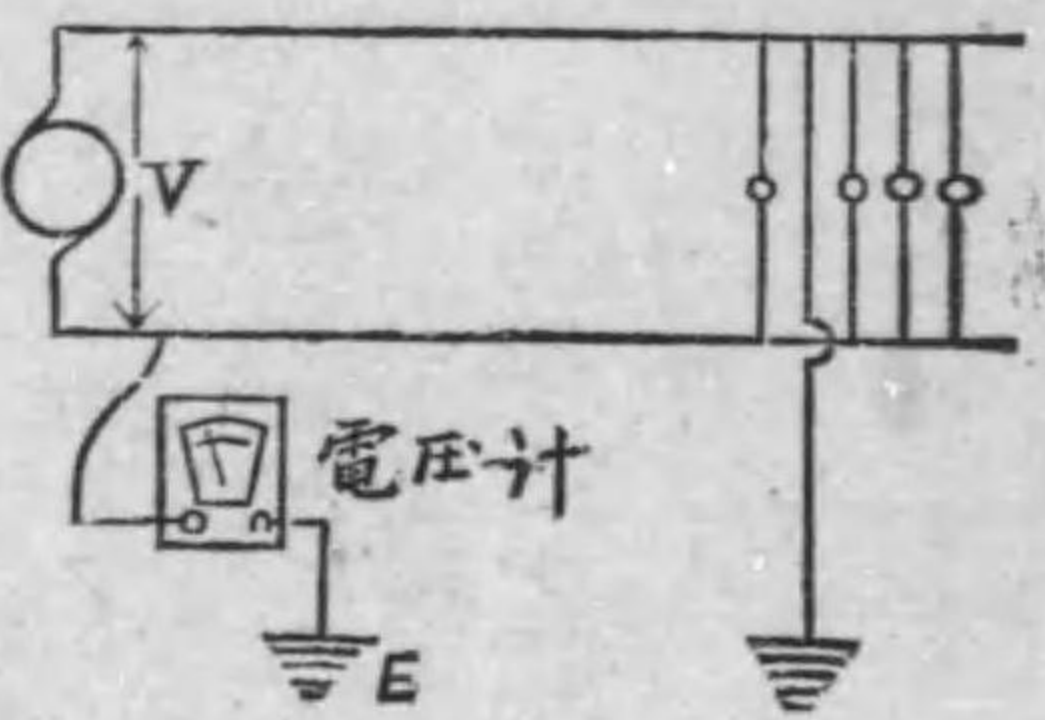
$$= \frac{1.885}{\sqrt{3.52 + 6.76}} = \frac{1.885}{3.2}$$

$$= 0.59$$

即合力率は〇・五八となる

(2) 送電中の直流二線式電線路の絶縁抵抗を既知抵抗を有する直流電圧計一個を用ひて測定する方法を説明せよ
 解 高さ抵抗を有する電圧計一個をば圖に示す如く接続し其の「読み」を取る次に電圧計を他線と大地間に接続して其「読み」を取る
 今 X を一線の大地に対する絶縁抵抗
 X_1 を他線の大地に対する絶縁抵抗

R を電圧計の抵抗



V を兩電線間の電壓
 V_1 を電圧計を圖の如く接続せる時の電圧計の「読み」とすれば
 V_2 を電圧計を他線に接続せる時の電圧計の「読み」とすれば

電圧計を通る電流は $\frac{V}{X+R}$ に等しく之に抵抗 R を乗ずる時は電壓降す即ち電圧計の「読み」となる
 依つて $V_1 = \frac{V}{X+R} \times R$ $V_1 X + V_1 R = V R$

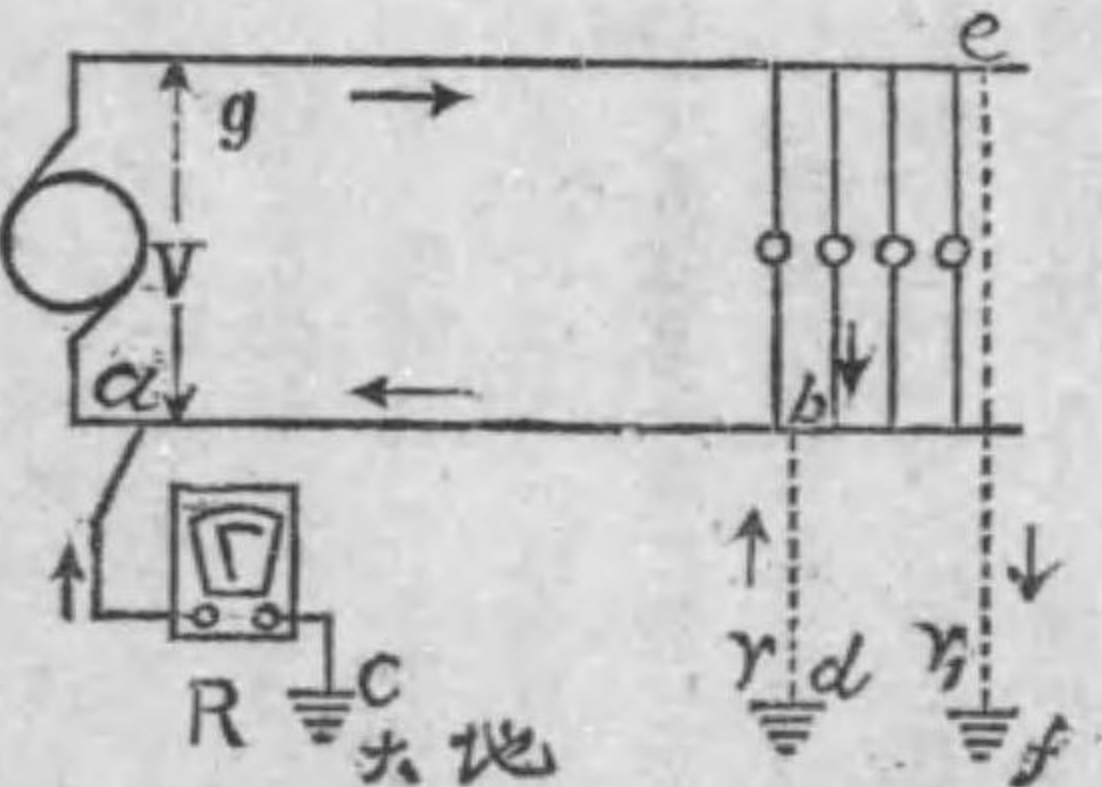
$$\therefore X = R \left(\frac{V}{V_1} - 1 \right) \dots \dots \dots (I)$$

同様に $V_2 = \frac{V}{X_1+R} \times R$

$$\therefore X_1 = R \left(\frac{V}{V_2} - 1 \right) \dots \dots \dots (II)$$

(I) 式及び (II) 式より絶縁抵抗を計算する事を得べし

然れども今電圧計の抵抗 R を通過する回路は次圖に示すが如く他線の大地に對する漏電回路と並列にあるに依り上式を訂正する時は一層正確なる結果を得べし



上圖に示すが如く電流は送電回路及大地への漏電回路へ通ず即ち $e f$ より $d b$ へ至る回路と $c a$ へ至る回路とが並列にある故に唯一の回路とせるよりは抵抗小となる今 r を d の漏電抵抗 r' を $e f$ の漏電抵抗 R を電圧計の抵抗とす

電圧計の読みを V (一線の漏浪電流を i とせば電圧計と r とは並列に接続せられ r' とは直列に接続せ

られ居るを以て

$$i = \frac{V}{R_0 + r} \times \frac{r}{R_0 + r} = \frac{Vr}{(R_0 + r) + r^2} \dots (1)$$

$$\text{又 } i = \frac{V}{R} \dots (2)$$

次に電圧計を(+)線に接続し電圧計の読みが*v*なりとせば前と同様にして(+)線の漏洩電流*i*は

$$i = \frac{Vr}{R(r^2 + r) + r^2} \dots (3)$$

$$\text{又 } i = \frac{v}{R} \dots (4)$$

$$(1), (2), (3) \text{ 及 } (4) \text{ より } \frac{i}{v} = \frac{r^2}{r^2 + r} \dots (5)$$

$$(1), (2) \text{ 及 } (5) \text{ より } \frac{v}{R} = \frac{V}{R(1 + \frac{r^2}{r}) + r}$$

$$= \frac{V}{R(1 + \frac{v}{v'}) + r}$$

$$\therefore VR = vR + v'R + r^2v$$

$$\therefore v' = \frac{(V - v - v')R}{v}$$

$$\text{同様に } v = \frac{(V - v' - v)R}{v'}$$

(3)周波計 (Frequency meter) の一種に付き原理及検定方法を述べよ

解 獨國「ハルトマン、ブラウン」會社の共振型

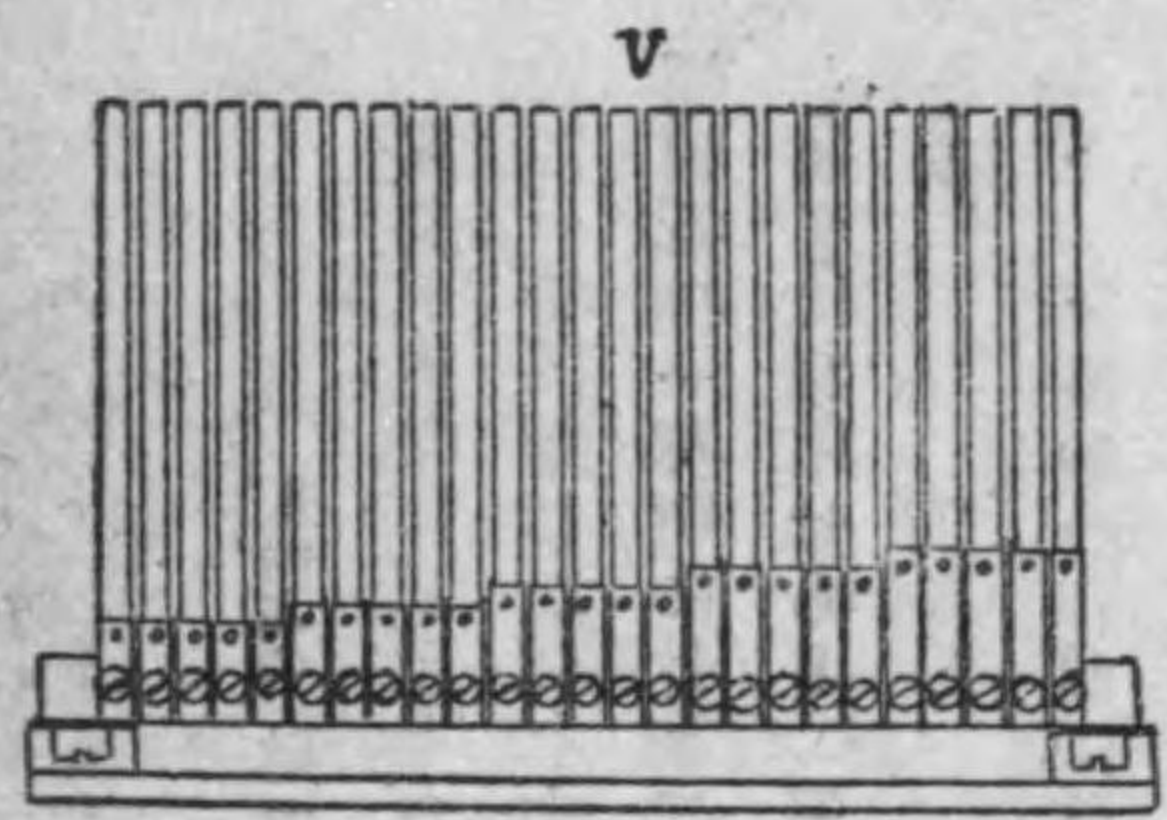
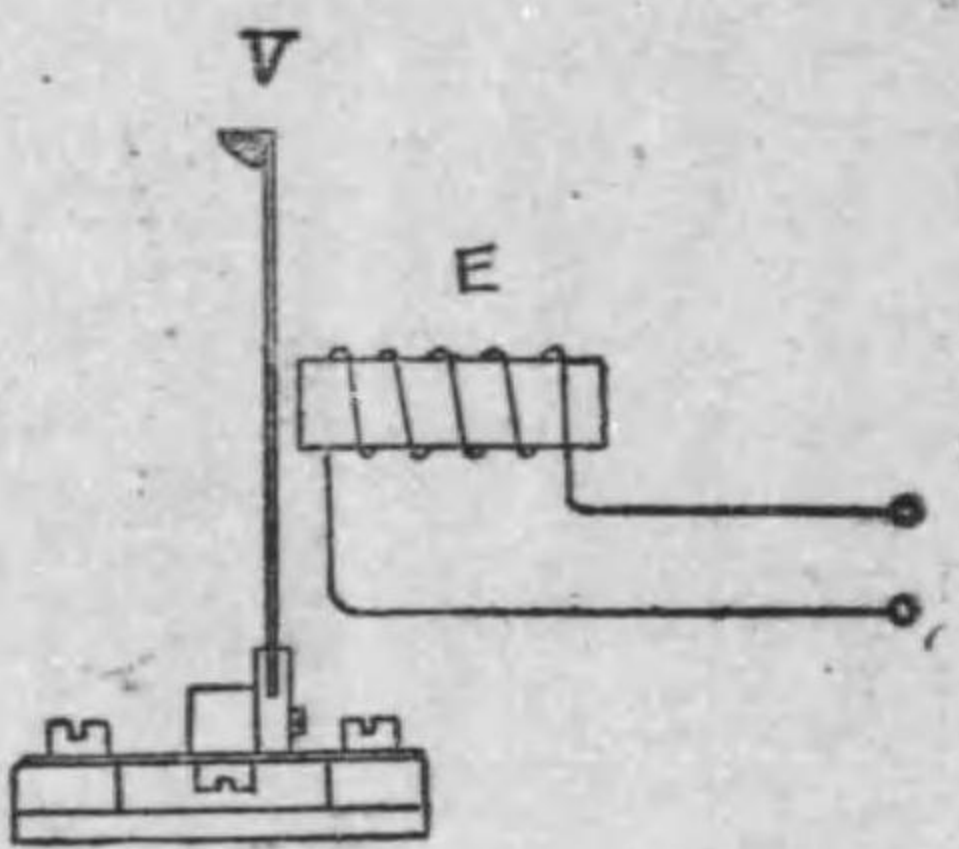
周波計につきて原理及検定方法を述べよし、圖に於て*V*は其一端に於て固定せらる軟鐵片の一群にして各異なる長さ及異なる重さを有すは交流電磁石にして之に周波数を測定すべき交流を通ず然る時は*V*なる軟鐵片は各異なる自然振動周期を有するが故に交流周波数と一致する自然振動周期を有するものは交流電磁石の作用により共振作用を生じ最も大なる振幅を以て振動し其他の鐵片は殆んど振動せず故に之に周波数の目盛を附する事を得若し交流電磁石と直流電磁石とを併用すれば

