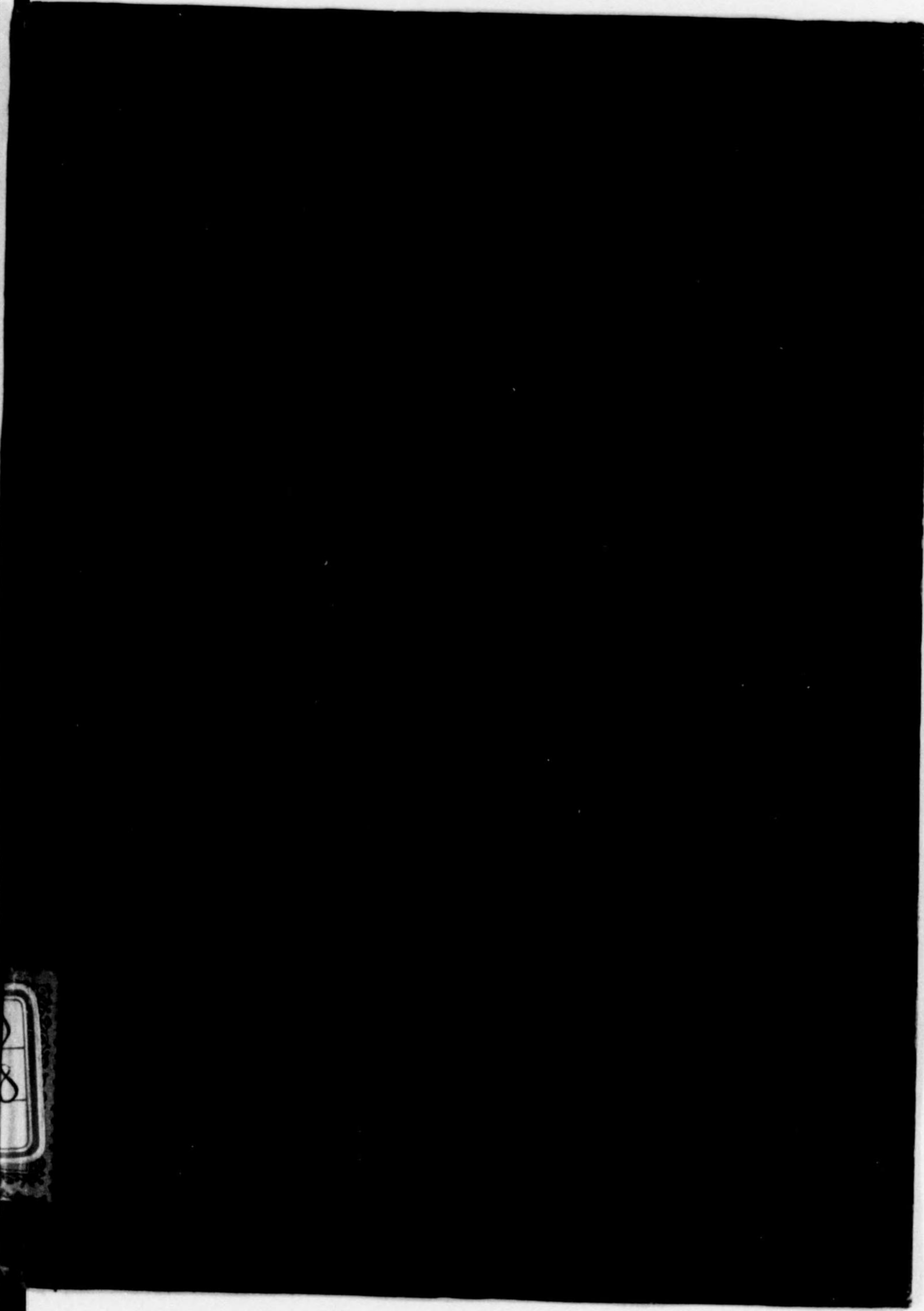
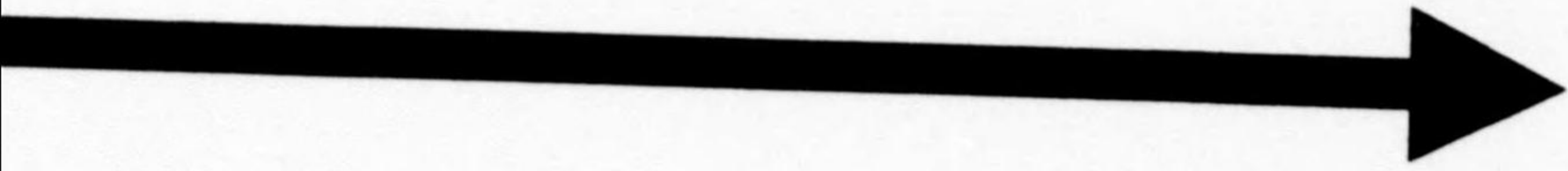


始





540  
D58

3

高級電氣工學新書

電氣技術研究會  
著



電氣書院

## 序

先きに発行した「電氣工學新書」の續篇として、茲に本書を刊行する日を迎へた。

前書と同様に、其の内容とする處は、電氣一般に關する記述であり、目的とする處は、あらゆる職場の強電技術者に電氣工學一般の技術的常識を與へるにある。本書では更らに、最近の進歩をより高度の技術的觀點に立つて講述することにした。

従つて、讀者は、先づ「電氣工學新書」に依つて、基礎的な智識を修められてから、本書に進めたい。

又、本書は電檢第二種一次指導書としての使命を有して居るのであつて、繁忙な日常業務の餘暇に孜々として獨學される同受験者諸君に對し、要領を得た親切な指導書となるやうに、格別の苦心を隨所に拂つた。

とは云へ、尠からぬ不満を本書に見出されるであらうが其等に對する嚴格な御指摘を得て、改版毎に内容の充實に努力致したいと念願してゐる次第である。

昭和二十二年八月

電氣技術研究會



## 本書の學修法

① 本書を學修する前の基礎、梯として「電氣工學新書」を十分に修得して頂きたい。

同書は電氣一般に對して、根底のある基礎智識を遺漏なく與へてゐる。

② 先づ全書を一通り通讀して、一通りの概念を得られたい。

③ 次に精讀して、要所要点を簡単にノートして頂きたい。

④ 最後に目次を見て、其の内容の想起されるやう、徹底的な學修をされたい。

⑤ 受験前2日程で全書を通讀されて、③の要点ノートの徹底した把握と、④を今一應、行はれたい。

附記；本書と電檢受験テキスト一次計算篇第二種用を學修されるなら、第二種一次合格は絶對的である。

# 高級電氣工學新書

## 目次

### 1. 電氣理論

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| 1.1 靜電現象            | 1              |
| (1) 電氣力線            | (2) 誘電体損失角     |
| (3) 誘電体ヒステリシス       | (4) 靜電遮蔽       |
| (5) 電氣影像            |                |
| 1.2 磁氣現象            | 2              |
| (1) 各種の磁性体          | (2) 自己減磁作用     |
| (3) 磁氣ヒステリシス        | (4) 磁歪現象       |
| 1.3 電氣回路            | 3              |
| (1) 負性抵抗            | (2) 表皮作用       |
| (3) 鐵共振             | (4) ヒステリシス進角   |
| (5) 波高率             | (6) 不平衡率       |
| (7) 搬送電流            | (8) 衝擊電壓       |
| (9) 衝擊電壓發生器(人工雷發生器) |                |
| (10) 衝擊—比           | (11) 波動インピーダンス |
| 1.4 電子現象            | 6              |
| (1) 陰極線             | (2) 光電効果       |
| (3) 熱電子効果           | (4) 電子顯微鏡      |
| 1.5 電氣化學現象          | 7              |
| (1) 電離              | (2) 電氣化學當量     |
| (3) 電氣滲透            | (4) 電氣泳動       |
| 1.6 その他の現象          | 8              |
| (1) ゼーベック効果         | (2) 壓電氣現象      |

### 2. 電氣測定

|                  |            |
|------------------|------------|
| 2.1 指示計器         | 9          |
| (1) 確度による分類      | (2) 有效測定範圍 |
| (3) 各部條件の影響著しき計器 |            |

|                           |                |
|---------------------------|----------------|
| (4) 餘 効                   | (5) 角 型 計 器    |
| (6) 電氣計器の記録事項             | (7) 指示計器の資材節約  |
| 2.2 特殊指示計器.....10         |                |
| (1) 回轉電壓計                 | (2) ・イオン風電壓計   |
| (3) 相回轉表示器                | (4) サイクルカウンタ   |
| (5) 架線電流計                 | (6) 電池電壓計      |
| (7) 電氣動力計                 |                |
| 2.3 檢 流 計.....13          |                |
| (1) 外部臨界制動抵抗              | (2) 彈 動 定 數    |
| 2.4 積 算 計 器.....13        |                |
| (1) 位相補償装置                | (2) 輕負荷補償装置    |
| (3) 滑動防止装置                | (4) 特殊積算電力計    |
| (5) 回轉標準計器                | (6) 限 取 線 輪    |
| 2.5 遠隔電氣計器.....15         |                |
| (1) 一 般                   | (2) 種類と得失      |
| (3) 遠隔測定の実例               |                |
| 2.6 電壓及び電流の測定.....16      |                |
| (1) 直流變流器                 | (2) 計器用變成器の特質  |
| (3) 特殊計器用變壓器              | (4) 靜電電壓變成器    |
| (5) 特殊計器用變流器              |                |
| 2.7 波高及び衝擊電壓、電流の測定.....19 |                |
| (1) 分 類                   | (2) 波高電壓計      |
| (3) 波高電流計                 | (4) ・シリドノグラフ   |
| 2.8 電力の測定.....20          |                |
| (1) 誘電体損失の測定              | (2) 高周波電力の測定   |
| 2.9 インピーダンスの測定.....21     |                |
| (1) オーム計                  | (2) ブリツヂメガ     |
| (3) インピーダンス計              | (4) 無誘導抵抗      |
| 2.10 その他の電氣測定.....22      |                |
| (1) 波 長 計                 | (2) 正相及び逆相分電壓計 |
| 2.11 磁 氣 測 定.....23       |                |
| (1) 磁 束 計                 | (2) 導 磁 率 計    |
| 2.12 應 用 測 定.....24       |                |

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| (1) 應用測定の特長         | (2) 分類と適用        |
| (3) 温度の測定           | (4) 回轉速度の測定      |
| (5) 變位の測定           | (6) 壓力の測定        |
| (7) 眞空度の測定          |                  |
| 2.13 電 氣 單 位.....26 |                  |
| (1) M. K. S 單位      | (2) 絶對オーム        |
| 3. 照 明 並 に 電 熱      |                  |
| 3.1 輻 射.....27      |                  |
| (1) 温度輻射            | (2) 輻 射 束        |
| (3) 黒体輻射            | (4) 選擇輻射         |
| (5) 等價温度            | (6) ルミネセンス       |
| (7) 光の仕事當量          | (8) 輻射照度         |
| (9) 照明工學に用ふる單位      |                  |
| 3.2 白熱電球.....29     |                  |
| (1) 越 流             | (2) 壽命指數         |
| (3) 斷線率曲線と生存率曲線     | (4) 電球の再生        |
| (5) 200 V 電 球       | (6) 閃 光 電 球      |
| (7) 集 光 電 球         | (8) 全 光 電 球      |
| (9) ルーソー線圖          | (10) 等 燭 圖       |
| 3.3 放電燈及び弧光燈.....31 |                  |
| (1) 放電燈の各種          | (2) 弧光燈の各種       |
| (3) 高壓水銀燈           | (4) 超高壓水銀燈       |
| (5) 螢光放電燈           | (6) 熱陰極放電燈       |
| (7) ネオン電球           | (8) 螢光電球         |
| 3.4 測光及び視覚.....34   |                  |
| (1) 物理測光            | (2) 簡易照度計        |
| (3) 光 電 管           | (4) 眩 輝          |
| (5) 視 感 度           | (6) 視感度曲線        |
| (7) 光 滲             | (8) 明 視 論        |
| 3.5 照 明.....36      |                  |
| (1) 擴散照度            | (2) 照 明 能 率      |
| (3) 益 光 能 率         | (4) 節電を目的とする照明方式 |

(5) 晝光採光の要点 (6) 天然光による照度  
 (7) 人工晝光を得る方法 (8) 各種の葦外線電燈  
 (9) 影法師効果 (10) 調光器  
 (11) 配線及び照明器具の代用資材

3.6 電燈應用.....39  
 (1) 養魚集蛾燈 (2) 青色螢光燈  
 (3) 農村電化の最近の諸問題  
 (4) 漁業電化の最近の諸問題

3.7 電氣料金制.....40  
 (1) 準備料金制 (2) 綜合料金制  
 (3) 電力需給契約中に責任使用量の定められる理由

3.8 電熱一般.....41  
 (1) 發熱体の種類と使用温度  
 (2) 鐵クロム線

3.9 電熱の新應用.....41  
 (1) 電極式炊飯器 (2) 電氣製塩  
 (3) 浴場電化 (4) 甘露の電氣貯藏  
 (5) 味噌の電熱速漬 (6) 電氣燒土

3.10 電氣熔接.....43  
 (1) 水素電弧熔接 (2) 衝擊熔接  
 (3) 電子管制御熔接

3.11 電氣爐.....44  
 (1) 電氣爐の3種と得失、用途  
 (2) 塩槽電氣爐 (3) 真空電氣爐

4. 電氣機器

4.1 一般.....46  
 (1) 漂遊負荷損 (2) 規約能率  
 (3) 水素冷却方式 (4) 電氣機器の噪音軽減法  
 (5) 資材節約 (6) ガラス纖維  
 (7) 電氣機器の標準規格の効果  
 (8) 工場動力を電動機運轉とする利益  
 (9) 工作機械の運轉方式とその得失

(10) 工作工場に於ける節電方法  
 (11) 電氣機器の絶縁耐力電壓  
 (12) 各種電動機の保護方式

4.2 直流機.....50  
 (1) 直流發電機の故障とその原因  
 (2) 直流電動機の故障とその原因  
 (3) 分巻電動機の世界制御法  
 (4) 直巻電動機の世界制御法

4.3 特殊直流機.....52  
 (1) 電氣熔接用發電機の具備條件  
 (2) 三刷子發電機

4.4 同期發電機.....53  
 (1) 同期インピーダンス (2) 逆相インピーダンス  
 (3) 短絡比 (4) 自己勵磁現象  
 (5) 速應勵磁方式 (6) 軸電流  
 (7) 同期發電機の故障とその原因  
 (8) 同期電動機の故障とその原因  
 (9) 大容量同期發電機の注文に當り考慮すべき事項

4.5 特殊同期機.....56  
 (1) 同期調相機の仕様書  
 (2) 同期調相機の進相容量と遅相容量の關係  
 (3) 高周波發電機  
 (4) 回轉變流機の過速度とその保護  
 (5) 回轉變流機の周波數特性

4.6 變壓器.....58  
 (1) 冷却方式の選定に當り考慮すべき事項  
 (2) 三相用變壓器の並列運轉可能方式と不可能方式  
 (3) 三相用變壓器の各種結線方式とその得失  
 (4) 特別高壓用套管の種類と得失  
 (5) 變壓器の突入電流 (6) 仕様書の記載事項  
 (7) 變壓器のZ規格 (8) 周波數特性  
 (9) 衝擊電壓試験の目的

4.7 特殊變壓器.....64

(1) 負荷時調整変圧器 (2) 非共振変圧器  
 (3) 段絶縁とインピーダ (4) アルミ巻線変圧器  
 (5) 水銀整流器用変圧器の具備条件と構造上の特異点  
 (6) 試験用変圧器の電圧調整方法  
 (7) 絶縁破壊試験を行ふに當り考慮すべき事項

4.8 誘導機器.....67  
 (1) 直入電動機  
 (2) 三相誘導電動機の各種速度制御法  
 (3) 三相誘導電動機の力率改善方法  
 (4) 三相誘導電動機の単相運轉  
 (5) 周波数特性  
 (6) 三相誘導電動機の故障とその原因  
 (7) アルミ籠形回轉子 (8) 単相電動機の起動方式

4.9 水銀整流器.....73  
 (1) 水銀整流器内の電壓降下 (2) 格子制御  
 (3) 逆 弧 (4) 周波数特性  
 (5) イグニトロン (6) 交直變成装置の種類

4.10 その他.....75  
 (1) 電力用蓄電器の用途 (2) 直列蓄電器

5. 發電 [水力發電]

5.1 水力發電一般.....77  
 (1) 各種水力發電方式

5.2 水路施設.....77  
 (1) 各種の水頭 (2) 水力勾配  
 (3) 壓力隧道 (4) 貯水池及び調整池の位置選定  
 (5) 副調整池 (6) 逆調整池  
 (7) 水槌作用

5.3 電氣設備.....79  
 (1) 同期發電機の定格電壓、力率及び速度の決定  
 (2) 傘形發電機 (3) 大型發電機の保護方式  
 (4) 各種の勵磁方式 (5) 勵磁機の各種運轉方式  
 (6) 軸發電機 (7) 調速機の驅動方式

(8) 隔 室 (9) 模擬母線  
 (10) 照光配電盤 (11) 母線のアルミ化

5.4 水力發電計畫.....84  
 (1) 位置の選定 (2) 使用水量の決定  
 (3) 水車及び發電機の台数の選定 (4) 單床式發電所  
 (5) 鐵鋼に對する代用資材 (6) 資材節約  
 (7) 資材節約に對する設計上の考慮  
 (8) 設計上に於ける最近の傾向 (9) 機型試験

5.5 運 轉.....88  
 (1) 既設水力發電所の出力増加對策  
 (2) 高能率運轉

5.6 特殊發電所.....88  
 (1) 自動發電所の種類 (2) 自動發電所の起動方式  
 (3) 屋外型發電機 (4) 風力發電所  
 [火力發電]

5.7 燃料及び燃燒方式.....90  
 (1) 石炭のコーキングとクリンカー  
 (2) 石炭の風化と自然發火 (3) 貯炭方法  
 (4) 炭質低下による影響 (5) 埋火損  
 (6) 分函強壓通風 (7) 平衡通風  
 (8) 微粉炭燃燒方式の得失 (9) 自動燃燒制御方式

5.8 火爐並に氣罐.....92  
 (1) 煙道ガスの餘熱利用設備  
 (2) 過熱低減器 (3) 水 冷 壁

5.9 タービン並に復水器.....93  
 (1) 蒸氣の臨界壓力 (2) タービンの臨界速度  
 (3) 抽氣タービンと背壓タービンの相違  
 (4) 前置タービン (5) 蒸氣タービンの検査  
 (6) 復水器の冷却水としての必要條件

5.10 電氣設備.....95  
 (1) 水車用同期發電機とタービン用同期發電機の比較  
 (2) 補助機用動力に電動機の適する理由とその電源  
 (3) タービン發電機の調相機化



|                                        |                    |
|----------------------------------------|--------------------|
| (4) 現在負荷及び豫定負荷表示器                      |                    |
| 5.11 発電所設計                             | 97                 |
| (1) 熱サイクル                              | (2) 熱動定            |
| (3) 熱効率向上策                             | (4) 火力発電所ノ位置選定     |
| (5) 現下の状態に對し設計上考慮すべき点                  |                    |
| (6) 発電所設備の標準化による利益                     |                    |
| 5.12 運 轉                               | 99                 |
| (1) 確實な運轉をなす爲の設備の維持方法                  |                    |
| (2) 出力増加対策                             |                    |
| 5.13 水 火 併 用                           | 101                |
| (1) 水火併用による利益                          |                    |
| (2) 補給用火力発電所の具備條件                      |                    |
| (3) 常用と補給用の火力発電所の設計上の相違点               |                    |
| (4) 尖頭負荷用発電所の實例                        |                    |
| (5) 水力及び火力発電所を並列運轉する場合と<br>單獨運轉する場合の得失 |                    |
| (6) 負荷率の向上策                            |                    |
| 5.14 そ の 他                             | 103                |
| (1) 單位方式                               | (2) 周波数の統一         |
| (3) 周波数統一による利益                         | (4) 50~60~兩用の水力発電所 |
| <b>6. 送 配 電</b>                        |                    |
| 6.1 一 般                                | 103                |
| (1) 電力系統の周波数統一                         | (2) 大地利用の送電        |
| (3) 架空電線路の絶縁耐力                         | (4) 地中電線路の絶縁耐力     |
| (5) 直流式配電と交流式配電の比較                     |                    |
| 6.2 電 氣 的 特 性                          | 109                |
| (1) 送電線の摺架理由                           | (2) コロナの發生電壓       |
| (3) 配電線の電力損失減少策                        |                    |
| 6.3 構 成                                | 110                |
| (1) 鐵塔の種類                              | (2) 支持物の安全係數       |
| (3) 架空線用の電線ノ種類と得失                      |                    |
| (4) アルミニウムの性質並に用途                      |                    |

|                                         |                  |
|-----------------------------------------|------------------|
| (5) 架線線にアルミ線を使用する時の注意                   |                  |
| (6) ビン碍子と懸垂碍子の比較                        |                  |
| (7) 速 能 率                               | (8) 特殊懸垂碍子       |
| 6.4 施 設                                 | 113              |
| (1) 電路の混觸防止施設                           |                  |
| (2) 中性点接地方式の三種とその得失                     |                  |
| (3) 送配電系統の力率低下の原因                       |                  |
| (4) 電力用蓄電器設置上の注意事項                      |                  |
| (5) 直列蓄電器                               | (6) 搬送波電流の應用     |
| (7) 搬送保安電話と有線保安電話の得失                    |                  |
| 6.5 保 護 方 式                             | 118              |
| (1) 保護繼電器の具備條件                          |                  |
| (2) 三相3線式送電線の接地保護方式                     |                  |
| (3) 選擇接地繼電器                             | (4) 距離繼電器        |
| (5) 搬送繼電器                               | (6) 高壓配電線の短絡保護方式 |
| (7) 接地選擇保護方式                            | (8) 高速度再閉路方式     |
| 6.6 設 計                                 | 122              |
| (1) 送電電壓の決定                             | (2) 電力傳送と電話傳送の相違 |
| (3) 送配電系統に於て發電機は星形、<br>變壓器は三角形の結線が適する理由 |                  |
| (4) 配電線の簡素化                             | (5) 配電線の一元化      |
| (6) 自動配電方式                              |                  |
| (7) 配電系統の需用率及び不効率とその向上策                 |                  |
| 6.7 建 設                                 | 126              |
| (1) 送電線の經過地点の選定                         | (2) 送電線の經濟的徑間    |
| 6.8 運 轉 及 び 保 守                         | 127              |
| (1) 既設送配電線の出力増加対策                       |                  |
| (2) 架空送電線の過負荷使用                         |                  |
| (3) 送電線の電壓上昇                            | (4) 配電線の電壓上昇     |
| (5) 送電線の安定度の意義                          | (6) 安定度の向上策      |
| (7) 架空電線の振動現象                           | (8) 試 送 電        |
| (9) 送電線の事故の原因                           | (10) 送電線の保守方法    |
| 6.9 避 雷 装 置                             | 133              |

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| (1) 送電線の異常電圧                  | (2) 絶縁協調         |
| (3) 架空地線                      | (4) 埋設地線         |
| (5) 招弧角                       | (6) 發變電所の避雷装置    |
| (7) 避雷器の保守                    | (8) 送配電線の雷害とその防護 |
| (9) 雷電壓に対する電氣機器の防護            |                  |
| 6.10 引込及び屋内線.....             | 139              |
| (1) 屋内配線材料の資材節約               |                  |
| (2) 需用家の光度低下に対する調査事項          |                  |
| 6.11 地中電線路.....               | 141              |
| (1) 地中送電系統の接続方式               |                  |
| (2) 地中ケーブルの布設方法               |                  |
| (3) 地中ケーブルの安全電流               |                  |
| (4) ケーブルの損失及び単心ケーブルと3心ケーブルの優劣 |                  |
| (5) 段絶縁                       | (6) 特殊ケーブル       |
| (7) 特別高圧用ケーブルの故障及び劣化原因とその対策   |                  |
| (8) 地中送電線路の保守                 |                  |
| 6.12 配電用變電所.....              | 148              |
| (1) 配電用變電所の容量の決定              |                  |
| (2) 變電所の出力増加対策                |                  |
| (3) 變壓器の保守上留意すべき点             |                  |
| (4) 發變電所に於ける相間短絡の主な原因         |                  |
| (5) 油入遮断器の使用理由と爆發の原因          |                  |
| (6) 装甲開閉装置                    | (7) 装甲型配電盤       |
| (8) 配電盤上の器具の配置に當り考慮すべき事項      |                  |
| (9) 自家用變電所の主要電氣設備と日負荷率及び力率    |                  |
| 6.13 蓄電池.....                 | 153              |
| (1) 電池の成極                     | (2) 自己放電         |
| (3) 空氣電池                      | (4) 表示電池         |
| (5) 浮動蓄電池方式                   |                  |

## 7. 電 鐵

|              |     |
|--------------|-----|
| 7.1 一 般..... | 155 |
| (1) 蒸氣鐵道の電化  |     |

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| (2) 電氣鐵道に於ける輸送力の増強対策     |                |
| (3) 電車線電壓の倍化             |                |
| (4) 電鐵用變電所の周波數統一         |                |
| (5) 資材節約及び代用資材           |                |
| 7.2 軌條及び軌道.....          | 158            |
| (1) 第三軌條                 | (2) 補助歸線       |
| (3) 地中管路の電蝕とその防止方法       |                |
| (4) 選擇排水                 |                |
| 7.3 運 轉.....             | 160            |
| (1) 電氣制動                 | (2) 電力回生制動     |
| (3) 逆行防止器                | (4) 比電力消費量の減少法 |
| 7.4 車輛設備.....            | 161            |
| (1) 最近の狀態に対する電氣車の設計      |                |
| (2) 制動装置種類と特徴            | (3) 單位スイッチ     |
| (4) 密着連結器                | (5) 鋼摺動板の炭素化   |
| 7.5 電車線及び配電.....         | 164            |
| (1) 電車線の吊架方法             |                |
| (2) 電車線の摩耗とその防止対策        |                |
| (3) 代用電車線の種類とその得失        |                |
| (4) 代用電車線の工事並に保守上の注意     |                |
| (5) 複線式を單線式に変更する時の考慮     |                |
| 7.6 そ の 他.....           | 166            |
| (1) 電鐵用變電所の新設に當り考慮すべき事項  |                |
| (2) ガラス製水銀整流器と鐵製水銀整流器の得失 |                |
| (3) 可搬變電所                | (4) インピーダンスボンフ |

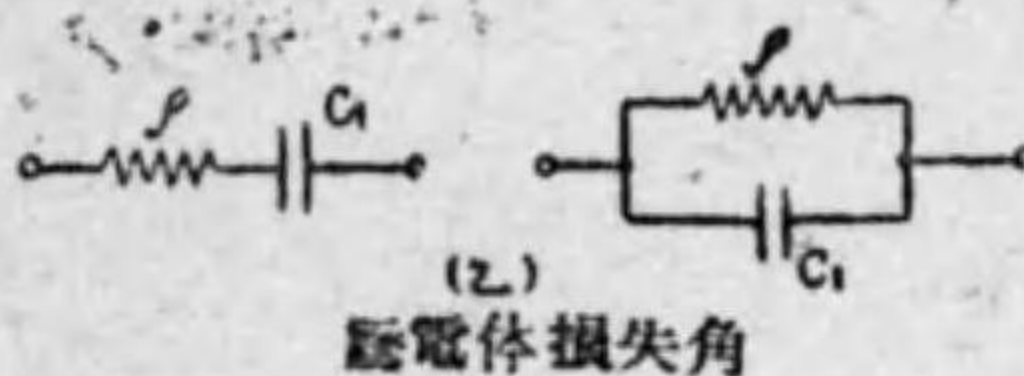
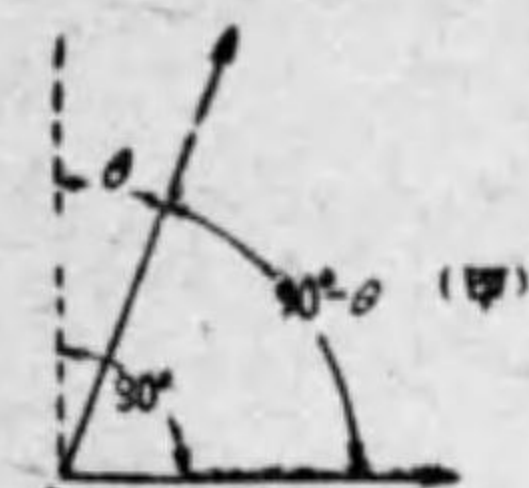
# 1. 電 氣 理 論

## 1.1 静電現象

### (1) 電 氣 力 線

電界内に単位の正電荷を置いて、之が受ける力の大きさ、及び方向を以てその点の電界の強さ及び方向とし、之を連続的に表したものが電氣力線である。然して、電氣力線上に於て、1点の電界の方向は力線上に於けるその点の切線で表され、電界の強さは電氣力線の密度で表される。

### (2) 誘電体損失角

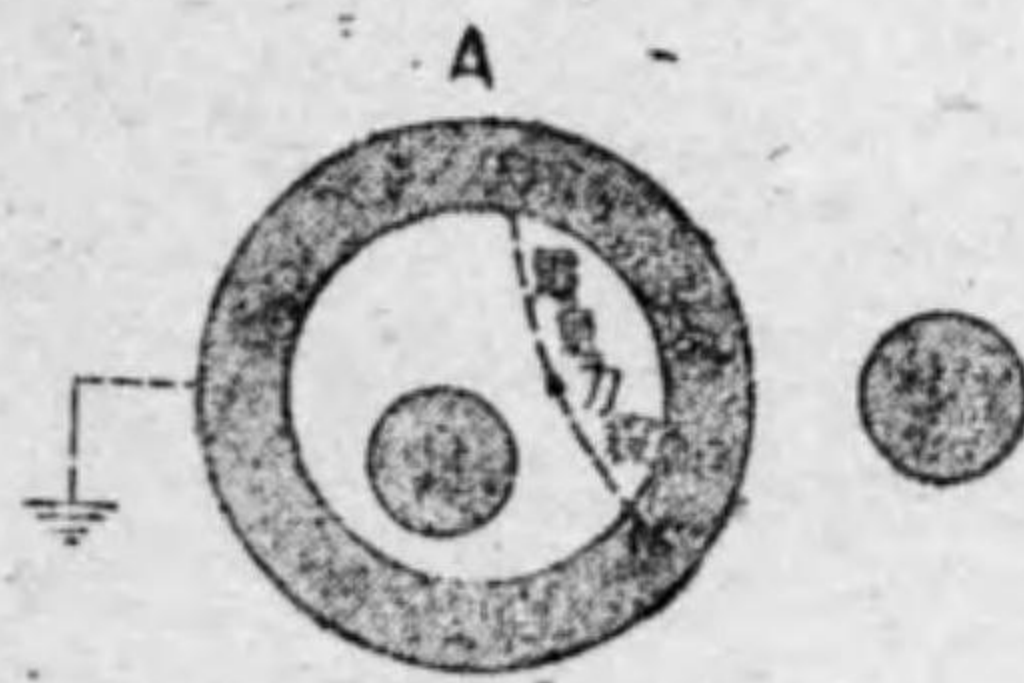


誘電体損失角  
うに表される。

ある絶縁物を誘電体とした蓄電器に交流電圧を加へると、充電電流の位相は、誘電体損失のため加電圧より  $(90^\circ - \theta)$  だけ進む。この  $\theta$  を、その絶縁物の誘電体損失角と云ふ。この場合 (電圧  $\times$  電流  $\times \sin\theta$ ) は誘電体損失となる。尙この蓄電器の等価回路は乙圖のやうに表される。

### (3) 誘電体ヒステリシス

雲母や水晶等を誘電体とした蓄電器 C に電圧 V を加へた時、兩極板に蓄へられる電荷 Q は、CV となるとは限らないで、これまでの履歴 (電荷が現在値に達する迄の變化の状態等) によつて同一電圧でも同一値とならない。この現象を誘電体ヒステリシスと云ふ



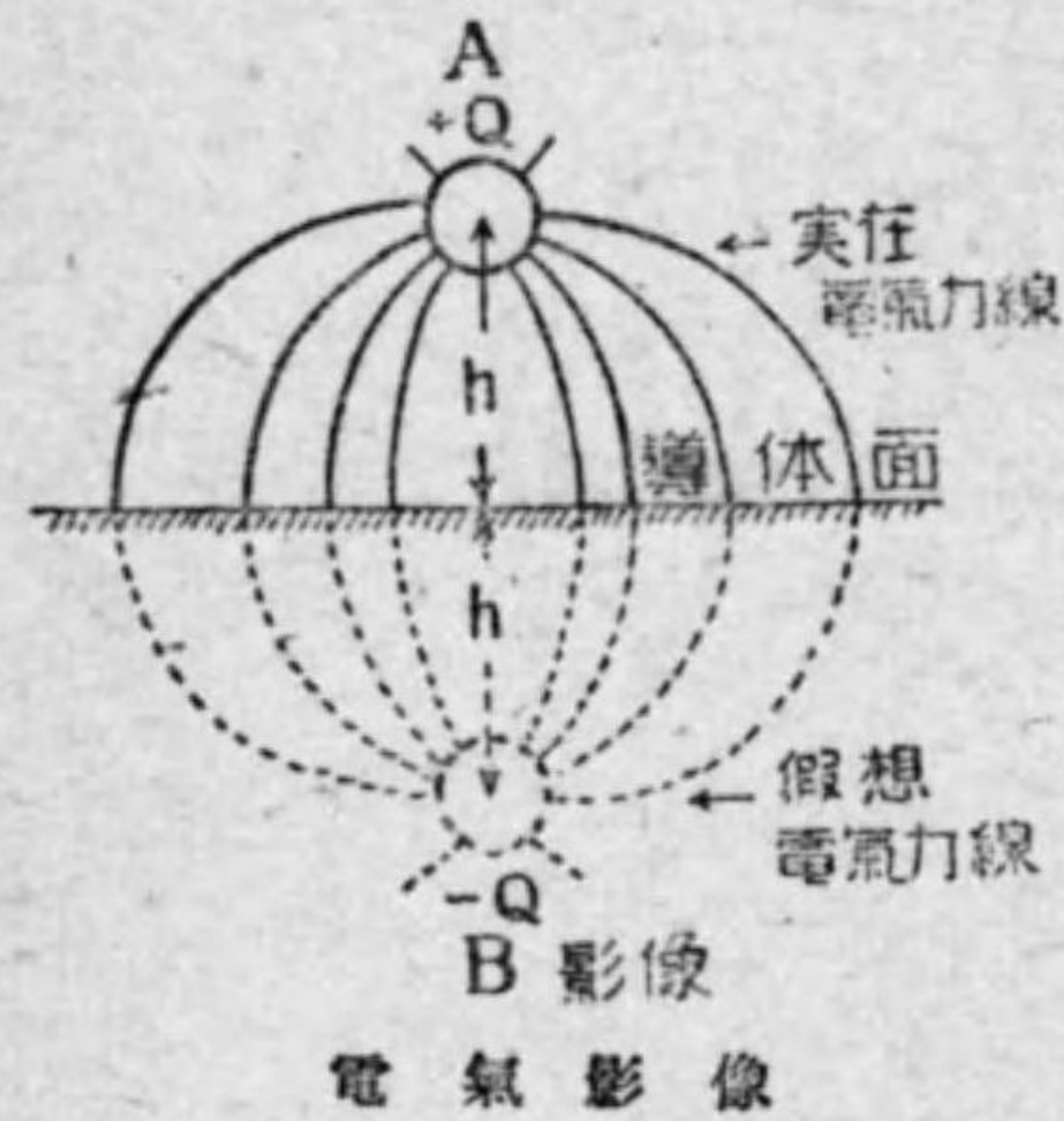
静電遮蔽

### (4) 誘電遮蔽 (遮電)

導体 B を接地導体 A で包むと、A の外にある C 導体と B 導体間の静電的作用は全く消失する。即

も、BはAの外にある導体の電荷によつては、静電誘導作用を受けない。又、Aの外にはBの電荷による電界を生じない。斯様に物体を静電的に遮蔽する事を静電遮蔽と云ふ。

(5) 電 氣 影 像



零電位の導体表面(例へば地面)の附近の電荷による電界の状況を考へる場合導体表面を1つの鏡面と見て、該電荷の影像の位置に反対の電荷を假想し、この兩電荷間に生ずる電界を考へるとその半分——導体面で切られる——が求める電界に一致する。斯様な電荷(圖では+Qに對する-Q)

