

320
4/5

科目別

遞試標準解答

III の A

配電之部

(初等)



昭和四年二月

電機學校編



始





楽器の演奏を練習する人は、二年でも三年でも所謂指馴らしに精進する。初めから自己流で楽譜を奏せようとする人に大成したためしは少い。圍碁將棋を嗜む人が本氣に上達を望むならば、否が應でも定跡を研究せねばならない。對局一點張りで行く者は所詮道樂の範圍を出でない。

學を修める人々に取つて、學校の課程や内外の成書は即ち指馴らしであり、定跡である。秩序と漸進とをモットーとする基礎であり、策源地である。歩一步履み固めて行く底の眞摯な勉學は、どうしても是等に由らねばならない。然るに我が國の電氣工學に志す青年が實力の充分でないうちから好んで奏せようとする曲目、好んで勝敗を争はうとする對局がある。俗に所謂“遞試”，正しい名で電氣事業主任技術者資格檢定試験が即ちそれである。何さまこれは青年電氣技術家の登龍門。之を目掛けて突進する人々の多いのも無理はない。

本校の出身者にも此の試験に應じた人々が非常に多い。“此の問題はどう答へるのが正しいでせう”と云ふ様な質問も屢々受けて來た。それ等が動機となつて、所謂遞試の度毎に、本校から其の解答集を出版し、今や既に十六冊の多きに達し

た。1400頁の六號活字を繕くとき、流石に思出も深いが、扱前述、指馴らしや定跡の事に思ひ到ると、もう少し秩序を正し、系統を重んじた纏め方がありさうなものだと考へざるを得ない。試験も度重ると、適当な問題は出し盡されて了ふから、其の配列を工風すれば前後の脈絡も明になり、略一部の成書に近い効果を齎すであらう。同じ受験準備にしても、智識の整理を兼ねる事が出来る筈だと考へて來たのである。其の産物が此處に讀者の目前に現はれて居る次第。をこの沙汰ではあるが少々手前味噌を並べて見よう。

先づ第一に科目別にした。科目はやはり選試に準じて分けた。即ち

- I 測 定.....電氣理論及電氣磁氣測定
- II 機 械.....電氣機械及變壓器並附屬器具
- III 配 電.....電力輸送配電並蓄電池
- IV 電 燈.....電燈並照明
- V 電 鐵.....電氣鐵道
- VI 發 電.....發電所設計附原動機

の六科目である。さうして各科目とも(電鐵を除く)初等(A)高等(B)の二階梯に分類した。初等とは現制の三種、舊制の五級、四級全部及び現制の二種、舊制の三級、二級のうち比

較的簡易な部分である。其の他を一括して高等と名づけた。然し將來此の解答集の高等の部に屬する問題又は其の變形が三種に出ないとも限らず、反對に初等のものが一種に出るかも知れない。蓋し問題は同じでも、受験者の實力によつて答へ方の變り得る場合が多いからである。

次に各科目とも問題の内容に従つて、數章乃至十數章に分け、同種類の問題、又は連絡のある問題は、年代や級別を無視して、相並べる方針を取つた。愈々實行して見ると意相外に此の點に力を要した。又電氣工學一般に關する問題、口述試験の問題及び他科目に屬して居た問題迄も捕へて來て、夫々の章に編入した。章の分け方には幾分精粗の差を生じたものもある。これには各章の問題數を略揃へたいといふ體裁上の顧慮も手傳つて居る。

又從來の年度別解答集は一日も早く世に公にすることを主眼として、本校職員が其の都度分擔執筆したものである。内容の協議や検査は苟くもしなかつたが、説明の繁閑や記述の筆癖迄統一することは到底出来なかつた。同じ人が書いても八年、十年の歳月を隔てると、彼是、可なり感じの違つたものが出来上る。そこで今回の科目別を實行するに當つては、先づ各科目に二三人づゝの分擔者を定めた。其の分擔者は夫

＊従來の解答の内容を精讀した。協議の上、内容を變改した
ものもある。説明の程度や方式を整理し、用語を統一する爲
め、随分思切つて原稿に筆を加へた。全然舊體を止めない解
答も稀ではない。又目次の外、卷末には級別年度順の便利な
索引を加へた。

之を要するに、吾々は一貫した主義と編輯方針とを以て事
に臨んだ。徒らに糊と鉄とを以て、従來の年度別を今回の科
目別に變へたものではない。敢て標準解答の名を冒すのも聊
か恃む所があるからである。

重ねて言ふ。指馴らしと定跡とでミツシリと仕上げるに越
した事は無い。然し選試は少壯電氣技術家の研學熱と向上心
とを正しく指導する官擧の美制である。人情、早く此の樂譜
を奏で、此の對局に勝を制したいと祈念するのも無理でない
以上、同じ受験準備でも、なるべく學校の課程や一部の成書
に依るのと類似の効果を、此の解答集から收めるやう、切に
讀者の奮勵を促して止まない。

昭和二年六月

電機學校 編輯掛しるす

選 試 標 準 解 答

目 次

第壹章 電線(7問).....	1
第貳章 屋内布線(6問).....	5
第參章 一般配電(10問).....	9
第四章 直流分布負荷(12問).....	19
第五章 三線式並電線量比較(13問).....	32
第六章 配電線路設計(11問).....	43
第七章 配電線路建設(10問).....	53
第八章 單相交流配電(10問).....	63
第九章 三相交流配電(9問).....	72
第拾章 變壓器及昇壓器(9問).....	80
第拾壹章 避雷器其他(11問).....	89
第拾貳章 電纜並絕緣電線(8問).....	98
第拾參章 蓄電池(11問).....	107
第拾肆章 蓄電池の充放電(12問).....	113
第拾伍章 電氣工作物規程内線之部(12問).....	123
第拾陸章 電氣工作物規程外線其他之部(18問).....	128

受 験 拾 則

1. 自分の力に餘裕があると思ふ種を受け、一度受けた種は合格する迄變更せぬ事。
2. 既往の試験問題を一讀すること。
3. 参考書はあわてた三讀よりも落付いた一讀を期すること。
4. 電氣雑誌は常に續み、参考となると思ふ所は抜書きし置き、試験前は主として抜書で勉強する事。
5. 試験前二三日は適度の運動と浩然の氣を養ふに勉め特に衛生に注意すること。
6. 受験地へは前日位に到着し、當日は定刻 30 分前に受験場に出頭すること。
7. 時間中は出来るだけ落付いて全部の時間を使用する様心掛け、完全無缺を期すること。
8. 試験問題は反覆熟讀すること。
9. 答案は出来るだけ整理し、要をつまみ、讀み易き様奇麗に書くこと。
10. 出来が不充分だと思つても最後まで必ず受験すること。

(遞試問題集受験案内抜萃)

科 目 別 遞 試 標 準 解 答

配 電 之 部

(初 等)

電 機 學 校 編

第 一 章 電 線

(1) 下記の概数を記載せよ。

硬鋼線の扯斷力 (大正 6 年 3 級一般應用 3 の内大正 10 年 3 種一般 5 の内及大正 12 年 2 種一般 3 の内)

[解] 一平方耗に付 35 疋 (每平方吋に付 50 000 封度)

(2) 配電工事に於て下記の材料の用途を示せ。

(大正 8 年 5 級 1)

(イ) 軟鋼線

(ロ) 硬鋼線

(ハ) 硅鋼線

(ニ) 鋼線

[解] (イ) 可撓紐線, ジョイント線, 絶絶電線(屋内用), 電

纜心線。

(ロ) 架空せらるゝ裸電線、電車線、絶縁電線並に綁縛線。

(ハ) (ニ) 柱間距離の特に長き場合の架空電線。

(3) アルミニウム線と銅線とを下記の點につき比較せよ。

導電率、重量及扯斷力。 (大正5年3級口述4)

〔解〕 アルミニウムと銅とを比較すれば

導電率 6:10 重量 1:3.3 扯斷力 1:2

故に等しき長さ、等しき抵抗の電線に付いて比較すれば重量はアルミニウム線の方約半分にして扯斷力は略等し。

(4) 或る負荷に配電する配電線路に銅線を使用するもアルミニウムを使用するも其電線の價格同一なる場合に於て銅線及アルミニウム線の同一重量に対する價格の比較を算出せよ。但電線路内の損失は何れの場合に於ても同一とす。 (大正3年5級3)

銅の比重	8.9
アルミニウムの比重	2.7
銅の固有抵抗	1.7
アルミニウムの固有抵抗	2.8

〔解〕 兩者の場合に於て電線路損失從つて電線の抵抗は同一なるを以つて電線の斷面積の比は固有抵抗に比例す。從つて

$$\frac{\text{銅線の重量}}{\text{アルミニウム線の重量}} = \frac{\text{銅の固有抵抗} \times \text{比重}}{\text{アルミニウムの固有抵抗} \times \text{比重}}$$

$$= \frac{1.7}{2.8} \times \frac{8.9}{2.7} = 2.0$$

然るに全體の價格は兩者同一なるを以つて、同一重量に對しては

$$\text{アルミニウムの價格} = 2 \times \text{銅の價格}$$

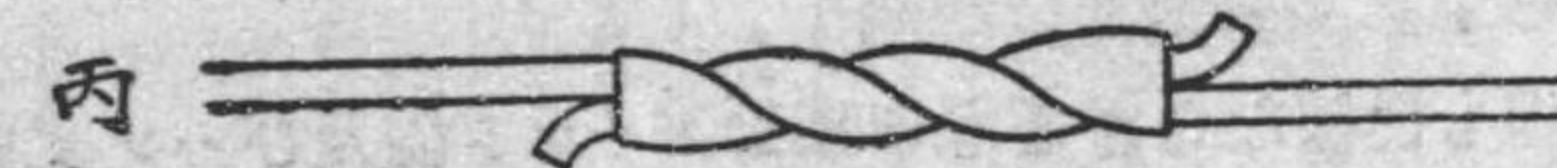
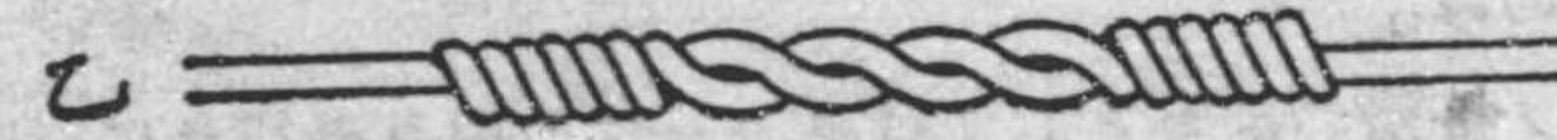
(5) 電線の接合方法三種を記載せよ。

(明治44年臨時5級4の内及大正9年5級3の内)

〔解〕 普通に行はるゝ電線の接合は次の三種なり。

a 接合すべき電線の兩端を十分に磨き之を第1圖甲に示す如く

第 1 圖



重ね合せ(電線の太さに應じて3種以上15種)ジョイント線と稱する直徑1.0耗乃至1.6耗の軟銅線を以つて其上を固く捲き付け、其上をハンダ上げす。

b. 接合すべき電線の兩端をよく磨き之を第1圖乙の如く捻じ合はし尙餘れる端を相手の電線に捲き其上をハンダ上げす。(直徑2.6耗以下の單線)

c. 接合せんとする電線の兩端をよく磨き之を接合管と稱する銅管内に挿入し、然る後接合管を捻ぢる事第1圖丙の如くして(3回半を標準とす)電線を接合す。

(6) 銅線を接合するに當りスリーブ・ジョイント(sleeve joint)を使用する場合とジョイント線(joint wire)とハンダ(solder)とを使用する場合との利害を比較記述せよ。 (大正5年4級1)

〔解〕 太き撚線を使用する場合にはスリーブ・ジョイントはジョイント線及ハンダを用ふるものより得策なり。何んとなれば作業の時間は前者は遙に後者より短く、且つ一樣なるハンダ附を行ふこと困難なればなり。

又其接合部の強度は一般にジョイント線を用ゐたる場合の方大な

れども、スリーブを使用したる場合の接続部の強度も他の部分に比して僅に數%低きに過ぎず。其の電氣的抵抗は兩者に於て大差なし。

尙一個所接続に要する原料費はスリーブ接続の方多少高價なるべけれども、其の施工費を考へ入る時は却つて前者の方廉となる。

銅線及亜鉛鍍せる鐵線はハンダ附し得れども、アルミニウム線の如きはハンダ附甚だ困難なり。依つて如斯場合にはスリーブ接続の一法あるのみ。

スリーブ接続の缺點としてはスリーブの振りの爲めに一方の線を多くストランドし、他方の撚りを戻す如き傾向を與ふるも、大なる問題にあらず。

太き電線も撚線ならざるものはジョイント線及びハンダを用ゐて接続するを便とす。何となればスリーブ接続は此の場合完全なる電氣的接続を得難ければなり。

又細き單線を使用する工事にはジョイント線及ハンダを用ゐざるべからざる場合多けれども(内線工事等)弱電流電線の接続にはスリーブを用ふる方工事遙に輕便なり。尙又細き撚線にありてはスリーブを用ふる事不便なり。但しハンダ上げの場合には線は熱せらるゝ爲め多少弱くなる。

(7) サーキュラーミルとは如何。(明治44年臨時5級4)

[解] サーキュラーミルとは電線の斷面積を測る一種の單位にして、直徑1ミル即ち0.001吋の圓の面積に等し。

第二章 屋 内 布 線

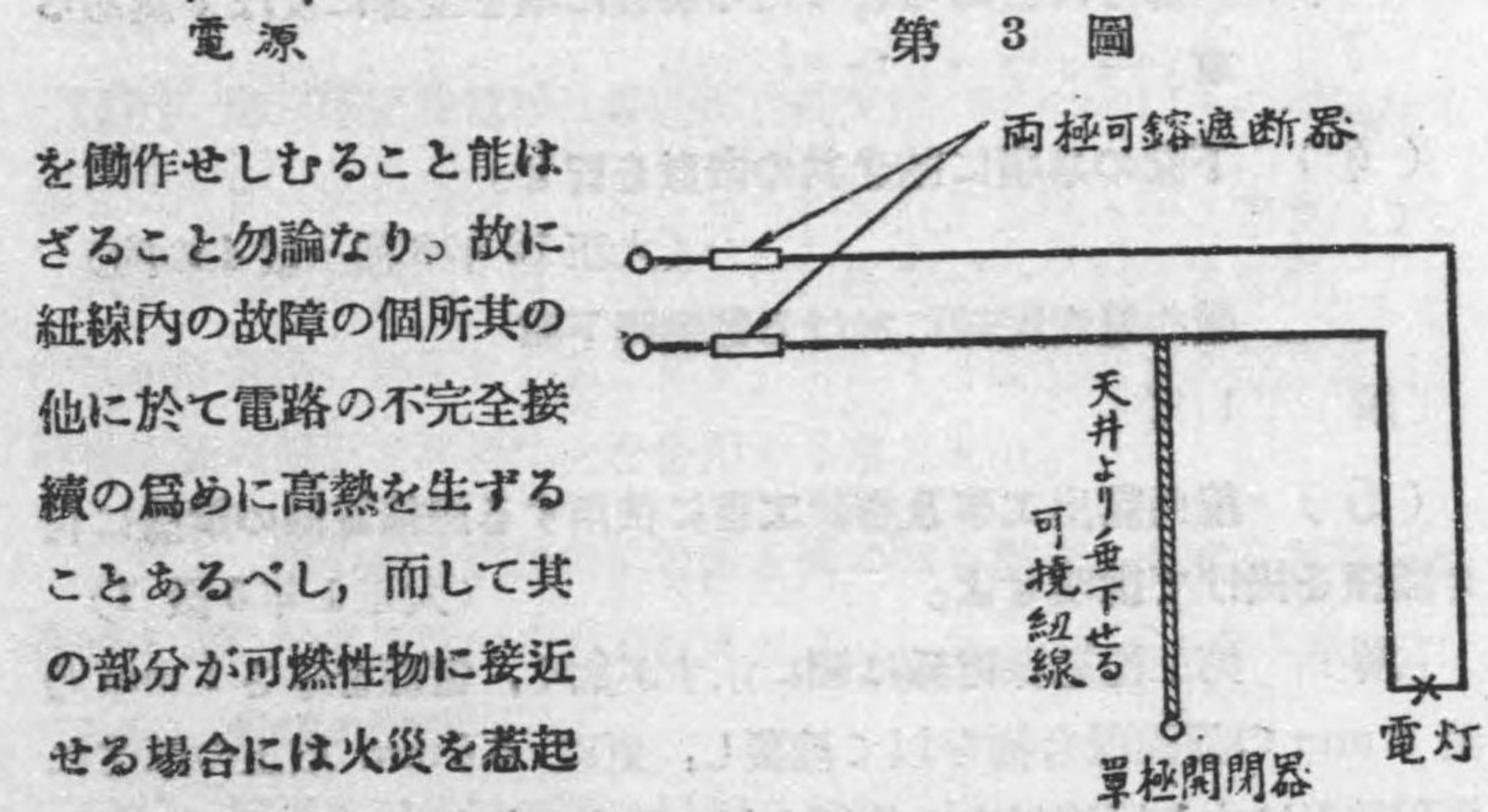
(1) 1個の電燈を2個所に各自任意に點滅し得る電線接続圖を示せ。(大正2年5級3)



[解] 此場合の電線接続圖は第2圖の如し。

(2) 下圖の如き配線は火災の虞ありと云ふ。其理由を説明せよ。(大正6年5級1)

[解] 本圖中可撚紐線は天井より垂下せるが故に心線の短絡を生じ易し。而して其の場合には單極開閉器を切るも電路を遮斷すること能はず、電燈を通じて絶えず電流の通ずるを見るべし。然かも此の電流は可鎔遮斷器



を働かせしむること能はざること勿論なり。故に紐線内の故障の個所其他に於て電路の不完全接続の爲めに高熱を生ずることあるべし、而して其の部分が可燃性物に接近せる場合には火災を惹起する虞あること明なり。

(3) 屋内布線に於て配電盤を設け此所より各處に配布する所謂分置配電盤式(distributing switch-board system)と屋内幹線より隨處に於て分枝線を設くる所謂幹枝式(tree system)との優劣に就き主要なる點を記載せよ。(大正4年5級2)

〔解〕 配 電 盤 式

- 利 (1) 各區分内に於ける故障が他の區分に及ぼざる事。
 (2) 許し得る最大電壓の降下に對して割合に細き線にて良き事(勿論配電盤の位置を適當に選ぶを要す)即ち電壓降下率の小なる事。

不利 (1) 工費の大なること。特に小負荷の場合に然り。

幹 枝 式

- 利 (1) 工事簡易にして電線費の割合に低額なる事。特に小負荷(例へば真空タングステン電球 10 燭換算 30 燈位迄)の場合に然り。

不利 (1) 引込口に近き所と遠き所とにて電壓の降下の差大なる事。即ち全負荷の場合電壓の最大降下を規定以内に保つ爲めには太き電線を要すること。

- (2) 一部分に故障の起りたる場合に累を全部に及ぼす虞ある事。

(4) 下記の事項に就き其の概數を記せ。

(大正12年3種一般4の内)

屋内電燈配線に於ける電壓降下率

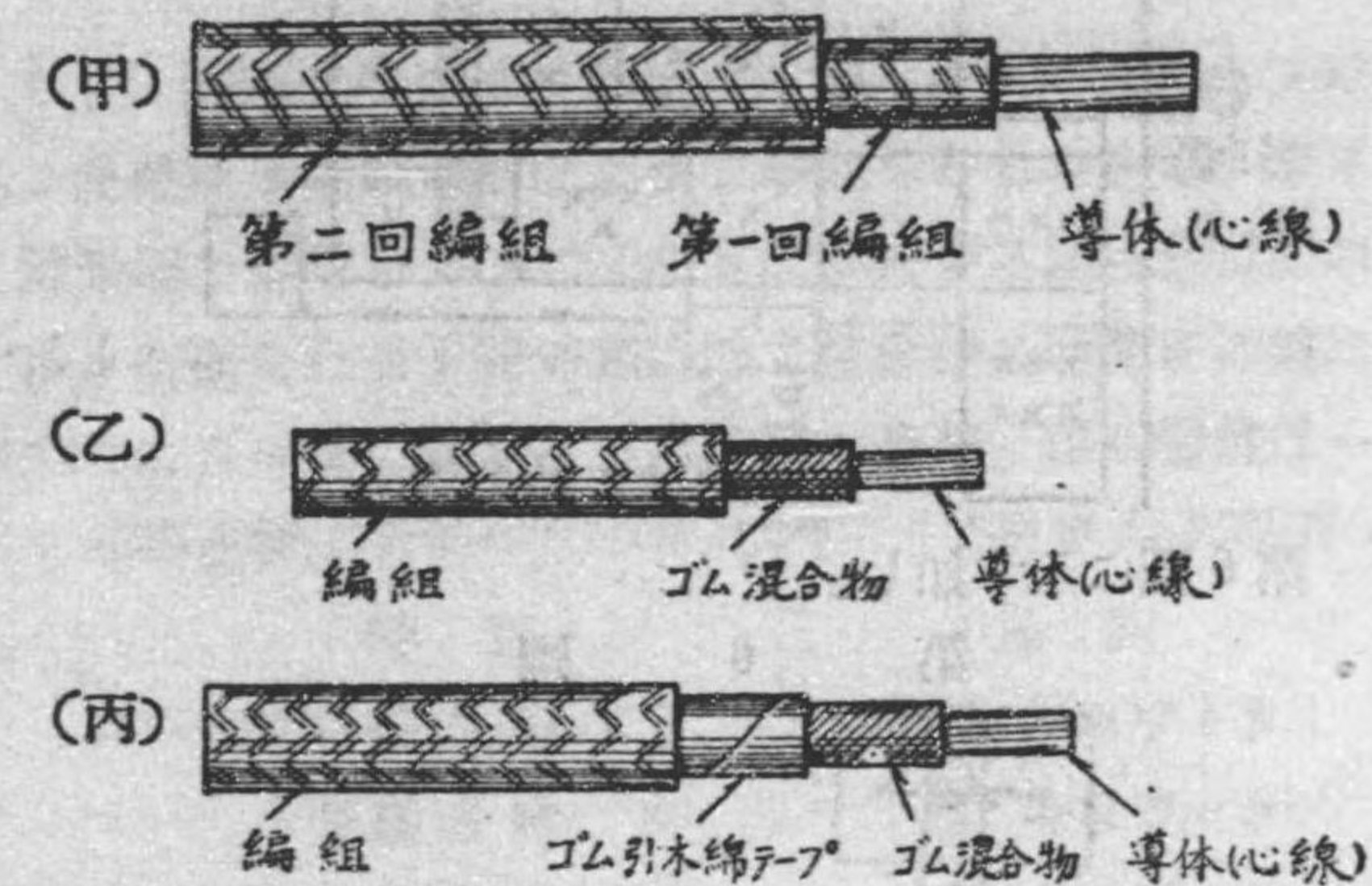
〔解〕 1%

(5) 屋内露出工事及隠蔽工事に使用する絶縁電線の構造に付き圖面を掲げて説明せよ。(大正1年5級1)

〔解〕 第三種絶縁電線は圖に示すが如く、電線を厚さ1mm乃至2mmの護謨混合物を以て被覆し、更に0.5mm以上の厚さに燃綿絲又は之と同等以上の物質を以て緊密に編組したる後、完全に

硫化を施し、且つ黑色の絶縁性耐水質混和物を充分に滲透し、其の表面を平滑にしたるものなり。(第4圖乙及丙)

第 4 圖



第二種絶縁電線は燃綿絲其他之と同等以上の物質を以て、二回緊密に編組し、且つ黑色の絶縁耐水質混和物を充分に滲透し、其の表面を平滑ならしめたるものにて被覆物の厚さ1.5mm以上なり。(第4圖甲)

〔註〕 第三種絶縁電線は導體が燃線又は3.2mm以上の單線なる場合にはゴム混合物の上を更にゴム引綿テープにて捲くものとす。

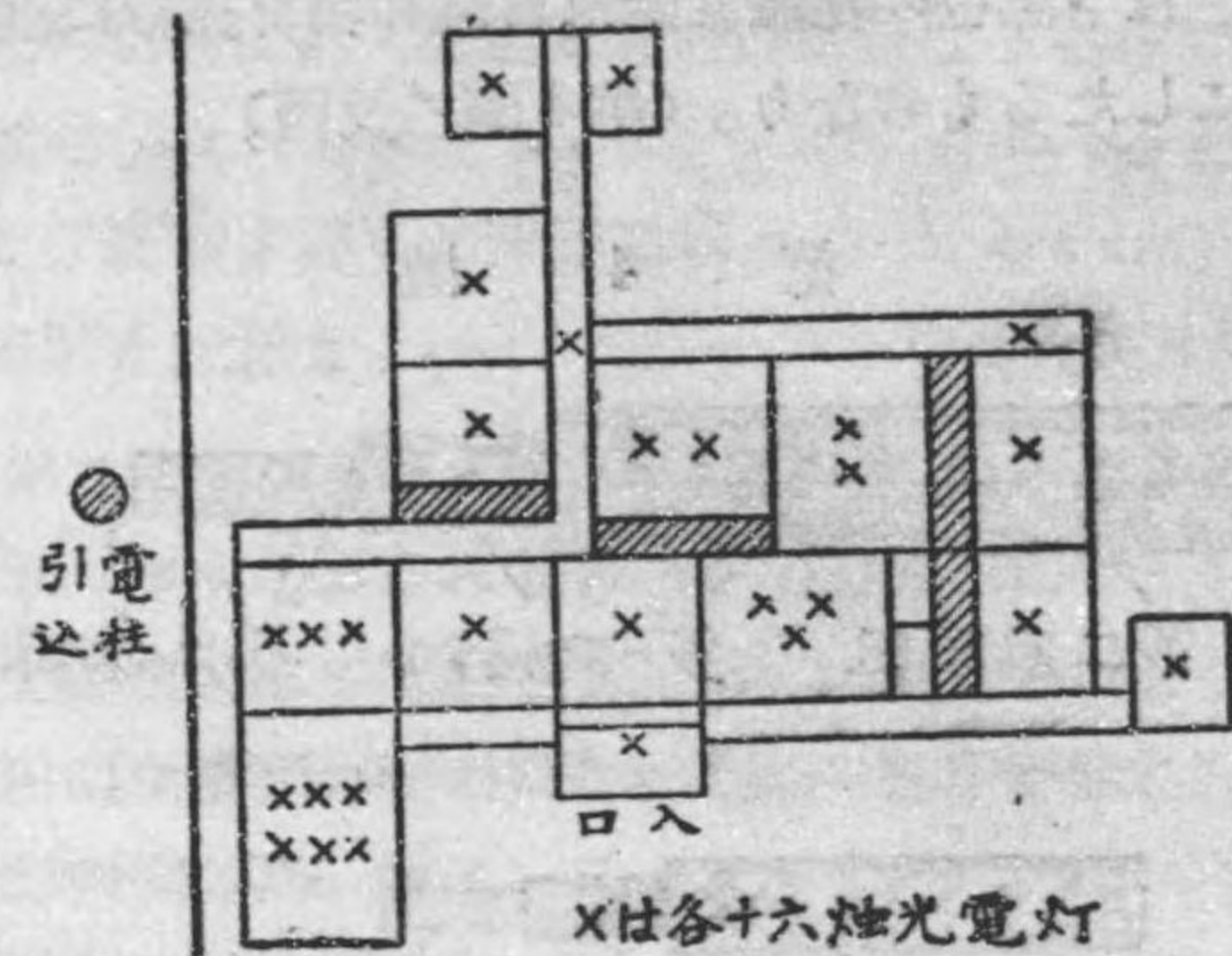
試験當時の規程にては上述第三種絶縁電線を使用する箇所に、第四種絶縁電線の使用を必要とせり。大正7年規程改正の結果第三種絶縁電線の品質を高めて之を使用する事とせり。

(6) 圖の如き家屋内に電燈を圖の如く點せんとす。其場合の布線工事に於て下記のものを入せよ。(大正3年5級2)

(イ) 電線の配置

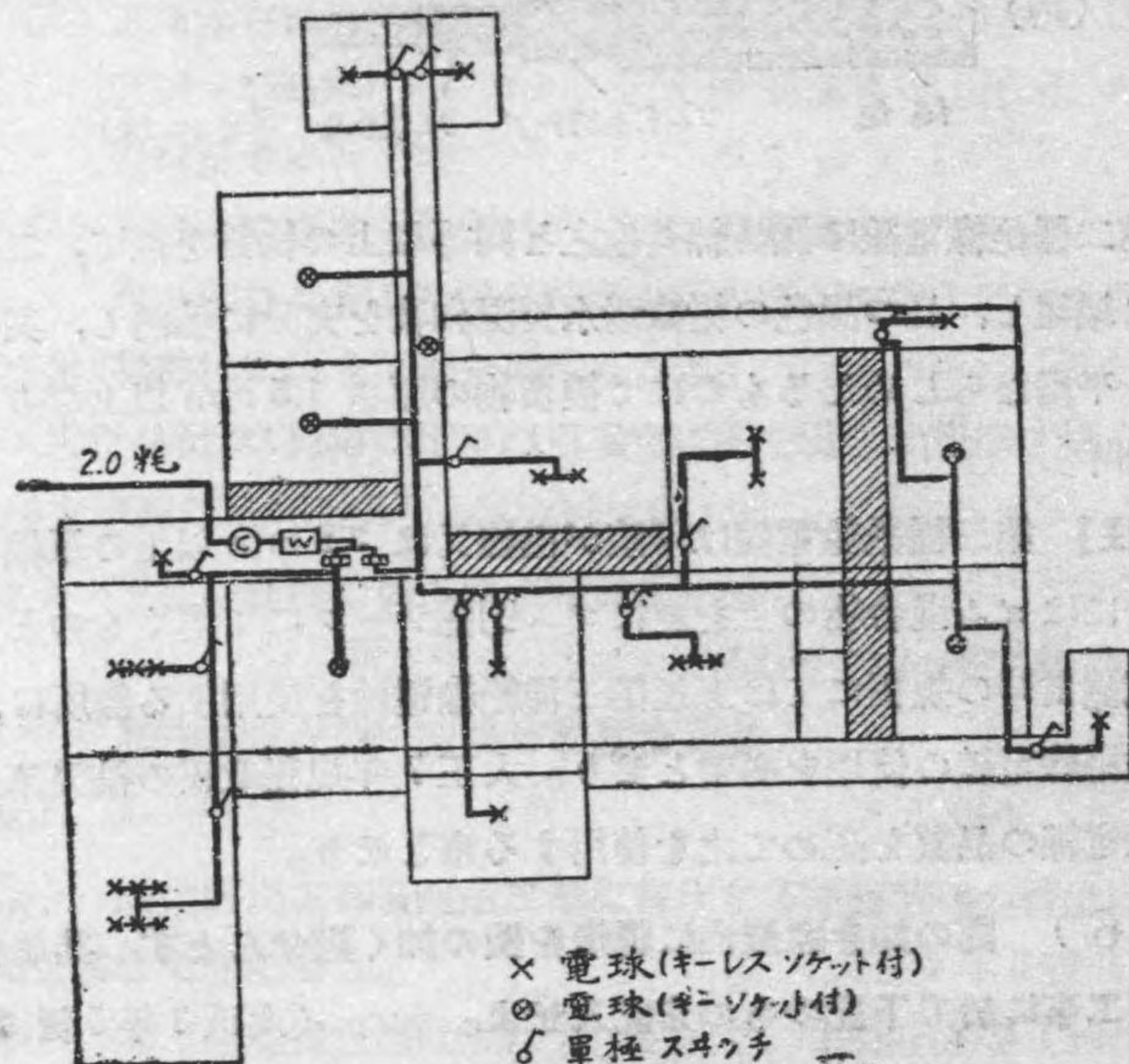
(ロ) 開閉器可熔遮斷器の位置及單極、双極の區別

第 5 圖



〔解〕 第6圖に示す如し。

第 6 圖



- x 電球(キ-レスソケット付)
 - o 電球(キソケット付)
 - δ 単極スイッチ
 - 5A両極可熔遮断器
 - ◎ 引込用両極カットアウトスイッチ
 - ⊠ 電量計
- 屋外線は総て16耗とす

第三章 一 般 配 電

(1) 直流二線により電圧 100 ヴォルトの電燈に供給する發電所あり負荷は下記の時刻によりて増減あるものとす。今午後五時に於て電燈端の電壓を 100 ヴォルトに保持する爲め發電機の電壓 106 ヴォルトを要したり下記時刻に於て發電機の電壓を如何に変更せば電燈の光力を一定に保持する事を得べきや。但し電燈は一ヶ所に集り居るものとす。
(明治44年臨時5級2)

時 刻	負 荷
午後 5 時	100 キロワット
午後 6 時	180 キロワット
午後 7 時	220 キロワット
午後 8 時	170 キロワット
午御 9 時	90 キロワット

〔解〕 午後 5 時即ち負荷 100 キロワットの時電線内電壓降下 6 ヴォルトなり。而して電壓降下は負荷電流従つて負荷電力(負荷電圧一定なる故)に比例するを以つて、各時刻に於ける發電機端子電壓を次の如くに變更すれば、電燈端の電壓を常に 100 ヴォルトにして、其の光力を一定の値に保持する事を得べし。

時 刻	電壓降下ヴォルト	發電機端子電壓ヴォルト
午後 5 時	6	106
午後 6 時	$6 \times \frac{180}{100} = 10.8$	110.8
午後 7 時	$6 \times \frac{220}{100} = 13.2$	113.2
午後 8 時	$6 \times \frac{170}{100} = 10.2$	110.2

$$\text{午後 9 時} \quad 6 \times \frac{90}{100} = 5.4 \quad 105.4$$

(2) 下記の場合に於ける直流二線式配電線の太さ (サーキュラー・ミルにて) を計算せよ。但し配電線の切断面積 1 サークュラー・ミル, 長さ 1 呎の電気抵抗は 11.34 オームとす。

(大正 8 年 5 級 4)

受電點の電壓	200 ヴォルト
受電點の使用電力	20 キロワット
配電線の電壓降下	3 パーセント
配電線の互長	500 呎

[解] 此場合の配電線の電流は

$$I = \frac{20 \times 1000}{200} = 100 \text{ アムペア}$$

又配電線の切断面積を S サークュラー・ミルとすれば, 配電線の抵抗は

$$R = 11.34 \times \frac{2 \times 500}{S} \text{ オーム}$$

又配電線の電壓降下の値は

$$v = 200 \times 0.03 = 6 \text{ ヴォルト}$$

而して $V = IR$ なる故

$$6 = 100 \times \frac{11.340}{S}$$

$$\therefore S = \frac{1134000}{6} = 189000 \text{ サークュラー・ミル}$$

(3) 電力 20 キロワットを直流二線式にて 300 尺の地點に配電せむとす, 受電點に於ける電壓を 200 ヴォルト, 配電線内の電壓の降下を受電點の電壓の 5 パーセントとせば電線の價格幾何なるか。

(大正 9 年 5 級 2)

但し 鋼一呎度の價格	50 錢
鋼一立方吋の抵抗	0.63×10^{-6} オーム
鋼一立方吋の重量	0.32 封度

[解] 電線の断面積を A 平方吋なりとすれば, 配電線一條の抵抗は

$$R = 0.63 \times 10^{-6} \frac{300 \times 12}{A} = \frac{.002268}{A} \text{ オーム}$$

配電線の電流は

$$I = \frac{20000}{200} = 100 \text{ アムペア}$$

$$\therefore \text{電壓降下} = 2IR = 2 \times 100 \times \frac{.002268}{A} = \frac{.4536}{A} \text{ ヴォルト}$$

此値を 200 ヴォルトの 5% 即ち 10 ヴォルトならしむるには

$$\frac{.4536}{A} = 10$$

$$A = .04536 \text{ 平方吋}$$

従つて電線の重量は

$$W = 0.32 \times 2 \times 300 \times 12 \times .04536 = 104.5 \text{ 封度}$$

故に求むる電線の價格は

$$104.5 \times 0.5 = 52.25 \text{ 圓}$$

(4) 電力 30 キロワットを直流二線式にて 300 尺の地點に送電せんとす, 受電點に於ける電壓を 200 ヴォルト送電線内の損失を受電點の電壓の 10 パーセントとせば電線の價格幾何なるや。

(大正 5 年 5 級 2)

但し 鋼 1 封度の價格	65 錢
鋼 1 立方吋の抵抗	0.63×10^{-6} オーム
鋼 1 立方吋の重量	0.32 封度

[解] $S =$ 電線の断面積

L = 送電距離

ρ = 電線の固有抵抗

I = 電流

ϵ = 電圧降下

w = 銅線単位容積の重量

W = 電線の全重量 とすれば

$$\epsilon = I \cdot \rho \frac{2L}{S} \quad \text{或は} \quad S = \frac{2\rho L I}{\epsilon}$$

又

$$W = 2wLS = \frac{4\rho w L^2 I}{\epsilon}$$

題意により

$$\epsilon = 200 \times \frac{10}{100} = 20 \text{ ヴォルト}$$

$$\rho = 0.63 \times 10^{-6} \text{ オーム / 立方吋}$$

$$w = 0.32 \text{ 封度 / 立方吋}$$

$$L = 300 \text{ 尺} = 300 \text{ 呎} = 3600 \text{ 吋}$$

$$I = \frac{30000}{200} = 150 \text{ アンペア}$$

$$\therefore W = \frac{4 \times 0.63 \times 10^{-6} \times 0.32 \times 3600^2 \times 150}{20} = 78.4 \text{ 封度}$$

故に電線の価格は

$$0.65 \times 78.4 = 51 \text{ 圓}$$

(5) 直流二線式に依り電力 W を使用電圧 E 及電圧降下率 P を以て D の距離に送電する爲めには使用電線切断面積は A なりと言ふ、使用電圧を二倍し同一電力を 3D の距離に同一の電圧降下率を以て送電する場合の電線の切断面積を求む。

(大正7年5級一般理論3)

〔解〕 今送電線一線の抵抗を R, 固有抵抗を ρ とすれば

$$P = \frac{2RI}{E} = 2\rho \frac{D}{A} \frac{W}{E^2} \quad \therefore A = \frac{2\rho DW}{PE^2}$$

次に第二の場合の切断面積を A' とすれば同様に依り次の関係となる。

$$A' = \frac{2\rho \times 3D \times W}{P \times (2E)^2} = \frac{3}{4} \times \frac{2\rho DW}{PE^2} = \frac{3}{4} A$$

即ち舊の $\frac{3}{4}$ となるを要す。

(6) 直流電線路に於て電力, 電圧降下のパーセント及銅線の太さが與へられた場合に於て送電距離と電圧との関係を見出せ。

(大正4年4級3)

〔解〕 W を輸送電力, E を受電端電圧 (三線式の場合には兩外線間の電圧) I を電流, e を電圧降下, p を電圧降下のパーセント S を電線の断面積, ρ を電線の固有抵抗, D を送電距離とすれば

$$e = I \times \frac{2\rho D}{S} = \frac{W}{E} \times \frac{2\rho D}{S}$$

然るに $e = \frac{pE}{100}$

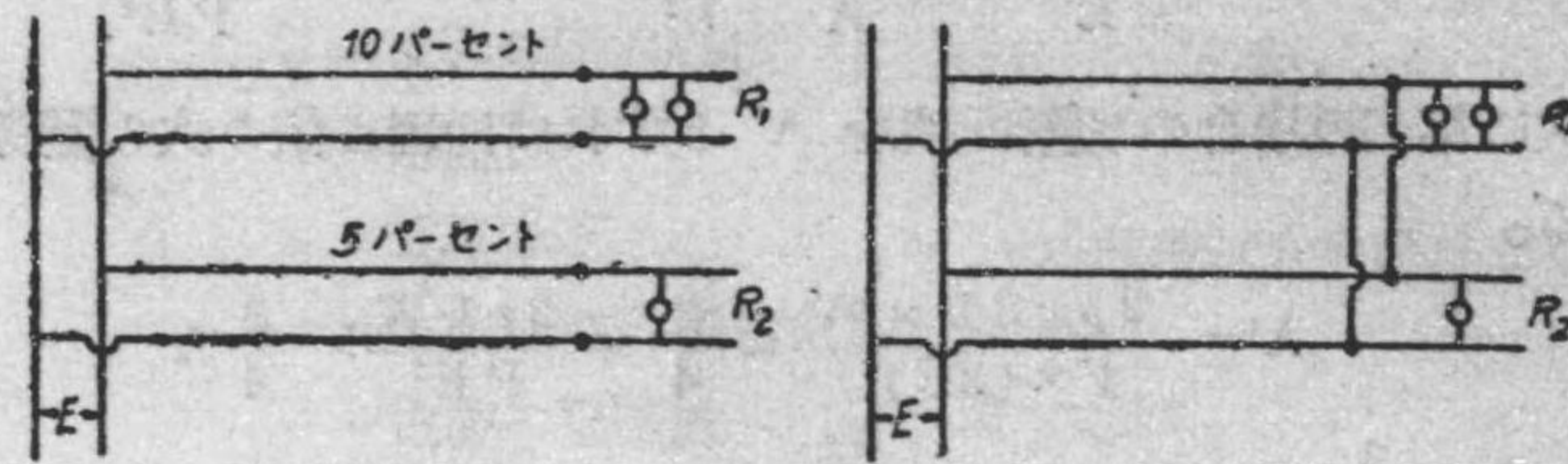
$$D = \frac{pS}{200\rho W} E^2$$

故に W, P 及 S が與へられたる時には送電距離は電圧の二乗に正比例して増加す。

(7) 抵抗相等しき二個の直流饋電線あり、送電電圧 E ヴォルトにして甲圖(次頁)の如く R₁ 及 R₂ なる負荷の抵抗に對し電圧降下は夫々 10 パーセント及 5 パーセントなりとす、今兩負荷の抵抗 R₁ 及 R₂ を變ずることなく乙圖の如く受電端を連絡するときは饋電線内の電圧降下幾パーセントなるか。(大正9年4級一般3)

〔解〕 直流電路に於ては同一回路に於ける各部分の電圧降下は抵抗に比例す。故に饋電線の抵抗を R とすれば第7圖甲圖の場合

第 7 圖



甲

乙

より負荷は夫れ夫れ

$$R_1 = 10R$$

$$R_2 = 20R$$

なることを知る。

次に第7圖乙圖の場合に於ては

$$\text{饋電線の抵抗} = \frac{R}{2}$$

$$\text{負荷合成抵抗} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10R} + \frac{1}{20R}} = \frac{20R}{3}$$

$$\text{従つて 負荷電流 } I = \frac{E}{\frac{R}{2} + \frac{20R}{3}} = \frac{6E}{43R}$$

$$\text{降下電圧} = I \frac{R}{2} = \frac{3E}{43}$$

$$\text{負荷電圧} = I \frac{20R}{3} = \frac{40E}{43}$$

$$\therefore \text{電圧降下率} = \frac{3}{40} \times 100 = 7.5\%$$

電圧降下率が圖中の E を標準として%にて表はさるゝ時は次の如くなる。饋電線の抵抗等しければ R_1 に供給する電流が R_2 に供給する電流の倍なり。故に、 $\frac{(1-0.10)E}{R_1} = 2 \frac{(1-0.05)E}{R_2}$

$$\text{従つて } R_2 = 2 \times \frac{1-0.05}{1-0.10} R_1 = \frac{19}{9} R_1$$

饋電線の合成抵抗は

$$\frac{1}{2} \left\{ 0.10E + \frac{(1-0.10)E}{R_1} \right\} = \frac{1}{2} \frac{0.10}{1-0.10} R_1 = \frac{1}{18} R_1$$

従つて負荷の合成抵抗は

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{19}{9} R_1 \div \left(1 + \frac{19}{9} \right) = \frac{19}{28} R_1$$

受電端と連絡せる時の饋電線内電圧降下を $x \times 100\%$ とすれば、

$$xE + \frac{1}{18} R_1 = (1-x)E + \frac{19}{28} R_1$$

$$\text{従つて } x \times 100 = \frac{28}{28 + 18 \times 19} \times 100 = 7.57\%$$

(8) 變壓器を使用せる lighting あり、光度に不平均を生じたる時最も經濟的なる急救法を問ふ。(大正3年4級口述2)

[解] 題意が負荷の増加に基づく電壓降下の増大の爲め配電線の終點に近き箇所にて光度低減せる場合とせば、其の急救法としては柱上用單相變壓器二個を絶縁臺上に載せ、一次を V 、二次を線路の二線に直列に接続し、昇壓器として假りに使用し、該箇所の電壓を上昇せしむるを可とす。

(9) 交流饋電線が負荷の増減に依り電壓の變動する場合之れを防ぐには變電所に於て如何なる設備をなすか。

(大正10年3種1の内)

[解] 各饋電線に自働饋電線調整器を設備し、負荷に応じて自動的に饋電線電壓を調整するか、或は補償電壓計と手働饋電線調整器とを設備し、電壓計が常に規定値を指示する様手働に依つて饋電線の電壓を調整す。

(10) 直流量に交流饋電線の某電點に於ける電壓を送電所にて負荷の如何に拘らず測定する方法並に饋電線電壓を一定に保つ方法を列記せよ。(明治44年臨時4級4)

〔解〕 饋電點に於ける電壓を送電點に於て測らんとするには示壓線 (pressure wire) を各饋電點より取るか、又は補償電壓計を使用する事に依り測定し得べし。

示壓線を使用する時は饋電點の遠近に應じて電壓計より饋電點までの電氣抵抗を一定にする爲め適當なる抵抗を挿入する事必要なり而して此の抵抗は電壓計の線輪の抵抗と直列に入るものとして更正を一度行ひ置けば可なり。此場合は各饋電點の電壓は同一の電壓計にて測るを一般とす。交流の場合にはリアクタンスの影響をも考に入れて更正を行はざるべからず。

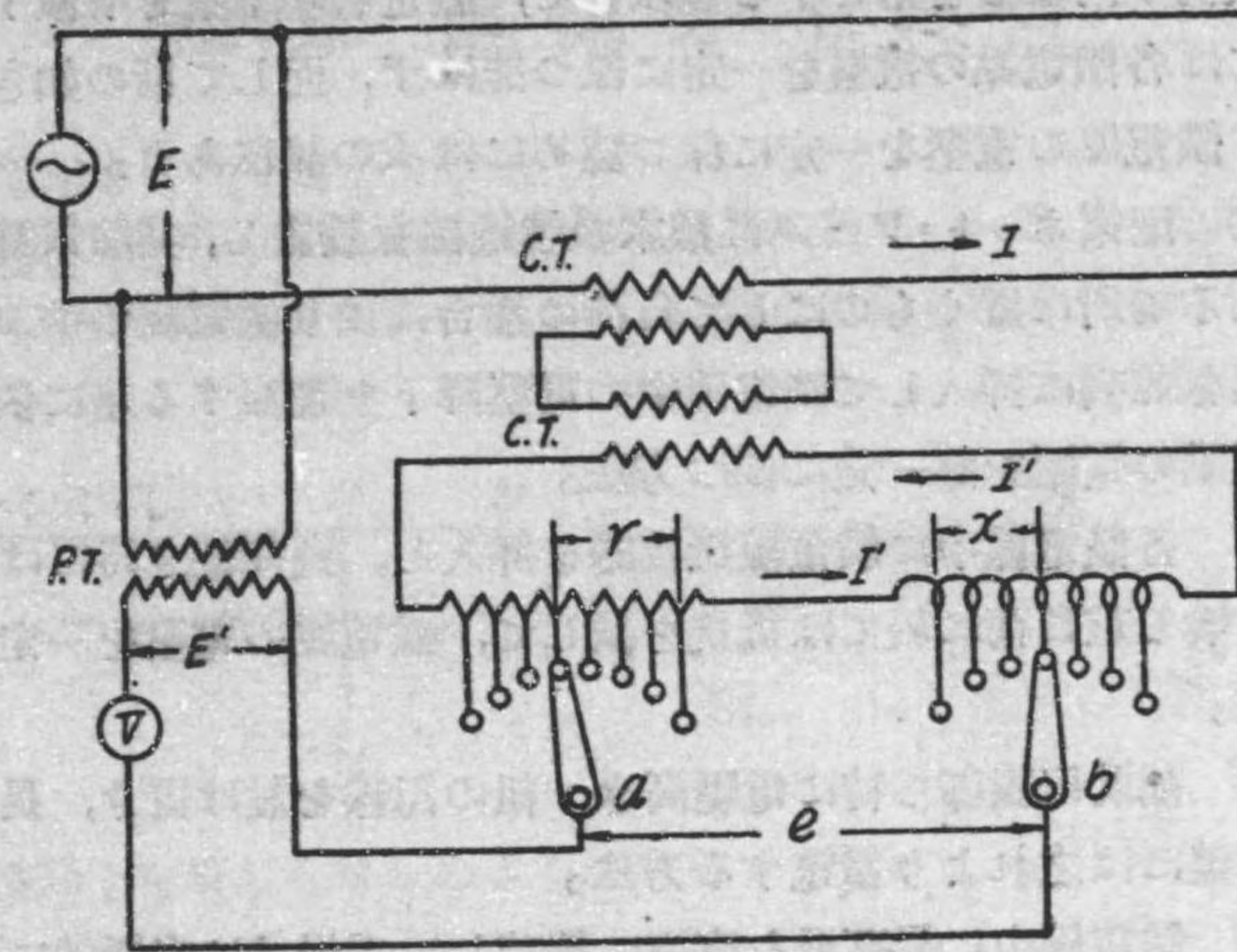
以上の方法は比較的面倒なり、依つて今日一般に饋電點の電壓を測定する必要がある場合は補償電壓計なるものを使用す。

直流の場合は交流に比し其構造簡單にして電壓計は二個の線輪を有し、其の一つは發電機端子間に接続され他は線路電流の或る適當なるパーセント丈の電流を通過せしむるものにして、兩線輪の生ずる傾斜廻轉力は互に相反する如くにし、以つて電壓計には發電機端子電壓より饋電點までの電壓降下を差引きたる結果、即ち饋電點の電壓を指示せしめ得る如き構造なり。

交流の場合はオーミック抵抗の他に電路のリアクタンスをも補償せざるべからず。従て其の構造稍複雑なり。圖は G. E. 會社製補償電壓計の原理を示す略圖なり。C. T. は變流器にして C. T. の二次線に無誘導抵抗及リアクタンス線輪を直列に接続す。此の抵抗及リアクタンスにはタップを設け其の値を加減し得るものとす。P. T. は計器用變壓器にして、電壓計を圖に示す如くに接続するものとす。依つて電壓計は常に變壓器の二次電壓 E' と r 及び x の兩端の電壓 e とのベクトル差に等しき電壓を受くる事となる。而して ab 間の抵抗降下は $I'r$ 又其のリアクタンス降下は $I'x$ なるを以つて

$$\frac{I'r}{I'R} = \frac{E'}{E} \quad \text{従つて} \quad r = \frac{n}{N}R$$

第 8 圖



又 $\frac{I'x}{IX} = \frac{E'}{E}$ 従つて $x = \frac{n}{N}X$

但し R = 電線路抵抗
X = 電線路のリアクタンス

$$N = \frac{E}{E'}$$

$$n = \frac{I}{I'}$$

なる如くに、 r 及び x を調整し置けば、電壓計は常に饋電點の電壓の $\frac{1}{N}$ に等しき電壓を受くる事となるを以つて、電壓計に N 倍の目盛を附し置けば、直に之れより饋電點の電壓を指示せしむる事を得べし。

次に饋電點の電壓を一定にする方法を列記せん。

(I) 直流の場合 小なるプラントに於ては負荷に依りて發電機の電壓を手働に依り或は發電機を過復捲とする事に依つて上昇せし

むるも、大なるプラントに於ては多数の饋電線を有し且つ其の長さ及び負荷異なるを常とするを以つて、發電機の電壓を増減するのみにては各饋電點の電壓を一定に保つ能はず、而して斯の如き場合に於て饋電點の電壓を一定に保つ爲めには次の諸法あり。

(イ) 配電ネット・ワークに數本の饋電線を設置し、其饋電點を各異りたる場所に置くものにして負荷の都合に依り饋電線の中二組又は三組を並列に挿入して饋電線中の電壓降下を加減する事に依つて各饋電點の電壓を略一定に保つ方法。