波数は $\frac{1}{2} \times \dots$ なるにより此周波数と周波計の読みとを對照して検定することを得

電氣鐵道

(1)重量十噸齒車齒數比 (Gear ratio) 65:15 車輪の徑三十吋の電車あり今電動機の「トルク」の合計八百呎封度にて一定なりと假定し水平軌道上に於て發車より速度一時間十哩に達せしむる時間を計算せよ、但し電車運轉抵抗 (Train resistance) を一英噸につき二十封度とす、

解 電動機の「トルク」の合計八百呎封度にして齒車齒數比 65:15 なるが故に車輪に於ける「トルク」は $800 \times \frac{65}{15}$ 呎封度となる而して車輪に於ける牽引力は次の式より計算せらる $F = T \times \frac{2}{D}$ *F*は牽引力(封度) *T*は「トルク」(呎封度) *D*は車輪の直徑(呎)とす



検定試験問題解説

其測定範圍を二倍することを得何となれば直流電磁石は軟鐵片を磁化し軟鐵片に一定の磁極を與ふるが故に交流の一周波數の内其半「サイクル」のみに吸引力働かし斯くして軟鐵片の振動數は二分の一に減すべきを以てなり

周波計を検定するには極數*n*なる交流發電機より電流を送り其の一秒間の廻轉數*n*を測定すれば周

$$\text{依りて } F = 800 \times \frac{95}{15} \times \frac{2}{30} = \frac{12}{12}$$

$$= 2770 \text{ 封度}$$

重量十英噸に二千七百七十封度の牽引力あるが故に一噸に對し二百七十七封度となる而して電車運轉抵抗一英噸に付き二十封度なるが故に加速度を起すに利用せらるゝ牽引力は二百五十七封度となる

今 a を毎秒一時間に付き哩にて現はせる加速度とし A を毎秒毎秒に付き呎にて現はせる加速度とすれば $a = \frac{A}{1.467}$

$$\text{但し } 1.467 = \frac{5280 \text{ (一哩の呎數)}}{3600 \text{ (一時間の秒數)}}$$

$$\text{而して } F = \frac{2240}{32.2} \times A = \frac{2240}{32.2} \times 1.467a$$

$$\text{依りて } a = \frac{32.2}{2240 \times 1.467} F = 0.0098 \times F$$

今電車の「フラキホキール、エークト」として約一割の重量を増加するときは加速度と牽引力の式は

$$a = 0.009 \times F \text{ となる}$$

此 F に二百五十七封度を代用する時は

$$a = 0.009 \times 257 = 2.310$$

即毎秒一時間に付き二・三二哩の加速度を生ずるに依り一時間十哩に達するには $\frac{10}{2.31} = 4.3$ 秒を要す

(1) 現今最も廣く實用せらるゝ各種軌條「ボンド」の種類を列記し且つ其得失を比較せよ

解 最も廣く實用せらるゝ軌條「ボンド」は次の三種なり

(イ) エキスパンデッド、ターミナル、ボンド

(ロ) ソルダードボンド

(ハ) アマルガムボンド

(イ) は普通銅製の「ターミナル」二個ありて之を

連結する薄銅板あり此「ボンド」は「フィッシュプレート」の下部或は軌條の「フランヂ」の下に使用す少しく高價なれども「フィッシュプレート」の下部に入れたるものは盜難の憂なく且脱落の恐れもなく廣く使用せらる

(ロ) は薄銅板を多く集め其兩端に於て堅く附着せしめ軌條に蠟付す此「ボンド」は軌條の上部の外部又は軌條の「フランヂ」は蠟付する故點檢及び取換には便利にして廉價なれども盜難の恐れあり只軌條が烈しく動搖する時は脱落の恐れもあり

(ハ) は柔らかき「アマルガム」を含有する直徑約一時の螺旋バネを有する「ボンド」にして全く清潔にせる「フィッシュプレート」と軌條の間に入れ「ボルト」に依り取付く依りて取付け法簡單にして盜難の憂もなし唯高價にして抵抗稍大なる缺點あり

(3) (a) 軌道曲線に用ゆる Easement curve (又は Transition curve) とは如何なるものなりや、且つ之を用ゆる理由如何

解 (a) Easement Curve とは直線軌道より或る半徑を有せる曲線軌道に連絡する中間に使用するものなり、直線軌道より或る半徑の曲線軌道に急に變ずる時は電車が軌道上を運轉する時甚しき衝動を受く、又曲線軌道の外部軌條を少しく高くするにも急に爲す事を得ず、依りて曲率半徑の大なる Easement Curve を使用して徐々に連絡を取り且徐々に外部軌條を高くして電車運轉の際に衝動を受くる事を緩和する爲に使用するなり

(b) (i) 「トロリー、イアー」「トロリー、イアー」には (イ)「ストレート、ライン、イアー」(ロ)

「アンコア、イアー」(ハ)「スプラインシング、イアー」(ニ)「メカニカル、イアー」等あり

(ii) 「ライン、ハンガー」「ライン、ハンガー」に

- は(イ)「ストリートラインハンガー」(ロ)「ダブルブルオフ」(ハ)「シングルブルオフ」等あり
- (iii)「グローブ、インシュレーター」
- (iv)「スパンワイア」若くは「ブラケット」
- (v)「セクション、インシュレーター」
- (vi)「タインバックル」
- (vii)「アイボールド」若くは「ボールクラムプ」
- (viii)「トロリー、ワイア、フロッグ」
- (ix)「トロリー、ワイア、クロッシング」

発電所設計附原動機

- (1)(イ)過熱蒸氣 (Superheated steam) を使用するの利害を記載せよ
- (ロ)過熱蒸氣の往復動汽機 (Reciprocating engine) 及蒸氣旋車 (Steam turbine) に對する効力の相違を説明せよ

解 (イ)過熱蒸氣を使用する時は「シリンダー」内に於ける蒸氣の凝結を減じ、又過熱すればする程石炭及蒸氣消費量を減少するなりこれ熱學第二法則に依り温度が蒸氣の變化する範圍大なる程能率善くなる爲めなり、實驗の結果に依るに八十度乃至百度過熱する時は汽機の能率約十「パーセント」増加す

過熱蒸氣は温度高き爲め之れに觸るゝ金屬の金質を損すること飽和蒸氣より甚しきを以て近年まで往復動汽機には多く採用せられざりしも近來機械製造上の技術進歩したるを以て此の欠點を去るを得たり

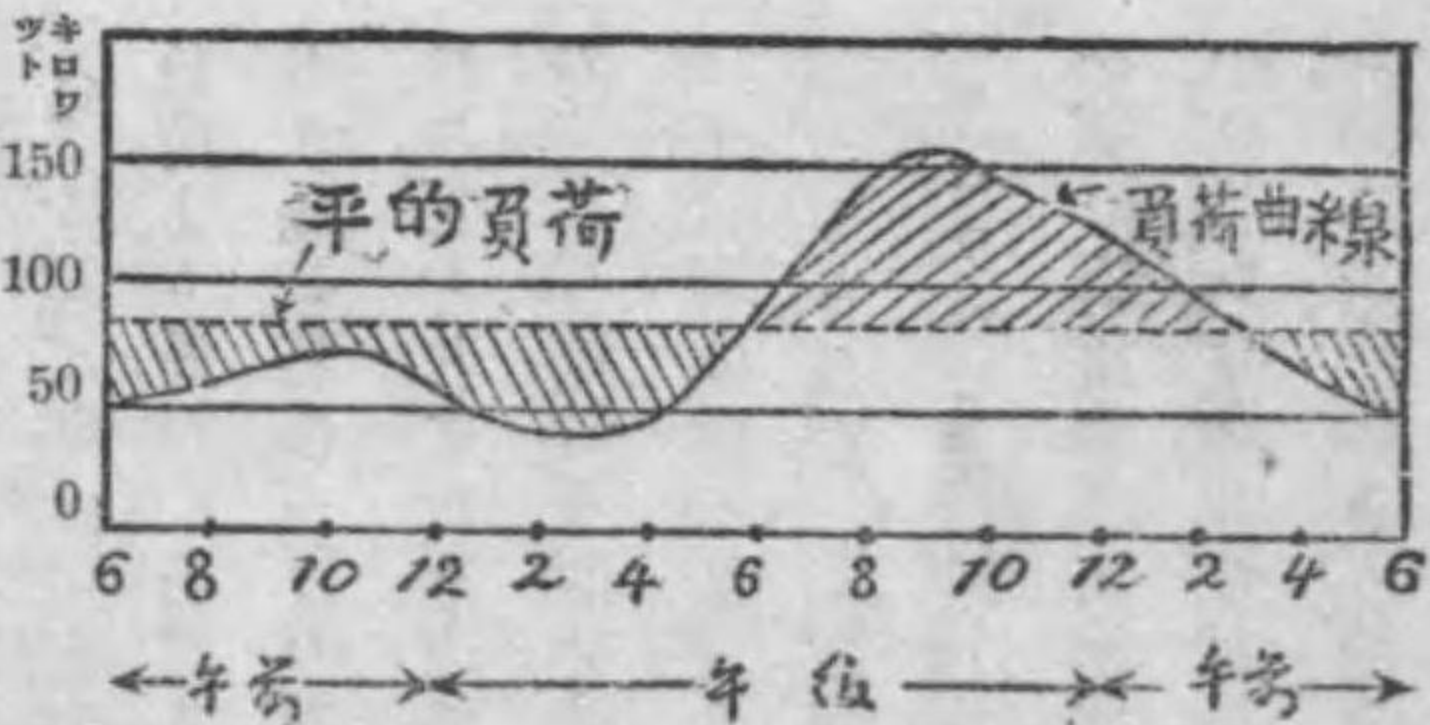
(ロ)過熱蒸氣は往復動汽機に對するよりも蒸氣旋車に對する方其の効力大なり、蒸氣旋車に於ける重なる損失は蒸氣の速度非常に大なるが故に蒸氣と蒸氣との摩擦又は廻轉體若くは靜止體と蒸氣との摩擦の爲に生ず、而して此摩擦損失は蒸氣

が水分を含有する程大なり然るに過熱する時は蒸氣は乾燥して水分を含まず従て摩擦損失著しく減少するが故に効果極めて大なり

(2)水力発電所設計に際し發電所に於ける一日間の負荷曲線と貯水池の容量との關係につき例を以て之を説明せよ

解 電力需要は一日中に於て大なる變化あるものなり、電燈の如きは夜間に殊に初夜に非常に多くの電力を要するも深夜又は晝間は電力の需用少なく市街電車の如きは電力の需用朝夕に多く夜中に少し而して其變化は電力使用の目的の種類に依り毎日略一定せる曲線を爲す次圖を参照せよ

今河川より一日中或る一定の水量だけ引用するものとし引用水量中需用電力少きを爲め全水量を必要とせざる時間の餘分の水量は之を貯水池に貯へ必要の時間即ち電力需用の多き時間に使用する時は引水量以上の電力を供給する事を得べし