を考へることを電氣影像と云ふ。

1.2 磁 氣 現 象

(1) 各種の磁性体

磁界内に入れた物体が、加へた磁界と同方向に磁化されるものを正磁性体と云ひ、磁界と反対方向に磁化されるものを逆磁性体と云ふ。前者の中、特に強く磁化されるものを強磁性体と稱し、それ以外の正磁性体及び逆磁性体は、一般に僅かしか磁化作用を表さないから、これ等を一括して非磁性体と云ふこともある。即ち、導磁率を  $\mu$  磁化率を  $k$  とすると、

- 正磁性体  $\mu > 1$   $k \dots \dots$  正
- 逆磁性体  $\mu < 1$   $k \dots \dots$  負
- 強磁性体  $\mu, k$  共に 1 より遙かに大きいもの
- 非磁性体  $\mu$  は 1,  $k$  は 0 に近いもの

次に、上記 3 種の磁性体を示すと、

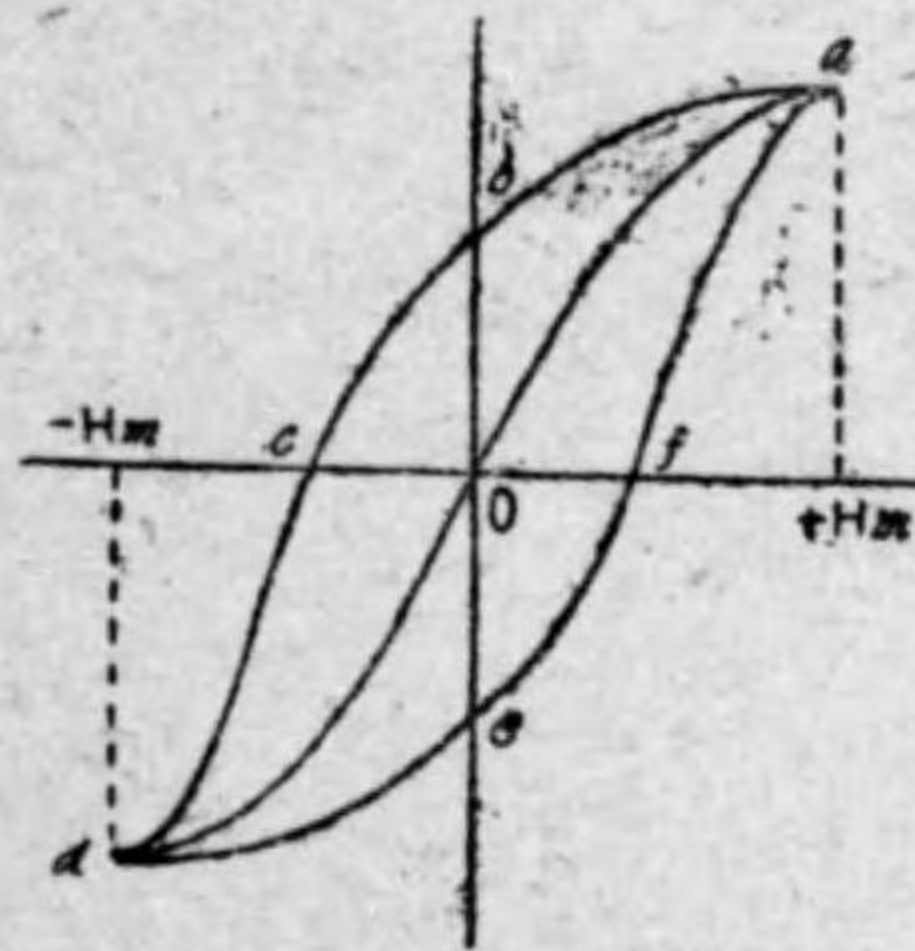
- 強磁性体  $\dots \dots$  鐵, ニッケル, コバルト
- 正磁性体  $\dots \dots$  アルミニウム, マンガン, 空氣, 酸素

逆磁性体  $\dots \dots$  亞鉛, 蒼鉛, 銅, 鉛, 水銀, 硫黃, 水

(2) 自己減磁作用 (減磁作用)

正磁性体が磁界 H を受けて磁化される時、その兩端に表はれる誘導磁界 I によつて磁性体に生ずる新たな磁界 h は、H と反対方向で、自己の磁化を妨げやうとする。之を自己減磁作用と云ふ。

(3) 磁氣ヒステリシス (磁氣履歴)



磁氣ヒステリシス環線

強磁性体を磁化する時、磁化力 H を増加する場合と減ずる場合では、同一値の H に對する磁束密度 B の値が異なる。斯様に、B が H の履歴によつて異なる現象を磁氣ヒステリシスと云ふ。圖は鐵の磁氣ヒステリシスを表したもので、之をヒステリシス環線と稱する。尙、圖の  $\overline{Of}$  は保持力、 $\overline{Ob}$  は残留磁氣を表す。

(4) 磁 歪 現 象

ある物質は磁化すると僅かに變形し、反対に外力を加へて物質に歪を與へると、物質の磁化状態が變る。この現象を磁歪現象と稱し磁歪發振器等に應用されてゐる。

1.3 電 氣 回 路

(1) 負 性 抵 抗

金屬や炭素、電解液等は加電壓を高めると、流れる電流も増加するが、弧光燈や放電燈、ダイナトロン(三極真空管の一種)等は、電流が増すとその端子電壓が却つてある値迄減ずる様な場合がある。斯様な回路の抵抗を負性抵抗と云ふ。

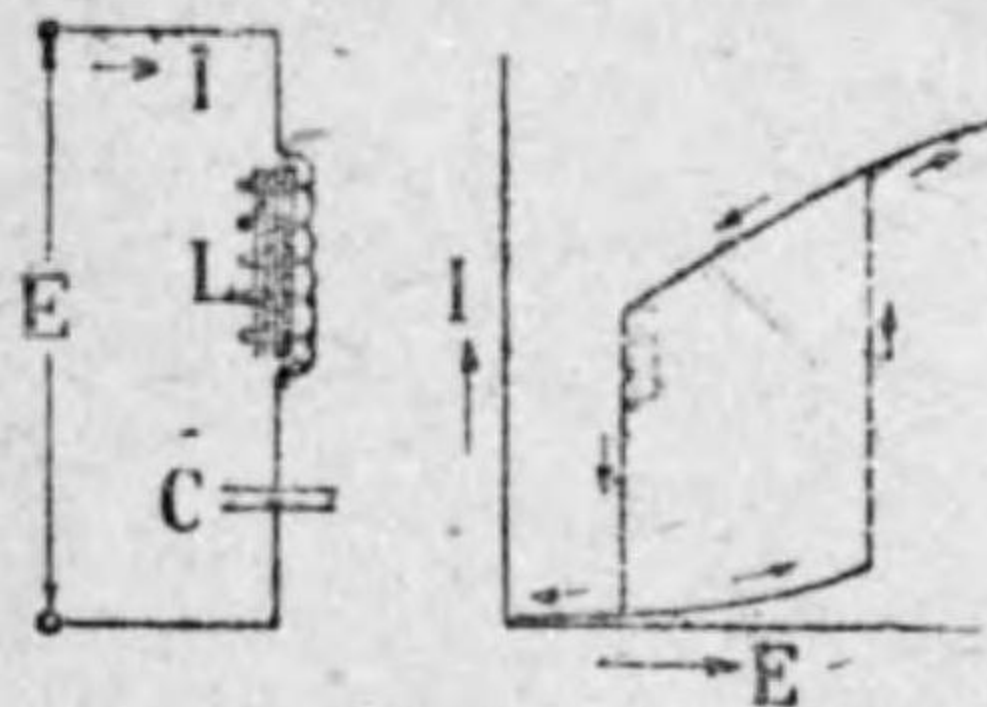
(2) 表 皮 作 用

導体に通じた交流による交番磁束と、その導体との鎖交数は、導体の内部程大きい。従つて、導体に誘起する逆起電力も之に比例し導体の内部程電流密度が小さくなつて、電流の位相も遅れる。その結果、導体の有效斷面積が減じたやうに作用する。この現象は周波

数の高い程著しく、之を表皮作用と云ふ。

(3) 鐵 共 振

鐵心を含むインダクタンス  $L$  と容量  $C$  の直列回路に加へた交流電壓を零より漸増すると、ある点で電流が急増する。次に電壓を遞減すると、前より低い電壓で電流が急減する。この現象を鐵共振又は跳躍現象と云ふ。

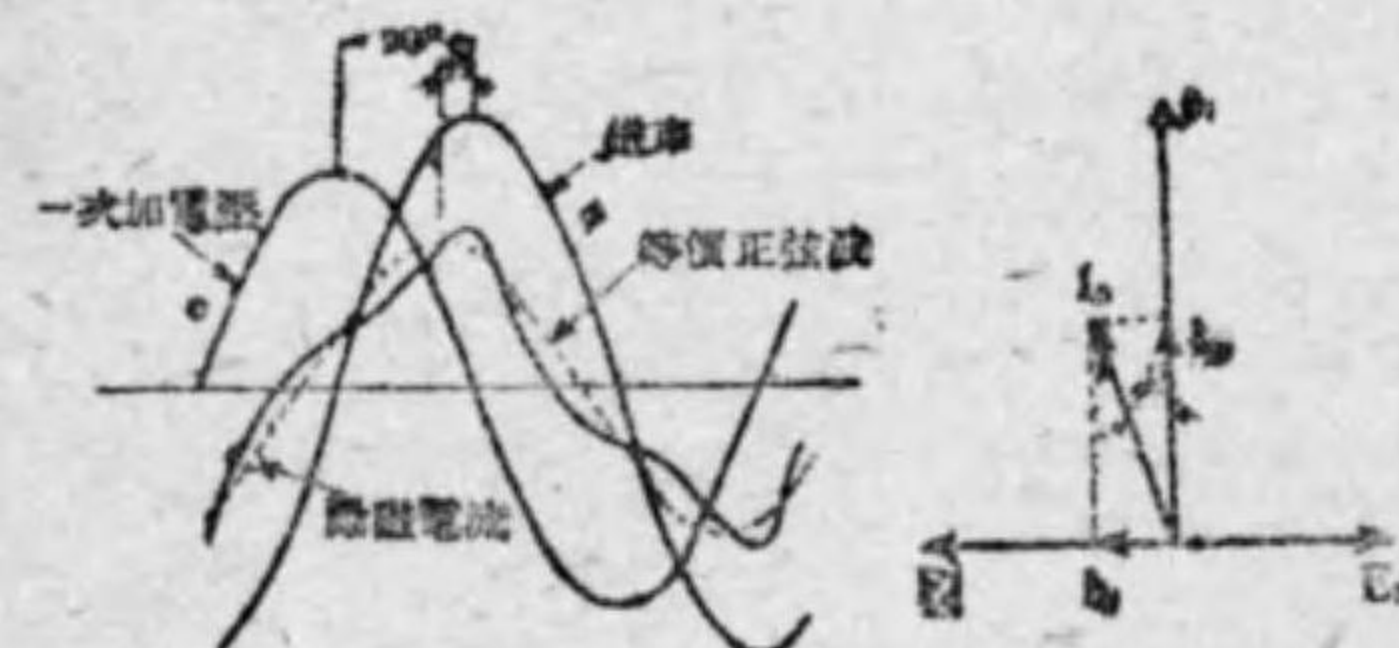


鐵共振(直列)

端子電壓が跳躍現象を呈する。

(4) ヒステリシス進角

鐵等を交流で磁化する時、正弦波電壓を加へても、勵磁電流は磁氣ヒステリシスや磁氣飽和等の爲に歪波となる。之を等價正弦波——歪波と同じ實効値で基本周波数の假想正弦波——で置替へると、その位相はヒステリシス損等のため電壓より  $(90^\circ - a)$  だけ遅れる。この  $a$  をヒステリシス進角と云ふ。



ヒステリシス進角

(5) 波 高 率

交流電壓又は電流に於て、最大値を實効値で除した値を波高率と云ふ。又、實効値を平均値で除した値を波形率と稱する。

(6) 不 平 衡 率

不平衡三相電壓又は電流に對して、その逆相分を正相分で除した値を不平衡率と云ふ。例へば三相電壓のベクトル量を  $\dot{E}_a \dot{E}_b \dot{E}_c$  とし、相回轉を  $abc$  とすると、 $E_a$  を基準にした正相分  $E_{a1}$  逆相分  $E_{a2}$  及び零相分  $E_{a0}$  は、

以上は直列共振の場合であるが並列共振では、電流を増減すると

並列共振では、電流を増減すると

氣ヒステリシスや磁氣飽和等の爲に歪波となる。之を等價正弦波——歪波と同じ實効値で基本周波数の假想正弦波——で置替へると、その位相はヒステリシス

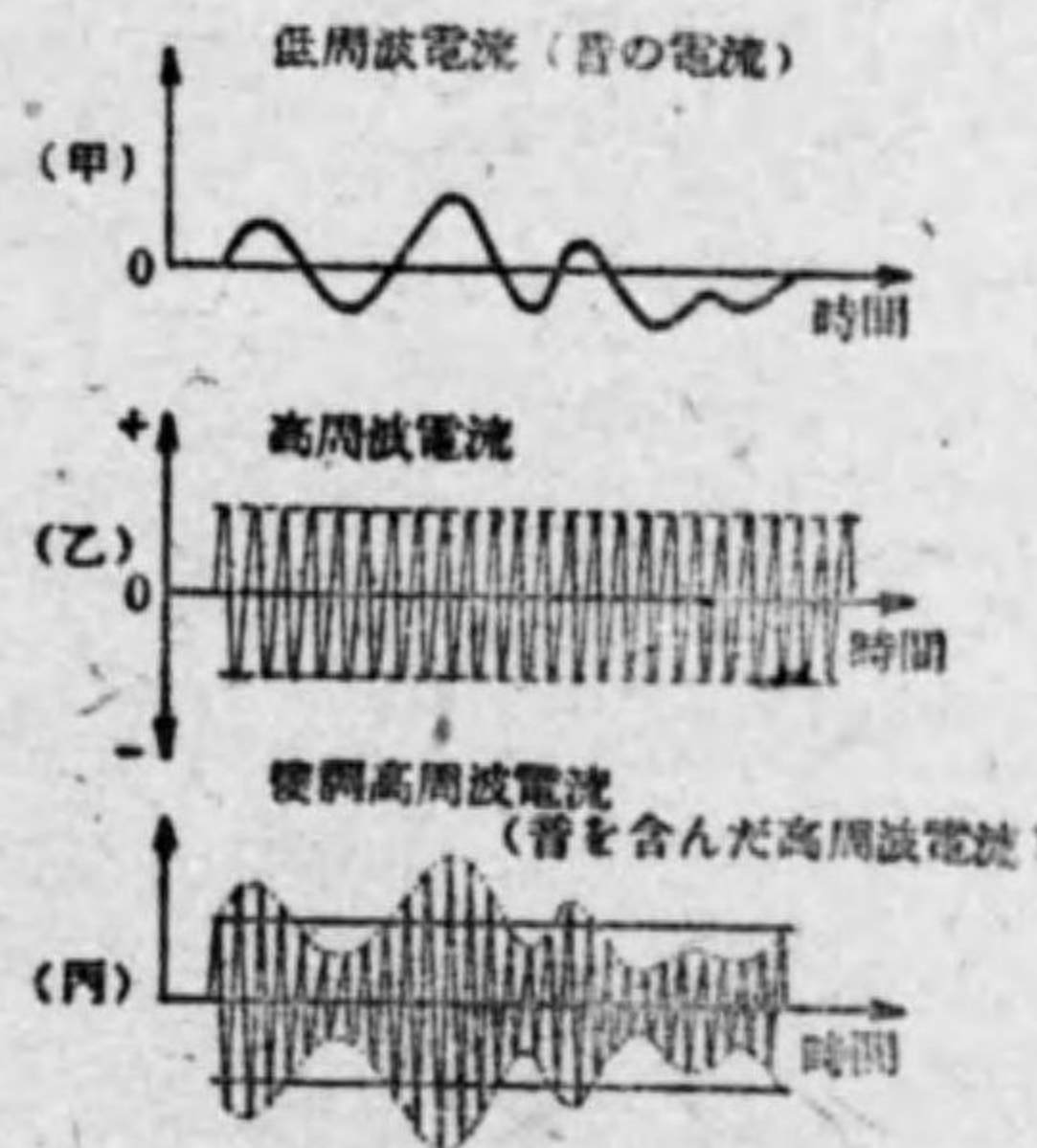
$$E_{a1} = \frac{1}{3} (\dot{E}_a + a\dot{E}_b + a^2\dot{E}_c) \quad E_{a2} = \frac{1}{3} (\dot{E}_a + a^2\dot{E}_b + a\dot{E}_c)$$

$$E_{a0} = \frac{1}{3} (\dot{E}_a + \dot{E}_b + \dot{E}_c) \quad \text{但し, } a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\therefore \text{不平衡率} = \frac{E_{a2}}{E_{a1}}$$

尚、平衡三相回路では、逆相並に零相分は夫々零となる。



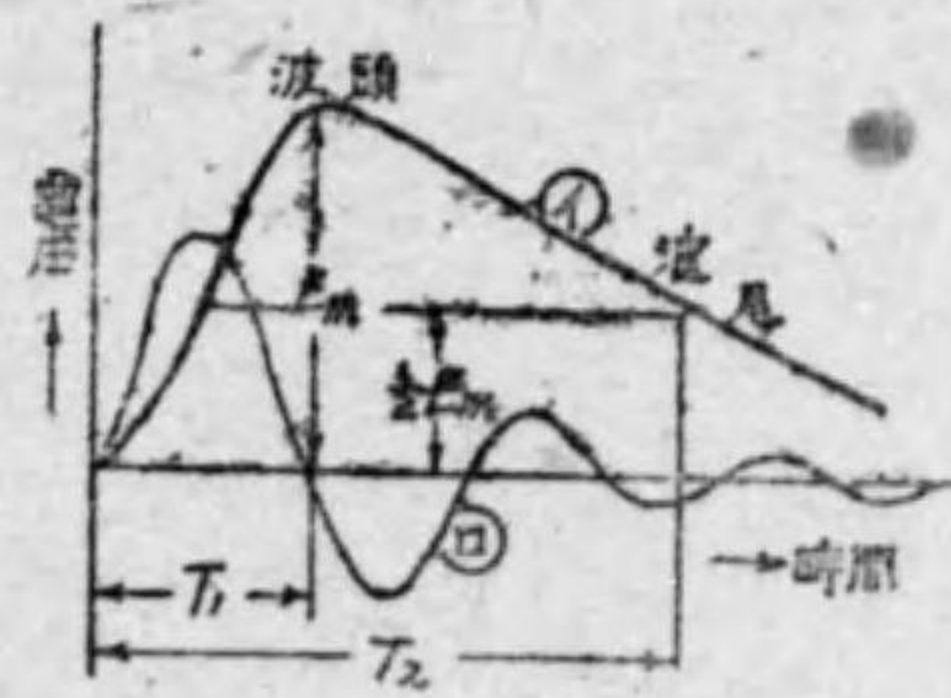
振幅變調の一例

甲は起變調電流  
乙は搬送電流  
丙は變調電流

(7) 搬 送 電 流

周波數及び振幅の一定な交流に、他の電流で歪を與へることを變調すると云ひ、前者を搬送電流、後者を起變調電流、變調した電流を變調電流と稱する。然して、搬送電流の各瞬時値の振幅、周波數又は位相を、他の電流(起變調電流)の瞬時値に應じて變化させることを夫々振幅變調、周波數變調、又は位相變調と云ふ。

(8) 衝 撃 電 壓



衝 撃 電 壓

電氣回路に極く短時間表はれる過渡電壓を云ふ。この電壓は回路状態を急變した時や雷等によつて生じ、電氣機器や電氣工作物の絶縁を破壊する原因となる。圖のやうに單方向性(イ)のものと、減幅振動性(ロ)のものがあるが、雷電壓、又は雷電流等は前者に近い。

## (9) 衝撃電圧発生器 (人工雷発生器)

圖はその一例を示したもので、変圧器 T の二次高電圧をケノトン K で整流し、抵抗を通じて蓄電器 C を充電する。C の端子電圧が放電間隙 G の火花電圧を越へると、火花を生じ、C の電荷は CGRL 回路を瞬間的に放電する。この時 R の端子電圧を取出すと、衝撃電圧が得られる。然して放電電流の波形は、RLC の回路定数によつて定まり、 $R > 2\sqrt{L/C}$  の時は前圖の (イ)、 $R < 2\sqrt{L/C}$  の時は同 (ロ) のやうな波形になる。

尙、數十萬～數百萬 V の超高壓の衝撃電圧を発生させるには、多數の蓄電器を並列に同一電源で充電し、直列間隙を利用して、各蓄電器の電荷が直列に放電するやうにしてゐる。

## (10) 衝撃比

碍子や套管等に於て、衝撃電圧に對する閃絡電圧を、商用周波數 (50~60 サイクル) の交流に對する閃絡電圧で除した値を衝撃比と云ふ。碍子の衝撃比は大體 1.8~2 位である。

## (11) 波動インピーダンス (特性インピーダンス)

進行波に對するインピーダンスを云ふ。即ち、1 線の單位長毎のインダクタンスを L、同對地静電容量を C とすると、任意の点に對して、進行波の電位 e と電流 i との間には、略々次式が成立する

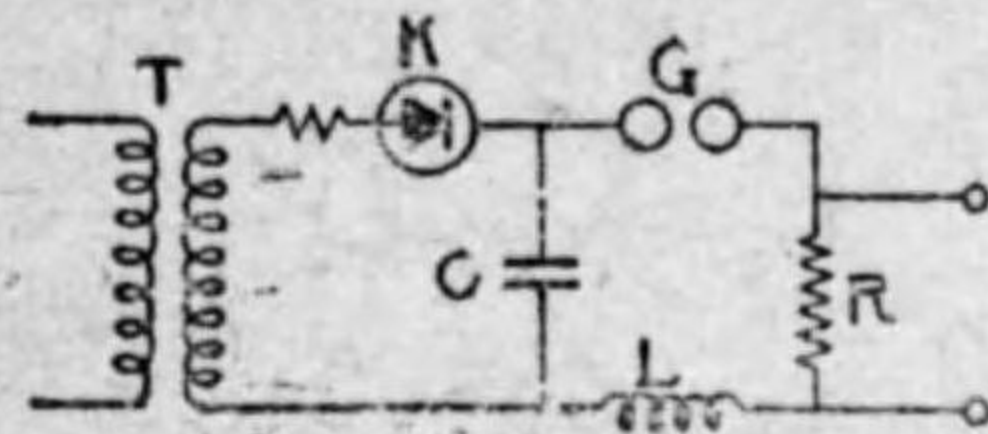
$$e = \sqrt{\frac{L}{C}} i \quad \frac{e}{i} = \sqrt{\frac{L}{C}} = Z_0$$

この  $Z_0$  を線路の波動インピーダンスと云ふ。

## 1.4 電 子 現 象

## (1) 陰 極 線

陰極より出る高速度——凡そ  $10^{10}$  個/秒——の電子流を云ふ。その發生方法は、物体を熱し、又は物体に光を当て、放出させた電子に——前者を熱電効果、後者を光電効果と云ふ——高電界を加へて加速するか、又は真空放電によつてガス分子より分離した電子を取



衝撃電圧発生器

出すとよい。この陰極線は電子管や原子破壊等に應用される。

## (2) 光 電 效 果

ある物体に光を投射すると、①電子を放出し、②電氣抵抗が變り③起電力を生ずる等の現象を呈する。之を一般に光電効果と云ひ、特に①を外的光電効果、②③を内的光電効果と區別することもある。

## (3) 熱電効果 (熱電子放射)

高温度でも安定な物質は、熱すると物質中の電子がエネルギーを得て活發に運動し、物質より電子 (熱電子) を放出するやうになる。之を熱電子放射と云ふ。

## (4) 電 子 顯 微 鏡

普通の光學顯微鏡の代りに、陰極線を用ふる。即ち、試料に電子流を投射して、透過又は反射する電子流を電子レンズで擴大して螢光板に當てると、試料の擴大像が表れる。電子レンズは特殊形状の線輪、又は電極板を用ひて、レンズ (凸レンズ) 狀の磁界又は電界を作つたもので、電子流がこの中を通過する時、恰も光線がレンズで屈折すると同様に屈折する。

## 1.5 電 氣 化 學 現 象

## (1) 電 離 (イオン化)

酸、塩類、塩基等を水に溶かすと、これ等の分子の一部は+又は-の電氣を帯びた原子、或は原子團に分かれる。之をイオン化と稱し、電氣を帯びた原子或は原子團をイオンと云ふ。之には陽イオンと陰イオンがある。

## (2) 電 氣 化 學 當 量

塩基、酸類、塩類等の溶液に一定方向の電流を通ずると、これ等の物質は元素や基等に化學的に分解される。之を電氣分解と稱し、1 クーロンの電量 (1 アンペア×1 秒の電量) によつて生ずる電解物の重量 (瓦數) を電氣化學當量と云ふ。

## (3) 電 氣 滲 透

液体を隔膜 (液体が漸く透過する物質) で2分し、その兩側に浸した電極間に直流電壓を加へると、一方の水面が他方より高まる。

この現象を電気滲透と云ふ。又之と同じ水位差を與へる壓力を電気滲透壓と稱する。

#### (4) 電 氣 泳 動

上記で隔膜を自由にすると、隔膜は水位差を少なくする方向に移動する。又、隔膜を粉碎して液中に入れると、膜片は隔膜と同じ方向に移動して一方の電極に集る、斯様な現象を電気泳動と云ふ。但し之は廣義の電気滲透の中に含まれる。

以上2つの現象は、電気浄水器、エム電着法、脱水及び乾燥等に應用されてゐる。

### 1.6・その他の現象

#### (1) ゼーベック効果

異種の金屬で閉回路を作り（之を熱電對と云ふ）、その接續点を異なる溫度に保つと、回路に起電力（熱起電力と云ふ）を生じて、電流（熱電流と云ふ）が流れる。この現象をゼーベック効果と云ふ。



ゼーベック効果

#### (2) 壓 電 氣 現 象

特殊の結晶体（水晶、ロツセル塩、電気石等）は、外部より力を加へると、定まつた2面に正負等量の電荷（ピエゾ電氣と云ふ）を生ずる。之を壓電氣直接効果と云ふ。今度は結晶体を電界内に置くと、結晶体には歪、又は歪力を生ずる。之を壓電氣逆効果と稱する。以上の兩現象を總稱して、一般に壓電氣現象と云ふ。

壓電氣現象には、縦効果と横効果がある。前者は、結晶体のある相對した2面間に壓力又は張力を加へた時、この2面に正負の電荷を生ずる場合を云ひ、後者は、歪の方向と直角の2面に正負の電荷を生ずる場合を云ふ。

## 2. 電 氣 測 定

### 2.1 指 示 計 器

#### (1) 確 度 による 分類

| 階 級   | 許容誤差* | 用 途               |
|-------|-------|-------------------|
| 特別精密級 | ±0.4% | 實驗室に於ける標準計器用      |
| 精 密 級 | ±1.0% | 精密測定の携帯用計器等       |
| 普 通 級 | ±2.0% | 配電盤用計器、積算計器、記録計器等 |
| 準普通級  | ±4.0% | 直徑約15mm以下の小型計器    |

\* 第一有效測定範圍に於ける確度である。

#### (2) 有 效 測 定 範 圍

計器の許容誤差を全目盛に對し同一にすると、小目盛程許される誤差値が小さくなる。之は實際上困難であるから、全目盛の何%以上かを有效測定範圍と定め、この範圍の誤差を幾%と規定してゐる。

#### (3) 外 部 條 件 の 影 響 著 し き 計 器

| 外 部 條 件 | 影 響 著 し き 計 器        |
|---------|----------------------|
| 溫 度     | 熱型、整流型、可動鐵片型、電流力型    |
| 外 部 磁 界 | 電流力型、可動鐵片型、可動線輪型、誘導型 |
| 靜 電 界   | 靜電型、電流力型             |
| 周 波 數   | 誘導型、可動鐵片型、整流型        |
| 波 形     | 整流型、可動鐵片型、誘導型        |

#### (4) 余 效 (計 器 の)

電氣計器に長時間電流を通じた後、電流を絶つても、制御彈條の疲れによつて、指針が零位に歸らぬことがある。斯様な場合、この計器には余效があると云ふ。

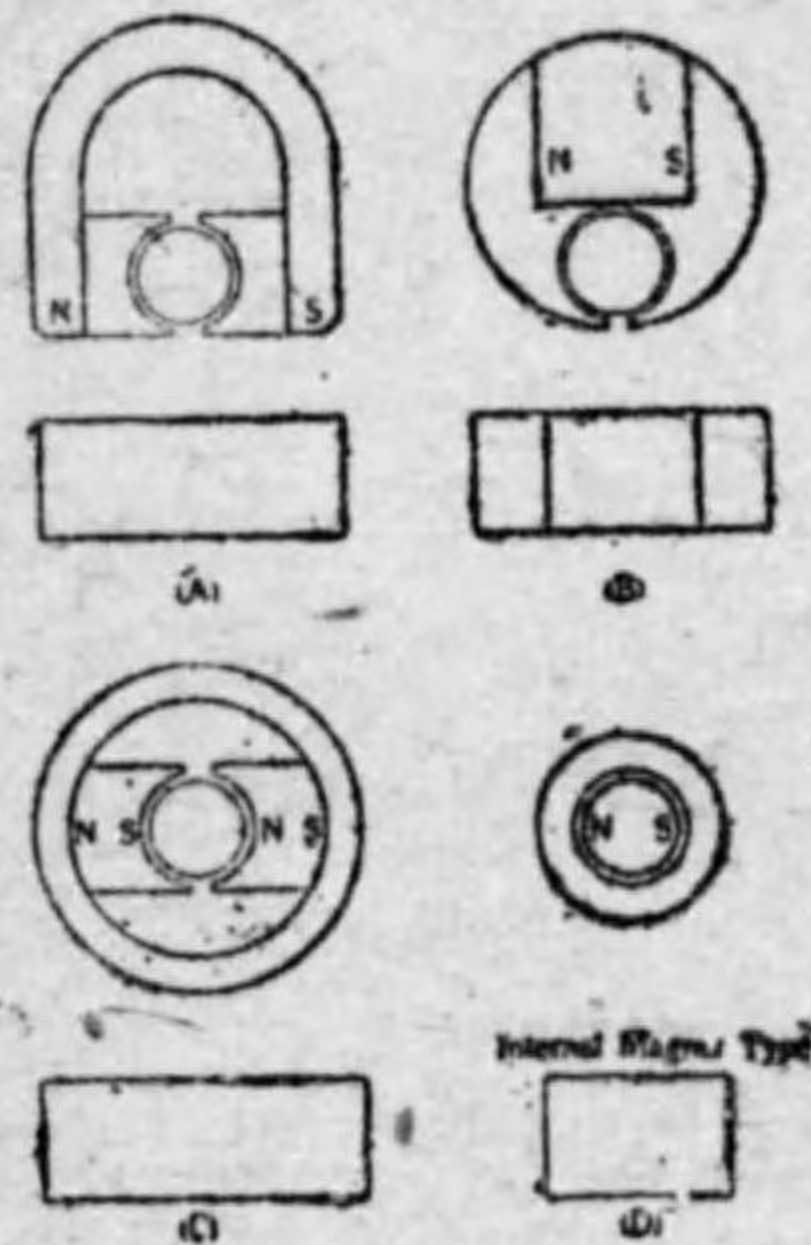
(5) 角 型 計 器

計器の外函を角型にしたもので、配電盤に取付けた時、一般の丸型よりも全所要面積が少く、調和が良く取れて感じがよい。又、目盛の読み易い等の利点がある。

(6) 電 氣 計 器 の 記 録 事 項

電氣計器に表示すべき一般の事項は、①規程記號、②製造者名、(又は登録商標)、③計器番號、④測定量單位の名稱、⑤定格、⑥階級、⑦動作原理の型又は製造型、⑧計器の使用し得べき回路の種類、⑨製造年(準普通級を除く)など。