(ロ) 各饋電線中に饋電線抵抗器を挿入し、負荷輕き時には其の抵抗を増し重負荷に於ては抵抗を減じて、饋電點の電壓を一定に保つ方法。

(ハ) 補助母線即ち特に電壓高き一組の母線を設け置き、長距離の饋電線には之れより饋電する方法。

(ニ) 饋電線中に昇壓機を直列に接続し、手働或は自動的に其の電壓を増減して饋電點の電壓を一定にする方法。

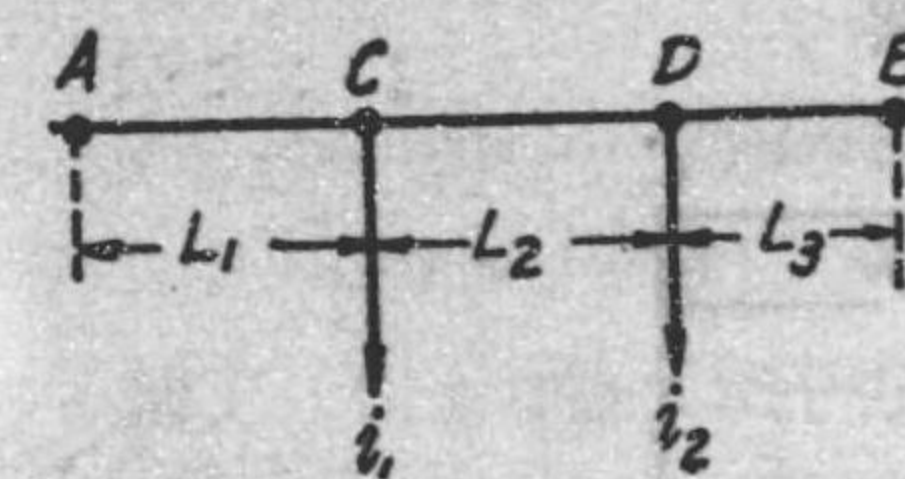
(ホ) 以上の諸方法を混用せる方法。

(II) 交流の場合 直流の場合に述べたる方法は少しく之を改むる事によつて適用さるゝも、交流の場合には主として饋電線中に誘導型電壓調整器或は開閉器型電壓調整器を挿入し、手働或は自動的に其の電壓を調整して、饋電點の電壓を一定に保つを最も普通の方法なりとす。

第四章 直流分布負荷

(1) 圖の如き直流二線式配電線路に於て A 及 B を同一電壓を有する兩饋電點とす。今 C, D 兩點の電壓を均等とすべき電流

第 9 圖



の値 i_1 及 i_2 の相互の關係を求む。但し L_1, L_2, L_3 は夫々 A, C, D, B 間の距離とす。

(大正 7 年 5 級 3)

[解] C, D 兩點の電壓を等しくする爲めには AC 間及 BD 間の電線降下を等しくせしめざるべからず。而して C, D 兩點の電壓が等しき場合には CD 間には電流通ぜず、従つて AC 間の電流は i_1 にして、BD 間の電流は i_2 なり。従つて此場合に於ける i_1 及 i_2 の間には次の如き關係なからざるべからず。

$$2i_1 r_1 L_1 = 2i_2 r_2 L_3 \quad \therefore \frac{i_1}{i_2} = \frac{r_2 L_3}{r_1 L_1}$$

但し r_1 は AC 間電線單位長毎の抵抗にして、 r_2 は BD 間電線單位長毎の抵抗とす。而して $r_1 = r_2$ なる場合には

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{L_3}{L_1}$$

即ち i_1 と i_2 との比は AC 間及 BD 間の距離に逆比例する事を要す。

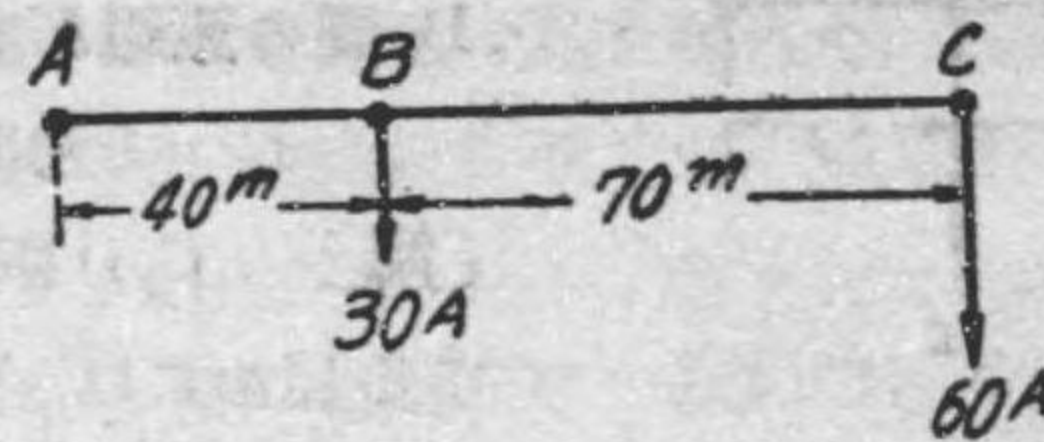
(2) 下圖に示せる如き直流二線式配電線路に於て

A 點に於ける電壓	200 ヴォルト
C 點に於ける電壓	194 ヴォルト
B 點に於ける負荷	30 アムペア

C 點に於ける負荷 60 アムペア
 AB 間の互長 40 メートル
 BC 間の互長 70 メートル

なりとす。AB 及 BC 間の電線の電流密度を同一ならしむべき電線の太さを求む。但し電線の切斷面積一平方ミリメートル、長さ1メートルの抵抗は $\frac{1}{55}$ オームとす。(大正8年4級1)

第 10 圖



〔解〕 今

AB 間電線の切斷面積 = S_1 平方ミリメートル

BC 間電線の切斷面積 = S_2 平方ミリメートル

とせん。然らば題意により

$$\frac{30+60}{S_1} = \frac{60}{S_2} \dots\dots(1)$$

$$200-194 = \frac{2}{55} \left[\frac{40}{S_1} \times (30+60) + \frac{70}{S_2} \times 60 \right] \dots\dots(2)$$

(1)式より $S_2 = \frac{2}{3} \times S_1$ 、之れを(2)式に代入して

$$6 = \frac{2}{55} \left(\frac{40 \times 90}{S_1} + \frac{3 \times 70 \times 60}{2 S_1} \right)$$

$$S_1 = \frac{2(3600 + 6300)}{55 \times 6} = 60 \text{ 平方ミリメートル}$$

$$S_2 = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ 平方ミリメートル}$$

(3) 下圖の如き直流二線式より成る配電線路に於て、AB 間の電壓降下を見出せ。(大正6年5級2)

第 11 圖



$S_1, S_2 \dots\dots$ 切斷面積 $L_1, L_2, L_3 \dots\dots$ 距離

$i_1, i_2, i_3 \dots\dots$ 電 流 A $\dots\dots$ 饋電點

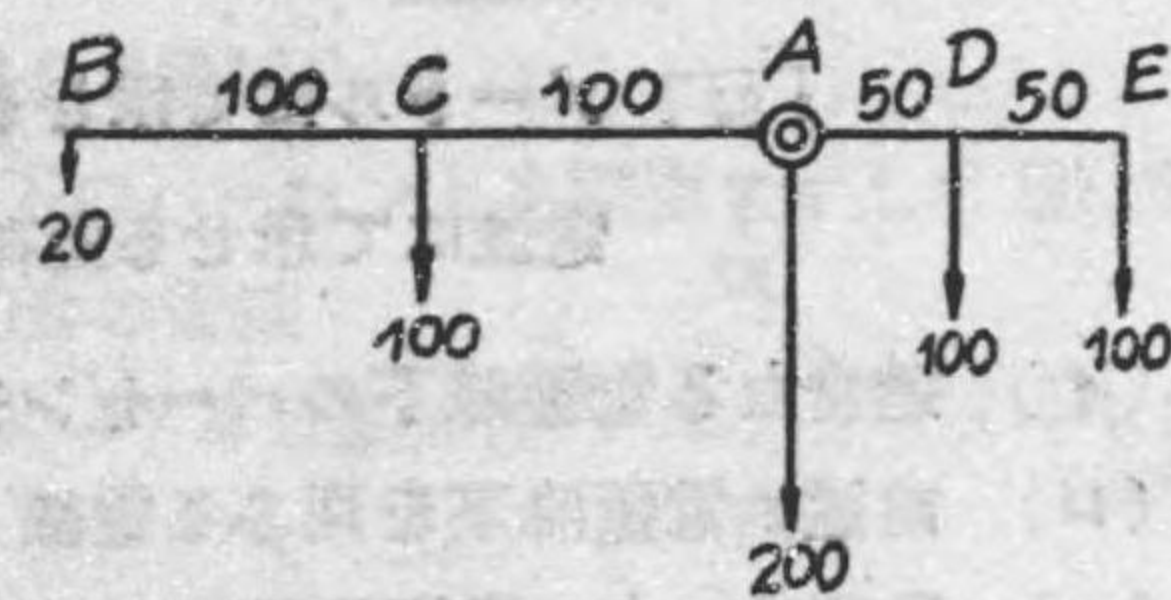
〔解〕 S を切斷面積平方耗, L を米で表はしたるものとせば、硬銅線一條の抵抗は $\left(\frac{1}{55}\right) \frac{2L}{S}$ オームなり。故に本題に於て

$$\begin{aligned} \text{電壓降下} &= \left(\frac{1}{55}\right) \frac{2L_1}{S_1} (i_1 + i_2 + i_3) + \left(\frac{1}{55}\right) \frac{2L_2}{S_1} (i_2 + i_3) + \left(\frac{1}{55}\right) \frac{2L_3}{S_2} i_3 \\ &= \frac{2}{55} \left[\frac{L_1(i_1 + i_2 + i_3)}{S_1} + \frac{L_2(i_2 + i_3)}{S_1} + \frac{L_3 i_3}{S_2} \right] \end{aligned}$$

(4) 下圖に示すが如

第 12 圖

き直流二線式配電線路に於て負荷點 B, C 及 D の電壓を求む。但し配電線の太さは一様にしてビー・エス二零番 (B.S. # 00) とす。



(大正4年5級3)

凡例 A は饋電點、饋電點の電壓は 105 ヴォルトとす。

↓ 100 100 アムペアの負荷を示す。

↓ 50 50 50 尺の距離を示す。

ビー・エス二零番 (B.S. # 00) 一千尺の抵抗は 0.076 オームとす

〔解〕 AC, CB, 及び AD, 間の電線一條の抵抗を R_1, R_2 , 及び R_3 オームとし A, B, C 及び D 點の電壓を V_A, V_B, V_C 及び V_D ヴォルトとす。

$$R_1 = R_2 = 0.076 \times \frac{100}{1000} = 0.0076 \text{ オーム}$$

$$R_3 = 0.076 \times \frac{50}{1000} = 0.0038 \text{ オーム}$$

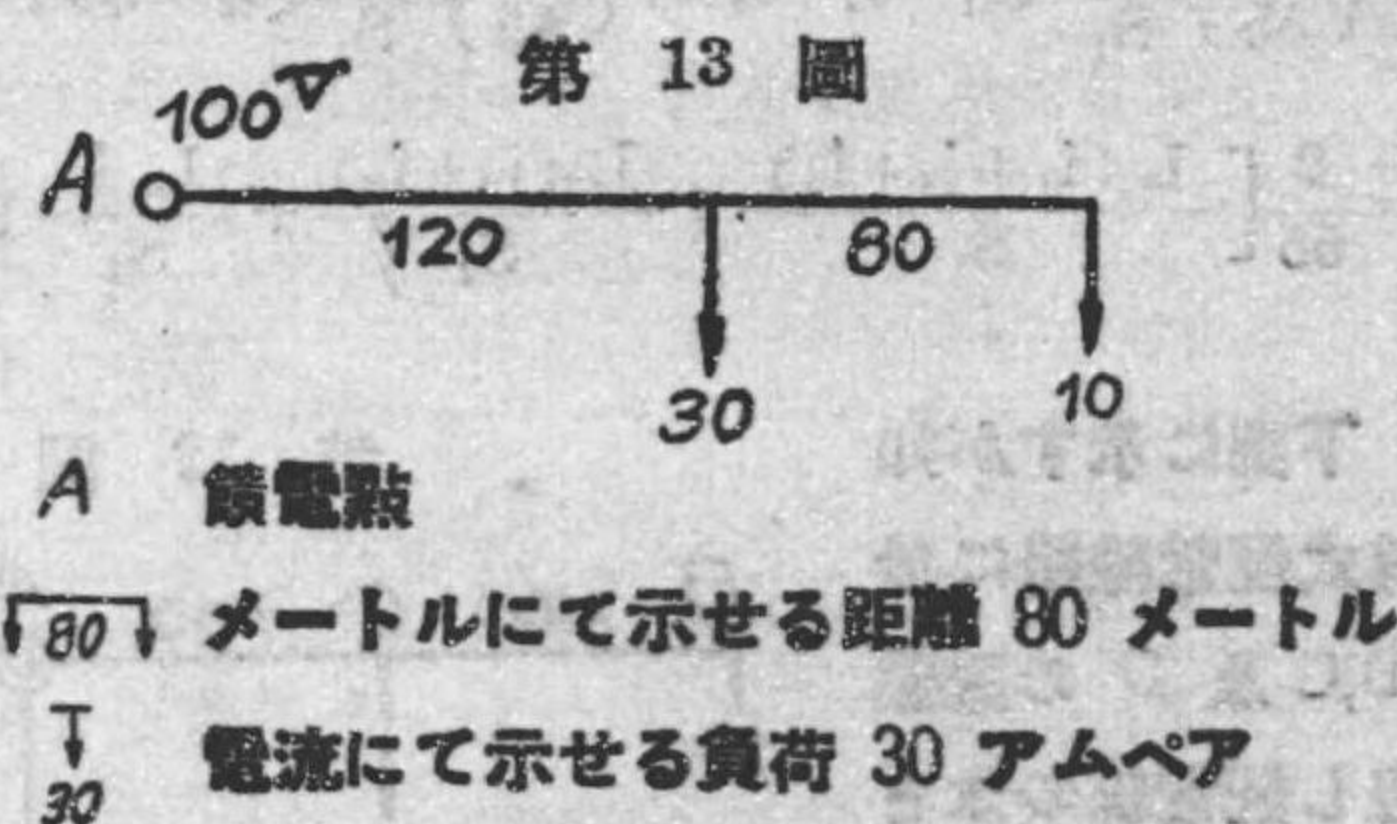
$$V_C = V_A - (100 + 20) \times 2R_1 = 105 - 120 \times 2 \times 0.0076 = 103.2 \text{ ヴォルト}$$

$$V_B = V_C - 20 \times 2R_2 = 103.2 - 20 \times 2 \times 0.0076 = 102.9 \text{ ヴォルト}$$

$$V_D = V_A - (100 + 100) \times 2R_3 = 105 - 200 \times 2 \times 0.0038$$

$$= 103.5 \text{ ヴォルト}$$

(5) 下圖に示せる如き、直流二線式配電幹線 (distributing mains) に於て次の事項を答へよ。(明治44年4級2)



- (イ) 適當なる電壓降下のパーセンテージ
 (ロ) 前述の電壓降下を與ふる電線
 (ハ) 負荷ワット、電壓降下のパーセンテージを變更せずして單に電壓を 2 倍となしたる場合の電線

但し鋼線の抵抗は長さ 1 メートル、切斷面積 1 平方ミリメートルに付き $\frac{1}{55}$ オームとす。

〔解〕 (イ) 電壓降下は 5 パーセントを適當とす。

(ロ) 今電線の切斷面積を S 平方ミリメートルとすれば、次の關係あり。

$$5 = \frac{1}{55} \times \frac{2 \times 120}{S} (30 + 10) + \frac{1}{55} \times \frac{2 \times 80}{S} \times 10$$

$$= \frac{2}{55 S} (120 \times 40 + 80 \times 10)$$

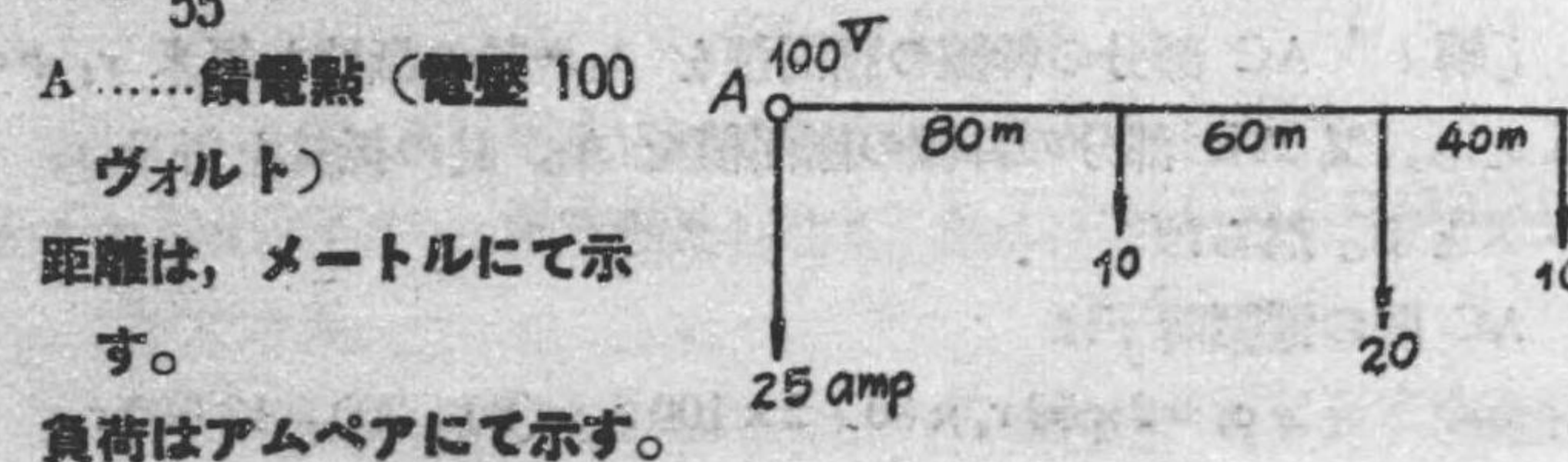
$$\therefore S = \frac{2(4800 + 800)}{5 \times 55} = 40.7 \text{ 平方ミリメートル}$$

(ハ) 電壓を 2 倍とする時には負荷電流は $\frac{1}{2}$ に減ずるを以つて電壓降下の値を同一に保つとすれば、電線の太さは $\frac{1}{2}$ のものにて足る。然るに電壓降下のパーセンテージを同一にするものなるを以つて、電壓を二倍とするに従ひ電壓降下の値も 2 倍とする事を得るを以つて、電線の太さは更に其の $\frac{1}{2}$ とする事を得べし。即ち負荷及び電壓降下のパーセンテージを變更せざる時には所要電線の太さは $\frac{1}{4}$ に減ずるを得べし。

(6) 圖に示せる如き直流二線式配電幹線に於て下の事項を答へよ。(明治44年3級1)

- (イ) 適當なる電壓降下のパーセント
 (ロ) (イ)の電壓降下を與ふる電線
 (ハ) 負荷ワット及電壓降下のパーセントを變更せずして單に電線の電壓を二倍となしたる場合の電線

但し鋼線の抵抗は長さ 1 メートル切斷面積 1 平方ミリメートルに付き $\frac{1}{55}$ オームとす。第 14 圖



〔解〕 (イ) 電圧降下は 5 パーセントを適當とす。

(ロ) 今電線の切斷面積を S 平方ミリメートルとすれば、次の關係あり。

$$5 = \frac{1}{55} \times \frac{2 \times 80}{S} \times (10 + 20 + 10) + \frac{1}{55} \times \frac{2 \times 60}{S} \times (20 + 10) + \frac{1}{55} \times \frac{2 \times 40}{S} \times 10$$

$$= \frac{2}{55 S} (3200 + 1800 + 400)$$

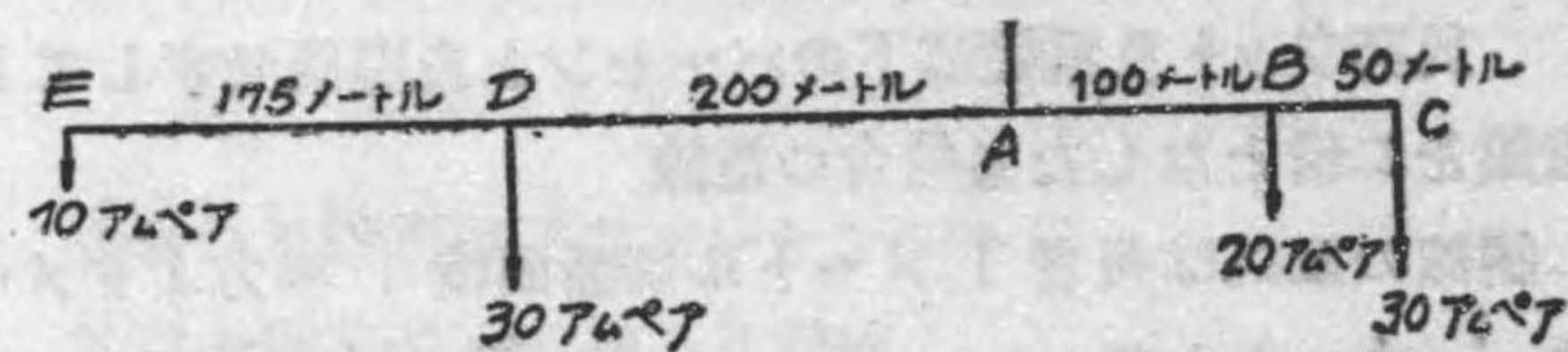
$$\therefore S = \frac{10800}{275} \approx 39 \text{ 平方ミリメートル}$$

(ハ) 前問参照。

(7) 下圖に示すが如き直流二線式配電線路に於て幹線 AE 間の電圧降下を幹線 AC 間の電圧降下と等しからしむる爲めには AE 部分の幹線の太さと AC 部分の幹線の太さとの割合を幾何とすべきか。但し圖中 A は送電點にして矢及矢に附せる數字は負荷の位置及負荷電流を示し幹線の傍數字は各負荷點間の距離を示す。

(大正 10 年 3 種 3)

第 15 圖



〔解〕 AC 部分の幹線の斷面積を A_1 、其の抵抗を毎米 r_1 オームとし、又 AE 部分の幹線の斷面積を A_2 、其の抵抗を毎米 r_2 オームとす。然らば

AC 間の電圧降下は

$$e_1 = 2 \times 50 r_1 \times 30 + 2 \times 100 r_1 \times (20 + 30) = 13000 r_1$$

AE 間の電圧降下は

$$e_2 = 2 \times 175 r_2 \times 10 + 2 \times 200 r_2 \times (10 + 30) = 19500 r_2$$

$e_1 = e_2$ なる爲めには

$$13000 r_1 = 19500 r_2$$

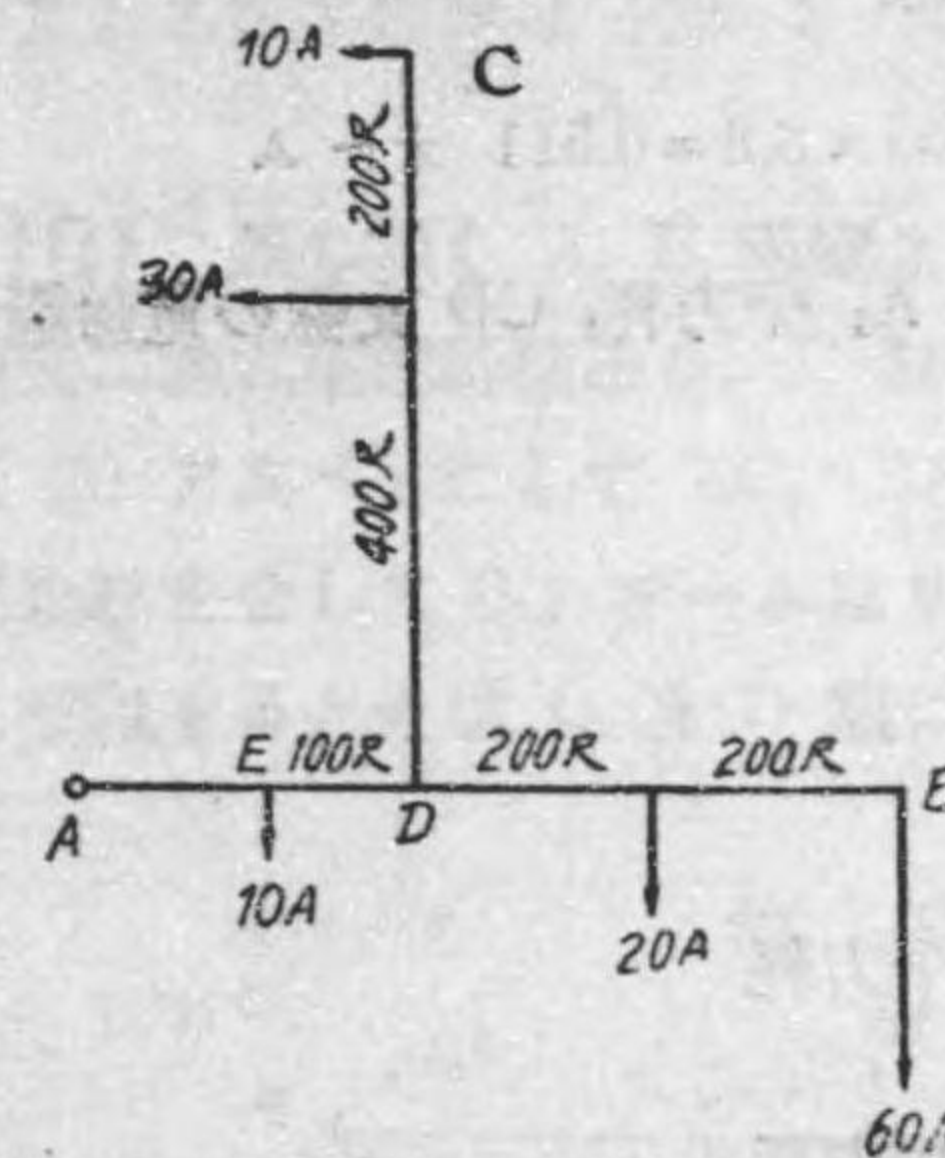
$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{19500}{13000} = \frac{3}{2}$$

同一長さの電線(同一物質)の抵抗は斷面積に反比例する故、求むる幹線の太さの比

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{3}{2}$$

(8) 圖の如き配電線路に於て最大電壓を有する負荷點と最小電壓を有する負荷點との電壓の差を 8 ヴォルトに保持する最小電線の太さを幹線及支線に就き算出せよ。(大正 1 年 4 級 1)

第 16 圖



凡例 AB は同一太さの幹線
CD は同一太さの支線
A 點は送電點

〔解〕 本間に於ける配電線路は直流なるか交流なるか、或は二線式なるか多線式なるか不明なれども、茲には直流二線式配電線路として解答せん。

先づ AB 幹線につきて考ふれば、E 點が最大電壓を有する負荷

點, B 點が最小電壓を有する負荷點にして, 又 CD 支線に就て考ふれば C 點が最小電壓の負荷點なり。依つて本問は EB 間の電壓降下及 EC 間の電壓降下を共に 8 ヴォルトに保つ如き電線の太さを求むる事となる。

今 AB 幹線の電線 1000 米の抵抗を r_1 オーム, CD 支線の電線 1000 米の抵抗を r_2 オームとすれば, EB 間の電壓降下 V_{EB} 及 EC 間の電壓降下 V_{EC} は次の如し。

$$V_{EB} = \left\{ \frac{200 r_1}{1000} \times 120 + \frac{400 r_1}{1000} \times 80 + \frac{400 r_1}{1000} \times 60 \right\} + 3.3$$

$$= 80 r_1 + 3.3 \text{ ヴォルト}$$

$$V_{EC} = \left\{ \frac{200 r_1}{1000} \times 120 + \frac{800 r_2}{1000} \times 40 + \frac{400 r_2}{1000} \times 10 \right\} + 3.3$$

$$= (24 r_1 + 36 r_2) + 3.3 \text{ ヴォルト}$$

之れを共に 8 ヴォルトに保つ爲めには

$$r_1 = 0.1 \times 3.3 = 0.33 \text{ オーム}$$

$$r_2 = \frac{8 - 2.4}{36} \times 3.3 = 0.155 \times 3.3 = 0.511 \text{ オーム}$$

故に AB 幹線の電線断面積を A_1 平方耗, CD 支線の電線断面積を A_2 平方耗とすれば

$$r_1 = \frac{1}{55} \times \frac{1000}{A_1}$$

$$r_2 = \frac{1}{55} \times \frac{1000}{A_2}$$

$$\therefore A_1 = \frac{1}{55} \times \frac{1000}{0.33} \doteq 55 \text{ 平方耗}$$

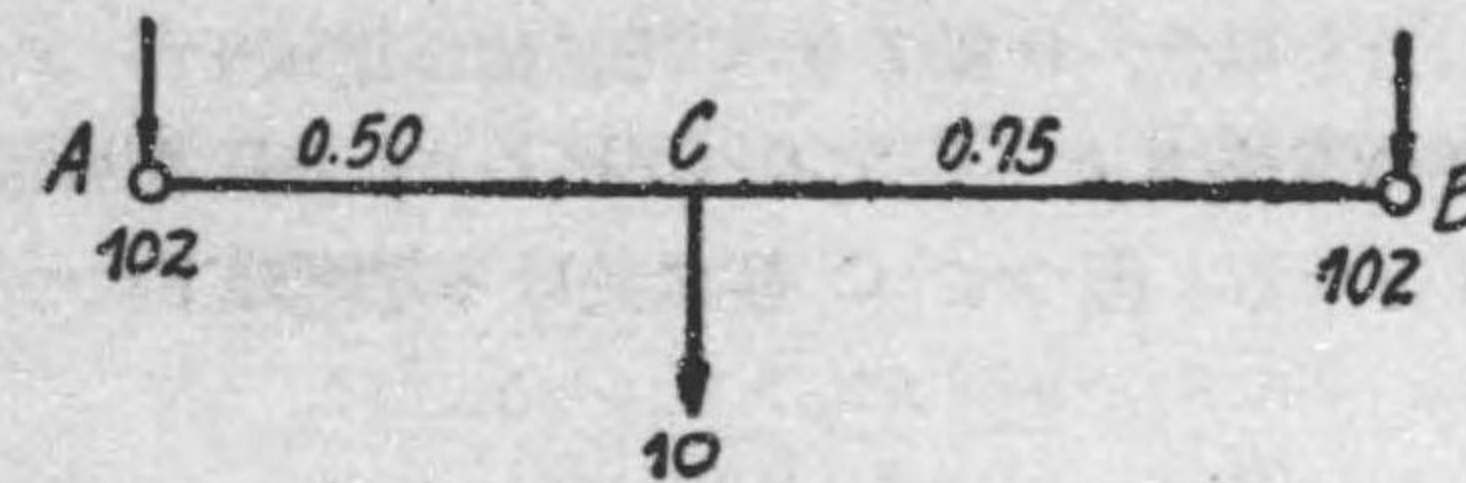
$$A_2 = \frac{1}{55} \times \frac{1000}{0.51} \doteq 36 \text{ 平方耗}$$

(9) AB なる二線式配電幹線あり。A 及 B は饋電點にして其の線間電壓は何れも 102 ヴォルトなり。今一點 C に 10 アムペアの負荷あるとき, C の端子電壓を計算せよ。但し幹線の抵抗は往復

二線を含せ AC 間 0.50 オーム, BC 間 0.75 オームとす。

(大正 12 年 3 種一般 1)

第 17 圖



〔解〕 A より C に向ふ電流を i アムペアとせば B より C に向ふ電流は $(10-i)$ アムペアにして, C に於ける電壓降下は兩側に於て相等し。即ち $0.50i = 0.75(10-i)$

$$\therefore i = \frac{0.75 \times 10}{0.50 + 0.75} = \frac{7.5}{1.25} = 6 \text{ アムペア}$$

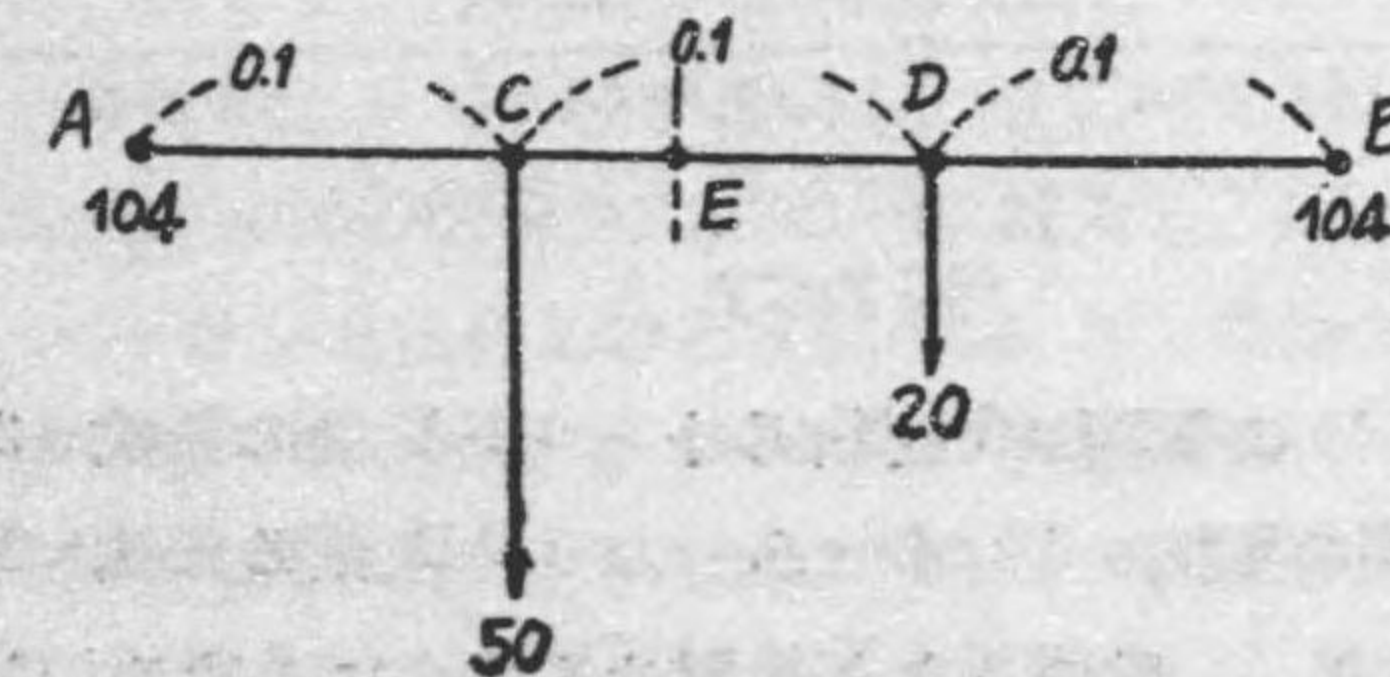
従つて $0.50i = 0.50 \times 6 = 3$ ヴォルト

故に求むる端子電壓は $102 - 3 = 99$ ヴォルト

(10) 圖の如く A, B 兩端より 104 ヴォルトを以て饋電せらるゝ直流二線式配電幹線あり, C 點及 D 點の負荷は夫々 50 アムペア及 20 アムペアにして AC, CD 及 DB 間の饋電線の抵抗は何れも往復線を含して 0.1 オームなり。今此幹線が CD 間の一點 E に於て切断するときは C 及 D 點に於ける電壓は如何に變化するか。

(大正 11 年 3 種 2)

第 18 圖



〔解〕 E 點に於て斷線せる場合には

$$C \text{ 點の電壓は } 104 - 0.1 \times 50 = 99 \text{ ヴォルト}$$

$$D \text{ 點の電壓は } 104 - 0.1 \times 20 = 102 \text{ ヴォルト}$$

次に斷線なき場合、D 點より C 點に向ふ電流を i アムペアとせば、AC 間の電流は $50 - i$ アムペアにして、BD 間の電流は $20 + i$ アムペアとなる。因つて C 點に於ける電壓降下につき次の關係あり。

$$0.1 \times (50 - i) = 0.1 \times (20 + i) + 0.1 \times i$$

$$\therefore 50 - i = 20 + 2i \quad \therefore 3i = 30$$

$$\therefore i = 10 \text{ アムペア}$$

之れより C 點及び D 點に於ける電壓を求むれば

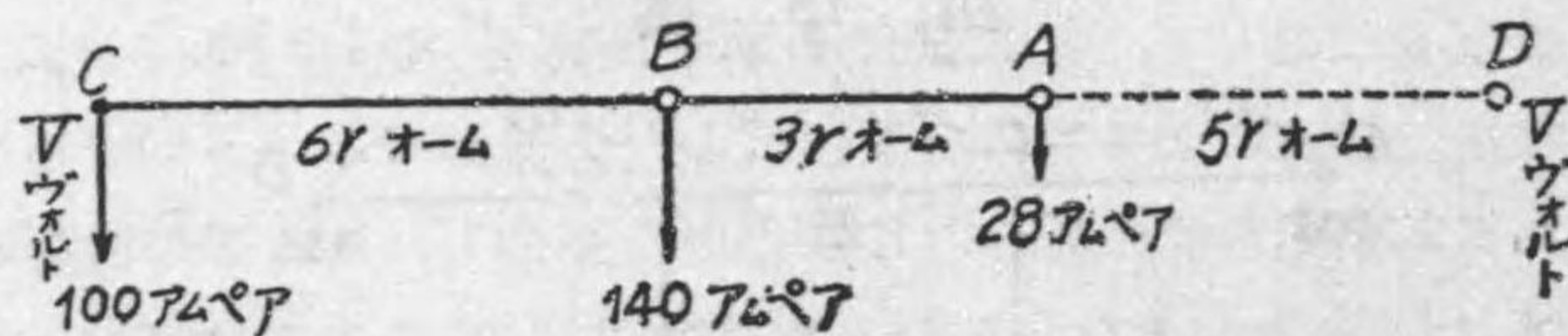
$$C \text{ 點に於ては } 104 - 0.1 \times (50 - 10) = 100 \text{ ヴォルト}$$

$$D \text{ 點に於ては } 104 - 0.1 \times (20 + 10) = 101 \text{ ヴォルト}$$

即ち斷線により C 點に於ては $100 - 99 = 1$ ヴォルトの降下あり、D 點に於ては $102 - 101 = 1$ ヴォルトの上昇あることを知る。

(11) 下圖實線 CA にて示せる如き直流二線式配電線路及數字にて示せる負荷に於て新なる饋電點 D より點線にて示せる電線 DA を増設するときは A 點に於ける電壓に如何なる變化を與ふるや之れを算出せよ。但し C は初めの場合に於ける饋電點とし、C 及 D は第二の場合に於ける饋電點とす。(大正 3 年 4 級 1)

第 19 圖



$$C \text{ 及 } D \text{ の電壓} = V \text{ ヴォルト} \quad BA \text{ 間の抵抗} = 3r \text{ オーム}$$

$$CB \text{ 間の抵抗} = 6r \text{ オーム} \quad AD \text{ 間の抵抗} = 5r \text{ オーム}$$

〔解〕 (イ) C 點のみより饋電せる場合に於ける CA 間の電

壓降下は

$$v = (140 + 28)6r + 28 \times 3r = 1092r \text{ ヴォルト}$$

従つて A 點の電壓は

$$V_A = V - v = V - 1092r \text{ ヴォルト}$$

(ロ) 次に饋電點を C 及 D とするときは D より供給する電流は

$$I = \frac{140 \times 6r + 28 \times (6 + 3)r}{(6 + 3 + 5)r} = \frac{1092}{14} = 78 \text{ アムペア}$$

故に此の場合の DA 間の電壓降下は

$$v = 78 \times 5r = 390r \text{ ヴォルト}$$

従つて A 點の電壓は

$$V_A = V - v = V - 390r \text{ ヴォルト}$$

即ち第二の場合には第一の場合に比し電壓の降下は

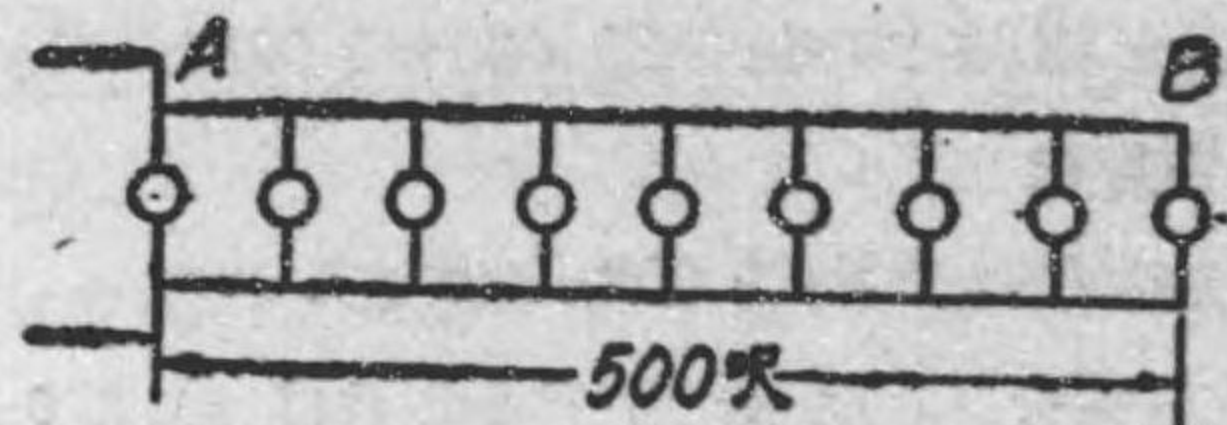
$$\frac{390}{1092} = \frac{1}{2.84}$$

即ち約 $\frac{1}{3}$ に減少す。

(12) 下圖の如く AB 間に一幹線を設け A を饋電點とし、AB 間に一定の間隔を以つて同一燭光の白熱燈を數十個點火せしめ、A 端に於ける端子電壓を 100 ヴォルト、AB 間の降下電壓を其 4 パーセントに保たしむるときは AB 間の距離は 500 呎なりと云ふ。今使用電壓を二倍して、A に於ける端子電壓を 200 ヴォルトとなし、同一太さの電線によりて幹線を延長し、各電球は燭力を變ずることなくして其間隔を前の場合の二分の一に減少し、AB 間の電壓降下は依然 4 パーセントならしむるときは幹線 AB の長さは何呎となし得るか、但し各の場合に於て AB 間の各電球は同一能率のものとし、且つ電流計算には幹線内電壓降下を考へざるものとす。

(大正 6 年 4 級一般理論 2)

第 20 圖



〔解〕 改造以前に於ては B 點の電壓降下は
 $100 \times 0.04 = 2il\rho + 4il\rho + \dots + 2nil\rho$
 $= il\rho n(n+1) \dots \dots \dots (1)$

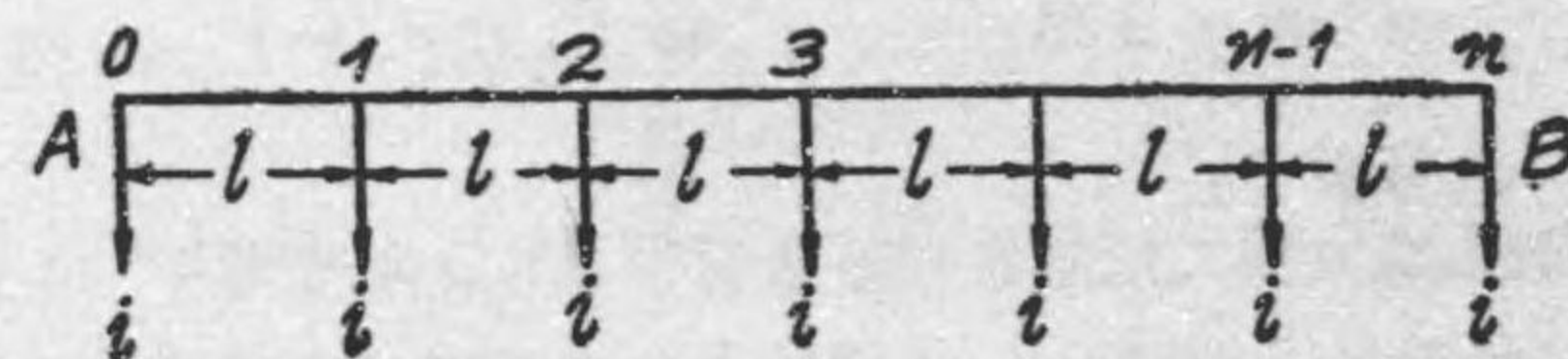
但し $i =$ 各電球の電流アムペア (題意により一様)

$l = \frac{500}{n} =$ 各電球間の間隔

$\rho =$ 電線 1 呎の抵抗オーム

$(n+1) =$ 電燈の總數

第 21 圖



改造後に於ては題意により、

各電球の電流 $= \frac{i}{2}$

電球間の間隔 $= \frac{l}{2}$

故に電球の總數を $(m+1)$ とすれば、B 點に於ける電壓降下は

$200 \times 0.04 = \frac{i}{2} \times \frac{l}{2} \times \rho m(m+1) \dots \dots \dots (2)$

(1)及(2)より $m(m+1) = 8n(n+1)$

然るに m 及 n は共に大なるを以つて

$m \doteq 2\sqrt{2}n$

故に改造後に於ける幹線の直長は

$$L = \frac{l}{2} \times m = \frac{500}{2n} \times 2\sqrt{2}n$$

$$= 500\sqrt{2} = 707 \text{ 呎}$$

即ち幹線の長さは 707 呎になす事を得べし。

第五章 三線式並電線量比較

(1) 直流二線式と直流三線式とを比較せよ。

(明治 44 年 5 級 1)

〔解〕 使用電圧、送電電力、及電圧降下の割合同一なる場合に就て比較すれば、三線式に於ける使用外線の断面積は二線式の場合に比し $\frac{1}{4}$ にて足る。従つて中性線の太さを外線と同一のものとする時にも總使用銅線量は二線式の場合に比し約 62% の節約を行ひ得べく、中性線の太さを外線の $\frac{1}{2}$ とする時には約 69% の節約を行ひ得るの利あり。然れども二線式に於ては普通の發電機一個にて足るに反し、三線式にありては二個の發電機を用ふるか、三線式發電機を用ふるか或は他の特殊の設備を附加するの要あり、又配電盤其他之れに附屬する工事に於ても三線式の方複雑となるを免れず。尙三線式配電に於ては負荷の不平均を避くる爲めに負荷分配の上にも特別の注意を拂はざるべからず。

(2) 電圧 125 ヲルト出力 20 キロワットの直流分捲機一基を設備せる發電所より二線式にてビー・エス二零番(B.S. #00)線二條にて 800 尺の距離に配電せられ之に依りて點燈さるゝ某工場あり今其の工場の點燈を二倍に擴大する爲發電所に從來と同一の發電機を増設せんとするに當り單に配電線路のみを考へ最經濟的なる設計變更を求む。

(大正 4 年 5 級 1)

〔解〕 發電機二臺を直列に接続し、電線路には從來使用の B.S. #00 の $\frac{1}{2}$ の太さ即ち B.S. #2 の電線一條を添架し、之れを中性線とし直流三線式配電を行ふを最も經濟的なりとす。

配電電力 2 倍となれる代りに配電電圧 2 倍となれるを以つて、電線路の電圧降下の値は變化なく、従つて其の電圧降下の率は從來の

$\frac{1}{2}$ となるが故、此の場合各發電機の端子電圧は 125 ヲルトよりも低くし置く事を要す。

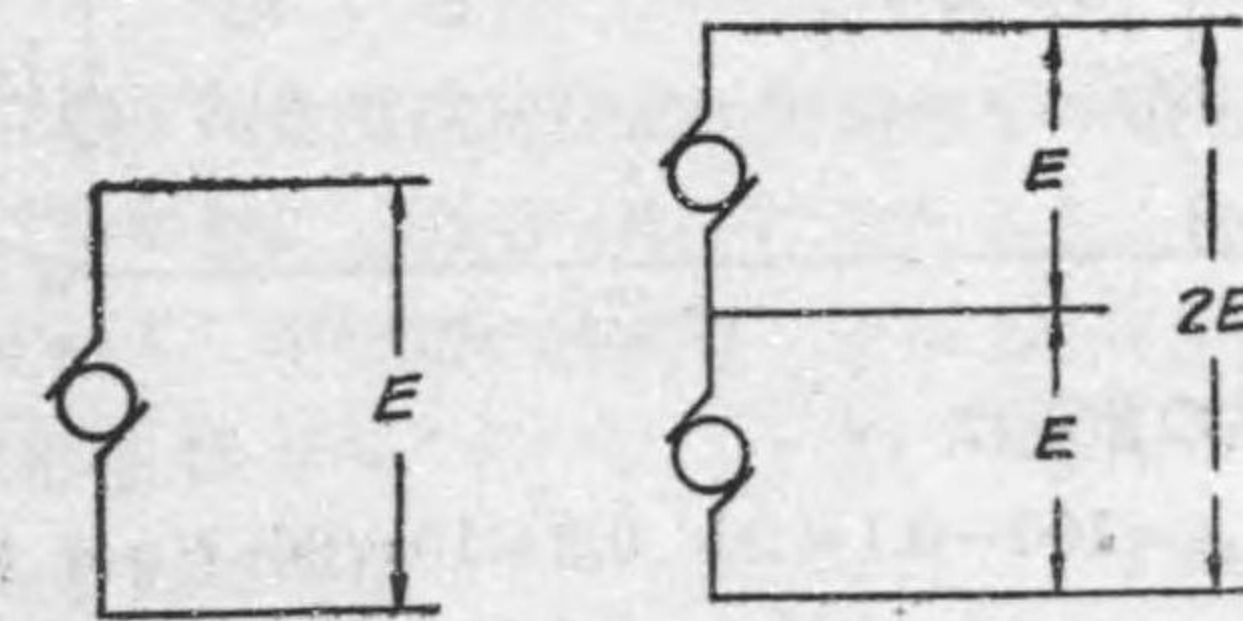
〔註〕 電線の太さが新規定で表はされ、又は線路の長さに多少の變更あるも、答案に變化なし。

(3) 相等しき線路損失にて一定の電力を同一の距離に配電するに要する銅の重量を、直流二線式及三線式に就きて比較せよ。但し三線式の場合に於ける中性線と各外線間の電圧は二線式に於ける線間電圧に等しとし中性線の太さは各外線の太さの二分の一とす。

(大正 9 年 5 級 1)

〔解〕 同一方式に依り一定電力を一定損失にて同一距離に配電するに要する電線量は、電圧の二乗に逆比例す。故に電圧 E なる二線式と電圧 $2E$ なる二線式とに於ては、前者の電線量 100% に對して後者の電線量は 25% にて可なり。次に電圧 $2E$ なる二線