一日中の時間を横軸にとり「キロワット」にて表はせる負荷を縦軸にとりて負荷曲線を畫けば其面積は一日中の總電力量を「キロワット」時にて表はせるものにて之れを二四にて除すれば平均負荷を「キロワット」にて表はせるものとなる此平均負荷を圖に於て點線にて示せば負荷曲線の面積中此平均負荷線の上にある陰影を施せる部分は此部分に相當する時間中の負荷が平均負荷以上なることを示すものにして其面積は此時間中の超過電力の總「キロワット」時數を表はす、而して又平均負荷線の下にある陰影部分は此部分に相當する時間中の負荷が平均負荷以下

なることを示すものにして其面積は平均負荷に對する未滿電力の總「キロワット」時數を表はし此量は超過電力量と等しからざるべからず

故に今引水量を常に一定とし平均負荷に對するだけの水量を間斷なく取り入るゝものとせば負荷が平均値以下なる時間中は過剰の水を貯水池に貯へ置き負荷が平均値以上なる時間中の水量の不足分を貯水池より供給することゝすれば可なり故に貯水池の最小容量は一日中の平均負荷に對する超過總電力量又は未滿電力量に相當する水量に等しからざるべからず、而して此超過電力量又は未滿電力量は圖の平均負荷線の上又は下方の陰影部分の面積に等しく此面積は一日中の最大負荷と最小負荷との差が大にして最大負荷に近き部分と最小負荷に近き部分とがより程大なるを以て一日中の總發電量が同一なる場合には負荷の變化大にして最大負荷と最小負荷との差が大なる程貯水池の

容量大なるを要す、尙又最大及最小負荷の差大にても最大及最小負荷の時間間短く平均値に近き負荷の時間長き時は陰影部分の面積大ならざるを以て貯水池の容量も大ならずして可なり

然れども貯水池の必要上より云へば短時間にても大なる負荷あれば其れに應ずるだけの水量を要するを以て貯水池を有せざる時は平均負荷が最大負荷より遙かに小なる場合にも最大負荷に對する引水量を要し一日中の大部分は此水量を無益に捨つることとなるを以て最大負荷と平均負荷との差の甚しき程貯水池を設くる必要あり

尙ほ貯水池の容量を定むる例を示せば

圖の如き負荷曲線に於て其面積より一晝夜の總「キロワット」時數が一九二〇なることを知りたりとせば平均負荷は $\frac{1920}{24} = 80$ 「キロワット」此平均負荷を點線にて圖上に表はし此線の上又は下方の陰影面積より超過電力量又は未滿電力量が三

六〇「キロワット」時なることを知りたりとせば貯水池の最小容量は三六〇「キロワット」時に對する水量に等しからざるべからず

今落差を一〇〇呎と假定し發電機の平均負荷八〇「キロワット」より見積りて水車と發電機の合成能率を六五「パーセント」と假定すれば一「キロワット」に對する一分間の水量は

$$Q = \frac{1000}{746} \times \frac{33000}{100 \times 62.4 \times 0.65} = 10.9 \text{ 立方呎}$$

故に平均負荷八〇「キロワット」に對する毎分の水量即毎分河川又は沼湖より取り入るべき引水量は

$$10.9 \times 80 = 872 \text{ 立方呎 なり}$$

又一時間一「キロワット」に對する水量即一「キロワット」時に對する水量は

$$10.9 \times 60 = 654 \text{ 立方呎}$$

故に貯水池の最小容量三六〇「キロワット」時に

對する水量は $654 \times 360 = 235440$ 立方呎即二二三五四〇立方呎の容量の貯水池を使用すれば本例の場合に於て毎分の引水量六五四、立方呎にて可なり、若し此場合に貯水池なき時は最大負荷一六〇「キロワット」に對する引水量即貯水池を有する時の二倍の引水量を要することとなる、尙實際に於ては季節による河川の水量及負荷の變化其他の狀況を考へ引水量及貯水池の容量は以上の計算より得たるものより大にすること勿論なり

第四級之部

一般電氣ニ關スル事項

1) $\tan \phi = \frac{wL}{R}$ なる $\sin \phi$ 及び $\cos \phi$ の値を求めよ

解 $\cos \phi$ は次の如くにして求めらる

$$\cos^2 \phi = \frac{1}{\sec^2 \phi} = \frac{1}{1 + \tan^2 \phi} \quad \text{此式に } \tan \phi = \frac{wL}{R}$$

の値を代用する時は

$$\cos^2\phi = \frac{1}{1 + \frac{\omega^2 L^2}{R^2}} = \frac{R^2}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

$$\therefore \cos\phi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \text{ となる}$$

$\sin\phi$ は次の如くにして求めらる

$$\sin^2\phi = \frac{1}{\cos^2\phi} = \frac{1}{1 + \frac{\omega^2 L^2}{R^2}} = \frac{1}{1 + \frac{\omega^2 L^2}{R^2}}$$

$$= \frac{\tan^2\phi}{1 + \tan^2\phi} \text{ 此式より } \tan\phi = \frac{\omega L}{R} \text{ の値}$$

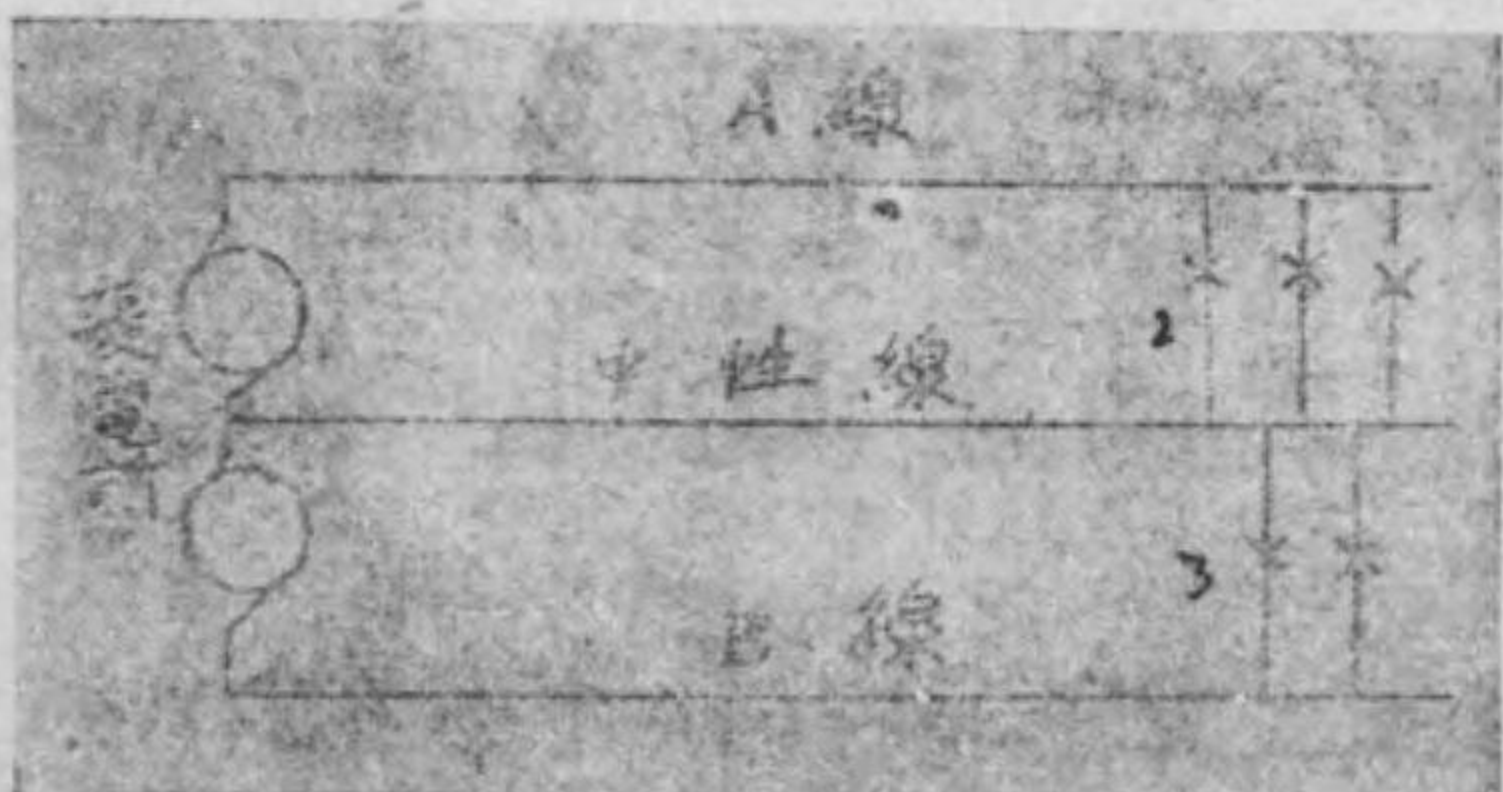
を代用すれば

$$\sin^2\phi = \frac{\omega^2 L^2}{R^2 + \omega^2 L^2} = \frac{\omega^2 L^2}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

$$\therefore \sin\phi = \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \text{ となる}$$

②一變電所より直流三線式若くは交流單相三線式にて送電する電燈回路あり各外線と中性線との

間の電壓等しくして之に挿入する電燈数が3:3との割合なり今中性線が變電所に於て切斷せられたる場合外線及中性線間の電壓は大約如何に變ずべきや



性線の電流は零となり兩外線に同じ強さの電流を

解 圖に於いて中性線と外線A,B間に連結せる電燈数が3:3との割合なるが故に一外線Aと中性線間に連結されたる電燈の合成抵抗と他外線Bと中性線間に連結されたる電燈の合成抵抗との比は $\frac{1}{3} : \frac{1}{2}$ 即ち 2:3 となる

今變電所に於て中性線が切斷されたる場合は中

$$\text{出力} = \sqrt{3} EI \cos\phi \text{ [ワット]}$$

依りて各機の力率を求むれば

$$\cos\phi_1 = \frac{IV \times 1000}{\sqrt{3} EI}$$

$$\text{及び } \cos\phi_2 = \frac{IV \times 1000}{\sqrt{3} EI} \text{ となる}$$

今此力率を兩機に於て等しくするには電壓と電流との位相の差を等しからしめざるべからず之が爲めには位相の差大なる即ち力率低き方の交流機の勵磁電流を弱めて該發電機の力率を高むるを要す、然れども兩發電機的设计著しく相違して其内部抵抗と自己誘導の比に著しき相違あるときは右の方法によるも兩機の負荷を全く均一にして力率を全く相等しくすることは不可能なり此場合には兩機の原動機に於ける出力を加減し力率低き方の原動機の出力を増し他の出力を減じ併せて前記の方法を行ふときは兩機は異なる負荷を分擔して力

電氣機械及變壓器並附屬器具

通ず、従つてA線と中性線間の電壓降下と中性線とB線間の電壓降下とは「オーム」氏法則に依り電燈の合成抵抗の比即ち 2:3 となる (A線とB線の抵抗を等しと見做せる場合なり) 従つて中性線及外線間の電壓は大約其間に連結する電燈數に反比例するなり (以上豫備試験)

(1) 平行運轉をなす二個の三相交流發電機あり今各機の負荷W「キロワット」「母線電壓E」「ヴォルト」

一機の各線電流I「アンペア」他機の各線電流I₂「アンペア」なりとす各機の力率を計算し此の力率を等しくするには如何にすべきやを説明せよ

解 三相交流發電機の出力は線間電壓をE「ヴォルト」各線電流をI「アンペア」 $\cos\phi$ を力率とすれば次式にて表はさる

率は相等しきことを得べし

(2) 屢々廻轉方向を轉換して使用すべき直流分捲電動機に於て界磁線輪「フィールド、コイル」(Field coil)の接續を變更する方法と電動子 (Armature)の接續を變更する方法と孰れを可とするやを述べ理由を説明せよ

解 實用上、直流分捲電動機を屢々廻轉方向を轉換して使用するが如きことは少し普通如斯場合には「ギア」を使用して方向を轉換するものなり、且つ本問に於ける二方法の何れによるものも理論上は兎も角も實際上之れを行ふには困難を感ずべし。然れども強て兩者の優劣を比較すれば電動子の接續を變更する方法を優れりとすべし其理由は界磁線輪は自己誘導係數大なるため此回路を遮斷するときは界磁線輪内に非常の高電壓を誘起し之れを屢々繰返すときは遂に線輪の絶縁を破るに至るべきを以てなり、