(7) 指 示 計 器 の 資 材 節 約



電氣計器用耐久磁石の種々の型

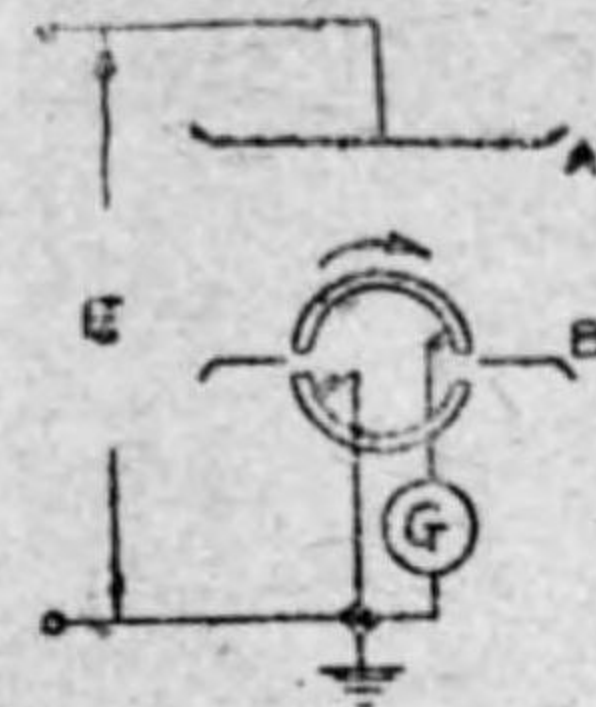
細かく挙げると幾つもあるが、茲では可動線輪型計器の耐久磁石の改良について述べる。我が國では、耐久磁石の材料として KS, MK, 新 KS, OP 鋼等の優秀なものが幾つもあるが、その形には改良がなかつた然るに、最近非常に小型のものが出来て、従來の 1/5~1/10 の資材で足りるやうになつた。

圖は耐久磁石の種々の型を示したもので、磁束の利用率は、A40%, B35%, C55%, D80% にして、D は資材も少く最も優れてゐる。この D は、磁石を圓筒状に作つて、可動線輪の内部に置いたもので、内部磁石型とも云はれてゐる。

2.2 特殊指示計器

(1) 回 轉 電 壓 計

圖のやうな構造で、固定電極 B の中央に、圓筒を半分に割つた様な回轉電極があり、2 箇の刷子の中、1 方は檢流計 G を直列にして、共に接地してゐる。今、AB 間に交流電壓を加へ、回轉電極を交流の周波數と同期的に回轉すると、半回轉毎に回轉電極に蓄

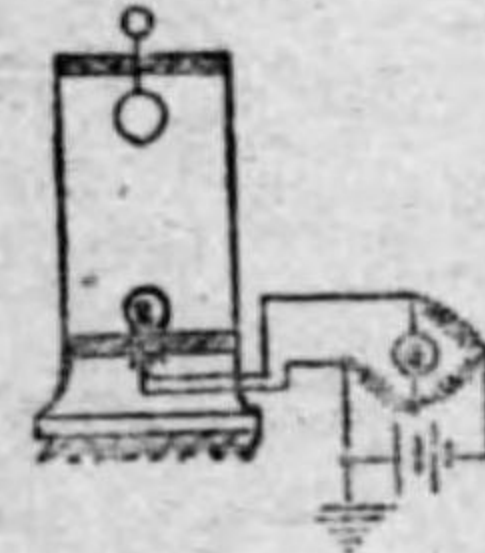


回轉電壓計

積した電荷 CE は G を通じて放電するから毎秒 f 回轉すると、G には 2fCE の電流が流れる。従つて、その読みより E が分る本電壓計は交直兩用である。

(2) イオン風電壓計

高電壓で充電した導体表面の空氣が部分的に絶縁破壊を起すと——之をコロナと云ふ——周囲の空氣が電離されてイオンを生じ、導体の電位に反撥されて茲にイオン風(電氣風)を生ずる。

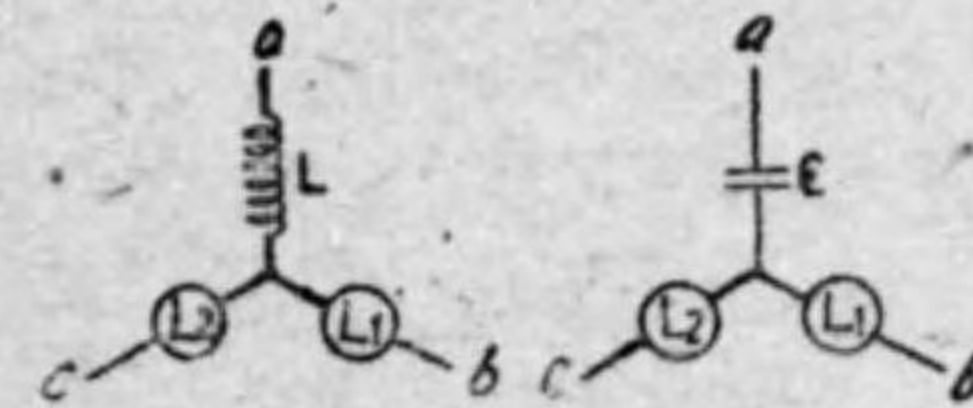


イオン風電壓計

圖はこの現象を應用したイオン風電壓計の一種で、上下の電極間に電壓を加へると、その表面にイオン風を生じ、下部電極内の熱線が冷却されてその抵抗が増加する。故にブリツチが不平衡となり、檢流計 G に電流が流れる。この G の偏れより加電壓の實効値を知る——コロナは電壓の瞬時値に比例するが熱線には熱容量があるため實効値に比例するやうになる——イオン風電壓計には、各種の型のものがある。

(3) 相回轉表示器(相回轉指示器)

三相回路の相回轉順を表示する計器である。圖は電球を用ふる方法を示したもので、(左)のやうにインダクタンス L と電球 L1, L2 を星形にして對稱三相電壓を加へると、電球の光度は、相回轉が abc の時には L2 > L1, acb の時には L2 < L1 となる。(右)は L の代りに



相回轉表示器

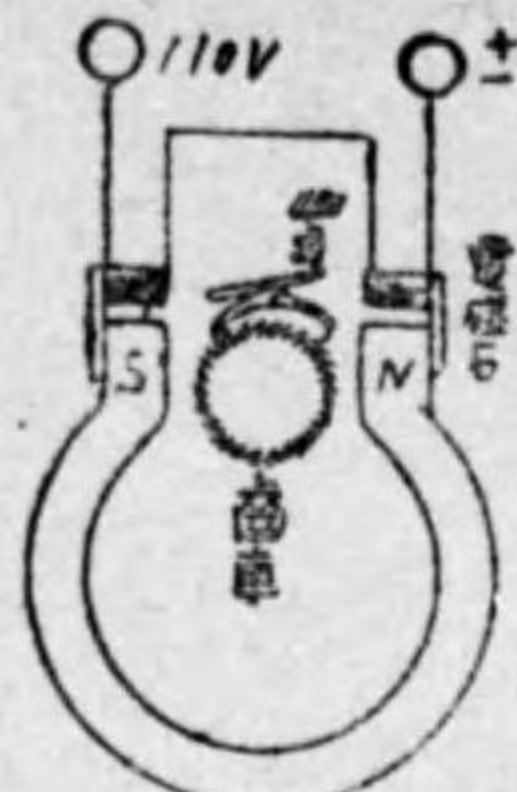
靜電容量 C を用ひたもので、明暗が上記の反對になる。

その他、三相誘導電動機の原理を應用したものもある。

(4) サイクルカウンタ

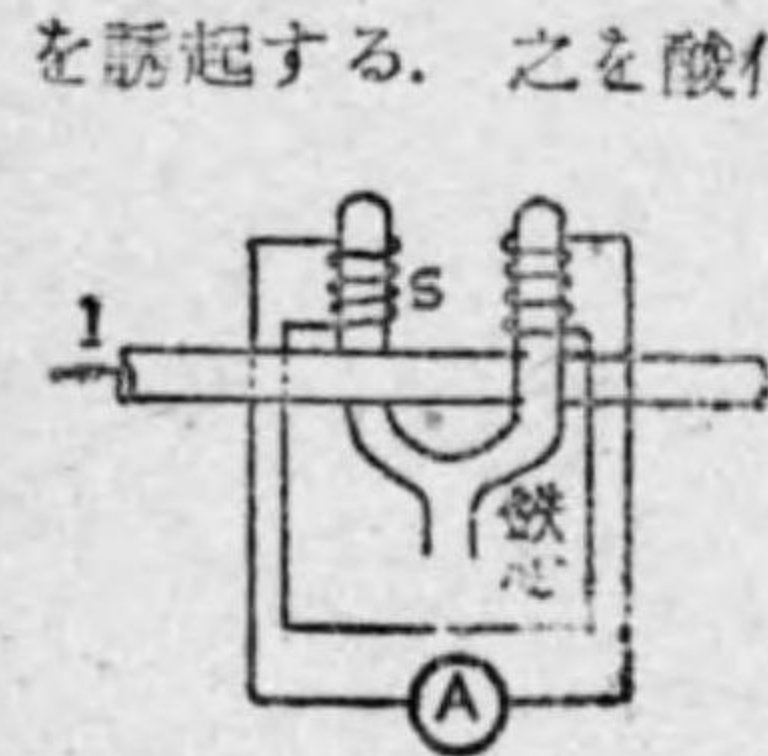
微小時間を交流のサイクル數で計量測定する。即ち、圖の電磁石





永久磁石  
サイクルカウンタ

に交流又は断続電流を通ずると、之と耐久磁石が同極性の時、鐵片を水平位置に吸引して齒車が1齒廻る。故に、指針は1サイクル毎に1目盛宛進み、50~60サイクルで1回轉する。本器は遮断器の動作時間や、繼電器時限等の測定に用ひられる。



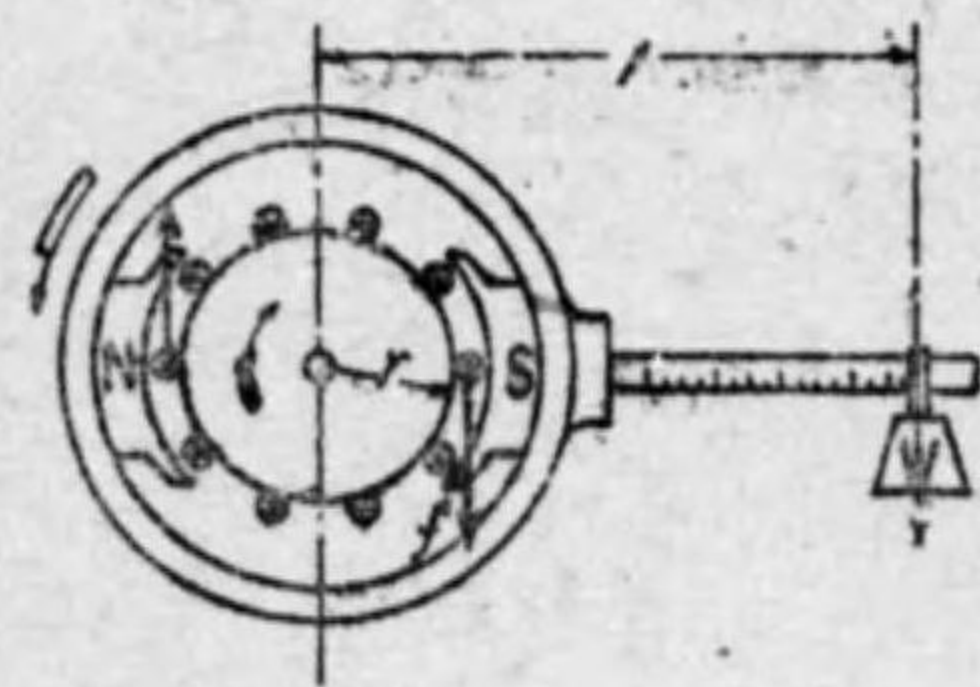
架線電流計

(5) 架線電流計 (音叉型變流器付電流計)  
圖のやうに、線輪 S を卷いた音叉型の鐵心で、交流を通じた電線を挟むと、S に電壓を誘起する。之を酸化銅整流器で整流して、直流電流計 A に通ずる。A には、直接交流の實効値を目盛つてある。配電線路等の電流測定に用ひられる。

(6) 電池電壓計  
電池の放電時の端子電壓を測るのに用ふるもので、普通の電壓計に柄を取付け2本の脚(2端子)間に抵抗を並列にしてある。この抵抗を通じて放電させ乍ら——普通 50~300A 位を流す——端子電壓を読むと、電池の今後の放電能力が大體わかる。

( ) 電 氣 動 力 計

蒸氣タービンや電動機の出カ、ポンプや壓縮機、工作機械の所要馬力、或は調帶、齒車装置の能率等を測定するのに用ふる。例へば電動機の能率を測るには、電動機で一種の發電機(ダイナモメータ)を運轉し、その發電電力を抵抗に消費させる。この時反抗トルクを生ずる——圖で回轉子が矢の方向に廻ると、圖のやうな電流が流れ、固定子は回轉子と反對方向のトルクを受ける——ので、槓桿の中心より l 米の位置に重錘 W 疋をかけて平衡を取ると、



電 氣 動 力 計

馬力、或は調帶、齒車装置の能率等を測定するのに用ふる。例へば電動機の能率を測るには、電動機で一種の發電機(ダイナモメータ)を運轉し、その發電電力を抵抗に消費させる。この時反抗トルクを生ずる——圖で回轉子が矢の方向に廻ると、圖のやうな電流が流れ、固定子は回轉子と反對方向のトルクを受ける——ので、槓桿の中心より l 米の位置に重錘 W 疋をかけて平衡を取ると、

トルク  $\tau = fr = Wl$  f は導体の受ける力(疋)  
故に、電機子の入力、即ち電動機の出カ P は

$$P = 2\pi n\tau = \frac{2\pi NWl}{60 \times 75} \text{ H.P.} = \frac{2\pi NWl \times 746}{60 \times 75 \times 1000} \text{ W}$$

但し、n, N は毎秒及び毎分の回轉數  
然して、電動機の入カ P<sub>i</sub> は電氣的に測定されるから、電動機の能率は (P+P<sub>i</sub>) より求められる。

2.3 檢 流 計

(1) 外部臨界制動抵抗

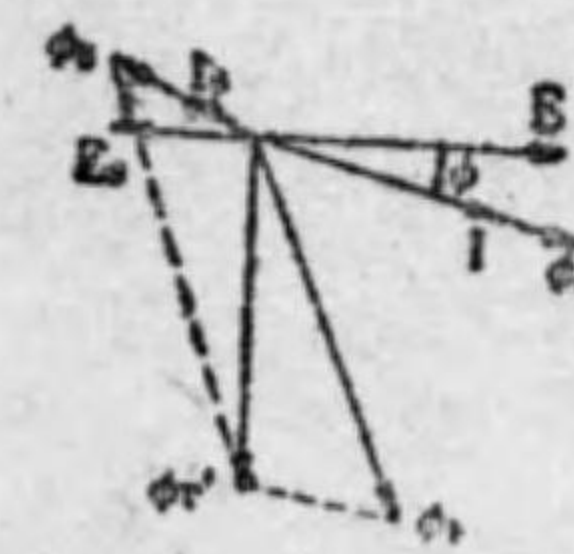
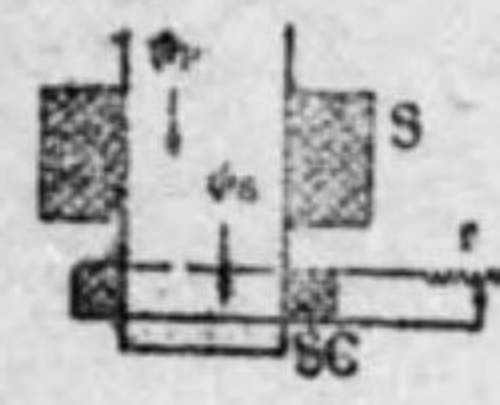
檢流計に電流を通じた時、その偏れが潜動的に永びかず、又振動することがなく、速やかに所要の偏れに靜止する——之を速指と云ふ——ことが望ましい。之がため檢流計と直列に抵抗を入れて、その値を適當にする。この時の直列抵抗の値を檢流計の外部臨界制動抵抗と云ふ。

(2) 彈 動 定 數

彈動檢流計の定數である。この檢流計は極めて短時間の通過電氣量を測定するもので、最初の最大の偏れが單位目盛となるやうな短時間の通過電氣量の値、即ち  $K=Q/\theta$  をこの檢流計の彈動定數と稱する。

2.4 積 算 計 器

(1) 位相補償装置 (誘導型積算電力計の)



位相補償装置

誘導型積算電力計の圓板のトルクが電力に比例する爲には、電壓線輪 S の磁束  $\phi_p$  が E より 90° 進相でなければならぬ。圖のやうに S の下に短絡線輪(限取線輪) SC を設けると、之を貫通する磁束によつて電壓 E<sub>s</sub> を誘起し、電流 I<sub>s</sub> が流れて磁束  $\phi_s$  を生ずる爲、合成磁束は  $\phi_p'$  となる従つて r の値により I<sub>s</sub> が E<sub>s</sub> より遅れる角を調整すると、 $\phi_p'$  を E より 90° 進相にできる。之を位相補償装置と云ふ。

(2) 軽負荷補償装置

誘導型積算計器の電圧線輪磁極の下に銅環を置くと、之が限取線輪の作用をして此所に移動磁界が出来、圓板にトルクを生ずる。之で軽負荷時に於ける摩擦の影響を相殺する。

(3) 潜動防止装置

軽負荷補償装置が強過ぎると、無負荷でも圓板が回轉する——之を潜動(クリーピング)と云ふ——そこで圓板に小孔を開けると、小孔が電圧線輪磁極の下に来た時、渦流回路の抵抗が増してトルクが減じ、潜動が防がれる。

(4) 特殊積算電力計

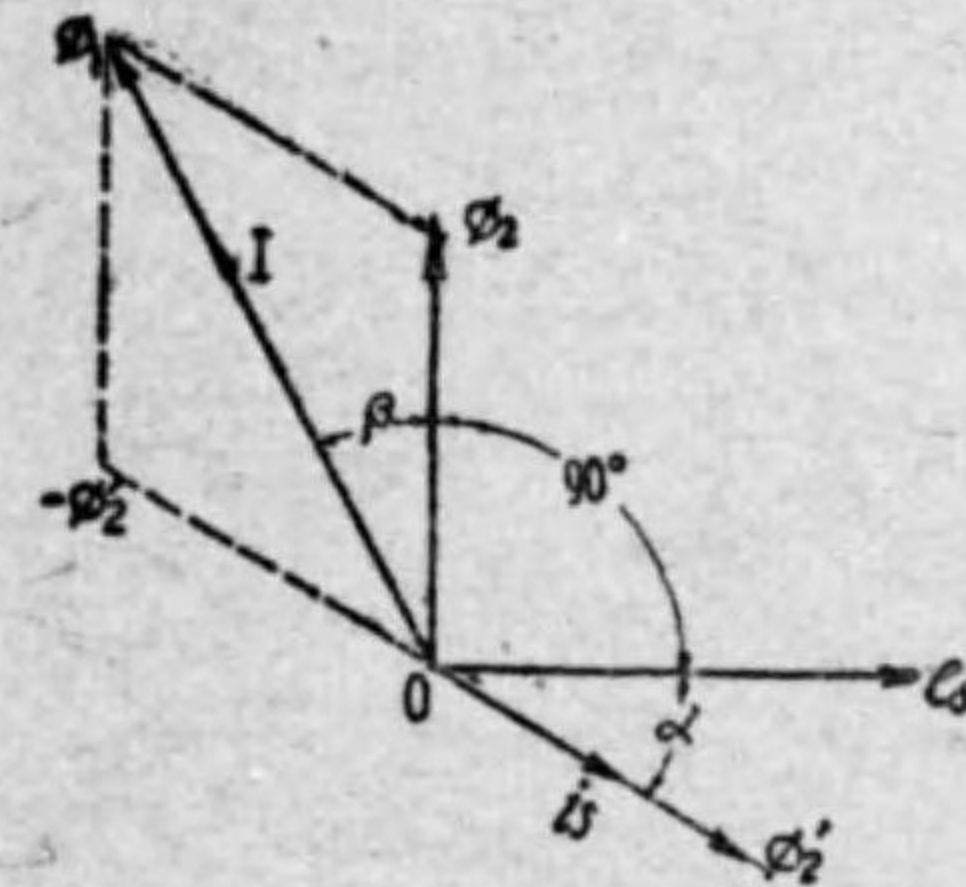
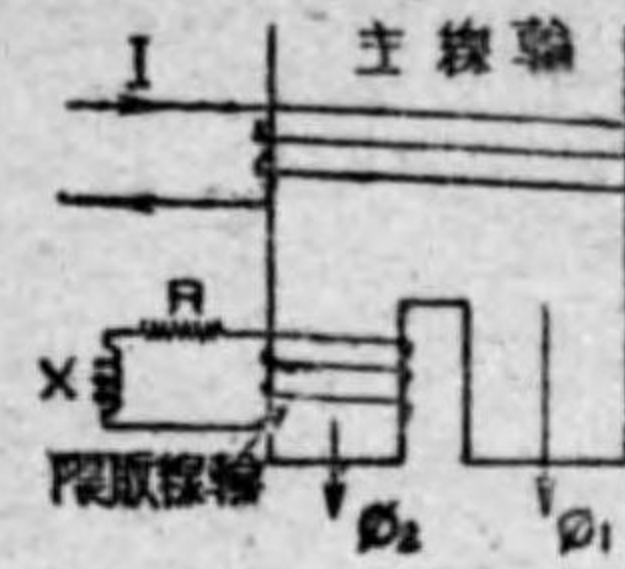
| 名 稱                 | 原 理 と 適 用                                                     |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|
| 積算無効電力計             | 無効電力を積算する計器で、大電力の低力率需用家に使用し、無効電力量によつて料金を割増す。目盛はキロボール時である。     |
| 最大需用表示器付積算電力計       | 積算電力計に15~30分間毎の電力量中の最大値を示す指針を設けたもので、最大電力を契約した需用家に用ふる。         |
| 二種料金制用積算電力計(二種料金計器) | 時計開閉器で2箇の積算電力計を切替へ、尖頭負荷時と軽負荷時の電力量を別々に計量する。需用家の負荷率を向上させる爲に用ふる。 |
| 前納積算電力計(前拂計器)       | 積算電力計に前納装置を設け、貨幣を入れると、ある消費電力量の間だけ開閉器が閉ぢる。旅館、アパート等に用ふる。        |

(5) 回轉標準計器

普通のワット時計と同一原理であるが、數種の測定範圍を有し、圓板軸に直接指針が取付けられて、指針の位置より圓板の1回轉の1/100迄読み得る。又、圓板が1回轉する毎に1目盛宛進む小指針があり、圓板の回轉數が直ちに分るやうになつてゐる。積算電力計と並列につないで、その誤差を測るのに用ふる。

(6) 限取線輪

磁路の一部を圓のやうに線輪で限取りし、之をインピーダンス



限取線輪

(7) 逆轉阻止装置付計器

電力系統の連絡線等に設けた積算計器は、電力が逆流すると逆回轉するが、この時は大きい負誤差を生ずるので、斯様な場合には、逆轉阻止装置を設けた2箇の計器を用ふる。その構造は、普通のものの回轉軸に鈎を取付けたに過ぎない。

2.5 遠隔電氣計器

(1) 一般

測定場所より離れた点で測定するのが遠隔測定で、水力發電所に於ける水位の監視、火力發電所に於ける燃焼の合理化等に用ひられてゐる。その具備條件は、①速くへ傳送できること、②多重傳送ができること、③傳送回路の影響を受けぬこと、④箇々の計量の綜合が容易なこと、⑤應答度が良く、正確なこと等である。

(2) 種類と得失

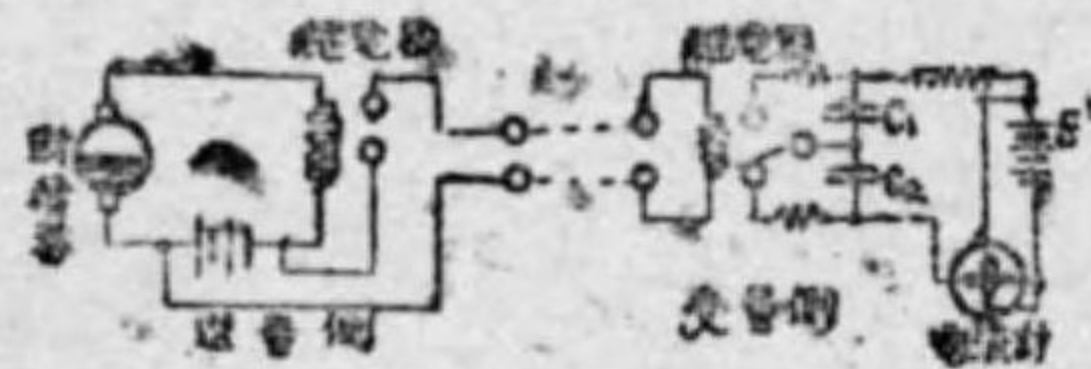
| 種 類     | 得                      | 失 |
|---------|------------------------|---|
| 電 熱起電方法 | 測定量に比例した電壓、電流を傳送し、之を直接 |   |

$R+jX$  で短絡したものである。各部の磁束を  $\phi_1\phi_2$  とすると、 $\phi_2$  により限取線輪には電壓  $e_2$  を誘起し、之より  $a=\omega n^{-1}X/R$  だけ遅れて電流  $i_2$  が流れて、磁束  $\phi_2'$  を作る。故に、 $\phi_2$  は主線輪の作る磁束  $\phi_1$  より  $\phi_2'$  をベクトル的に引いたもので、 $\phi_2 = \phi_1 - \phi_2'$  に相當する。斯様にして、 $\phi_1$  と  $\phi_2$  間に相差を作るのが限取線輪である。この磁極下に金屬板を置くと、 $\phi_1$  と  $\phi_2$  による移動磁界の方向にトルクを發生する。限取線輪は誘導型の電壓計、電力計、繼電器、單相誘導電動機の起動装置等に利用されてゐる。

|      |                         |                                                                                   |
|------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 脈電流式 | 整流法<br>電圧降下法<br>變流器法    | に電圧計, 電流計で讀む. 簡單で綜合計量が容易であるが, 精度が低く, 傳送距離は約々 15 軒である.                             |
| 平衡式  | 位置平衡式<br>電流平衡式<br>電圧平衡式 | 位置平衡式はセルセン電機を用ふる. 一般に動作確實で, 傳送回路や補助電源の影響が少ないが, 傳送線数が多く, 綜合が難しい.                   |
| 衝流式  | 蓄電器<br>充放電法<br>時限變化法    | 傳送距離に殆んど制限がなく, 傳送回路, 補助電源の影響が少ない. 又多重傳送も容易であるが, 應答度が幾分劣る. 蓄電器充放電式は, 構造簡單で廣く用ひられる. |
| 高周波式 | 唸周波數法                   | 衝流式の特徴の他に, 應答度が良く, 最も優れてゐるが, 構造が複雑である.                                            |

(3) 遠隔測定の実例

圖は蓄電器充放電式の一例で, 送量側は積算電力計の回轉軸に取



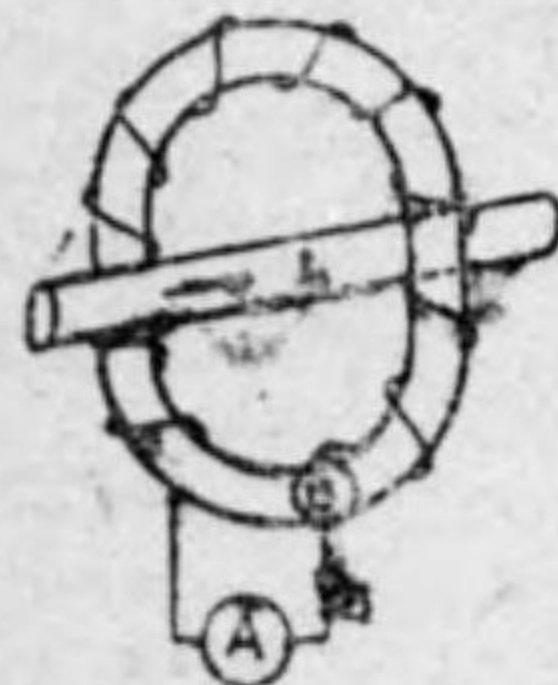
蓄電器充放電式

付けた斷續器によつて衝流を發生し, 繼電器を通じて傳送する. 受量側では衝流により繼電器を働かせ蓄電器を充放電する. 今, 衝流の回數を毎秒  $n$  とすると,

充放電電流の平均値は  $nE(C_1+C_2)$  となり, 電流計の讀みは  $n$  に比例する.

2.6 電 壓 及 び 電 流 の 測 定

(1) 直 流 變 流 器



直流變流器

圖のやうな構造で, 測定電流  $I_1$  の作る磁界を, 小型直流發電機  $G$  よりの電流  $I_2$  で打消すと,

$$I_1 N_1 = I_2 N_2 \quad N_1 = 1 \text{ の時 } I_1 = N_2 I_2$$

$N_1$ ...導体の巻回數  $N_2$ ...環狀線輪の巻數

となり,  $I_2$  より  $I_1$  が求まる. 大電流の測定

に, この直流變流器が分流器より優れた点は, ①電力損失が小さい ②資材が少く, 小型で取扱に便利, ③回路を切斷しなくてよい. ④高電壓でも安全である. ⑤分流器は端子部の溫度差により熱起電力を生ずるなどである.

(2) 計器用變成器の特質

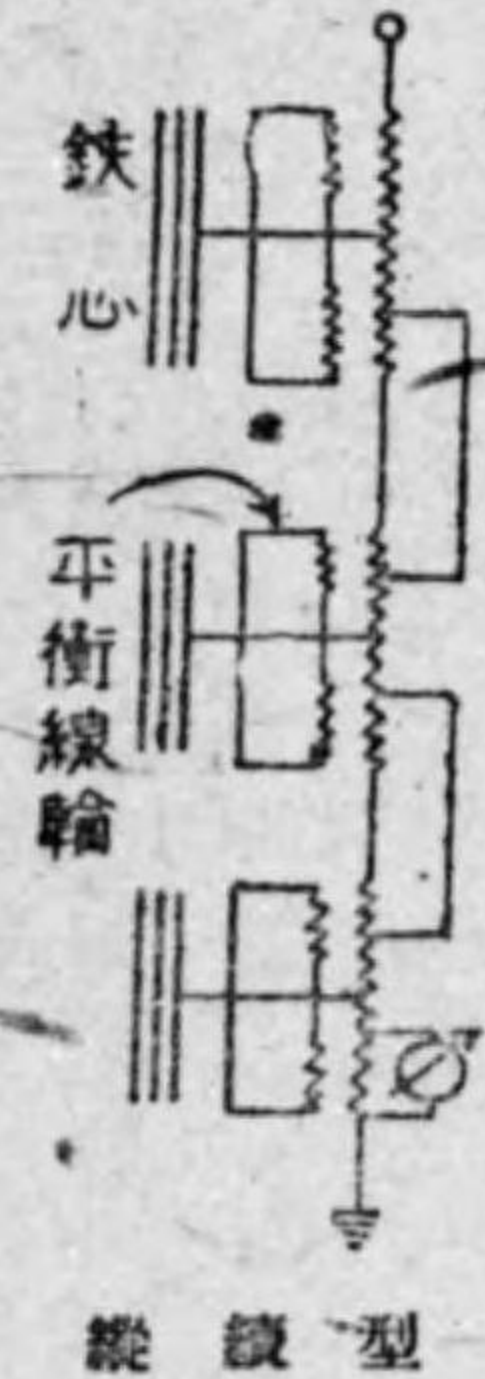
計器用變壓器が電力用變壓器と異つた点は, ①比誤差及び位相角を小さくする爲インピーダンスが小さい. ②余裕のある設計としてゐる. ③一般に容量が遙かに小さい等である.

次に變流器に就いて, 計器用と繼電器用の特質を比較すると,

| 計 器 用 變 流 器      | 繼 電 器 用 變 流 器                 |
|------------------|-------------------------------|
| ① 比誤差, 位相角が小さい   | ① 過電流でも特性が變化せず, 繼電器を十分に働かせること |
| ② 絶縁が完全で危険が少ない   | ② 安價で堅牢なこと                    |
| ③ 携帶用のものは, 小型である |                               |

(3) 特殊型計器用變壓器

使用電壓が 100kV 級以上になると, 普通の型の計器用變壓器では, 絶縁が困難になり, 著しく大型になるので, 次のやうな特殊型を用ふる.

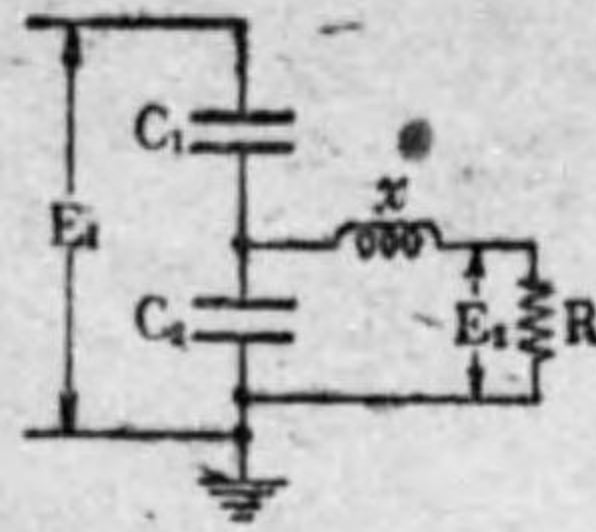


圖は縦線型で, 幾つかの單卷變壓器を直列につないで, 各巻線の中点をその變壓器の鐵心に結ぶ. 斯様になると巻線と鐵心間の電壓が小さく——圖では全電壓の  $1/6$  ——になつて, 絶縁が容易になる. 尙, 漏洩リアクタンスを減少する爲, 平衡線輪を設ける.

その他, 變壓器の一次側に高抵抗, 又は塞流線輪を直列にした抵抗型, 又は塞流線輪型もある. 尙, 碍子型は, 上記の主要部を磁器套管内に入れて絶縁したもので, 所要資材が少く小型となる.