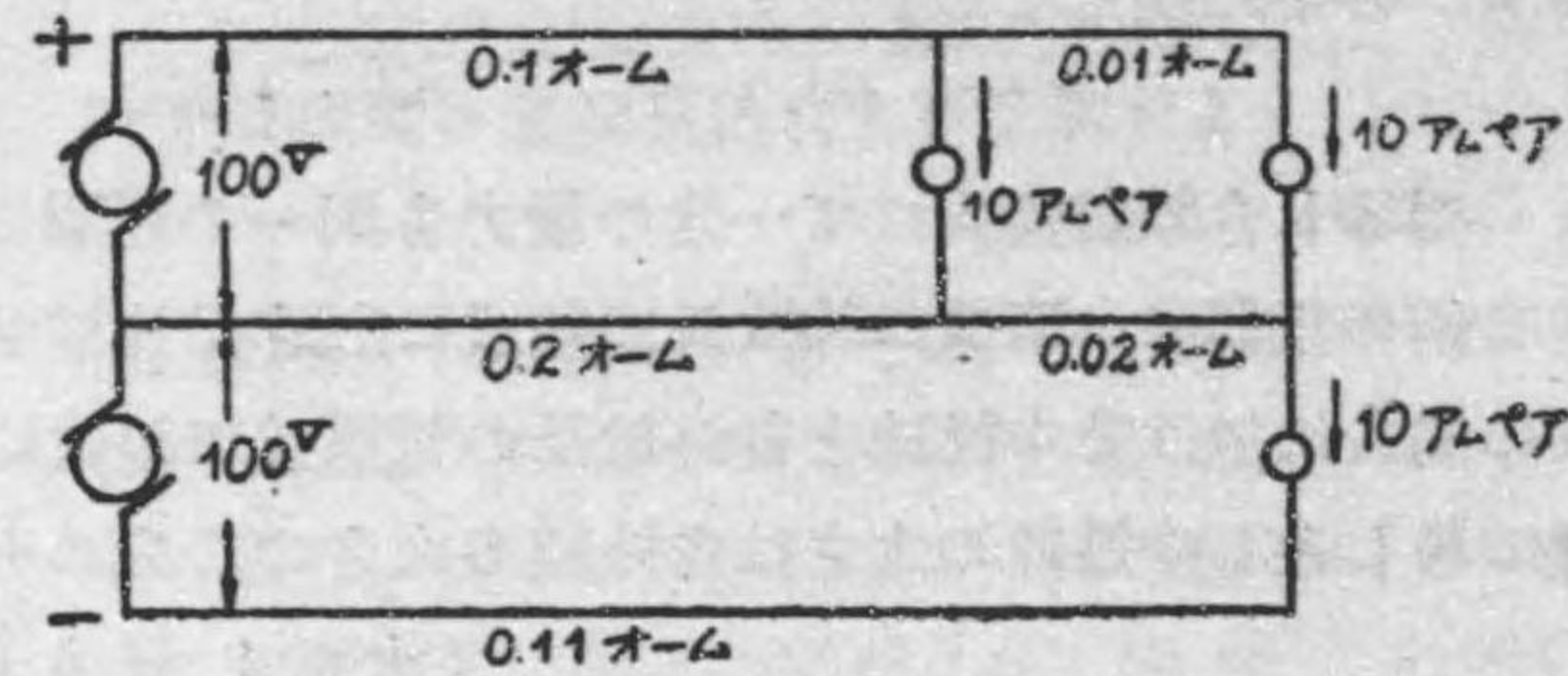
第 22 圖



式と外線間電圧 $2E$ (配電電圧 E) なる三線式とを比較すれば、後者は其の中性線丈多量の銅を要す。従つて中性線の太さを外線の太さの半分とすれば二線式の 100% に對して三線式(外線間電圧 $2E$) は 125% の電線を要す。故に電圧 E なる二線式と配電電圧 E (外線間電圧 $2E$) なる三線式(中性線の太さは外線の太さの半分)との電線の重量の比は、前者の 100% に對し後者は $25 \times 1.25 = 31.25$ % なり。

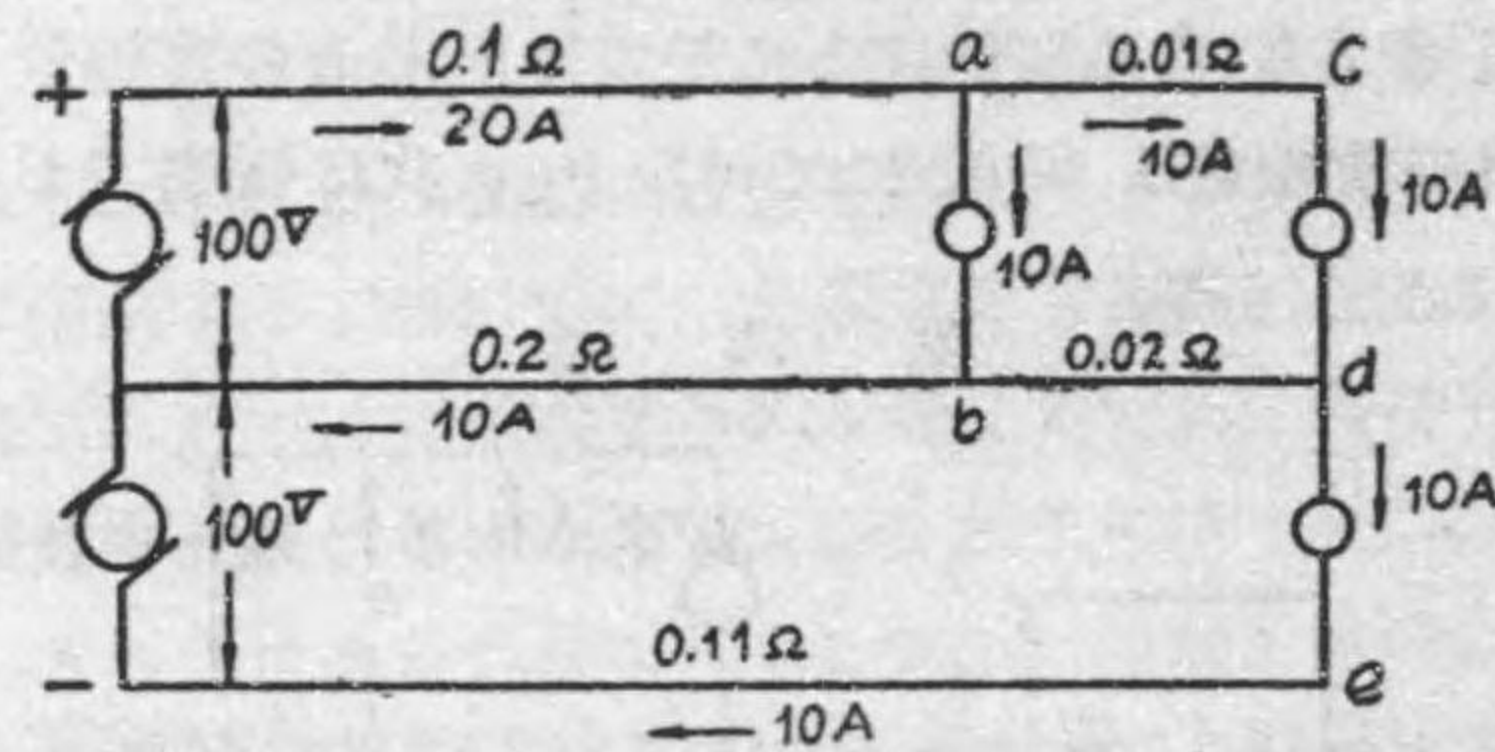
(4) 圖の如き直流三線式配電線路に於ける各負荷點の電壓を求む。
(大正2年5級2)

第23圖



〔解〕 此場合の電路各部分の電流は次の圖に示す如し。

第24圖



従つて各負荷點の電壓は

$$V_{ab} = 100 - 0.1 \times 20 - 0.2 \times 10 = 96 \text{ ヴォルト}$$

$$V_{cd} = 100 - 0.1 \times 20 - 0.01 \times 10 - 0.2 \times 10 = 95.9 \text{ ヴォルト}$$

$$V_{de} = 100 + 0.2 \times 10 - 0.11 \times 10 = 100.9 \text{ ヴォルト}$$

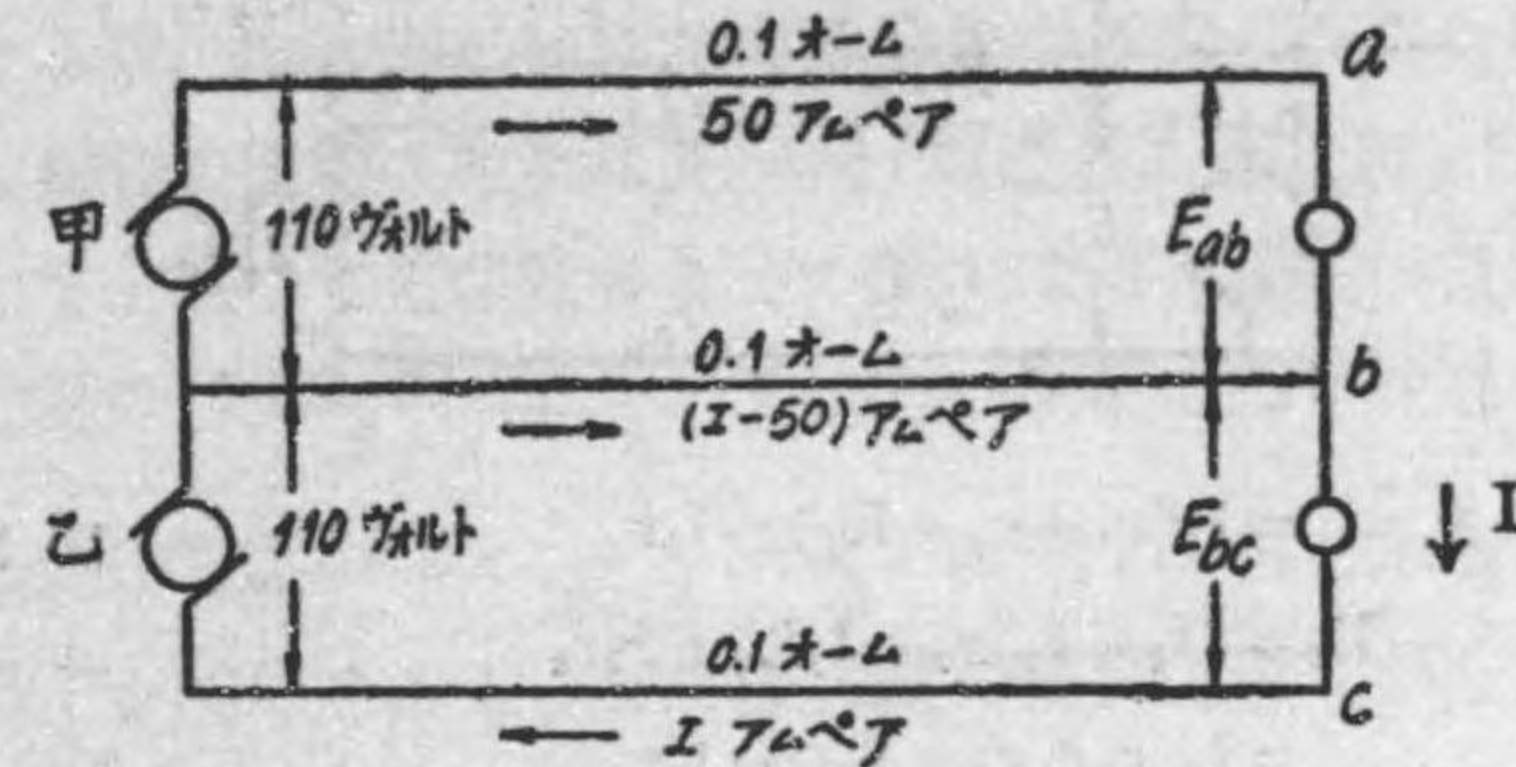
(5) 直流三線式に於て各發電機の端子電壓 110 ヴォルト, 各送電線の抵抗 0.1 オーム, 一方の發電機より供給する電流を 50 アムペアとす。今他方の發電機を受電端電壓を 110 ヴォルト以下たらしめんには其電流 (I) を如何なる値に保持すべきや。

(明治44年臨時5級8)

〔解〕 電流 I アムペアを供給せる方の發電機を受電端電壓 E_{bc} は

$$E_{bc} = 110 - 0.1(I - 50) - 0.1I$$

第25圖



故に此の電壓を 110 ヴォルト以下たらしむる爲めには

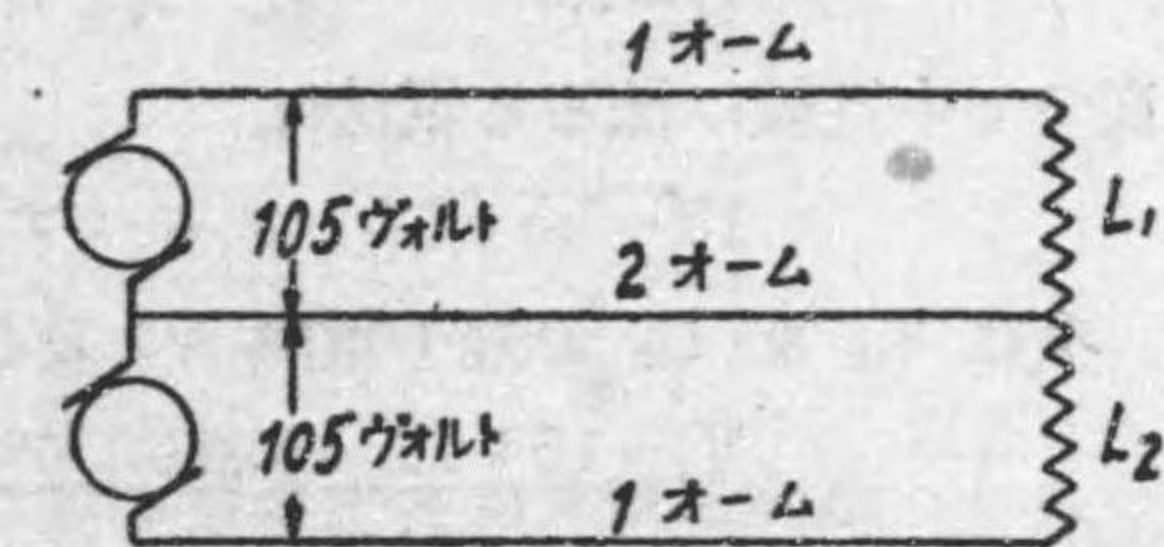
$$110 - 0.1(I - 50) - 0.1I < 110$$

$$I > 25$$

即ち E_{bc} を 110 ヴォルト以下に保つ爲めには I は 25 アムペア以上ならざるべからず。

(6) 圖に示す如き直流三線式配電線あり外線と中性線との間の電壓は電源に於て常に 105 ヴォルトに保たるるものとす, 今兩外線の抵抗を 1 オーム, 中性線の抵抗を 2 オームとし接続せる負荷 L_1, L_2 の抵抗を各 15 オーム及 5 オームとすれば各負荷の端子電壓並に各線の電流如何。

第26圖

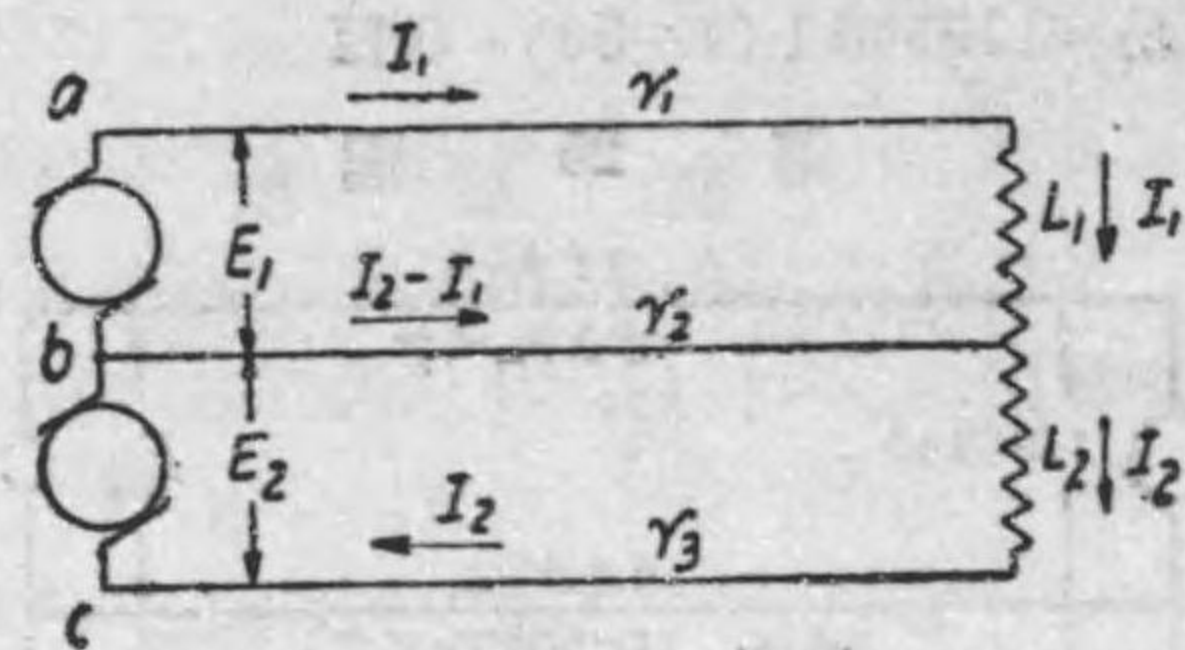


(昭和3年3種一般2)

〔解〕 負荷 L_1, L_2 に流るる電流を I_1, I_2 とし且その方向を第27圖の如く假定すれば三線に流るる電流の方向は圖の如くなる。今 aL_1 ba 及 bL_2 cb 間にキルヒホッフの法則を適用すれば

$$E_1 = I_1(r_1 + L_1) - (I_2 - I_1)r_2$$

第 27 圖



$$E_1 = I_1(r_1 + r_2 + L_1) - I_2 r_2$$

$$E_2 = (I_2 - I_1)r_2 + I_2 L_2 + I_2 r_3$$

$$= I_2(r_2 + r_3 + L_2) - I_1 r_2$$

この式に與へられたる數値を代入すれば

$$105 = 18 I_1 - I_2 \dots\dots\dots (1)$$

$$105 = 8 I_2 - 2 I_1 \dots\dots\dots (2)$$

(1)及び(2)式より

$$18 I_1 - 2 I_2 = 8 I_2 - 2 I_1$$

$$20 I_1 = 10 I_2$$

$$\therefore 2 I_1 = I_2 \dots\dots\dots (3)$$

これを(1)式に代入して

$$105 = 18 I_1 - 4 I_1$$

$$\therefore I_1 = 7.5 \quad \text{且} \quad I_2 = 15$$

従つて中性線に流るる電流は

$$15 - 7.5 = 7.5 \text{ アムペア}$$

次に L_1 及 L_2 の端子電壓 V_1 及び V_2 は

$$V_1 = 15 \times 7.5 = 112.5 \text{ ヴォルト}$$

$$V_2 = 5 \times 15 = 75 \text{ ヴォルト}$$

(7) 一變電所より直流三線式若くは交流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れに挿入する電燈數が 3 : 2 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。

(大正 2 年 4 級一般 2)

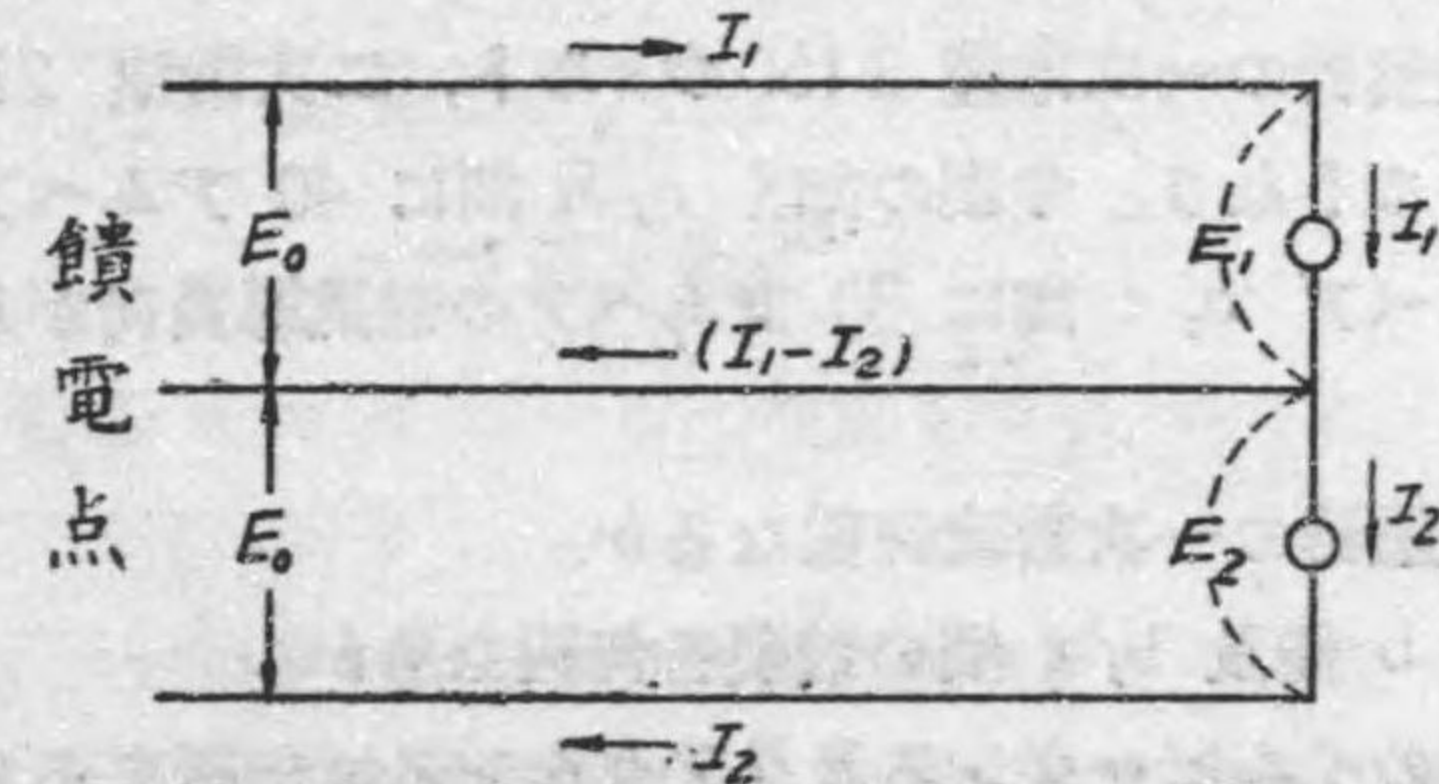
[解] 直列に接続されたる二抵抗内の電壓降下は抵抗に正比例するものなる故、中性線が切斷して兩部分の電燈が直列に接続されるに至りし場合の電壓は抵抗に正比例(電燈數に逆比例)して 2 : 3 の割合をなす。依つて電燈數多き方の電壓は兩外線間の電壓の $\frac{2}{2+3}$ 即ち規定電壓の $2 \times \frac{2}{2+3} = \frac{4}{5}$ 又他方の電壓は兩外線間の電壓の $\frac{3}{2+3}$ 即ち規定電壓の $2 \times \frac{3}{2+3} = \frac{6}{5}$ に變ず。但し本計算は電線路の電壓降下を閉却せるものなれば大略の値を示すものなり。

(8) 直流若くは交流單相三線式配電線路に於て、其の兩側の負荷に甚だしき不平衡を起す場合は一側の電壓が規定電壓以上に昇ることあり、其の理由を説明せよ。但し中性線は切斷することなきものとす。
(大正 10 年 3 種 2)

[解] 直流若しくは單相三線式配電線路に於て兩側の負荷が平衡せるときには、中性線には電流通せず。従つて中性線中の電壓降下は兩側何れの回路に對しても零なり。

然るに負荷が不平衡を生じ $I_1 > I_2$ となるときには、中性線には電流 $(I_1 - I_2)$ を通ずること圖に示す如し。而して

第 28 圖



此中性線の電流は I_1 とは同一方向なれども、 I_2 に對しては反對方

向なり。従つて中性線の電壓降下は I_1 の回路に対しては +, I_2 の回路に対しては - となる。

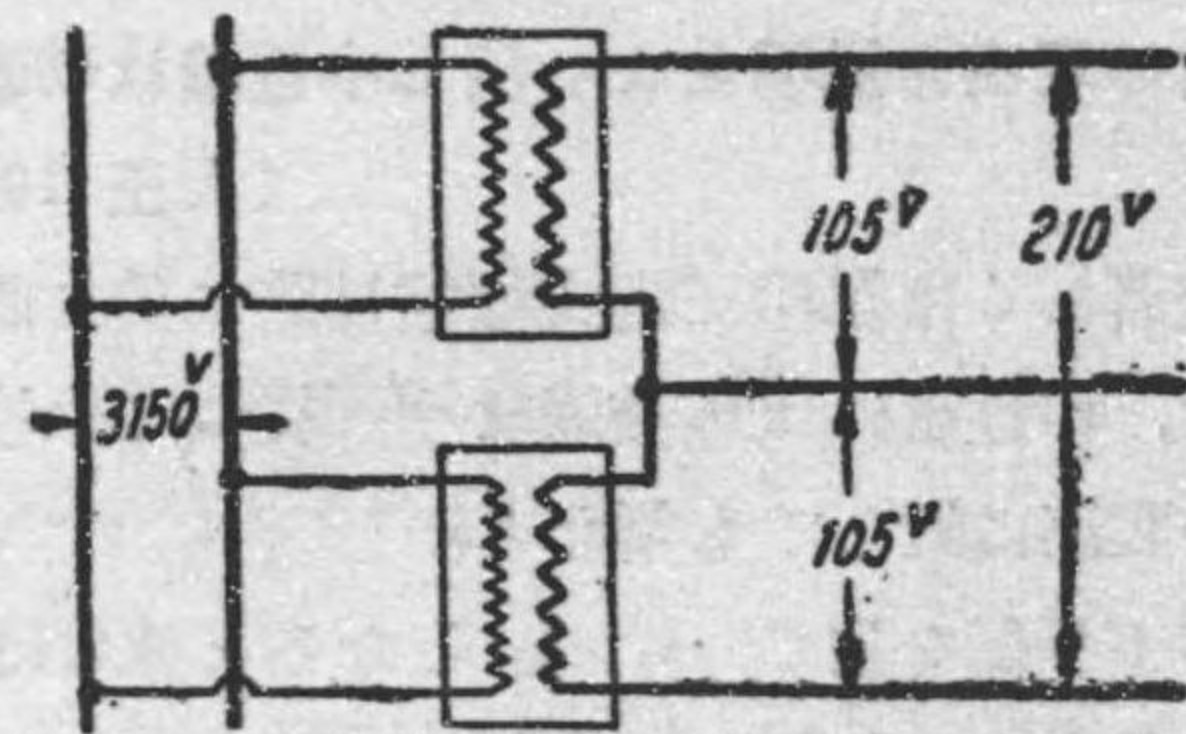
故に $(I_1 - I_2)$ が零より大なる場合 (即不平衡の場合) には I_2 側の負荷點電壓 E_2 は, 平衡負荷状態 (此の場合中性線の電壓降下零) に於ける負荷點電壓よりも反つて上昇すること有り得る理なり。

(9) 一次電壓 3150 ヴォルト, 二次電壓 105 ヴォルト単相式變壓器 2 個を使用し, 單相二線式 3150 ヴォルト電源より受電し單相三線式外線間電壓 210 ヴォルトにて配電する接続方法を示せ。

(大正 5 年 5 級 3)

[解] 圖に示す如く一次側は並列に, 二次側は直列に接続す。

第 29 圖



(10) 圖の如き單相三線式配電線路あり。電線一條の抵抗 0.1 オーム, 變壓器の一次電壓 3150 ヴォルト, 二次電壓 210 ヴォルト及 105 ヴォルトなり。今圖の如く a, b 間に 40 アムペア b, c 間に 60 アムペア a, c 間に 30 アムペアの無誘導負荷が加へられたるとき

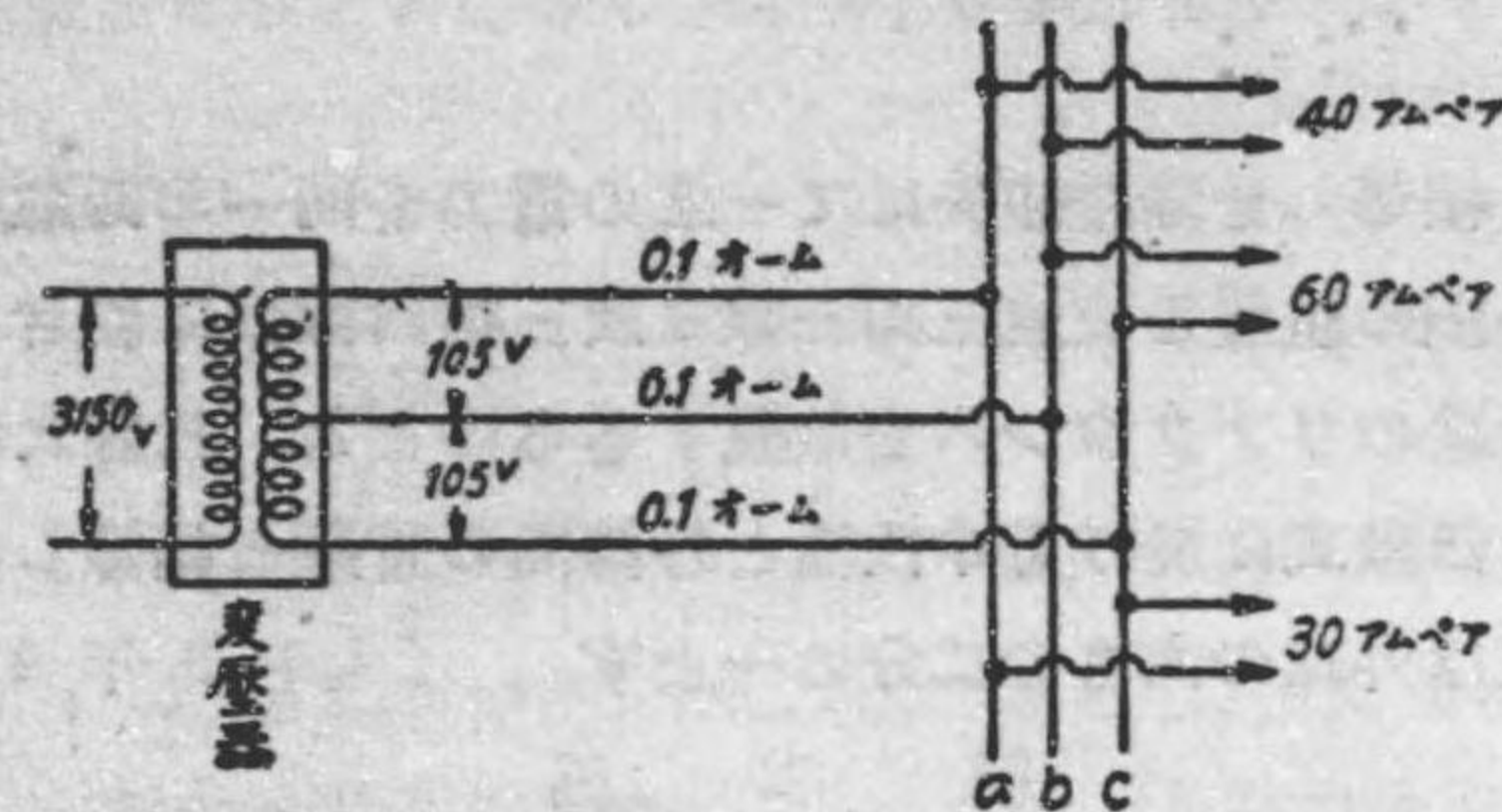
(イ) 變壓器の一次電流何程なるか。

(ロ) a, b 間及 b, c 間の電壓各何程なるか。

但し變壓器のイムビダンス及リアクタンスは無視するものとす。

(大正 15 年 3 種 1)

第 30 圖



[解] 悉く無誘導負荷なる故, 負荷電流は代數的に加へ合せ得べし。即ち本問題を簡単にすれば第 31 圖の如きものとなる。依つて同圖に就き解答すれば次の如し。

(イ) 變壓器のイムビダンス及線路のリアクタンスを無視すれば一次電力は二次電力に等しからざる可からず (但し無負荷電流は無視するものとす)。今求むる一次電流を I とすれば

$$3150 \times I = 105 \times 70 + 105 \times 90$$

$$\therefore I = \frac{105(70+90)}{3150}$$

$$= 5.33 \text{ アムペア}$$

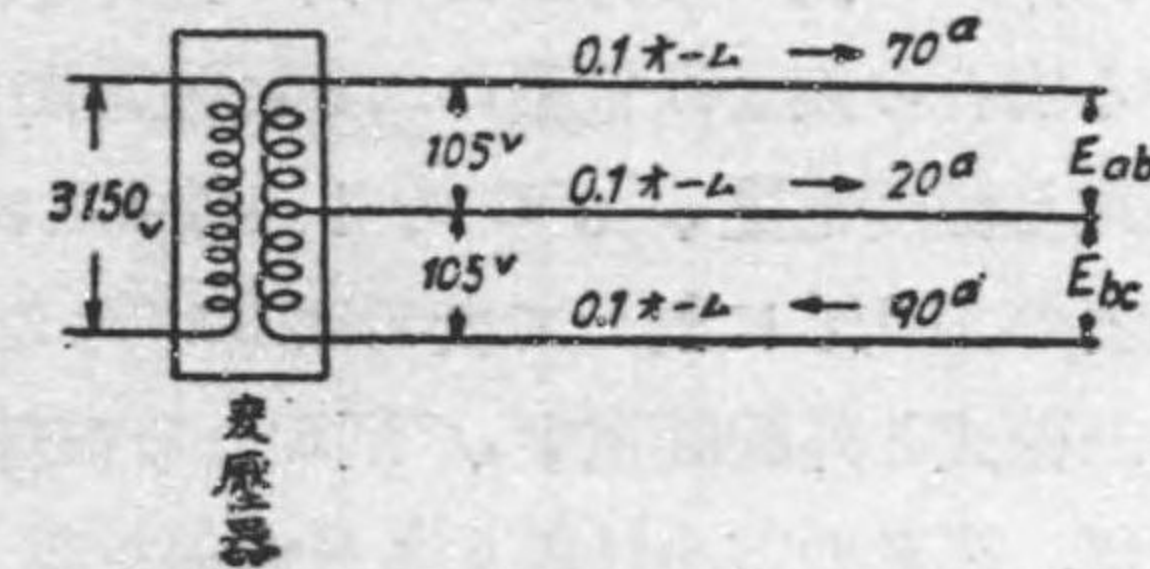
(ロ) 求むる a, b 及 b, c 間の電壓を E_{ab} , E_{bc} とすれば, キルヒホッフ第二法則に依り

$$105 = 0.1 \times 70 + E_{ab} - 0.1 \times 20$$

$$\therefore E_{ab} = 100 \text{ ヴォルト}$$

又同様に

第 31 圖

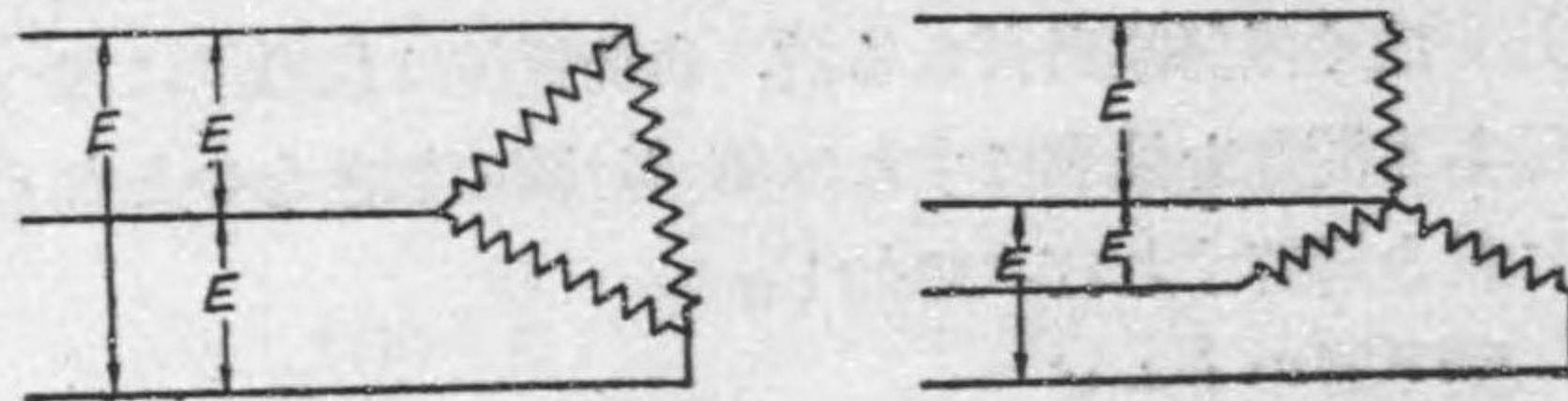


$$105 = 0.1 \times 20 + E_{bc} + 0.1 \times 90$$

$$\therefore E_{bc} = 94 \text{ ヴォルト}$$

(11) 相等しき線路損失にて一定の電力を同一の距離に配電するに要する銅の重量を交流三相三線式及三相四線式に就きて比較せよ。但し線路のリアクタンスを無視するものとし、三線式に於ける線間電圧と四線式に於ける中性線と外線間の電圧と相等しとし、中性線の太さは外線の太さの二分の一とす。(大正9年4級1)

第 32 圖



〔解〕 同一の方式にて同一電力を同一損失にて同一距離に配電する場合の銅量は電圧の二乗に逆比例す。故に線間電圧 E なる三線式と線間電圧 $\sqrt{3}E$ なる三線式とに於ける銅量を比較すれば、前者の100%に對して後者は33.3%なり。次に線間電圧 $\sqrt{3}E$ なる三線式と外線間電圧 $\sqrt{3}E$ なる四線式(配電電圧 E)とを比較すれば、後者の方中性線丈多量の銅を要す。若し中性線の断面が外線断面の半分ならば、前者の100%に對して $100 + \frac{1}{2} \times \frac{100}{3} = 116.7$ %の銅を要す。故に線間電圧 E なる三線式と、配電電圧 E なる四線式とに於ては、前者の100%に對して後者は $116.7 \times .333 = 38.9$ %の銅量にて可なり。

(12) 下記の兩配電方式に就き所要電線量を計算し、之を比較せよ。但し中性線の切斷面積は外線の半分と假定す。

(大正6年4級2)

- (イ) 單相三線式
(ロ) 三相四線式

(13) 配電幹線 (distributing mains) に於て下の方式に就き所要電線量を比較せよ。但し(イ)(ロ)に就ては其計算を示すべし。

(明治44年4級3)

- (イ) 單相二線式 (ロ) 單相三線式
(ハ) 三相三線式 (ニ) 三相四線式

〔解〕 W = 負荷電力, ワット
 E = 使用電壓, ヴォルト
 p = 電壓降下の百分率
 I = 線路電流, アムペア
 $\cos \phi$ = 負荷の力率
 R = 電線一條の抵抗, オーム
 L = 送電距離
 A = 電線の切斷面積
 ρ = 電線單位斷面積, 單位長の抵抗, オーム

とすれば

(イ) 單相二線式

$$100 p = \frac{2 I R \cos \phi}{E}$$

$$= \frac{2 W R}{E^2} = \frac{2 W L \rho}{E^2 A}$$

$$A = \frac{2 W L \rho}{100 p E^2}$$

$$\therefore \text{所要電線量} = 2 A L = \frac{4 W L^2 \rho}{100 p E^2}$$

(ロ) 單相三線式 此の場合には

$$I \cos \phi = \frac{W}{2 E}, \quad 100 p = \frac{I R \cos \phi}{E}$$

$$\text{従つて} \quad A = \frac{W L \rho}{200 p E^2}$$

故に中性線の太さを外線の $\frac{1}{n}$ とすれば

$$\text{所要電線量} = \left(2 + \frac{1}{n}\right) A L$$

$$= \frac{\left(2 + \frac{1}{n}\right) W L^2 \rho}{200 p E^2}$$

若し中性線が外線の $\frac{1}{2}$ の面積なる時は

$$V = \frac{2.5 W L^2 \rho}{200 p E^2}$$

(ハ) 三相三線式 此の場合には

$$I \cos \phi = \frac{W}{\sqrt{3} E}, \quad 100 p = \frac{\sqrt{3} I R \cos \phi}{E}$$

$$\therefore 100 p = \frac{W L \rho}{E^2 A}$$

$$A = \frac{W L \rho}{100 p E^2}$$

$$\text{所要電線量} = 3 A L = \frac{3 W L^2 \rho}{100 p E^2}$$

(ニ) 三相四線式 此の場合には

$$I \cos \phi = \frac{W}{3 E}, \quad 100 p = \frac{I R \cos \phi}{E}$$

$$\therefore 100 p = \frac{W R}{3 E^2}$$

$$= \frac{W L \rho}{3 E^2 A}$$

$$A = \frac{W L \rho}{300 p E^2}$$

中性線の太さを外線の $\frac{1}{n}$ とすれば

$$\text{所要電線量} = \left(3 + \frac{1}{n}\right) A L = \frac{\left(3 + \frac{1}{n}\right) W L^2 \rho}{300 p E^2}$$

もし中性線の太さが外線の半分なる時には

$$\text{所要電線量} = \frac{3.5 W L^2 \rho}{300 r E^2}$$

以上の結果より中性線の太さを外線の半分として、各の場合の使用電線量を比較すれば

単相二線式 : 単相三線式 : 三相三線式 : 三相四線式

$$4 : \frac{2.5}{2} : 3 : \frac{3.5}{3}$$

$$100 : 31.3 : 75 : 29.1$$

第六章 配電線路設計

(1) 架空電線路のインダクタンスを決定する諸量を列挙せよ。
(大正5年5級一般理論4)

- [解] 1) 電線路の長さ 2) 電線相互間の距離
3) 電線の太さ 4) 電線の導磁率

【註】 電線相互間の距離とは、假に ABC の三線があれば AB 間、BC 間及 CA 間の距離と云ふ意味なり。大地を歸線とする場合には地上よりの電線の高さ及び地表の状態即ち軌道、鐵管等の有無形状などが関係するものなるが、五級の答案としては是等の事は要求し居らざるべし。

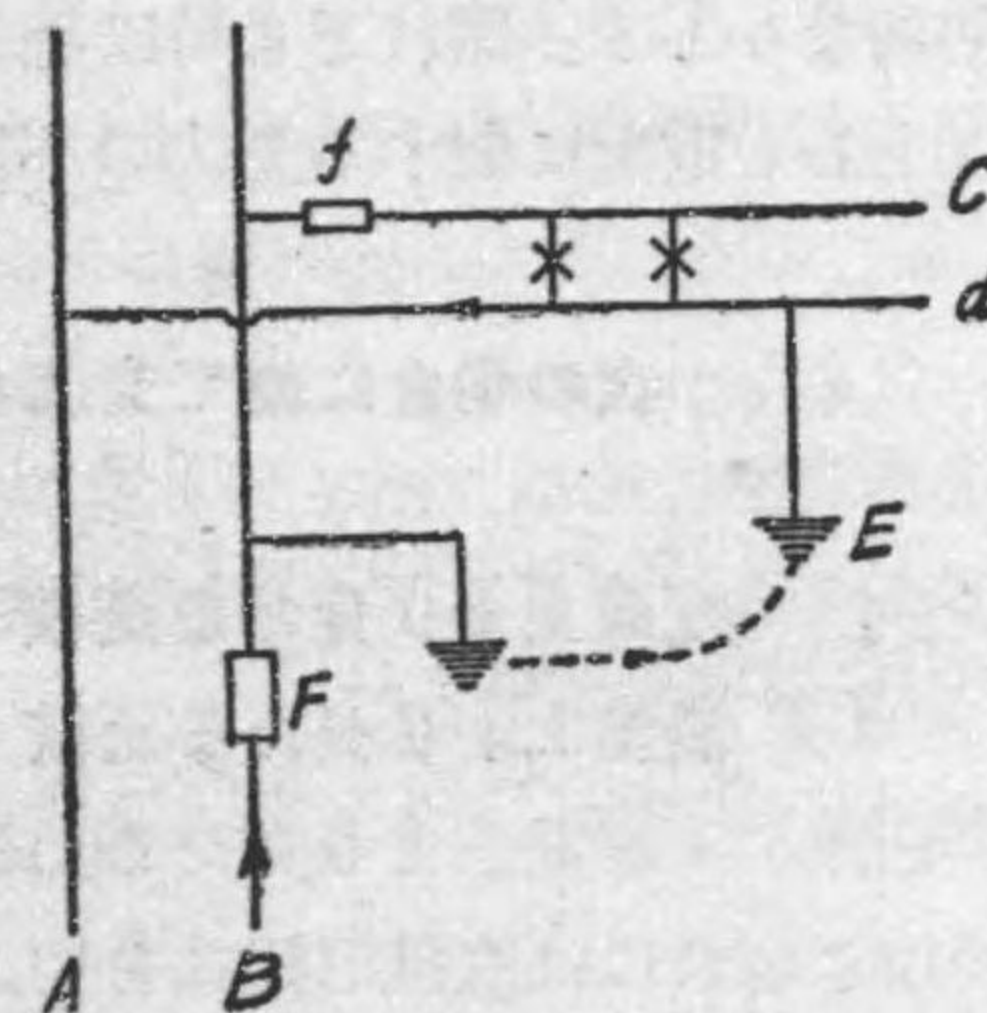
(2) 単相二線式二次配電線路に於て双極の代りに單極にのみ可熔遮斷器を設置するとき双極に比し危険を醸し易し。其理由を説明せよ。
(大正3年4級2)

[解] 圖の如く單極にのみ可熔遮斷器 f を設置する時は、幹線 B 及び分岐線 d に地氣を生じた

第 3.3 圖

場合 d 線には大なる電流通じ火災を生ずるの虞れあり。然るに d 線にも可熔遮斷器を設置するときには、直に其の電流を遮斷するを以て斯かる危険を生ずるの虞れなし。

F は cd の電流と幹線の電流の總計に對して設くるを以て d 線を通る漏洩電流が相當の大さとなるも、他の部分の電流大ならざれば



遮断せず。従つて d に可熔片を設くる場合に比し危険なり。

(3) 電燈及電動機に配電する場合に於て幹線引込線及屋内線の電壓降下は下の場合に於て幾パーセントに採るべきや。

(明治 44 年 5 級 2)

- (イ) 電燈のみに配電する場合
- (ロ) 電動機のみに配電する場合
- (ハ) 電燈と電動機と同時に配電する場合

〔解〕 電壓降下の割合は幹線及引込線に於ては經營者の財政に大なる關係を有するものなり。又屋内線の電壓降下の割合は需要家の生活程度の如何により大に異なるものなり。又幹線の大小、引込線屋内線の長短によりても多少異なるべきは勿論なり。

電燈のみの場合なれば幹線に於て普通 2 パーセント乃至 5 パーセント、引込線に於ては 0.5 乃至 1 パーセント、屋内線に於ては最大 1 パーセントとす。電動機のみの場合には幹線に於て 3 パーセント以上 10 パーセント位にても差支なく、引込線に於ては先づ前項と同様に可なるべく、屋内線に於ては 5 パーセントを限度とす。電燈及電動機に配電する場合には幹線に於ては電燈のみの場合に準ずるを可とすべく、引込線及屋内線に於ては前記各の場合に準ずる事勿論なりとす。然れども時に應じては幹線に於ける電壓降下を之れ以上とし電燈に對する光力の不同を忍ぶ事あり。

(4) 次の場合に就て交流と直流とを比較せよ。

(明治 44 年 5 級 3)

- (イ) 配電上より見たる比較
- (ロ) 需要上より見たる比較

〔解〕 配電上より見たる比較 供給電力極めて少きか配電距離の短き場合には直流三線式を用ふるの有利なる事あれども、普通の場合に於ては直流にては高壓を得難き故自然電流大となり、配電幹

線及饋電線に要する銅量大となるの不利あり。然るに交流にては容易に高壓を得らるべく、従つて使用電線は細小なるものにて足るを以つて、絶縁其の高壓に對する設備費の増加及び柱上變壓器に要する費用を考慮するも直流式に比し遙に經濟的なり。

交流配電にあつては電壓調整機によりて容易に且つ經濟的に饋電電壓を調整し得るの便あるに反し、直流式にありては饋電線内に抵抗を挿入するか或は加減壓發電機を使用せざるべからざるを以つて電壓調整の爲めに比較的大なる電力を損失する事を免れず。

直流式配電にあつては變電所に蓄電池を備ふる事によつて配電の安定を得らるゝを以つて、大都市に於ける商業區域等の配電に適するも、交流式にあつては此の便なし。

需要上より見たる比較 直流電動機は交流電動機に比して値高價にして且つ取扱も直流電動機の方困難なるを一般とするを以つて、一般動力用としては交流式の方を可とす。然れども負荷の種類に依りては例へば捲揚機用、ローリングミル用等の如く可變速度を必要とし且つ起動廻轉力の甚だ大なる事を必要とするものにあつては、直流式を可とす。又電氣分解用電源としては交流は用ふる事能はず。

電燈の場合に就て比較すれば、白熱燈にあつては甚だしき低周波交流を除けば兩者殆ど優劣なきも、弧光燈に於ては直流式の方が効率良好にして安定度大なるの利あり。尙マグネタイト弧光燈、水銀蒸氣弧光燈の如きは特種の裝置を附加するに非ざれば、交流回路に使用する事能はざるものなり。

(5) 大都市の中心に於て負荷の集合せる所には直流配電法を用ひ市の中心より離れたる所には交流配電法を用ふるを可とする理由の主なるものを述べよ。 (大正 4 年 4 級口述 3)

〔解〕 配電方式を決定すべき要件中主なるものは配電線路の經濟と配電の安定なり。

大都市の中央負荷の集合せる地に於ては配電の安定は最も必要に

して、此の爲めには多少の不経済は忍ばざるべからず。之れ斯の如き場合に豫備電源として蓄電池を使用し得る直流配電法を採用する事ある理由なり。

然るに市の中心より離れて負荷のそれ程集合せざる地に於ては、配電線の費用は他の諸費用に比して決して小類ならず。此の費用を節すると否とは全體の経済に大なる影響を及ぼすを以つて、斯の如き場合には最も経済的なる交流高壓配電法を採用すべきものとす。

(6) 交流式に於て電燈幹線と電力幹線とに就き設計上相違の二點を列記せよ。 (大正3年5級1)

〔解〕 配電幹線の設計に於て第一の相違點は配電方式にして、高壓線に於ては兩者共に三相三線式を有利なりとす。低壓幹線に於ては動力用幹線には三相三線式最も有利なり。電燈用幹線には三相四線式、之れについて単相三線式最有利なり。然れども負荷の平衡を得る事單相三線式の方容易なるを以つて低壓電燈幹線には單相三線式を用ふるを最も普通とす。

第二の相違は許容電壓調整の異なる點なり。元來電燈は常に一定燭光従つて一定の電壓に保たるべきものにして、若し其の配電系統の電壓變動率過大なる時には、最大負荷の時即ち吾人の燈火を要する事大なる時刻に於て暗く、夜半の輕負荷の時に於て明く、又は場所によつて燭光を異にする事あり、照明上の不利は勿論電球の壽命にも影響する事至大なり。故に電燈幹線を設計する場合には電壓變動率に重きを置き、之れが爲めには導線の經濟を或る程度迄犠牲とするの要あり。然るに電動機に於ては電壓變動の爲めに受くる影響は電燈に於ける程甚だしからざるを以つて、電壓變動率よりも寧ろ經濟を主とすべきものとす。

(7) 某發電所あり、炭素線條 10 燭光白熱電燈 5,000 燈に供

給し、其の線路損失は 15 パーセントなりと言ふ。今上記白熱電燈全部を 16 燭光タングステン電球に取替へたりとせば、線路損失は何程となり、發電所の負荷は何程に減ずるか。

(大正6年5級一般應用3)

〔解〕 炭素線條の 10 燭光電燈は一個に付約 35 ワットを要し、16 燭光のタングステン電燈は一個に付約 20 ワットを要す。故に變更前には

$$\text{受電端の負荷} = \frac{35 \times 5000}{1000} = 175 \text{ kW.}$$

$$\text{線路損失} = 175 \times 0.15 = 26.3 \text{ kW.}$$

$$\text{發電所の負荷} = 175 + 26.3 = 201.3 \text{ kW.}$$

變更後には

$$\text{受電端の負荷} = \frac{20 \times 5000}{1000} = 100 \text{ kW.}$$

線路損失は同一電壓にては負荷電流、従つて負荷の二乗に比例すべきに依り

$$\text{線路損失} = 26.3 \times \left(\frac{100}{175}\right)^2 = 8.6 \text{ kW.}$$

$$\text{發電所の負荷} = 100 + 8.6 = 108.6 \text{ kW.}$$

故に變更後の線路損失は 8.6 kW にして、受電端の負荷に對し 8.6 % なり。又變更に依りて發電所出力を減ずること

$$201.3 - 108.6 = 92.7 \text{ kW.}$$

にして變更前の發電所出力の約 46% に相當す。

(8) 直流に依り配電する發電所を距る 6 町の所に於て炭素線條電燈 10 燭光 70 個、16 燭光 24 個及 1 馬力電動機一臺の需用を有する工場あり發電所の電壓 125 ヴォルトなる場合に於て工場に於ける電壓を 110 ヴォルトに保持し得べき電線を設計せよ。

(明治44年5級4)