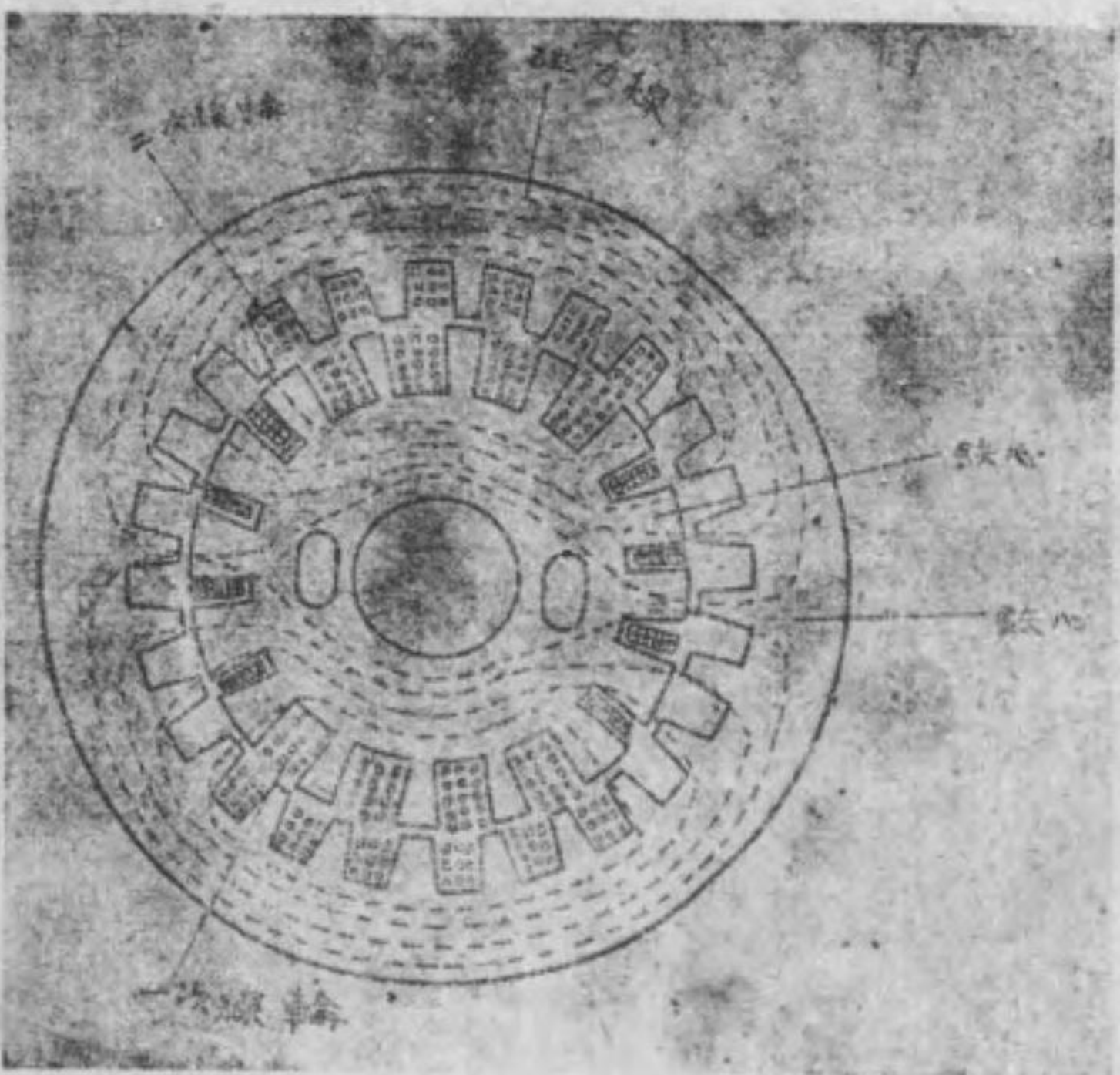
「ロートル」と類似の構造を有し共に溝を有する鐵心に「コイル」を捲きたるものなること第一圖に示す如し可動部分は一次線輪を有し固定部分は二次線輪を有す誘導電動機と異なるは可動部分は常に廻轉し居るにあらずも昇降せんとする電壓に應じて手働によりて可動部分を動かし固定部分との關係位置を變ずることにより電壓を調整するものにして常には静止し居るものなること及び鐵心の周圍全部に「コイル」を捲かずして圖に示す如く約半分だけに捲きあることとなり

一次線輪と二次線輪との接續は第二圖に示す如く一次線輪は回路に並列に二次線輪は直列に接續せらる今一次線輪に電源を接續すれば一次線輪に電流通り可動部及固定部の鐵心中に交番磁場を作り一次電流によりて生ずる磁束が二次線輪内を通り之れが變化するを以て變壓器と全く同一の理によりて二次線輪内に電壓を誘發す而して可動及

檢定試験問題解説

(3) 誘導型單相電壓昇降器 (Induction type potential regulator)の構造及原理を説明せよ

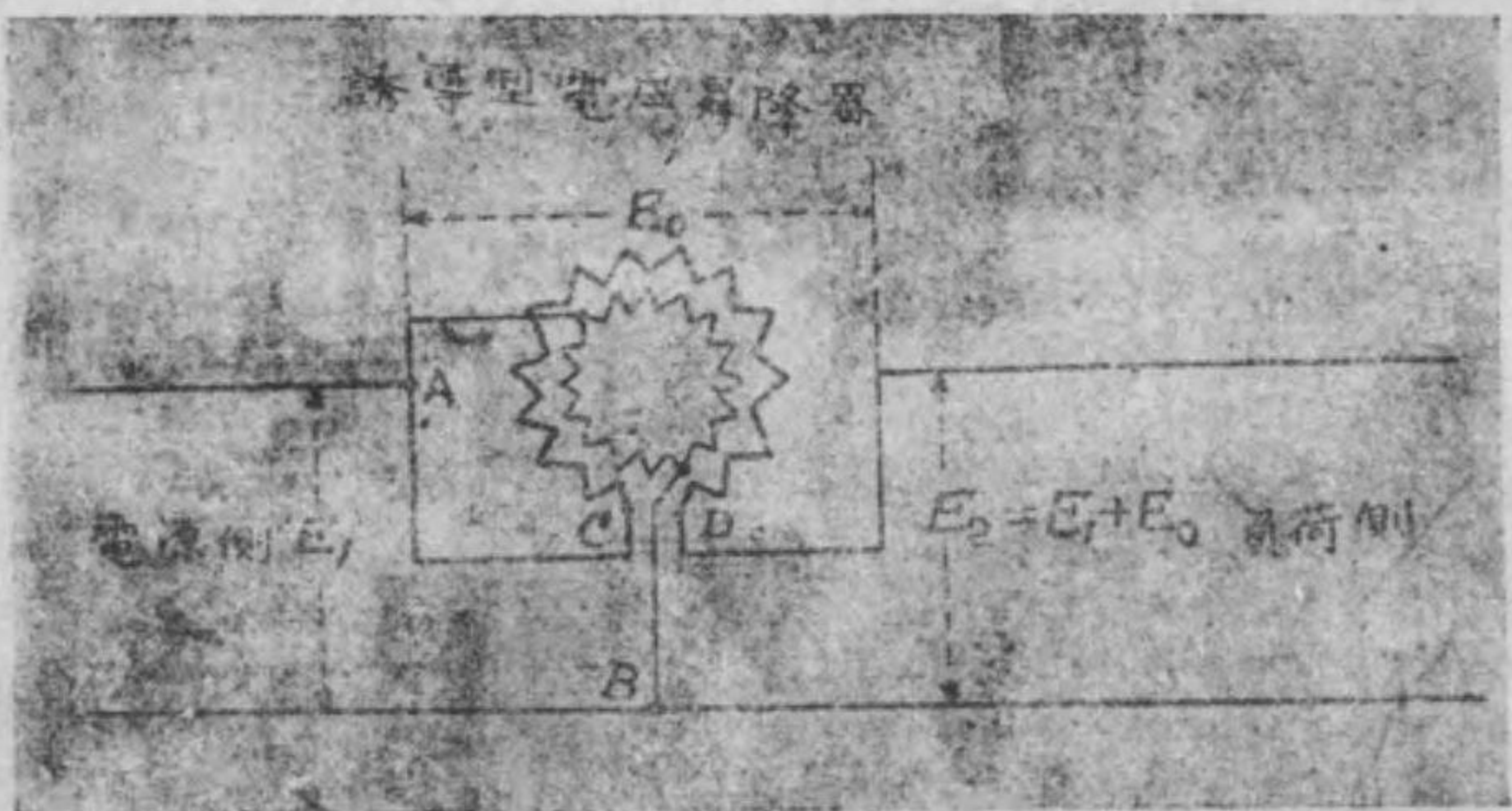
解 誘導型單相電壓昇降器は構造上誘導電動機



第一圖

に類似せるものにして固定部分と可動部分とより成り前者は誘導電動機の「ステートル」と後者は

固定の兩部分とも圖の如くに「コイル」を捲きある



第二圖

を以て此兩部分の關係位置によりて二次線輪内を通る磁束の數異なる、從て二次線輪内の誘起電壓も異なる然れども此場合には一次電壓と二次電壓との位相は常に殆ど相等しきか又は殆ど反對なるか即

六三

なり、而して一次線と二次線との接続法は第二圖に示す如きものなるを以て負荷側の電壓は一次電壓に二次線輪内の誘發電壓が加はりたるものとなる、故に可動部分と固定部分との關係位置によりて一次電壓と二次電壓とが同位相にある時は負荷電壓は電源の電壓即一次電壓と二次の誘發電壓との和にして若し一次電壓と二次電壓とが反對の位相にある時は負荷電壓は電源の電壓と二次の誘起電壓との差に等し

故に第二圖に示す如く昇降器の一次線輪を電壓を昇降せんとする電源に接続し二次線を電源側と負荷側との間に接続し電源の電壓を E_1 、二次の誘發電壓を E_2 とせば E_1 と E_2 とが同位相の時は負荷側電壓 E_0 は

$$E_0 = E_1 + E_2$$

若し E_1 と E_2 とが反對の位相の時は $E_0 = E_1 - E_2$ 故に電源の電壓 E_1 を一定とし二次線輪に誘起し得る最大電壓を E_0 とすれば此誘導型電壓昇降器に

よりて負荷電壓を $(E_1 - E_2)$ より $(E_1 + E_2)$ 迄に變じ得

尙第一圖に示す如き位置に於ては二次電壓最大にして可動部分が之れより 90° 廻轉せる位置に於て誘發電壓零なり、其れより尙廻轉すれば誘發電壓の位相反對となり 90° にして誘發電壓最大となり(第一圖の場合と反對)其れより 90° 廻轉すれば即初めより 370° 廻轉すれば再び誘發電壓零となり其れより位相は又第一圖の時と同一となり更に 90° 即初めより 360° 廻轉して舊の位置に復す

此場合に負荷電流は電源の供給する電流より昇降器の一次電流を減じたるものに等しく電力は電源の供給する電力より電壓昇降器内の電力損失を減じたるものに等し

電力輸送並に配電

(1) 使用中の蓄電池あり數年其使用を廢止せんとす

電板の保存を全からしむるために採るべき方法如何

解 鉛蓄電池に於て數年間電極板を使用せずして保存せんには次の如き方法を採用、最初電池を充分に充電し尙相當の過充電を行ひたる後電池の規定電流にて約一・七「ヴォルト」まで放電を繼續す、然る後電池内の稀硫酸を全部吸出し其代りに蒸溜水を入れ再び放電し始む蒸溜水内にて此放電を行ふには實際の場合には電池を短絡する事普通なり、此放電を繼續して行ひ一個の電池の電壓が殆ど零(實際に於いては約〇・五「ヴォルト」位にて可なり)に達せる時に停止す、而して再び水をば吸出し「ホース」を電池内に入れて電極板を完全に水にて洗淨し約一晝夜水中に浸し置きたる後電極板を取り出し之を乾燥す然る後濕氣の來らざる所に貯藏する時は完全に保存し得次に使用せんとする時は稀硫酸を入れて長時間繼續して過充電するな

(2) 交流三相式二百二十「ヴォルト」にて一工場に電力を供給する配電線あり今此工場を擴張し電力を約二十倍となさんが爲已設の電線を使用し配電線の電壓を二千二百「ヴォルト」に増し變壓器を該工場に設置せんとす此場合に於て電壓降下の「パーセント」(Percent)は大略如何に變化するや

解 電壓降下の「パーセント」は送電電壓の自乘に反比例す本題に於いて配電電壓二百二十「ヴォルト」をば二千二百「ヴォルト」に増加する時は配電電力等しとせば電流は十分の一となり従つて電壓降下は十分の一となる而して配電電壓は十倍なるに依り電壓降下の「パーセント」は百分の一となる然るに問題は電力を約二十倍にせる爲に電壓降下も約二十倍になるが故に電壓降下の「パーセント」は $\frac{20}{100} = \frac{1}{5}$ となる即ち「パーセント」は大略五分