(4) 靜電型電壓變成器 (蓄電器分壓裝置)

直列の蓄電器群に交流高電壓を加へ, その一部分より低電壓を得



静電電圧変成器

るやうにしたものである。圖に於て、 $L = \frac{x}{\omega}$  を  $(C_1 + C_2)$  に共振させると、變壓比  $n$  は、

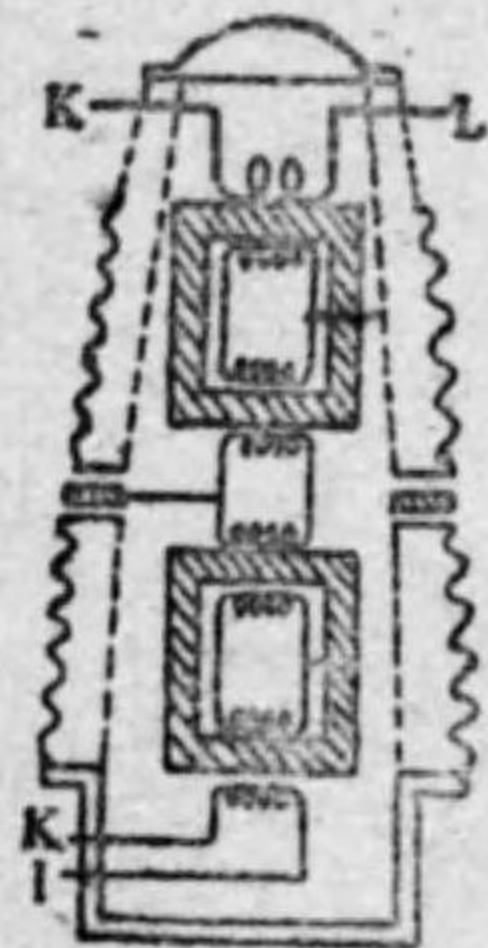
$$n = \frac{E_1}{E_2} = \frac{C_1 + C_2}{C_1} + \frac{1 - \omega^2 L (C_1 + C_2)}{j\omega C_1}$$

$$= \frac{C_1 + C_2}{C_1}$$

となつて、負擔  $R$  に無關係となる。特性は多少劣るが、資材が少く小型で低廉な爲、繼電器用として賞用される。

(5) 特殊計器用變流器

【縦續型】 幾つかの變流器を圖のやうに縦續したもので、絶縁を



縦 續 型

大とする爲一次と二次を別の脚に巻き、兩脚間に平衡線輪を設けて、兩線輪間の漏洩磁束を減じ、特性を良くしてゐる。縦續数を増す程、耐電壓は大となるが、それだけ特性が低下する。

【支持型】 圓形の一次、二次線輪を鎖交して取付け、絶縁棒で吊下げてゐる。特長は、①圓形線輪であるから過大電流に耐へる。②小型輕量で資材が少い。③特性が良い。④絶縁が容易であるなど。

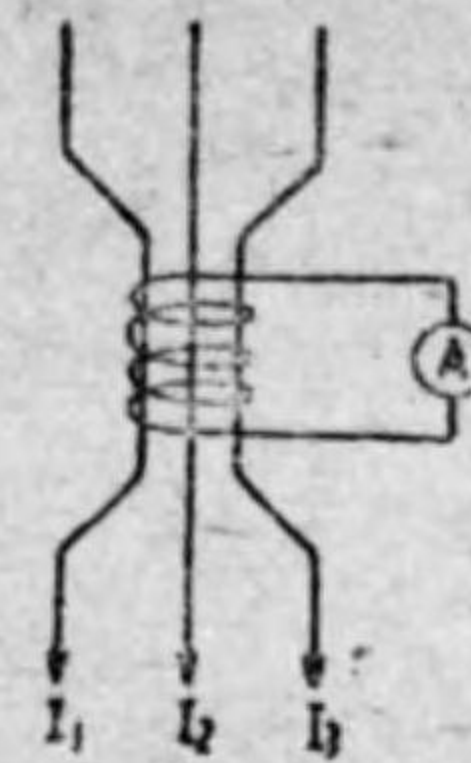


支 持 型

【套管型】 油入遮断器等の套管の外部に二次線輪を巻いた圓筒型鐵心を嵌め、套管内の導体を一次としてゐる。構造簡單で安價であるが、高電壓になると套管が太くなる爲、磁路が長くなり特性が劣る。繼電器用に適する。

【零相變流器】 二次線輪を巻いた圓筒型鐵心内に、三相3本の絶縁導体を束ねて貫通させる。或はこの鐵心を3心ケーブルに

嵌入したもので、3線の合成磁界は零相電流による磁界のみが残留



零相變流器  
(三相平衡變流器)

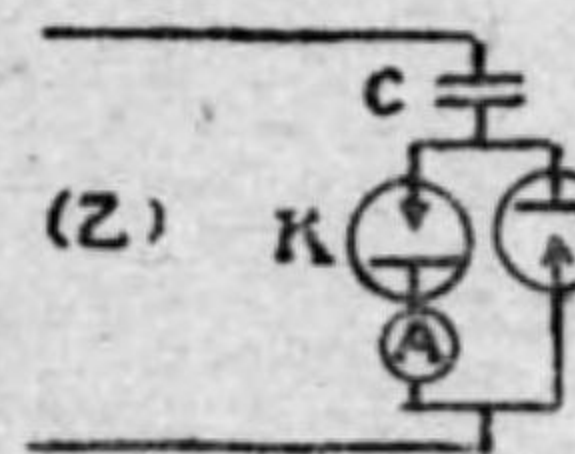
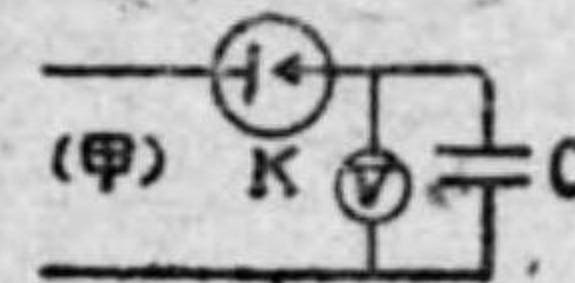
し、二次線輪に零相電流が流れる。3線に入れた3箇の變流器の二次側を並列にしても零相電流が得られるが、高價となる。

2.7 波高及び衝擊電壓、電流の測定

(1) 分 類

| 名 稱     | 測 定 方 法       |                                        |
|---------|---------------|----------------------------------------|
| 波高電壓及電流 | 火花間隙          | 針端間隙は 10~50kV 級、球間隙は 50kV 級以上<br>に用ふる。 |
|         | 波高電壓計         | 蓄電器に整流電壓を加へ、その端子電壓を測<br>る。             |
|         | コロナ電壓計        | 高價で取扱が悪いと誤差が大きい爲、實用されな<br>い。           |
|         | そ の 他         | 回轉電壓計、イオン風電壓計等もあるが、一般的<br>でない。         |
| 衝擊電壓及電流 | 波高電流計         | 送電線の鐵塔等に取付けて、雷電流の觀測に用ふる。               |
|         | クリッドグラフ       | 測定範圍は 2~20kV で、之以上には蓄電器分壓<br>器を用ふる。    |
|         | 陰極線オシロ<br>グラフ | 衝擊波の一部を導いて、波形を記録する。                    |

(2) 波高電壓計

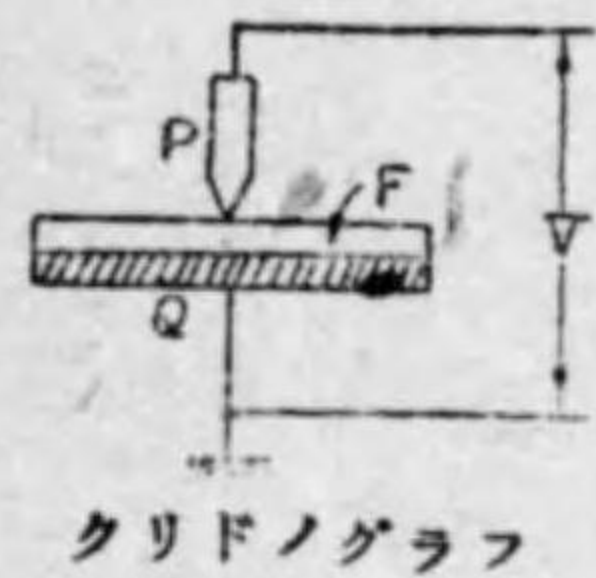
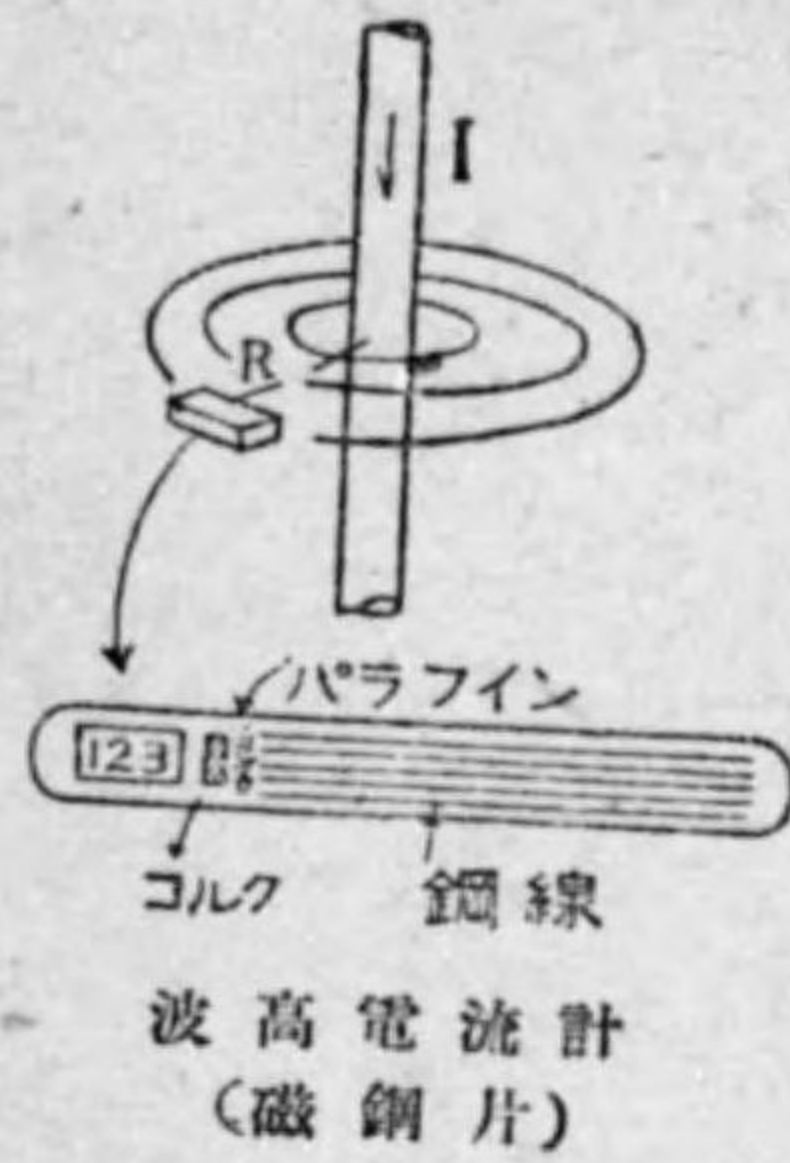


波高電壓計

(甲) 蓄電器  $C$  は半波整流の測定電壓で充電されるため、静電電圧計  $V$  は波高電壓を指示する。圖の  $K$  はケノトン整流管で、之を短絡すると、 $V$  の讀みは實効電壓となる。

(乙) 蓄電器  $C$  の充電電流の半波を可動線輪型電流計  $A$  で測ると、その指示は  $I = 2fCE_m$  となり、波高電壓  $E_m$  に比例する。

(3) 波高電流計 (磁鋼片)



残留磁氣の大きいコバルト鋼等の條片を束ねて絶縁物の容器に入れたものを、衝撃電流 I の通路より R の距離に置くと、 $H=2I/R$  なる磁界で磁化され、残留磁氣が残る。之を測つて、I の最大値を知る。

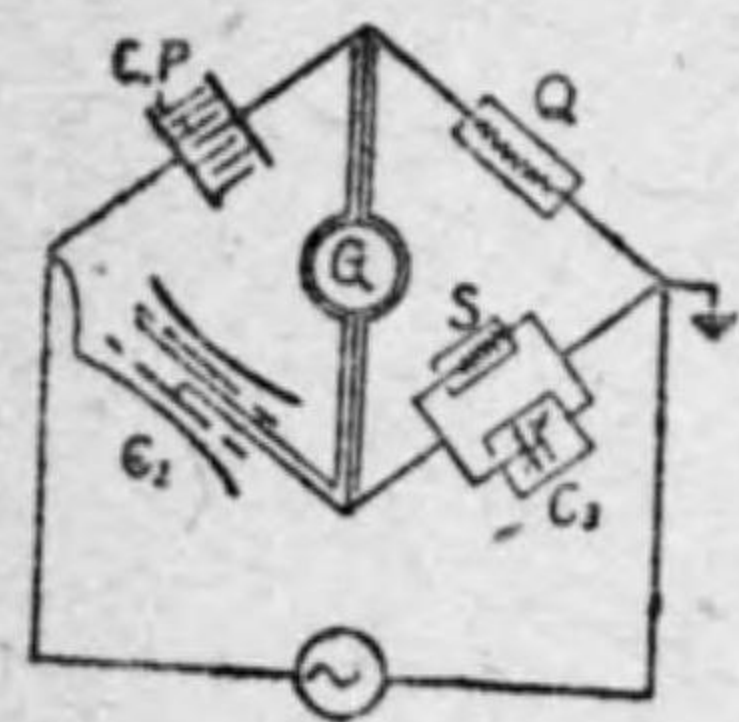
(4) クリドノグラフ

平板金属電極 Q と棒状電極 P で寫真乾板 F を狭み、PQ 間に衝撃電壓を加へた後、乾板を現像すると、之に放射狀の圖形(リヒテンベルグ圖形)が得られる。この圖形の直徑より波高電壓の値を、又形状より極性を知る。尙、乾板の代りにフィルムを用ひ、時計仕掛で移動して、送電線等の異狀電壓を自動的に記録するやうにしたものもある。

2.8 電力の測定

(1) 誘電体損失の測定

誘電体損失——例へば高電圧ケーブルの絶縁物の誘電体損失などは、一般に低力率の微小電力であるから、普通の方法では測定が難しい。其處で電壓 E、電流 I、相差  $\varphi=90^\circ-\theta$  ( $\theta$  は誘電体損失角) を別々に測つて、 $W=EI\cos\varphi=EI\sin\theta$  より損失電力を求める。



セエリング・ブリッジ

圖はケーブル等の誘電体損失の測定によく用ひられるセエリング・ブリッジで、 $C_p$  はケーブル等の等価静電容量及び等価直列抵抗、 $C_2$  は高電圧標準空氣蓄電器、 $C_3$  は可變雲母蓄電器、QS は無誘導抵抗である。電源には交流高電壓を用ひ

S 及  $C_3$  を加減して振動檢流計 G の偏れを零にすると、 $\rho=C_3Q/C_2$ 、 $C=SC_2/Q$  となるから、ケーブルの損失角を  $\theta$  とすると、 $\tan\theta = \omega C\rho = \omega SC_3$  となり、又、その誘電体損失 w は

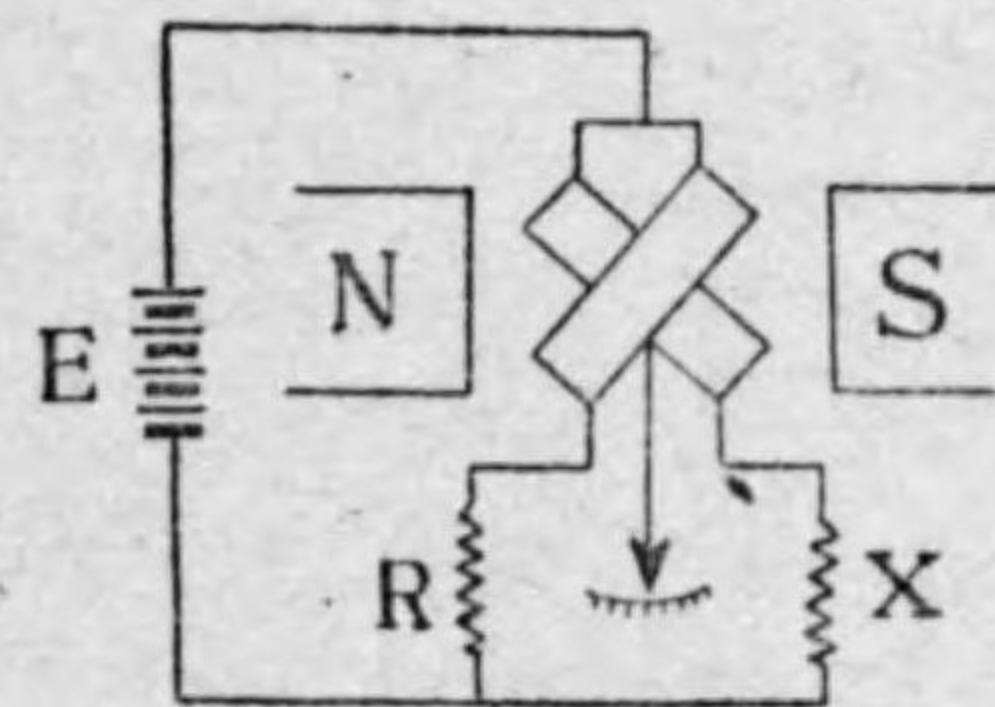
$$w = \left\{ \frac{E}{\sqrt{(\rho+Q)^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}} \right\}^2 \rho = \frac{E^2}{\rho} \sin^2\theta = \omega^2 S^2 E^2 \frac{C_2 C_3}{Q}$$

(2) 高周波電力の測定

| 名 稱       | 測 定 方 法                                      |
|-----------|----------------------------------------------|
| 象 限 電 位 計 | 電極間の静電容量の爲、 $10^5 \sim$ 級以上には適さない。           |
| 熱 量 計 法   | 高周波電流を通じた熱線を通水で冷却し、その出入口の温度差を測つて、熱線の通過電力を知る。 |
| 自 熱 電 球 法 | 2 箇の電球に高周波電流と直流を通じ等輝度にする。直流 = 高周波電流の實効値 となる。 |
| そ の 他     | 酸化銅電圧計法 (出力計)、熱電型電力計等がある。                    |

2.9 インピーダンスの測定

(1) オーム計



オーム計

圖は直流式の種類で、直角に取付けた可動線輪  $m_1 m_2$  に既知抵抗 R と未知抵抗 X を夫々直列にしてゐる。 $m_1 m_2$  の合成磁束  $H_0$  と、耐久磁石 NS が同一方向となるやうに偏れるので、X の値により  $H_0$  の方向が變り、指針の偏れより X の値

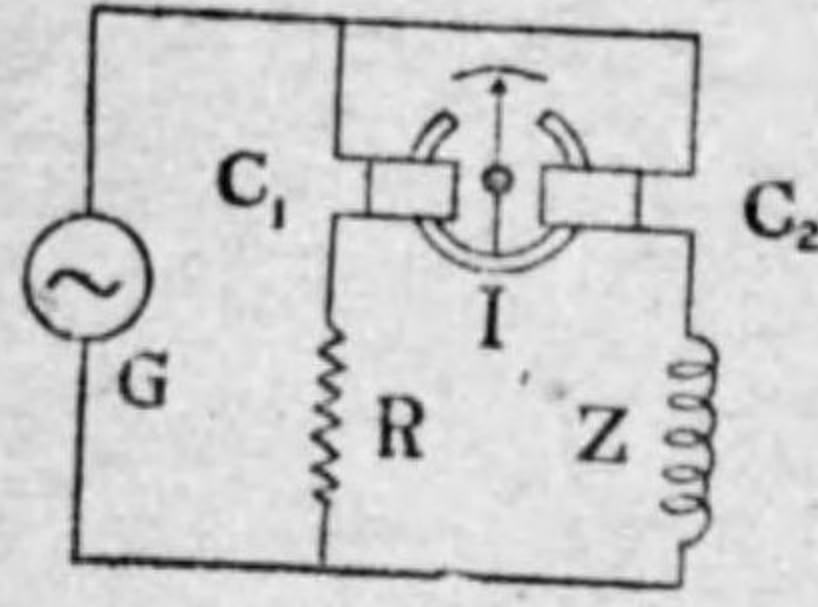
が直讀される。

(2) ブリツヂメガ

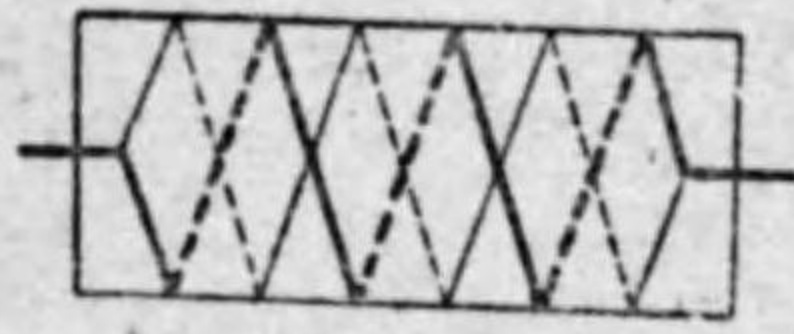
普通のメガに轉換器と抵抗函を取付けたもので、メガとして使用できるだけでなく、轉換器を廻すと電圧線輪は手廻し發電機に並列になり、抵抗函と端子に結んだ未知抵抗及び電流線輪——檢流計の

役目をする——にてブリッジ回路が出来る。指針が  $\infty$  の位置で電流線輪が無電流（平衡状態）となり、メガオーム級以下の抵抗が測られる。

(3) インピーダンス計



インピーダンス計



AP 式 巻

並列につなぐ。斯様になると、両電流による磁束の一部が相殺してインダクタンスが小さくなる。

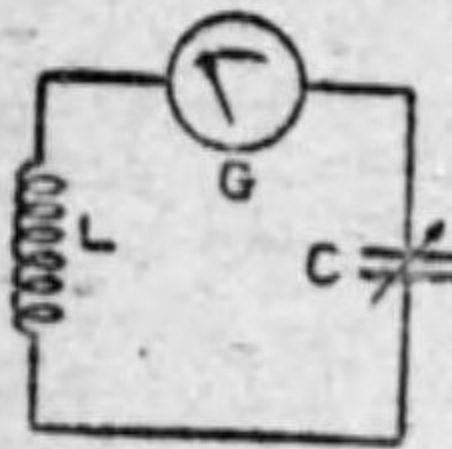
圖のやうな構造で、未知インピーダンス  $Z$  の値が大きい程、線輪  $C_2$  の電流が小さく、従つて可動鐵片  $I$  は線輪  $C_1$  側に余計に吸込まれて、指針が右に偏れる。斯様にして  $Z$  の値を指示する。

(4) 無誘導抵抗

抵抗器のインダクタンス及び静電容量が特に小さくなるやうに作つたものである。圖はその一種である AP 式巻を示したもので、薄い絶縁板に 2 層の巻線を反対向きに巻いて

2.10 その他の電気測定

(1) 波長計（電波計）



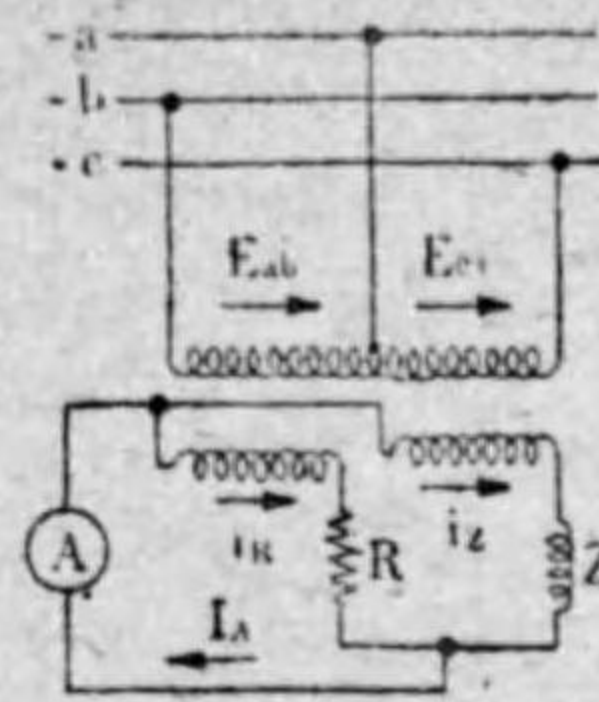
波 長 計

高周波数の測定に用ふるもので、 $L$  と  $C$  を直列にして回路に並列に結び、可變蓄電器  $C$  の値を調整して熱電檢流計  $G$  の偏れを最大にすると、直列共振状態となるから

$$\text{周波数 } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{又 } V = \lambda f \text{ より}$$

$$\text{波長 } \lambda = \frac{V}{f} = 6 \times 10^{10} \pi \sqrt{LC} \text{ 糎 となる。}$$

但し  $V$  は電流の毎秒の速さ  $3 \times 10^{10}$  糎 である。



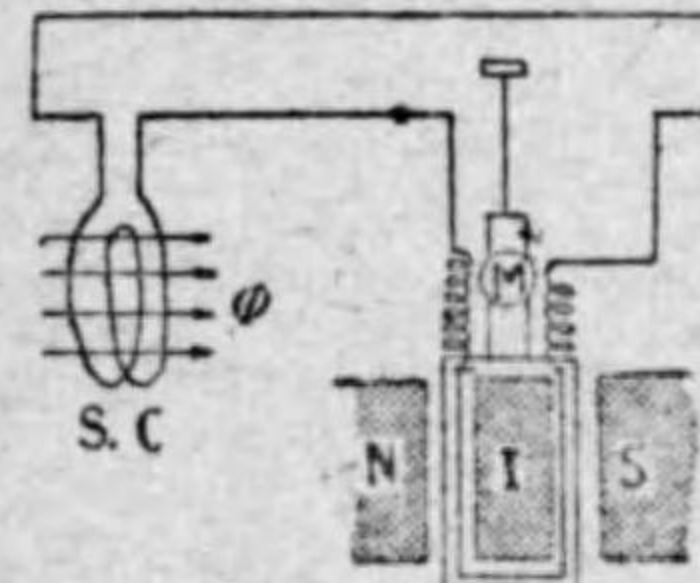
正相分電壓計

(2) 正相及び逆相分電壓計

圖のやうに  $V$  結線とした變壓器の二次側に、抵抗  $R$  とインピーダンス  $Z$  を結び  $Z$  の値を  $R(0.5 + j0.866)$  に選ぶと、電流計  $A$  の読みは、線間電壓の正相分に比例する。又  $R$  と  $Z$  を交替すると、 $A$  は線間電壓の逆相分を指示する。

2.11 磁 氣 測 定

(1) 磁 束 計

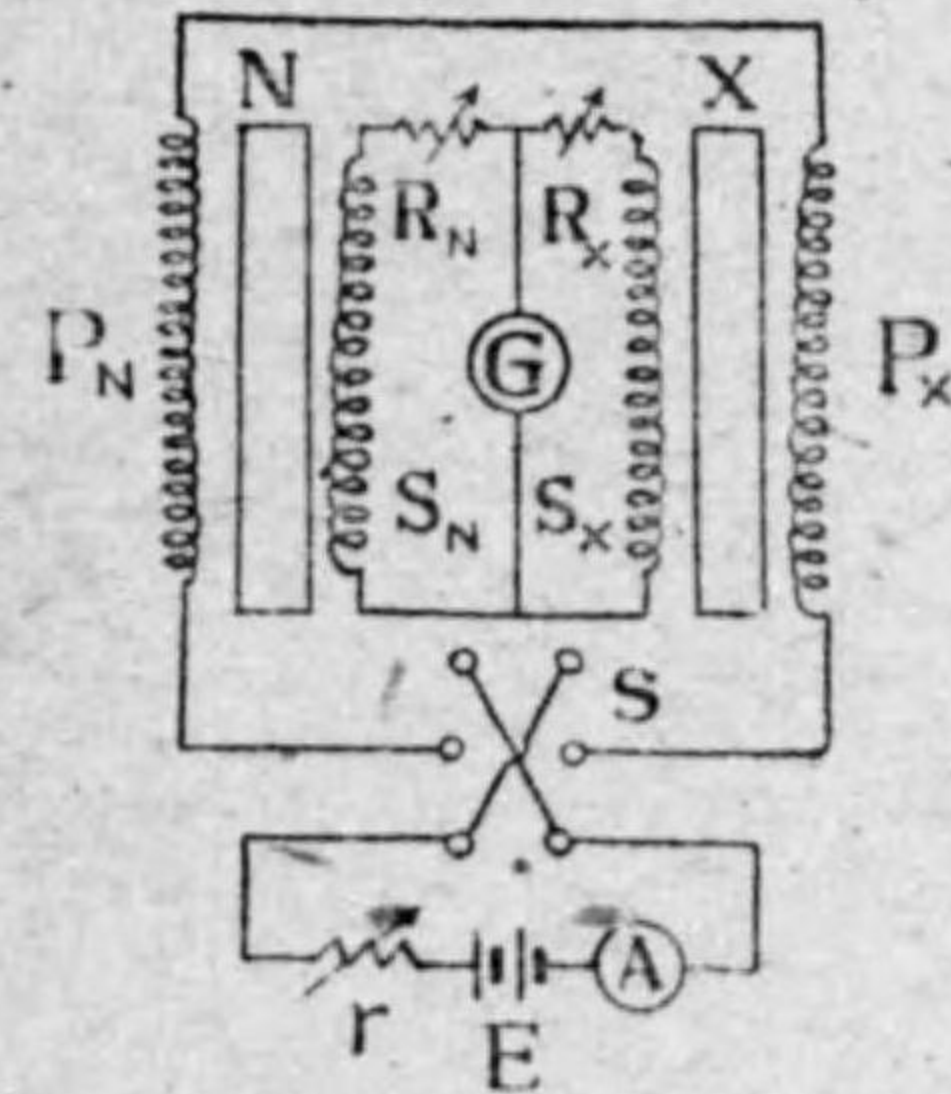


磁 束 計

可動線輪型計器と同様の構造で、耐久磁石  $NS$  内に可動線輪を絹糸で吊下げてゐる。従つて制御力が小さく、可動線輪は任意の位置で静止する。之に搜索線輪  $S.C$  を直列にして、その磁束鎖交数を短時間に  $n\phi$  ( $n$  は  $S.C$  の巻数) だけ變化させると、 $\theta = n\phi/k$

( $k$  は常數) のキック——最初の最大の偏れ——を生じ、磁束の變化量  $\phi$  が測られる。

(2) 導 磁 率 計



差 動 導 磁 率 計

圖は差動導磁率計で、 $N$  は  $B-H$  曲線の既知な標準鐵板、 $X$  は  $N$  と同一寸法の供試鐵板、 $P_n, P_x$  は  $N, X$  に巻いた磁化線輪、 $S_n, S_x$  は同じく磁束密度測定用の線輪である。今  $S$  を上下に切換へても、彈動檢流計  $G$  が偏れないやうに  $R_n, R_x$  を調整すると、 $N, X$  中の磁束密度  $B_n, B_x$  の間には、 $B_n R_n = B_x R_x$  なる關係があり、 $B_x$  が求まる—— $B_n$  は、 $P_n$  の巻数と電

流より磁化力  $H$  を計算して、 $B-H$  曲線より求める——次に、 $P_s$  の巻数と電流よりその磁化力  $H_s$  を算出して、 $B_s/H_s$  より  $\alpha$  の導磁率を導く。

2.12 應 用 測 定

(1) 應用測定の特長

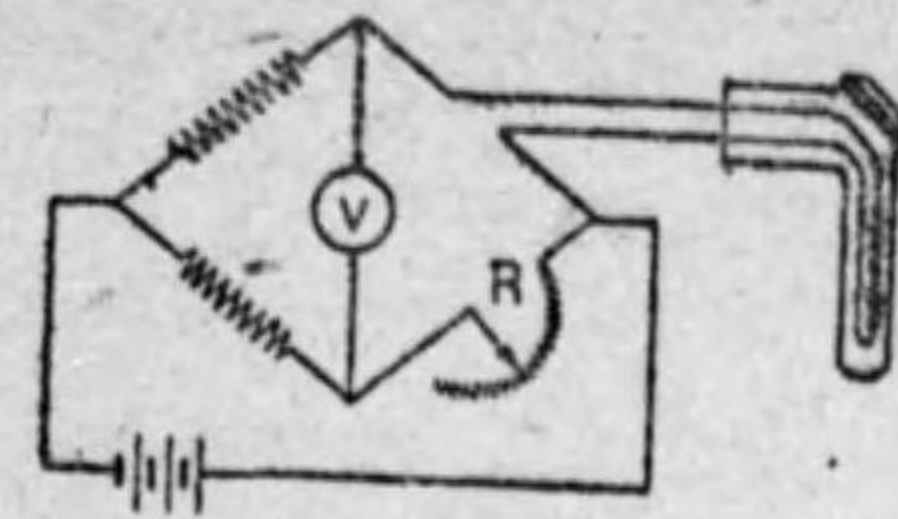
長さ、壓力、溫度等を電氣的に測定する方法は、他の方法よりも迅速で確度が高く、遠方より測定ができ、記録する動力を外部より與へ得る等の優れた特長があるため、各種の方面に應用されてゐる

(2) 分類と適用

| 名 稱                     | 適 用                                                                                                 |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 溫 度<br>各種溫度計            | 水銀溫度計は 500°C 迄、抵抗溫度計は -190~600°C、熱電對溫度計は 100~1000°C、輻射高溫計は 600~2000°C、光學高溫計は 700~4000°C 級の測定に用ひられる。 |
| 速 度<br>回轉速度計<br>風 速 計   | 現場測定には發電機法、精密測定にはストロボスコープ法が用ひられる。<br>熱線を風に曝すと、風速によつて溫度上昇が變り、電氣抵抗が變化する。之をブリツチで測る。                    |
| 變 位<br>測 微 計            | 機械的の微小變位 針金の太さの變化、機械の歪等を電氣的に測定するものを、一般に測微計と云ふ。                                                      |
| 壓 力<br>各種指壓計            | 急激な壓力變化 (油入遮斷器内の油壓の變化等) を測るには、指壓計とオシログラフを用ふる。                                                       |
| そ の 他<br>真 空 計<br>流 量 計 | 鐵槽水銀整流器、復水器等の真空度の測定に用ふる。<br>發電所の蒸氣管や各種水管等に取付け、用ふる。                                                  |