〔解〕 10 燭光電球の所要ワット数を 35, 16 燭光電球の所要ワット数を 56 ワットと假定すれば, 電燈に要する総電力は

$$35 \times 70 + 56 \times 24 = 3794 \text{ ワット}$$

又電動機の能率を 78 パーセントと假定せば之れに約 960 ワットを要す。故に工場に送電すべき総電力 4754 ワット。従つて電圧 110 ヴォルトに對し供給電流は 43.2 アムペアとなる。故に配電線内電壓降下を $125 - 110 = 15$ ヴォルトとする爲めには其の抵抗は

$$\frac{15}{43.2} = 0.347 \text{ オーム}$$

となる。

1 町は 109.1 メートルなるを以つて電線の全長は $109.1 \times 6 \times 2 = 1309$ メートル, 従つて使用電線の抵抗は長さ 1 メートルに付き

$$\frac{0.317}{1309} = 2.65 \times 10^{-4} \text{ オーム}$$

然るに銅線の抵抗は常温に於て長さ 1 メートル, 切斷面積 1 平方ミリメートルに付約 $\frac{1}{55}$ オームなるを以つて所要銅線は其の斷面積が

$$\frac{1}{55} \div 2.65 \times 10^{-4} = 68.7 \text{ 平方ミリメートル}$$

のものを使用すれば可なり。

(9) 16 燭光炭素織條電球 200 燈に送電せる場合に於て受電點の電壓を 100 ヴォルトとせば其直流發電所の電壓は 108 ヴォルトを示せり。若し 4 馬力の直流電動機を受電點に接續して尙該點の電壓を 100 ヴォルトに保たんには發電所の電壓を如何にすべきや。

(大正 2 年 5 級 1)

〔解〕 100 ヴォルト, 16 燭光炭素織條電球は 1 燈に付約 0.5 アムペア 200 燈に對しては $0.5 \times 200 = 100$ アムペアを要す。而して此の電流に對する電線路の電壓降下は $108 - 100 = 8$ ヴォルトなり。

次に 4 馬力電動機を 100 ヴォルトにて運轉する際の電流を求めん

に今該電動機の能率を 85% とすれば電動機の入力は

$$\frac{4 \times 746}{0.85} = 3510 \text{ ワット}$$

従つて電圧 100 ヴォルトに對する電流は

$$\frac{3510}{100} = 35.1 \text{ アムペア}$$

依つて電球 200 燈と電動機とを負荷とし, 受電點の電壓を 100 ヴォルトとする場合の電流は 135 アムペアなり。而して同一電路の電壓降下は電流に正比例する故, 此の場合の電線路電壓降下は

$$8 \times \frac{135}{100} = 10.8 \text{ ヴォルト}$$

なり。依つて發電所に於ける電壓は約 111 ヴォルトに保つを要す。

(10) 某紡績會社に於て出力 120 キロワット電壓 220 ヴォルトの直流分捲發電機一臺を有する發電所を設置し發電所より 50 間を隔つる工場に直流二線式によりて送電す, 電線は B.S. # 0000 銅線にして現在の負荷は 30 キロワットなりと云ふ。工場に於ける電壓を 200 ヴォルトに保持せんには發電機の電壓を幾ヴォルトに調整するを適當とするや又將來に於て工場の負荷増加して發電機全負荷に達するも現在の電線路に何等の變更をなさずして工場の電壓を 200 ヴォルト以上に保持し得べきや。理由を附して答へよ。

B.S. # 0000 電線千尺の抵抗は 0.05 オームとして計算すべし。

(大正 1 年 5 級 3)

〔解〕 發電所より工場まで 50 間の距離を直流二線式にて送電する故に, 其の配電線各條の抵抗は

$$0.05 \times \frac{50 \times 6}{1000} = 0.015 \text{ オーム}$$

工場に於ける電壓を 200 ヴォルトに保つとすれば, 線路電流は

$$I = \frac{30000}{200} = 150 \text{ アムペア}$$

故に配電線の電圧降下は

$$2IR = 2 \times 150 \times 0.015 = 4.5 \text{ ヴォルト}$$

即ち工場に於ける電圧を 200 ヴォルトに保つ爲めには発電機の電圧は 204.5 ヴォルトに調整するを適當とす。

発電機が全負荷に達せる時に於ける電圧は

$$\frac{120\,000}{220} = 546 \text{ アムペア}$$

従つて此の場合に於ける配電線の電圧降下は

$$2 \times 0.015 \times 546 = 13.8 \text{ ヴォルト}$$

故に発電機の電圧を 214 ヴォルトに保持すれば、工場に於ける電圧は 200 ヴォルトに保たる。而して発電機の定格端子電圧は 220 ヴォルトなる故、其の電圧を 214 ヴォルトに保持するは何等の差支へなし。

(11) 炭素繊維電燈 10 燭光 5 000 燈、晝間動力 100 馬力三相誘導電動機 1 臺外夜間動力 50 馬力三相誘導電動機 1 臺の需用を有する都市へ 2 里を距る発電所より送電する場合に於て次の事項に就き設計せよ。但し電線路のリアクタンスは考に入れざるものとす。

(明治 44 年 4 級 1)

(イ) 電氣方式及電壓

(ロ) 送電線

(ハ) 又動力負荷の變動甚だしき場合例へばロール捲揚機械等を用ふる場合に於ては如何なる事項に注意すべきや。

[解] (イ) 電氣方式は三相交流を採用すべき事勿論なり。而して本問の場合の如き小電力にて送電距離二里(8 杆)位なれば、送電電圧に特別高壓を採用する必要なく、尙送電電壓を以つて直に都市内に配電を行ひ得る爲めにも、発電機の電圧は 3 300 ヴォルトを適當とし、其の周波数は 50 サイクルを可とす。

(ロ) 今需用地に於ける總電力を計算せんに、10 燭光電球 1 個

に付き 35 ワットを消費するものとせば、5 000 燈に對して

$$\frac{35 \times 5\,000}{1\,000} = 175 \text{ kW.}$$

柱上變壓器の能率を平均 93%、低壓側配電能率を 95% とすれば、高壓側に於ては

$$\frac{175}{0.93 \times 0.95} = 199 \text{ kW.}$$

夜間動力は出力に於て

$$\frac{50 \times 746}{1\,000} = 37.3 \text{ kW.}$$

今此の動力用變壓器の能率を 96.5%、低壓側配電能率を 95% 電動機能率を 90% とすれば、動力用電力は高壓側に於て

$$\frac{37.3}{0.965 \times 0.95 \times 0.90} = 45.4 \text{ kW}$$

故に供給地點に於ては夜間に於て合計 245 kW. を消費す。

晝間に於ける動力は、約 90 kW. を要す。此の電力は點燈用電力と重り合ふ事あるべきも、其の時間は僅かなるを以つて送電線は前記 245 kW に適するものにて足れり。

三相電路に於て発電所に於ける線間電壓を E_0 、受電端に於ける線間電壓を E 、線路電流を I 、受電端に於ける負荷の力率を $\cos \phi$ 、送電線一條の抵抗を R とすれば、送電線のリアクタンスを閉却すれば

$$E_0 = \sqrt{(E + \sqrt{3}IR \cos \phi)^2 + (\sqrt{3}IR \sin \phi)^2}$$

なり。而して電圧降下が 10% 内外にて又力率が良好なる場合に於ては

$$E_0 \doteq E + \sqrt{3}IR \cos \phi$$

或は

$$\text{電圧降下} = E_0 - E \doteq \sqrt{3}IR \cos \phi$$

なる關係を有す。

本間の場合には負荷の過半は電燈なるを以つて、其の力率は良好なり。従つて其の電壓降下は前記の式を以つて計算することを得。故に此の場合に於ける電壓降下を 300 ヴォルト、受電端電壓を 3 000 ヴォルトとすれば

$$I \cos \phi = \frac{245\,000}{\sqrt{3} \times 3\,000}$$

$$\therefore 300 = \frac{245\,000}{3\,000} R$$

$$R = \frac{900}{245} = 3.67 \text{ オーム}$$

線路互長 2 里を米に換算すれば、約

$$2 \times 36 \times 60 \times 6 + 3.3 = 7855 \text{ 米}$$

故に所要の電線の太さは

$$A = \frac{1}{55} \times \frac{7855}{3.67} \doteq 39 \text{ sq.mm.}$$

(ハ) 動力がロール捲揚機の如き負荷の時に動力負荷が全負荷の時と無負荷の時との負荷點の電壓を求め、其の差の百分率が需要地に於ける生活程度に適する許容電壓變動率より大なる時には更に太き電線を使用するか或は動力用送電線を單獨に設くるを可とす。

第七章 配電線路建設

(1) 下記のものに就き適當なる概數を記載せよ。

(大正 11 年 3 種一般 4 の内)

不注入杉材電柱の壽命

〔解〕 細きものにて四五年、太きものにて拾年。

(2) 木柱の防腐方法二種に就き略述せよ。

(大正 12 年再 3 種 2 の内)

〔解〕 木柱の防腐法として次の二種を擧げん。

(a) 丹礬注入法 丹礬液を生木の木心に注入する方法にして、工費少なく防腐の効果も大なれど、建設地の土質によりて、その壽命に長短あり。

之を注入したるものは表面美を加へ、悪臭なく市街地に廣く用ひらる。但し切りとりたる木材はなるべく早く注入を要するが故に、作業場は之を森林の近傍に設けざるべからず、運搬費嵩む不利あり。又注入後は柱に直接鐵類を打込むこと能はず(鐵類は硫酸銅に作用せられて錆を生ず) コールタールを鐵類に焼き付けて使用せざるべからず。

(b) クレオソート注入法 素材は丹礬注入とほぼ同様の時期に伐採す。但し伐採後直に注入する事を要せず、多くは伐採後 3 ヶ月以上 1 ヶ年位迄放置して充分乾燥したものを用ゐる。

一般に蒸氣乾燥法又は熱氣乾燥法を用ゐ、乾燥作業を行ふ。前者の場合には素材を容器内に入れ數時間加熱し、後者の場合には 60°C 以下に加熱した空氣を一晝夜以上通して後、通風宜しからざる場所に 48 時間以上放置し、然る後注入を行ふ。注入に際しては充分注入罐内の空氣を排除し、1 cm² にき、2.8 kg 乃至 4.2 kg の壓力を

以て、2 時間以上 60°C 以上に加熱したクレオソート液を、注入材 1 立方米に付 162 立以上を注入す。

近來クレオソートに代るにアクゾールなる綠色液體にて注入する方法行はる。タンク法は舊式にして殆んど行はれず。

(3) 下記の概數を記入せよ。(大正6年3級一般應用3の内) 我が國に於て普通起る暴風の風壓。

[解] 200 kg 毎平方米

(4) 低壓電線路に使用する碍子の内。

(イ) 屋外用三種 (ロ) 屋内用三種
を擧げて其の用途を説明せよ。(大正7年5級1)

[解] (イ) 屋外に使用せらるるもの

(a) 二重カップ碍子
之れは普通腕木に取り付けられ、甚しき曲線部等を除く外一般に用ゐらる。

(b) 兜形碍子
之れは特に太き線の架渉等に使用せらる。

(c) 茶臺碍子
電線の引き止め等特に張力の甚しき所に使用す。

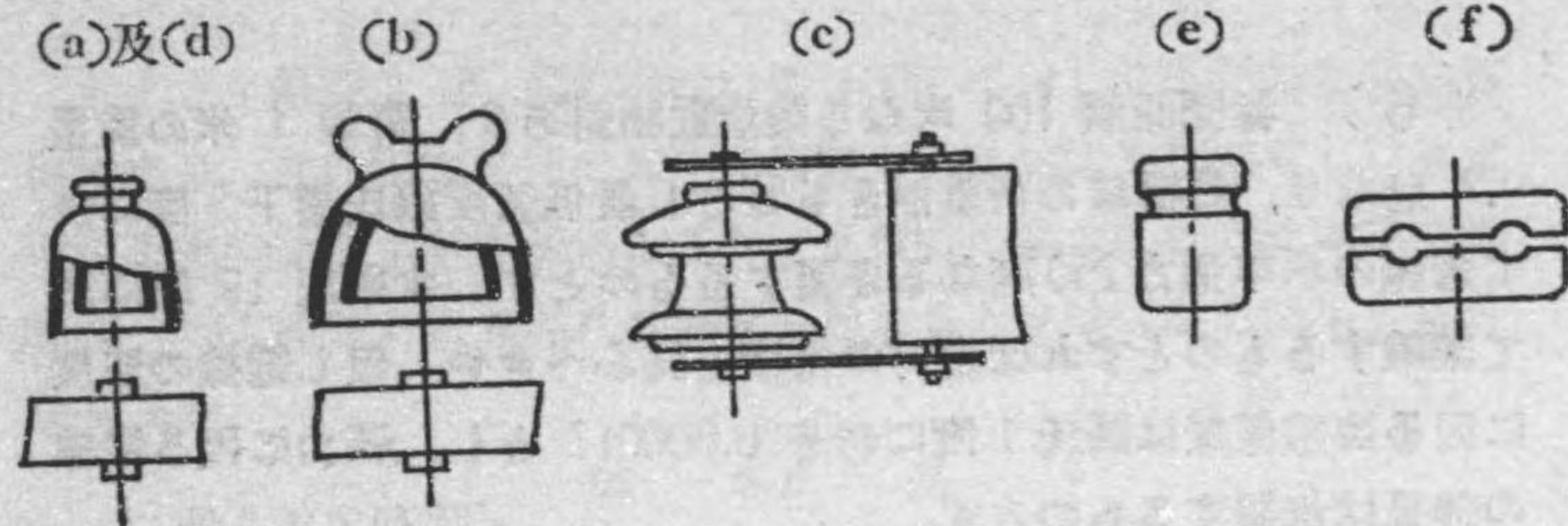
(ロ) 屋内に使用せらるるもの
(d) 小型カップ碍子
屋内の配線に當り屋根裏軒下庇下等の場所の如く比較的的支持物間の距離の大なるところに使用す。

(e) ノップ碍子
比較的長く屋内配線をなす場合、使用電線の太き場合、隠蔽工事の場合又は電線をなるべく建造物と離して布設したき場合等に使用す。

(f) クリート碍子

普通の露出工事に使用す。

第 34 圖



(5) 徑間 50 メートルにして弛度 1 メートルに架線せる架空送電線路あり。大氣の溫度が攝氏 35 度降下せる場合、該架空線の弛度は如何に變化するか。但し電線の溫度による伸長率は攝氏 1 度につきて 0.00017 とし又張力による電線の伸長は之を無視するものとす、尙電線の長さとの關係は下記公式により示さるるものとす。(大正12年再3種3)

$$L = S + \frac{8d^2}{3S}$$

但し L = 電線の長さ
S = 徑間の長さ
d = 弛 度

[解] 溫度が降下せざるときの電線の長さは

$$L = 50 + \frac{8 \times 1^2}{3 \times 50} = 50.05333$$

溫度が 35 度降下せる場合の電線の長さは

$$L' = 50.05333 \times (1 - 0.00017 \times 35) = 50.02355$$

故に此の場合の弛度を d とせば

$$50.02355 = 50 + \frac{8d^2}{3 \times 50}$$

$$d = \sqrt{0.02355 \times \frac{150}{8}} = 0.66 \text{ メートル}$$

(6) 柱間距離 100 米なる架空電線路あり、電線 1 米の重量 0.2 匁なり、風壓等の荷重無きものとし最低温度攝氏零下 5 度に於て電線の水平張力 250 匁なるを要するものとす。今攝氏 19 度に於て架線するものとすれば幾何の弛度を與ふべきや。但し電線の温度に因る膨脹係数は攝氏 1 度に付き 0.000017 とし、張力に因る電線の伸長は無視するものとす。 (昭和 2 年 3 種 2)

[参考公式] $d = \frac{wS^2}{8T}$, $L = S + \frac{8d^2}{3S}$

d = 弛度 (米)

w = 電線 1 米の重量 (匁)

T = 電線の張力 (匁)

S = 柱間距離 (米)

L = 電線の長さ (米)

[解] 最低温度攝氏零下 5 度に於ける弛度を d 米とすれば

$$d = \frac{0.2 \times 100^2}{8 \times 250} = 1 \text{ 米}$$

此の場合の電線の長さは

$$L = 100 + \frac{8 \times 1^2}{3 \times 100} = 100.0267 \text{ 米}$$

依つて攝氏 19 度に於ける電線の長さは

$$\begin{aligned} L' &= 100.0267 \{1 + \alpha(19 + 5)\} \\ &= 100.0267 (1 + 0.000017 \times 24) \\ &= 100.0675 \text{ 米} \end{aligned}$$

今攝氏 19 度に於て架線するに際し與ふべき弛度を d' 米とすれば

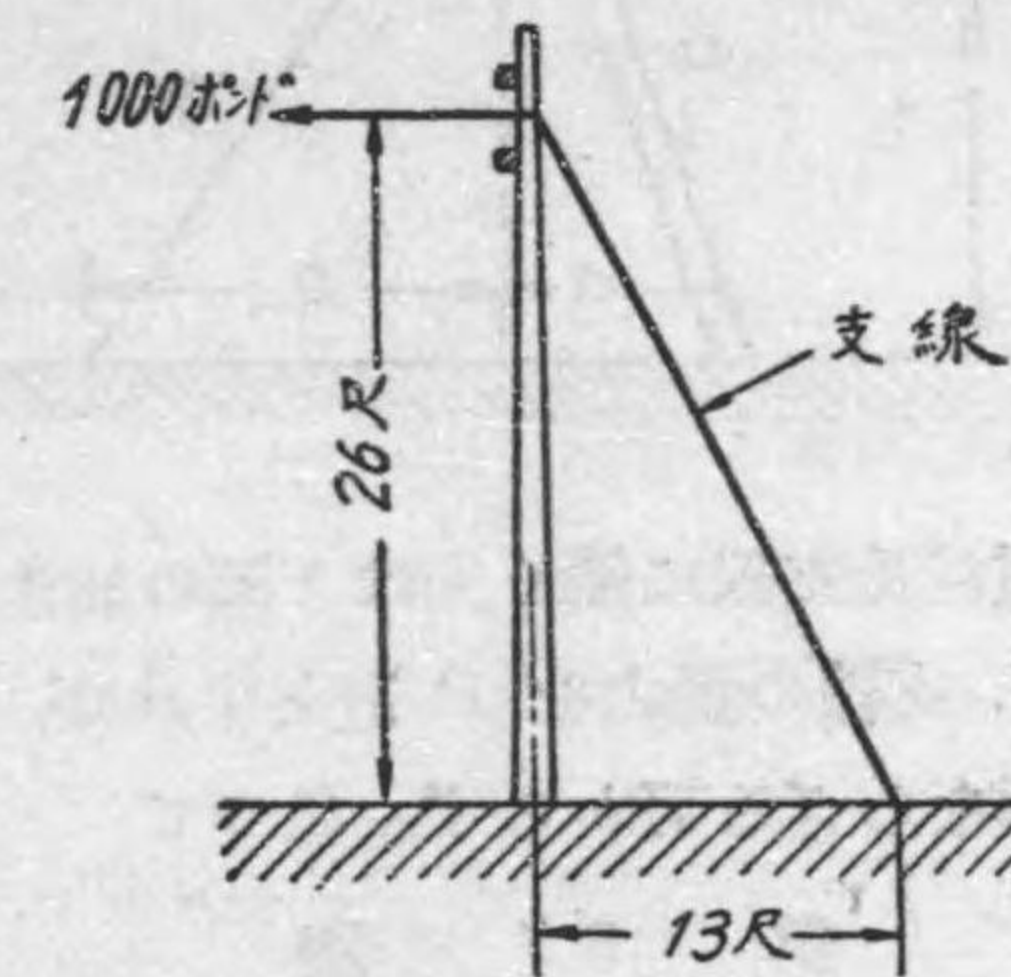
$$100.0675 = 100 + \frac{8d'^2}{3 \times 100}$$

之れより

$$d' = 1.59 \text{ 米}$$

(7) 地表上 26 尺の點に於て 1000 ポンドの水平力を受くる電柱あり、今此張力を圖の如くに施設せる支線にて支持せしむるときは支線の受くる張力幾何なるか、又實際の場合に於て此支線に扯斷力 1100 ポンドなる英八番鐵線を用ふるときは何條を使用するを要するか。 (大正 12 年 3 種 2)

第 35 圖



[解] 第 35 圖より支線の長さは

$$\sqrt{13^2 + 26^2} = 13 \times \sqrt{1 + 4} = 13 \times \sqrt{5} \text{ なり}$$

此の支線の受くる張力を R とせば、

$$R : 1000 = 13\sqrt{5} : 13 = \sqrt{5} : 1$$

$$\therefore R = \sqrt{5} \times 1000 = 2.236 \times 1000 = 2236 \text{ ポンド}$$

又扯斷力 1100 ポンドの英八番鐵線七本燃を用ふれば

$$\text{全扯斷力} = 1100 \times 7 = 7700 \text{ ポンド}$$

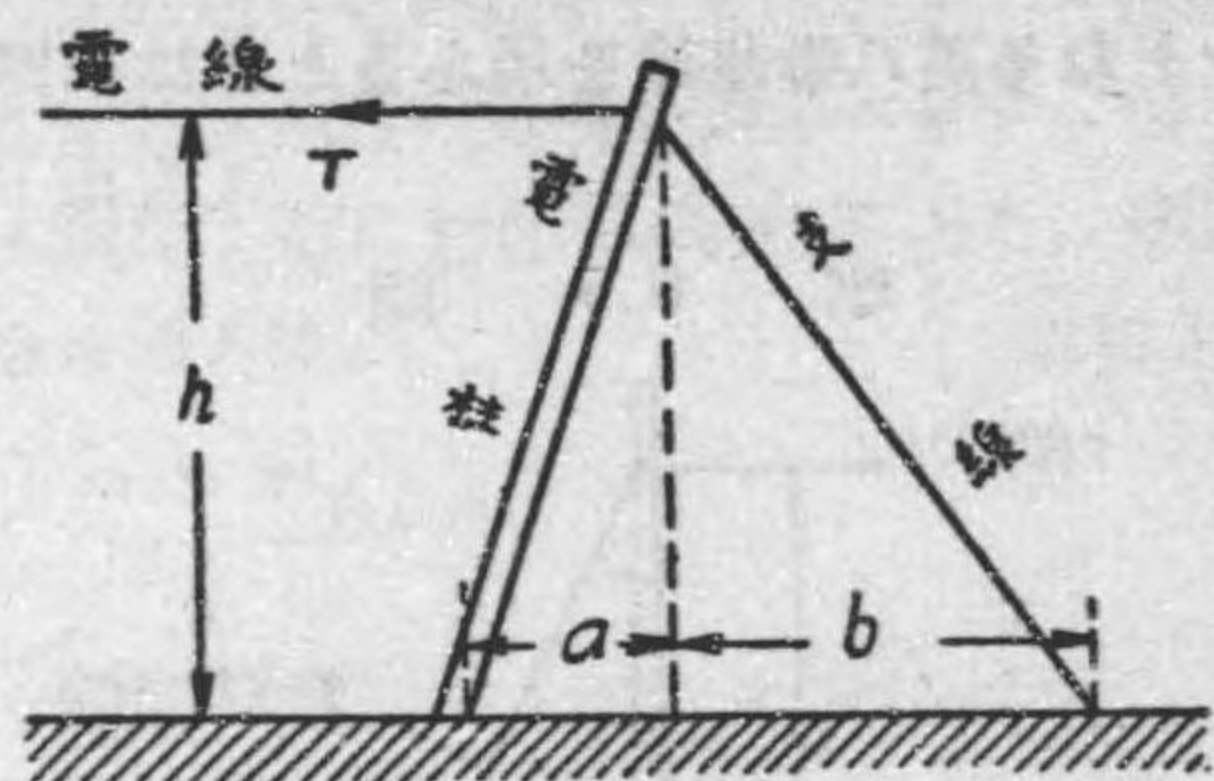
燃り不良に基く扯斷力減少率を 10% とすれば

$$\text{全扯斷力} = 7700 \times 0.9 = 7000 \text{ ポンド}$$

故に此の支線の安全率は $7000 \div 2236 = 3.1$ 強となり、實用に供して差支なかるべし。依つて鐵線の所要條數は 7 本とす。

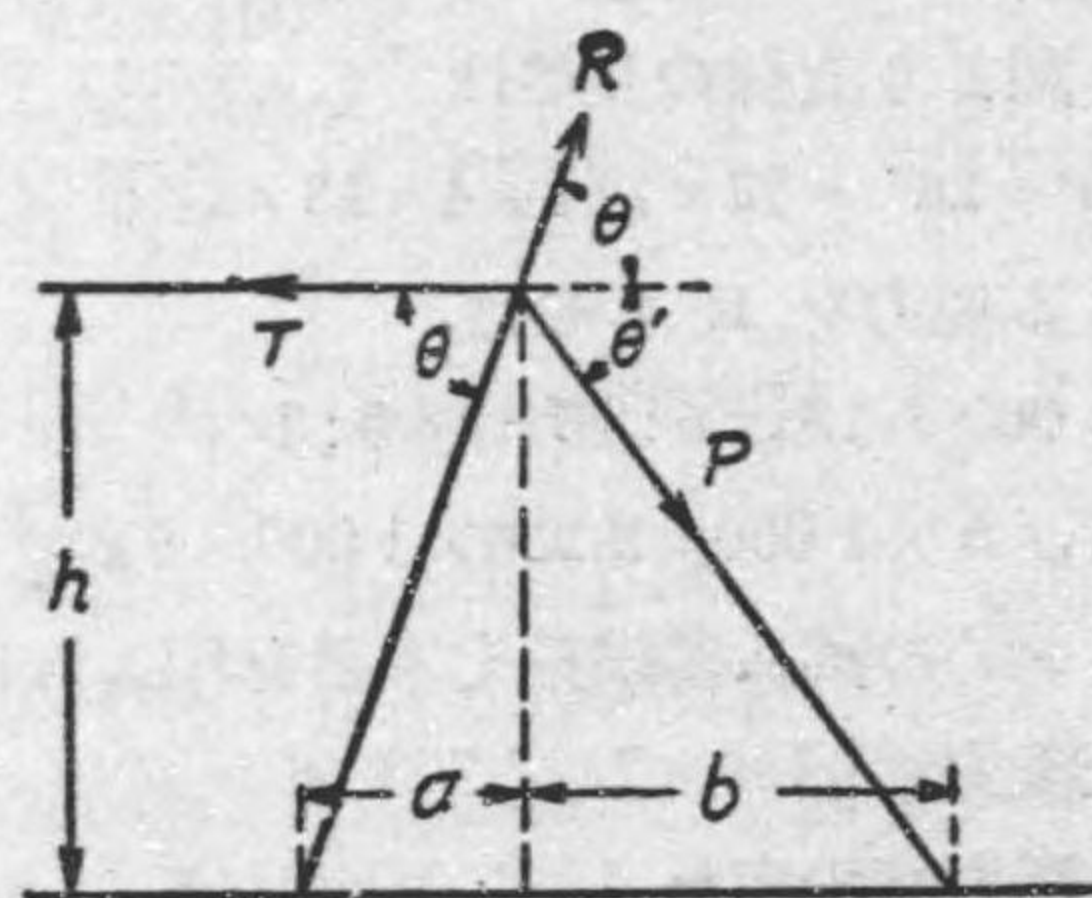
(8) 地表上 h 米の點に於て T 匁の水平張力を受くる傾斜せる電柱あり、今此張力を圖の如くに施設せる支線にて支持せしむるときは支線の受くる張力幾何なるか。但し電柱の重量は考慮せず且電柱は壓力のみを受くるものとす。(大正 15 年 3 種 2)

第 36 圖



〔解〕 電線、電柱及支線に働く力は下圖の如き三力にして今電柱の反作用を R 匁、支線の張力を P 匁とすれば、各の水平及鉛直分力の和は何れも零ならざる可からず。依つて

第 37 圖



水平分力に就きては

$$T - R \cos \theta - P \cos \theta' = 0 \dots \dots \dots (I)$$

鉛直分力に對しては

$$R \sin \theta - P \sin \theta' = 0 \dots \dots \dots (II)$$

之れより得たる R の値を (I) 式に代入して

$$T = P(\sin \theta' \cot \theta + \cos \theta')$$

$$\therefore P = \frac{T}{\sin \theta' \cot \theta + \cos \theta'}$$

然るに

$$\cot \theta = \frac{a}{h}$$

$$\sin \theta' = \frac{h}{\sqrt{b^2 + h^2}}$$

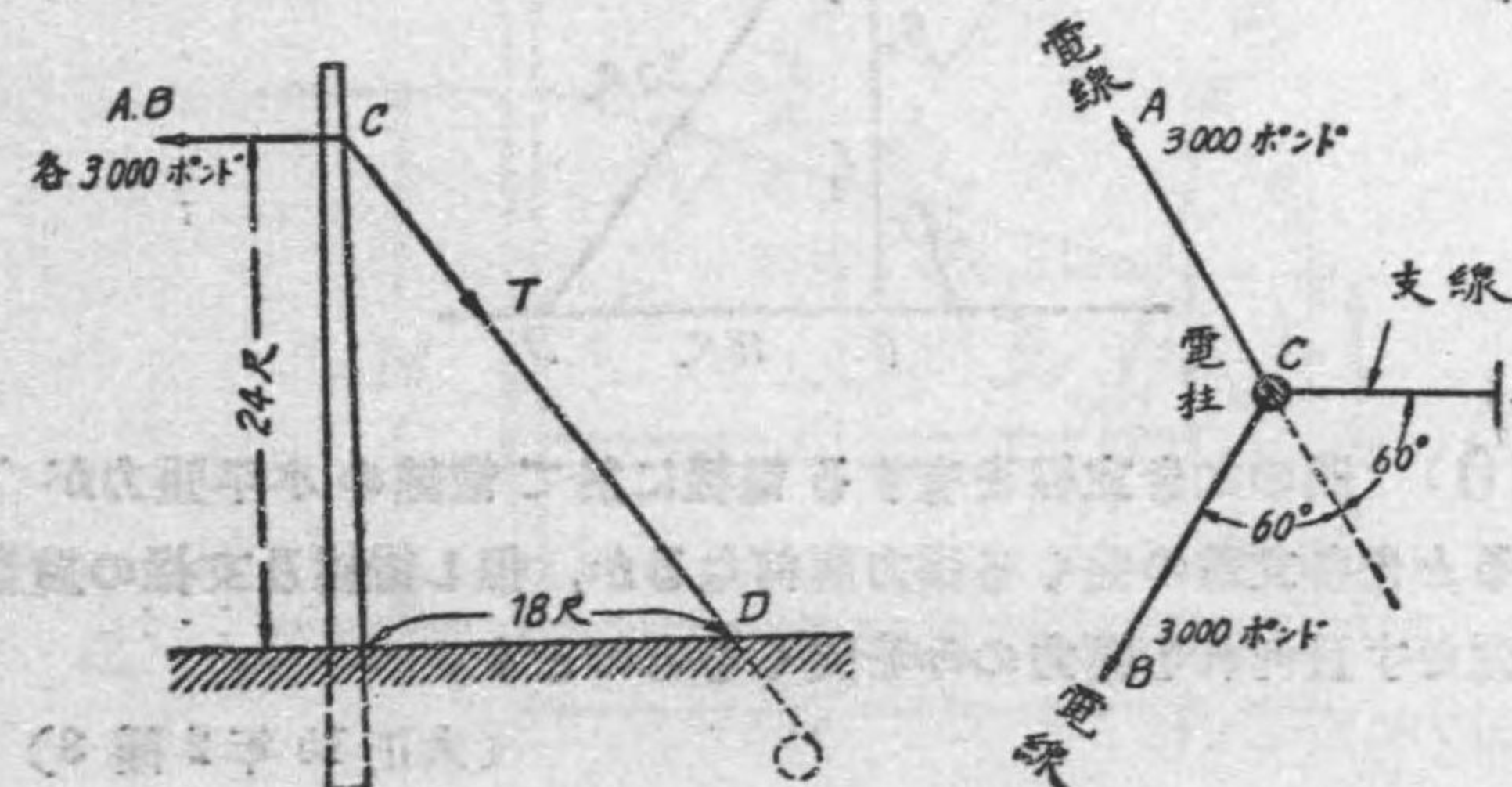
$$\cos \theta' = \frac{b}{\sqrt{b^2 + h^2}}$$

故に

$$P = \frac{T}{\frac{h}{\sqrt{b^2 + h^2}} \times \frac{a}{h} + \frac{b}{\sqrt{b^2 + h^2}}} = T \times \frac{\sqrt{b^2 + h^2}}{a + b} \text{ 匁}$$

(9) 圖の如き屈折角度 60 度なる角柱に於て電線及電柱の受

第 38 圖



くる最大外力 A 及 B は 3000 封度にして、地表上 24 尺の點 C に於て水平に働くものとす、支線 DE を圖の如く施設し之れによりて上記の外力を支持せしめんとす、支線の受くる張力 T を求む。

(大正 9 年 4 級 2)

〔解〕 A 及 B の合力 f は支線と同一平面にて水平方向にして其大さ 3000 封度なること明かなり。今此合力を支線の方向の分力 f_1 と、電柱の方向の分力 f_2 とに分つときには (第 39 圖)

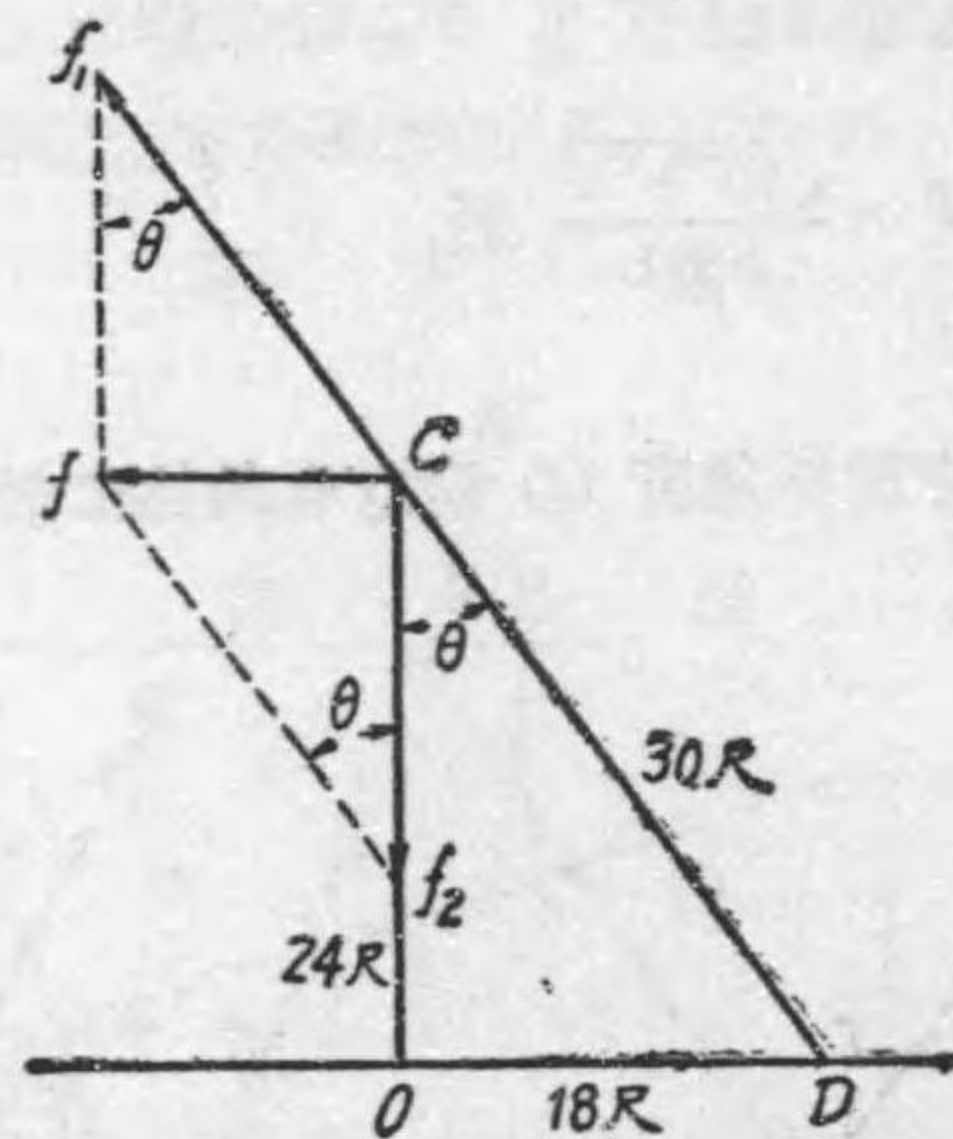
$$f_1 = f \cos \theta = 3000 \times \frac{30}{18} = 5000 \text{ 封度}$$

$$f_2 = f \sec \theta = 3000 \times \frac{30}{24} = 3750 \text{ 封度}$$

にして支線の張力は f_1 と平衡するものなるが故、

$$T = f_1 = 5000 \text{ 封度}$$

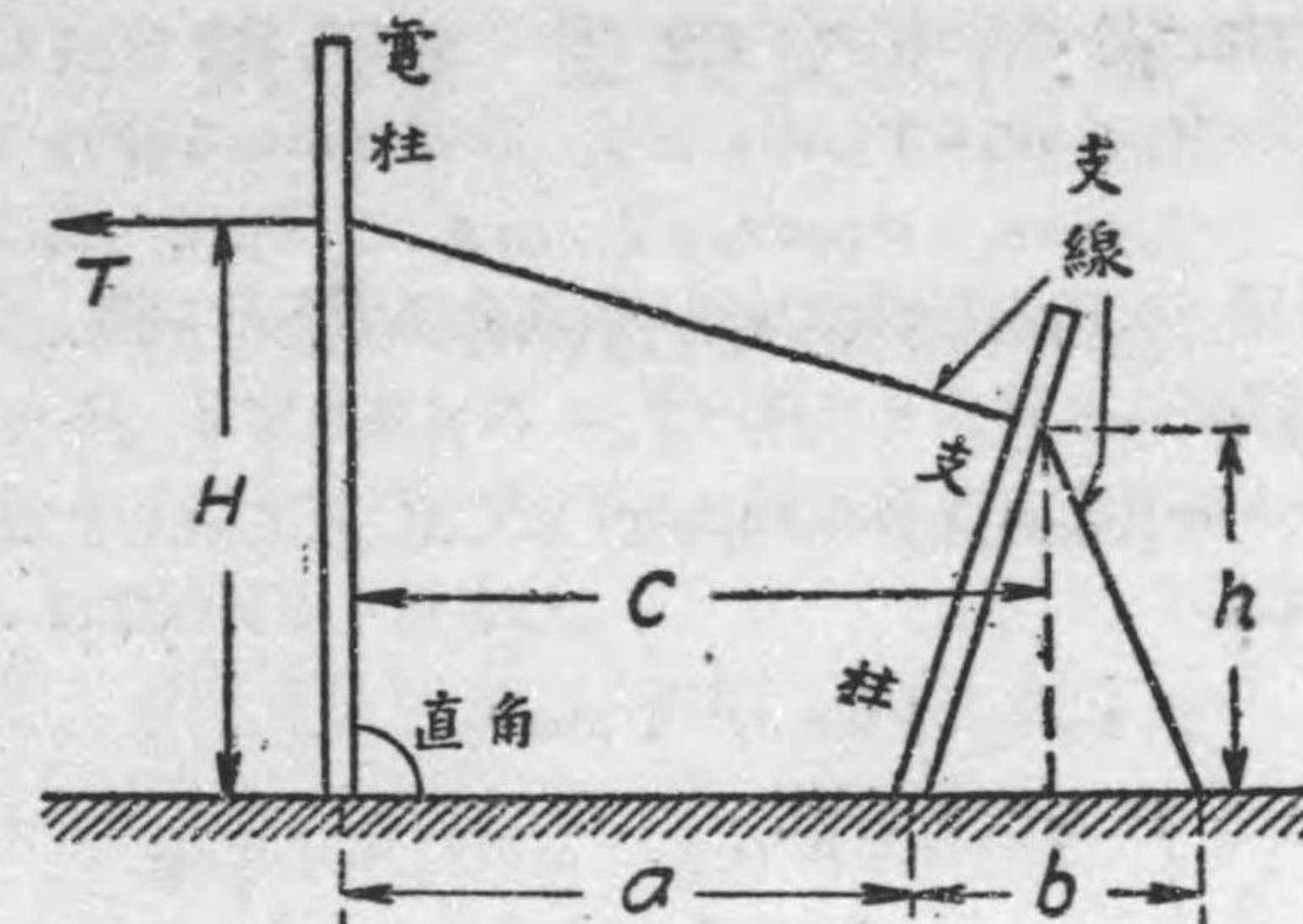
第 39 圖



(10) 圖の如き支線を有する電柱に於て電線の水平張力が T 珣なるとき各支線の受くる張力幾何なるか、但し電柱及支柱の重量を考慮せず且何れも壓力のみを受くるものとす。

(大正 15 年 2 種 3)

第 40 圖



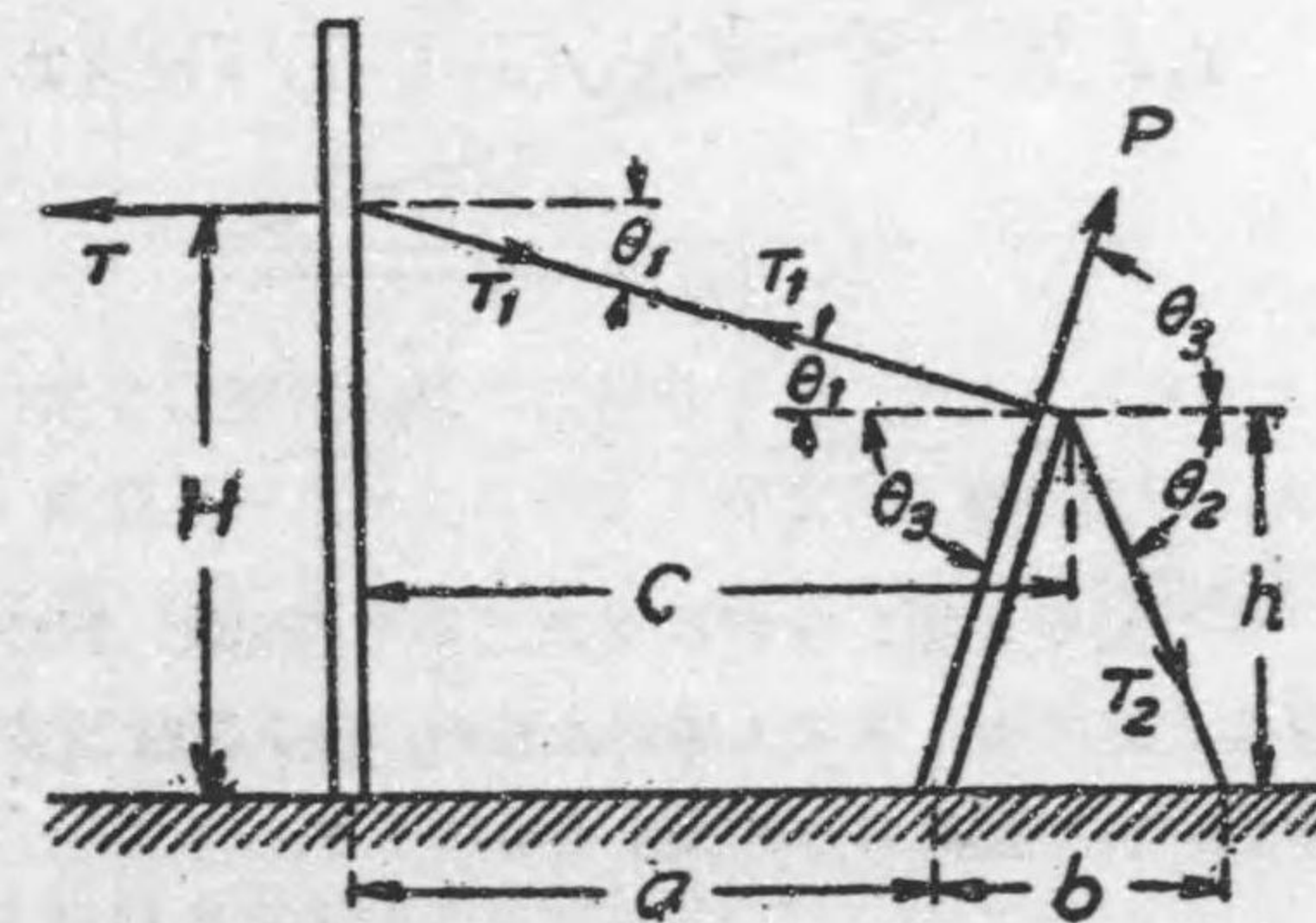
(解) 各部の力の方向を圖示すれば下の如し。依つて之れ等を水平及鉛直分力に分解して式を作れば、(第 41 圖)

$$T = T_1 \cos \theta_1$$

$$= T_1 \frac{c}{\sqrt{c^2 + (H-h)^2}}$$

$$\therefore T_1 = T \times \frac{\sqrt{c^2 + (H-h)^2}}{c} \text{ 珣}$$

第 41 圖



之れ求むる T_1 の値なり。

次に支柱側に於て

$$T_1 \cos \theta_1 = T \dots \dots \dots (1)$$

$$T_2 \cos \theta_2 + P \cos \theta_3 = T_1 \cos \theta_1 \dots \dots \dots (2)$$

$$T_1 \sin \theta_1 + P \sin \theta_3 = T_2 \sin \theta_2 \dots \dots \dots (3)$$

(1), (2) より

$$T_2 \cos \theta_2 + P \cos \theta_3 = T \dots \dots \dots (4)$$

(1), (3) より

$$T_2 \sin \theta_2 - P \sin \theta_3 = T \tan \theta_1 \dots \dots \dots (5)$$

(4), (5) より P を消去して

$$T_2 = \frac{\tan \theta_1 \cos \theta_3 + \sin \theta_3}{\sin \theta_2 \cos \theta_3 + \sin \theta_3 \cos \theta_2} \times T$$

然るに

$$\tan \theta_1 = \frac{H-h}{c}$$

$$\sin \theta_2 = \frac{h}{\sqrt{(a+b-c)^2 + h^2}}, \cos \theta_2 = \frac{a+b-c}{\sqrt{(a+b-c)^2 + h^2}}$$

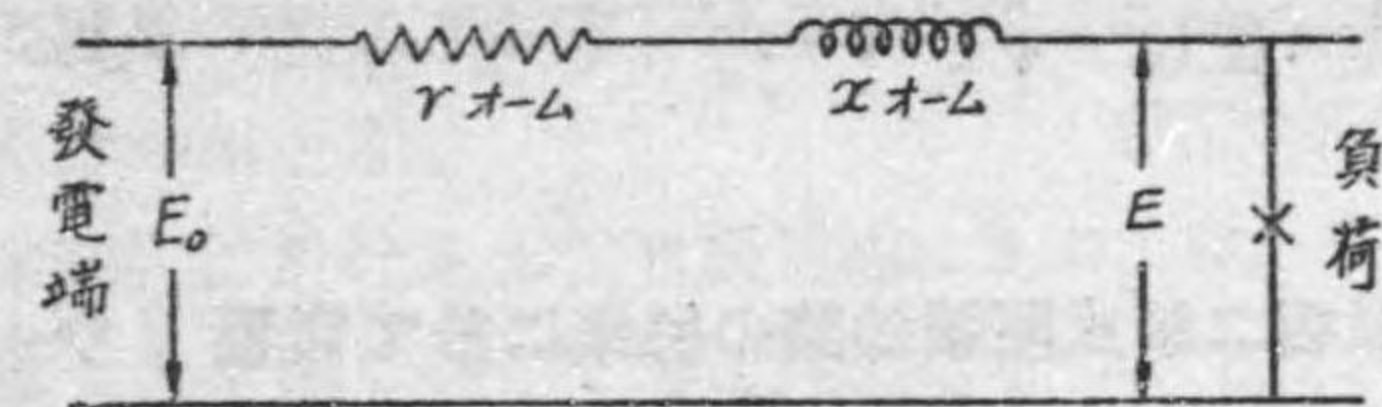
$$\sin \theta_3 = \frac{h}{\sqrt{(c-a)^2 + h^2}}, \cos \theta_3 = \frac{c-a}{\sqrt{(c-a)^2 + h^2}}$$

$$\therefore T_2 = \frac{H(c-a) + ah}{bch} \times \sqrt{(a+b-c)^2 + h^2} \times T \text{ 証}$$

第八章 単相交流配電

(1) 圖に示すが如き単相二線式配電線路あり。配電線路の抵抗 r オーム、リアクタンス x オームなりと調ふ。受電點に於て電壓 E ヲルトにして W ワットの無誘導負荷を有するとき發電端の電壓 E_0 は幾ヴォルトなるか。(大正10年3種一般3)

第 42 圖

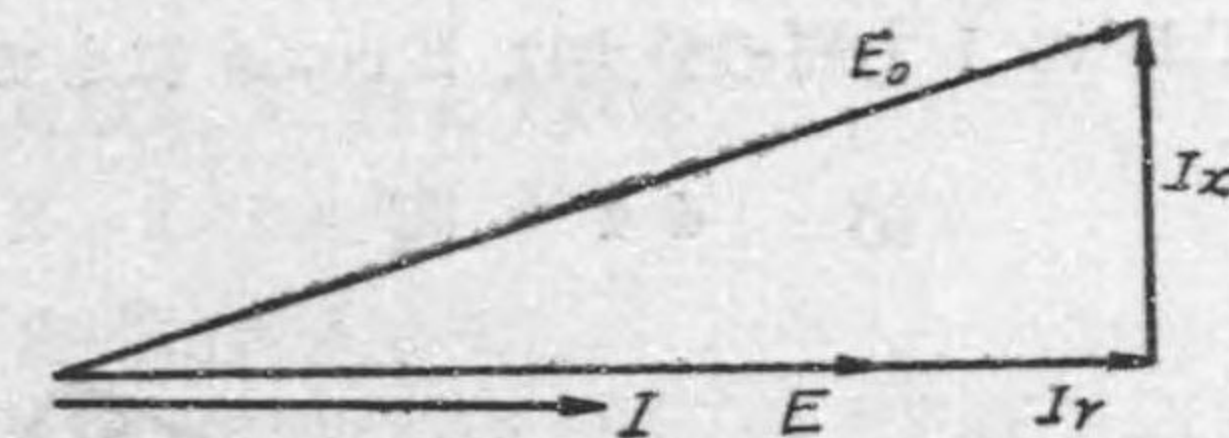


〔解〕 此の場合の受電點に於ける電壓 E と發電端に於ける電壓 E_0 との間には、次のベクトル圖に示す關係あり。

故に

$$E_0 = \sqrt{(E + Ir)^2 + (Ix)^2}$$

第 43 圖



配電線に於ては配電線路の抵抗降下 I_r 及リアクタンス降下 I_x は共に E の數パーセントに過ぎざるものなるが故に、上式根號内の第二項は第一項に比して小なり。従つて第二項を閉却して

$$E_0 \doteq E + I_r = E + \frac{W}{E} r$$

とするも實際上差支なきものなり。

(2) 単相二線式の交流配電線あり、線路一本の抵抗 0.15 オーム、リアクタンス 0.25 オームなりとす、負荷は無誘導性にして 100 ヴォルト 3 キロワットなり、饋電線の電圧を計算せよ。

(大正 11 年 3 種 3)

〔解〕 負荷電流 $= \frac{3000}{100} = 30$ アムペア

往復線中に於ける抵抗による電圧降下は

$$0.15 \times 2 \times 30 = 9 \text{ ヴォルト}$$

同じくリアクタンスによる降下は

$$0.25 \times 2 \times 30 = 15 \text{ ヴォルト}$$

故に所要饋電電圧は $\sqrt{(100+9)^2 + (15)^2} = 110$ ヴォルト

(3) 単相二線式配電線路の終端に於て電圧 E ヴォルト、電流 I アムペア、力率 $\cos \phi$ なる負荷あり、電線一條の抵抗を r オーム、リアクタンスを x オームとすれば此の配電線の引出口に於ける電圧何程なるか。