分の一に減ず

(3) 交流電氣を直流電氣に変更する方法を列挙せよ
解 直流を交流に變ずるに使用せらるゝ主なる方法は左の如し

- 一、電動發電機
 - (a) 同期電動發電機 による方法
 - (b) 誘導電動發電機 による方法
 - 二、變流機
 - (a) 同期變流機 による方法
 - (b) 「カスケード」變流機 による方法
 - 三、水銀整流器 による方法
- 一、電動發電機は交流電動機と直流發電機とが同一軸に直結せられたるものにして（調草によりて連結せらるゝこともあり）電動機に交流を送入すれば要動機は直流發電機を運轉して直流を發生せしむるものなり電動機は同期電動機のもの誘導電動機のものとの二種あり、此場合には高壓交流を直ちに送入し得るを以て變壓器を使用せずして可なり

二、(a) 同期變流機は一つの機械にて同期電動機と直流發電機とを兼るものにして其「アーマチュア」の一側は交流側にして滑動輪を有し地側は直流側にして整流子を備へ交流側に交流を送入すれば變流機は同期電動機として廻轉し直流側に直流電壓を誘起し直流を發生す、此場合には「アーマチュアコイル」内の電流は交流側の電流と直流側電流との差に等し

(3) 同期變流機に於ては交流電壓と直流電壓とは一定の比を有し高壓交流を低壓直流に變ずるには變壓器を使用するを要す

(b) 「カスケード」變流機に於ては誘導電動機と同期變流機とが機械的に同一軸に取付けられ同時に誘導電動機の「ロートル」と同期變流機の交流側とは電氣的に接続せらるゝ、誘導電動機の「ステートル」に交流を送入すれば同機は廻轉を始め同期變流機を機械的に廻轉せしむると同時に誘導電動機

の「ロートル」電流が變流機の交流側に流入して電氣的に變流機を廻轉せしめ其直流側に直流を發生す

此場合には高壓交流を低壓直流に變ずるに變壓器を要せず
三、水銀整流器は小規模の變電に使用せらるゝものにして水銀蒸汽の性質を利用して交流を常に同一の方向に流るゝ様に整流するものにして斯くして得たる電流は方向は一定なるも其値は週期的に變化す
尙此外に「アルミニウム」電池によりて交流を一定方向のみに通ずる様に變電する方法其他種々あれど實用上使用せらるゝは上記の方法のみなり

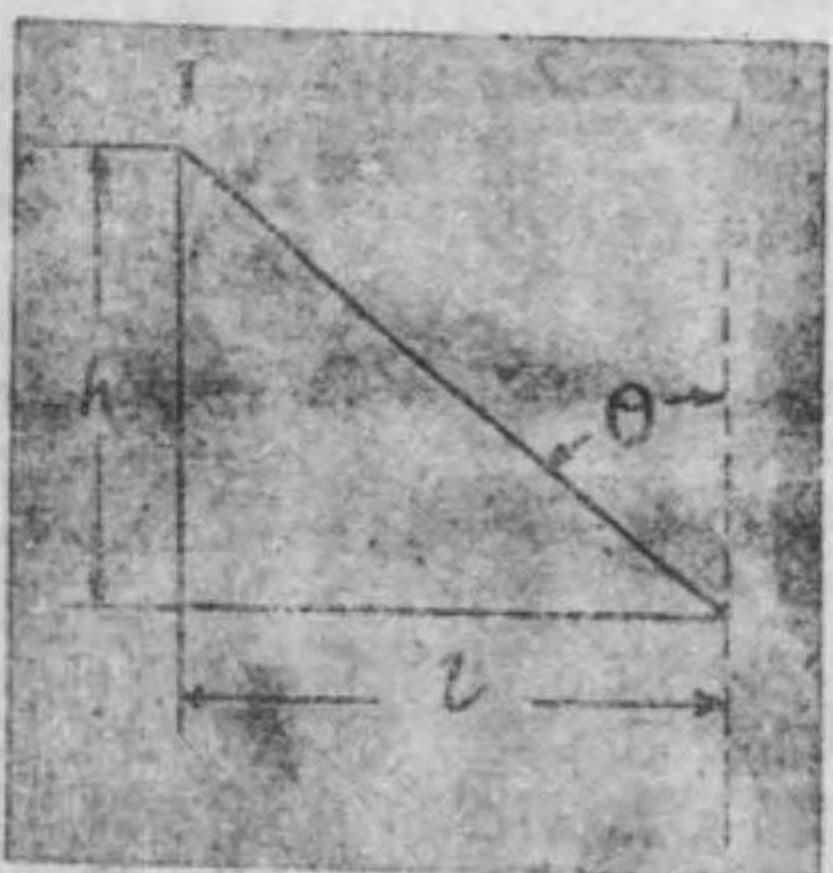
電燈

- (1) 下記の術語に就て其意義を説明せよ
- (イ) 水平照明 (Horizontal illumination)

検定試験問題解説

(ロ) 垂直照明 (Vertical illumination)

解 (イ) 水平照明とは水平面上に於ける照明といふ意味にして、規定照明即ち光線の方向に垂直なる平面上に於ける照明との關係は次の如し
 θ を水平面上光線の投射角、 E_n を規定照明、 E_h を水平照明とすれば、光束の水平面上に於ける分力は規定面上の光束に $\cos \theta$ を乗せるものとなる
依りて $E_h = E_n \cos \theta$



今燈火の場合に就きて説明すれば燈火の強さを I 、照明を測らんとする水平面よりの燈火の高さを h 、水平面よりの燈火の距離を l 、光線の投射角を θ とすれば

$$E_h = \frac{I}{h^2 + l^2}$$

$$E = \frac{I}{\sqrt{r^2 + l^2}} \cos \theta$$

$$= \frac{I l}{(r^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} \cos^2 \theta$$

(ロ) 垂直照明とは垂直面上に於ける照明といふ意味にして、規定照明との関係は同様に求むるを得、即ち E_v を垂直照明とすれば

$$E_v = E_n \sin \theta$$

上記燈火の例に於ては

$$E_v = \frac{I}{\sqrt{r^2 + l^2}} \sin \theta$$

$$= \frac{I l}{(r^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} \sin^3 \theta$$

炭素繊維白熱電燈球及「タングステン」白熱電燈球の得失を比較せよ

解 「タングステン」白熱電燈球の利點を擧ぐれば

(一) 燈火の色は日光の色(白色)に近く(二) 光りの強さの水平分布は炭素繊維球より平均し(三) 能

率は遙かに高かく一燭光當の電力消費量は炭素球

の三・一乃至三・五「ワット」に對する一・二五「ワット」以下なり(四) 有効壽命は炭素球の約二倍即千時間とす(五) 電路の電壓の變化に依る燭光の變化著しく小なり(六) 電壓の變化に依る電力消費量の變化少し(七) 電壓の變化に依る能率の變化小なり(八) 電壓の變化に依る壽命の變化少し(九) 従つて電壓調整の不良なる電路に適當す(十) 繊維の比抵抗小なるを以て繊維の極めて長かるべき大燭光のものを容易に製作し得

「タングステン」白熱電燈の缺點は(一) 點火中に於て繊維の粘性を帯ぶる爲め其支持法に困難を感ず(二) 點火せざる時繊維脆弱にして強き衝動に堪へず(近時此缺點は著しく改良せらる)(三) 比抵抗小なる爲め小燭光の電燈は繊維甚しく細くなり切れ易し(四) 價格高し

次に炭素繊維球の利點を擧ぐれば(一) 繊維の比

抵抗大なる爲め十燭光以下の小燭光に於ても繊維の大き左程細長くならずして耐振力に富む(二) 炭素の比熱は「タングステン」に比して甚高き故、周波数の小なる交流電路に點火せらるゝ場合光の動搖少し(三) 價格低廉なり

(イ) 一定電壓電路及一定電流電路の各に對し下記弧光燈の構造上使用し能はざるものを摘示し其理由を附記せよ

- (イ) 直列捲弧光燈 (Series wound arc lamp)
- (ロ) 分捲弧光燈 (Shunt wound arc lamp)
- (ハ) 差働弧光燈 (Differential wound arc lamp)

の解 (イ) 直列捲弧光燈は一定電流電路には使用する能はず、何となれば此種の弧光燈は弧光の長さ及電流を一定に保つ様に調整せらるゝものにして炭素極の消耗其他の原因によりて弧光の長さ大となれば弧光回路の抵抗増加し直列に接續せらる「ソレノイド」内の電流減じ其作用薄弱となりて

炭素極は下行し弧光の長さ舊に復するに及びて電流も舊に復し炭素極は其位置にて靜止し弧光の長さ及電流とを一定に保つ、故に之れを一定電壓電路に使用すれば以上の調整作用によりて弧光の長さ及電流を一定に保ち消費電力も一定にて弧光は安定なれど之を一定電流電路に使用する時は弧光の長さ變ずるも電流不變にして「ソレノイド」の作用變化せず従て以上の調整作用をなさざるを以て炭素極の消耗に従ひて弧光の長さ増大し弧光は不安定なり

尙此種のもものは一定電壓電路に二個以上直列に使用することは不可なり何となれば直列にある全弧光燈の電壓の和が一定にても一層の弧光の電壓は變化し得るを以てなり

(ロ) 分捲弧光燈は一定電壓電路に一個使用する能はず、何となれば此種の弧光燈に於ては弧光の長さ及び電壓を一定に保つ様に調整せらるゝもの

にして弧光の長さが大となれば弧光の電圧増加し弧光と並列に接続せられたる「ソレノイド」内の電流増加し其作用強大となりて炭素棒を引き下げ弧光の長さが舊に復するに及びて電圧も舊に復する様に調整せらる、故に之れを一定電流電路に使用すれば以上の調整作用によりて弧光の長さ及電圧一定に保たれ消費電力も一定にして弧光は安定なれど之れを一定電圧電路に使用すれば弧光の長さ變ずるも電圧變ぜず從て「ソレノイド」の作用不變なるを以て調整作用行はず弧光の長さは炭素極の消耗と共に大となり弧光は不安定なり、然れども此種の弧光は一定電圧電路に二個以上直列に使用することを得、何となれば直列に接続されたる全弧光燈の電壓の和が一定にても何れか一個の弧光の長さ變ずれば其電圧は變化し前記調整作用行はるゝを以てなり

(ハ)差働弧光燈は弧光と直列に接続せられたる

「ソレノイド」と並列に接続せられたる「ソレノイド」との反對の働きによりて弧光の長さ及弧光の外観抵抗即ち電流を一定に保つ様に調整せらるゝを以て之れを一定電圧電路に使用すれば弧光の長さ及電流とを一定に保つ様に調整せられ、一定電流電路に使用すれば弧光の長さ及電圧とを一定に保つ様に調整せらる、故に此何れの電路にも使用し得るものなり

電氣及磁氣測定

①交流電壓計の直流を以て検定し得るもの各一種に付き其理由を説明せよ

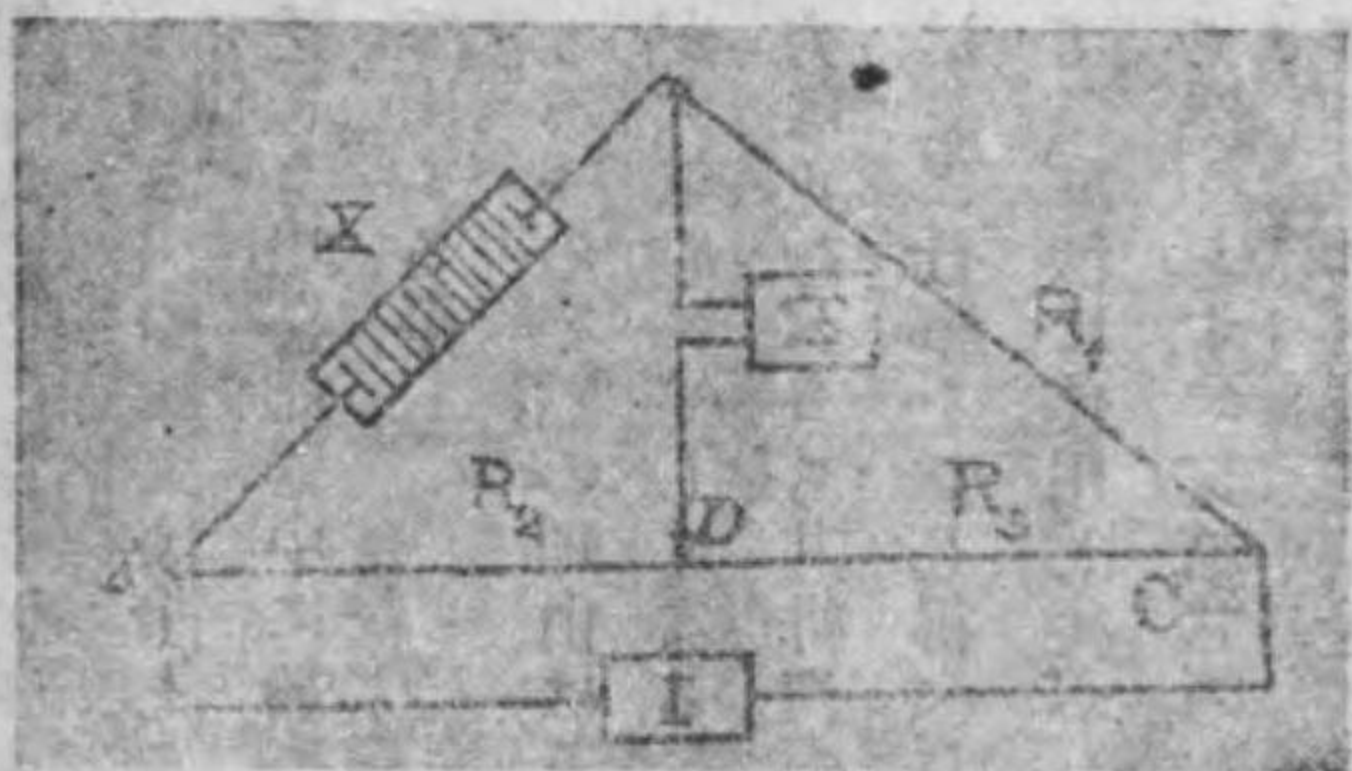
解 交流電壓計の中に直流を以て検定し得るもの、一例は熱線電壓計なり、熱線電壓計は計器内の電線に於て、電圧に比例する電流に依つて發生する熱を利用し、其熱による電線の膨脹によつて電壓の値を指示するものにして、其發生熱量は