(3) 溫度の測定

圖は直流式抵抗溫度計で、ブリツチの 1 邊に入れた抵抗素子を測溫点に置くと、その抵抗が増してブリツチの平衡が破れる。そこで



直流式抵抗溫度計

$R$  を加減して再び平衡を取ると、 $R$  の値は溫度に比例する。

(4) 回轉速度の測定

① 發電機法 耐久磁石型の直流又は交流小型發電機を回轉して、回轉速度に比例した發生電壓又は周波數を、指示計器で讀んで回轉數を知るやうにしてゐる。發電機を回轉軸に連結するには、①直結する。②齒車又はベルトを用ふる。③可撓接手による等の方法がある。本法は大きい回轉力を要する欠点がある



ストロボスコープ法

② ストロボスコープ法 ネオン電球で照したストロボスコープ板の模様が靜止して見へるやうに電球の周波數を調整すると、周波數と板の模様の數より回轉數が算出される。或は、反對に電動機の回轉數を調整し、その速度をクロノグラフと時計で測ると、周波數が算出される。

(5) 變位の測定

種類は多種多様であるが、主なものを挙げると、

- ① 抵抗變化法; ブリツチの 1 邊に摺觸線抵抗を入れて、摺觸子の變位に基くブリツチの不均衡電流を、オシログラフで記録する
- ② イングクタンズ變化法; 交流を通じた線輪に金屬片を近づけると、金屬片に渦流を生じて線輪のインダクタンスが變る。この變化量を測つて、線輪と金屬片間の距離の變化を知る。
- ③ 容量變化法; 眞空管變換器に用ひた蓄電器の極板を變位させて、靜電容量を變化させ、發振周波數の變化をオシログラフで觀測して變位を知る。

(6) 壓力の測定

2 枚の水晶片を背中合せに重ねて壓力を加へ、合せ目に生じた電荷——壓電氣現象による——をオシログラフで測る。又、炭素板抵

抗器に壓力を加へて、接觸抵抗の變化を測る方法がある。

### (7) 眞空度の測定



電氣抵抗眞空計

圖は電氣抵抗眞空計の原理で、ブリッジの1邊を眞空中に置くと眞空度の高い程、ガスの熱傳導率が減じて、抵抗線の溫度が昇る。従つて抵抗が増し、ブリッジの平衡が破れて、ミリボルト計 mV に電流が流れるから、その偏れより眞空度が分る。

## 2.13 電 氣 單 位

### (1) M. K. S. 單位

長さに米、質量に庇、時間に秒、電氣抵抗にオームを取つて組立てた單位で、總ての單位系が一貫した實用單位となり、従來の電氣磁氣理論の方程式中の  $4\pi$  の位置が合理化される特徴を持つ。

### (2) 絶對オーム

國際單位を實現した水銀標準抵抗器等は、再生の確度が低く、C.G.S 單位より導いた實用單位と完全に一致しない爲、之を廢して絶對單位が國際單位に採用された。之は絶對測定法——電氣の色々の作用を長さ、時間又は力の單位で測つて、電氣量を導く——によつて定められる單位で、この絶對測定法で求めた抵抗を絶對オーム同じく電流を絶對アンペアと云ふ。

## 3. 照 明 並 に 電 熱

### 3.1 輻 射

#### (1) 溫度輻射

物体の溫度を高めると、物体より光線、莖外線、赤外線等を放射するやうになる。之を溫度輻射と云ふ。

#### (2) 輻射束

無線通信用電波、赤外線、光線、莖外線、X線、ガンマ線、宇宙線等は作用の著しく異つた所があるが、その本体は何れも電磁波でたゞその波長が異つてゐるためと考へられてゐる。斯様な電磁波が一方より他方に傳はつて行く事を輻射と云ふ。又輻射によつて傳はる電磁波の勢力を表す爲に輻射束なるものを考へ、その單位にはエルグ/秒又はワットを用ふる。

#### (3) 黒体輻射

入射する輻射束を悉く吸収する物体——實在しないが、白金黒や油煤等は之に近い——を黒体と云ひ、その溫度輻射——溫度によつて物体より光線、赤外線等を發するやうになることを云ふ——を黒体輻射と云ふ。

#### (4) 選擇輻射

入射した輻射束に對する吸収率が、輻射束の波長によつて異なる物体の溫度輻射を選擇輻射と云ふ。又、吸収率の値が輻射束の波長によつて相違しない物体——但し黒体を除く——を灰色体と稱し、その溫度輻射を灰色体輻射と云ふ。

#### (5) 等價溫度

① 光色溫度；ある光源の光色溫度とは、その光源と等しい光色の黒体の溫度を云ふ。

② 輝度溫度；ある光源の輝度溫度とは、その光源と等しい輝度の黒体の溫度を云ふ。

#### (6) ルミネセンス

溫度輻射によらずに光を發する現象をルミネセンスと云ひ、次の



やうな種類がある。①放射ルミネセンス……物体に輻射束を当てた時の発光で、原輻射束を除くと発光が直ちに止む螢光と、発光が暫く続く燐光がある。②電気ルミネセンス……ガス又は炭素等の蒸気を放電する時の発光で、放電燈にその例がある。③焦ルミネセンス……ある金属の蒸気が焰の中で熱せられた時の発光で、發焰弧光燈に用ひられてゐる。④その他……熱ルミネセンス、化學ルミネセンス、陰極線ルミネセンス等がある。

(7) 光の仕事當量

波長  $\lambda$  の輻射束  $\phi_\lambda$  ワットが  $F_\lambda$  ルーメンの光束に相當する時  $M_\lambda = \phi_\lambda \div F_\lambda$  を光の仕事當量と云ふ。  $\lambda$  が  $555m\mu$  の時、  $M_\lambda$  は最小値  $0.001618W/\mu m$  となる。之を光の最小仕事當量と云ふ。尙最小仕事當量の逆数は  $1/0.001618 = 618\mu m/W$  となる。

(8) 輻射照度

ある面上の輻射照度とは、その面の單位面積當りの入射輻射束を云ひ、  $W/m^2$  で表す。

(9) 照明工學に用ふる單位

| 量     | 單位名(記號)   | 定 義                       |
|-------|-----------|---------------------------|
| 光束    | ルーメン (lm) | 1燭の点光源より1ステラヂアンの立体角内に出る光束 |
| 照度    | ルクス (lx)  | 1ルーメン/1平方米の照度             |
|       | ホト (ph)   | 1ルーメン/1平方呎の照度             |
| 光度    | 燭 (C)     | 1ルーメン/1ステラヂアンの光度          |
| 輝度    | スチルブ (Sb) | 1燭/1平方呎の輝度                |
|       | ラ、ドルクス    | 1ルーメン/1平方米の光束發散度          |
| 光束發散度 | ラドホト      | 1ルーメン/1平方呎の光束發散度          |
|       | ランベルト     | ラドホトに同じ(完全發散面に用ふる)        |
| 光量    | ルーメン時     | 1ルーメン×1時間の光量              |
| 露出    | ホト秒       | 1ホト×1秒の露出                 |

3.2 白熱電球

(1) 越 流

タングステン織條の常温時の抵抗は、白熱時よりも著しく小さいので、点火した瞬時(數十分の1秒間)に10倍前後の電流が流れる。之を越流と云ふ。但し、温度はこの間に規定値まで遞増して行くので、過大光度は生じない。

(2) 壽命指數

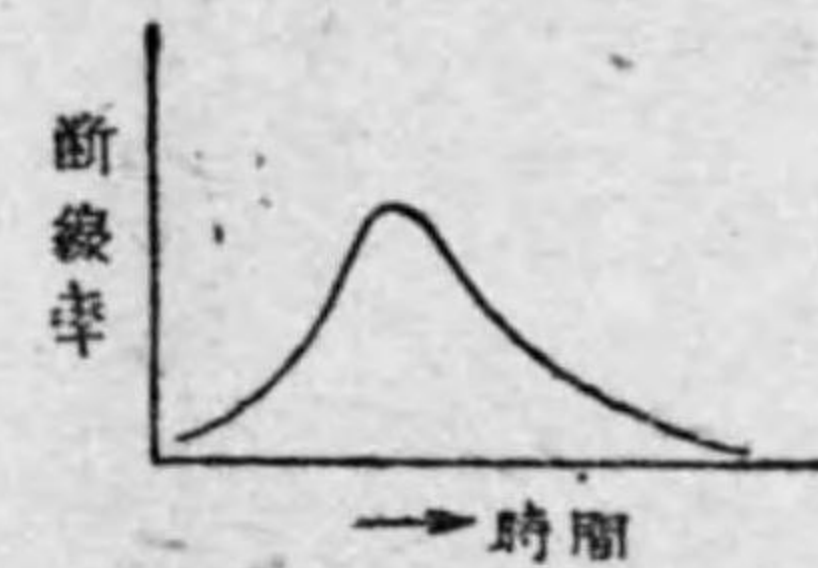
白熱電球の壽命  $L$  と能率  $\eta$  との間には、次の關係がある。

$$\frac{L}{L_0} = \left(\frac{\eta_0}{\eta}\right)^k$$

$L$  及  $L_0$  は、能率が  $\eta$  及  $\eta_0$  の時の壽命

この  $k$  の値は大體 6.5~7.5 で、之を壽命指數と云ふ。

(3) 斷線率曲線と生存率曲線



斷線率曲線

同種の電球を幾つか並列に点燈して例へば10時間毎の斷線箇數、又はこの時に残つてゐる箇數の全箇數に對する各割合を、時間を横軸に取つて、縦軸上に示したものを斷線率及び生存率曲線と云ふ。

(4) 電球の再生

斷線等した電球を再生する方法の一例を述べると、

- ①口金を外す。②排氣管の先を切つて真空を破つた後、排氣管を繼足す。③ガラス球を頭部で上下に切離す。④織條を掛ける。⑤ガラス球の切離した部分を加熱熔着する。⑥排氣管より排氣する。⑦排氣管の先を熔着する。⑧口金を取付ける。⑨仕上げ及び点燈検査を行ふ。

(5) 200V 電球

電線量の節約等の爲に、配電線の電壓を倍化すると、200V電球を使用するやうになるが、之は100V電球より次の点が悪つてゐる

- ①電流が小さくなるので織條が細くなり、小電球(真空電球は15W級以下)の製作が困難となる。

② 繊維が細く長さが増すので、熱損失が増し、初能率が下る。例へば 40W 電球の能率は、100V 用が 10/m/W, 200V 用が 8.8/m/W 位である。

③ その他、繊維の支持方法が面倒で、製造費が高み、生産高が低下する。又断線し易い。

(6) 閃光電球 (寫眞撮影用等)

ガラス球内にアルミ箔と酸素及び細い繊維を入れたもので、1.5V 以上を加へると、瞬間的に發光する。壽命が 1 回限りで、マグネシウムより高價につくが、無煙、無臭で火災の虞れがない。

(7) 集光電球

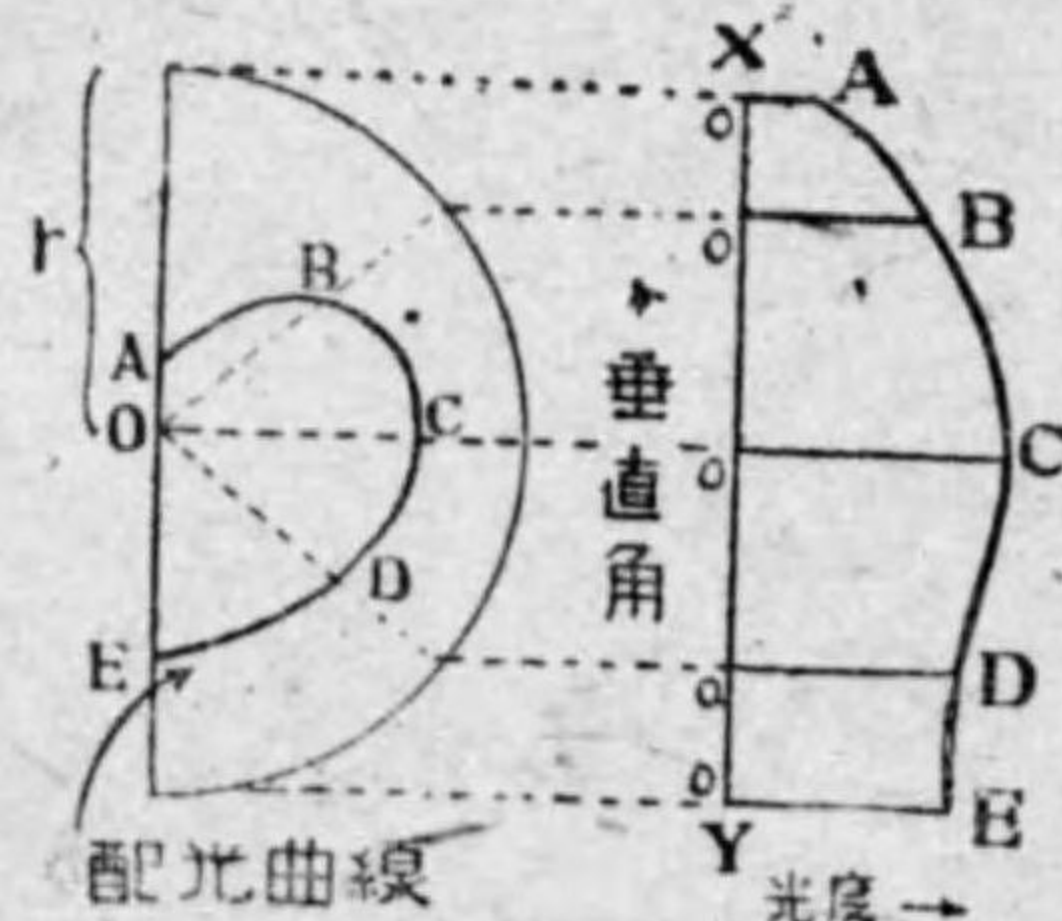
投光器や映寫機用等の電球は、反射鏡及びレンズ等の光學器具を組合せて、所定の方向に集光する。従つて、斯様な目的に用ふる電球は、光の集中をよくするため——光点を反射鏡又はレンズの焦点に置く——なるべく繊維を 1 点に集めて、点光源に近くする。

(8) 全光電球 (全照電球)

ガラス球の内面に特殊の白色塗料を施したもので、ガラス球全体が一様に輝く。輝度が低く (艶消球の約 1/6) 電球の露出したシャンデリヤ、ブラケット等に適する。ガラス球による光の吸収は約 6% である。

(9) ルーソー線圖

極座標で表した配光曲線を直角座標に書替へたものである。即ち

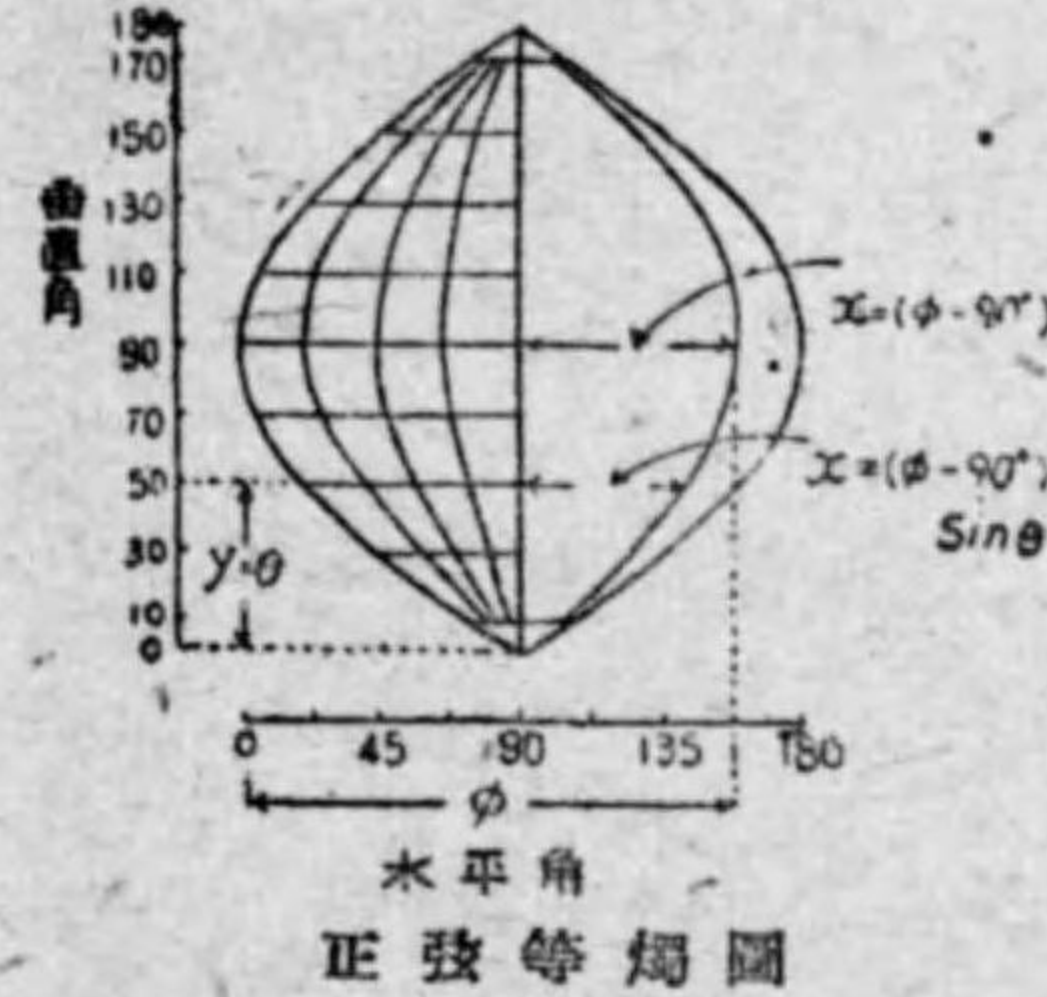


ルーソー線圖

配光曲線の光源を中心にして半径  $r$  の圓を畫き、その圓周を幾つかに等分して、各交点より水平に平行線を引く。次に、配光曲線の  $OA, OB, \dots, OE$  の各長さを  $XY$  軸の右側に夫々移して  $OA, OB, \dots, OE$  と取り、その頂点を連ねるとルーソー線圖になる。

(10) 等燭圖

光源を中心とした球を考へ、球面上にて光度の等しい点を結ぶ曲線、即ち、地球儀の等高線に相當する曲線を作る。この地球儀を平面に展開して地圖を作るのと全く同様に、平面上に水平角と垂直角とで網目を作つて、球面上の等光度曲線を之に移したものが等燭圖である。



圖は正弦等燭圖で縦軸上に  $y=\theta$  (垂直角), 横軸上に  $x=(\phi-90^\circ)\sin\theta$  を取つて、直角座標に目盛る。然して、上述の假想球面上の任意点 (垂直角  $\theta$ , 水平角  $\phi$  の点) の光度を、左圖の同じ  $\theta$  及  $\phi$  の交点に移して、等光度点を結ぶと、正弦等燭圖が得られる。

3.3 放電燈及び弧光燈

(1) 放電燈の各種

| 種類    | 封入ガス    | 同電力(耗)     | 能率 $\frac{\mu\text{-ワット}}{W}$ | 光色 | 用途      |
|-------|---------|------------|-------------------------------|----|---------|
| ネオン管  | ネオン     | 0.1~3      | 10~20                         | 橙紅 | 廣告, 看板  |
| ムーア管  | 炭酸ガス    | 0.1~0.5    | 5                             | 純白 | 色物識別    |
| ネオン電球 | ネオン     | 3~10       | 2                             | 黄橙 | 寢室用     |
| 發光電球  | 窒素・アルゴン | (外球はウラン硝子) |                               | 黄綠 | 終夜燈, 裝飾 |

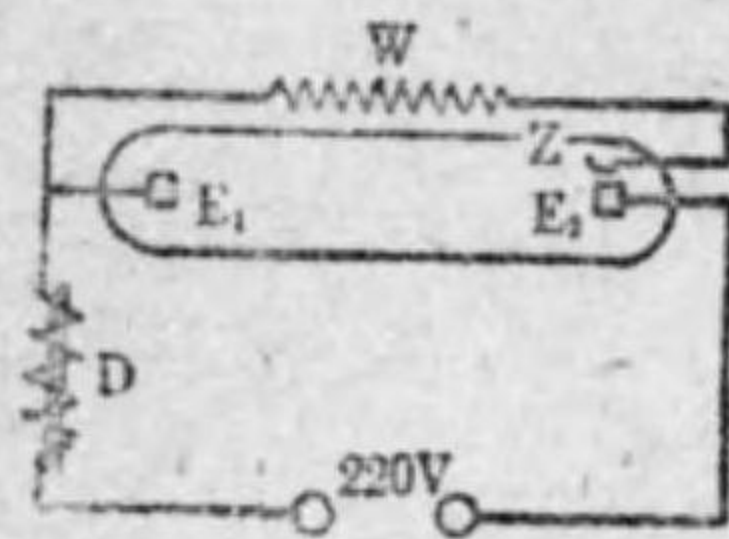
(2) 弧光燈の各種

| 種類        | 電極物質     |            | 光色                   | 能率 $\left(\frac{\mu\text{-ワット}}{W}\right)$ | 壽命 (時)             | 用途     |
|-----------|----------|------------|----------------------|--------------------------------------------|--------------------|--------|
|           | 陽極       | 陰極         |                      |                                            |                    |        |
| 炭素弧光燈     | 炭素金<br>屬 | 炭素金<br>屬   | 炭素・青<br>色・金屬<br>藍・白色 | 直 8~12<br>交 8                              | 短 8~20<br>長 80~150 | 映寫及撮影用 |
| マグネタイト弧光燈 | 銅        | マグネ<br>タイト | 白色                   | 7~20                                       | 陰極<br>100~250      | 街路照明   |

|               |                       |                      |     |       |         |                                  |
|---------------|-----------------------|----------------------|-----|-------|---------|----------------------------------|
| タングステ<br>ン弧光燈 | タング<br>ステ<br>ン<br>球   | タング<br>ステ<br>ン<br>織條 | 白 色 | 17~30 | 200~300 | 点 光 源                            |
| ガラス管水<br>銀燈   | 鐵・石<br>タング<br>ステ<br>ン | 水 銀                  | 青綠色 | 13~20 | 1000    | 青寫眞鏡付<br>影                       |
| 石英管水銀<br>燈    | タング<br>ステ<br>ン        | 水 銀                  | 青白色 | 30    | 1000    | 醫療, 殺菌,<br>鑑識                    |
| ナトリウム<br>燈    | タングステ<br>ン織<br>條      |                      | 黄 色 | 35~60 | 1500    | 街路照明<br>給電工場                     |
| 高壓水銀燈         | 酸化物電極                 |                      | 青白色 | 30~40 | 2000    | 工 場<br>屋 外 照 明                   |
| 超高壓水銀<br>燈    | 酸化物電極                 |                      | 白 色 | 50~80 | 1500    | 理想的光源で<br>あるが, 未だ<br>普及してゐな<br>い |
| 螢光放電燈         | 水銀燈, ネオン<br>管等に應用     |                      | 白 色 | 30~50 | 2000    |                                  |

(3) 高 壓 水 銀 燈

ガラス管内に酸化物電極  $E_1E_2$  と、水銀及び少量のアルゴンを入れてゐる。電圧を加へると、主電極  $E_2$  と補助電極  $Z$  との間に陰極微光を生じ、電子とイオンが出来て主放電を誘發する。電弧は負特性であるから、塞流線輪  $D$  を直列にするか、漏洩變壓器を用ふる。点燈中の水銀蒸氣壓は 100 耗~1 氣壓で、蒸氣壓の高い程輝度が高く、光色が晝光に近づく、又管を 2 重にして、その間を真空とし、放熱を防いで能率を高めてゐる。



高 壓 水 銀 燈

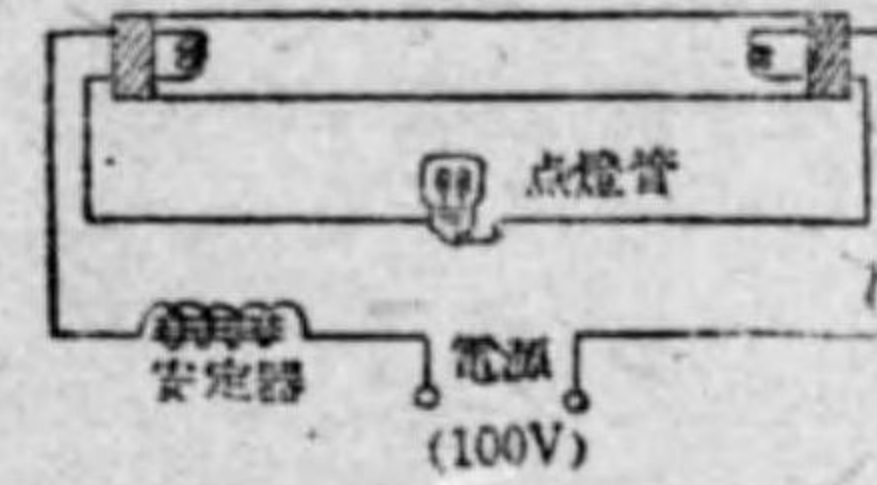
(4) 超 高 壓 水 銀 燈

高壓水銀燈の蒸氣壓(点火中の)を數十~300 氣壓に高めたもので能率及び輝度が高く、光色が白くて多量の莖外線に富む。斯様に理想的光源であるが、高價なため未だ普及してゐない。普通、内徑數耗・長さ 1~2 耗の小型石英管で、その中心の温度は 8000~10,000°C にも達する。

(5) 螢光放電燈 (螢光燈)

低壓及び高壓水銀燈やネオン管からは可視光線の他に多量の莖外

線が出る。そこでこれ等の管壁に螢光物質を塗つて、莖外線を可視光線に變へると、能率が向上し、光色が白色に近づく。



螢 光 放 電 燈

圖は点燈管(グロースイッチ)  $S$  を用ひたもので、電圧を加へると、 $S$  内でネオンの微光放電が起り、發熱してバイメタルにより短絡する。そのため兩側の織條電極には大きい電流が流れて、多量の熱電子を放出する。次に  $S$  が冷へて、その短絡が開く時、リアクタンス  $L$  に高い電圧を誘起して、主放電が始まる。その後は放電電流により、兩織條は適當な高温度に保たれる。

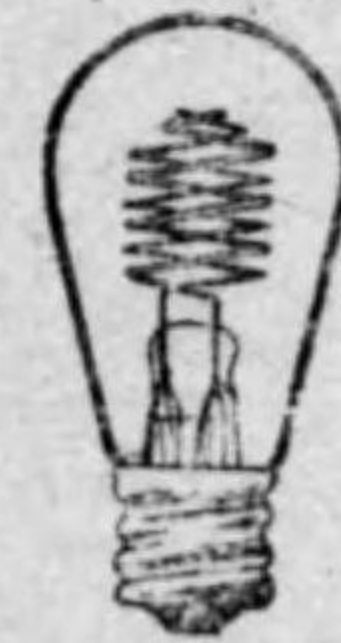
註. 螢光物質には珪酸亜鉛, 珪酸カドミウム, 珪酸亜鉛カドミウム等が用ひられる。尚、その用途としては、上記の他に、色彩照明用, 螢光板用, 夜光塗料用等である。

(6) 熱陰極放電燈

放電燈の陰極を織條にして白熱し、これより多量の熱電子を放出させると、兩電極が熱しない場合——冷陰極放電管——よりも遙かに低い電圧で放電する。之を熱陰極放電管と云ふ。上述の水銀燈やナトリウム燈等は熱陰極であるが、ネオン管やネオン電球等は冷陰極である。

(7) ネオン電球

2~3 耗離して置いた 2 組の電球と、ネオンガスをガラス球内に封入し、過大電流を防ぐ爲の數千オームの抵抗を、口金の中に設け



ネオン電球

てゐる。直流では陰極のみが光り——陰極光——交流では兩極が交互に光る。用途は、①光度が電圧に正比例するためトーカー、テレビジョン、ストロボコープ等に用ふる。②電極を特殊の形状に作つて、廣告に用ふる。③その他、配電盤の表示燈、寢室の終夜燈、直流の正負判別用、ネオン檢電器等に用ふる。

## (8) 螢光電球

ネオン電球にウランガラスを用ひ、窒素とアルゴンを封入したもので、窒素ガス放電による陰光芒より出る強い紫外線が、ウランに當つて螢光を發する。所要電力が小さく、美麗なため終夜燈、サイン等に用ひられる。

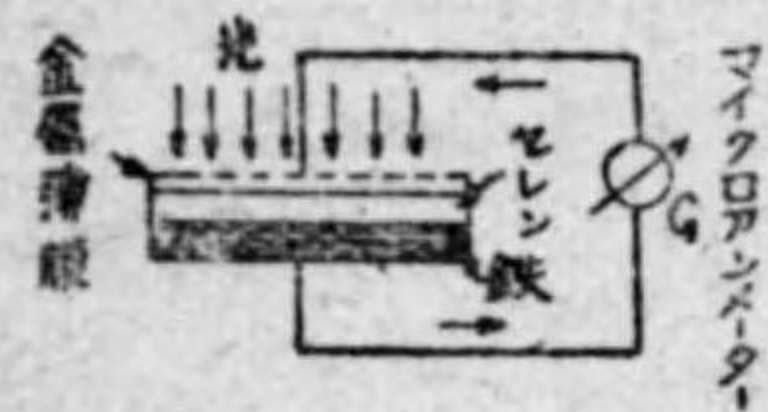
## 3.4 測光及び視覚

## (1) 物理測光

肉眼を全く用ひずに、測光を行ふ方法で、光電管や堰層光電池等を使用する。物理測光の特長は、①測定が迅速、正確である。②測光量の記録が容易である。③労力が少い等である。尙、物理測光で各波長に対する感度が、標準視感度に一致したものを、特に物理眼と云ふ。

## (2) 簡易照度計

堰層光電池(光電照度計)、ルクス計(燭計)等を簡易照度計と云ふが、茲では前者について述べる。圖はセレン型で、鐵の上にセレンをのせ、その上に金、銀、白金等の薄膜をかぶせて、之と鐵の間に檢流計Gをつなぐ。



簡易照度計

薄膜に光が當ると、起電力が生じて圖示の方向に電流が流れ、Gの偏れより照度が直讀できる。尙、酸化銅型のものもあるが、セレン型の方が感度がよい。

薄膜に光が當ると、起電力が生じて圖示の方向に電流が流れ、Gの偏れより照度が直讀できる。尙、酸化銅型のものもあるが、セレン型の方が感度がよい。

## (3) 光電管

ガラス球——真空又はガス入——の中央にニッケル等の陽極を置き、球の内面は窓を残してアルカリ金属等の膜を附着させる。之を陰極として陽極との間に電池と檢流計を結ぶ、然して窓より光が當ると、金属膜より電子(光電子)が飛出して、電池より光電管を経て電流(光電流)が流れる。この光電管は測光——主に照度や光束の測定——の他に、①光電繼電器、自動扉や、光線を遮断した時に電鈴が鳴るやうにした盗難豫防装置など、②電燈点滅装置、天候の

明暗によつて、電燈を自動的に点滅する、③トーキー、等にも用ひられてゐる。

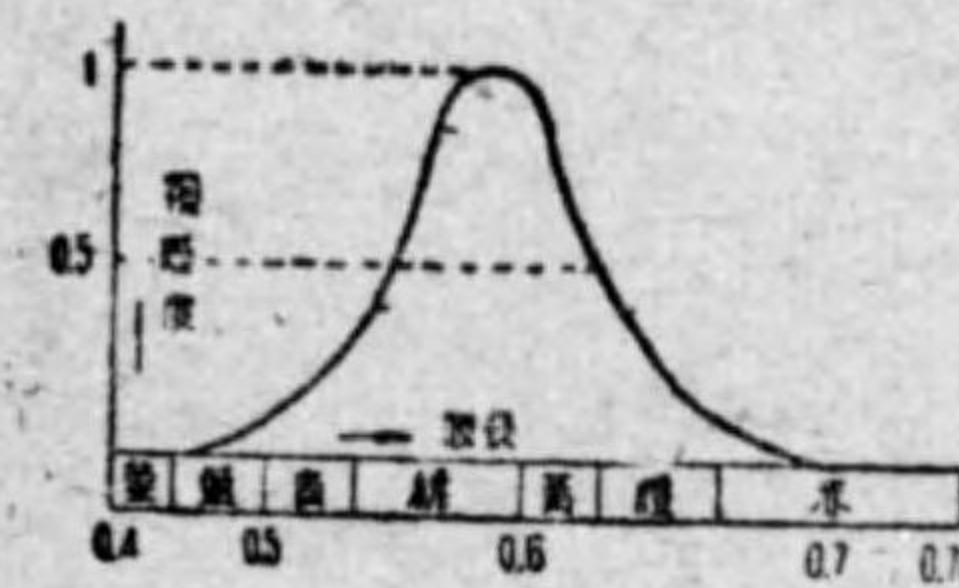
## (4) 眩輝

光の刺激が異常に強くて、物がはつきり見えないとか、不快である、或は苦痛を伴ふ等の場合、之を眩輝と云ふ。眩輝には輝度眩輝、對比眩輝、一時眩輝、過照眩輝、斜照眩輝、被膜眩輝等がある。

## (5) 視感度

光源より出る輻射束の中、吾々の肉眼に感ずるのは光線の範囲のみで、赤外線や紫外線等は眼に感じない。この可視輻射束(光束)の全輻射束に対する割合を視感度と云ふ。

## (6) 視感度曲線(比視感度曲線)



視感度曲線

視感度は輻射束の波長によつて異なり、 $555\mu$ の単光色の時、最大値 $620lm/W$ に達する。各波長の輻射束に対する視感度をこの最大視感度で除したものが比視感度で、之を圖のやうな曲線に表したものを視感度曲線と云ふ。

## (7) 光滲

明るい部分と暗い部分を同時に見ると、明るい部分が大きく見へる。又高輝度の小さい光源を見ると、實物より大きく見へる。この現象を光滲と云ひ、照明設計上重要な事柄である。例へば包圍式看板で、黒地に白文字を抜いた場合は、その反對の場合より文字が太く見へる。

## (8) 明視論

物がよく見へるか否かは、次の4つで定まる。

- ① 視角……大きい程見へ易い
- ② 物体の輝度……高い程見へ易い
- ③ 見る時間……短い程見へ難い
- ④ 周囲との對比……強い程よく見へる

明視論と云ふのは、以上の各事項を考へて、どうすれば物が見へ易いかを研究する學問である。

### 3.5 照 明

#### (1) 擴散照度

ある面の照度は、通常、光源よりの直射照度と、光源より壁、天井等に入射した光の反射光による照度との和である。後者による照度は、室内で幾回も相互反射を繰返したものであるから、割合に一樣で、之を擴散照度と云ふ。