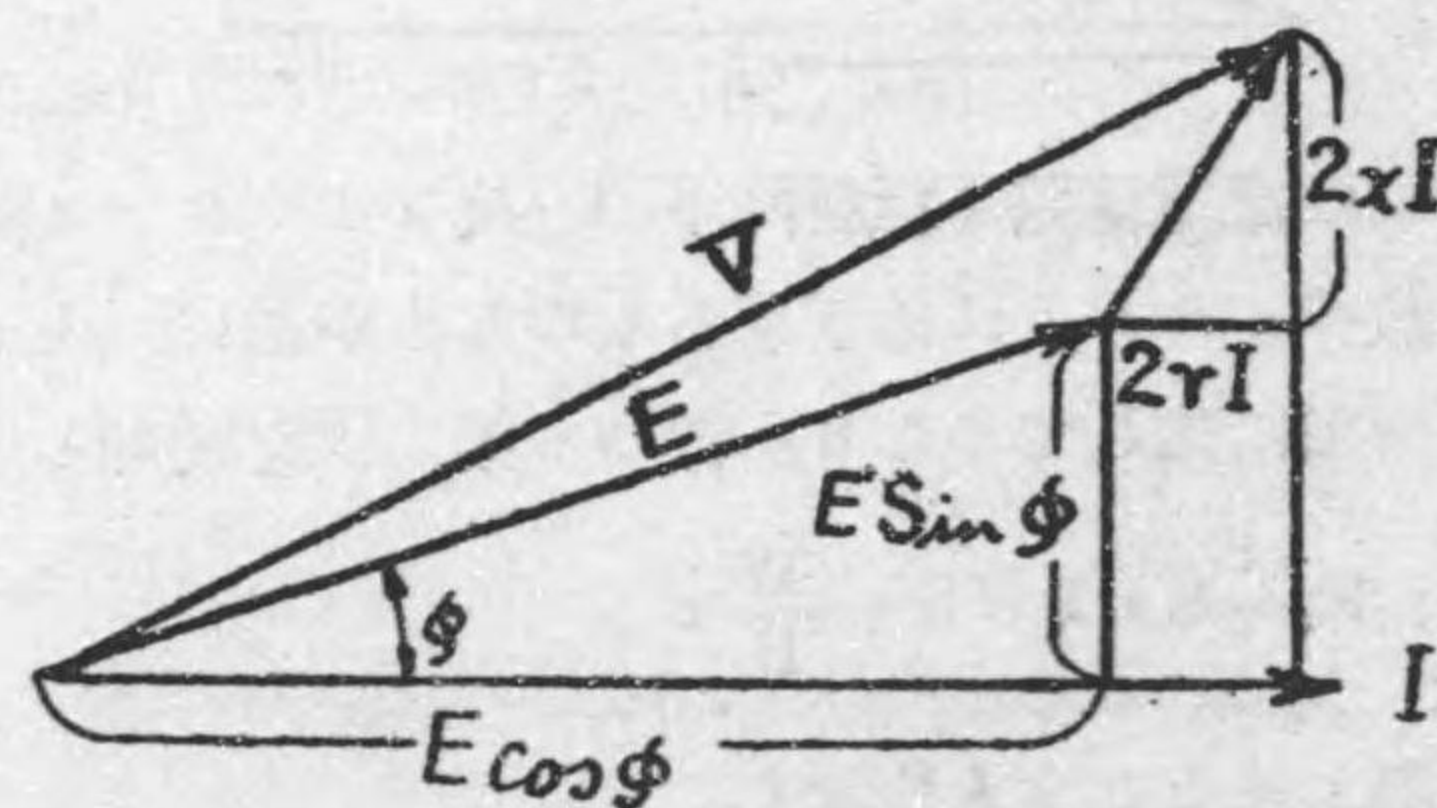
(大正 14 年 3 種 1)

〔解〕 本問題は圖解により直ちに分明す。

引出口の電圧を V ヴォルトとす。

線路の抵抗に依る電圧降下は $2rI$ 、リアクタンスに依るものは $2xI$ なり、負荷電圧 E の I 方向の分力は $E \cos \phi$ にして、明かに $2rI$

第 44 圖



と同相なり、又 E の I に直角なる分力は $E \sin \phi$ にて $2xI$ と同相なり、故に圖に示せる如く直ちに

$$V = \sqrt{(2rI + E \cos \phi)^2 + (2xI + E \sin \phi)^2}$$

を以て答とす。

(4) 直径 2.6 耗の鋼線より成る単相配電線路あり、其の終端に於て力率 0.6 なる 2 キロヴォルトアムペアの負荷に供給し其の端子電圧を 100 ヴォルトに、又線路の電圧降下を 5% 以下に保持せんとす。線路の互長何程まで供給し得るや 但 2.6 耗鋼線の抵抗は 1 耗に就き 3.4 オームとす。

(昭和 2 年 3 種 1)

〔解〕 本問題に於けるが如き配電線にありては、線路のリアクタンスを無視するを得。依つて送電端電圧を E_0 とすれば

$$E_0 = \sqrt{(E \cos \theta + IR)^2 + (E \sin \theta)^2}$$

上式中

E = 負荷の端子電圧 100 ヴォルト

$\cos \theta = 0.6$, $\sin \theta = 0.8$

$$I = \frac{2 \times 1000}{100} = 20 \text{ アムペア}$$

次に求むる互長を L 耗とすれば

$$R = 2 \times 3.4 \times L \text{ オーム}$$

これ等の値を上式に代入して

$$E_0 = \sqrt{(100 \times 0.6 + 20 \times 2 \times 3.4 \times L)^2 + (100 \times 0.8)^2} \\ = \sqrt{(60 + 136L)^2 + 80^2} \text{ ヴォルト}$$

題意により

$$\frac{E_0 - E}{E} = 0.05$$

或は

$$\frac{\sqrt{(60 + 136L)^2 + 80^2} - 100}{100} = 0.05$$

之れより

$$L = 0.059 \text{ 軒}$$

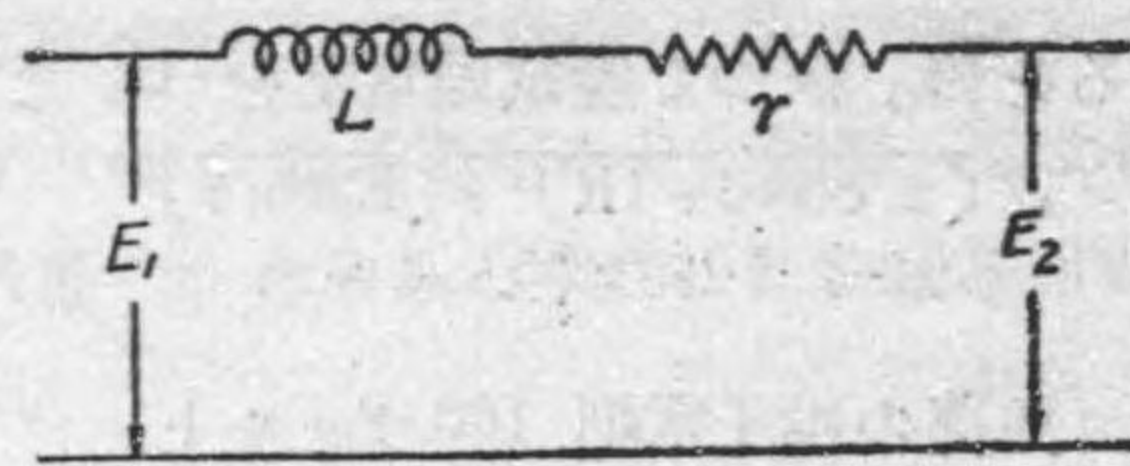
$$= 59 \text{ 米}$$

故に 5%以内ならしむるには、直長は 59 米以下なるを要す。

(5) 圖に示すが如き回路あり之に通ずる電流は I にして其の周波数は L なり今 I は E_2 より ϕ 角遅るゝとせば E_1 の値如何但し I, f, E_2, ϕ, L, r は已知數とし E_1, E_2, I の値は總て實効値とす(上記の値は總て實用單位にて表せるものなり)

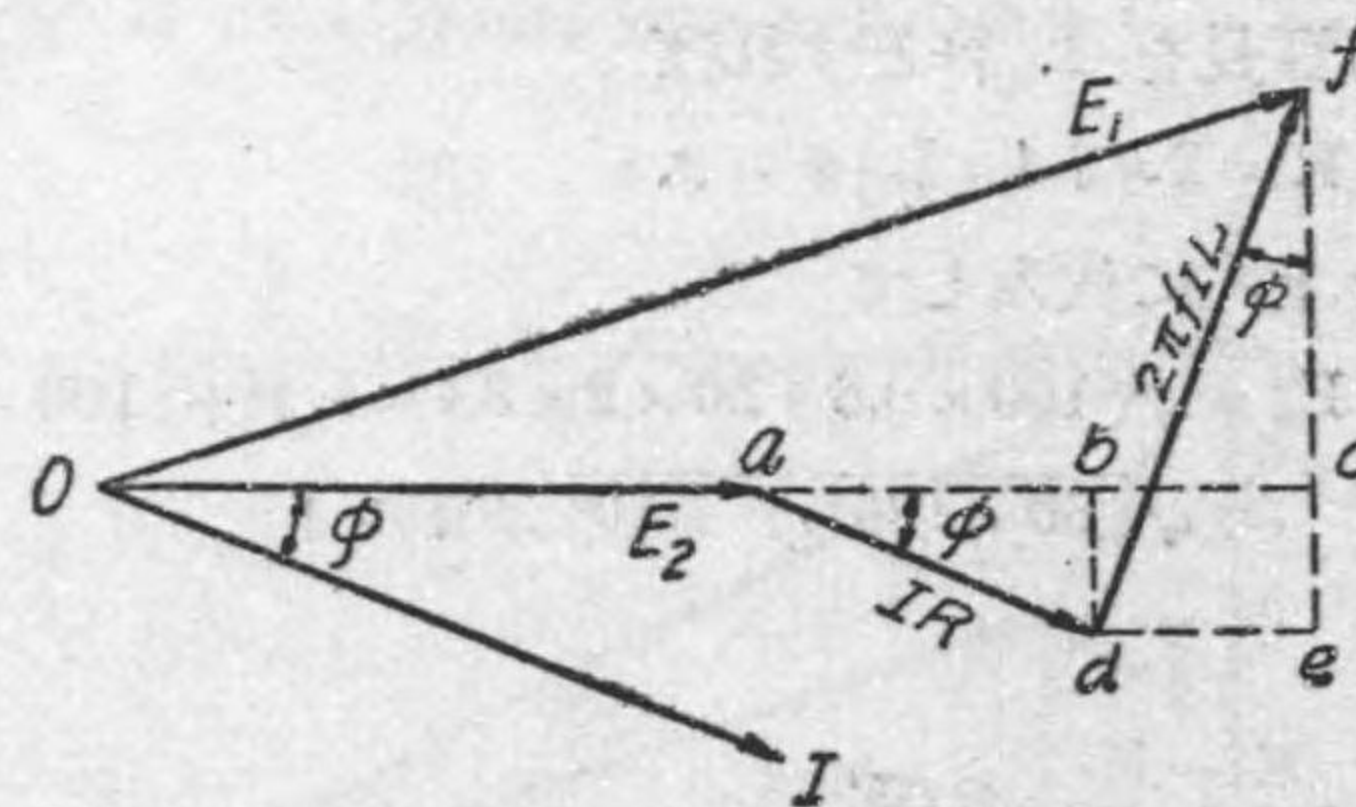
(大正 5 年 4 級一般理論 1)

第 45 圖 甲



[解] E_1, E_2, I の關係は次のベクトル圖に示す如し。

第 46 圖 乙



故に $E_1 = \sqrt{oc^2 + cf^2}$

然るに

$$\overline{ac} = \overline{ab} + \overline{bc} = \overline{ab} + \overline{de} = \overline{ad} \cos \phi + \overline{df} \sin \phi$$

$$= IR \cos \phi + 2\pi f I L \sin \phi$$

$$\overline{cf} = \overline{cf} - \overline{ec} = \overline{cf} - \overline{db} = \overline{df} \cos \phi - \overline{ad} \sin \phi$$

$$= 2\pi f I L \cos \phi - IR \sin \phi$$

故に $E_1 = \left[(E_2 + IR \cos \phi + 2\pi f I L \sin \phi)^2 + (2\pi f I L \cos \phi - IR \sin \phi)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \text{ volt.}$

[註] 此の解答は E_1 を電源に近きものとして計算したり。

(6) 單相交流二線式電力送電線路に於て受電所に於る電壓を E ヴォルト、受電電力を W キロワットとし交流回路の力率(power factor)を p パーセントとし、送電線のオーム抵抗を R オーム、其リアクタンス抵抗を X オームとせば發電所に於ける電壓及送電總キロワット數幾何。(明治 44 年臨時 4 級 3)

[解] 此場合の線路電流は

$$I = \frac{1000 W}{E} \times \frac{100}{p} = \frac{W}{pE} \times 10^5 \text{ アムペア}$$

従つて送電總キロワット數は

$$W + \frac{W^2 R}{p^2 E^2} \times 10^7 \text{ キロワット}$$

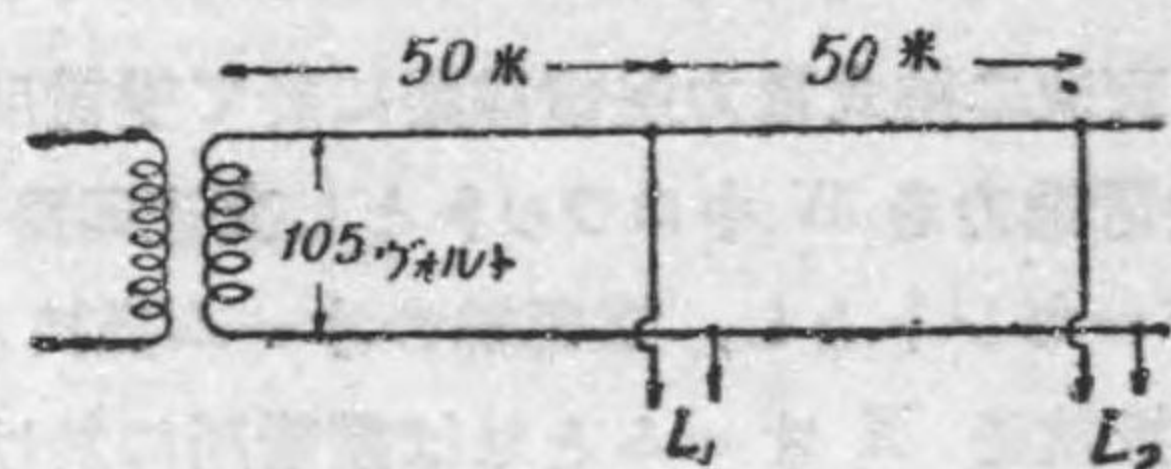
又發電所に於ける電壓は

$$E_0 = \left[\left\{ E + IR \frac{p}{100} + IX \sqrt{1 - \left(\frac{p}{100} \right)^2} \right\}^2 + \left\{ IX \frac{p}{100} - IR \sqrt{1 - \left(\frac{p}{100} \right)^2} \right\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\left\{ E + \frac{1000 WR}{E} + \frac{1000 WX}{E} \sqrt{\left(\frac{100}{p} \right)^2 - 1} \right\}^2 + \left\{ \frac{1000 WX}{E} - \frac{1000 WR}{E} \sqrt{\left(\frac{100}{p} \right)^2 - 1} \right\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

(7) 柱上変圧器の二次電圧が常に 105 ヴォルトに保たれる、
 の如き低電圧配電線あり、之に接続する電燈負荷中 L_1 は常に 10
 アムペアにして L_2 は 15 アムペアより 40 アムペア迄変動するもの
 とす、今常に L_1 及 L_2 の端子電圧の変動を電氣事業法施行規則に
 定められたる範囲 ($\pm 4\%$) に保持せんとするには幾平方耗の鋼線
 を使用すべきや、但し切斷面積 1 平方耗、長さ 1 米の鋼線の抵抗は
 $\frac{1}{58}$ オームとし、又電線は全部一様の太さのものを使用するものと
 す。(昭和 3 年 3 種 1)

第 46 圖



〔解〕 本問の配電線路に接続さるべき負荷の定格電圧は 100 ヴ
 ォルトたること勿論にして、供給點の電圧は此の電圧の上下 4%、
 即ち 104 volt 乃至 96 volt の範囲内に保持せざるべからず。而して
 供給點に於ける最低電圧は負荷最大のときに L_2 に起るは明らかに
 して、之れを前記の規定最低限度の 96 volt 以上に保持するに要す
 る最小の電線の斷面積 S_1 は次の式より算出することを得。

$$\frac{1}{58} \times \frac{100}{S_1} \times (10+40) + \frac{1}{58} \times \frac{100}{S_1} \times 40 = 105 - 96$$

$$\therefore S_1 = \frac{100 \times 90}{58 \times 9} = 17.2 \text{ sq. mm}$$

又供給點に於ける最高電圧は負荷最小なるときに L_1 に起るは明ら
 かにして、之れを前記の規定最高限度の 104 volt 以下に保持する
 に要する最大の電線の斷面積 S_2 は次式より算出することを得。

$$\frac{1}{58} \times \frac{100}{S_2} \times (10+15) = 105 - 104$$

$$\therefore S_2 = \frac{100 \times 25}{58 \times 1} = 43 \text{ sq. mm.}$$

即ち本問に適する電線の斷面積は 17.2 sq. mm 乃至 43 sq. mm にし
 して、實際には此範囲内の最小の標準斷面積の電線を選定するを可
 とすること勿論なり。

(8) 受電端電圧 200.0 ヴォルトの單相二線式送電線路に送電
 する 25 サイクルの電源あり、今之と同一の發電端電圧、同一の受
 電端電圧の下に周波數のみを 50 サイクルに変更するとせば輸送電
 力に何程の變化ありや。但し 25 サイクルの時の抵抗に因る電壓降
 下 (ohmic drop) は 1500 ヴォルト、自己誘導に因る電壓降下 (in-
 ductive drop) は 500 ヴォルトなりしと云ふ。(大正 7 年 3 級 1)

〔解〕 周波數の變更後も其の變更前と負荷力率は同一なりと假
 定す。然らば負荷電流の變化の割合を以て輸送電力の變化と爲し得
 べし。

今題意により送電端電壓 E_1 は負荷力率を $\cos \phi$ とせば

$$E_1 = \sqrt{(20000 + 1500 \cos \phi + 500 \sin \phi)^2 + (500 \cos \phi - 1500 \sin \phi)^2}$$

$$= 1000 \sqrt{(20 + 1.5 \cos \phi + 0.5 \sin \phi)^2 + (0.5 \cos \phi - 1.5 \sin \phi)^2}$$

より送電端電壓 E_1 を計算し得べし。而して 50 サイクルに変更せ
 る後の電流を I' とせば

$$E_1 = 1000 \sqrt{\left[20 + \frac{I'}{I} (1.5 \cos \phi + \sin \phi)\right]^2 + \left[\frac{I'}{I} (\cos \phi - 1.5 \sin \phi)\right]^2}$$

但し I は 25 サイクルの場合の電流を示す。上式より

$$E_1^2 \times 10^{-6} = 400 + \left(\frac{I'}{I}\right)^2 \left[(1.5 \cos \phi + \sin \phi)^2 + (\cos \phi - 1.5 \sin \phi)^2 \right]$$

$$+ \left(\frac{I'}{I}\right) 40 (1.5 \cos \phi + \sin \phi)$$

$$3.25 \left(\frac{I'}{I}\right)^2 + 40 (1.5 \cos \phi + \sin \phi) \left(\frac{I'}{I}\right) - E_1^2 \times 10^{-6} + 400 = 0$$

$$\therefore \frac{I'}{I} = \frac{-20(1.5 \cos \phi + \sin \phi)}{3.25} + \frac{\sqrt{400(1.5 \cos \phi + \sin \phi)^2 + 3.25(E_1^2 \times 10^{-6} - 400)}}{3.25}$$

(9) 力率 80 パーセントなる 50 キロヴォルト・アムペアの単相誘導負荷あり、之れに並列に静電容量を接続して合成力率を 100 パーセントとなさんとす。所要静電容量は幾何なるか。但し電壓は 10000 ヴォルト、周波数は 50 サイクルとす。

(大正 8 年 4 級一般 1)

〔解〕 負荷電流は

$$I = \frac{50000}{10000} = 5 \text{ アムペア}$$

今電壓と此の電流との相差角を θ とすれば、負荷の遅れ無効分は $I \sin \theta$ なり。而して此の場合力率 80% 即ち $\cos \theta = 0.8$ なる故

$$\sin \theta = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$$

$$\therefore \text{負荷電流の遅れ無効分} = 5 \times 0.6 = 3 \text{ アムペア}$$

従つて此誘導負荷と並列に静電容量を接続して合成力率を 100% にせんとするには、3 アムペアの充電々流を通ずる如き静電容量を用ふれば可なり。依つて所要の静電容量を C マイクロ・ファラッドとすれば

$$3 = 2\pi \times 50 \times \frac{C}{10^6} \times 10000$$

$$C = \frac{3}{\pi} = 0.955 \text{ マイクロ・ファラッド}$$

(10) 電壓一定なる一の母線より出づる同一直長の三相及単相配電線あり、兩線とも一線一條の抵抗は r オーム、リアクタンスは

\times オームにして又負荷の力率は共に 100% とす、此の場合負荷端子電壓を相等しからしむる如き各配電線の電流の比如何。

(昭和 3 年 3 種 2)

〔解〕 単相の場合にも三相の場合にも負荷力率及線路一線の抵抗及リアクタンス等しき故、受電端の線間電壓に対する線間のインピーダンス降下の相差は兩者の場合相等し。従つて線間のインピーダンス降下等しきとき受電端電壓を等しくす。故に三相の場合の線路電流を I_3 、単相の場合の線路電流を I_1 とすれば

$$\sqrt{3} I_3 \sqrt{r^2 + x^2} = 2 I_1 \sqrt{r^2 + x^2}$$

$$\therefore I_3 = \frac{2}{\sqrt{3}} I_1 = 1.155 I_1$$

なるとき受電端電壓等し。

第九章 三相交流配電

(1) 交流三相式 220 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 20 倍となさんが爲已設の電線を使用し配電線の電壓を 2200 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は大略如何に變化するや。(大正 2 年 4 級 2)

〔解〕 擴張後は電力 20 倍となれる代りに配電電壓を 10 倍とするものなれば、線路電流は擴張以前に比して 2 倍となる。従つて電線路に於ける電壓降下の値は従前の 2 倍となる。然れども配電電壓は 10 倍となり居るを以つて電壓降下のパーセントに於ては擴張前の $\frac{2}{10} = \frac{1}{5}$ に減少す。

(2) 三相式 3500 ヴォルトにて送電する出力 400 キロワットの水力発電所あり、下圖の如き送電系統を有し其の送電線路は 150 キロワットに適當せる太さを選定しあり。今需用が漸次之れを超過せんとするに際し發電所以外に施すべき最も經濟的なる設計を求む。(大正 3 年 3 級 2)

第 47 圖



〔解〕 現在の送電線は甲町へ 100 kW、乙町へ 50 kW の送電に對して最も經濟的なる様設計されあるものとす。又甲町及乙町の電力増加率は同一にして、早晚兩町合して、現在の二倍半——發電

所負荷耐量に相當する負荷點に於ける負荷——迄負荷が増加するものと假定す。然らば結局は送電線の太さを兩部分に於て各現在の二倍半即ち現在使用電線の一倍半の太さを有する送電線一回線を増設するを最も經濟的なりとす。然れども電力の増加は直に現今の 2 倍半迄に増加すべきものに非ざれば、差し當り先づ發電所と甲町との間に増設を行ひ、尙電力増加せる曉に及んで乙町迄之れを延長するを最も得策なりとす。

甲町及乙町に於いて電力の増加極めて遅々たるものにして當分 150 kW を超過するも其の値僅少なる如き場合には、甲町に於て昇壓機を設備し、送電電壓が 3500 ヴォルト即ち高壓の範圍を超過せざる程度に於て送電電壓を上昇して、乙町へ送電するの一策あるも、此の設計にては一時の急を凌ぐを得るに過ぎず。

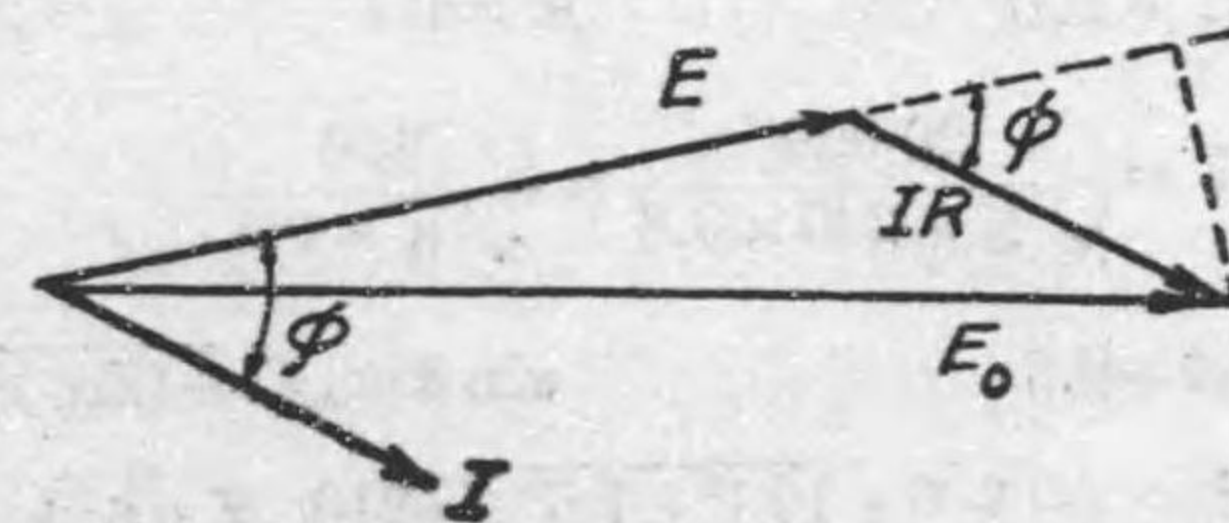
(3) 三相交流三線式にて電燈回路に電流を供給する場合に於て發電所に於ける電壓に比し饋電點に於ける電壓は V ヴォルトの降下を來し各線の電流 I アムペアとせば發電所より饋電點に到る各線の抵抗如何。(線路のリアクタンスは無きものとす。)

(大正 1 年 5 級 2)

〔解〕 電線の抵抗を R、線路電流を I、發電所に於ける星形電壓を E_0 、饋電點に於ける星形電壓を E、又饋電點に於ける力率を $\cos \phi$ とすれば、 E_0 と E との間には次のベクトル圖の如き關係あり(但し線路のリアクタンスは無きものとして)。

従つて

第 48 圖



$$E_0 = \sqrt{(E + IR \cos \phi)^2 + (IR \sin \phi)^2}$$

此の際もし $\cos \phi = 1$ の時には

$$E_0 = E - IR$$

∴ 線路の電圧降下は

$$V = \sqrt{3} E_0 - \sqrt{3} E = \sqrt{3} IR$$

本題の場合には饋電點に於ける負荷は電燈負荷なるを以つて、力率 1 に近し。依つて求むる各線の抵抗は

$$R = \frac{V}{\sqrt{3} I} \text{ オーム}$$

(4) 三相三線式配電線路あり、線路一本の抵抗 0.1 オームなりとす。受電點に線間電壓 200 ヴォルト、力率 0.8 なる 20 キロワットの三相負荷あるとき饋電點の線間電壓を求む。但し線路のリアクタンスは之を無視するものとす。(大正 12 年再 3 種 1)

〔解〕 E = 受電點に於ける線間電壓

E_0 = 饋電點に於ける線間電壓

I = 線路電流

$\cos \theta$ = 力 率

R = 線路一本の抵抗 とすれば

$$\left(\frac{E_0}{\sqrt{3}}\right)^2 = \left(\frac{E}{\sqrt{3}} + IR \cos \theta\right)^2 + (IR \sin \theta)^2$$

$$\therefore E_0 = \sqrt{(E + \sqrt{3} IR \cos \theta)^2 + (\sqrt{3} IR \sin \theta)^2}$$

然るに

$$E = 200 \quad R = 0.1$$

$$I = \frac{20000}{\sqrt{3} \times 200 \times 0.8} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 0.8}$$

$$\cos \theta = 0.8 \quad \sin \theta = \sqrt{1 - (0.8)^2} = 0.6$$

$$\therefore E_0 = \sqrt{(200 + 10)^2 + 7.5^2} = 210 \text{ ヴォルト}$$

(5) 三相三線式送電線路に於て

D = 送電距離

L = 電線一條の單位長の自己誘導係數

r = " " " 抵抗

F = 周波數

P_2 = 受電端に於ける電力 但し力率を 1 とす

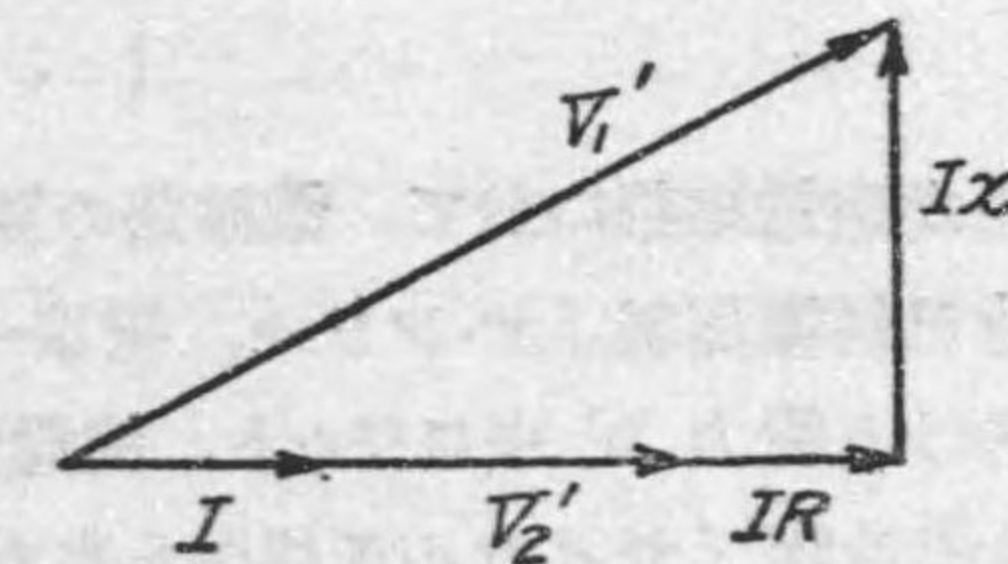
V_2 = " 電壓

とすれば發電端に於ける電壓 V_1 を求むる算式を示せ。

(大正 7 年 4 級 2)

〔解〕 今發電端及び受電端に於ける星形電壓をそれぞれ V_1' 及 V_2' とせば、其の相關係のベクトル圖は次に示す如し。但し I は線電流にして $I = \frac{P_2}{\sqrt{3} V_2}$ より求めらる。

第 49 圖



第 49 圖に於て

$$X = 2\pi FLD$$

$$R = rD$$

$$V_1' = \sqrt{(V_2' + IR)^2 + (IX)^2}$$

$$V_1 = \sqrt{3} V_1' = \sqrt{3} \sqrt{(V_2' + IR)^2 + (IX)^2}$$

$$= \sqrt{\left(V_2 + \frac{P_2 r D}{V_2}\right)^2 + \left(\frac{2\pi F P_2 L D}{V_2}\right)^2}$$

(6) 三相三線式交流配電線路あり、線路一本の抵抗 0.3 オ-

ム、リアクタンス 0.25 オームなりとす、受電點に無誘導性にして 200 ヴォルト、5 キロワットの三相負荷あるとき送電點の線間電壓を求む。
(大正 12 年 3 種 1)

〔解〕 今 E, V を夫々送電點の線間電壓及び星形電壓とし、 E_0, V_0 を夫々受電點の線間電壓及び星形電壓とし r, x, I を一線の抵抗、リアクタンス、電流とせば $E = \sqrt{3}V, V_0 = \frac{E_0}{\sqrt{3}}$
 $= \frac{200}{\sqrt{3}}, I = \frac{5000}{\sqrt{3}E_0} = \frac{5000}{\sqrt{3} \times 200}$ 一相を取りて考ふれば、
 $V = \sqrt{(V_0 + Ir)^2 + (Ix)^2}$

故に線間電壓 E は、

$$E = \sqrt{3} V = \sqrt{3} \sqrt{(V_0 + Ir)^2 + (Ix)^2}$$

$$= \sqrt{3} \left\{ \left(\frac{200}{\sqrt{3}} + \frac{5000 \times 0.3}{\sqrt{3} \times 200} \right)^2 + \left(\frac{5000 \times 0.25}{\sqrt{3} \times 200} \right)^2 \right\}$$

$$\doteq \sqrt{43095} \doteq 208 \text{ ヴォルト}$$

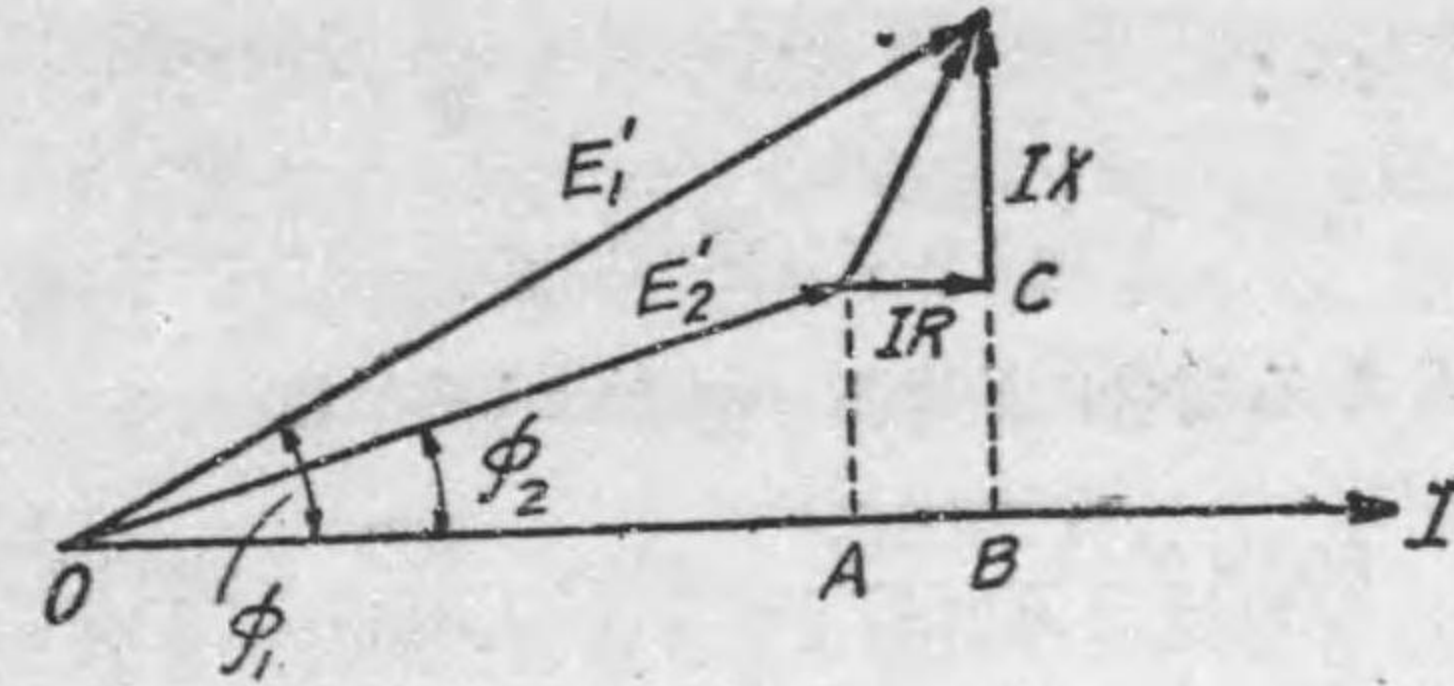
(7) 三相三線式送電線路に於て、電線路の互長 D 尺、電線路の互長一千尺の自己誘導係数 l ヘンリー、電線一千尺の抵抗 r オーム、受電點に於ける電力 W キロワット、同電壓 E ヴォルト、及同力率 $\cos \phi_2$ 、及周波数 f サイクルを與へられたる場合に於て、發電點に於ける電壓 E_1 を圖式(vector method)に依りて示せ。但し静電容量は考へざるものとす。
(大正 4 年 3 級 2)

〔解〕 發電點及受電點に於ける線路電壓を E_1 及 E_2 、其の星形電壓を E_1' 及 E_2' ヴォルト、一線の全抵抗及全リアクタンスを R 及 X オーム、各線電流を I アムペアとすれば、抵抗による電壓降下は IR にして、其の相は I と等し。又リアクタンスによる電壓降下は IX にして其の相は I より 90° 進む。故に右電壓の相は圖の如し。

第 50 圖に於て

$$OA = E_2' \cos \phi_2 \quad AB = IR \quad CB = E_2' \sin \phi_2$$

第 50 圖



$$\therefore E_1' = \left[(E_2' \cos \phi_2 + IR)^2 + (E_2' \sin \phi_2 + IX)^2 \right]^{1/2}$$

然るに

$$E_1 = \sqrt{3} E_1', \quad E_2 = \sqrt{3} E_2'$$

然して、且つ題意により

$$I = \frac{1000 W}{\sqrt{3} E_2 \cos \phi_2}, \quad R = \frac{rD}{1000}$$

$$X = \frac{2\pi f l D}{1000}$$

$$\therefore E_1 = \left[\left(E_2 \cos \phi_2 + \frac{rDW}{E_2 \cos \phi_2} \right)^2 + \left(E_2 \sqrt{1 - \cos^2 \phi_2} + \frac{2\pi f l DW}{E_2 \cos \phi_2} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\text{又} \quad \cos \phi_1 = \frac{E_2' \cos \phi_2 + IR}{E_1'} = \frac{E_2 \cos \phi_2 + \frac{rDW}{E_2 \cos \phi_2}}{E_1}$$

(8) (イ) 500 kW, 力率 0.8 なる電力の受電端に synchronous condenser を設置して其の點の力率を 0.915 に上げる爲めには condenser の出力は幾何 kVA なるを要するか。

(ロ) 力率の低き負荷に送電する場合 synchronous condenser を使用して送電の力率を改善するに當り一般に力率は 1.0 迄に改善する事をなさずして 0.90 餘に止むる理由如何。(大正 9 年 3 級 3)

〔解〕 (イ) 電力 500 kW, 力率 0.8 なる場合に於ける reactive kVA は

$$500 \times \frac{\sqrt{1-0.8^2}}{0.8} = 500 \times \frac{.6}{.8} = 375 \text{ kVA}$$

又力率 0.915 なる場合に於ける reactive kVA は

$$500 \times \frac{\sqrt{1-0.915^2}}{0.915} = 500 \times \frac{.403}{.915} = 220 \text{ kVA}$$

故に力率を 0.8 より 0.915 に改善する爲めには synchronous condenser の出力は $375 - 220 = 155 \text{ kVA}$ たるを要す。

(ロ) 同じ角度に対する cosine と sine との関係は次の如し。

cosine	1.00	0.90	0.80	0.70
sine	0.00	0.44	0.60	0.71

従つて等しく 10% 力率を増加して発電設備の出力を 10% 増加する場合にも設備すべき synchronous condenser の容量 (発電設備 kVA に對する % にて) は,

力率を 70% より 80% に改善するとき	9%
力率を 80% より 90% に改善するとき	16%
力率を 90% より 100% に改善するとき	44%

斯の如く力率を 90% 以上に改善せんとすれば, 増加し得る発電容量の數倍の出力の synchronous condenser を設備する必要生じ, 反つて不經濟となるを以つて, 一般に力率の改善は約 90% までに止むるものなり。

(9) 三相三線式送電線路あり, 電線一條の抵抗 12 オーム, リアクタンス 16 オームなり, 受電端に無誘導負荷ありて線路の電壓降下 10 パーセントなる時新たに其の負荷 (キロワット) の 40 パーセントに等しき容量 (キロヴォルト・アムペア) の進相機を設置すれば之れに據り同一電壓降下の下に送電電力を幾パーセント増加することを得るや。但し進相機の損失及び他の線路定数は無視する

ものとす。

(大正 13 年 2 種 1)

〔解〕 三相電路に於て送電端及受電端の星形電壓をそれぞれ E_0 及 E , 送電電流の E に對しての有効分を I_1 , 無効分 (進電流) を I_2 , 送電線一條の抵抗を r , 同リアクタンスを x とすれば

$$E_0^2 = E^2 + (I_1 r - I_2 x)^2 + (I_2 r + I_1 x)^2$$

なる關係あり。

擬本問の場合進相機を設置せざる場合の負荷電流 (題意に依り其の全部が有効電流) を I とすれば

$$(1.1E)^2 = (E + 12I)^2 + (16I)^2$$

$$1.21E^2 = E^2 + 24EI + 400I^2$$

$$0.21E^2 - 24EI - 400I^2 = 0$$

$$E = \frac{12 + \sqrt{144 + 84}}{0.21} \times I = 129.0 \times I$$

次に進相機を設備して之れに全負荷運轉を行はしむるときには $0.4I$ に等しき進み無効電流を通ずべし。而して此の時に負荷電流 (有効電流) を $(1+k)I$ に増したるときに電壓降下が前と同じく 10% となるものとすれば

$$(1.1E)^2 = [E + 12(1+k)I - 16 \times 0.4I]^2 + [12 \times 0.4I + 16(1+k)I]^2$$

然るに $E = 129I$ なるに依り

$$(1.1 + 129)^2 I^2 = [129I + 12I - 6.4I + 12kI]^2 + [4.8I + 16I + 16kI]^2$$

$$(141.9)^2 = (134.6 + 12k)^2 + (20.8 + 16k)^2$$

$$20135.61 = 18117.16 + 3230.4k + 144k^2 + 432.64 + 665.6k + 256k^2$$

$$400k^2 + 3896k - 1585.81 = 0$$

$$k = \frac{-1948 + \sqrt{(1948)^2 + 400 \times 1585.81}}{400}$$

$$= \frac{\sqrt{4429028} - 1948}{400} = \frac{2104.5 - 1948}{400} = 0.391$$

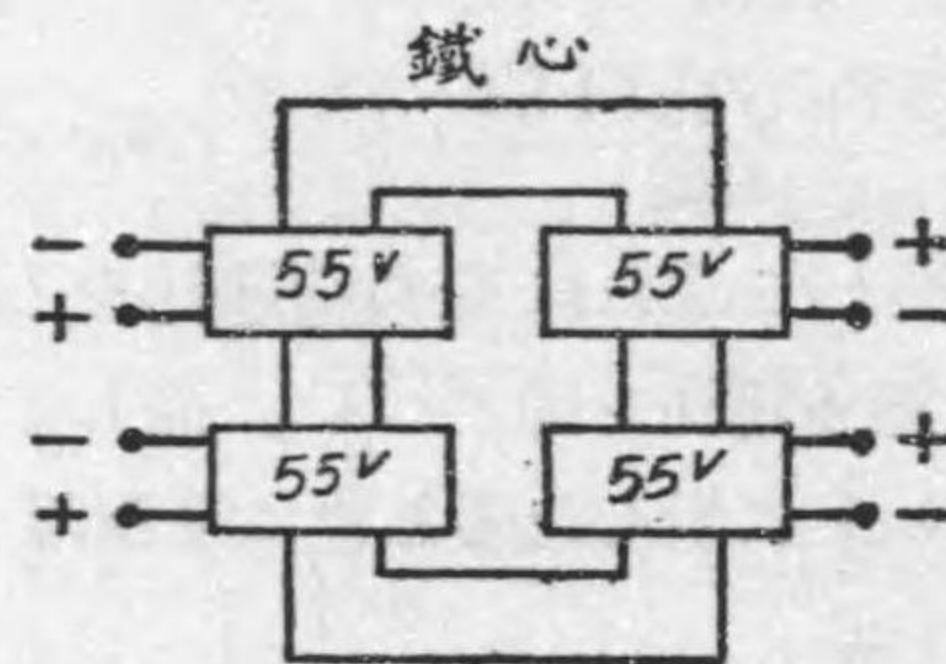
即ち進相機を設置する場合には, 同一受電端電壓及び 10% の電壓降下に對して, 負荷電流従つて負荷電力を約 39% 増加せしむることを得べし。

第十章 變壓器及昇壓器

(1) 圖の如く 55 ヴォルト (開電路の時) 線巻四個を有する單相式變壓器あり、之を外線間電壓 220 ヴォルトなる單相三線式電路に使用するに當り最も適當なる接續方法を圖示し、其理由を説明せよ。 (大正7年3級2)

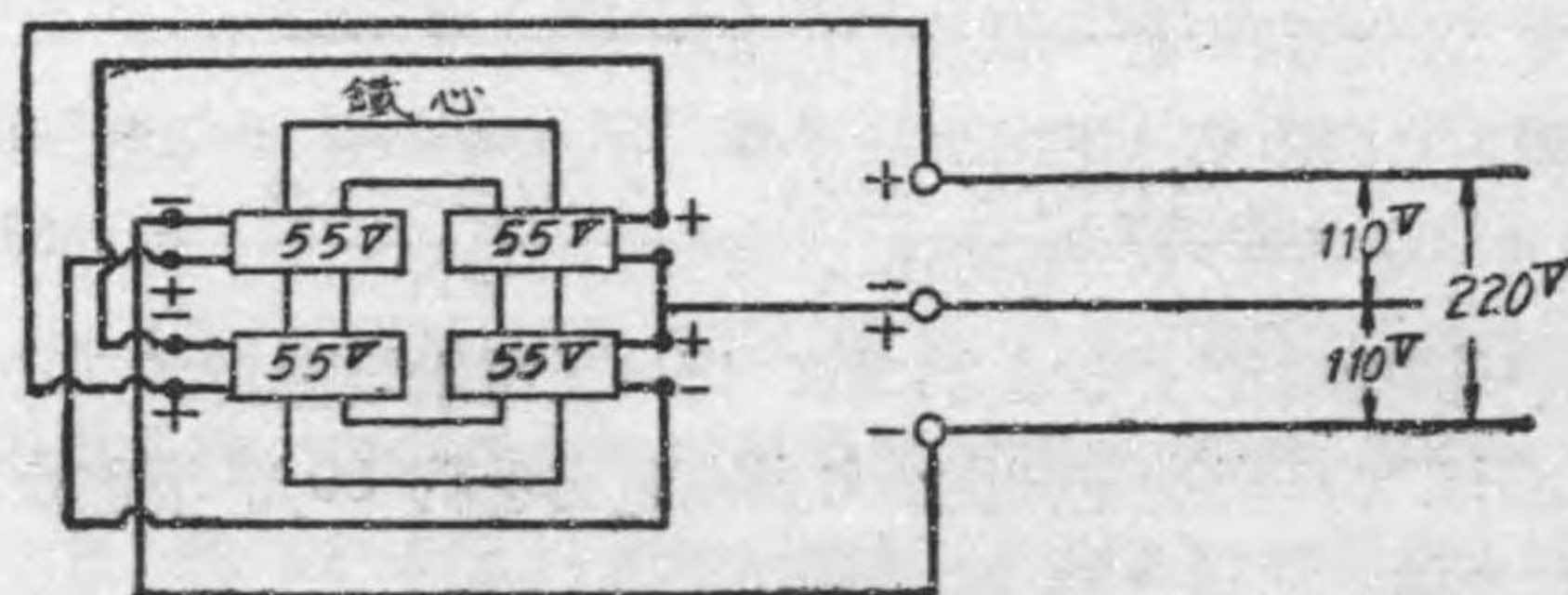
〔注意〕 圖中一次線巻の記入を略す。

第 51 圖



〔解〕 接續は圖に示す如く對角的に結合して使用すべし。其の理由は負荷が中性線の兩側に於て平衡を失ふことあるも鐵心に於て磁力線の分布が平均し、其の結果變壓器の使用状態を良好ならしむべし。若も然らずして互に相隣接せるものを結合するときは、負荷

第 52 圖

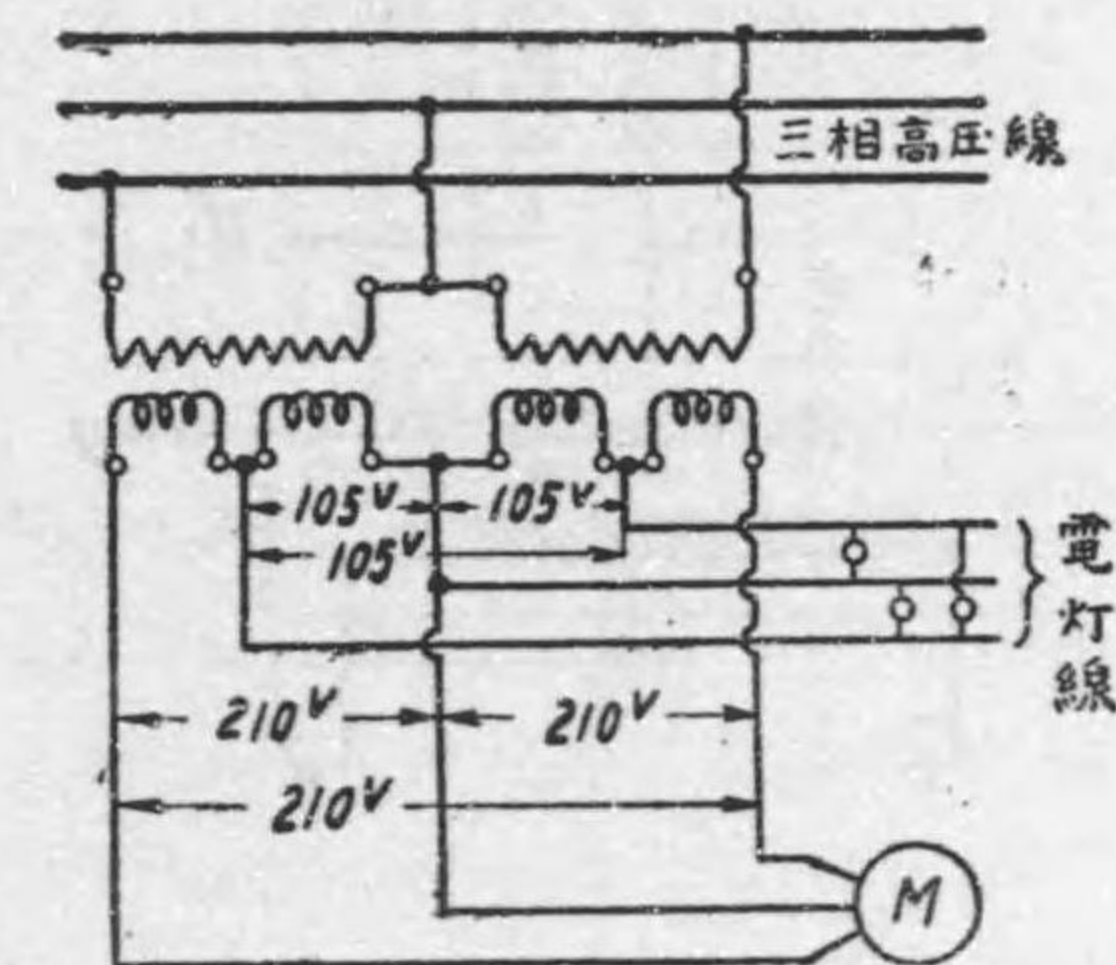


が不平衡に陥りたる場合に負荷の大なるものに對する線巻のある側に於ける變壓器の漏洩磁力線は負荷の少きものに對するものよりも増大し、爲めに變壓器の電壓變動率、能率、力率を對角的に結合せる場合のそれよりも不良ならしめ、従つて負荷の電壓變動率にも好結果を與へざるなり。

(2) 三相三線式電線路に於て二個の單相式變壓器を用ひて 105 ヴォルト電燈及 210 ヴォルト三相式電動機に供給する電線接續圖を示せ。 (大正7年5級2)