其電線に流るゝ電流の値即ち之に加はる電壓の値の自乗に比例し、直流交流の別には關係せず、故に此種の交流電壓計は直流を以て検定することが出来る

交流電壓計の中直流を以て検定し得るもの、一例は軟鐵の鐵心を有する電磁型の電壓計なり

此電壓計を交流回路に使用する時は鐵心内部に於て「ヒステレンス」損失及渦流損失を生ずれ共直流回路に於ては之を生せず、從つて此計器に同一の讀みと與ふるに、交流を以てすれば直流より此鐵損失丈多くの電力を要す、依つて同一の讀みと與ふべき電壓は交流の方直流より大なり、是れ此種の交流電壓計を直流を以て検定し得ざる理由なり

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つ其方法を記載せよ
解 溶液其他電解物の抵抗を測定するに交流を



必要とす、電解物に直流を通ずれば電極に於て成極作用を生じ抵抗に依る逆起電力の外に成極に依る逆起電力を加ふることゝなる故に直流を使用すれば如何なる方法に依るも其眞の抵抗の値を測定するを得ず

交流を以て電解物の抵抗を測定するには「ホキートストリン、ブリッジ」の方法に依り、圖に示す如く測定すべき電解物Xを「ブリッジ」に入れ電極には可成極作用の小なるものを選びB D間即ち通常電流計を入るべき位置に受話機Tを接続し「ブリッジ」の外即ち普通の電池の位置に小なる感應線輪Iを接続す而して比較

すべき抵抗は總て自己誘導及相互誘導無きものを選ぶ、今滑線 AD の上の接点 D を動かして受話機をして無音なりしむれば「ブリヂ」の抵抗 X, R_1, R_2 及 R_3 の間には次の關係が成立つ

$$\frac{X}{R_1} = \frac{R_2}{R_3}$$

依つて X の値を見出すを得

普通電解物の抵抗を測定するには以上の原理に基きて製作せられたる「コーラウシュ、ブリヂ」なるものを使用す

發電所設計附原動機

(1) (イ) 凝汽機 (Condenser) の利益なる點を指摘し其理由を略記せよ

(ロ) 凝汽機の採否は如何なる見地より定めらるゝか之を説明せよ

解 (イ) 凝汽機の利益なる點は次の如し

第一、大氣壓よりも低き壓力を此機内に作り蒸

汽機關に於て蒸汽の働作範圍を廣くする事

第二、船舶又は陸上にも不純物少なき淡水に乏しき場合此器中に於て得たる凝縮水を罐水として用ふる事

第一の利點の理由は凝汽機を具へざる時は蒸汽が大氣壓に等しくなるに及びて仕事を爲すべき能力は止むべきも其排汽を凝汽機に通ずれば其蒸汽は更に仕事を爲し得べし故に其膨脹度を大にし得て益經濟に使用し得べし殊に蒸汽「タービン」に於て然りとす、又第二の利點を得る爲には冷却水と凝縮水の直接混交せざる觸面凝汽機を使用せざるべからず

(ロ) 以上二點の利益あるが故に船用(殊に海洋)機關にては殆んど此機を備へ陸上にては大形の汽機は此機を備ふるもの多し殊に蒸汽「タービン」に於ては眞空に近くするだけ經濟となるが故に充分に冷却面及び冷却水を使用せる此機を使用す、然

るに小馬力の單筒汽機に於ては凝汽機を設備するも大なる蒸氣の經濟を得られざるに反し最初の設備費に於て凝汽機の他に排氣「ポンプ」或は循環「ポンプ」等を要する故に多額となり且つ設備複雑となり附屬機と運轉するに動力を要する不利あるに依り凝汽機を使用せざる不凝縮汽機多し

(2) 吸出管 (Draft tube) は「リアクション」(Reaction turbine) 及「インパルス」水車 (Impuls turbine) に對し其利用上如何なる差異ありや理由を附し之を説明せよ

解 吸水管を「リアクション」水車に取附けたる場合には水車の中心より排出溝の水面までの落差(之を吸出管の水頭といふ)と上部水槽の水面より水車の中心までの落差との和が水車の出力として有効なる落差となる、何となれば此種の水車に於ては水壓は水が水車の羽根に衝撃する前に其の一部分丈け速度に變化し殊餘の壓力は回轉羽根より

吸水管に排水する際に速度に變じ其の速度を廻轉羽根に與ふるものなり、而して吸水管に於ける水は排水溝の外面に於ける大氣壓により支持せらるものにして水車の廻轉羽根の排水側に於いては水壓は大氣壓よりも吸出管の水頭丈け低かるべし、若し吸出管なき場合に於いては水車の中心以上の落差による水壓が大氣壓に變するものなれとも吸出管を用ふる場合には上記の如く水壓は大氣壓よりも吸水管の水丈け低き壓力まで變化することとなる、故に水車に働く水の速度は水車の中心より上方の落差と吸出管の和に相當する落差を速度に換算したるものなり、即ち吸出管及水車内の全部に水の充滿したる場合には上記の如く吸水管の水頭は全く水車の出力として利用せらるるなり、但し吸水管長きに過ぎ若しくは其の取附方法不良にして吸水管及水車内に水の充滿し能はざる場合には吸水管の水頭の一部分を利用し得るに過ぎず

吸出管を「イムバルス」水車に取り付けたる場合には水車の噴水口の中心以上の落差と吸水管にある空氣の眞空の度合を水柱の高さに換算したる丈けの水頭との和が水車の出力として有効なる落差となる、何となれば此の種の水車に於いては噴出口以上の落差による水壓は噴出口に於いて大氣壓（吸出管なき場合）若しくは眞空（吸出管によりて眞空を作りたる場合）まで一時に變化して速度となり水車の回轉羽根に衝擊するものなり、故に吸出管内に於ける水面は必ず回轉羽根を浸さざる高さに止め其水面の上に在る稀薄なる大氣内に於いて廻轉羽根を廻轉せしむるを要す斯くなしたる場合には速度に變すべき全水壓は噴出口以上の落差による壓力と吸出管内の大氣壓との差となるを以て上記の如く吸出管より利用し得る有効落差は吸出管内の大氣の眞空を水頭に換算したるものとなるなり

上述の理により「イムバルス」水車に吸出管を用ふる場合には吸出管内の水表面を或る一定の高さに保つ爲め特種の空氣弁を設けて水面の昇り過ぎたる場合に自動的に空氣を管内に入れ水面を下らしむるの装置を備ふべきものとす

尙又「イムバルス」水車に上述の如く吸出管を用ふれば水車は大氣壓より低き壓力中にて廻轉する爲め其空氣の抵抗に對する「エネルギー」の損失少く水車の効率を良好なりしむ

第五級之部

一般電氣に關する事項



（上）圖に示すが如き回路あり電池の起電力E、内部抵抗R₁、負荷抵抗R₂、接續線の總抵抗2r

なる場合R₂の端子（ターミナル）電壓eの値を求めよ

解 オーム氏法則を應用して回路の電流を求めれば

$$C = \frac{E}{R_1 + R_2 + 2r} \text{ となる}$$

又同法則により端子電壓eは次の如し

$$e = CR_2 = \frac{ER_2}{R_1 + R_2 + 2r}$$

（2）100 K. W. の直流發電機を運轉するに適當なる水車の馬力數を計算せよ

（b）下記の電燈電力に要する總「ワット」數を計算せよ 「タンダステン」電燈16燭光 1,000 燈

炭素纖維電燈 10 燭光 200 燈
直流電動機 50 馬力 1 台

但し送電線内の損失は考へざるものとす

解 （a）1馬力=0.746「キロワット」なる故に「キロワット」數を〇、七四六にて除すれば馬力數とな

る、次に一〇〇 K. W. の直流發電機の能率を〇、八九とすれば所要水車の馬力數は次の式より求めらる

$$\frac{100}{0.746 \times 0.89} = 150 \text{ H.P.}$$

即一五〇馬力の水車を要す

（b）「タンダステン」電燈は普通一燭光に付一、二五「ワット」を要するが故に一六燭光一燈の所要電力は1.25×16=20「ワット」なる、從つて一〇〇〇燈の所要電力は

$$20 \times 1000 = 20,000 \text{ 「ワット」 即ち二萬「ワット」}$$

炭素纖維電燈は一燭光に付普通三、五「ワット」を要するが故に一〇燭光一燈の所要電力は三五「ワット」なり從つて二〇〇〇燈にては 35×200=7,000 即七千「ワット」なり

一馬力は七四六「ワット」なるが故に五〇馬力に七四六を乗じ尙電動機の能率を〇、八七とせば電

動機所要「ワット」数は次の式より求めらる

$$\frac{50 \times 746}{0.87} = 43,000 \text{「ワット」}$$

即約四萬三千「ワット」なり

故に上記の電燈電力に要する總「ワット」数を W とせば $W = 20,000 + 7,000 + 43,000 = 70,000$ 「ワット」
即ち約七十「キロワット」を要す(以上豫備試験)

電氣機械及變壓器並附屬器具

(1) 直流分捲發電機を短絡して運轉する場合と其運轉中短絡する場合の結果に於て如何なる相違あるやを述べ理由を説明せよ

解 直流分捲發電機を短絡して運轉する場合に
は磁極の殘留磁氣に依り發電子中に僅かの誘發起電力を生ずれども外部回路が短絡せられて居る故に外部回路に比して非常に高抵抗を有する分捲

磁線輪へ電流は通ぜずして外部回路に通ず然れども此電流は殘留磁氣に依りて生ぜる僅かの誘發起電力を内部抵抗にて除したるものにて極めて小なり然るに初め通常の状態にて運轉する時は規定の端子電壓を發生し居るを以て此場合に短絡する時は非常に大なる電流を通じ従つて發電子線輪を燒損するの恐れあり

(2) 直流分捲電動機を速度を調製するに電動子(アマチュア)に抵抗を挿入する方法と勵磁電流を變更する方法との得失を比較せよ

解 電動子に直列に抵抗を挿入する方法につき考ふるに電動機に加へられたる線電壓を E 電動機の反起電力を E_0 電動子の抵抗を r 挿入せる抵抗を R 電動子電流を I とせば $E_0 = E - (R + r)I$ なり、而して電動機の廻轉數は其反起電力 E_0 に比例するを以て R が可變抵抗なる時は之れを種々に變ずることによりて E_0 を變じ廻轉數を廣き範圍内に

變じ得るの利あれども R は r に比して大なるを要するを以て此時の電壓降下 $(R + r)I$ は R を挿入せざる時の電壓降下 rI に比し大にして電力の損失著しく増加し電動機の能率を悪くす且又 R を挿入せる爲め電壓降下 $(R + r)I$ は rI に比して極小にあらざるを以て負荷の變化に伴ひて電流 I が變

ずれば電壓降下の變化著しく之れがため反起電力も大なる影響を受け廻轉數大に變ずるの不利あり

分捲線輪の回路に抵抗を挿入して勵磁電流を變更する方法にては唯勵磁電流が抵抗を通過するのみたる故電力損失は僅小なり且負荷が變化するも端子電壓は餘り變ぜざるを以て速度の變ずる事少なし以上の利點あれども速度調整にある制限あり、是れ抵抗を挿入して勵磁電流を減じ餘り「フィールド」を弱むる時は電動子に反作用の影響を受け整流子より火花を發するに至る、又反對に抵抗