#### (2) 照明能率

照明設備に於て、作業面（室内では床上 85 糎、座敷では 40 糎屋外では地面、廊下では床面）に投ずる全光束と、設備された光源の全發散光束との比、即ち、光源の全光束中の何 % が作業面に達するかの割合を照明能率と云ふ。

#### (3) 晝光能率（晝光率）

建築物内の晝光による照明状態を表すには、單に何ルクスと云つても意味がない。其處で次の値を考へ、之を晝光能率と稱する。

$$\text{晝光能率} = \frac{\text{室内のある点の照度}}{\text{同点に於て屋根等を取拂つた時の水平照度}}$$

#### (4) 節電を目的とする照明方式

- ① 能率のよい照明器具を用ふる。
- ② 能率のよい照明方式——直接照明、又は全般局部併用照明——を採用する。
- ③ 良質の電球を選ぶ。又二重螺旋織條電球を使用する。
- ④ 螢光放電燈、高壓水銀燈、超高壓水銀燈のやうな高能率の電燈を用ふる。
- ⑤ 天井、壁等は明色に仕上げ、汚れると塗替を行ふ。
- ⑥ 晝間は極力晝光を採り入れる。

#### (5) 晝光採光の要点

- ① 窓の大きさ：窓を大きくすると、室内が明るくなるが、室内の温度が激變する。窓ガラスの掃除及び維持費が増す。冬期に寒い

建築費を増し、家具や商品等の置場に困る等の欠点がある。

② 窓の位置：南側は、入射光が夏は少く、冬は多いので最も良い。之に反し東及び西側は、夏は入射光が多くて、冬は少い。又、北側は夏以外には殆んど直射光が入らない。

③ 明り井戸：大建築の内部に晝光を採入れる爲に用ふるもので明り井戸の壁はなるべく反射率の高いものがよい。

#### (6) 天然光による照度

天頂の太陽による地表面上の照度

|            |             |
|------------|-------------|
| 大氣の吸収がない場合 | 150,000 ルクス |
| 眞夏の晴天の正午   | 100,000 "   |

天空光による地表面上の照度

|                 |          |
|-----------------|----------|
| 蒼空の場合           | 11,000 " |
| 曇天の場合           | 10,000 " |
| 天頂の満月による地表面上の照度 | 0.2 "    |
| 暗夜天空光による地表面上の照度 | 0.0003 " |

次に、天然光による輝度は、

|      |                      |                         |
|------|----------------------|-------------------------|
| 蒼空   | 1.5燭/cm <sup>2</sup> | 月……0.3燭/cm <sup>2</sup> |
| 暗夜の空 | 10 <sup>-8</sup> "   |                         |

註. 天空光とは、大氣中の塵埃や雲等による日光の反射光線を云ふ。北窓より入る光がこの天空光である。

#### (7) 人工晝光を得る方法

| 光 源             | 能 率<br>lm/W | 特 長                 | 缺 点                 | 用 途          |
|-----------------|-------------|---------------------|---------------------|--------------|
| 晝 光 電 球         | 12          | ①能率が良い<br>②簡便である    | ①光色が晝光より赤い          | 商 店<br>診 察 室 |
| 眞 色 燈           | 5           | ①光色が晝光に近い           | ①能率が悪い              | 餘り用ひられない     |
| 超高壓水銀燈<br>螢光放電燈 | 80          | ①光色が晝光に近い<br>②能率が良い | ①高價である<br>②装置が複雑である | 理想的光源        |

|         |        |                           |              |
|---------|--------|---------------------------|--------------|
| 光源の組合せ* | ①能率がよい | ①光線のスペクトルが連続である<br>②取扱が面倒 | 室内照明<br>擬似天窓 |
|         | ②晝光に近い |                           |              |

\* ①白熱電燈+水銀燈 ②ネオン燈+水銀燈 ③晝光電球+水銀燈等がある。

(8) 各種の紫外線電燈

① バイタライト電球；普通電球のガラス球に紫外線透過ガラスを用ひ、繊維温度を高めて發散紫外線を多くしたもの。普通 300~500W で、クローム鍍金の反射鏡を用ふる。

② 水銀バイタライト弧光燈；紫外線を透過するガラス球内にタングステン繊維、火花間隙、少量の水銀、アルゴン等を入れてゐる。電圧を加へると、繊維が白熱して熱電子が放出し、間隙に水銀弧光を生じて、紫外線の強い晝光色を發する。

③ 水銀燈；ガラス管水銀燈と石英管水銀燈（太陽燈）がある。

④ その他；高壓水銀燈、超高壓水銀燈、炭素弧光燈等も強い紫外線を出す。

(9) 影法師効果

例へば、雪の夜道等を歩く人の姿が黒くはつきりと浮んで見へる斯様に物体の背景を明るくすると、その反射光で物体がよく認め得る。之を影法師効果と云ふ。

(10) 調光器

劇場で舞台、観覧席等の照度——電燈による——を適當に調整する爲の装置で、普通は直列加減抵抗器を使用するが、大劇場では電力損失の少い加減リアクトル、又は可變比單卷變壓器等を用ふる。

(11) 配線及び照明器具の代用資材

| 器 材   | 代 用 資 材     | 器 材    | 代 用 資 材  |
|-------|-------------|--------|----------|
| 絶縁電線  | 暫定第二種及第四種線  | ソケット螺紋 | 鐵、アルミニウム |
| コ ー ド | 暫定普通及び防濕コード | 笠 留    | 鐵、ファイバ   |
| 封印線   | 溢引麻紐        | ブラケット  | 鐵（亜鉛メッキ） |

|         |                 |        |       |
|---------|-----------------|--------|-------|
| ノ ッ プ   | バイシドレスノック       | 工場照明用笠 | 硬質磁器  |
| ク リ ー ト | 1 ッ 穴 ク リ ー ト   | 明視スタンド | 木 材   |
| 電 線 管   | ファイバ管           | 街路燈用器具 | ス ト ニ |
| 電 球 口 金 | 鐵（亜鉛、又はカドミウム鍍金） |        |       |

3.6 電燈應用

(1) 養魚集蛾燈

魚を飼つた池、沼、稻田等の水面上に電燈を点じて虫を集め、水中に飛んで溺死した虫を魚の飼料にすると、附近の農作物の虫害も減じて1石2鳥の効果がある。之が養魚集蛾燈である。

(2) 青色螢光燈

螢光放電燈の1種で、特殊の螢光材料を使用して、青色光及び紫外線を多量に放出するやうに作られたもので、水田の誘蛾燈に廣く用ひられる。普通の電球は60W位のを1町歩に1燈位の割合で要するのに対し、青色螢光燈を用ふると、20W位のを5町歩に1燈の割合でよく、資材及び消費電力が著しく節約される。

(3) 農村電化の最近の諸問題

① 放電による殺蛹法；繭を乾燥貯藏する時、中の蛹を殺すのに普通加熱してゐるが、之では繭の品質が低下し、又長く貯藏できない。繭に高周波電圧を加へて殺蛹すると、繭の品質を害さないだけでなく、殺蛹時間が極めて短い、殺蛹費が僅少である、装置が簡単である等の利点がある。

② 農作物の電流栽培；農作物の上部に金網を張つて、之と大地間に直流又は高周波數の高電圧を加へると、農作物の育成が旺んになる。その理論は未だ明かでないが、放電によつて生ずる窒素やオゾン等が植物の肥料になる、電流が植物を刺戟して同化作用を旺んにする等の説がある。

(4) 漁業電化の最近の諸問題

① 電氣釣魚；釣針で魚を釣つた時、魚が大きいと、釣上げるの

に困難がある。そこで針に引掛つた魚に電撃を與へると、魚が容易に引揚げられる。その方法は、竿釣では細い絶縁線（エナメル線）を釣針につなぎ、電源の1極は近くの水中につけて置く。

② 電氣網の應用；電氣網は、水中に適宜な間隔を置いて電線を張り、その間に低い電圧を加へて、電線の近くの水中に電流を通じたものである。この装置を例へば河川の上下2箇所にて設けて、その間に魚を飼ふと、魚はこれより外に出る事が出来ない、本方法によると装置が極めて簡単である。

③ 高周波の應用；農業及び漁業に於ける加工製品の殺菌を行ふ場合、加熱殺菌によると、大きいものでは中途熱が通らない。然るに高周波の高電圧を加へると、極めて簡単に、然かも完全に殺菌ができる。

### 3.7 電氣料金制

#### (1) 準備料金制（最低料金制）

需用家が電力を全く使用しないでも、電力会社としては、發電より給電迄の一切の電氣設備に對する投下資本の利子、償却、税金、維持費を支拂はねばならない。そこで、電力使用の有無に拘らず、一定の最低料金を賦課する料金制を準備料金制と云ふ。

#### (2) 綜合料金制

普通の料金制では電燈、電熱、電力によつて、夫々電力料金の單價が異なるため、各別々に配線しなければならない。綜合料金制は、この不便を除くため電力料金の各單價を同一にして、その需用家の最大契約電力を定めたものである。故に配線や積算電力計は共用できて、資材が節約される。

#### (3) 電力需給契約中に責任使用量の定められる理由

水力發電による電力事業者が大口電力を供給する場合には、需給契約の條項中に責任使用量——又は最低料金——を定める。即ち、大口需用家の電力使用量が小さい時は、無益に水を溢流させ發電所及び送配電線の利用率を低下する。之が火力發電所の場合であると

石炭の消費がそれだけ節約される事になるが、水力發電所では、一度び放出した水は再度利用できない。之が責任使用量の定められる所以である。

### 3.8 電熱一般

#### (1) 發熱体の種類と使用溫度

|     | 低 溫 度             | 400~500°C       | 500~1100°C                              | 1000°C 以上                               |
|-----|-------------------|-----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 發熱体 | 鐵線、鐵管、銅<br>ニッケル合金 | 鐵-ニッケル合<br>金    | ニッケルクロム<br>合金、鐵クロム<br>合金、塩化バリ<br>ウム（液体） | 炭珪素化合物、<br>白金、タングス<br>テン、クリプト<br>ル（炭素粒） |
| 用途  | 電熱栽培に於<br>ける温床用   | 温水用發熱体<br>對流暖房用 | 輻射暖房用、ア<br>イロン、七輪                       | 輻射暖房用、電<br>氣爐（燒入熔解）                     |

#### (2) 鐵クロム線

ニッケルの不足により、之を含まない鐵クロム線が最近使用されてゐる。その特性を示すと、

| 種 別 | クロム    | アルミ<br>ニウム | 添加物  | 鐵  | 使用溫度     |
|-----|--------|------------|------|----|----------|
| 第一種 | 2~25%  | 3~6%       | 5%以下 | 殘部 | 1000°C以上 |
| 第二種 | 13~18% | 3~6%       | 3%以下 | "  | 600°C以上  |

鐵クロム線は固有抵抗及び耐蝕性が大きく、熔融点が高いが、脆くて加工が困難である。伸びが大きく、壽命が短い等の欠点がある

註. その他の金屬電熱線について、最高使用溫度を示すと、

| 種 類        | 鐵-ニッケル | 銅-ニッケル | モリブデン | 白金   |
|------------|--------|--------|-------|------|
| 最高使用溫度(°C) | 550    | 600    | 1350  | 1600 |

### 3.9 電熱の新應用

#### (1) 電極式炊飯器

お櫃等の内面に、2組の電極板を接近して取附けたもので、この

中に米と水を入れて 100V の交流を加へると、水に電流が流れて一塩を少し入れて水の導電率を増す—— $I^2R$  熱により飯が炊ける。電気飯炊釜等に較べて、①空焼の虞がない。②飯が炊けると自然に電流が流れなくなり、焦げつかない。③火災の危険がない。④構造が簡単で能率が良い等の特長がある。尚、副食物を炊く時、調味料の塩分等の爲に過大電流が流れる場合は、抵抗、リアクタンス等を入れて電流を制限する。

註. 同様の方法で、電極式パン焼器も出来てゐる。

### (2) 電気製塩

各種の方法があるが、電極式について述べると、海水を入れた水槽内に直接電極を浸す方法——100~200V の低電圧を用ふる——海水を種やパイプ内に流して、之に電流を通ずる方法、海水を水柱として流下し、之に電流を通ずる方法——後 2 者には 3300V 級の高電圧又は 6000~10,000V 級の特別高電圧を用ふる——等がある。

普通の製塩方式は、海水を蒸發濃縮して塩を結晶させるが、冷凍製塩は、反對に海水を氷点下 10°C 近くまで冷却して、塩を結晶させる方式である。現在では冷凍設備に困難があるが、所要電力量は蒸發式——1 瓩當り 35,000~45,000kWh——よりも遙かに少く、將來有望視されてゐる。

### (3) 浴場電化(電気風呂)

燃料の節約と、余剰電力の利用等の爲に、最近、浴場の電化が一部で行はれてゐる。その方法には、次の 2 種がある。

- ① 熱線式; ニクロム線、又は鐵クロム線を使用して水を温める
- ② 電極式; 水中に 2 組の電極板を浸し、水に電流を通じて直接に温める。之には低電圧式——200~350V を使用——と高電圧式——3300V 級を使用——がある。

- ① は一般に用ひられるが断線し易く、高電圧には不適當である
- ② は温度によつて水の固有抵抗が變り、消費電力が變化する欠点がある。

### (4) 甘藷の電気貯蔵

甘藷を貯蔵するには、普通地中に穴を掘つて周圍に糠殻等を敷い

て、その中に甘藷を入れるが、冬期に寒さの爲に腐敗する事がある。この時電球、電気コタツ等を入れて、温度を 12~15°C 位に保つと、この腐敗が防がれる。

### (5) 味噌の電熱速醸

従來の方法は味噌原料を仕込んだ槽をその儘放置して、自然に酸酵するのを待つため 3~5 ヶ月の長期間を要する。然るに味噌原料を加温室に入れて、電熱器で室内の温度を 30~40°C 位に保つか、又は味噌原料中に電極を浸して、直接に電流を通じ發熱させると、製造日数は一躍 3 週間位に短縮できる。

### (6) 電気焼土

田畑の上皮部分の土を集めて、之を電熱等で 80°C 位に焼き、再び撒布すると、①土壤中の病原菌を熱殺できる。②土壤中に残つてゐる不溶性の肥料を分解して、水溶性とする。③土壤の物理的性質が改善される。④土壤中の微生物は一旦は減少するが、再び増加して土壤中での空中窒素の固定作用が増進される。等の作用があり農作物の増収に効果が大きい。

## 3.10 電気熔接

### (1) 水素電弧熔接

タングステン電極の間に弧光を發生させ、之に水素を除々に送ると、電弧中で水素は分子状より原子状に解離する。この原子状水素が電弧の外で再び分子状に再結合する時、高熱を出して 4000°C 位の水素ガス焰を形成する。この焰で熔接を行ふ方法で、酸化及び空化の虞れがなく、表面が滑かで物理的に優秀な熔接が出来る。

### (2) 衝撃熔接

大容量の蓄電器又は電磁線輪に直流を加へて電氣的エネルギーを蓄積し、次に熔接すべき金屬片をある速度で衝突させて、貯へた電氣エネルギーを接觸面を通じて放電させると、この時に生ずる火花の熱によつて瞬間的に熔接が行はれる。

熱の發生が急激で、然も熔接面に集中するから、熱の傳導作用がなく、異種金屬の熔接も出来る。但し、大仕掛のものは出来ない。



## (3) 電子管制御熔接

電子管——サイラトロン等——を格子によつて制御し、1/100秒位の短時間大電流を通ずると、上記と同様に、瞬間的に抵抗熔接が行はれる。点熔接や縫合熔接等に應用され、本方法に依ると大仕掛なものが出る。

## 3.11 電 氣 爐

## (1) 電氣爐の3種と得失 用途

|             | 原 理                                                             | 得 失                                                     | 用                            |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------|
| 弧<br>光<br>爐 | 〔直接式〕 電極(炭素又は黒鉛)と被熱物間に電弧を発生させる。<br>〔間接式〕 電極間に電弧を発生させ、その輻射熱を利用する | 〔得〕 3400°C 位の高温が得られる。<br>〔失〕 電極の消耗が早い。熱の分布が均一でない。力率が低い。 | 熔解爐(合金の熔解には間接式を用ふる)。<br>製鋼爐。 |
| 抵<br>抗<br>爐 | 〔直接式〕 被熱物に電流を通じて、直接發熱させる。<br>〔間接式〕 爐壁に發熱体を設け、輻射熱を利用する。          | 〔得〕 温度の調節が容易。力率が良好。<br>〔失〕 直接式は材料に不純物が入る。間接式は温度が低い      | 人造黒鉛及び炭化珪素製造爐。               |
| 誘<br>導<br>爐 | 變壓器の原理により被熱物に二次電流を流して、抵抗發熱を利用する。                                | 〔得〕 材料が自然に攪拌され、不純物を混じらない。<br>〔失〕 力率が悪い                  | 合金類、亜鉛、銅、眞鍮等の熔解。             |

## (2) 塩槽電氣爐(塩槽爐)

塩化バリウム、塩化カリ等の塩化物に直接電流を通じ、之を熔融状態に發熱させて、その中に被熱物を浸けて熱處理を行ふ。塩化物は熱容量が大きく、且つ温度が正確に均一であるから、焼戻用(200~550°C)或は焼入用(750~1350°C)に應用される。

## (3) 眞空電氣爐

熔融物の酸化を防ぐ爲に用ふる。抵抗爐、誘導爐何れにも用ひられるが、後者について述べると、熔融金屬を石英管内に入れ、管内を眞空にする。之を高周波誘導爐の電磁線輪の中に入れると、熔融金屬は渦電流による抵抗熱で加熱される。高純度合金の精製等に用ひられる。

## 4. 電 氣 機 器

## 4.1 一 般

## (1) 漂 遊 負 荷 損

電氣機器の損失中、測定も計算も困難なもの、例へば電機子導体及び整流子片内に起る渦流による損失、負荷及び磁氣飽和により變化する磁束に基く渦流損、磁氣的不平衡による損失等を總稱して漂遊負荷損と云ふ。

## (2) 規 約 能 率

電氣機器の能率を實測によつて定め難い場合、無負荷時の損失より負荷時の損失を推定し、或は計算によつて求めた損失を用ひて算出した能率を規約能率と云ふ。

## (3) 水 素 冷 却 方 式

全閉循環冷却式の冷却空氣の代りに水素ガスを使用したもので、次のやうな利点がある。

①水素は比重が空氣の7%であるから、風損が減ずる。特に高速度機械では風損が全損失の36~40%にも達する爲、水素冷却によつて、能率が1%位向上する。②熱傳導率が空氣の7倍であるから、冷却効果が大きく、許容出力が増す。③以上により、冷却器が小型でよく、又冷却用水も少い。④水素中ではコロナの發生電壓が高く又發生しても酸素や濕氣がないので、絶縁物に及ぼす害が少い。⑤水素の含有率が大きいと、火花が出ても燃焼しない。⑥その他、噪音が少く、又、被覆が頑丈であるから屋外式に適する。

但し、水素と空氣の混合ガスは爆發の危険があるため、氣密をよくし、水素補給装置によつて、含有率を90%以上に保つ。

## (4) 電 氣 機 器 の 噪 音 輕 減 法

回轉機械 ①磁氣噪音；磁氣回路に於ける磁氣抵抗の變化によつて起る機械的振動の爲に生ずる噪音である。之を輕減するには、空氣間隙をなるべく廣くし、極當りの齒數及び溝のピッチを余り小

さくしない。又誘導電動機には斜溝磁氣楔等を使用する。

②通風噪音；冷却用の通風路を滑かにし、密閉式を採用して通風路を防音構造にする。

③機械噪音；機械の不平衡及び取付不完全による音、摩擦並に振動音等による噪音である。之を減少するには、基礎を振動防止構造とし、防音壁を採用すると有効である。

變壓器 主に鐵心に生ずる交番磁束による振動の爲に發生する噪音で、電源周波數の2倍の周波數の音が最も強い。之を防ぐには、①鐵心の磁束密度を減少する。②鐵心及び線輪の支持を堅固にする。③鐵心と外函の連結部に弾性体を挟む。④變壓器を木材等の上に置いて、振動が他へ傳はらぬやうにする。

## (5) 資 材 節 約

電氣機器の資材節約に對し、一般的に考慮されてゐる点を擧げると、

①材料の所要安全率を低下し、設計上の裕度を減ずる。②導体の電流密度、鐵心の磁束密度を許容値近くにとる。③各部の設計を総合的に検討し、一部分の制限によつて全体の利用率が低下しない様にする。④規格を統一する。⑤冷却方式を改善して、許容出力を増す。⑥代用資材を考へる。

## (6) ガ ラ ス 織 維

ガラスを直徑0.001 耗位の纖維状にしたもので、電氣機械の巻線絶縁、電線の絶縁被覆、蓄電池の離隔板等に用ひられる。その製法には、①熔融ガラスより直接にガラス糸を引出す。②熔融ガラスを高速度回轉圓板に受けて弾き飛ばす。③熔融ガラスを壓縮空氣で吹き飛ばす等の方法がある。

## (7) 電 氣 機 器 の 標 準 規 格 の 効 能

①製品の種類が少く、製作上の無駄が省かれる。②使用者側は、確實優良な製品を比較的安く購入できる。③製作者の異つた製品間の融通性が大きい。④機器の取扱が一定で、便利である。⑤粗悪品の氾濫が防がれる。⑥製作者間の競争による無理な設計が起らな

い。⑦時勢に応じて規格を改訂し——例へば Z 規格など——資材が節約できる。

但し、標準規格は時宜に応じて改訂せぬと、技術の進歩を遅らせる虞れがある。

(8) 工場動力を電動機運轉とする利益

- ① 電動力は集中及び分配が容易で、工場内に原動機の設備を要しない。
- ② 電動機の種類が豊富で、負荷に適應した特性の電動機が選擇できる。
- ③ 電動機の取付位置を便宜に選び得て、各箇運轉に適する。
- ④ 測定器や記録装置により、作業状態の監視及び改善ができる。
- ⑤ 制御が簡単且つ完全にでき、製品の品位を向上する。
- ⑥ 自動制御又は遠隔制御が容易である。
- ⑦ 電動機の能率及び作業能率が高く、経済的である。
- ⑧ 電動機の信頼度及び安定度が高く、送電の信頼度も近來向上して來た。

(9) 工作機械の運轉方式とその得失

| 方 式  |     | ①集團運轉方式 | ②各箇運轉方式 | ③複式運轉方式 | 得失は右兩者の中間 |
|------|-----|---------|---------|---------|-----------|
| 比較項目 |     |         |         |         |           |
| 電 動  | 機 率 | 大 小     | 大 小     | 大 小     |           |
| 傳 達  | 能 率 | 悪 い     | 良 い     | 良 い     |           |
| 作 業  | 能 率 | 悪 い     | 良 い     | 良 い     |           |
| 休 止  | 時 損 | 大 小     | 小 小     | 小 小     |           |
| 速 度  | 調 整 | 面 倒     | 簡 單     | 簡 單     |           |
| 遊 離  | 範 圍 | 不 能     | 容 易     | 容 易     |           |
| 故 障  | 檢 査 | 大 便     | 小 煩     | 小 煩     |           |
| 点 檢  | 保 守 | 大 多     | 小 少     | 小 少     |           |
| 危 險  | 備 考 | 不 便     | 便 利     | 便 利     |           |
| 天 井  | 走 行 | 大 大     | 小 小     | 小 小     |           |
| 履 音  | 塵 埃 | 大 大     | 小 小     | 小 小     |           |
| 通 風  | 採 光 | 不 便     | 便 利     | 便 利     |           |
| 機 械  | 配 置 | 限 定     | 自 由     | 自 由     |           |
| 設 備  | 費 用 | 小 小     | 大 大     | 大 大     |           |

註・①は大型電動機で主軸を運轉し、之より動力を取る方法、②は各機械毎に電動機を設ける方法、③は兩者の併用である。

最近、工作機械の高度精密化と増産のため、主に②③の方式が用ひられてゐる。

(10) 工作工場に於ける節電方法

- ①ベルトの張力を適切にし、適当な滑止劑を用ふる。又、接續点を改良する。
- ②傳導軸の曲りを直す。
- ③電動機の取付位置が悪いため、傳導軸の徒らに長いものは、電動機的位置を變へる。
- ④軸受の取付けを直し、摩滅したものは取替へる。
- ⑤電動機の保守を勵行する。
- ⑥各箇運轉方式を採用する。
- ⑦各電動機に操作開閉器を設けて不要時には止める。
- ⑧照明設備を改善する。

(11) 電氣機器の絶縁耐力電壓

電氣機器の工作物規程による絶縁耐力電壓を示すと、

| 機 器                      | 試 験 場 所          | 試 験 電 壓 (V)                      |
|--------------------------|------------------|----------------------------------|
| 發電機、電動機、調相機<br>(中性点接地電路) | 巻線、大地間           | 最大使用電壓×1.5                       |
|                          | "                | " ×1.25                          |
| 回 轉 變 流 機<br>水 銀 整 流 器   | "                | E <sub>d</sub> に等しい交流電壓<br>(實効値) |
|                          | 陽極、外函間<br>陰極、外函間 | 2E <sub>d</sub> に等しい交流電壓(")      |
| 高 變 低 壓 用 器<br>(25V以下)   | 巻線相互間            | 交 流 1000V                        |
|                          | 巻線、鐵心間           | 交 流 500V                         |
|                          | "                | 最大使用電壓×2                         |
|                          | "                | 交 流 1000V                        |
| 特 變 高 壓 用 器<br>(50kV以下)  | 5kV 未 滿          | 最大使用電壓×2                         |
|                          | 5kV~10kV 未 滿     | " +5kV                           |
|                          | 10kV~50kV 未 滿    | " ×1.5                           |
|                          | 50kV 以 上         | " +25kV                          |
| 開閉器類、誘導調整器<br>計器用變成器、母線等 | 通電部、大地<br>間      | " ×1.5<br>(但し、最低 500V)           |

註. 加壓時間は何れも 10 分間である。尙本表の E<sub>d</sub> は直流側の最大使用電壓とする。

## (12) 各種電動機の保護方式

① 直流電動機； 過負荷或は故障によつて過電流の流れるのを防止するため、小型のものは可熔片を附し、大型のものは過負荷引外し線輪附の炭素氣中遮斷器を用ふる。或は必要に応じて溫度繼電器も設ける。

② 交流電動機； 大型のものには、一般に差動繼電器を取付ける外、過度の又は持続性の過負荷を防ぐ爲に溫度繼電器が良い。200馬力迄のものは反時限性及び即時動作の過負荷繼電器を備へ、且つ後者は過激な短絡にのみ働くやうに調整する。

低電壓繼電器を取付けた時は、動作に十分な時間的猶豫を興へる事が大切である。全電壓起動式には之を用ひない。自動發電所の電動機には反相繼電器が必要である。巻線の損傷に伴ふ各相電流の不平等等には、その不平衡電流又は逆相電流を利用して保護するのが普通である。

汽力發電所の主要補機用電動機には、即時動作過負荷繼電器を置き、且つなるべく最後の瞬間迄踏止まらせる。この外溫度繼電器を用ふるなら警報を發するに止める。通常相電流の不平等に對する保護装置は用ひない。又所内用電源の中性点は接地しないのが普通であるが、接地されてゐる時には、接地繼電器も用ひられる。

## 4.2 直 流 機

## (1) 直流發電機の故障とその原因

① 發電不能； 先づ主極の空隙間隔、刷子間の間隔及び接觸状態を調べ、電機子、界磁、同調整抵抗器等の斷線又は短絡の有無、界磁の極性、殘留磁氣の方向等を検査する。次に刷子が正しく中性点にあるか、自動式發電機では速度が規定値に達してゐるか等を調査する。

以上に異常がない場合は、電機子の故障と考へられるから、電機子巻線の短絡、均壓環の斷線、ハンダ揚げの不良等を探す。

② 整流不良； 先づ刷子が中性点にあるかを調べ——負荷すると電氣的中性点は幾何學的中性点より、發電機では同一方向、電動

機では反對方向に夫々移動する——次に整流子面の摩滅状態、雲母片の突出、刷子保持器の動作等を検査する。整流子面が荒れてゐる場合、研磨器又は旋盤で削正する。

③ 過熱 過負荷、整流不良、短絡等に原因する事が多い。尙塵埃の多い場合は、之が堆積して過熱の原因となる事がある。

## (2) 直流電動機の故障とその原因

① 起動せぬ； 界磁回路の斷線、電機子回路の斷線又は短絡、極性の誤り、起動抵抗器の接続違ひ、給與電壓の不足、負荷の過大など

② 速度不安定； 分巻電動機で負荷が急増すると、速度が上昇して運轉に危険な場合がある。之は界磁を弱めて使用した場合、補極の強過ぎる時に起り易い。

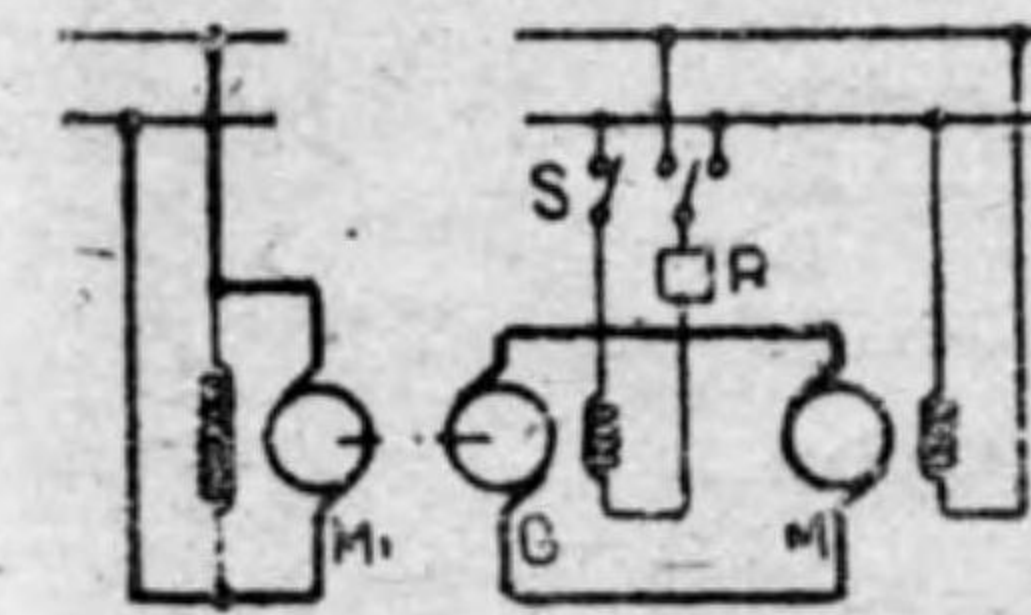
その他、整流不良や過熱等に對しては、上述と同様である。

## (3) 分巻電動機の世界速度制御法

① 界磁調整法； 分巻界磁巻線に挿入した抵抗を變化する。本方法は電力損失が少く、速度變動率が小さいが、高速度では整流困難となる。速度制御範圍は、補極のないもので 1:1.5 補極付で 1:2 補償巻線付で 1:4 位である。

② 電機子回路調整法； 電機子回路に可變抵抗を直列にする。本方法は負荷の大小による速度變動率並に電力損失が大きい。

③ 電源電壓調整法 (ワード・レオナード方式)； 供給電壓を加減する方法で、直流電動機 G を一定速度の補助電動機  $M_1$  で運轉する。然して界磁抵抗 R によつて、G の發生電壓を零より最大迄、或は S を切換へて逆方向に零より最大迄調整し、主電動機 M の速度を滑かに、且



ワード・レオナード方式

つ廣範圍に變化する。

この電動機 M の回轉軸に大きい蓄勢輪を取付けると、M にかかる負荷の變動を緩和できる。之をイグナル方式と云ふ。これ等

の方式は巻揚機、製鐵壓延機等に用ひられる。

(4) 直巻電動機の速度制御法

① 界磁巻線に並列抵抗を用ふる方法；界磁巻線と並列に加減抵抗器を結ぶ。この抵抗器は、負荷電流が急變した時にも分流比が變らぬやう、相當のインダクタンスを持たせる。尙、抵抗器に流し得る許容電流は、全界磁電流の 60% である。

② 界磁巻線の巻数を變へる方法；直巻界磁巻線よりタップを出して、その一部を短絡する或は界磁巻線を 2 分して直並列に切換へる。

③ 電機子回路に直列抵抗を入れる方法；本方法は速度を滑かに、且つ廣範圍に調整できるが、電力損失が大きい。

④ 2 箇以上の電動機を直並列とする方法；本方法は主に電氣鐵道で用ひられ、廣範圍に能率良く速度を制御できる。

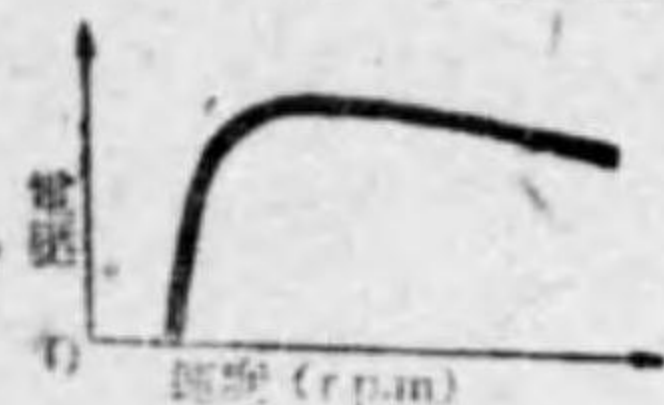
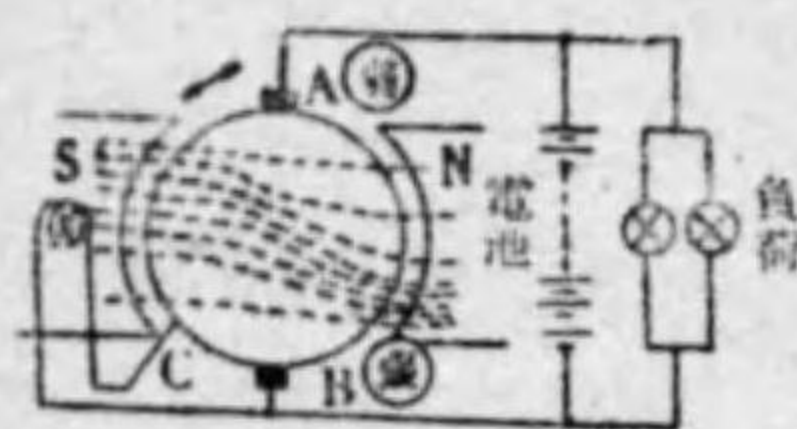
4.3 特殊直流機