〔解〕 此の場合の變壓器の電線接續圖を示せば次の如し。

第 53 圖

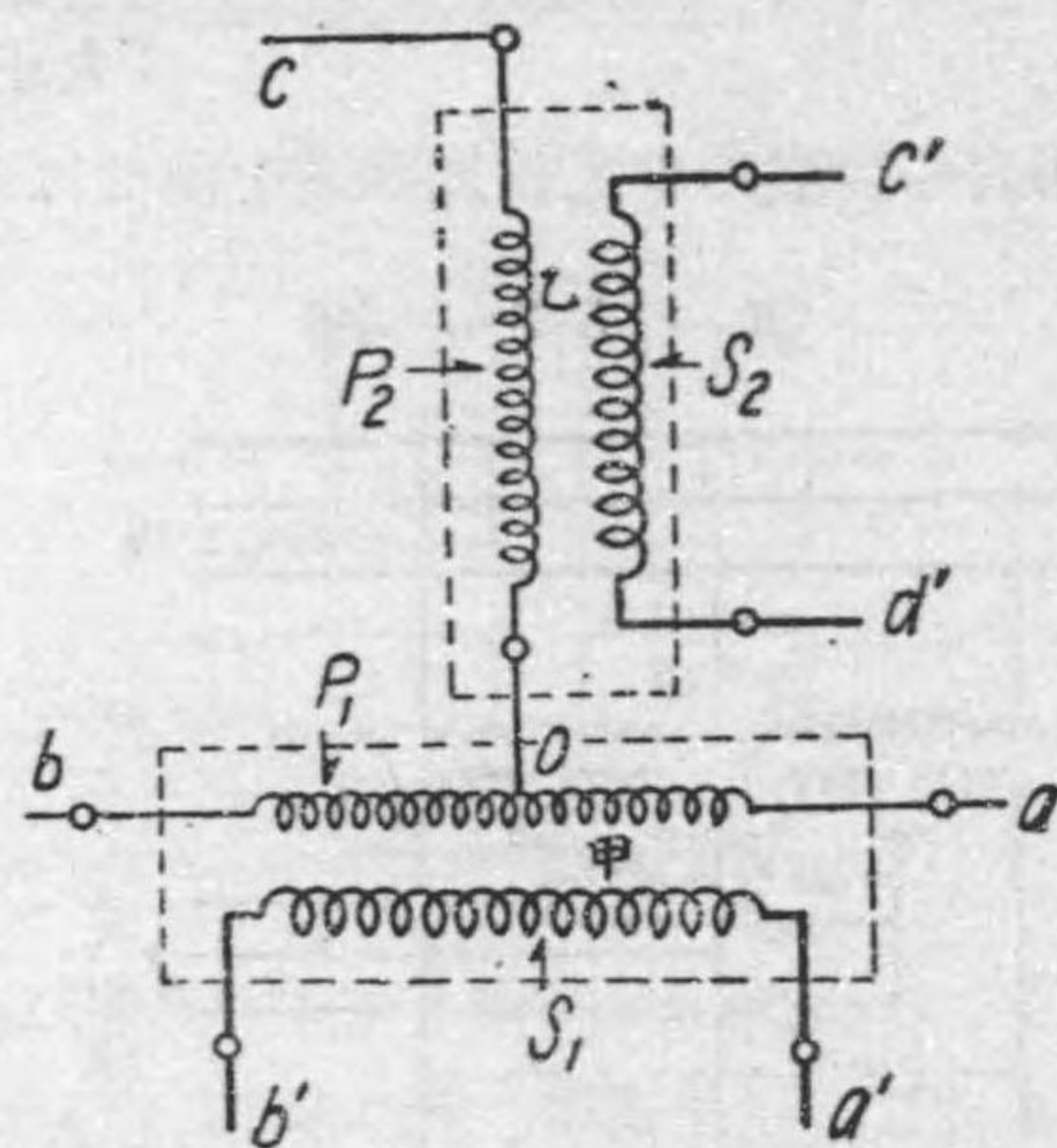


(3) 單相式變壓器二個を用ひて 3150 ヴォルトの平衡三相式 (balanced three-phase system) より 210 ヴォルトの平衡二相式 (balanced two-phase system) に變電する接續方法並各變壓器に就き夫々一次二次電壓を示せ。 (大正4年4級2)

〔解〕 第 54 圖の如く、二個の單相式變壓器甲乙を取り、甲變壓器の P_1 捲線の中點 o に乙變壓器の P_2 捲線的一端を接續し、甲變壓器の變壓比を乙變壓器の變壓比の $\frac{2}{\sqrt{3}}$ 倍とす。而して三個の

端子 a, b, c を三相式回路に, 四個の端子 a', b', c', d' を二相式回路に用ふれば, 二個の单相式變壓器により, 平衡三相式を平衡二相式に變電する事を得べし。之をスコット氏結線法と稱す。而して此結線法により, 3150 ヴォルトの三相式電壓を 210 ヴォルトの二相式電壓に變ずる時は, 甲變壓器の一次電壓は 3150 ヴォルト其二次電壓は 210 ヴォルト, 乙變壓器の一次電壓は 2729 ヴォルト二次電壓は 210 ヴォルトなり。

第 54 圖

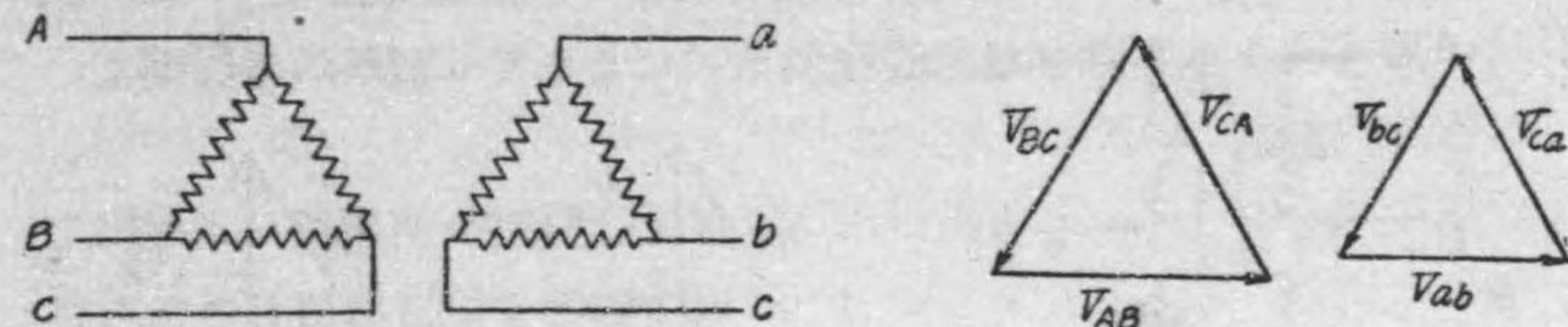


(4) 单相變壓器二個及三個を使用し, 之れを三相式電源に接続して得べき各種電氣方式及其電壓の關係をベクトル圖にて示せ。(大正3年3級1)

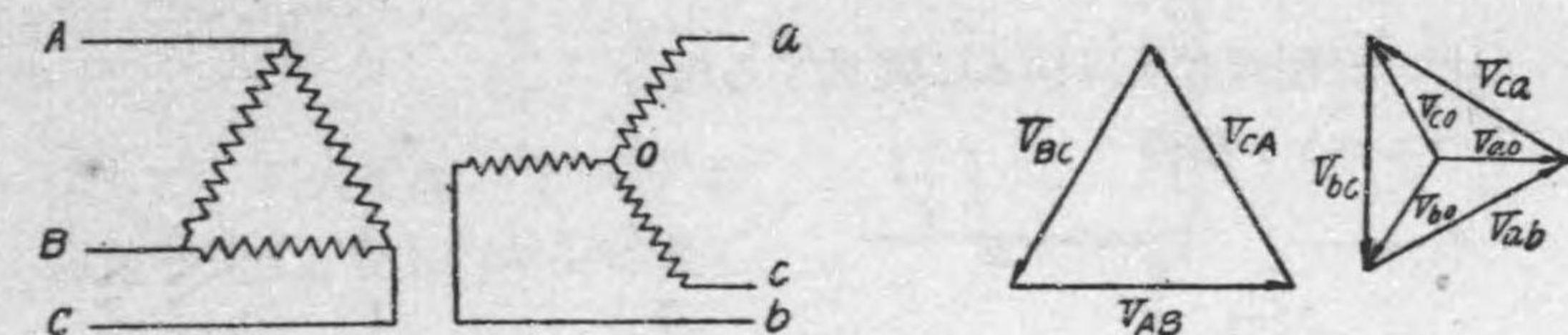
〔解〕 (A) 異なる電壓の三相式に變成する場合

第 55 圖

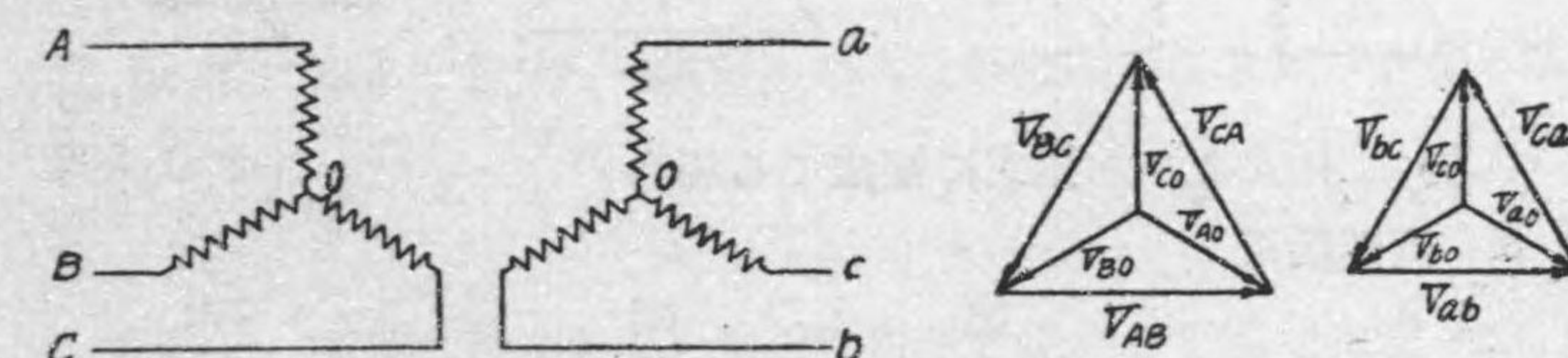
1. ΔΔ 接続



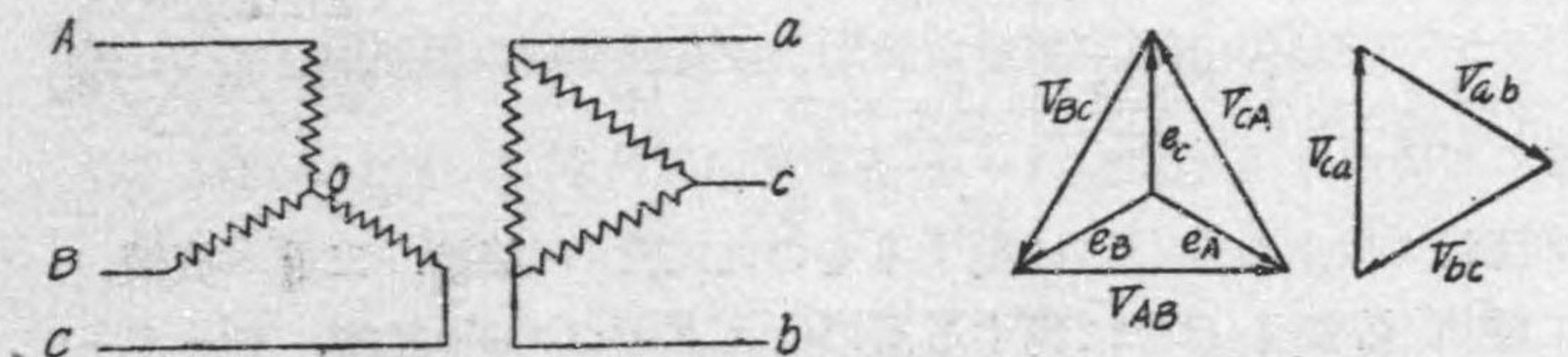
2. ΔY 接続



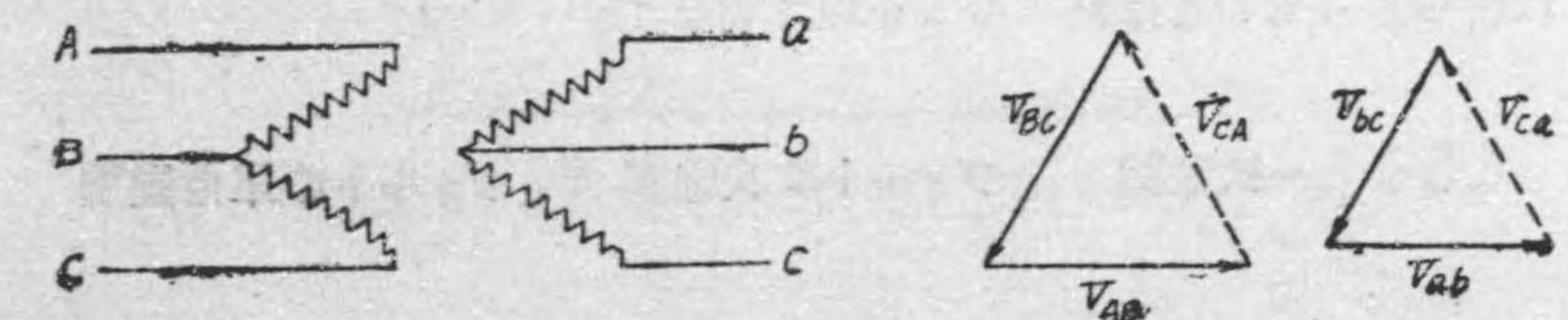
3. YY 接続



4. YΔ 接続

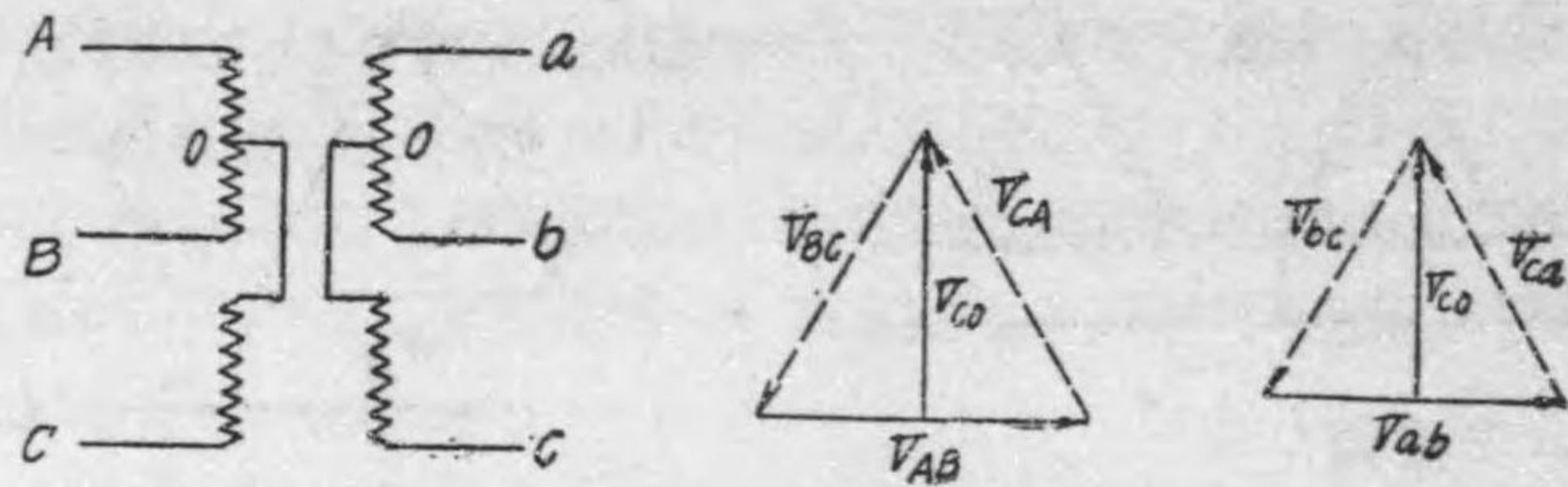


5. V 接続



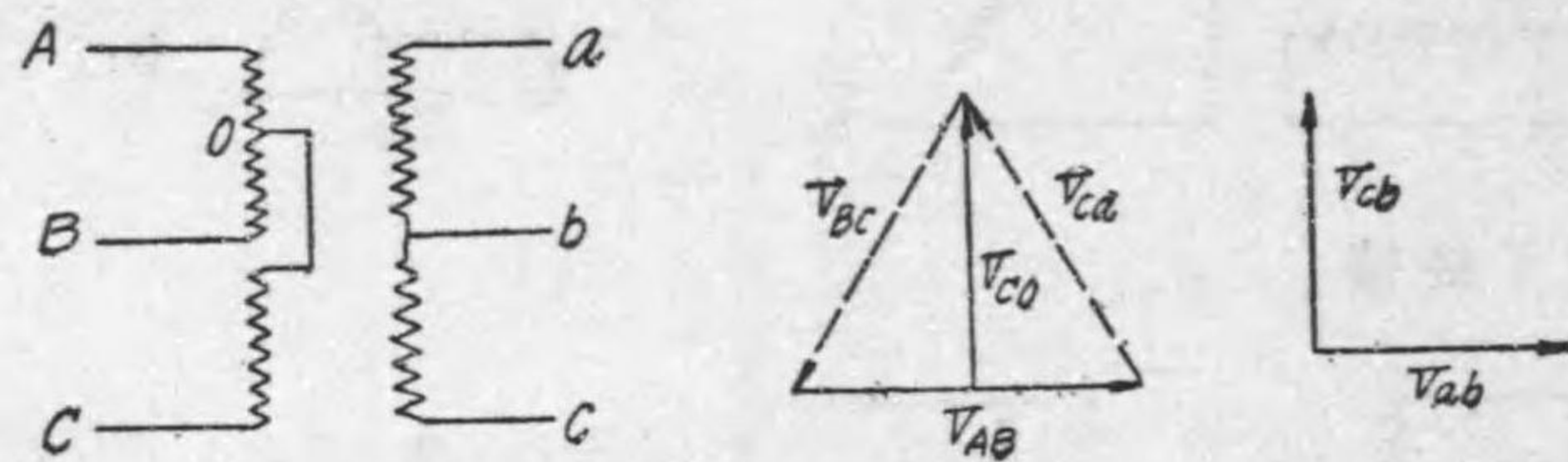
第 56 圖

6. T 接 續



(B) 三相式より二相式に變成する場合

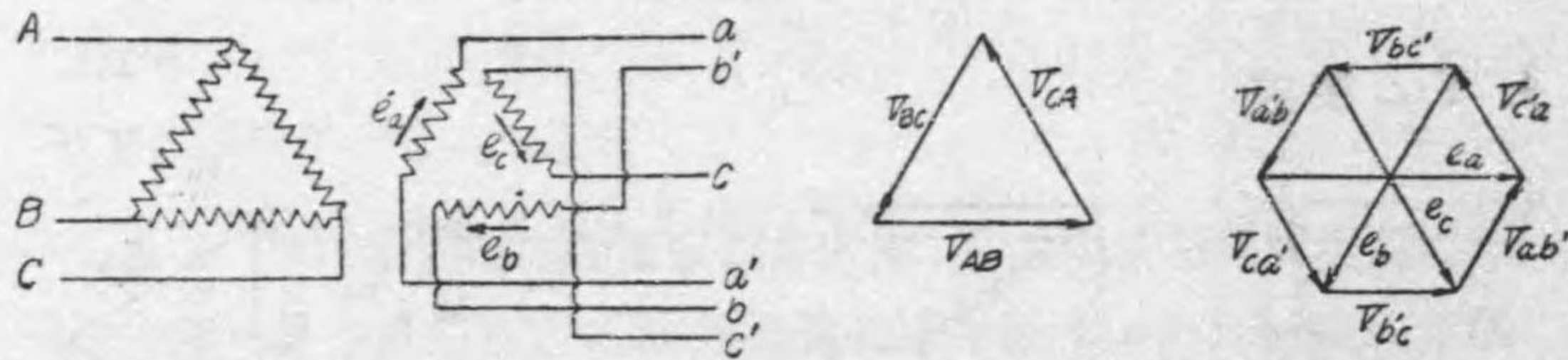
7. スコット接續



(C) 三相式より六相式に變成する場合

8. 直徑接續

第 57 圖



〔註〕 以上の外 (B) に屬するものに二重 Y 接續，二重△接續，二重 T 接續又 (C) に屬するものにスタインメツ接續，テラー接續等あれども本問の解答としては之れ等を全部答ふる事を要求され居らざるものと推察するを以て省略す。

(5) 一次電壓 E_1 ヲルト二次電壓 E_2 ヲルトの單捲變壓

器あり二次回路の電流 I_2 アムペアなる時一次回路の電流及變壓器内 ab, bc の部分に流るゝ電流を算出せよ。

但變壓器の抵抗リアクタンス及勵磁電流は無視するものとす。

(大正5年4級一般理論2)

〔解〕 變壓器の抵抗，リアクタンス及勵磁電流を無視すれば變壓器の一次電流は

$$I_1 = \frac{E_2}{E_1} I_2$$

にして，二次電流 I_2 と 180° の相差を有す。故に ab 間に流るゝ電流は

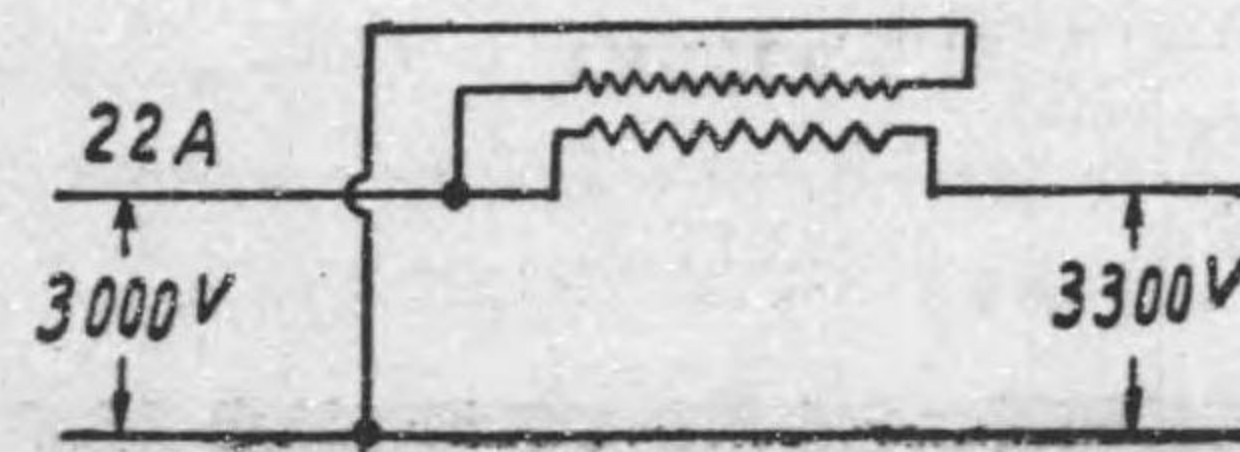
$$I_2 - I_1 = I_2 - \frac{E_2}{E_1} I_2 = \left(1 - \frac{E_2}{E_1}\right) I_2 \text{ アムペア}$$

又 bc 間に流るゝ電流は一次電流のみなれば $\frac{E_2}{E_1} I_2$ アムペアなる事明かなり。

(6) 下圖に示すが如く單相變壓器を使用して單相交流 3000 ヲルトを 3300 ヲルトに昇壓せんとす。今 3000 ヲルト側に供給する電流を 22 アムペアとすれば變壓器の容量を幾何となすべきか。但し變壓器の勵磁電流並に損失は無視するものとす。

(大正8年5級3)

第 59 圖



〔解〕 變壓器の勵磁電流並に損失を無視すれば，3300 ヲルト

側の電流は

$$22 \times \frac{3000}{3300} = 20 \text{ アムペア}$$

而して変圧器の二次電圧は

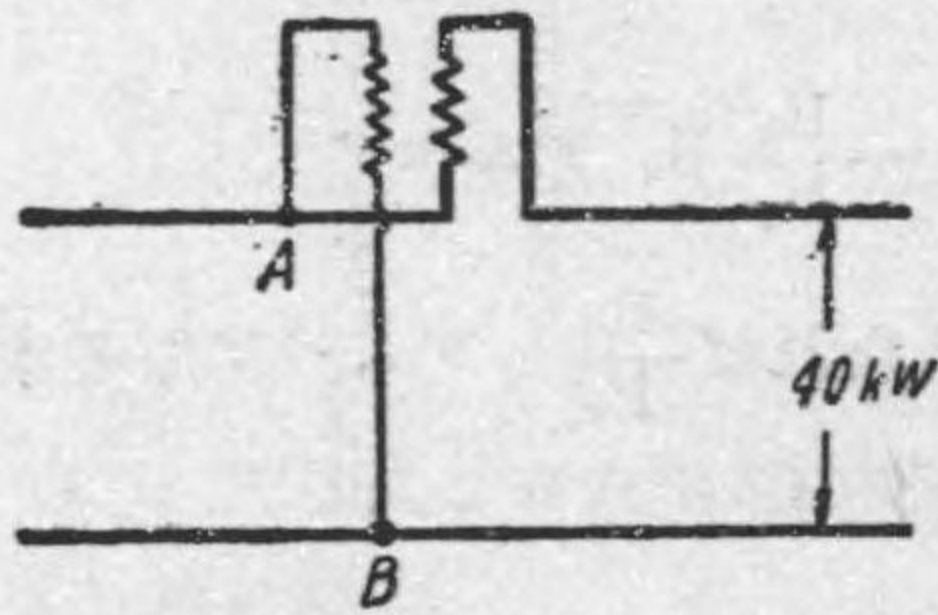
$$3300 - 3000 = 300 \text{ ヴォルト}$$

なる故、変圧器の容量は

$$\frac{300 \times 20}{1000} = 6 \text{ kVA}$$

となすべきなり。

第 60 圖



(7) 単相交流回路に於て A B 二点間の電圧 3000 ヴォルトなり。今電圧を増加せんが爲め 3300/220 ヴォルトの変圧器を圖示せる如く該回路に接続し 40 キロワットの電力を電燈回路に供給せんと欲す。該変圧器容量の最小限度幾何。(大正1年4級2)

〔解〕 変圧器の昇圧する電圧は $3000 \times \frac{220}{3300} = 200$ ヴォルトなるを以て、昇圧後の回路の電圧は 3200 ヴォルトなり。故に變壓器の二次電流は力率1の時に於て

$$\frac{40000}{3200} = 12.5 \text{ アムペア}$$

故に變壓器の容量は

$$\frac{12.5 \times 220}{1000} = 2.75 \text{ kVA}$$

を最小限度とす。

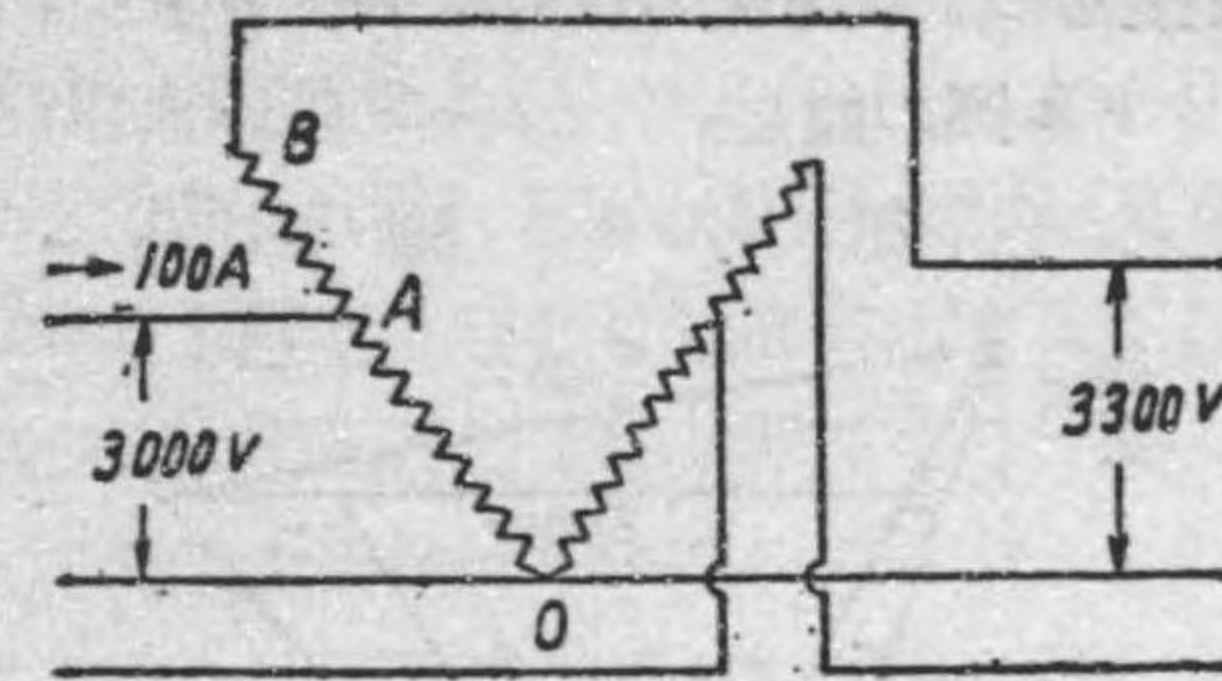
(8) 単相變壓器二個を用ひて三相三線式 3000 ヴォルトより三相三線式 3300 ヴォルトに昇壓せんとす。此場合に於ける接続方

法如何。並に一次側の各線電流 100 アムペアなる場合の變壓器の容量(單相變壓器として使用する場合の)を計算せよ。

(大正8年4級3)

〔解〕 接続圖下の如し。

第 61 圖



上圖に於て

$$AB \text{ 間の電流} = 100 \times \frac{3000}{3300} = 91 \text{ アムペア}$$

$$AB \text{ 間の電圧} = 3300 - 3000 = 300 \text{ ヴォルト}$$

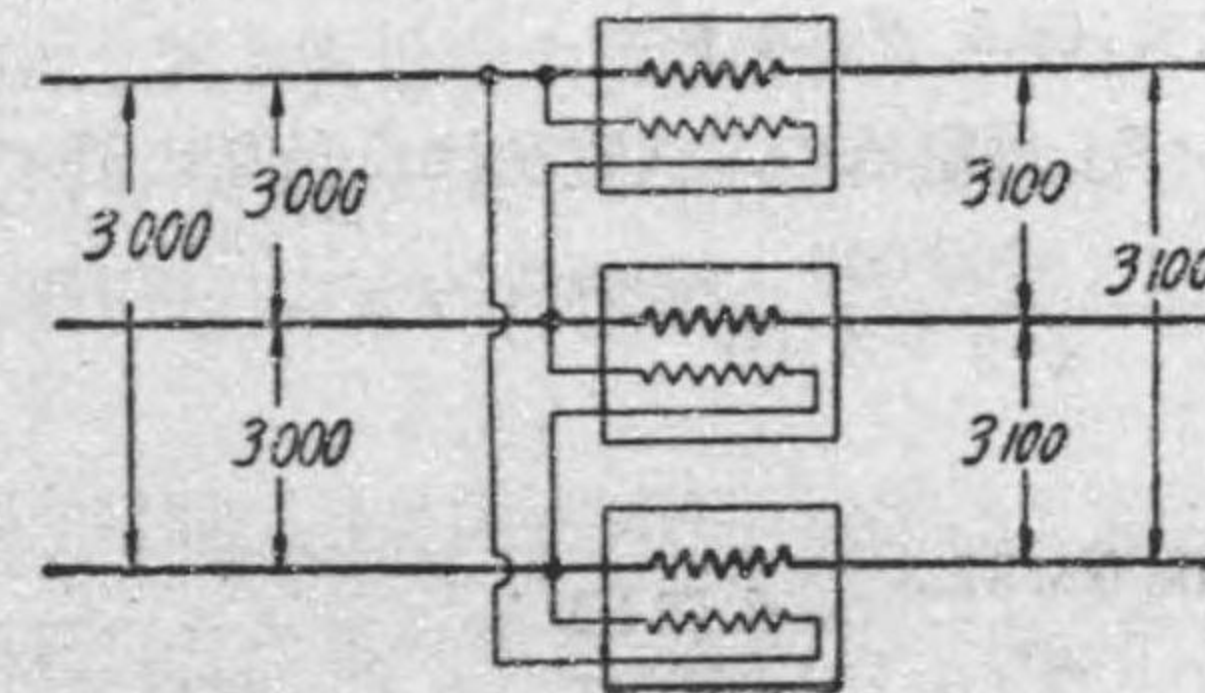
故に一次側線電流 100 A なる場合の變壓器出力は

$$\frac{300 \times 91}{1000} = 27.3 \text{ kVA}$$

なり。

(9) 三相三線式 3000 ヴォルト 200 キロヴォルトアムペア送

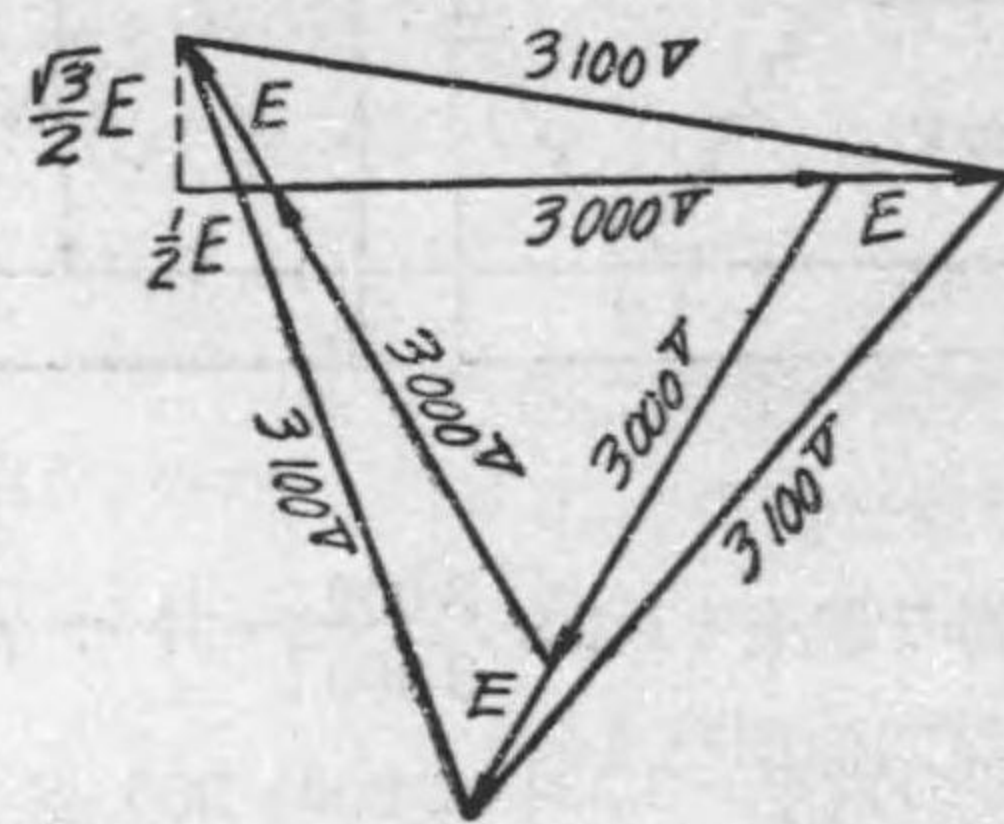
第 62 圖



電線の電圧を 3100 ヴォルトに上昇せしむる爲め単相式變壓器三個を用ひ圖の如き接続法を使用せんとす、該變壓器の一次、二次兩電壓及容量を示せ、但し變壓器の損失は無視す。(大正5年4級3)

〔解〕 昇壓器の一次捲線は各線間電壓を受くるが故に昇壓器の二次電壓の相は一次側線間電壓と同相なり。従つて 3000 ヴォルト側線間電壓、昇壓器の二次電壓 E 及 3100 ヴォルト側線間電壓の關係は次のベクトル圖の如し。

第 63 圖



$$\begin{aligned} \text{故に} \quad & \left(\frac{\sqrt{3}}{2} E\right)^2 + \left(\frac{1}{2} E + 3000 + E\right)^2 = 3100^2 \\ & 3E^2 + 9000E - 610000 = 0 \\ & E = \frac{-9000 + \sqrt{81000000 + 7320000}}{6} = 66.5 \end{aligned}$$

即ち昇壓變壓器の電壓は

一次 3000 ヴォルト

二次 66.5 ヴォルト

ならざるべからず。昇壓器の二次電流は全負荷に於て

$$I = \frac{200000}{\sqrt{3} \times 3100} = 37.3 \text{ アムペア}$$

故に其容量は

$$\frac{66.5 \times 37.3}{1000} = 2.48 \text{ kVA.}$$

第拾一章 避 雷 器 其 他

(1) (a) 磚子の枯 (ageing) とは何か。

(b) 壓室多隙避雷器 (compression-chamber multi-gap arrester) の特徴を説明せよ。 (大正10年2種1)

〔解〕 (a) 磚子の枯れとは、温度の影響、高電圧等に依り、磚子の絶縁性が年月を経過し自然に漸次劣化することなり。

(b) 元來此の避雷器は柱上變壓器保安の目的に考案されたるものにして、火花間隙を密閉せる室内に装置せるものなる故、之を屋外に使用するも塵埃雨滴等の爲めに間隙の變化することなく、従つて其の作用の確實を期することを得。放電は密閉室内に發生するものなるが故に、放電の生ずる場合には弧光熱の爲めに室内の氣壓を上昇せしめ、速に火花を消滅せしむるを以つて、放電に連續して power current の流るゝことを防止する作用も亦大なり。

(2) 高壓配電線用避雷器につき下の二項に答へよ。

(イ) 柱上變壓器には個々に避雷器を附するを可とする理由を略説せよ。

(ロ) 現今使用せらるゝ屋外避雷器の最も良好なるものを挙げ其働作を略説せよ。 (大正8年4級2)

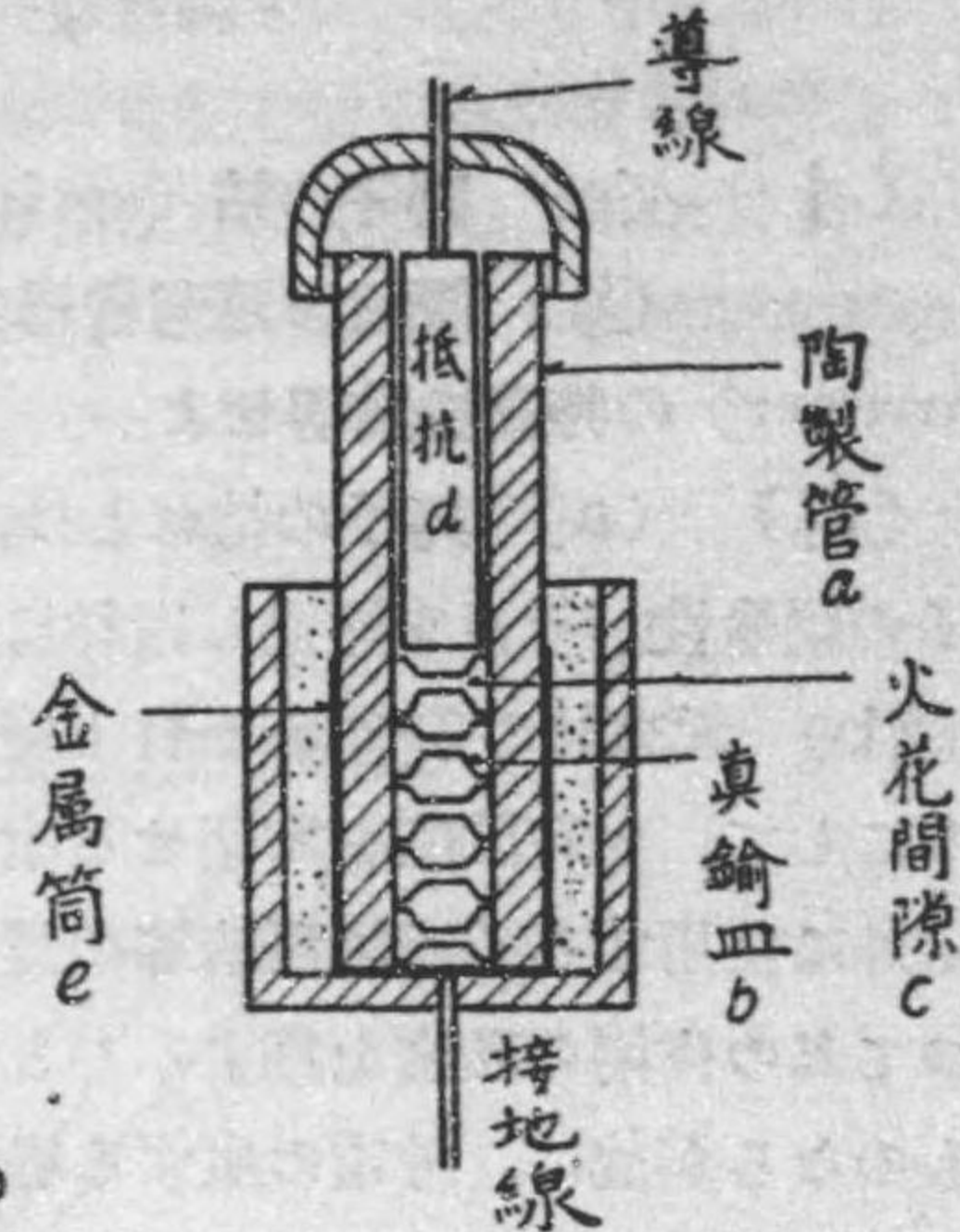
〔解〕 (イ) 配電線路中に取り附けたる避雷器の空中擾亂に對する防護作用は、其の附近僅の範圍に限らるゝものにして、少しく隔れる場所に對しては殆ど其の効果は認められず。依つて配電用柱上變壓器の防護用としては變壓器個々に避雷器を附するを可とするものなり。

(ロ) 高壓配電線用屋外避雷器即ち高壓柱上變壓器防護用避雷器として最も良好なりと認めらるゝものは compression-chamber

lightning arrester (壓室避雷器) なり。次に其の構造及動作を略説せん。

第 64 圖

圖は壓室避雷器の略圖にして、密封管(a)の下部に多數の眞鍮皿(b)と陶器製離隔片とよりなる火花間隙(c)あり、其の上には抵抗棒(d)を入れ、抵抗棒を配電線に、下部眞鍮皿を接地板に導く。電路の電位上昇すれば火花間隙間の電位傾度増大し遂には電路に近き間隙より逐次火花を通じ、電路より抵抗、間隙を過て大地に放電す。間隙内に弧光が生ずる場合には弧光熱の爲めに密封管内の空氣膨脹して其の壓力を増し、以つて弧光を消滅せしめんとす。圖中密封管外の金屬筒は各間隙の金屬皿と之れとの比較的大なる靜電容量の爲めに各間隙間の電位傾度を電路に近き程急峻ならしめ放電を容易ならしめんが爲めに用ひられたるものなり。



(3) 避雷器を送電線に接続する點に於て塞流線輪 (choking coil) を送電線に直列に接続する目的如何。(明治44年4級4)

〔解〕 空中放電其他の原因に依つて高壓靜電進行波が高速度を以つて送電線より發電所に向つて浸入せんとする時、此の部に塞流線輪を置けば、其の高きイムピーダンスの爲めに靜電波の浸入は阻止され、大部分の電荷は再び送電線の方に向つて反射されんとし塞流線輪の前面に於て甚だ高き電壓を生ず。依つて茲に避雷器を接続すれば電荷は其の火花間隙を通じて大地に放電す。之れ避雷器を接続する點に於ては必ず之れと發電所との中間に塞流線輪を使用す

る所以なりとす。

(4) 下記のものに就き其の構造及用途を略説せよ。

饋電線調整器 (feeder regulator) (大正12年3種3の内)

〔解〕 之れは饋電線の電壓を調整するものにして、單捲變壓器式と誘導型との二種あり。前者の大略を示せば、電源の規定電壓の上下に適當の電壓を與ふべき多くのタップを有する單相式變壓器にして、負荷電壓を調整するにはハンドルを移動して適當なるタップの上に其接觸片を止む。ハンドル移動の際捲線の短絡を防ぐ爲め接觸片を二股とし、兩者の間に抵抗を挿入せるもの多し。

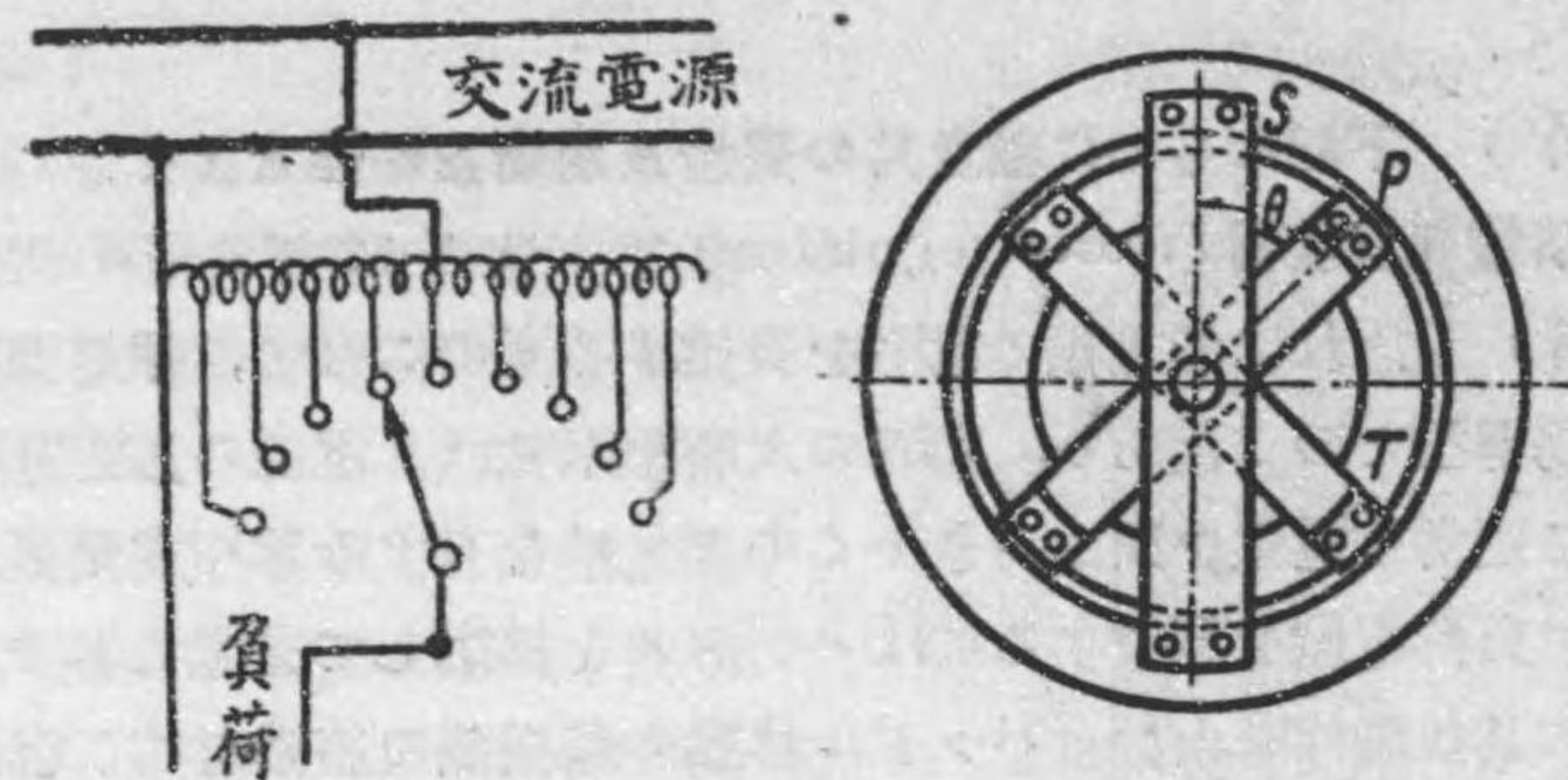
(5) 單相式饋電線電壓調整器 (feeder regulator) の二種に就き其原理及得失を述べよ。(大正7年4級1)

〔解〕 (イ) 單捲變壓器式電壓調整器。此式は電源の規定電壓の上下に適當の電壓を與ふべき多くのタップを有する單捲式變壓器にして負荷の電壓を調整するにはハンドルを移動して適當なるタップの上に其接觸片を止むるなり。而してハンドル移動の際捲線の短絡を防ぐ爲め接觸片を二段とし兩者の間に抵抗を挿入する裝置を有するもの多し。

(ロ) 誘導型電壓調整器。此は普通一次線輪と之れと同心に置かれたる鼓狀鐵心上に捲かれたる二次線輪とより成る。相互の關係位置の如何によりて二次線輪に誘導せられたる電壓が一次の加電壓と相加はり又は之と相殺する如くせられたるなり。其大體の排列は第65圖右側に示す如し。(一次二次何れが固定子となり又は廻轉子となるも差支なけれど、茲には一次を廻轉子としたるものを示す。)二次線輪の誘導起電力の變化する所以は廻轉子の廻轉に伴ひて一次及二次の双方に鎖交する磁束の増減を齎すに依る。

又二次線輪の滲洩磁束は兩線輪軸の一致せざる位置にては其影響は甚だ大なるものなり。依て其影響に打ち勝つ爲めに三次捲線を一

第 65 圖



次巻線と直角の位置に置き之を短絡し以て其害に備ふ。

次に(イ)及(ロ)に述べたる兩調整器の得失の概略を比較せん。

(1) 價格(イ)の方(ロ)より安し。

(2) 電壓の調整 (イ)に於ては其電壓調整はタップの切換に依つて行はるゝものなれば、相隣接する二タップの中間に相當する電壓を得ること不可能なり。(ロ)に於ては一次線輪と二次線輪との關係位置を任意に變ずることによつて電壓調整を行ふものなれば、連續的に任意の電壓を得るの便あり。

(3) 能率及力率は一般に(イ)の方良好なり。

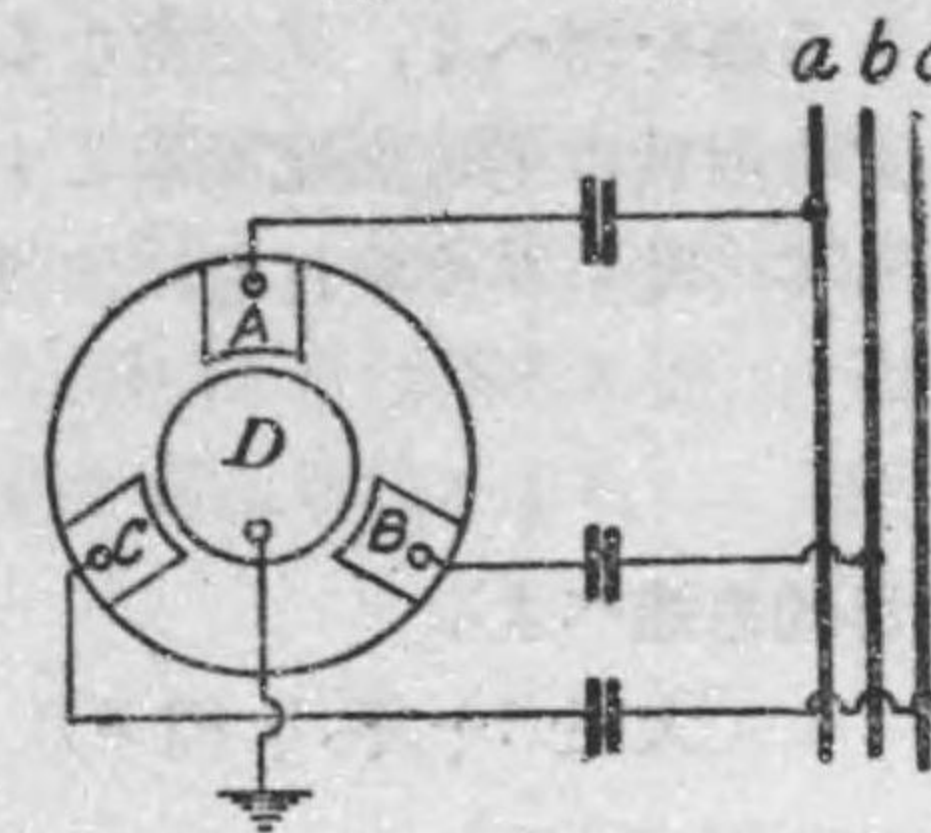
(4) 二次電流甚だ大なる場合には(イ)は適せず。即ちタップの切戻の際困難多し。(ロ)は何等考慮する必要なし。故に大容量のものには(イ)は都合悪し。

(6) 檢漏器(ground detector)の一種に就き其の作用を説明せよ。(大正7年5級一般應用2)

〔解〕 三相電路に使用せらるるものに就いて説明せん。圖に於て A, B, C は互に絶縁せる同心球面の一部、D はアルミニウムの球面の一部にして前者より少しく小なり。其の中には前者と同心に支へられ何れの方へも動き得るものなり。

A, B, C は各幹線 a, b, c に接続せられ、D は接地せらる。今

第 66 圖



各幹線の電壓が大地に對し等しきときには、A, B, C の D に及ぼす電氣的吸引力は互に相等しきを以て、D は中央に靜止す。若し幹線の内一或は二が大地に對する絶縁不良となりたる場合には、各部の D に對する吸引力は異り D は中央より變位す。斯くして各線の大地に對する絶縁(漏電)の良否を知り得べし。