を零とし勵磁電流を増加するも「フィールド」が飽和する時は其れ以上強くならざるが故に速度も左程減少せず

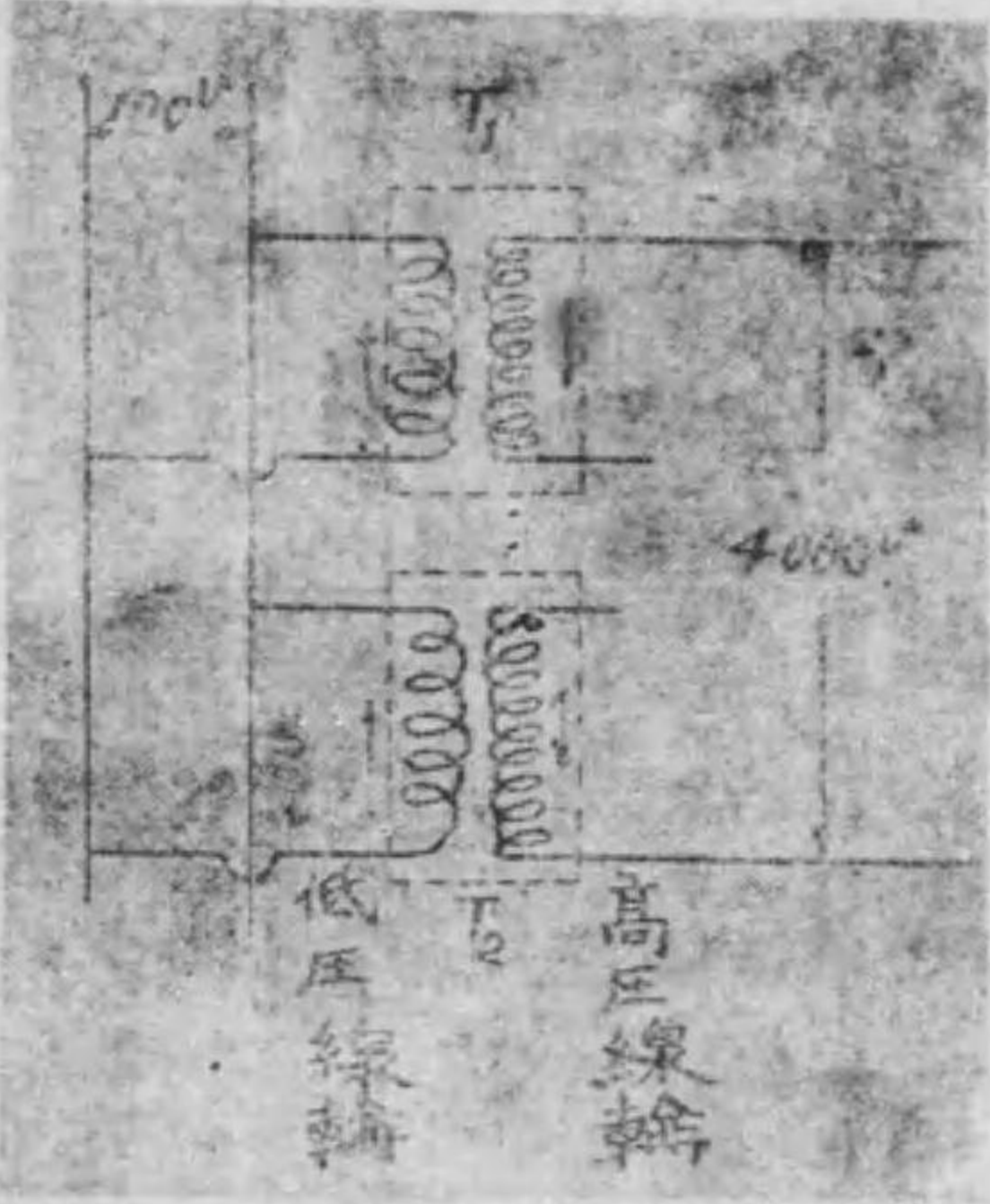
以上記載するが如く各得失あれども概して勵磁電流を變更する方法の方が優れるに依り一般に使用せらる

(3) 數多の柱上變壓器あり其第一次電壓は總て二千「ヴォルト」二次電壓は總て百「ヴォルト」なり今百「ヴォルト」交流を用ひ工事規程に依る絶縁耐力試験をなさんとせば如何なる方法を採るべきや

解 電氣工事規程第五條に依れば低壓又は高壓の變壓器は(本題の變壓器は高壓のものなり)次の絶縁耐力試験に適合するものなることを要す
其一次線輪と二次線輪、鐵心及外函との間の絶縁耐力を最大使用電壓の二倍の電壓を以て試験し且低壓線輪と鐵心及外函との間の絶縁耐力を交流

六百「ヴォルト」にて試験し各十分間以上之に耐ふる事

以上の規程に依るに一次電壓二千「ヴォルト」の變壓器に在りては一次線輪と二次線輪鐵心及外函



第一圖

との間の絶縁耐力試験には四千「ヴォルト」を加ふるを要す、依て今二個の變壓器(第一圖のT₁、T₂)を取り之を第一圖に示す如く低壓線輪をば百「ヴォルト」の回路に並列に接続し高壓線輪をば直列に

接続し極性を同方向にすれば四千「ヴォルト」を得従つて此電壓に依り三十分間以上絶縁耐力試験を行ふべし

次に低壓側の絶縁試験をなすには圖の如くに一個の柱上變壓器の低壓側を一〇〇「ヴォルト」線に接続し高壓側に二〇〇〇「ヴォルト」を誘發せしめ之れに六個の柱上變壓器の高壓側を圖の如く並列に接続し各器の低壓側を直列に接続せば各一個の變壓器の低壓側の端子電壓は一〇〇「ヴォルト」なるを以て全電壓は六〇〇「ヴォルト」なり此電壓を使用して規定に従ひて柱上變壓器の低壓側の絶縁試験を行ふべし

尙變壓器の絶縁試験をなすに當りて注意すべきは若し變壓器の絶縁悪しき時は過大の電流通る恐あるを以て電壓計及電流計を挿入し置く外に低壓回路に可熔片を入れざるべからず但し此場合には二次線輪は開き居るも變壓器の一次線輪には屬磁

欠

欠

電氣及磁氣測定

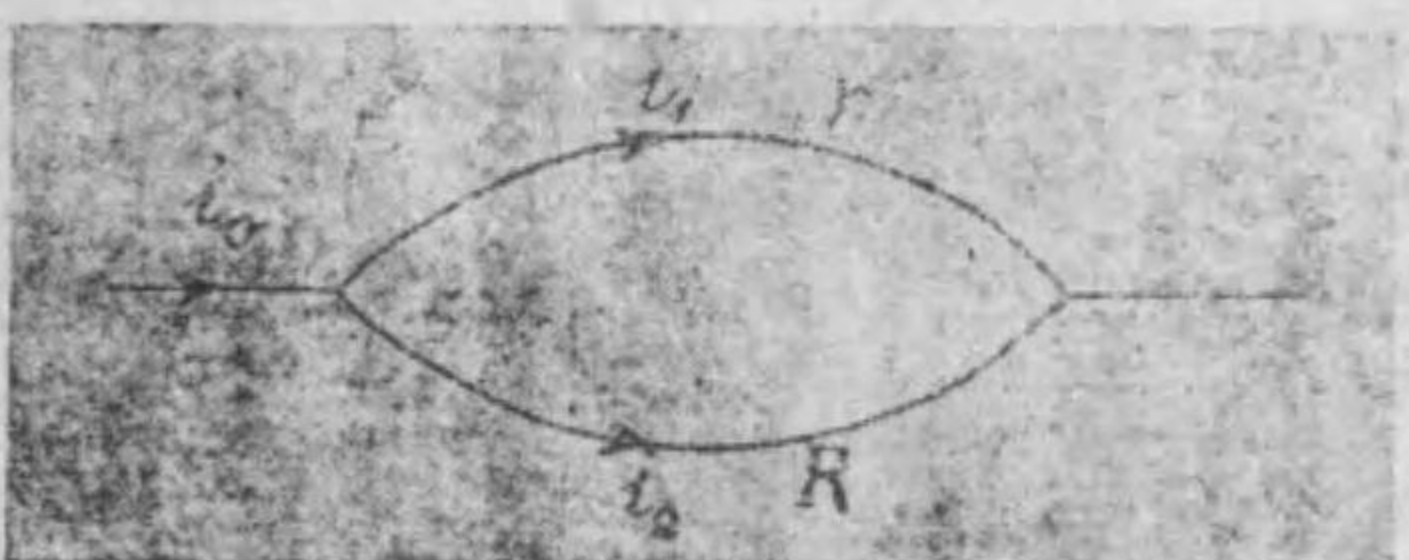
① 既知抵抗の直流電流計及直流電圧計を其目盛以上の測定に使用するには如何なる方法を用ふべきや

解 既知抵抗の直流電圧計を以て其目盛以上の電圧を測定するには他の既知抵抗を之と直列に接続して使用する、今電圧計の抵抗を r とし、之と直列に接続したる抵抗を R とすれば、此場合に電圧計に流るゝ電流は同一の電圧に對して R を接続せしむる場合の電流の $\frac{r}{r+R}$ 倍となる故、電圧計の読みは $\frac{r+R}{r}$ 倍となる、依つて此場合の電圧計の読みを $\frac{r+R}{r}$ 倍すれば實際の電圧の値を得

既知抵抗の直流電流計を以て其目盛以上の電流を測定するには之を他の既知抵抗を並列に接続して使用する、今電流計の抵抗を r とし、之と並列に

檢定試験問題解説

接続したる抵抗を R とすれば此場合に電流計に流るゝ電流は全電流の $\frac{R}{R+r}$ なり



何んとなれば上圖に於て i_0 を全電流、 i_1 を電流計を流るゝ電流、 i_2 を抵抗 R を流るゝ電流とすれば

$$i_0 = i_1 + i_2 ; i_1 r = i_2 R$$

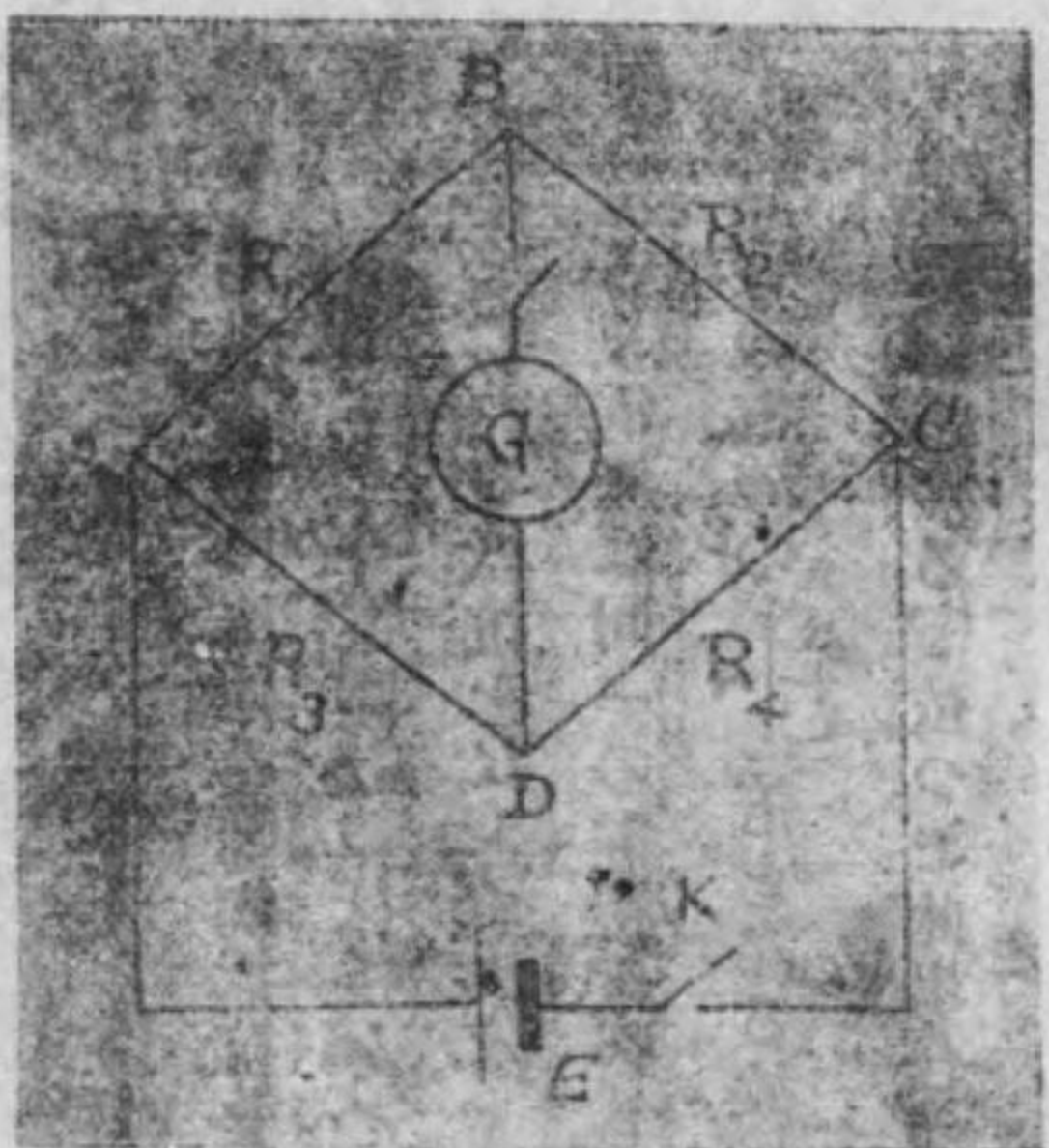
$$\therefore i_0 = i_1 + i_1 \frac{r}{R} = i_1 \frac{R+r}{R}$$