(1) 電氣熔接用發電機の具備條件

① 發電機の端子電壓が負荷電流の増加と共に急降下する垂下特性であること。

② 無負荷電壓は電弧の發生を容易にするため 60~110V 位であるが、一旦電弧を生ずると 15~25V 位に降下すること。

③ 電弧が長くなつて電流が減少すると、電壓が急上昇して電弧の消滅を防ぐこと。



三刷子發電機

④ 短絡電流が小さく、電流の遠隔制御が容易なこと。

電氣熔接用發電機としては、他勵磁差動複巻發電機、ローゼンベルト發電機等が用ひられる。

(2) 三刷子發電機

列車や自動車に取付けて、蓄電池充電等に用ふる發電機である。定電流型と定電壓型があるが、圖は前者の構

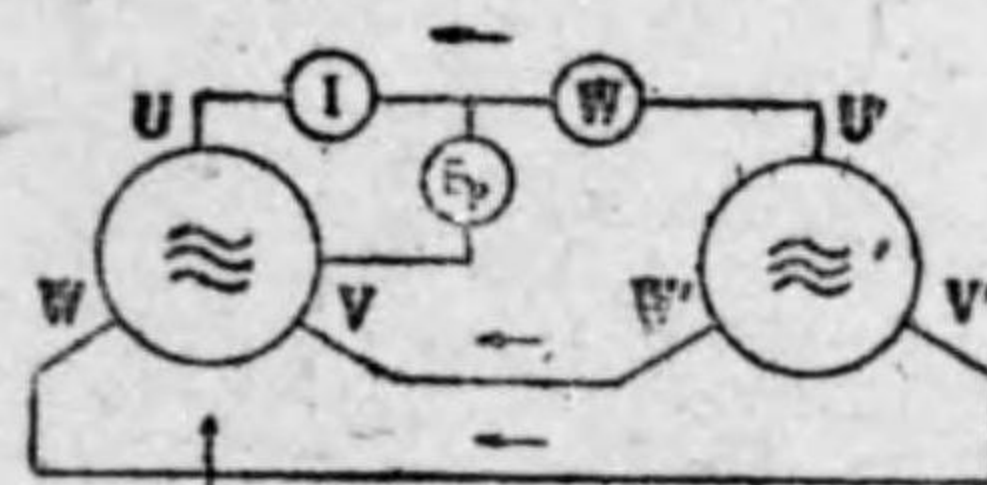
造を示したもので、AB は主刷子、C は第三刷子であつて、BC 間に分巻界磁巻線をつないでゐる。電機子の回轉速度が上昇して、誘起電壓が上昇し、負荷電流が増すと、合成界磁束は更に偏れるため、BC 間の電壓が下り、電流は一定に保たれる。尙、分巻界磁巻線を AC 間につなぐと、定電壓型になる。

4.4 同期發電機

(1) 同期インピーダンス

同期機の電機子反作用は、進電流の場合、端子電壓を高め、遅電流の場合、端子電壓を低下させる。線輪の漏洩リアクタンスの作用も之と同様であるから、兩者を合して同期リアクタンス  $X_s$  と稱する。然して線輪の實効抵抗を  $R_s$  とすると、 $Z_s = \sqrt{R_s^2 + X_s^2}$  を同期インピーダンスと云ふ。

(2) 逆相インピーダンス



逆相インピーダンスの測定

交流機の逆相インピーダンスは圖のやうにして測る。即ち、被測定機を他の原動機で定格速度で運轉し、界磁回路は無勵磁の儘で使用状態に保つて、之に相回轉方向が反對で同一周波数の電壓を加へる。この時の各計器の讀みを取ると、

逆相インピーダンス  $Z_2 = \frac{E_p}{I}$

(3) 短絡比

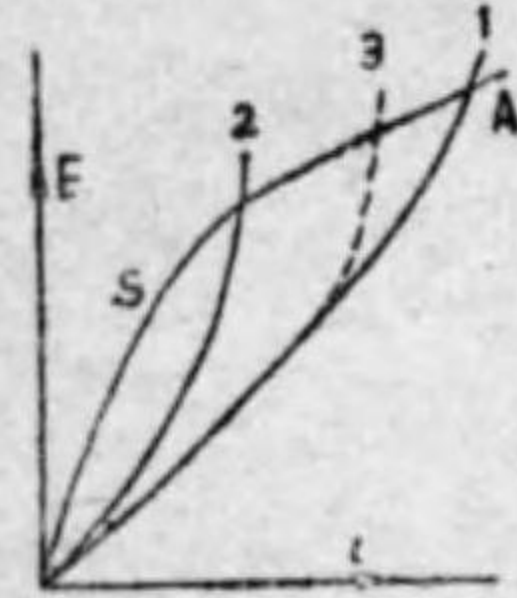
同期發電機の短絡比は、次式で表される値を云ふ。

短絡比 =  $\frac{\text{無負荷で定格電壓を發生する勵磁電流}}{\text{三相短絡電流が定格電流となる勵磁電流}}$

短絡比の大きい程、同期リアクタンスが小さく、發電機の最大出力が大となるが、空隙を増して勵磁電力を大とせねばならないので、機械が大型になる。水車發電機の短絡比は、1.0 位にとられてゐる

(4) 自己勵磁現象

送電線を無負荷充電する時、その静電容量が大きいと、進相電流による増磁作用の爲に、因果関係によつて電圧が上昇する。



自己勵磁現象

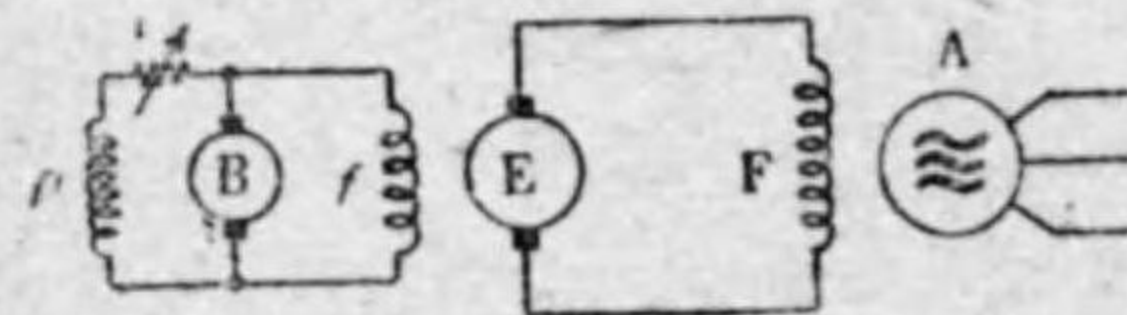
圖に於て、S を發電機の飽和曲線、——進相電流の磁化作用による——I を送電線の充電特性曲線とすると、勵磁を與へなくとも、A 点迄電圧が上昇する。この電圧は、特に過大電圧に達する事がある。

防止法としては、抵抗負荷をつなぐ——曲線は 3 の様に上向き——2 台の發電機を並列に使用する——曲線は 2 の様に、半分宛分擔となる——送電線に變壓器を結ぶ、短絡比の大きい發電機を用ふる等である。

(5) 速應勵磁方式

送電系統の安定度——後述——を高めるため、勵磁機の電壓上昇率を速かにしたもので、その方法としては、

- ① 勵磁機を高速度運轉とする。又界磁鐵心を成層する。
- ② 勵磁機の空隙を小とし、電機子のアンペア回数を大とする。
- ③ 勵磁回路の時定数を小さくする——勵磁回路を幾組かの並列回路に分ける。——
- ④ 勵磁機を自動式とせず、副勵磁機を設けて他勵式とする。



他勵磁式

茲に他勵式と云ふのは圖のやうに主勵磁機 E の界磁 f を、更らに小型の勵磁機 B によつて勵磁する方式で、この B を副勵磁機と云ふ。B は

小容量であるから時定数が小さく、又、f を數回路並列にすることも可能で、上記の目的に合致する。

(6) 軸電流

大型の回轉電氣機械——同期機等——は、製作や運搬に便利なや

うに電機子鐵心、並に繼鐵を數箇に分割してゐる。そのため磁氣回路の抵抗が不同になり、磁極が回轉した時、回轉軸の周りに變化する磁束を生じて、軸、軸受、鐵台等を通じて電流が流れる。この電流を軸電流と稱し、軸受面を損傷して、運轉に支障を來す。之を防ぐには、鐵台と軸受台の間に絶緣板を挟むか、又は銅線をつないだ刷子を軸の兩端に當て、之に軸電流を流す。

(7) 同期發電機の故障とその原因

① 發電せぬ；電機子及び界磁回路の斷線、短絡、接地及び是等の接續誤り等もあるが、多くは勵磁機の發電不能に基因する。但し計器用變成器の可熔片の切斷、界磁回路の直流電流計の故障等に注意する。

② 過熱；過負荷又は力率の悪い場合、電機子の短絡、室内の通風が悪く、熱風が機内に吸ひ込まれる場合もあるから、室の窓の大きさ及び位置に注意する。

③ 集電環の摩滅；集電環の偏心、刷子の不適當及び油の附着した場合、塵埃のため刷子と保持器が固着した場合、刷子彈條の調整不適當等である。

(8) 同期電動機の故障とその原因

起動電流により電圧が甚だしく下る場合、又は切換開閉器の動作不具合、制動巻線の接觸不良等により起動せぬ場合がある。又加速するにつれて負荷の増加により、同期化出來ぬ事もある。斯様な場合は無負荷起動装置をつけるのが普通である。運轉中同期を外すのは、電動機の過負荷耐量が小さいか、蓄勢輪効果の不適當によるもので、多くは勵磁電流を増加して救はれる。亂調は主として負荷の性質、制動巻線の抵抗過大、或は接觸不良、並に蓄勢輪効果の失當による。

(9) 大容量同期發電機の注文に當り考慮すべき事項

高電壓、長距離の送電系統に接續された大容量の同期發電機を注文するに當り、特に強調すべき点は、短絡比、補償巻線、勵磁方式——自己勵磁——等である。その目的は短絡の災害を少くし、系統の安定度を増進し、送電線充電を完全に行はせるにある。即ち、%

リアクタンスが大きく、従つて短絡電流の小さいものは、短絡に際して安全であるが、安定度は減殺される。故にこの間に處し、適當な値を選定する。安定度増進の方面より考へると、負荷の急變に對し、速度變化の過大を制する爲に蓄勢輪効果を大とし、補償巻線等を設ける。又、速應勵磁方式として、安定度を増進する。尙、送電線の充電に際し、自己勵磁現象を起さぬやうにする。

#### 4.5 特殊同期機

##### (1) 同期調相機の仕様書

①使用目的、施設場所、その他、②型式、極數、回轉數、容量——進相及び遅相——電壓、周波數、③起動方式（起動法、油壓ポンプ、起動 kVA）、④勵磁機の定格及び方式——速應勵磁等——電壓調整方式、⑤溫度上昇、損失、短絡比等、⑥豫備品、荷造、試験⑦納期、場所、支拂方法等。

##### (2) 同期調相機の進相容量と遅相容量の關係

同期調相機の遅相容量は、進相容量の 50~60% 即ち、約半分位にするのが最も經濟的で、遅相容量を増大すると型が大きくなり、重量が増して高價になる。又、勵磁機の大きいものを要し、起動電力も増大する。然し、進相容量の約 50% 以下にすると、空隙を極端に小さくせねばならず、鐵損が反つて増加する。

##### (3) 高周波發電機

一般に實用されてゐる高周波發電機には、凸極型と、誘導子型が



誘導子型發電機

あり、1000~以上には後者が廣く採用されてゐる。その構造は圖の如くで、固定子に界磁巻線及び電機子巻線を施し、電機子線輪間に誘導子——鐵心の周邊に一定の間隔を置いて非磁性体を埋めたものを回轉する。すると電機子線輪を通る磁力線は、誘導子の鐵心部分と非磁性体の部分とで相違し、交流を誘起する。誘導子は構造が簡單である。

から、高速度で回轉して、高周波數が得られる。

##### (4) 回轉變流機の過速度とその保護

回轉變流機が並行運轉してゐる場合、その中の1台の交流側に短絡を生ずると、故障機の直流側には他機より電流が流入して直流電動機となり、この機の交流側は交流發電機として故障点に短絡電流を供給する。然るに短絡電流は電壓より  $90^\circ$  近く遅れた電流であるから、界磁に對して著しい減磁作用を行つて、直流電動機としての故障回轉變流機は速度は異常に上昇する。或は、直流側より起動する場合には、時として速度が定格速度より以上となる事がある。斯様な高速度は遠心力の増大を伴ひ、電機子線輪を破壊する等の危険がある。

故に、普通この遠心力の増大を利用して安全装置を設け、直流側を自動的に開路し、高速度の危険を防止する。之を限速装置と云ひ種々の構造のものがあるが、一般に軸端に取付け、軸と共に回轉する偏心錐により定格速度の 115% に應ずる遠心力によつて、之が飛出して、軸受台に取付けられた開閉器を開いて、直流回路の遮斷器を開放する。

##### (5) 回轉變流機の周波數特性

$60 \rightarrow 50$

茲では周波數が定格値より數%低下した場合について述べる。

① 速度；同期速度即ち回轉速度は、周波數の減少に應じて低下する。

$N \propto f$

② 能率；先づ鐵損が増加する。又、同一直流勵磁では力率が不良になつて銅損が増す。——直流と交流が十分に相殺しなくなるため——勵磁を増して力率を良くすると、鐵損が増加する。従つて能率は低下する。

$\eta \propto P_{in} / P_{out}$

③ 出力；回轉數が減少しても、直流電壓と交流電壓間の比は一定であるから、整流作用が容易になるだけ直流側出力は増すやうに考へられるが、一方過勵磁による鐵損の増加と、通風力低下のため出力は小さくなる。

4.6 變 壓 器

(1) 冷却方式の選定に當り考慮すべき事項

① 油入自冷式；設備が最も簡單で運轉が容易、能率が良好な事が特長であるが、冷却面積を増す爲に外函表面を波形とし、或は外函周圍に放熱管を取付けるので、重量、油量、價格及び床面積が大となる。自冷式は斯様に資材を多く要するが、保守に便利であるから、22kV 級以下の配電用變電所等に多く採用せられる。

② 水冷式；變壓器内——油の上面——に繼目なしの銅管を設け、冷却水を通するやうにしたもので、高電壓、大容量の變壓器に採用せられ、冷却水が豊富に得られる所に適する。多く發電端及び受電端の遮昇用及び遮降用變壓器等に用ひられる。但し、冷却水が止ると負荷を半減せねばならない。

③ 送油式；之は變壓器油を外部にポンプで引出し、水槽内の冷却蛇管に通するもので、一般には用ひられてゐない。然し、上記の水冷式では、變壓器内に水が漏れ、又水質が悪い時には冷却管の腐蝕及び水垢の附着等の虞れがある爲、水質の悪い所に用ひられる。

④ 送風式；變壓器の外函に風を吹きつけて、内部の油を冷却する方式で、負荷率の悪い場合に適する。即ち、60~70% 位迄の輕負荷時には自冷式として運轉し、尖頭負荷時にのみ送風する。

(2) 三相用變壓器の並列運轉可能方式と不可能方式

①並列運轉の可能な方式

|   | 低 壓 側 |   | 高 壓 側 |   |
|---|-------|---|-------|---|
|   | A     | B | A     | B |
| 1 | Δ     | Δ | Δ     | Δ |
| 2 | Y     | Y | Y     | Y |
| 3 | Δ     | Y | Δ     | Y |
| 4 | Y     | Δ | Y     | Δ |
| 5 | Δ     | Δ | Y     | Y |
| 6 | Δ     | Y | Y     | Δ |
| 7 | Y     | Y | Δ     | Δ |
| 8 | Y     | Δ | Δ     | Y |

②並列運轉の不可能な方式

|   | 低 壓 側 |   | 高 壓 側 |   |
|---|-------|---|-------|---|
|   | A     | B | A     | B |
| 1 | Δ     | Δ | Δ     | Y |
| 2 | Δ     | Δ | Y     | Δ |
| 3 | Y     | Y | Δ     | Y |
| 4 | Y     | Y | Y     | Δ |

即ち、①は並列運轉の出来る方式で、例へば Δ-Δ 接続と Δ-Δ 接続とは可能、②は出来ない方式で、例へば Δ-Δ 接続と Δ-Y 接続とは不可能である。

尚、三相バンクを並列運轉するには、①變壓比が等しい、②極數及び相回轉が一致する、③一次二次の線間電壓が同相である、④各器のインピーダンス角が同一で、インピーダンスの比が容量の逆比に等しい等の條件を必要とする。

(3) 三相用變壓器の各種結線方式とその得失

(イ) 三角形——三角形結線

〔特長〕 ①1箇の變壓器が故障すると、V 結線として 57.7% の三相電力を供給し得る。三相變壓器で外鐵型であると、故障の相を切離して之を短絡して置く。然し内鐵型であると故障の相を切離し、その回路を開いて置く。然し實際は用ひられない。②變壓器の電流は線路電流の  $1/\sqrt{3}$  であるから、大電流低電壓用に適する。③第三調波電流は三角形内を横流し、従つて第三調波電壓を生じない。④この接続の變壓器は、1箇の線路に結んで直ちに單相が得られる。

〔欠点〕 ① 變壓器の電壓は線間電壓に等しい爲、高電壓小電流用には適さない。

② 中性点を引出し得ない。この系統で中性点を得るには、接地變壓器を要する。③1バンク中の變壓器の變壓比に差があると、横流が流れる。

以上の得失がある爲、本接続法は 22kV 級以下の配電系統に用ひられる。

(ロ) 星形——星形接続

〔特長〕 ①中性点を有し、その接地並に三相4線式配電が可能である。②變壓器の電壓は線間電壓の  $1/\sqrt{3}$  であるから、高電壓小電流用に適する。③1バンクの變壓器群の變壓比が相違しても、横流が流れない。

〔欠点〕 ①中性点の電位が不安定である。②1線と中性点間に第三調波電壓が現れる。中性点を接地すると、この第三調波電壓によつて充電電流が流れ、附近の弱電線に通信障害を與へる。③1箇の



變壓器が故障すると、三相電力を供給できない。④中性点と1線間には負荷し得ない。⑤単相用變壓器を流用すると、電圧が定格電圧の $1/\sqrt{3}$ になつて都合が悪い。

本結線法は、以上のやうな欠点があるため、実際には殆んど用ひられない。

#### (ハ) 三角形—星形、又は星形—三角形結線

〔特長〕 ①星形側は中性点が得られる。②星形側中性点の電位は三角形側の作用により安定である。③第三調波電流は三角形結線を環流して外部に現れない。④各器の勵磁電流、變壓比、インピーダンス等の相違は、三角形回路内に流れる僅かの勵磁電流によつて調整される。

〔欠点〕 ①1箇の變壓器が故障すると、三相變成が行はれない。

三角形—星形は遞昇用に、星形—三角形は遞降用に用ひて有利で、送電線の送電端又は受電端に用ひられる。又、前者は三相4線式配電にも採用される。

#### (ニ) V—V 結線

〔特長〕 ①単相變壓器2箇でよい。

〔欠点〕 ①容量の利用率が86.6%で、不經濟である。②平衡負荷でも端子電圧が不同になる。③變壓器の靜電容量のため、各線が靜電的に不平衡となる。配電線に於て、柱上に多くの變壓器を設け難い場合に用ひられる。

#### (ホ) T—T 結線

〔特長〕 ①變壓器が2箇でよい。②主座變壓器とT座變壓器の接続点より中性点を引出し得る。③三相回路より二相が得られる。

〔欠点〕 ①容量の利用率は、V結線と同じく86.6%である。②電圧變動率、能率が劣る。

本方式は、三相回路から電源に不平衡を與へないで單相を得る方法として、電氣爐用電源等に用ひられる。

#### (ヘ) Y—千鳥結線

〔特長〕 ①中性点を接地できる。②千鳥側に於て、各巻線に第三調波電圧を含んでも、中性点と各線間電圧には第三調波電圧が現れ

ない。③中性点の電位が安定である。④千鳥形を星形に切換へると變壓比が變へられる。

〔欠点〕 ①星形—星形結線よりも所要銅量が約15%大きく、電圧變動率及び能率がやゝ劣る。

#### (4) 特別高壓用套管の種類と得失

① 單層套管；磁器圓筒に導体を貫通させたもので、3.3kV級以下に用ひられる。之を高電圧に使用すると、導体と套管との間隙に局部放電を生ずるため、套管の内面に導電塗料を施して、之を防ぐ。

② 多層套管；徑の異なる幾つかの磁器圓筒を重ねて、セメントで密着したもので、單層套管よりも大きいものが容易に作られる。但し、使用電圧は①②とも66kV級迄である。

③ 混和物充填套管；磁器套管を導体より大きくして、その間に絶縁混和物を充填したものである。導体と套管の間隙を無くして局部放電が防がれるが、外氣温度の上下によつて、充填物が膨脹收縮し、内部に小間隙を生じて、絶縁物が劣化する欠点がある。

④ 油充填套管；導体と磁器套管の間に絶縁油を満したもので、油の膨脹收縮に對しては、套管の上端に小油室を設け、その小孔より空氣を出入させて之に應ずる。従つて、③のやうな欠点がなく、又、容易に油を取替へることが出来る。尙、中央の接地支持部と外殼との間に電氣力線が密集してコロナが出るのを防ぐため、均壓環と稱する接地金屬環を外殼内面に近く設けてゐる。

③④とも22kV級以上の套管として廣く用ひられてゐる。

⑥ 蓄電器套管；圓形導体の周圍に、絶縁紙と金屬箔を交互に巻いて作つたもので、屋内用のものは外側をテープで巻き、屋外用のものは磁器圓筒内に入れて使用する。各金屬箔の長さを調整して、隣接箔間の靜電容量を等しくすると、絶縁物の半徑方向にかゝる電位傾度が均等になり、絶縁物が薄くて高電圧に耐へるものが出来る22kV級以上のものに廣く用ひられてゐる。

#### (5) 變壓器の突入電流、(過渡電流又は起動電流)

無負荷の變壓器に定格電圧を加へた時、一時過大電流が流入する事がある。之を突入電流と云ふ。次にその理由を述べる。變壓器が

停止した時、鐵心内に  $\phi_1$  の残留磁氣があるとする。然して、開閉器を閉じた時の電壓の瞬時値が最大値  $e_m$  であると、この  $e_m$  に平衡する逆起電力を誘導するために磁束が  $\phi_m$  だけ増加せねばならない。従つて合成磁束は  $\phi_1 + \phi_m$  となり、鐵心の常時の最大磁束密度が高いと、磁氣飽和の爲に過大な勵磁電流  $I_m$  が流入する事がある。開閉器を閉じた時の電壓の瞬時値が  $e_m$  より小さいと、 $I_m$  も小さくなり、瞬時電壓が零の時には全く過渡電流を生じない。尙之を軽減するには、鐵心の最大磁束密度を小さくし、二次側に負荷をつなぐか、又は一次側に抵抗を直列にして開閉器を閉じる。

(6) 仕様書の記載事項

變壓器を購入等する場合、仕様書に記載すべき事項は、

- ①使用目的——配電用、發變電所用、電氣爐用、整流器用等の別
- ②箇數、③使用状態——屋内用、屋外用の別、高温度又は低温度、塵埃多き場所等で使用するもの等はその旨を記載——④冷却方法による型式の種類——油入自冷式、油入水冷式、油入送油式、油入送風式等の別——⑤相數、⑥定格の種類——連續定格、短時間定格、短時間負荷連續定格、公稱定格等の別——⑦定格事項——出力、定格、タップ電壓、周波數、力率、最高回路電壓等——⑧温度上昇——通常標準規程による——⑨絶縁耐力、⑩タップの切換方法、⑪結線方式、⑫特別端子引出に関する事項、⑬變壓器油、⑭並列運轉をなす場合は既設變壓器の定格及び性能、⑮性能、⑯附屬品及び豫備品、⑰銘板記載事項、⑱納入試験事項、⑲運搬條件及び納入場所、⑳許容最大寸法及び重量、㉑納期、㉒代金支拂方法など。

(7) 變壓器の Z 規定

之は變壓器の銅、鐵等の資材を節約するため、變壓器の常規使用温度に關して次のやうに定められた規定である。

| 分 類     | 測 温 点 | 温度測定法 | 舊規定  | Z 規定 |
|---------|-------|-------|------|------|
| 周 圍 温 度 | 空 氣   |       | 40°C | 30°C |
|         | 水     |       | 25   | 25   |

|       |          |      |    |    |
|-------|----------|------|----|----|
| 油入自冷式 | 卷線の温度上昇値 | 抵抗法  | 55 | 65 |
| 油入水冷式 |          |      | 55 | 70 |
| 油入送油式 | (温度の上昇値) | 温度計法 | 50 | 55 |
| 油     |          |      |    |    |

(8) 周波數特性

茲では定格周波數 50~ のものを 60~ に使用する場合について述べる。但し、電壓は定格値に保つものとする。

① 鐵損；ヒステリシス損は、電壓の 2 乗に比例するのみで、周波數には無關係である。渦流損は周波數の 0.6 乗に反比例するから  $(\frac{5}{6})^{0.6} = (1 - \frac{1}{6} \times 0.6) = 0.9$  倍に減ずる。

② 勵磁電流；鐵心の最大磁束密度  $B_m$  は

$$B_m = \frac{E_1}{4.44 f n_1 A} \times 10^8 = k \frac{E_1}{f}$$

A……鐵心の斷面積  
n<sub>1</sub>……一次巻數 k……常數

即ち、周波數  $f$  に反比例し、 $\frac{5}{6}$  に減少するから、勵磁電流は小さくなる。

③ 銅損；勵磁電流が小さくなる爲、銅損は幾分減少する。但しその値は僅小である。

④ 最大能率の負荷；銅損 = 鐵損 の時に最大能率となるから、鐵損が減少すると、最大能率の点は輕負荷の方に移る。

⑤ 電壓變動率；磁束密度が増すと漏洩磁束が増し、漏洩リアクタンスが大きくなつて、電壓變動率が增大する。

斯様に、50~ 定格のものはその儘 60~ に流用できる。次に、60~ 定格のものを 50~ に使用する場合は上記の反對であるが、鐵心の磁束密度が高く設計されたものでは、磁束密度が 1.2 倍にもなると、勵磁電流が著しく増大して、實用できないやうなものもある。又たとへ使用できても、許容出力は遙かに小さくなる。

(9) 衝擊電壓試験の目的

最近、高電壓の電力用變壓器に、衝擊電壓試験が行はれてゐる。その目的は、

① 高電壓の電力用變壓器は、雷等による異常電壓を受ける機會

が多いこと。

② 衝撃電圧を加へた時の變壓器巻線各部の電圧分布は、商用周波数による分布とは著しく異つてゐること。

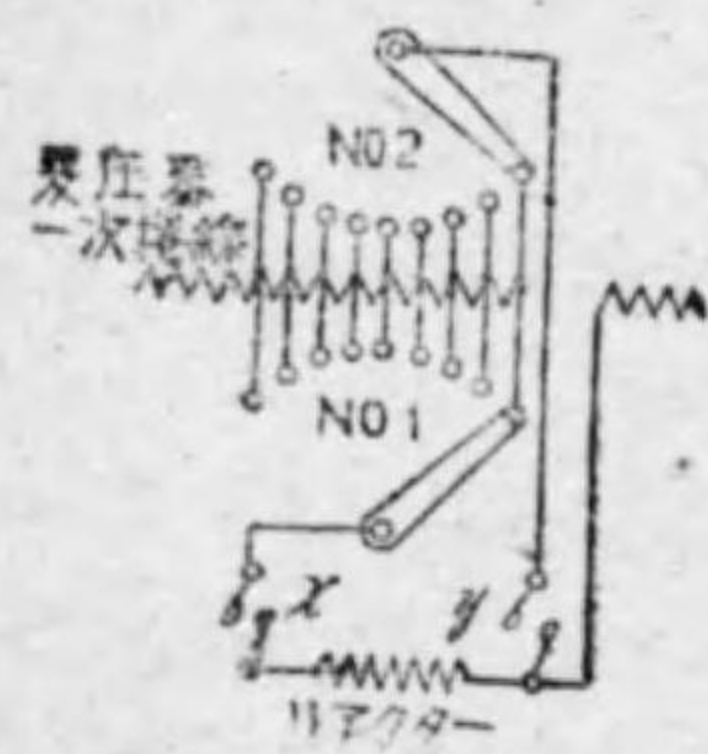
③ 衝撃電圧に対する絶縁物の絶縁強度は、商用周波数に対する値とは相當に異なること。

等で、人工的に衝撃電圧を發生して——その波形は 1.3 の (9) で述べたやうな單方向性のもの——變壓器に加へる。

### 4.7 特殊變壓器

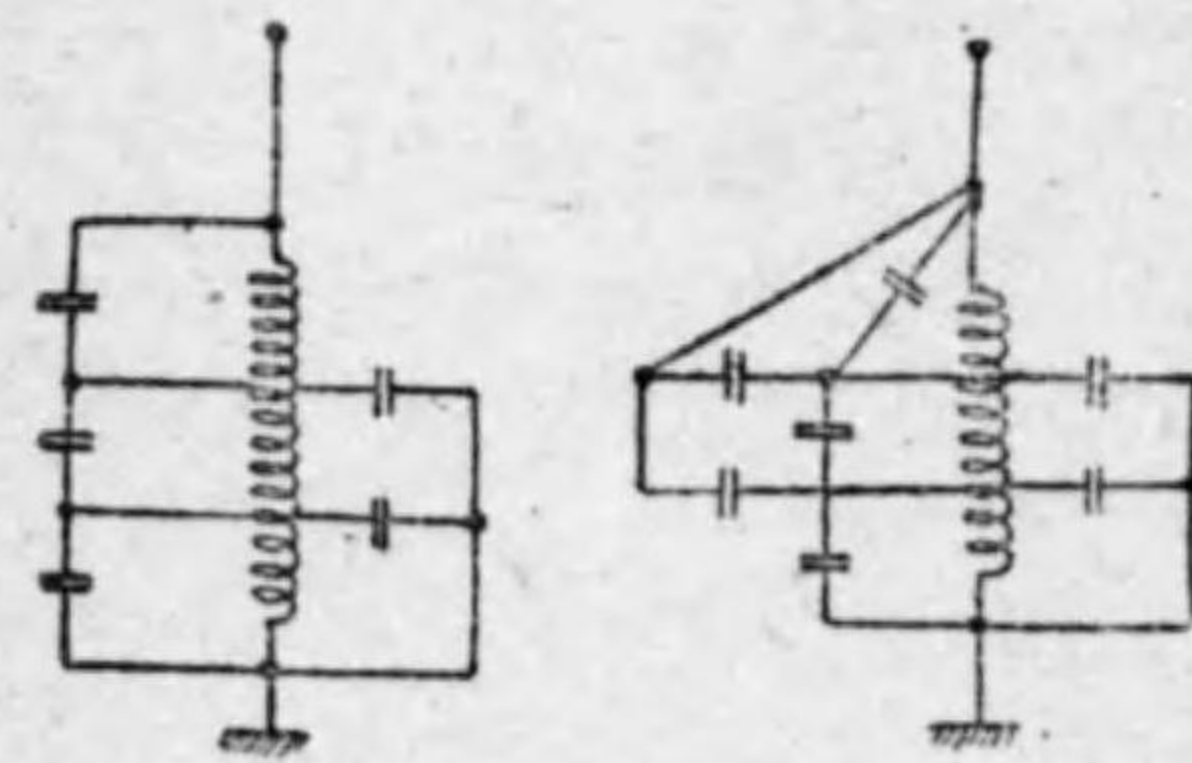
#### (1) 負荷時調整變壓器

普通の變壓器のタップ切換へは、停電して行ふが、この變壓器は負荷のかゝつた儘でタップが切換へられるやうになつてゐる。



負荷時調整變壓器

圖は並列區分式の原理を示したもので常時は同一のタップにて、油入遮斷器 x 及 y を夫々閉ちて使用し、負荷電流を分擔してゐる。タップを切換へるには、① x を開きタップ切換器 No.1 を 1 タップ移す。② x を閉ちる——タップ間の電圧による短絡電流は、リアクターで制限する——③ y を開きタップ切換器 No.2 を 1 タップ移す。④ y を閉ちて切換操作を終る。その他にも種々の方式がある。



變壓器の等価回路

(左)…普通變壓器

(右)…非共振變壓器

#### (2) 非共振變壓器

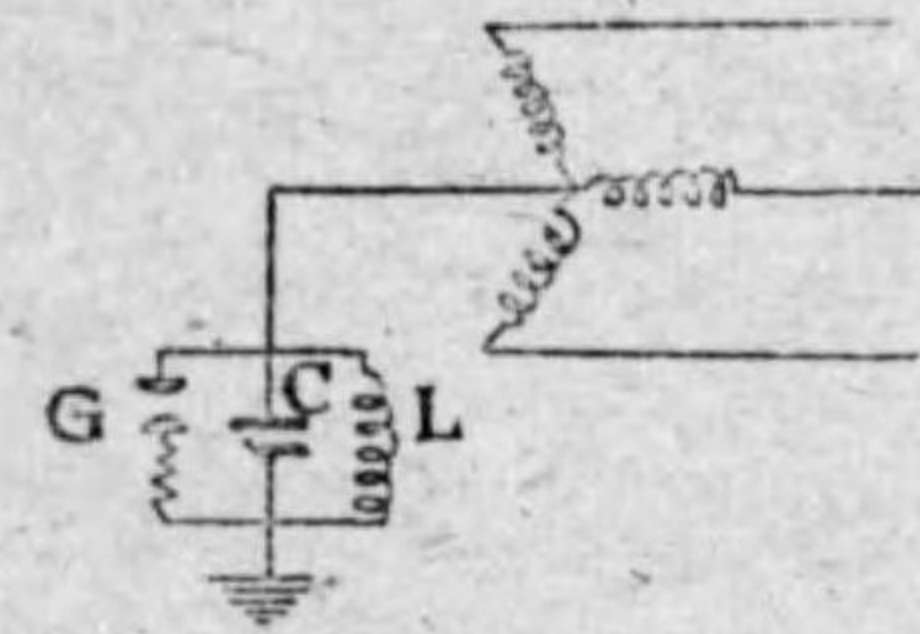
商用周波数に対する變壓器巻線内の電圧分布は、主に分布インダクタンス L によつて定まり、大体に直線的である。然るに、波形の急峻な衝撃電圧に対する巻線の電圧分布は、主に分布静電容量 C によつて定