(7) 電磁自動遮斷器及可熔遮斷器の用途を述べ其得失を比較せよ。(明治44年臨時5級1)

〔解〕 電磁自動遮斷器及可熔遮斷器の用途は共に電路の状態が異常となれる場合に自動的に作用して電路を遮斷する目的を有するものなり。可熔遮斷器は概して遮斷すべき電力が比較的小なる場合に使用せらるゝものにして、例へば配電用變壓器の一次線、屋内引込口、シーリングブロック等を使用さる。電磁自動遮斷器にありては遮斷すべき電力比較的大なる場合、例へば發電機メーン又は配電線等を使用さる。

兩者の得失を比較せんに可熔遮斷器は構造簡單にして價格廉なれども、其の定格(rating)の正確を期し難きこと、一度作用したる時に之を回復するに比較的長き時間を要すること、従つて負荷の變化甚だしく屢々電路が遮斷さるゝ如き場合には用ひ難きこと、電壓甚だ高き電路に用ふるものには其の電流極めて少き場合の他用ひ難きこと等の欠點あり。電磁自動遮斷器は其の價格前者に比して甚だ高價なるも、一度調整し置けば豫想通り確實に作用すること、電路の遮斷されたる後極めて僅少なる時間にて之を復舊せしめ得ること等の利益あり。尙可熔遮斷器にては單に過負荷に於てのみ作用するものなるが、電磁自動遮斷器に於ては適當なる構造を加ふるか或は

適當なるリレーを使用する事によつて、最低電流遮断器、最大電流遮断器、逆電力遮断器として作用せしむる事を得べく、又適當なる時限装置を附することに依つて瞬時、定時限或は逆時限遮断器とすることを得べく、尙簡單なる操作に依り其の時限の度を任意に調整し得るの利あり。

(8) 下記各装置の使用場所並に目的を述べよ。

(大正 15 年 3 種 3)

(イ) 最小電流繼電器 (minimum-current relay)

(ロ) 電流制限器 (current limiter)

(ハ) 靜電放電器 (static discharger)

[解] (イ) 最小電流繼電器 蓄電池を充電する場合等に於て、若し電源側に故障を生じ其の電壓降下する場合には、之れがために電流減少し或は更に進んで逆流する、即ち却つて放電する如き場合なしとせず。之れを防ぐ目的にて斯る際に電流減少して或る値に達したる時に、自動的に電路を遮断せしむべく開閉器の切斷用として使用するものなり。

(ロ) 電流制限器 需用家引込口に取付くるものにして、契約以上の電流を使用せる場合に同器の働により自動的に電路遮断するか或は其電路に接続せられたる電燈に連續的點滅作用を生ぜしむるか、或は又其他の方法により電流の値を指定せる以内に制限する目的に使用するものなり。其應用としては定額料金制に於ける盜用防止、其他一般從量制にありても需要電力の均等を計る目的上使用する事あり。

(ハ) 靜電放電器 特別高壓電路と高壓電路との電氣的接觸より生ずる危險を防止するため、變壓器低壓側に施設するものなり。因に本器は一種の避雷器なるも狹義に解釋して混觸豫防装置に就き説く事とせり。

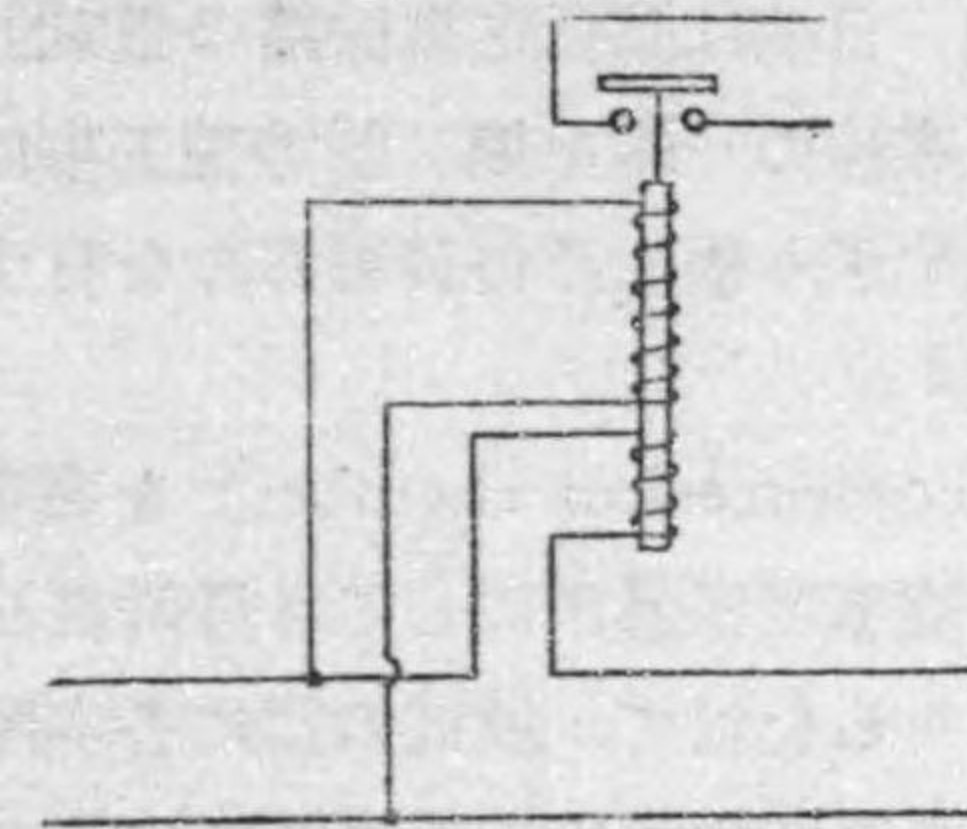
(9) 下記のものに就き其の構造及用途を略述せよ。

(大正 12 年 3 種 3 の内)

逆流繼電器 (reverse-current relay)

[解] 逆流繼電器は直流回路用にして、蓄電池の充電、廻轉變流機の並行運轉等の際に用ひらる。其構造は圖に示す如く、電壓巻線と電流巻線とを有し、電流の方向正當なるとき兩線輪の磁化作用

第 67 圖



同方向にして相加つて鐵心を吸引して繼電器二次回路は開かるゝも、電流方向反對となれば兩線輪の磁化作用相殺され鐵心の吸引力減じ繼電器二次回路は閉じらる。

(10) 交流配電線路に於て下記の場所に設備すべき必要なる保安装置の名稱を擧げ各の目的を略述せよ。(昭和 2 年 3 種 3)

(イ) 高壓架空電線引出口

(ロ) 柱上變壓器

(ハ) 電燈用引込線

[解] (イ) 高壓架空電線引出口

避雷器及塞流線輪を設置すれば可なり。

目的は線路に於ける雷電等の爲めに電壓の非常昇騰の際、これを安全に地中に放電せしむる爲に避雷器を設く。塞流線輪は雷電の如き高周波の電流が電氣機器に入るを防ぐ。

【註】この問題は引出口とあるに依り其の附近のもののみを記せば可なり。檢漏器の如きは普通母線に設くるを以て茲に記するに及ばず。繼電器の如きも之に準ずるを以て述ぶる要無し。

(ロ) 柱上變壓器

(1) 高壓側の各極には非包裝可熔片を具備する碍子型單極開閉器を設く。目的は高低壓の線輪が接觸する場合に、定格電流の二倍の電流にて高壓側を遮斷する可熔片を設く。

(2) 二次線の接地 目的は高低壓電線路の電氣的接觸より生ずる危険を豫防する爲二次線の一端を第二種地線工事に依り接地す。

(3) 低壓側の接地せざる極に非包裝可熔片を有する遮斷子（キャッチホルダー）を設く。

(4) 壓室避雷器（compression chamber）を高壓線路に設く。

これは配電用柱上變壓器保護用に於て多隙避雷器と其原理同じ。其空隙が全然密閉しあるを以て、放電の爲に各空隙に弧光を發生するに當つては、其熱の爲に管内の空氣膨脹し空氣の壓力を増加せしめ其結果直ちに弧光を消滅せしむるなり。

(ハ) 電燈用引込線

架空線の場合を述べんに、低壓幹線と引込線との分岐點に於て、變壓器の無接地側に非包裝可熔片を具ふる遮斷子を設くるを要す、地中線の分岐に於ても亦同じ。

目的は各需要家の故障の際その引込線丈を遮斷し他に影響を及ばざらしむる爲なり。

【註】柱上變壓器の外函は第一種地線工事にするを要せざるも便宜上第二種地線に接續する事多く行はる。

(11) 交流電氣を直流電氣に変更する方法を列擧せよ。

（大正2年4級3）

〔解〕 交流電氣を直流電氣に変更する方法を列擧すれば次の如し。

1. 電動發電機 { (a) 同期電動發電機 } に依る方法
 { (b) 誘導電動發電機 }
2. 變流機 { (a) 廻轉變流機 } に依る方法
 { (b) 縱續變流機 }
3. 水銀整流器 に依る方法

第十二章 電線並絶縁電線

(1) 一定の太さを有する絶縁電線の安全電流 (safe carrying current) を決定する主なる事項を列挙せよ。

(大正7年3級一般應用 1)

〔解〕 絶縁電線の温度上昇は電流に依り心線に発生せらるゝ熱量と絶縁電線の表面より發散せらるゝ熱量とが平衡せる場合に一定す。而て心線に於て発生せらるゝ熱量は心線に通ずる電流、心線の抵抗、心線數に依つて決定され、發散熱量は絶縁物の厚さ、及其の傳熱度、絶縁物の表面積及其の表面に於ける熱の放散係數、鎧裝及鉛被の有無、使用場所の状態及其温度に依つて決定さる。

従つて絶縁電線の安全電流即ち一定の最高許容温度上昇に對する電流の値は主として

- (イ) 心線の太さ
- (ロ) 心線を構成する銅の固有抵抗の値
- (ハ) 心線數
- (ニ) 絶縁物の層の厚さ
- (ホ) 絶縁物の傳熱度
- (ヘ) 絶縁物表面の熱放散係數
- (ト) 鎧裝、鉛被の有無及其表面の状態
- (チ) 絶縁電線の使用さるゝ場所の温度、通風等周圍の傳熱の状態

によつて決定さる。

絶縁物の高温に於ける絶縁耐力並に絶縁抵抗減退の程度及燃燒温度、高温に於ける變質の有無等は絶縁物の種類によつて異なるべきものなるを以つて絶縁電線に許さるべき最高許容温度も絶縁電線の絶縁材料の種類に依つて相違すべし。又絶縁電線の周圍に於ける可燃

性物質の有無に依つても最高許容温度に相當の考慮を用ひざるべからず。されば安全電流を決定するに就ては前記八項の外

- (リ) 使用絶縁物の絶縁耐力及絶縁抵抗と温度との關係
- (ヌ) 使用絶縁物の變質或は燃燒と温度との關係
- (ル) 附近に於ける可燃物質の有無

も最も重要な事項たること勿論なり。我國の現行規程に依れば、絶縁電線の安全電流は其絶縁の種類心線の構造及使用場所の種別に就き夫々一定の値が規定されあるを以つて、電線使用場所の温度が特に高温なる場合を除きては規程に準據して安全電流を決定すれば可なり。

(2) 温度上昇を同一とせる場合に於て電線に通じ得べき電流は電線の直径の約 3 乗に比例することを證明せよ。

(大正2年3級2及び大正9年3級2)

〔解〕 電線の直径を d とし、其の固有抵抗を ρ とすれば、電線單位長の抵抗は

$$r = \frac{4\rho}{\pi d^2}$$

依つて此の電線に通ずる電流を I とすれば、電線單位長内にて發生する熱量は

$$H_1 = I^2 r = \frac{4\rho I^2}{\pi d^2}$$

電線の温度上昇を T とすれば、電線の單位長より周圍に輻射する熱量は

$$H_2 = k \pi d T$$

但し k は電線の周圍に於ける熱の輻射面に依つて定る常數

而して電線の温度一定に達せる場合に於ては電線内にて發生する熱量 H_1 と、電線周圍より輻射によつて失はるゝ熱量 H_2 とが互に等しからざるべからず。故に

$$\frac{4\rho I^2}{\pi d^2} = k \pi d T$$

$$\therefore I = \left(\frac{k \pi^2 T}{4 \rho} \right)^{\frac{1}{2}} d^{\frac{3}{2}}$$

即ち同一種類の電線にては、温度上昇を同一とせる場合に於て電線に通じ得る電流は其の直径 d の $\frac{3}{2}$ 乗に比例す。

(3) 布設せる地中電線の電流耐量を定むるに當り考慮すべき主なる事項を挙げ之を説明せよ。 (大正15年2種2)

[解] 地中電線の電流耐量、即ち安全電流は電線の構造、電線の布設方法、布設電線の條數、土壤の温度及乾濕の状態等を考慮して決定すべきものなり。

電線の安全電流を決定するに基準となるべきものは電線の最高許容温度及電線周囲の medium の底温度 (base temperature) なり。何となれば或温度の個所に布設せられたる電線に或る値の電流通じたる時オーム損及び誘電體損によりて上昇せる導體の最後の温度が電線の最高許容温度を超過せざる如き電流を其電線の安全電流と稱するを以てなり。而して電線の最高許容温度は絶縁物の種類及使用電圧によりて異なるものにして、米國 A. I. E. E. の規則に依れば次の如き關係あり。

紙絶縁の場合	85°C - E
浸潤布絶縁の場合	75°C - E
護謨絶縁の場合	60°C - 0.25 E

但し E はキロヴォルトにて表はされたる使用電圧とす。地中電線の場合の底温度は地中の温度を以てするものなるにより普通の深さの暗渠式又は直接埋設法にては四季折々に於て温度の差異あるも安全を計り普通 20°C を取るものとす。

電線の安全電流は各種の條件によりて左右せらるゝこと已に述べたる通りなるが、其主なるものを挙げれば次の如し。

(a) 安全電流と使用電圧との關係 導體の太さ並に布設電線條數同一なるときは安全電流は使用電圧大なるに従つて減少す。其理

由は已に述べたる通り使用電圧の大なるに従ひ電線の最高許容温度低くなり且つ絶縁物の厚さ増加するによる。

(b) 安全電流と導體の太さとの關係 使用電圧及布設電線條數同一なる時は安全電流は導體の太さと共に減少す。何となれば、圓形心線の電線に於ては安全電流は心線の直径の $\frac{3}{2}$ 乗に比例す。然るに心線の斷面積は直径の自乗に比例するを以て、結局安全電流は心線の斷面積の $\frac{3}{4}$ 乗に比例するを以てなり。又扇形心線は圓形心線よりも放熱作用大なる故安全電流大なり。

(c) 安全電流と布設電線條數との關係 使用電圧及導體太さ同一なる時は安全電流は布設電線條數の増加につれ著しく減少するものなり。電線條數多き時は各電線の放熱作用が重なり、暗渠の大地に對する温度上昇が布設電線條數と共に増加するを以てなり。

(d) 安全電流と電線の種類 多心電線にては心線より發生する熱の重なり、冷却面積の小なりとの理由に依り、相等しき心線の太さ及び絶縁物の厚を有する單心電線よりも、安全電流小となるものなり。

其他鎧裝電線を直接地中に埋設するものにおいて周圍の土質により放熱状況を異にし、水底の場合は最も理想的にして、乾燥せる土砂は熱の放散を甚だしく阻害す。之れを要するに外圍の温度及熱の傳導度の良否に依るものなり。

(4) (a) 電氣工作物規程細則に示せる如き網線電線の安全電流の値は如何なる見地より定むべきものなるか。

(b) 木綿被覆電線の安全電流が護謨被覆電線の安全電流より大なるは如何。

屋内に施設する被覆電線の安全電流が屋外に施設する被覆電線の安全電流より大なるは如何。

(大正13年2種口述1)

[解] (a) 通過電流に基づく電線の上昇温度が周圍の絶縁物に

對し有害の作用なき見地より定むべきなり。

(b) 護謨が木綿に比し高温度に依る劣化の甚だしきと、木綿被覆電線は被覆の總厚さ護謨絶縁電線に比し小なるに依り、幾分放熱作用速かなるに依る。

屋内に於ける最高温度は屋外日光の直射する箇所より幾分低きに依る。日光直射に依つて得る温度に電流に基づく温度上昇を加へたる合成温度が其の絶縁を害せざる程度なるを要すればなり。

(5) 鍍装單心電纜は交流配電には一般に不適當なる理由如何。
(大正5年4級2及び大正9年4級3の内)

〔解〕 多心電纜にては各相電流は互に接近せる心線を流るゝが故に各電流の爲めに生ずる磁力は互に打消さる。従つて各心線とリンクする磁束少し且つ鉛被及鍍装を通ずる磁束極めて少し。然るに單心電纜にありては磁力の打消し合ふ事なく、且つ外部には鐵の鍍装を有するを以て多數の磁束を生ず。従つて

- i 多心電纜に比しインダクタンス大なり。
- ii 鍍装内にヒステリシス損を生ず。
- iii 電流大なる時には電纜布設の際互に隣接せるものを絶縁するの必要を生ず。

故に鍍装單心電纜は交流配電に不適當なりとす。

(6) 電纜の鍍装法二種を挙げ其用途を述べよ。

(大正9年4級3の内)

〔解〕 鐵線鍍装と鋼帶鍍装とあり。鍍装せらるべき心線の座捲コアベツディングを塗きての直径が0.5吋以下なる時は鐵線鍍装法が行はれ、又直径が之れ以上なる時は鋼帶裝鍍も鐵線鍍装も共に施さる。電纜が張力を受くる場合例へば河底線、淺海線又は鑛山堅坑用等には鐵線鍍装法に依り、然らざる場合例へば地中埋設線の如きには鋼帶鍍装を用ふること多し。

(7) 地中線埋設工事方法に就て記載せよ。

(大正10年2種2)

〔解〕 地中電線路の構造によりて次の如く工事方法を異にす。

(イ) 線樋式 (trough system) 高壓又は特別高壓鍍装電纜の埋設に適用さるゝ方法にして、地表下1米位の深さに堀溝して底部を搦固め床付して、之に半土管又は混凝土樋を配置するか或は煉瓦又は石材を以て障壁を築き、其内に川砂を敷きて電纜を引入れ之に埋設して鐵、平石又は木材の蓋を施し、線樋の周圍及上部に土を埋戻して搦固め、最後に路上10種位の餘盛をなし砂利を撒布して蛸搦を施すものとす。

高低兩電壓線が同一線路に在る場合は、高壓線樋を下にし低壓線樋を片寄せて上に埋設し兩線間を30種以上隔離するか、同一線樋に容るゝ時は兩線間に石板、混凝土板又は煉瓦を挿むを可とす。

地中電纜と地中弱電流線又は瓦斯水道金屬管路との交叉或は接近に距離が30種以下なる時は、地中電纜を丸土管に通して布設し、鐵道又は軌道を横斷する時は1米以上の深さに鐵管を通して埋設し下水横斷には其下方30種以上を離隔して鐵管を通して地中電纜を引込み、橋梁添架には轉子を設けて之れを架渉するか或は鐵管を通ずるものとす。

之に使用する紙絶縁鍍装地中電纜の接續は接續函 (joint box) に於て行ひ、其方法は次の如し。先づ電纜接續部の適當の所を細き針金又は布片にて縛し、不要の絨斗及鍍装を切取り鉛被及び絶縁帯を剥ぎ、絶縁物を損傷せざるやう徐々に被覆心線を分離し、纖維又はエポナイト製の分離板 (separator or spreader) を嵌め、先端の絶縁被覆を切去り心線を揮發油又は酒精にて清淨ならしめ、松脂或はペーストを塗り錫鐵を以て接合又は銅管接續を行ひ、綿護謨絶縁布等の扁帶を纏捲して乾燥せる接續函内に配置し、被鉛並に鍍装を之れに電氣的にも機械的にも完全に固着し、パッキングを附して蓋を蔽ひ、熔融せる絶縁混和物を栓孔より徐々に注入して空氣を排出し

冷却後埋戻して路面に混凝土製の如き目標を設くるものとす。電纜の分岐も同様にして分岐函 (branch box) に於て行ひ、又地上に引上ぐる所には終端函 (cable head or end bell) を設け、同様にして架空線に接続するものなり。

(ロ) 暗渠式 (conduit system) 低壓又は高壓鉛被電纜に適用される方法にして、土管混凝土管(單孔又は多孔、丸孔又は角孔あり)或は纖維管鐵管等を繼合せて管路を作り電纜を引込むものなれば引込式 (drawn-in system) とも稱す。暗渠を築造するには堀溝の底部を搦き固め、管を布設するか、割栗石及目潰砂利を入れて十分に搦固め、混凝土基礎を作り、土管又は混凝土管を使用する時は、トロ又はアスファルトを塗り、固まりたる後管を配置して、其の繼目に布片を捲き、セメントトロ又はアスファルトを塗りて防水し、全部の配列を終れば、外圍に同様の防水工事を施して、其の周圍に混凝土壁を設け、鐵管の場合は地形混凝土の上に相當の介在物を施して配列し、其の繼目に麻屑糸を押し入れ鉛を溶し込みて防水し、其の周圍に混凝土工を施して埋戻すものとす。

電纜を引込むには豫め暗渠に鐵線を通じて地中函より引込み、又鉛被の損傷を防ぐため之に絨斗卷するか又は滑動油を塗沫するを要す。電纜の接続は地中函に於て前項と同様にして接續鉛管を用ひて行ふ。高壓線用地中函人孔 (man hole) は分岐交叉せざる所に在りては四五百尺の間隔に設置し、低壓線用地中函手孔 (hand hole) は約百尺の距離に築造するものとす。地中函の周壁はアスファルトフェルト卷或はセメントトロ塗とし防水を完全にすると共に排水設備を施し、若し爆發性又は燃焼性瓦斯の浸入する虞ある場所に設くる時は、通風を良好ならしめ點檢に便なるやう装置す。

(ハ) 固定式 (solid system) 裸電線又は鉛被電纜の堀溝又は其内に布設せる線樋に引入れ、周圍に絶縁混和物を填充して(蓋を施し)埋設する方法にして、小石多き土地又は地質に鹽素鹽類或は酸性を帶び化學作用又は電氣分解作用を受け易き場所の工事に適當なる方

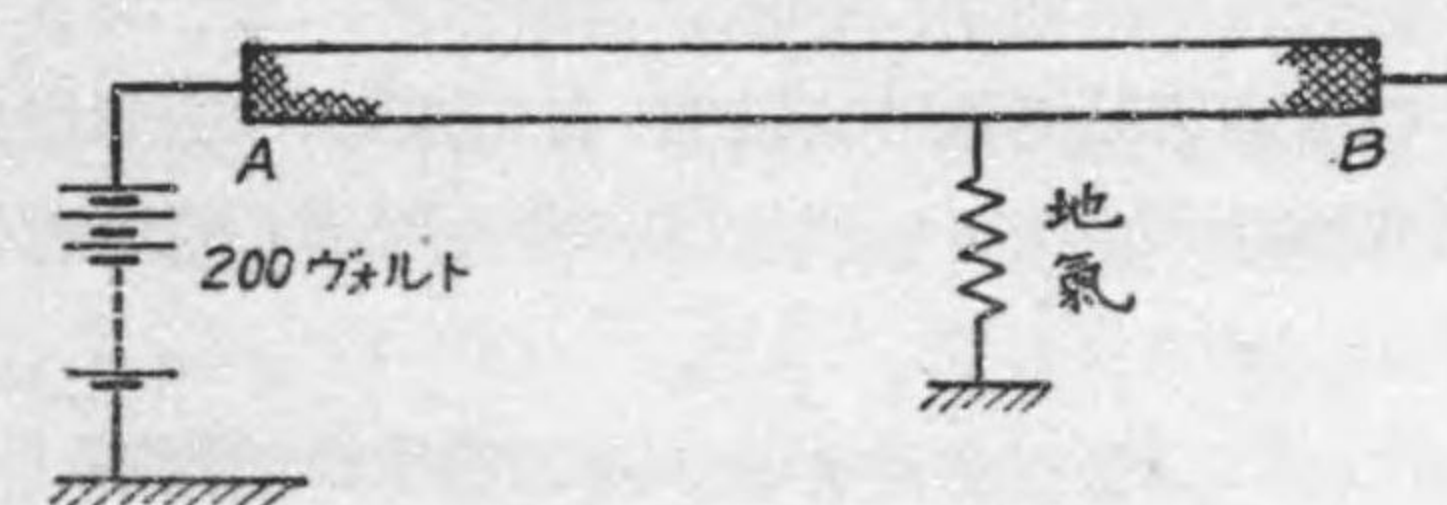
法なり。通常線樋として用ひらるゝものは半土管含浸木屛鐵樋混凝土樋アスファルト樋等にして、混和物はピッチアスファルトの如き瀝青質のものなり。裸電線を埋設するには所々に碍子臺 (bridge insulator) を設置するを要す。

本邦に於ては主として直接埋設する線樋式が採用せられ、低壓引込線は絨斗卷鉛被線を丸土管に通じ、化學作用又は電解作用を受くる虞ある所には瀝青電纜 (bitumen cable) を使用すること多し。

(8) 長さ5哩の單心電纜の一個所に半地氣を生ぜり地氣の位置を算定する爲め電纜の一端 A と大地間に 200 ヴォルトの直流電壓を加ふる時は他端 B と大地間の電壓 40 ヴォルトなり。次に B 端と大地間に 300 ヴォルトを加へたるに A 端と大地間に同じく 40 ヴォルトの電壓を指示せりと云ふ。地氣の位置を求む。

(大正7年4級一般應用2)

第 68 圖



〔解〕 電纜の一端と大地間に電壓を加へたる場合に於ける電纜の他端と大地間の電壓は地氣抵抗内の電壓降下を示す。而して A 端に 200 volt の電壓を加へたる時と、B 端に 300 volt の電壓を加へたる時との電壓は共に 40 ヴォルトなるを以て兩者の場合に電纜内に流るる電流は等しき事を知る。今之れを i とし、A 端及 B 端より地氣點迄の電纜の抵抗をそれぞれ r_a 及 r_b とすれば

$$i r_a = 200 - 40 = 160$$

$$i r_b = 300 - 40 = 260$$

$$\therefore r_a : r_b = 160 : 260$$

なり。故に A 端より地氣點の距離は $5 \times \frac{160}{160+260} \doteq 1.9$ 哩なる事を知る。

第十三章 蓄 電 池

(1) 次の術語の意義を問ふ。(昭和2年3種一般4の内)

蓄電池の化成

〔解〕 蓄電池の極板に作用物質を生ぜしむる操作を言ふ。

(2) 蓄電池の容量の意義を説明し且つ放電電流が容量に及ぼす影響を述べよ。(大正元年4級3)

〔解〕 一定の電流を以つて十分に充電せられたる蓄電池が再び一定の電流を以つて放電せらるゝとき其電圧が極限電圧(プランテ式にて5時間放電のとき1.8ヴォルト)に達するまでに出し得る電氣量アムペア時を以つて其蓄電池の容量を表はす。但し同一條件の下に充分充電せられたる同一の蓄電池に於ても小電流にて長時間に放電する場合と、大電流にて短時間に放電する場合とに於ては其放電電氣量は甚しく相違し、電流大なる程放電電氣量少し。従つて蓄電池の容量は必ず放電時間を指定せざれば無意義なり。

(3) 蓄電池の用途に就て知る所を記せ。

(明治44年4級蓄電池3)

〔解〕 蓄電池の主要なる用途は次の如し。

(イ) 負荷率の小なる發電所に於て發電機の負荷を平均し、以つて發電所の出力を増加し、又原動機及發電機を最良の條件の下に運轉し得る爲めに用ふ。

(ロ) 負荷の變化が激しき發電所或は變電所に於て、緩衝蓄電池(buffer battery)として用ふ。

(ハ) 直流三線式配電を行ふ場合に均壓用として使用する。

(ニ) 停電を忌む場合に於ける豫備電源として使用する。

(ホ) 晝間の安價なる電力を蓄電池に蓄へ、之を夜間に於て使用する爲めに用ふ。

(ヘ) 電車、自働車、等の推進用電源として用ふ。

(ト) 列車、自働車、等の點燈用に使用する。

(チ) 遠方支配 (remote control) 電氣分配器具の制御電路 (controlling circuit) 用電源として用ふ。

(リ) 各種弱電流電路の電源として使用する。

(ヌ) 携帯用電燈の電源として用ふ。

(ル) 瓦斯發動機の電氣發火裝置の電源として使用する。

(4) 蓄電池の保守上注意すべき諸點を略述せよ。

(大正 12 年再 3 種 2 の内)

〔解〕 蓄電池の保存に付いて考ふべき要點次の如し。

蓄電池は内部に於ても外部に於ても、之を短絡する事は甚しく其壽命を短縮するを以て、平常充分なる監視を要す。即ち極板の歪み、沈澱物の蓄積、電池外部の絶縁等に對しても充分なる注意を要す。不純なる硫酸は内部放電の因をなす、故に硫酸は極めて純粹なるものを使用し不純物の浸入に對し充分注意すべし。水分解、蒸發飛沫の爲めに硫酸は漸次濃度を増し液量減少す又時に比重の不足せることあり。依つて蒸溜水及比重 1.4 位の稀硫酸を常備し置き常に硫酸の比重及液量に注意し、其の調節を行ふを要す。充電の終りに於ても比重の餘り昇らざるは硫酸化の起れるなり、斯る電池に硫酸を補給して濃度を増すは却つて有害なり。蓄電池を過放電すること、過小の電流を以つて極限電壓まで放電することは硫酸化の原因となる。放電したる電池は必ず二時間位以内に規定電流を以つて充電すべし。蓄電池を毎日規則正しく使用するも毎月二回、全く使用せざる場合にも毎月一回は過充電を行ふべし。

(5) 鉛蓄電池の保存上注意すべき事項を列舉せよ。

(大正 8 年 5 級 2)

〔解〕 (イ) 充電或は放電時間と電壓との關係

(ロ) 充電或は放電時間と酸の比重との關係

以上は數個の代表電池に就て必ず記録を取り置く事を要す。其の他

(ハ) 電池の放電は普通 1.8 ヴォルト、急放電の場合に於て 1.65 乃至 1.7 ヴォルトを以て最低限度とする事

(ニ) 放電せる儘永く放置せざる事、充電電流を餘り低くせざる事

(ホ) 電池の使用を數日間休止する場合には休止に先だちて必ず過充電し置く事、數月使用を休止する時は毎月二回位は充電を行ふ事、尙永く使用を休止する場合には極板を取り出し清水にて洗淨し乾燥して之れを保存する事

(ヘ) 使用中毎月二回位は過充電を行ふ事

(ト) セヂメントの蓄積せる場合には之を取除く事

(チ) 電極板がバックリングを生じ居らざるや否や

(リ) 蓄電池の絶縁抵抗の良否

等に注意せざるべからず。

(6) 鉛蓄電池に於て何等かの原因により plate に過當の硫酸鉛 (over sulphate) を生じたる場合之れを救済するに如何なる處置を取るか。
(大正 4 年 3 級口述 4)

〔解〕 鉛蓄電池が over sulphate して白色硫酸鉛を生ぜる時には、其の程度を調査し甚だしきものなれば絶対に取換ふるを得策とす。比較的其程度輕き場合には^へ筈にて其特に甚だしき部分を除去し次に約 $\frac{1}{2}$ 規定電流にて充電し全充電後は之れを放電し、斯の如き事を數回繰返し逐次之を除去すべきなり。

極く少量の硫酸鉛に對しては筈にて除去する事なしに直に充放電を繰返すのみにて充分なり。

又電液中に硫酸曹達或は炭酸曹達を加へて硫酸鉛を分解せしめ之

を洗滌せしむる事を得。但し此場合には電槽内の液を取換え後再び充電を行ふ事を要す。

(7) 蓄電池板のバックリング (backling) は如何なる場合に生ずるや。 (明治44年4級蓄電池2)

〔解〕 過放電を行ふか、或は急激なる充放電の爲め一部の作用物質が脱落せる爲め、或は組立の際の不注意の爲め極板の位置宜しからざるか、相互間の距離不平等なる爲め極板間の内部抵抗一様ならざるか等の結果極板の一方に於て或は一部分に於て過放電を行ひ自然其結果として一部分が過酸化され、従つて其部が過膨脹を來す爲めに生ずる歪が極板を一方に彎曲せしめて所謂バックリングを生ずるものなり。

(8) 使用中の蓄電池あり數年使用を廢止せんとす鉛板の保全を全からしむるために採るべき方法如何。 (大正2年4級1)

〔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。最初電池を十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 1.7 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 (實際に於ては約 0.5 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蒸溜水を以つて洗淨し約一晝夜間蒸溜水中に浸し置きたる後電極板を取り出し、之れを乾燥す。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所謂初充電を行ふことを要す。

(9) 各 2 ヴォルトの起電力を有する蓄電池 3 個を直列に接続

せるものあり、今抵抗 2.7 オームを其の端子に接続すれば電壓 5.4 ヴォルトに降下す、若し端子を短絡すれば電流幾アムペア通ずるや。

(昭和3年3種一般1)

〔解〕 題意に依り 2.7 オームを接続せる場合に蓄電池及抵抗に流るゝ電流は

$$I = \frac{5.4}{2.7} = 2 \text{ アムペア}$$

又此の場合に於ける蓄電池の内部抵抗に依る電壓降下は

$$6 - 5.4 = 0.6 \text{ ヴォルト}$$

故に蓄電池の内部抵抗は

$$0.6 \div 2 = 0.3 \text{ オーム}$$

従つて短絡せる場合の電流は

$$6 \div 0.3 = 20 \text{ アムペア}$$

(10) 蓄電池 90 個を直列に接続し外部抵抗 2 オームを有する電路に使用する場合と、之を 30 個直列にしたものを 3 組並列に接続して同電路に使用する場合とは其電路に流るゝ電流は後者の方が前者の一倍半なりと云ふ蓄電池 1 個の内部抵抗幾オームなるや。

(大正5年5級1)

〔解〕 90 個直列に接続せる場合に於ける電路の電流は

$$I = \frac{90 E}{90 r + 2}$$

但し $E =$ 電池一個の起電力 (ヴォルト)

$r =$ 電池一個の内部抵抗 (オーム)

又 30 個直列のもの 3 組並列の場合の電路電流は

$$I' = \frac{30 E}{\frac{30 r}{3} + 2}$$

然るに $I' = 1.5 I$ なるが故に

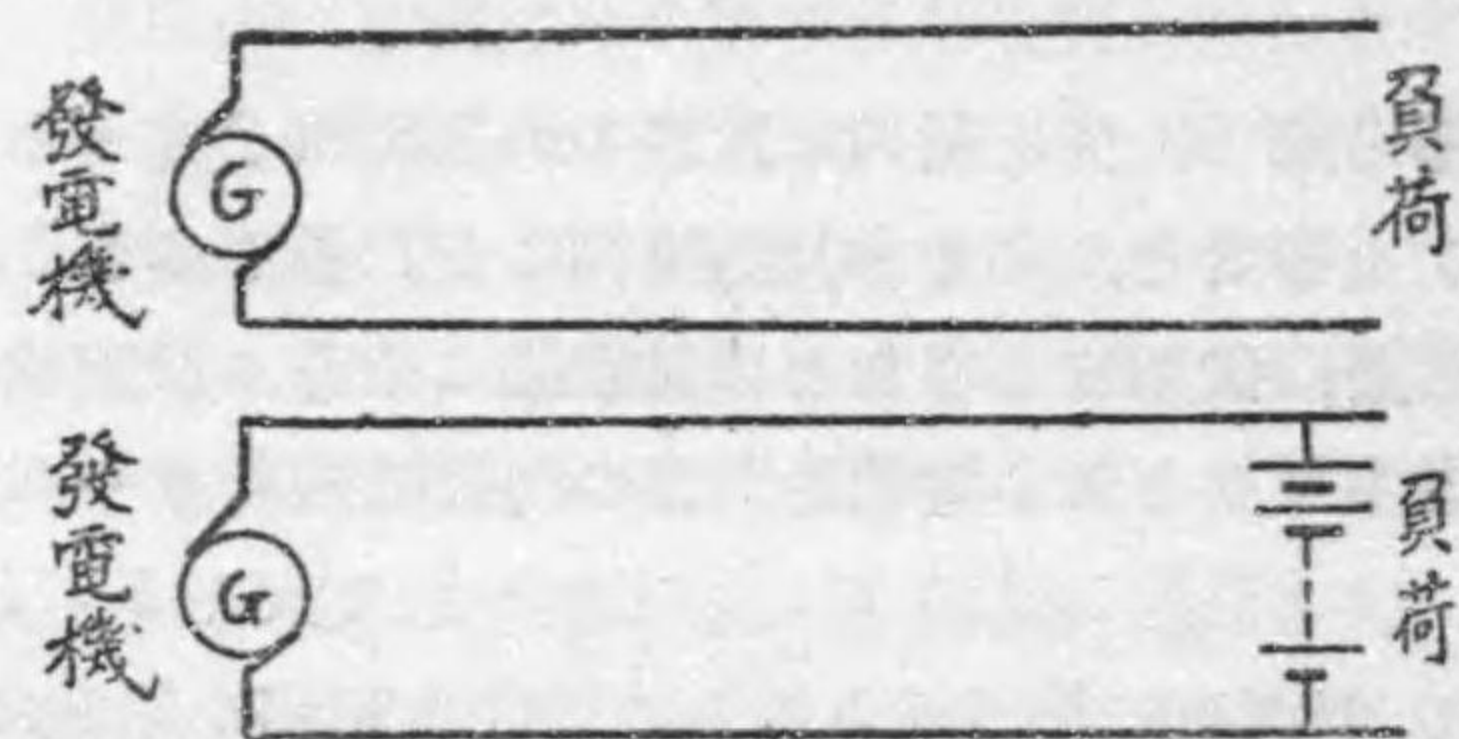
$$1.5 \times \frac{90 E}{90 r + 2} = \frac{30 E}{\frac{30 r}{3} + 2}$$

$$1.5 \times 3 \times (10 r + 2) = 90 r + 2$$

$$r = \frac{7}{45} = 0.156 \text{ オーム}$$

(11) 直流二線式配電線路あり、電線一條の抵抗 0.1 オームなり、發電機の端子電壓を 110 ヴォルトに、又負荷點の端子電壓を 100 ヴォルトに常に維持するものとす。今負荷點に起電力 104 ヴォルト、内部抵抗 0.08 オームの蓄電池を設置する場合は之れを設置せざる場合に比し負荷電流を幾アマペア増加し得るや。但し蓄電池の容量は適當に大なるものとす。(大正 13 年 3 種 1)

第 69 圖



〔解〕 負荷點に蓄電池を設置する場合は、之れを設置せざる場合に比して電池の内部降下を $104 - 100 = 4$ ヴォルトたらしむる電流即ち

$$\frac{4}{0.08} = 50 \text{ アムペア}$$

丈負荷電流を増加し得べし。

第十四章 蓄電池の充放電

(1) 蓄電池の充電又は放電は蓄電池一個の電壓約何ヴォルトに達する迄繼續するを適當とするや。

(明治 44 年 4 級蓄電池 1 及大正 10 年 3 種 1 の内)

(2) 下記各項に就き其の概數を記せ。

鉛蓄電池の充電及放電の終りに於ける電壓。

(大正 12 年 3 種一般 4 の内)

〔解〕 鉛蓄電池にては普通使用状態に於て 1.8 ヴォルト、急放電の場合には 1.65 ヴォルトを放電の限度とす。充電の終りに於ける電壓は電池の新古に依り異なるも、プランテ式陽極板とボツクス型陰極板とを使用せるものにては 2.65 乃至 2.8 ヴォルトにて一定電壓となる。充電はそれまで續くものとす。エルヂン蓄電池に於ては 1.08 ヴォルト、放電は 1.0 ヴォルトを限度とす。

(3) 120 アムペア時の容量を有するテュードル型蓄電池 100 個あり。之を 5 時間にて充電を結了すべき發電機の常用電流及最高電壓を求む。(大正 6 年 4 級 3)

〔解〕 此の使用状態に對するアムペア時能率を 90% とすれば

$$\text{充電電流} = \frac{120}{0.90} \div 5 = 27 \text{ アムペア}$$

又充電の終りに於ては蓄電池一個の電壓は約 2.8 ヴォルトなるを以つて、100 個直列に接續するとせば全部にて 280 ヴォルトなり。故に充電用發電機は

常用電流..... 27 アムペア
最高電壓..... 280 ヴォルト

なる事を要す。

(4) 蓄電池充電用として下記三種の発電機の適否を説明せよ。
(大正4年4級1)

(イ) 直流直捲発電機 (direct-current series dynamo)

(ロ) 直流分捲発電機 (direct-current shunt dynamo)

(ハ) 直流複捲発電機 (direct-current compound dynamo)

〔解〕 普通の蓄電池は充電の始めに於て電流大に充電電圧低く、充電の漸次進むに従つて電流を減ず。其充電電圧は電池の逆起電力に打ち勝たざるべからざるにより、充電の進むに従つて増大せざるべからず。

(イ) 直流直捲発電機

此者は蓄電池充電用として不適當なり。何となれば此種の発電機を用ふれば充電の進むに従つて充電電圧の益々高きを要するに拘らず直捲機の端子電圧は負荷電流の減少と共に減少するが故なり。充電の進行により蓄電池の逆起電力は益々高まり、其結果として充電電流益々減じ発電機の端子電圧は減少すべし。如斯くして遂に発電機の電圧が蓄電池の電圧より低きに至れば、発電機の界磁は蓄電池放電の爲めに逆に勵磁せられ其の極性反對となる。茲に於て電池は全然短絡せらるゝに至る。故に蓄電池充電用としては不適當なり。

(ロ) 直流分捲発電機

此者は蓄電池充電用に適す。此機械の外部特性曲線の示す如く、電流増大せば端子電圧は降下し無負荷の場合に最大なり。故に恰も本文冒頭の要求を充たす。又假令蓄電池電圧が発電機の電圧より高くなりたる場合と雖も、発電機極性の變更する事なきを以て(イ)の如く危険を伴ふ事なし。

(ハ) 直流複捲発電機

(a) 直流和勵複捲機は負荷電流の大なる程端子電圧高く、無負荷に於ては只分捲界磁による端子電圧のみなり。故に過複捲機は勿

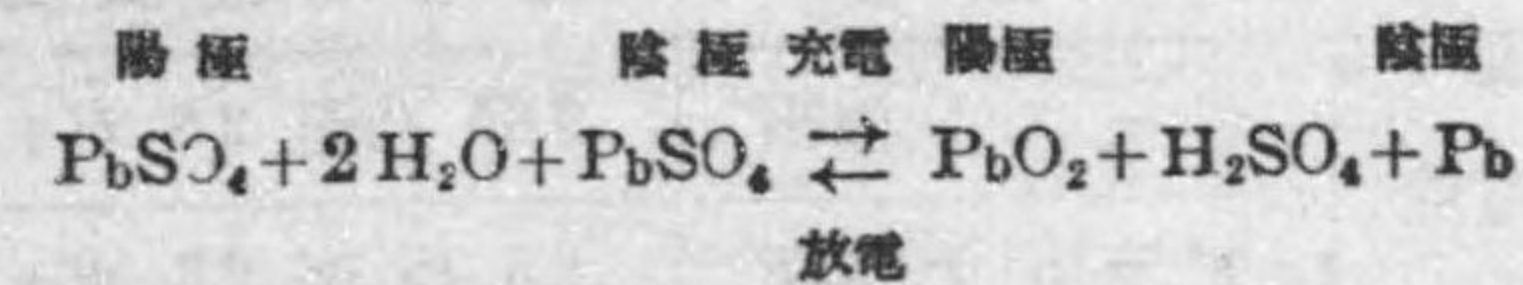
論平復捲機も亦充電に適せず。

(b) 差勵複捲機の端子電圧は無負荷に於て最大にして、負荷の増大するに従ひ分捲機の場合よりも一層小となる。故に適當に設計せられたる此種の発電機は蓄電池の充電用として最も適當なり。

(5) 蓄電池が充分充電又は放電せられたるやを電壓計によらずして知る方法を記載し且つ其原理を略記せよ。

(明治44年3級蓄電池1)

〔解〕 普通に使用さるゝ鉛蓄電池に於ては充電及放電の場合に生ずる化學變化は次の如し。



依つて充分に充電されたる蓄電池に於ては陽極板は過酸化鉛の色即赤褐色を呈し、陰極板は鉛(但し海绵状)の色即ち灰色を呈す。而して蓄電池が放電すると共に兩極作用物質は共に硫酸鉛に變ずるを以つて兩極板は共に白色を帯ぶるに至る。又電の進むに伴ひ溶液中に硫酸の量を増加し放電に際しては其量を減じて水を増加するを以つて充放電の程度によつて溶液の比重を異にす。普通のものにては硫酸の比重は放電の終りに於て 1.18, 充電の終りに於て 1.21 に達す。尙蓄電池を充電する場合には副作用として水分解を伴ふが故に、充電の進むに従ひ陽極面より水素瓦斯を發生し、遂には氣泡の爲めに液は乳白色を呈するに至る。

依つて蓄電池が充分充電したるか又放電したるかは極板の色、硫酸溶液の比重、或は氣泡發生の状態によつて知る事を得るものなり

(6) 蓄電池の放電及充電の限度を判別すべき事項を列記せよ。
(昭和3年3種3)

〔解〕 蓄電池の電圧は充電に際しては漸次上昇して或る極限に

達し、放電に際しては漸次降下し、放電其の限度に達して電圧が一定の極限まで下降せるとき、尙放電を繼續するときには蓄電池は急激に其の起電力を失ふに至る。

充電に於ける極限電圧は電池の種類により異なり又其新古によつても多少相違す。又放電に於ける極限電圧は電池の種類に依り異なるのみならず、其放電率に依つても相違すること大なり。第一表は充電に於ける極限電圧を示し、第二表は放電の限度とすべき極限電圧を示す。

第 一 表

蓄電池の種類		充電の極限電圧
鉛蓄電池	ペースト極板	2.65 乃至 2.8 ヴォルト
	プラント極板	2.5 乃至 2.7 ヴォルト
エチソン蓄電池		1.8 ヴォルト

第 二 表

蓄電池の種類	放電率 (時間)	放電の極限電圧 (ヴォルト)	
		ペースト極板	プラント極板
鉛蓄電池	10	1.80	1.83
		5	1.80
		3	1.78
	1	1.75	1.75
		10	1.83
		5	1.80
エチソン蓄電池		5	1.0

尙鉛蓄電池に於ては其充電及放電に際して次の現象あり。

極板の色

充分充電されるときには陽極板は過酸化鉛に變じ、赤褐色を呈し、陰極板は海綿狀鉛に變じ灰色を呈す。充分放電せるときには兩極板共硫酸鉛に變じ、其の色灰白色に近づく。

硫酸の比重

充電に際しては漸次比重を増し、放電に際しては漸次比重を減ず据置蓄電池に於ては充電の終りに於て、1.20 乃至 1.215 (15°Cに於て) 放電の終りに於て、1.18 前後の比重を有するを普通とす。

瓦斯の發生

充電の終りに於ては、水分解を伴ひ瓦斯發生盛にして氣泡の爲めに硫酸は白濁す。

蓄電池の充放電の限度は以上列記の諸事項に依り之れを判定し得るも、極板の色、比重及瓦斯發生に依る判定は其大體を窺知し得るに過ぎず、殊に放電の限度を之れに依つて判定せんとするは寧ろ無謀の企と云ふべし。精確なる判定は電圧の變化に依るの他なきものなり。

(7) 下記のものに就き其の構造及用途を略説せよ。

(大正12年3種3の内)

端電池開閉器 (end-cell switch)

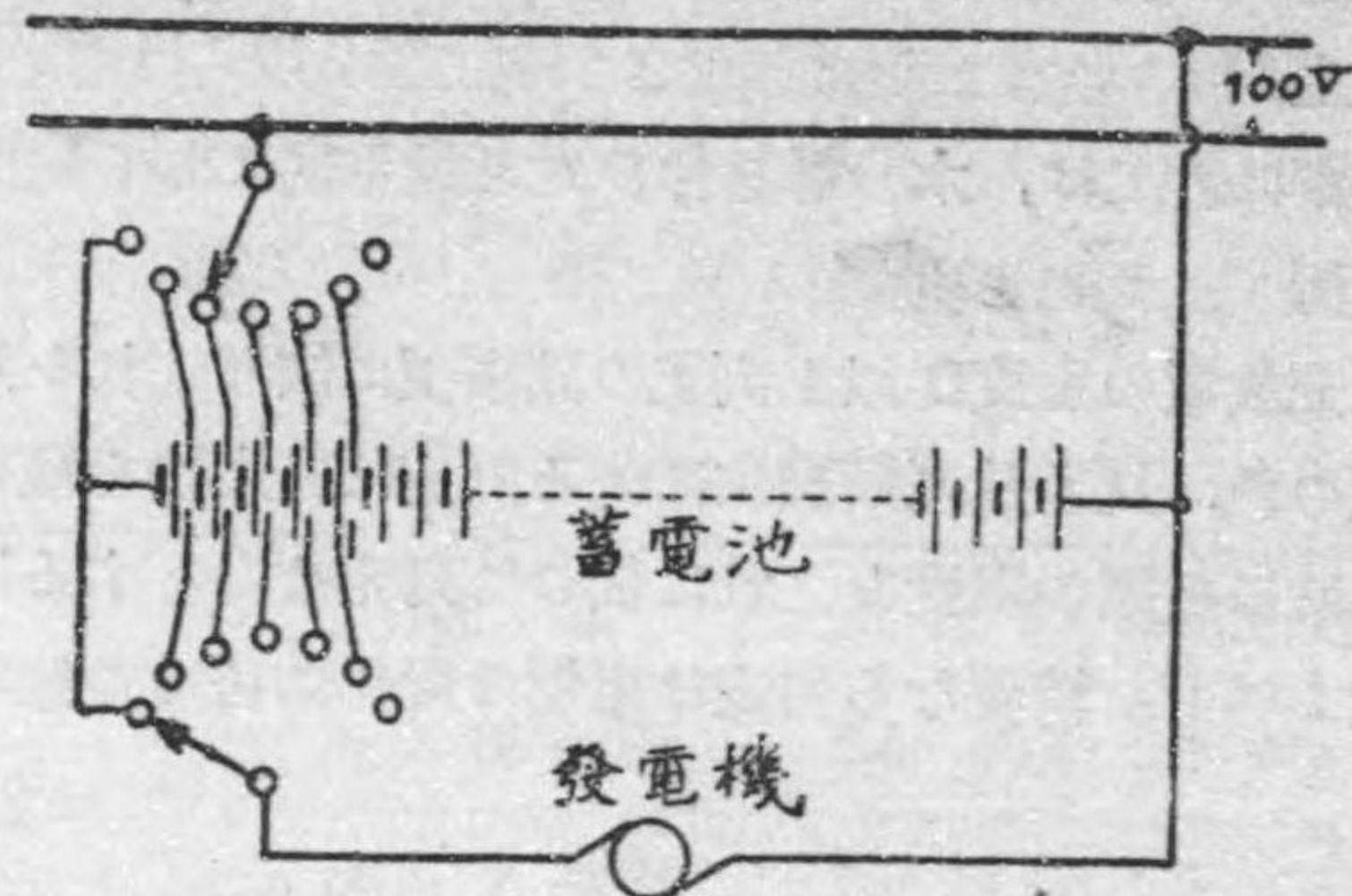
(8) エンド・セル・スイッチの用途を説明せよ。

(明治44年3級蓄電池2の内)

〔解〕 直列に接續さるゝ蓄電池數を増減するに要する開閉器なり、蓄電池電圧調整に使用さる。之は多くの固定接觸點を圓周に並らべ、之等には各電池の端子を結び、又可動接觸片を負荷の一端に結ぶ。接觸片を左又は右に廻はして負荷に使用さるゝ電池の數を増減す。一接觸點より隣接觸點に移動する際に回路を開く事及び二接觸點に觸れる事を避ける爲めに、主要接觸片の外に補助接觸片を附し、兩者は絶縁し置き、其中間に抵抗を挿入す。此の抵抗の値は電池の短絡を防ぐに充分にして置く、然し線間電壓には大した影響を與へざる値なり。

(9) 圖の如くエンド・セル・スイッチ(end-cell switch)を使用して 100 ヴォルトの電燈に供給するチュードル(Tudor)型蓄電池に就き次の事項を答へよ。(大正7年4級3)