依つて $i_1 = i_0 \frac{R}{R+r}$
故に此場合の電流計の読みを $\frac{R+r}{R}$ 倍すれば實際の電流の値を得

② ホキートストロン、ブリヂナーを用ゐて抵抗を測定するに當り先づ電池電圧を電流計電鍵を閉づる

解

「ホキートストーン、ブリッチ」の原理は四個の抵抗 R_1, R_2, R_3, R_4 及電池 E を圖の如く接続し各線に流るゝ電流が一定の状態となりたる後に於て



B 點及 D 點の電位を比較し之れが相等しくなりたる時即ち電流計電鍵 K_1 を閉じても電流計が振れを生

ぜざる時は「キルヒホフ」の法則に依り

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

なる關係あることを示す

故に「ホキートストーン、ブリッチ」を使用する

には電流が一定の状態

を閉じ B 點及 D 點が等電位にある

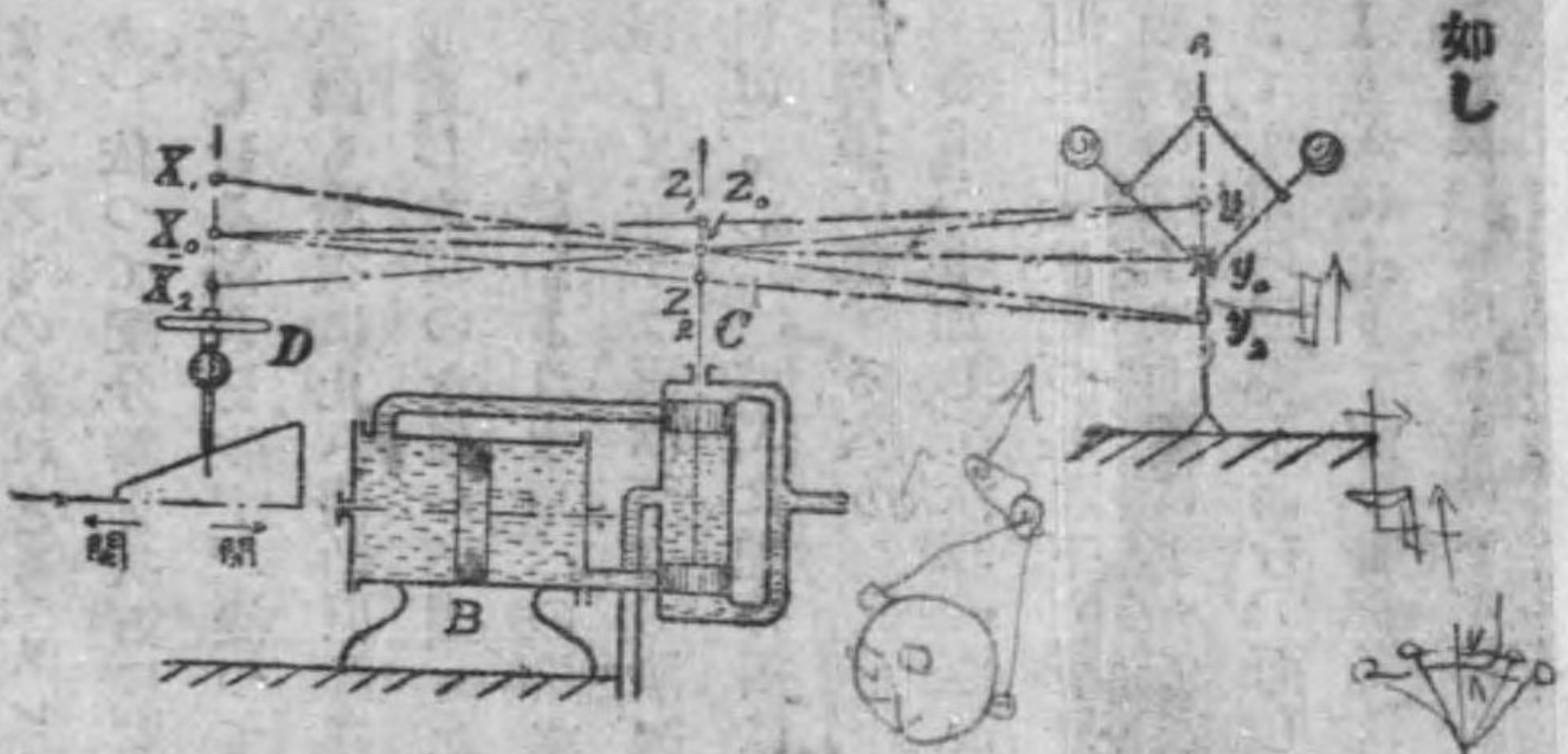
なり、然るに豫め電流計電鍵を閉ぢ置き然る後電池電鍵 K_1 を閉ぢて電流を通ずれば回路中の自己誘導の爲め各電線の電流は一定の状態と異なりたる分布をなす、依つて實際 R_1, R_2, R_3, R_4 の抵抗が右の如き關係にある場合に於ても電流の一定状態に達する以前に於ては B 點と D 點との間に電位差を生じ電流計は振れを生ずるを普通とす故に始め電池電鍵を K_1 を閉ぢ然る後電流計電鍵 K_2 を閉ぢべきなり

發電所設計附原動機

(1) 水車調速機の一つに就き其原理及構造の概要を記せよ

解 水車調速機中最も普通にして機能優良なるものは油壓式調速機にして其の原理及構造は左の

如し



本調速機的主要部分は左の如し

- (一) 配分瓣(後出)を開閉せしむる働きの原因を起す振子(圖のA)此ものは水車の回転數と一定の比にて回転し水車回転數の増減に伴ひ上下に動くものとす
- (二) 補助原動機(圖のB)の唧子の兩側に有壓流動體即ち油を出入せしむる配分瓣(圖のC)
- (三) 水車の水扉の開閉の用をなす補助原動機(此

檢定試験問題解説

ものは油壓によりて前後に動かさるる唧子を有し、油壓は水車の軸より動力を受け又は獨立の原動機にて運轉せらるる油唧筒(圖は略す)にて高められ油槽(圖は略す)中に壓力ある油として貯へられ之れより補助原動機に送らる

(四) 速度調整作用を終ると共に配分瓣を其の標準位置に復歸せしむる「リレー」装置(圖のD)

以下圖に依り其の機能を説明すべし

圖中の鎖線 Y, Z, X 等は振子、配分瓣及「リレー」を連結して相互に運動を傳ふる槓杆の位置を示す今水車が半開扉にて(即ち約半負荷にて)回転せりとし又振子は Y_0 、配分瓣は X_0 なる其の標準位置にあり「リレー」は X_0 にありとす、次に負荷減して無負荷となるときは水車の回転數増し振子は Y_1 に上り従つて配分瓣を Z_1 に引き上げ爲めに油は補助原動機の左側より入りて右側に流出す、斯くて唧子は右方に動きて水車扉を閉づる運動を起す、唧

子右方に働けば「リレー」は X_2 なる點に到るまで斜面を下方に移動し（實際の構造に於いては斜面によりらざるものあれども）「リレー」の動き方は同一なり）依つて配分瓣を次第に其の標準位置 Z_0 に復歸せしむる傾きを生ず、従つて油の補助原動機への運動も漸次に止み補助原動機の唧子の運動も漸次靜止し水車の水扉の閉鎖を止めんとする傾きを生ず、水扉閉され水車への給水量減する爲め回轉數減して振子は再び下りて漸次標準の位置 Z_0 に復すれば「リレー」は X_0 に配分瓣は Z_0 に歸り水車は標準回轉數に復するなり

負荷が増加して水車の速度減するときは前と反對に振子は先づ Z_0 に下り配分瓣は Z_0 に動き補助原動機の唧子は油壓によりて左方に動きて水扉を開きて水車の回轉を高め、而して此際「リレー」は X_0 より X_1 に上りて配分瓣を Z_0 に復せしむる傾きを生し遂に標準回轉數に達すれば各部は Z_0 の標準

此際

此際

Japanacht

位置に復するなり
 (2) 汽力發電所に於て豫備を要すべき主なる機械二個を挙げよ

解 汽力發電所に於て豫備を要すべき主なる機械は左の如し

- (一) 汽罐
- (二) 給水唧筒

大正三年八月十八日印刷
 大正三年八月二十日發行

正價金五拾錢

編輯人兼 電機學校

代表者 扇本眞吉
 東京市小石川區小日向臺町二丁目三十番地

印刷人 島連太郎
 東京市神田區美土代町二丁目一番地

印刷所 三秀舎
 東京市神田區美土代町二丁目一番地

東京市神田區錦町三丁目十八番地

發行所 電機學校

販賣所 關東 東京市京橋區南金六町六番地 電友社出版部
 關西 大阪市北區若松町廿六番地 電界社



SHIMAZU BOOKS

電機學校出版電氣叢書 (見本要郵券)

選信技師工學士村尾栗談述

電氣磁氣全一冊

上製正價貳圓六拾錢並製正價金貳圓四拾錢郵稅拾錢

藤倉電機會社技師齋藤正平講述

電氣用材料及補遺全一冊

上製正價貳圓廿錢並製正價金貳圓郵稅拾錢

選信技師池實講述

架空電線路建設法(改定二版)全一冊

上製正價壹圓五拾錢並製正價金壹圓壹拾錢

陸上ケーブル布設法全一冊

上製正價壹圓五拾錢並製正價金壹圓壹拾錢

工學士松瀬男雄共編

發售電所(上卷)

上製正價壹圓六拾錢並製正價金壹圓四拾錢郵稅拾錢

選信技師工學士村尾栗談述

配電盤及器具全一冊

上製正價貳圓四拾錢並製正價金貳圓郵稅拾錢

芝浦製作所技師工學士清水莊一郎講述

發售電機電動機及變壓器(上卷)

上製正價壹圓四拾錢並製正價金壹圓貳拾錢郵稅八錢

工學士宮口竹雄共編

發售電所(上卷)

上製正價壹圓七拾錢並製正價金壹圓五拾錢郵稅拾錢

芝浦製作所技師工學士清水莊一郎講述

發售電機電動機及變壓器(上卷)

上製正價壹圓四拾錢並製正價金壹圓貳拾錢郵稅八錢

工學士宮口竹雄共編

發售電所(上卷)

上製正價壹圓六拾錢並製正價金壹圓四拾錢郵稅拾錢

選信技師工學士村尾栗談述

配電盤及器具全一冊

上製正價貳圓四拾錢並製正價金貳圓郵稅拾錢

芝浦製作所技師工學士清水莊一郎講述

發售電機電動機及變壓器(上卷)

上製正價壹圓四拾錢並製正價金壹圓貳拾錢郵稅八錢

工學士宮口竹雄共編

發售電所(上卷)

上製正價壹圓七拾錢並製正價金壹圓五拾錢郵稅拾錢

芝浦製作所技師工學士清水莊一郎講述

發售電機電動機及變壓器(上卷)

鐵道院技師工學士米澤政次郎講述

電氣鐵道全一冊

上製正價貳圓並製正價金壹圓八拾錢郵稅拾錢

工學士高津清講述

電氣測定(強電流)全一冊

上製正價壹圓廿錢並製正價金壹圓郵稅八錢

選信官更練習所教官伊東敬一講述

電氣測定(弱電流)全一冊

上製正價壹圓並製正價金八拾錢郵稅八錢

電機學校講師嶺岸久治特撰

電氣用英語全一冊

上製正價壹圓並製正價金八拾錢郵稅八錢

電機學校編纂

近世電氣用水車全一冊

寫真銅版一九〇八入正價金壹拾錢郵稅貳錢

電機學校編纂

模範的水力發電所全一冊

工學博士風秀太郎講述

回路に於ける電氣

寫真銅版二三圓入

電機學校講師加藤光三

四術對

普通電信符號

電機學校編纂

計算尺使用法全一冊

正價金拾五錢郵稅貳錢

電機學校編纂

電機學校

電話本局七九八番

電話本局二三八番

發行所

東京市神田區錦町

三丁目十八番地

電機學校

電話本局七九八番

電話本局二三八番

發行所

東京市神田區錦町

三丁目十八番地

電機學校

電話本局七九八番

電話本局二三八番

發行所

349
364

終