第 70 圖



(イ) 電池の總個數

(ロ) エンド・セル(end cell)の個數

〔解〕 電池の性質(チュードルの如き鉛蓄電池)として放電電圧は平均一個につき 2.08 より 1.8 ヴォルト位の範圍にあり。而して電燈の如き負荷に使用する場合には、其放電極限を約 1.8 ヴォルトより以下に取ることを忌むを以て、最低 1.8 ヴォルトと定むれば使用電池の總個數は $100 \div 1.8$ 即ち 56 個にて可なり。

圖の接續にては負荷に放電しながら、電池に充電するものと見ざるべからず、然るときはエンド・セルの數は、充電の最後の電圧を 2.7 ヴォルトとして $56 - 100 \div 2.7 = 19$ 個を要す。若しも充電は放電を行はざるときに行ひ得られるとすれば、 $56 - 100 \div 2.08 = 8$ 個にて足る、然れども發電機の電圧は電池の總數に對して充分なる充電を行ひ得るものたる事を要す。

(10) 110 ヴォルトの直流回路に蓄電池を併用して電燈に供給する場合に於ける發電(充電をも兼ねるもの)装置二種を列記し且蓄

電池の所要個數を計算せよ。(明治44年臨時4級1)

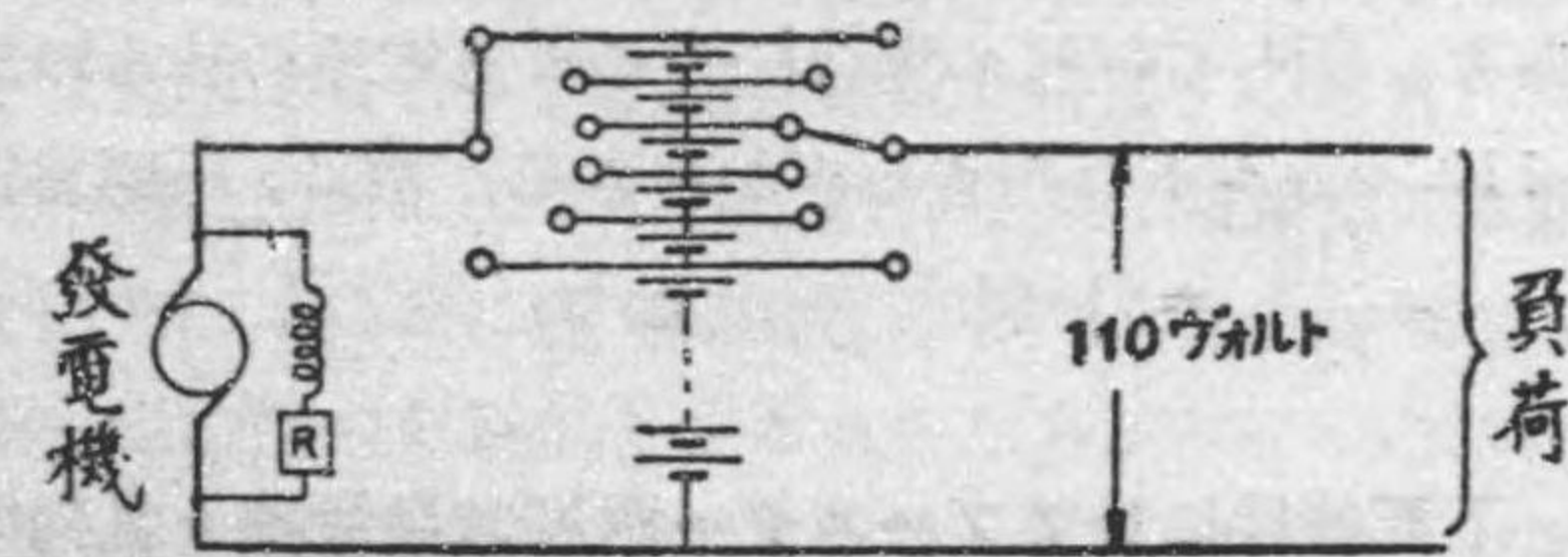
〔解〕 蓄電池一個の端子電壓は充電の最初に於て 2.05 ヴォルト其終りに於て 2.5 ヴォルトにして時としては 2.8 ヴォルト位まで充電を行ふの要あり。又放電の最初に於ては 2.1 ヴォルト其の終りに於て 1.8 ヴォルトなり。故に本問の場合の如く蓄電池を定電壓回路に於て充放電せしめんとするには

(A) 充放電の程度に應じて電池數を變化するか、

(B) 蓄電池數を一定とし昇壓機によつて電壓を加減するの何れかの方法を講ぜざるべからず。而して此の爲めには普通

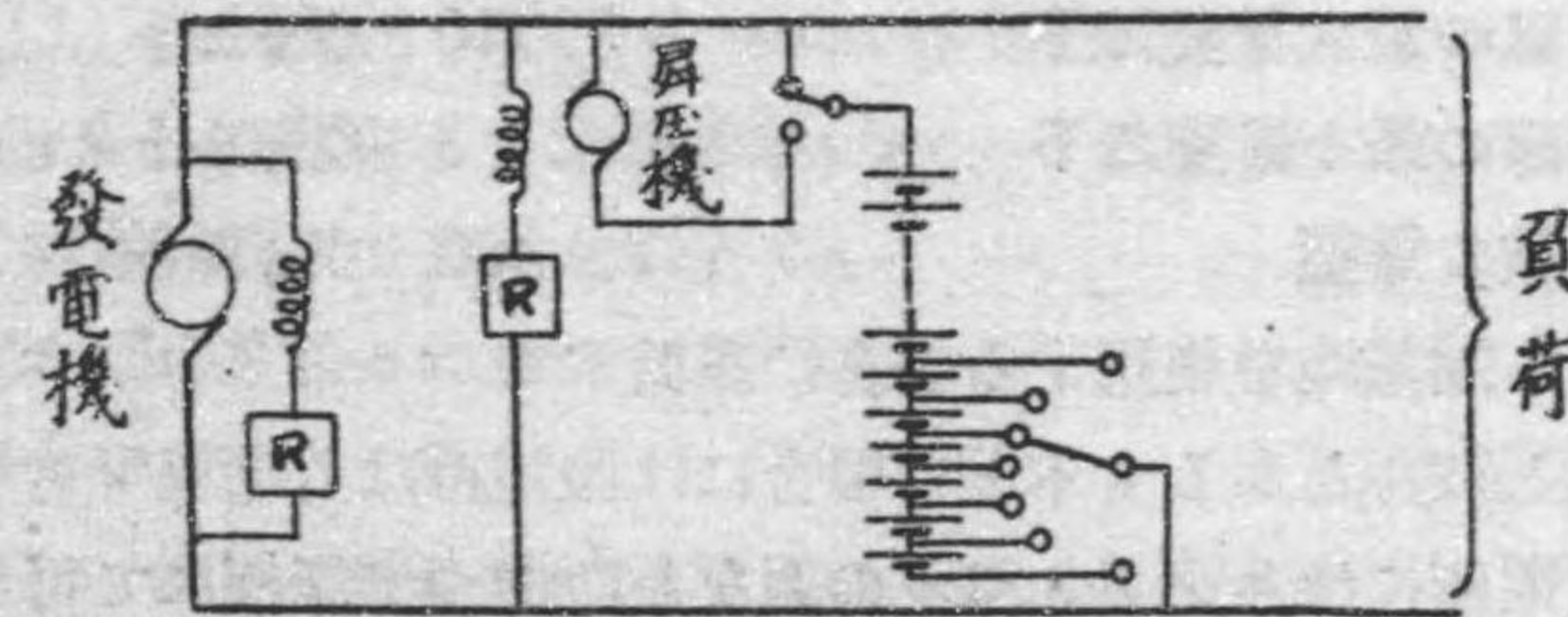
(a) 蓄電池の充電側回路及放電側回路に端電池開閉器を設け之れによつて蓄電池數を變ずる方法(第71圖)。

第 71 圖



(b) 蓄電池の充電側回路に於ては蓄電池數を一定とし、昇壓機(非可逆性)を用ひて其電壓を加減する事に依つて蓄電池端子の加電壓を加減し、放電側回路は端電池開閉器によつて蓄電池數を變ずる方法(第72圖)。

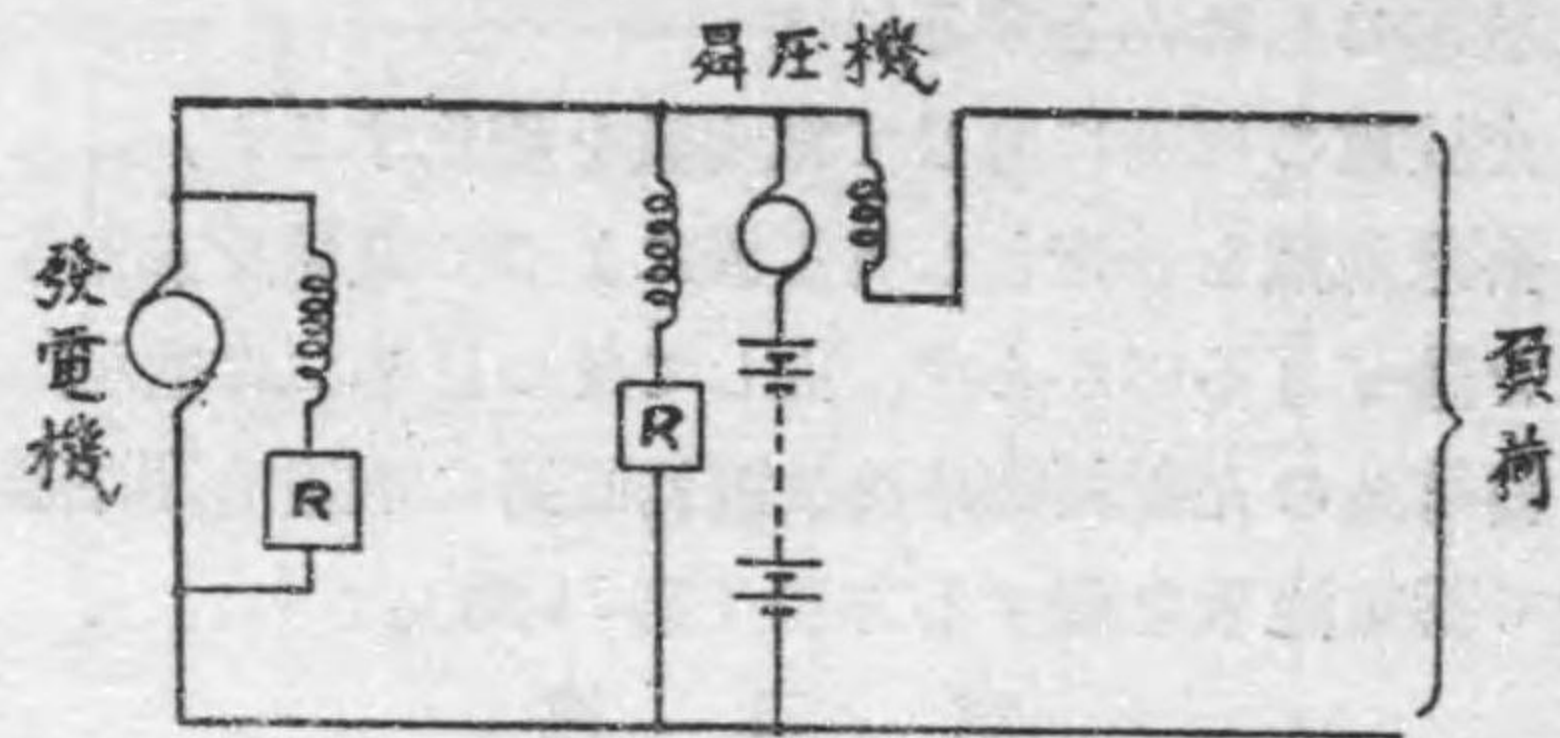
第 72 圖



(c) 自動可逆性昇壓機を使用し充放電共自動的に行はしむるも

のにして、負荷が発電機の負荷耐量よりも大なる時には昇圧機の電圧が蓄電池の電圧に附加さるゝ様にして蓄電池を放電せしめ、負荷が発電機の負荷耐量よりも小なる時には昇圧機の電圧が発電機電圧に附加さるゝ様にして蓄電池を充電する方法 (第 73 圖)。

第 73 圖



の三方法あり。而して何れの場合に於ても蓄電池の放電の終りに於て其電圧 110 ヴォルトならざるべからざるが故に、所要蓄電池個数は $\frac{110}{1.8} = 61$ 個 なり。

(11) 下記条件に於てブースター附直流発電機と並列に接続する蓄電池あり、其エンドセルの数を算出せよ。

(大正 3 年 4 級 3)

充電の終りの蓄電池 1 個の電圧	2.7	ヴォルト
放電の始めの同上の電圧	2.13	ヴォルト
放電の終りの同上の電圧	1.33	ヴォルト
饋電線の最大電圧降下	10	ヴォルト
饋電線の最小電圧降下	3	ヴォルト
饋電線の電圧	100	ヴォルト

〔解〕 端電池を使用する場合に設置する エンドセル・スキッチには単極と双極とあるも本問の場合には発電機は昇圧機を有するを以つて充電側にはエンド・セルの要なし、従つて単極にて可なり。而して此場合に於ける饋電線の電圧は最高 110 ヴォルト、最低 103

ヴォルトなる故

$$\text{使用電池の最大数} = \frac{110}{1.83} = 60$$

$$\text{使用電池の最小数} = \frac{103}{2.13} = 48$$

従つて

$$\text{端電池数} = 60 - 48 = 12$$

(12) 昇圧機 (booster) とは如何なるものなりや又其出力を算出する方法を記載せよ。 (明治 44 年 3 級蓄電池 2 の内)

〔解〕 昇圧機は定速度を以つて運轉さるゝ一種の低壓発電機にして、其發電子は饋電線又は緩衝用蓄電池 (buffer battery) の回路に接続使用さるゝものにして、之れを使用する目的は饋電線に用ふる場合には其電流の如何により昇圧機の電圧を變化して饋電線内の電圧降下を補償せしむ。緩衝用蓄電池と併用する場合には発電機或は饋電線の電流如何によつて昇圧機の電圧を調整して蓄電池に加はる電圧を調整し、負荷に應じて蓄電池を充放電せしめ以つて発電機の負荷を一定に保つを目的とするものなり。

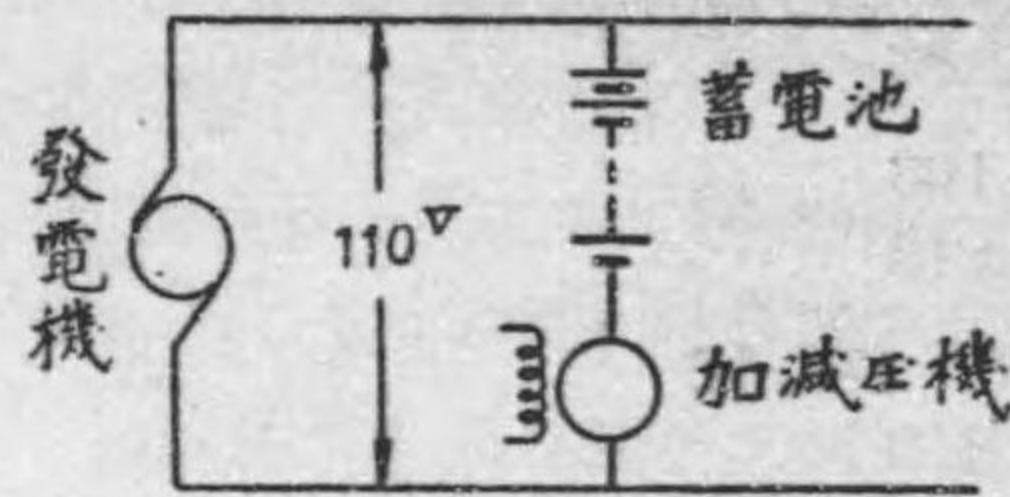
昇圧機の出力は發電子に通ずる電流と昇圧機の端子電圧との積を以つて表はさるべきものなる事勿論にして、尙最大電流を通ずる時に最大電圧を發生する事を要するものなれば、昇圧機に通ずべき最大電流と、此時に發生すべき最大端子電圧を求め之より其出力を決定すべきものなり。

(13) 内部抵抗 0.002 オームの蓄電池 50 個を直列に接続し、110 ヴォルトの電源より加減壓機 (booster) を通じて 50 アムペアを以て放電状態より充電せむとす。

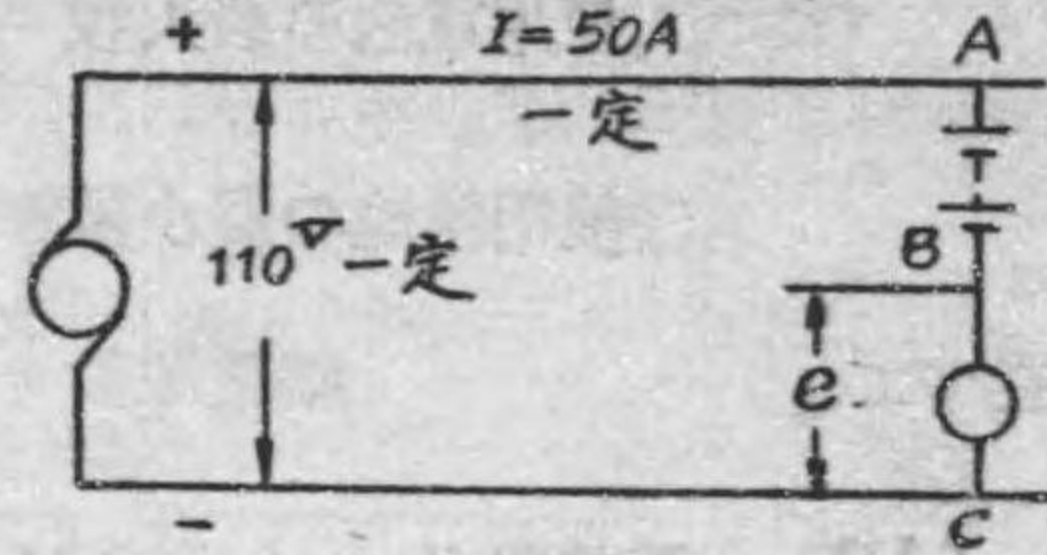
充電の初め及終りに於て加減壓機の端子電圧は大約幾ヴォルトとなすべきや。 (大正 14 年 3 種 2)

〔解〕 充電の終りに於ける電池各一個の起電力を 1.8 ヴォルトと定むれば

第 74 圖



第 75 圖



全體に於て $50 \times 1.8 = 90$ ヴォルトなり。

蓄電池は充電するに従つて其起電力は増加するを以て此の場合電流が一定に保たれる場合には、電池に供給する電圧は初め低く次第に高められざる可からず。即此の場合初めは加減圧機の起電力 e は電源に反対に働き電池の端子電圧を低く保つべし。今其電圧を e ヴォルトとすれば、オームの法則により

$$\frac{110 - (90 + e)}{0.1} = 50 \text{ A} \quad \therefore e = 15 \text{ ヴォルト}$$

式中分母は蓄電池の全抵抗にして其他の抵抗を無視す。

次に充電進むに従つて次第に bocster の電圧は減少するを要す。遂に反対に C を +, B を - として発電し CB の電圧と電源電圧と同方向と成り相加はりて充電する事となる。充電の終りに於ける電池一個の電圧を 2.7 V とすれば

$$50 \times 2.7 = 135 \text{ ヴォルト}$$

となる。故に

$$\frac{(110 + e) - 135}{0.1} = 50 \quad \therefore e = 30 \text{ ヴォルト}$$

即充電の初めに於ける加減圧機の端子電圧は電源の電圧と方向相反し其値は 15 ヴォルトなり。

充電の終りに於ける加減圧機の端子電圧は電源の電圧と方向相同じく其値は 30 ヴォルトなり。

第十五章 電気工作物規程内線之部

本章及第 16 章の工作物規程は元は電気工事規程と云ひ、従つて大正 7 年前の問題は皆舊規程によりたれども、茲には問題を新規程に依るものと改めて解答せり、これ最も参考に資すべしと考へたる故なり。

(1) 下記の器具に接続して使用すべき電気工作物規程に定められたる最低級の可撓紐線の種類を記載せよ。

(大正 14 年 3 種一般 4)

- (イ) 床上六尺以上にある室内電燈
- (ロ) 浴室内に於て人の手に觸れざる個所にある電燈
- (ハ) 居間に於ける電気スタンド
- (ニ) 劇場の舞臺に使用する電燈
- (ホ) 居間に於て使用する電気熨斗(アイロン)

〔解〕 (イ) 第一種。(ロ) 第三種甲。(ハ) 第二種。(ニ) 第三種乙。(ホ) 第二種(該器より 30 種以上の長さ又は編組下に石棉類の被覆を施せるものを用ふること)。

(2) 電気工作物規程に規定せらるゝ可撓紐線の種類を挙げ各の主たる用途を記載せよ。

(大正 9 年 5 級 3 の内、及大正 4 年 4 級口述 1)

〔解〕 可撓紐線用途表

種類	濕氣無き場所	濕氣ある場所
第一種	○移動せざる場合	—

第二種	○移動せざる場合 ○移動する場合	—
第三種甲	○移動せざる場合	○移動せざる場合
第三種乙	○移動せざる場合 ○移動する場合	○移動する場合 ○移動せざる場合
第四種	○移動して用ゐる小型電 氣器具にこれを使用す る事を得 (重量を支持せざる場合 に限る)	—

(3) 電気工作物規程に依る下記電線の許容最小の太さを記せ。
(大正13年3種一般の内3)

屋内電線 (可撓紐線を除く)

[解] 1.6 耗

(4) 電気工作物規程に依る需用者屋内工事の種類を挙げ、且つ其の施設場所を併記せよ。
(大正11年3種一般3)

[解] 種類 施設場所

露出工事 展開せる場所

木製線樋工事 { 展開せる且つ乾燥せる場所
乾燥せる戸册又は押入内

隠蔽工事 { 點檢し得る掩蔽場所
點檢し能はざる掩蔽場所、但し此場合には
乾燥せる場所に限り、且つ第三種絶縁電
線を使用するを要す。

金屬管工事 屋内總ての場所
電 纜 工 事

(5) 電気工作物規程に依り下記の場合に使用すべき最低級の絶縁電線の種類を挙げよ。
(大正15年3種一般3)

(イ) 屋内に施設する木製線樋に藏むる電線

(ロ) 點檢口を有する小屋裏に取付くる電線

[解] (イ) 第4種 絶縁電線

(ロ) 第2種 絶縁電線

(6) 需用者屋内下記の場所に於て電気工作物規程に依る使用電線の種類を記載せよ。
(大正10年3種一般4)

(イ) 點檢口を有する小屋裏(天井裏)

(ロ) 展開せる場所

(ハ) 木製線樋内

(ニ) 人の觸るゝ處れある場所

(ホ) 金屬管内

[解] (イ) 第二種又は第三種絶縁電線

(ロ) 第二種絶縁電線

(ハ) 第四種絶縁電線

(ニ) 第三種絶縁電線

(ホ) 第四種絶縁電線

(7) 第四種絶縁電線 1000 尺を購入し、其の絶縁抵抗を測定せるに攝氏 15 度に於て 1500 メグオームなりと云ふ。本線は第四種絶縁電線として規定の絶縁抵抗を有するや。

(大正10年三種測定1)

[解] 本電線の絶縁抵抗を1哩についてのメグオームに換算すれば、

$$1500 \times \frac{1000}{5280} = 284 \text{ メグオーム}$$

工作物規程に依る第四種絶縁電線の最低絶縁抵抗は1哩につき250メグオームなり。故に本線は第四種絶縁電線として規定の絶縁抵抗を有す。

【注】本電線の絶縁抵抗を 1 km に就て換算すれば

$$1500 \times \frac{1000}{3300} = 455 \text{ メグオーム}$$

現行規程は電線の太さによつて其の値を變へて表示しあり、即本問題が直径 12 乃至 6.5 mm のものとするに 1 km に付 500 メグオーム以上なるを要するを以て規定以下たり。

6.5 mm より細きものは 600 乃至 800 メグオームたるを必要とするを以て一層規程に遠し。

(8) 下記の工作物に対し、電氣工作物規程に據る絶縁抵抗を算出せよ。(大正 8 年 5 級一般應用 3 及大正 3 年 5 級口述 1)

(イ) 白熱電燈 20 個を取り付けたる一般需用者屋内工作物

(ロ) 白熱電燈 200 個を取り付けたる劇場内工作物

〔解〕 (イ) $\frac{2}{20} = 0.1$ メグオーム即ち十萬オーム以上

(ロ) $\frac{4}{200} = 0.02$ メグオーム即ち二萬オーム以上

(9) 下記のものに対し電氣工作物規程による距離の最小限度を記載せよ。(大正 8 年 4 級一般應用 4 の内)

屋内に於て低壓電線と瓦斯管と交叉又は接近する場合の相互間の距離。

〔解〕 屋内に於て低壓電線と瓦斯管と交叉又は接近する場合の相互間の距離は 15 厘以上なるを要す。但し特殊の施設をなす場合には此限りに非ず。

(10) 電氣工作物規程に規定せらるゝ四種の絶縁電線中普通屋内に使用せらるゝ種類及び其主として使用せらるゝ場所を記せ。

(大正 6 年 5 級一般應用 1)

〔解〕 第二種絶縁電線 一般露出工事及び點檢し得る隠蔽工事にして、電線相互間及電線と造營材との距離を相當大に取り得る場所。

第三種絶縁電線 工事上止むを得ず人の觸るる虞れある露出工事乾燥せる場所の隠蔽工事。

第四種絶縁電線 濕氣の充ち易き場所の露出工事、隠蔽工事、金屬管或は線樋内に藏むる電線。

(11) 點檢し能はざる隠蔽工事に使用し得べき電線の種類如何。(大正 4 年 5 級口述 1)

〔解〕 第四種絶縁電線にして、之れを堅牢なる金屬管内に藏むることを必要とす。第三種は天井裏の如き乾燥せる場所の隠蔽工事に用ゆ。

(12) 下記のものに対し電氣工作物規程に依る地線工事の種別を記入せよ。(昭和 3 年度 3 種一般 4)

屋内配電工事に使用する金屬管。

〔解〕 第三種。

第十六章 電気工作物規程

外線 其他之部

(1) 電気工作物規程に依り下記の場合に使用すべき最低級の絶縁電線の種類を挙げよ。(大正15年3種一般3)

- (イ) 直徑 4 耗 (約 B.S. 6番) の高壓架空電線
 (ロ) 100 ヴォルト電燈引込線
 (ハ) 架空弱電流電線を交叉する三相 200 ヴォルト動力引込線
- 〔解〕 (イ) 第3種絶縁電線
 (ロ) 第1種絶縁電線
 (ハ) 第3種絶縁電線

(2) 電気工作物規程に依る下記電線の許容最小の太さを記せ。(大正13年3種一般3)

- (イ) 市街地に架設する高壓架空電線(第一種絶縁電線を使用する場合)
 (ロ) 低壓架空電線(引込線を除く)
- 〔解〕 (イ) 5 耗硬銅線又は之と同等以上の太さ及強さを有するもの。
 (ロ) 2.6 耗硬銅線又は之と同等以上の太さ及強さを有するもの。

(3) 下記のものに対し電気工作物規程に據る距離の最小限度を記載せよ。(大正8年4級一般應用4)

- (イ) 支持物を異にする低壓若しくは高壓架空電線が接近又は交叉する場合の相互距離
 (ロ) 低壓又は高壓架空電線と竹木其他の植木との距離
 (ハ) 交流式電燈線と電話線と並行する場合の相互間の距離

(ニ) 造營物の上部に於ける高壓架空電線と營造物との距離

〔解〕 (イ) 支持物を異にする低壓又は高壓架空電線相互間の交叉又は接近距離は1米以上とす。但し工事上已むを得ざる場合に於ては所轄逓信局長の認可を得て此距離を50 種まで短縮する事を得るものなり。

(ロ) 低壓又は架空電線と竹木其他の植木との間隔は30 種以上とす。但し接觸の虞なき様施設せる場合には此限りに非ず。

(ハ) 低壓又は高壓の交流式電燈線と電話線との並行部分の相互間の距離は4米以上たるを要す。但し當該架空弱電流電線の管理者の承諾を得たるとき又は架空引込線架空連接引込線にして工事上已むを得ざるものに限り相互間の距離を60 種迄に短縮することを得

(ニ) 造營物の上部に於ける高壓架空電線との距離は2米以上なり。但し危険の虞れなき場合には所轄逓信局長の認可を得て此制限に依らざる事を得るものなり。

(4) 市街地に使用せられ得べき架空高壓電線の種類並に太さ如何。(大正4年4級口述1)

〔解〕 一般には第三種絶縁電線にして其太さは4 耗の硬銅線又は之と同等以上の強さ及太さを有するものなれども特種の設備を施し5 耗の硬銅線を使用せば第一種絶縁電線或は裸線にても可なり。

(5) 高壓架空電線が架空弱電流電線の上部に於て交叉する場所に於ける電気工作物規程に據る下記の制限につき記載せよ。

(大正14年3種3)

- (イ) 柱間距離 (木柱の場合)
 (ロ) 電線の太さ (第一種絶縁硬銅線を使用する場合)
 (ハ) 木柱の末口
 (ニ) 高壓電線と弱電流電線との垂直距離
- 〔解〕 (イ) 50 米以下

- (ロ) 5 耗
 (ハ) 15 種以上
 (ニ) 1 米以上

(6) 下記各項に就き適當なる數字を記載せよ。(大正12年2種一般3の内, 大正6年3級一般應用3及大正10年3種一般4)

(イ) 硬銅線及アルミニウム線の扯断力

(ロ) 我國に於て普通起る暴風の風壓

[解] (イ) 硬銅線 最小 35 珎每平方耗

アルミニウム 16 珎每平方耗

(ロ) 垂直面一平方米に付 200 珎内外

(7) 電氣工作物規程本則第四十七條に「電線の弛度は其の地方の最低温度に於て安全率を5以上とし電線の自重のみを支持し得る様計算したるものなること」とあり。實際架線に當り本規程に適合せしむる爲には如何なる考慮を要するか。

(大正11年3種1)

[解] 架線は勿論春夏秋冬を論ぜず隨時之を行ふ必要あり。故に氣温最低の時季に於て電線の長さ最小にして従つて弛度も亦最小なることを考慮せざるべからず。假りに夏期に於て架線するものとせば, 冬期に至り著しく其の弛度を減じ電線の張力を増加すべきを以て, 架線當時より電線張力に對する安全率を低下せしむべし。問題は高壓電線路なれど工作物規程細則 36 條ノ二の表により計算すべく任意の温度に於ける弛度は次の

$$d_t = \sqrt{d_0^2 + \frac{3}{8} a(t-t_0)S^2}$$

の公式によつて計算すべし。

(註) 本問記載の規定は舊規程にして現行規程と異なる。

(8) 電氣工事工作物に依る架空電線は其使用電壓に従ひ如何なる絶縁電線を使用する事を要するや。其電壓の區別に従ひ其の種類を擧げよ。(大正6年4級1)

[解] 300 ヴォルト以下の低壓 第一種絶縁電線
 300 ヴォルト以上の低壓 第二種絶縁電線
 高 壓 第三種絶縁電線

(9) 下記のものに對し電氣工作物規程に依る地線工事の種類別を記入せよ。(昭和3年度3種一般4)

(イ) 柱上變壓器の二次線

(ロ) 避雷用架空地線

(ハ) 電動機の鐵臺

(ニ) 計器用變壓器及變流器の二次線

[解] (イ) 第二種 (ロ)及(ハ) 第一種 (ニ) 第三種

(10) 電氣工作物規程に依る地線工事の各種別に就き, 其の抵抗に關する規定を記せ。(大正12年3種一般3)

[解] 地線と大地との地氣抵抗は
 第一種地線工事にては 10 オーム以下に保持し,
 第二種地線工事にては地線と大地との間に於ける電壓を 150 ヴォルト以下に保持する値とし,
 第三種地線工事にては 100 オーム以下に保持するもの、
 又は上記と同等以上の效力を有するものとす。

(11) 2000 ヴォルトより 200 ヴォルトに遷降する 15 キロワット變壓器(電動機用のもの)の高壓混觸豫防装置として其二次線の中性點を接地する場合に於ける地線の抵抗を算出せよ。

(明治44年4級臨時2)

[解] 普通に使用さるゝ交流電動機は三相電動機なるを以つて

本問の場合も 2000/200 volt, 15 kVA の単相變壓器三個を△△に接続されあるものとして解答せん。中性點とあるも低壓側の一線を接地してもよし。

變壓器の高壓混觸豫防装置の地線工事は電氣工作物規程に定められたる第二種地線工事即ち地線と大地との間の電壓を 150 ヴォルト以下に保つべきものとす。依つて一次線の遮斷電流を I アムペアなりとすれば地線の抵抗は $\frac{150}{I}$ オーム以下ならざるべからず。

本問の場合の一次側線路電流は

$$\sqrt{3} \times \frac{15000}{2000} = 13 \text{ アムペア}$$

依つて一次線の遮斷電流は 30 アムペアを適當とす。依つて一次線の遮斷電流を 30 アムペアとして地線の抵抗を求めれば其値は

$$\frac{150}{30} = 5 \text{ オーム}$$

以下なるを要す。

(12) 3キロワットの單相式變壓器あり其一次電壓3000ヴォルトなり今之れが二次線に工作物規程第二十條第二種地線工事を施設せんとする其の地線と大地との抵抗は幾何に保持すべきや。

(大正5年4級一般應用3及大正3年4級口述1)

[解] 工作物規程第20條に依れば地線と大地との電壓を150ヴォルト以下に保てとあり。而して一次線に挿入する可熔片は規定電流の二倍が通過する時には必ず2分以内に熔斷すべきものなるを以て、一次規定電流の二倍の通過に依る電壓を150ヴォルト以下に保つ様に抵抗を選べば可なり。

$$\text{一次規定電流} = \frac{3 \times 1000}{3000} = 1.0 \text{ アムペア}$$

大地と地線との間の抵抗を R オームとせば

$$R \times 2 \times 1.0 < 150$$

$$R < 75 \text{ オーム}$$

(13) 下記のものに對し電氣工作物規程に依る地線工事の種別を記入せよ。(大正7年4級一般應用1)

- | | |
|------------|------------|
| (イ) 遮電器 | (ホ) 變壓器の外函 |
| (ロ) 變壓器二次線 | (ヘ) 保護網 |
| (ハ) 發電機の鐵臺 | (ト) 電動機の鐵臺 |
| (ニ) 保護線 | |

- [解] (イ) 避雷器……………第一種地線工事
 (ロ) 變壓器二次線……………第二種地線工事
 (ハ) 發電機の鐵臺……………第一種地線工事
 (ニ) 保護線……………第三種地線工事
 (ホ) 變壓器の外函……………第一種地線工事
 (ヘ) 保護網……………第三種地線工事
 (ト) 電動機の鐵臺……………第一種地線工事

(14) 容量5キロヴォルト・アムペア、一次電壓3300ヴォルトなる柱上變壓器に、電氣工作物規程に適合する地線工事を施さむとす、地線と大地との抵抗を何オームとせば可なりや。

(大正13年3種3)

[解] 本問の變壓器は單相變壓器にして地線工事は變壓器の二次線の接地を施すものとして解答せん。

5 kVA に相當する一次電流は

$$\frac{5000}{3300} = 1.51 \text{ アムペア}$$

變壓器の能率及勵磁電流を見込むときには全負荷に於ける變壓器の一次電流は1.5アムペアを超過すれども、之れに對して實用的には1アムペアの可熔片を2本燃にして一次側に設備するものとするれば、一次側に4アムペアの電流通ずれば可熔片は2分間以内に熔斷するを以つて、此電流に對して地線と大地との間の電壓を150ヴォルト以下に保持し得る地線工事を施せば可なり。依つて所要の地

線と大地との間の抵抗は

$$\frac{150}{4} = 37.5 \text{ オーム}$$

以下たることを必要とす。

(15) 高き電圧に用ふる計器用變壓器は普通其二次線中の一線を接地す其理由を説明せよ。 (大正9年5級一般應用 3)

〔解〕 一次線と二次線との混觸、一次の靜電氣に因る二次の電壓非常昇騰等より生ずる危險を豫防する爲なり。是れ接地に依りて大地に近似の電位を保ち得ればなり。

(16) 電氣工作物規程に於て直流又は單相交流の三線式の中性線に自働遮斷器を裝置することを禁止せる理由を説明せよ。

(大正7年5級一般應用 1)

〔解〕 負荷が平均せざる場合に中性線の遮斷せらるるときには直ちに中性線の兩側に於ける電壓に不平衡を起すべきを以て中性線には遮斷器の裝置は絶対に許すべからざるものなり。

(17) 次に掲ぐる高壓及低壓電線路の電氣工作物規程による絶縁耐力試験電壓及試験時間を記せ。

架空電線路 (大正6年4級一般應用 1の内)

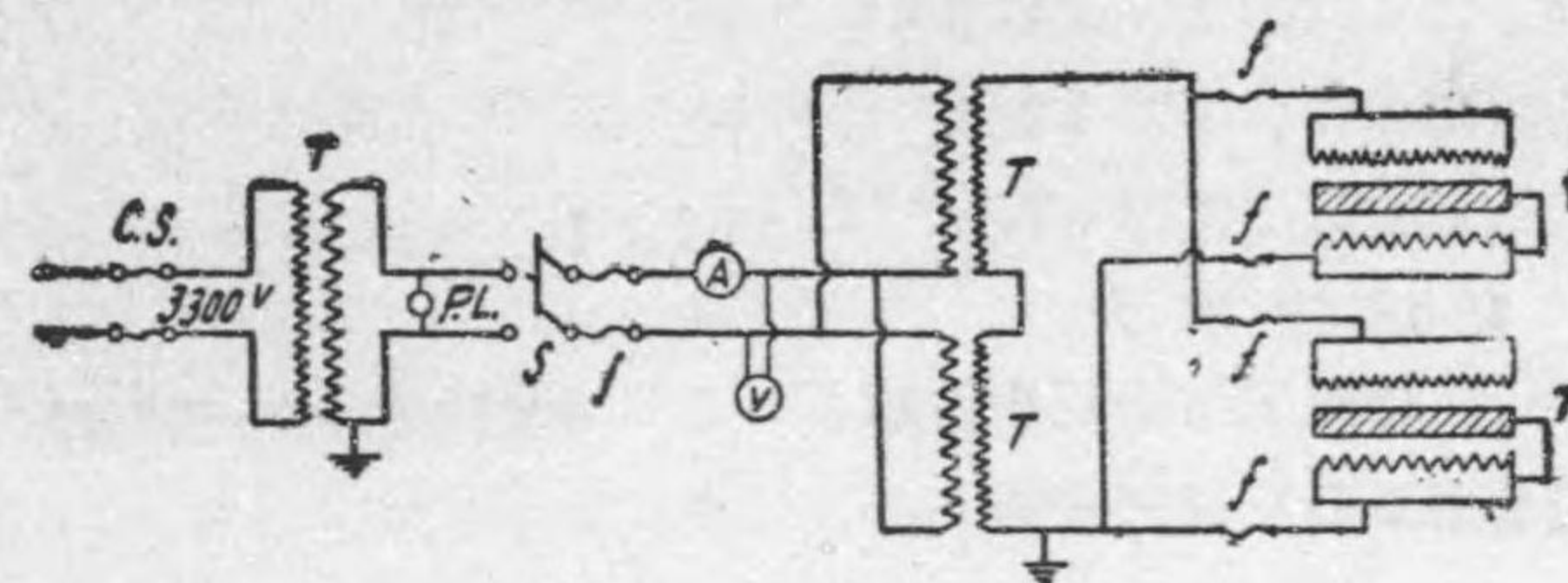
〔解〕 (A)高壓電線路 高壓電線路(柱上變壓器を含む)と大地との間の絶縁耐力は使用電壓の一倍半の電壓を以て試験し十分間以上之に耐ゆること。

(B)低壓電線路 絶縁耐力試験を行はず。其の絶縁部分と大地との間の絶縁抵抗(屋内電路を含有すると否とに拘らず)は漏洩電流をして最大供給電流の千分の一を超過せしめざる様保持すること。

(18) 一次電壓 3300 ヴォルト二次電壓 150 ヴォルトの單相柱上變壓器數多あり、此等の變壓器を使用し電氣工作物規程に依り各變壓器の絶縁耐力試験を行はんとす、之に必要な計器及器具を記入し其接續法を詳細に圖示せよ。但電源の電壓は一次電壓に等しきものとす。 (大正9年4級一般 2)

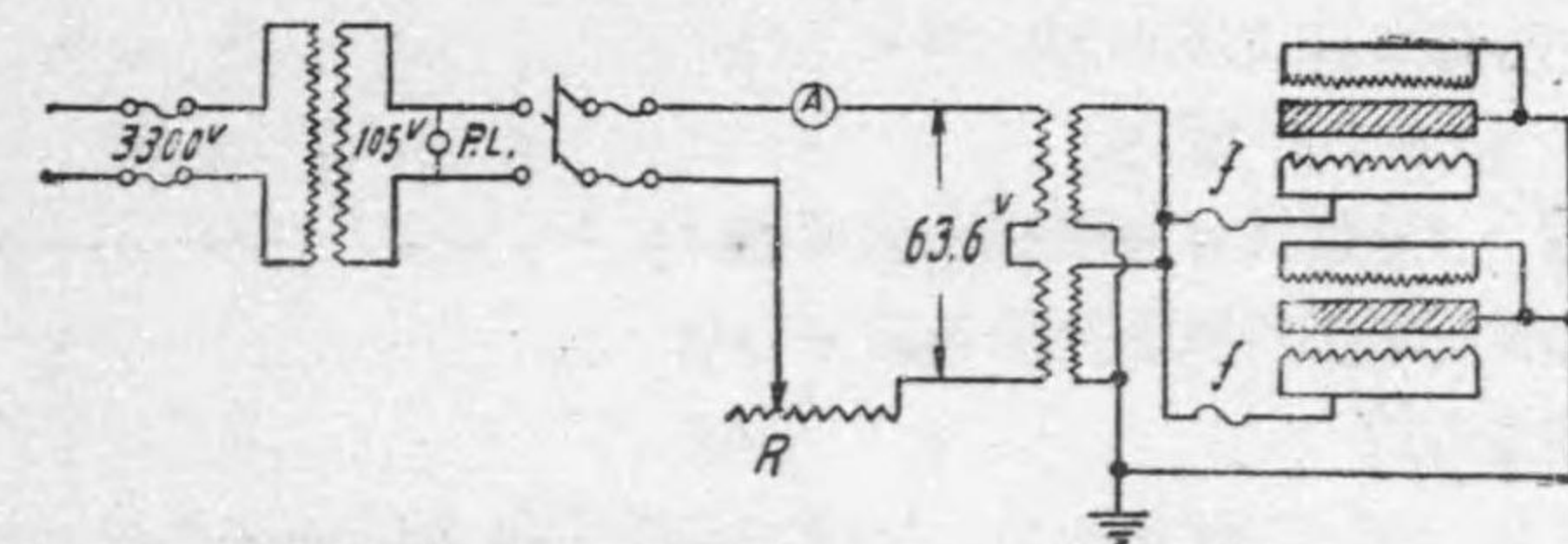
〔解〕 (イ) 高壓線輪と低壓線輪及鐵心外函との間の絶縁試験

第 76 圖



(ロ) 低壓線輪と鐵心及外函との間の絶縁試験

第 77 圖



C. S.—cutout switch

P. L.—pilot lamp

S—double pole knife switch

V—voltmeter

T—3300/105 volt transformer

f—fuse

A—ammeter

年 次 索 引

第 五 級

明治四十四年度		大正四年度	
問題 1.....	32	問題 1.....	32
" 2.....	44	" 2.....	6
" 3.....	44	" 3.....	21
" 4.....	47	大正五年度	
明治四十四年度臨時		問題 1.....	111
問題 1.....	93	" 2.....	11
" 2.....	9	" 3.....	38
" 3.....	34	大正六年度	
" 4イ.....	4	問題 1.....	5
" 4ロ.....	2	" 2.....	21
大正元年度		大正七年度	
問題 1.....	6	問題 1.....	54
" 2.....	73	" 2.....	81
" 3.....	49	" 3.....	19
大正二年度		大正八年度	
問題 1.....	48	問題 1.....	1
" 2.....	34	" 2.....	109
" 3.....	5	" 3.....	85
大正三年度		" 4.....	10
問題 1.....	46	大正九年度	
" 2.....	7	問題 1.....	33
" 3.....	2	" 2.....	10

問題 2.....	10	問題 3 口.....	2
" 3 イ.....	123		

第四級

明治四十四年度		大正四年度	
問題 1.....	50	問題 1.....	44
" 2.....	22	" 2.....	81
" 3.....	41	" 3.....	13
" 4.....	90	大正五年度	
蓄電池問題 1.....	113	問題 1.....	3
" " 2.....	110	" 2.....	102
" " 3.....	107	" 3.....	88
明治四十四年度臨時		大正六年度	
問題 1.....	119	問題 1.....	8
" 2.....	131	" 2.....	40
" 3.....	67	" 3.....	113
" 4.....	15	大正七年度	
大正元年度		問題 1.....	91
問題 1.....	25	" 2.....	75
" 2.....	86	" 3.....	118
" 3.....	107	大正八年度	
大正二年度		問題 1.....	19
問題 1.....	110	" 2.....	89
" 2.....	72	" 3.....	87
" 3.....	96	大正九年度	
大正三年度		問題 1.....	40
問題 1.....	28	" 2.....	60
" 2.....	43	" 3.....	102
" 3.....	3		

第三種

大正十年度		大正十三年度	
問題 1 イ.....	15	問題 1.....	112
" 1 口.....	113	" 2.....	113
" 2.....	37	" 3.....	133
" 3.....	24	大正十四年度	
大正十一年度		問題 1.....	64
問題 1.....	130	" 2.....	121
" 2.....	27	" 3.....	129
" 3.....	64	大正十五年度	
大正十二年度		問題 1.....	38
問題 1.....		" 2.....	58
" 2.....	57	" 3.....	94
" 3 イ.....	91	昭和二年度	
" 3 口.....	117	問題 1.....	65
" 3 八.....	95	" 2.....	56
大正十二年度再試験		" 3.....	95
問題 1.....	74	昭和三年度	
" 2 A.....	53	問題 1.....	68
" 2 B.....	108	" 2.....	70
" 3.....	55	" 3.....	115

第三級

(抄 錄)

明治四十四年度		蓄電池問題 3.....	117
問題 1.....	23	大正二年度	
蓄電池問題 1.....	115	問題 2.....	99
" " 2.....	121	大正三年度	

問題 1..... 82	問題 1..... 69
" 2..... 72	" 2..... 80
大 正 四 年 度	
問題 2..... 76	問題 2..... 99
大 正 七 年 度	
第 二 種	
大 正 十 年 度	
問題 1..... 89	問題 1..... 78
" 2..... 103	" 2..... 100
大 正 十 三 年 度	
" 3..... 60	" 3..... 60

一般(一次試験)より採録せる分

第 五 級

大正五年度理論問題 4..... 43	大正七年度應用問題 1..... 134
大正六年度應用問題 2..... 126	" " 2..... 92
" " 3..... 46	大正八年度問題 3..... 126
大正七年度理論問題 3..... 12	大正九年度問題 3..... 134

第 四 級

大正二年度問題 2..... 37	大正七年度應用問題 2..... 105
大正五年度理論問題 1..... 66	大正八年度問題 1..... 70
" " 2..... 85	" 4..... 123
" 應用問題 1..... 132	" 4ホ..... 126
大正六年度理論問題 2..... 29	大正九年度問題 2..... 135
大正七年度應用問題 1..... 133	" 3..... 13

第 三 種

大正十年度問題 3..... 63	大正十年度問題 4..... 125
-------------------	--------------------

大正十年度問題 5口...1及130	大正十四年度問題 4..... 123
大正十一年度問題 3..... 124	大正十五年度問題 3... 124
" " 4ハ... 53	" " 4イ... 128
大正十二年度問題 2..... 26	" " 4ニホ 124
" " 3..... 131	昭和二年度問題 4 = 107
" " 4ニ... 113	昭和三年度問題 1..... 111
" " 4ホ... 6	" " 2..... 35
大正十三年度問題 3イ口 128	" " 4..... 131
" " 3ハ... 124	" " 4 = 127

第 三 級

大正六年度問題 3口...54,130	大正七年度應用問題 1... 98
3ホ... 1,130	

第 二 種

大正十二年度問題 3イ 1,130	大正十二年度問題 3口 6,130
-------------------	-------------------

口述より抄録せる分

第 五 級

大正三年度問題 1..... 126	大正四年度問題 1... 127
--------------------	------------------

第 四 級

大正三年度問題 1..... 132	大正四年度問題 1..... 123
" " 2..... 15	" " 3..... 45

第 三 級

大正四年度問題 4..... 109

第 二 種

大正十三年度問題 1..... 101

昭和四年二月十五日 印刷

昭和四年二月十五日 發行

不許
複製

科目別選試標準解答

正價 金六拾五錢

送料 金貳錢

編輯者 電機學校

代表者 加藤 靜夫

印刷者 浪岡 具雄

印刷所 株式會社 オーム社印刷部

東京市神田區錦町三丁目十八番地

發行所 電機學校

東京市神田區錦町二丁目二番地

特約販賣所

六合館 東京市日本橋區數寄屋町九番地

電氣之友社 東京市京橋區南金六町六番地

電氣之友支社 大阪市北區堂島中二丁目

オーム社 東京市神田區錦町三丁目十八番地

オーム社 大阪市北區堂島ビル四〇四

出張所

電機學校出版書籍正價表

著者	書名	正價	部数	表紙
電機學校	電力發電	3.80	24	同
同上	水力發電	4.00	26	同
同上	送電	4.00	26	同
同上	電氣機械(第一編)	4.20	26	同
同上	電氣機械(第二編)	4.00	26	同
同上	電氣通論(第一編)	4.30	26	同
同上	電氣通論(第二編)	4.30	26	同
同上	電氣通論(交流理論其一)	2.00	17	同
同上	電氣通論(交流理論其二)	1.50	15	同
同上	電氣通論(一次及二次電池)	1.30	13	同
同上	電氣燈	2.40	22	同
東京E.C.I.株式會社 電機部部長 藤正	電氣用絕緣材料	5.50	27	同
同上	電氣磁氣測定及測定	4.60	27	同
同上	電氣磁氣電話	3.20	24	同
同上	電氣磁氣等	2.20	20	同
同上	電氣磁氣力	2.80	22	同
同上	電氣磁氣力	3.00	24	同
早稻田大學教授 通信技師 工學士	無線の理論と應用	1.70	18	同
同上	初等電氣通論	1.40	18	同
同上	電氣用算術學	1.80	18	同
同上	電氣用代數學	2.50	20	同
同上	電氣用幾何學	1.30	15	同
同上	電氣用三角法	2.00	13	同
同上	電氣用物理學	2.40	20	同
同上	電氣用化學(前編)	2.20	20	同
同上	電氣用製圖學(前編)	1.40	15	同
同上	電氣用英語(前編)	1.30	15	同
同上	電氣用英語(後編)	2.70	24	同
同上	電氣用英語(1)	0.80	14	同
同上	電氣用英語(2)	0.90	14	同
同上	電氣用英語(3)	0.70	4	紙
同上	明治四十四年度	0.50	2	同
同上	大正二年度	0.40	2	同
同上	大正三年度以降各年度分冊	0.50	2	同
同上	大正三年度以前各年度分冊	0.60	2	同
同上	選試標準解答の部	0.75	2	同
同上	選試標準解答の部	0.35	2	同
同上	三角函數並に對數表	0.20	2	無
同上	計算尺使用法	0.15	6	紙
同上	電機學校一覽	1.00	2	同
鐵道技師 工學士 米澤政治	電氣鐵道	1.20	4	同
同上	電氣鐵道	1.35	4	同

發行所 電機學校 東京市神田區錦町二丁目二番地 電話神田(25)局代1121(4)番 振替口座東京13184番

特約販賣所 (六合) 東京日本橋區吳服橋二丁目五番地ノ十一 オーム社 東京市神田區錦町三丁目一八
 (電氣之友社) 東京市京橋區新橋 同大阪出張所 大阪北區堂島
 (同大阪支社) 大阪北區堂島中二丁目

320
415

特 210

252

終