まる。この C は上圖のやうに分布してゐるから、衝撃電圧の分布は著しく不平等になつて、新路側の巻線程、大きい電位傾度を受ける。又、この異常電圧による電位分布より常時の電位分布に移る際巻線内で電位の振動が生じて、絶縁を破壊する虞れがある。

そこで巻線の各部に對し適當な静電容量を持つ金屬遮蔽板を設け之を線路側に結んで、兩電圧による電位分布が一致するやうにする之が非共振變壓器の原理である。

#### (3) 段絶縁とインピーダ

非共振變壓器では、巻線内部の電位が中性点に向ふ程常に低くなるから、巻線の對地絶縁は、各部一様に施すことを要せず、中性点に近い程遞減してよい。斯様な絶縁方法を段絶縁と云ふ。



インピーダ

但し、以上は中性点が直接接地の場合であつて、我國のやうに高抵抗、又はリアクタンスでない接地を許されぬ場合には、様子が全く異なる。従つてこの場合には、接地用の高抵抗又はリアクタンスと並列に蓄電器、及び特殊放電間隙をつないで、異常電圧が加つた

時のみ 接地状態に保つ。之をインピーダ—又はインピードルと云ふ

#### (4) アルミ巻線變壓器

アルミニウムの固有抵抗は、銅の約 160% であるから、損失を同一とする爲には、電流を  $1.6 = (1/0.8)^2$  即ち、約 80% に減少せねばならない。従つて出力も 80% に低下する。次に同一定格——60/10kV、三相、60 $\omega$ 、25,000kVA——の變壓器に就て、アルミ變壓器と銅變壓器を比較すると、次のやうになる。

① 電氣的特性； ①損失が約 20% 大きい。②リアクタンスが約 20% 小さい。③勵磁電流が約 25% 大きい。④能率が 0.1~0.5% 低い。⑤過負荷耐量に耐へる時間が短い。

② 資材； ①鐵心重量及び油量が約 20% 大きい。② 導体重量は約 35% になる。

## (5) 水銀整流器用變壓器の具備條件と構造上の特長

先づ具備條件としては、逆弧時に流れる過大不平衡電流による機械力に耐へること、水銀弧光の不安定による異常電圧に耐へること、各陽極電流が平衡するやうな線輪配置であること等である。次に、構造上の要点を述べると、次の如くである。

- ① 太い電線を使用し、圓形線輪にして電磁力に最もよく耐へるようにする。
- ② 二次線輪はその儘引出し、ハンダ接続の箇所をなくする。
- ③ 線輪の配置法を適當にして、各部に作用する機械力を最小にする。
- ④ 線輪の支持方法を堅固にする。又絶縁強度を十分にするなど

## (6) 試験用變壓器の電壓調整方法

試験用變壓器の一次電壓を調整する場合には、一次及び二次端子電壓の波形が歪まない——高調波分を含まない——やうにする。一般に用ひられる方法は、

- ① 正弦波發電機を用ひ、その界磁を調整する。最も理想的であるが、設備費が嵩む。
- ② 誘導電壓調整器を用ふる。①に次ぐ良法で、廣く用ひられる。但し、溝の影響で高調波を生ずる事がある故注意を要する。
- ③ タップ付可減變壓器を用ふる。電壓の變化が階段的となる欠点がある。
- ④ 加減變壓器の二次側に數箇のタップを設け、タップ間の電壓に相當する電壓調整範囲を有する小型誘導電壓調整器を置く。又は電壓調整器の代りに、摺觸型の抵抗分壓器を使用する。
- ⑤ 變壓器の一次側に可變抵抗を直列にする。本方法では、變壓器に加はる電壓が、電源電壓より歪波の勵磁電流による抵抗降下を差引いたものとなるため、抵抗降下の割合を増大すると、加電壓即ち二次電壓の波形の歪みが著しくなる。

## (7) 絶縁破壊試験を行ふに當り考慮すべき事項

本試験は絶縁の極限の強さを知るのが目的であつて、試料につい

て行ふのが普通である。然し碍子の如くに大量取引を行ひ、1箇の價格の安いものは、之を製品について行ふことがある。

普通は試料を絶縁油に浸して、適當な電極で挟み、之に電壓を加へるのであるが、多くの場合は油中コロナ放電を發生して、早く絶縁が破れる。従つて、精確に破壊電壓が定められないが、現在、之に代るべき良法がないので用ひられてゐる。

絶縁破壊試験を行ふ場合、電壓は適當な値に上昇させ、それから一定の割合で電壓を上げて破壊させるのが普通である。然し目的によつては、電壓を階段的に上げる事もある。

試験を行ふに當り注意すべき事項は、

- ① 試料及び電極を圍繞する媒質は、破壊電壓値に對し影響が最も大きいから、その選定に注意する。
- ② 試料及び電極の形状、寸法等を適當に選び、なるべく媒質中にコロナ放電を發生しないやうに努める。
- ③ 電極と試料との接觸面には特に注意する。

絶縁油に對しても絶縁耐力試験が一般に行はれるが、その目的は品質の良否を判別するのではなく、油中にある水分の多少を知る方便として行ふのである。従つて、絶縁耐力が低いと、之を乾燥してから試験を行ひ、その結果によつて乾燥の程度を推知する。之は電氣機器の乾燥で、その絶縁抵抗が乾燥程度の目安となるのと同様である。

## 4.8 誘 導 機 器

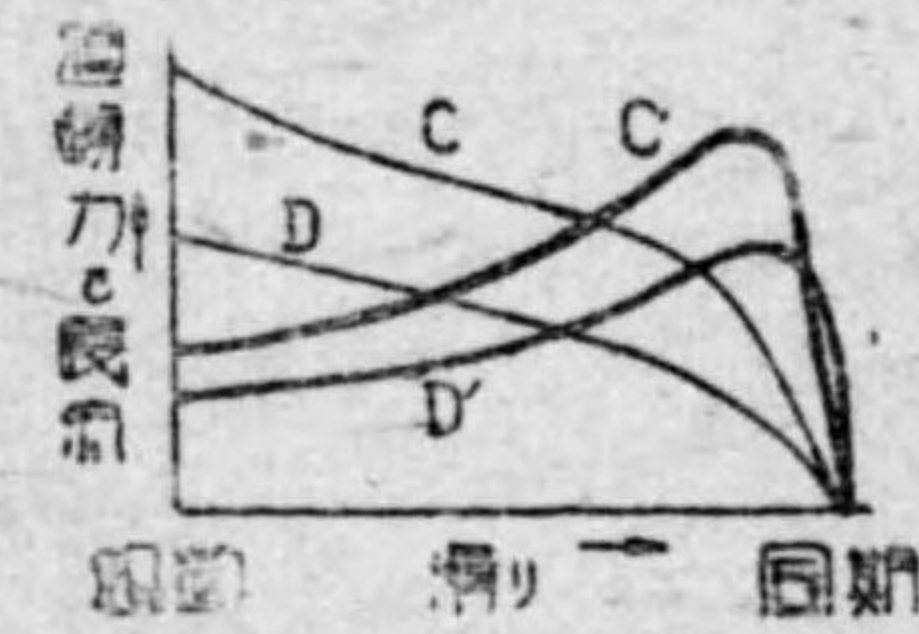
## (1) 直入電動機

小型の籠形誘導電動機は、その儘全電壓を加へて起動しても、起動電流は左程でないが、大型電動機になると、過大電流が流入して全電壓起動が困難になる。そこで特別に工夫して、起動電流を小さくし、直接起動が出来るやうにしたものを直入電動機と云ふ。之には次のやうな種類がある。

- ① 高抵抗型； 固定子の巻線回數を増して、磁束數を減少させたもので、起動電流は、略々固定子巻線數の平方根に逆比例して減少

する。然し同時に起動回轉力が減少するため、回轉子の抵抗を高めてゐる。

② 高リアクタンス型；之には二重籠形と深溝型がある。前者は回轉子鐵心に深淺2つの溝を設けて、2組の籠形を使用し、後者は溝を深くして扁平導体を入れたものである。何れも深部の導体程リア



誘導電動機の特性格線

クタンスが大きい爲め、起動時には電流が主に表面を流れて、回轉子導体の有効斷面積が減少したやうに作用し、起動電流が制限される。

その特性を比較すると左圖の如くで、C 及 C' は普通籠形の電流及び回轉力特性曲線、D 及 D' は二重籠形の電流及び回轉力曲線である。

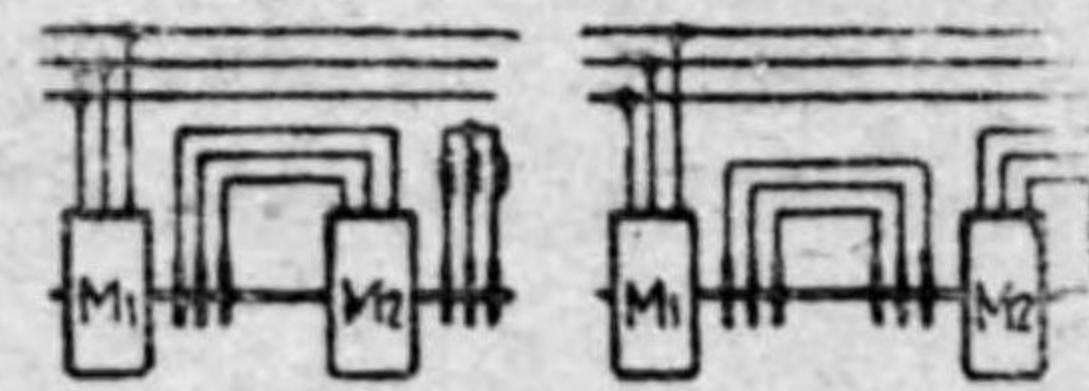
(2) 三相誘導電動機の各種速度制御法

① 抵抗法； 巻線型電動機

の回轉子に抵抗を挿入して、速度を制御する。簡便であるが、二次抵抗損のため能率が悪い。起重機、巻揚機等に用ひられる。

② 周波數變換法； 電源の周波數を變化して、電動機の同期速度を變へる。電動機に専用の發電機を有する船舶の電氣推進用等に用ひられる。

③ 極數變換法； この方法には2種がある。即ち、同一巻線にて接續法を變へる方法と、異つた極數の巻線を同一鐵心に夫々獨立して捲く方法がある。本方法は籠形電動機に對しては、固定子のみを切換へるとよいが、巻線型電動機に對しては、回轉子も同時に切換へねばならぬため不便である。



直列接續法

④ 直列接續法； 2台の電動機を機械的に直結して、圖のやうに接續する方法である——2台以上の場合も、同要領につなぐ——今電源の周波數を  $f$ 、

$M_1$  機の極數を  $P_1$ 、 $M_2$  機の極數を  $P_2$  とすると、無負荷時の回轉數は、

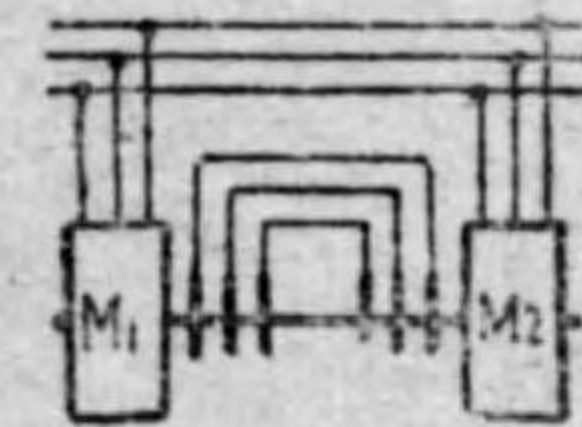
$M_1, M_2$  の相廻轉が同方向の時

$$(イ) \dots \frac{120f}{P_1 + P_2} \quad (ロ) \dots \frac{120f}{P_1 - P_2}$$

$M_1, M_2$  の相廻轉が逆方向の時

$$(イ) \dots \frac{120f}{P_1 - P_2} \quad (ロ) \dots \frac{120f}{P_1 + P_2}$$

この場合の同期速度は、上式のやうに、2つの電動機の極數の和又は差に等しい極數に對する同期速度となり、負荷をかけると、滑りを生じて之より少し低い速度で運轉する。

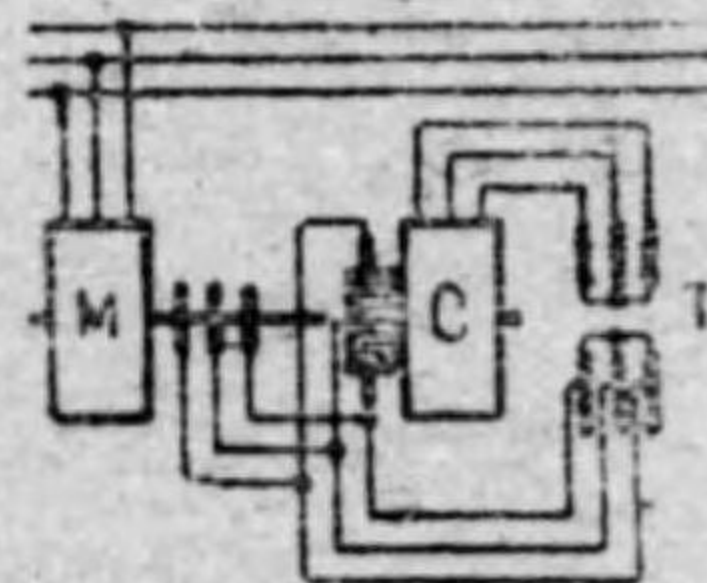


並列接續法

⑤ 並列接續法； 圖のやうに、各電動機の一次側及び二次側を、夫々並列に接續する方法である。 $M_1, M_2$  の回轉磁界が同方向で、各回轉子の相廻轉が反對方向であると同期電動機にやうに不變速度で運轉する。その速度は、

並列接續の回轉數  $\dots \frac{2 \times 120f}{P_1 + P_2}$  となる

⑥ 整流子電動機と組合せる方法； 圖はクレーマー方式を示したもので、 $M$  は主電動機、 $C$  は整流子電動機、 $T$  は可變比變壓器である。



整流子電動機と組合せる方法

$T$  のタップを調整して  $C$  の誘起電壓を加減すると、 $M$  の速度が制御できる。即ち、 $C$  の誘起電壓を増加すると、 $M$  の回轉子速度が減少する。 $C$  の電氣的入力は機械的出力となり、 $M$  の機械的出力に加はる。然して、 $C$  の機械的出力は、その誘起電壓に正比例するから、 $C$  の出力は速度の減少するに従つて増加する。換言すれば、この装置の全回轉力は、速度減少と共に増加するから、各種速度に對し、常に一次入力に相當する一定出力を

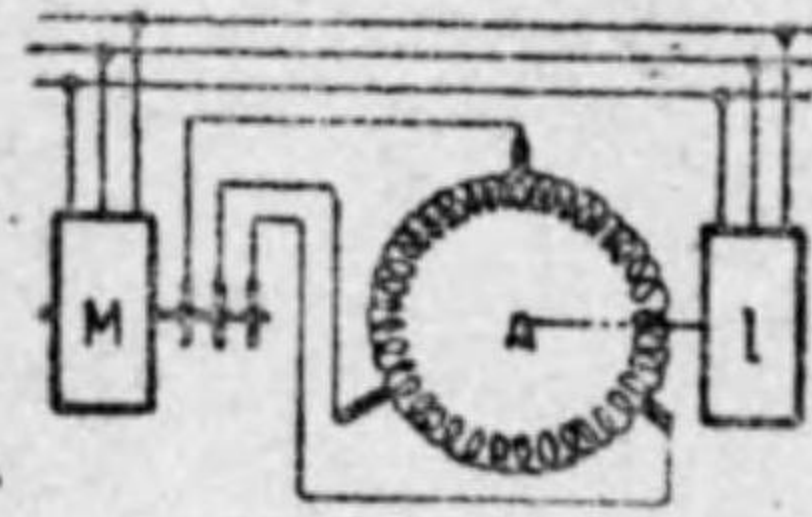
出す定出力電動機となる。この方法は、C の整流の困難なため普通は 30% 以上の速度制御が難しい。

⑥ その他；回轉變流機と組合せ、或は整流子型周波数変換機と組合して二次勵磁を行つたり、一次固定子を外部から回轉する等の種々な方式がある。

(3) 三相誘導電動機の力率改善方法

誘導電動機の一次力率が悪いのは、電圧より 90° 近く遅れた勵磁電流の割合が相當に大きく、之を一次電源回路から供給するためである。扱て、力率の改善方法として、最近では電力用蓄電器の使用が盛んであるが、茲では勵磁電流を二次回路より供給する方法について述べる。即ち、二次回路は周波数が低いため、それだけ無効電力が小さくなり——無効電力は  $Q=2\pi fLI^2$  で表されるため——従つて、二次勵磁機も小型になる。この二次回路に勵磁電流を送る機械を進相機と云ふ。自動式と他勵式に大別される。

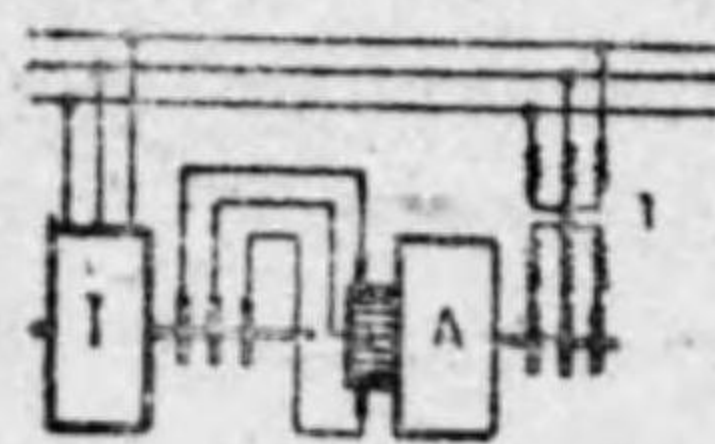
① 自動式；誘導電動機二次回路の電流又は電圧によつて、進相機



自動式

機の界磁束を勵磁するものである。圖はセルビヤス進相機を用ひた方式で、進相機 A は直流發電機と同様な電機子を有し、固定子のないものは導体が密閉溝内に入れられ、固定子があつても單に鐵心のみである。整流子には、三相の場合は 120° 宛隔てた刷子が配置され、之が誘導電動機の二次回路に結ばれる。然して、電動機 I により進相機をその回轉磁界と同方向に、之より速い速度で回轉すると、進相機には二次電流より 90° 進んだ起電力が誘起され、M の力率が改善される。

② 他勵式；之は誘導電動機の二次電流又は二次電圧以外の性質

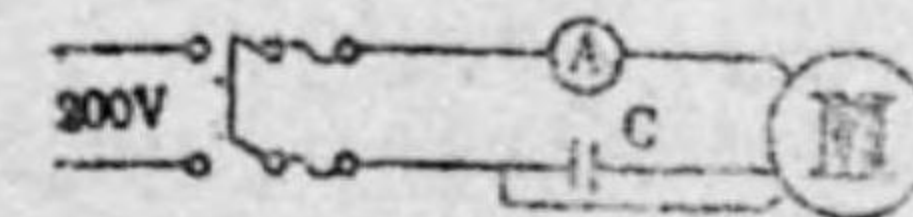


他勵式

を有する或る定電圧によつて勵磁された進相機である。その一例を示すと圖の如くで、進相機 A は電源より變壓器 T を經て勵磁され、進相機の整流子側を電動機 I に結ぶ。然して、整流子上の刷

子の位置を移動して、I の二次に加へる電壓の位相を變へて力率を改善する。今 I を無負荷とし、二次勵磁電流を十分に強くすると、I の一次には進電流が流入するやうにする。之が非同期進相機である。

(4) 三相誘導電動機の單相運轉



蓄電器分相法

種々の方式があるが、圖は蓄電器を使用して、固定子巻線に不平衡三相電流を通ずる方法である。

蓄電器の容量は、電動機の定格電流の 1.2 倍位を通ずる値とする。起動トルクが小さい爲、電圧は定格値より 5~10% 位高い方がよい。運轉特性は力率が 95~100%、能率は三相の場合より 5% 位低く、滑りは 65% 負荷で三相運轉と同様になる。單相運轉の得失は

| 特 長                                         | 缺 点                                  |
|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| ① 電源が得易く、便利である。                             | ① 起動トルクが小さい。                         |
| ② 柱上變壓器が 1 箇でよい。                            | ② 過負荷が出来ず、急激な負荷はかけられない。              |
| ③ 引込線、屋内配線が 2 線でよい。                         | ③ 電動機の 1 相には、當時全負荷以上の電流が流れ、溫度上昇が大きい。 |
| ④ 單相電動機には 0.5H.P 級迄しかないが、本方法では 5H.P 級迄使はれる。 |                                      |

(5) 周波数特性

茲では 50~ 定格のものを 60~ に使用した場合について述べる

- ① 速度；同期速度が 20% 増加し、速度が上昇する。
- ② 勵磁電流；界磁束は (5/6) 倍に減少し、勵磁電流従つて無負荷電流が減ずる。
- ③ 能率；鐵損及び銅損は減少するが、速度増加のため機械損が増加する。一般には前者の方が減少率が大で、能率は向上する。
- ④ 力率；勵磁電流の減少のため力率は良好となる。
- ⑤ トルク；トルクは周波数及びリアクタンスに夫々反比例するため、この場合は減少する。

⑥ 出力；出力はリアクタンスに反比例するので、運轉中で滑りの小さい時には、余り影響がない。

周波数の低下した場合は、上記の反對を考えるとよい。

#### (6) 三相誘導電動機の故障とその原因

① 起動不能；線路特にヒューズの1線断線、供給電圧の不平衡、巻線の断線、起動器の故障、起動電流による電壓降下の過大軸受の油不足等に注意する。

② 廻轉数の著しく低下する時；巻線型では滑動環の短絡装置が完全でなく、回轉子が単相になると、約50%の廻轉數で運轉する。籠形では導体と短絡環の接觸不良に注意する。又、供給電圧の不足、線路の1線断線等も原因となる。

③ 過熱；過負荷、巻線の短絡、回轉子巻線の短絡又は断線、軸受の摩滅、据付の不良、空隙の不同、調帶の緊張、塵埃の附着等を点検する。

④ 集電環の摩滅；刷子と集電環の接觸不良による火花の發生、刷子の不適當等による。

#### (7) アルミ籠形回轉子

誘導電動機の籠形回轉子に用ふる銅材の節約のため、アルミニウムで代用したもので、その製法の主なものを述べると、

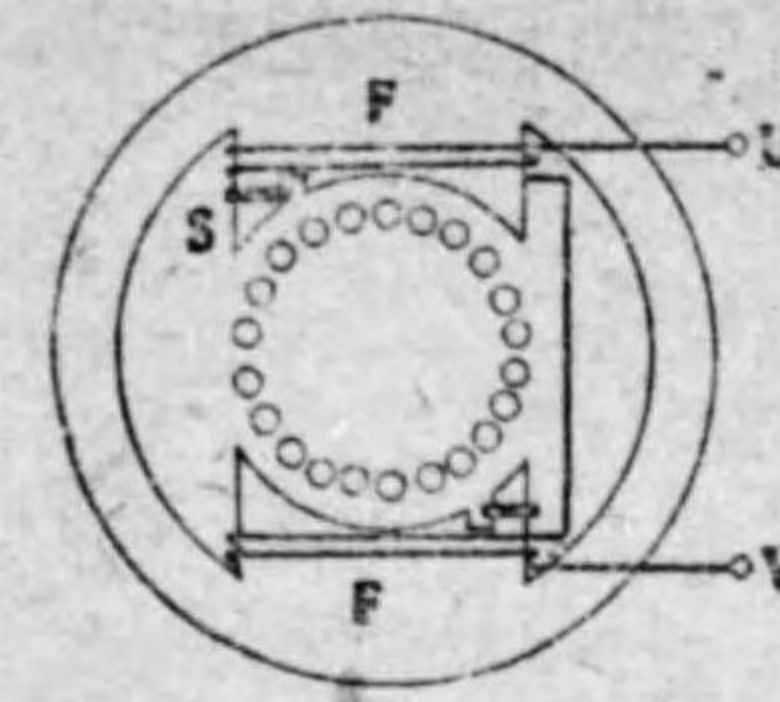
① ダイキャスト法；熔融したアルミニウムをダイキャスト機によつて、回轉子溝及び短絡環の鑄型に高圧力で押込む。出来上りが美しく、多量生産に適する。

② 金型鑄物法；回轉子溝の兩端へ短絡環用の金型をあて、之に熔融したアルミニウムを注入して籠形回轉子を鑄造する。製法が簡單である。

アルミ籠形回轉子は、銅籠形回轉子に較べて、回轉子の電力損失が大きく、多少能率が劣るが、諸特性の低下は僅かである。

#### (8) 单相電動機の起動方式

① 分相起動法；一次巻線の外に別に起動巻線を設け、抵抗及びリアクタンスによつて兩巻線に略々 $90^\circ$ 相差のある電流を通じ、回轉磁界を作つて起動トルクを發生させる。尙、蓄電器によつて、起



限取線輪起動法  
反撥起動法等もある。

動巻線の電流を $90^\circ$ 近く進相としたものを蓄電器分相型と云ふ。

② 限取線輪起動法；固定子磁極の一部を分割して、之に太い銅環——限取線輪——をはめると、こゝに移動磁界を生じて、トルクを發生する。

その他にモノサイクリック起動法、反

## 49 水 銀 整 流 器

### (1) 水銀整流器内の電壓降下

之は陰極と陽極間に於ける弧光の電壓降下にして、大別すると、陰極に於ける電壓降下、弧光通路中の電壓降下、陽極に於ける電壓降下の3つになる。前者は約9Vで一定であり、後2者は電流、真空度、溫度及び構造等によつて多少は異なるが、總電壓降下は大體に20~25V位である。

### (2) 格子制御

水銀整流器の格子に大きい負電位を與へると、陽極が正電位でも陰極よりの熱電子を反撥して点弧しない。次に負電位を減少する——零電位に近づける——と、ある負電位で点弧する。斯様に格子に加へた負電位を増減して、交流の1サイクル毎の点弧の瞬時を變へると、直流側の平均電壓が變へられる。之を格子制御と云ふ。或は電弧電流が小さいと、格子の負電位を急増して消弧することも可能であり、又、格子を設けると逆弧の防止にも役立つ。

### (3) 逆 弧

水銀整流器は、常時、陽極より陰極に向つてのみ電流が流れ、反對方向には電流を通じない。之は陰極の水銀よりは容易に熱電子を放出するが、陽極は鐵製で、且つ溫度を低く保つため、電子が放出し難いためである。然るに陽極に不純物が附着し、或は水銀整流器を過負荷して陽極が高溫度になると、陽極より容易に熱電子を放出して、整流作用——瓣作用——が失はれる事がある。之を水銀整

流器の逆弧と云ふ。この時、過大電流が流れて陽極等を損傷する虞れがあるから、直ちに遮断器で回路を開く。

(4) 周波数特性

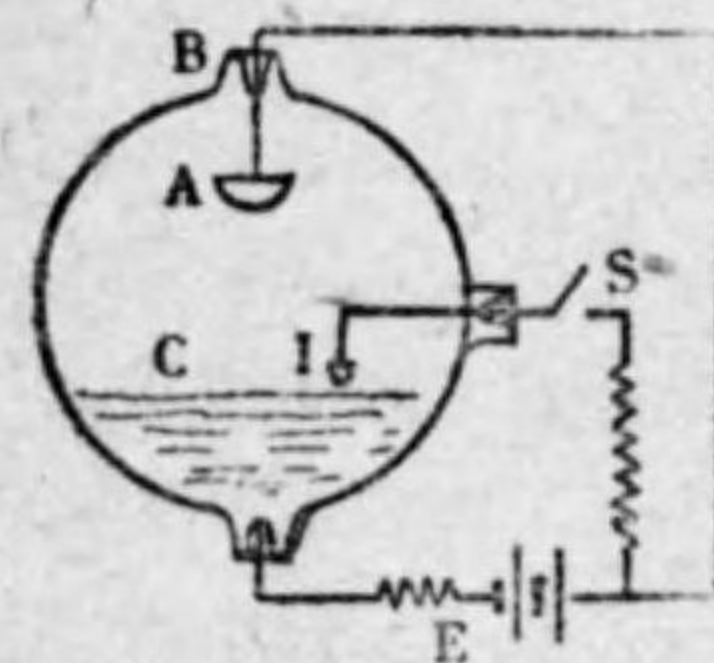
茲では、周波数が定格値より数%低下した場合について考へる。

① 能率； 變壓器と切離して考へると、弧光による電壓降下及び損失は負荷電流が一定であれば殆んど變化がなく、能率にも余り影響がない。

② 出力； 直接的には影響はないが、真空ポンプの回轉数が低下して真空度が下り、運轉が不安定となるので出力が減退する。次に變壓器と併せて考へるに、變壓器の銅損及び鐵損が増加して出力が減少するため、この点より制限を受けるやうになる。

③ その他； 直流側の高調波が濾波器の各共振周波数より外れるため、直流側の高調波分が増加して、附近の通信線に對する誘導障害が増す。

(5) イグニトロン (單極水銀放電管)



イグニトロン

圖のやうな構造で、真空のガラス管 B 内に陽極 A、水銀陰極 C 及び点弧子 I を設けてゐる。今開閉器 S を入れると、I と S の接觸面に小さい火花を發生して、水銀蒸氣と熱電子を放出する。従つて、A がある値以上の正電位であると、AC 間に主放電を誘發する。

次に、AC 間に交流電壓を加へた場合、交流の正波毎に上記の操作を行ふと——例へば I に周期的に衝撃電壓を加へて、電氣的に同様の效果を與へる——操作の瞬時によつて、点弧の位相が變化でき AC 間に流れる平均電流を自由に變へ得る。

(6) 交直變成装置の種類

各種の用途に對し、之に適當な交直變成装置の種類を挙げると、

① 3000V. 數百 kW 級の電力； 高電壓であるから、回轉變流機よりも水銀整流器の方が能率が良い。但し、後者は大電流に對し製作が困難である。

② 100kV 級の耐壓試験用電源； 絶縁試験用であるから電流が小さく、且つ短時間定格でよいから、ケノトロン整流管が適する。

③ 50kV 級の收塵用電源； 電氣收塵装置——コツトレル式——に用ふるもので、機械整流器が採用される。之は②よりも連続定格に耐へ、寿命が長くて運轉維持が容易である。

④ 500V, 8000A 程度の電氣分解用電源； 比較的到低電壓、大電流であるから、水銀整流器よりも回轉變流機の方が能率が良い。

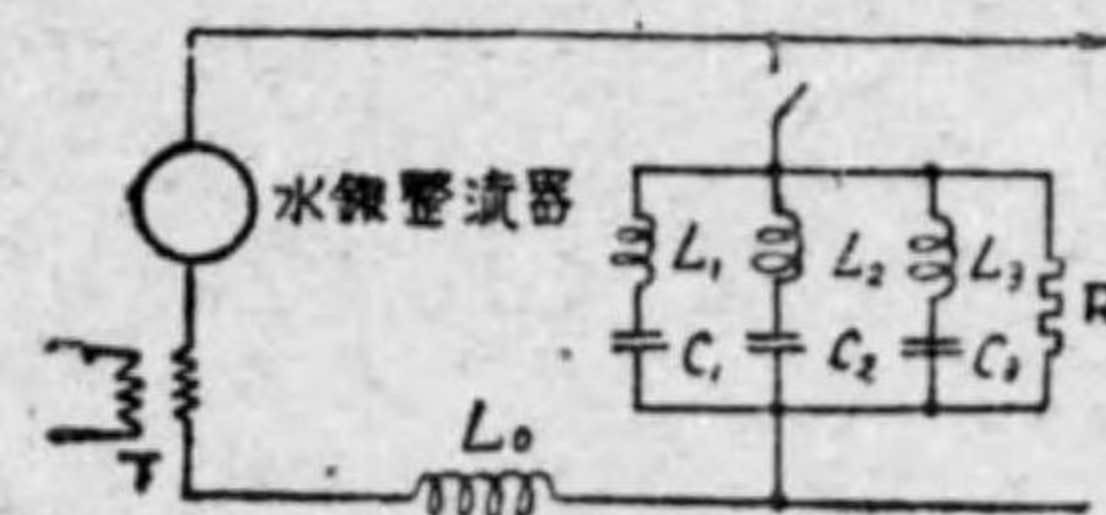
⑤ 100AH 程度の蓄電池充電用電源； 酸化銅又はセレン整流器を用ふる。之は取扱が簡單で寿命が良く、能率力率共に良好である。尙タンガ整流管も用ひられる。

4.1 そ の 他

(1) 電力用蓄電器の用途

① 力率改善用； 配電線の受電端等に負荷と並列に蓄電器を取付けて、配電線より發電所迄の力率を改善するのに用ふる。その結果、線路電流が小さくなつて線路損失が減少し、送電電力が増加する。又、特別高壓送電線の受電端に於て、同期又は非同期進相機の代りに蓄電器を用ひ、力率改善と電壓調整を行ふこともある。尙、同期進相機と蓄電器の得失を比較すると、次のやうになる。

| 同期進相機の利点                          | 蓄電器の利点                                     |
|-----------------------------------|--------------------------------------------|
| ① 遅相容量を取り得る。                      | ① 安價で据付が容易である。                             |
| ② 電壓の調整が圓滑である。                    | ② 脱調の虞れがなく信頼度が高い。                          |
| ③ 蓄電器は開閉時に異常電壓を生じ易いが、進相機はこの虞れがない。 | ③ 同期機は 22kV 級以上は製作困難であるが、蓄電器は 66kV 級迄作られる。 |



濾波回路

② 濾波回路用、インダクタンスと蓄電器の直列、又は並列共振回路を幾組か作つて、之を回路と並列又は直列に挿入する。然して、各々の共振周波数を、回路の各高調波の周波数に一致



させると、是等の高調波電圧は共振回路によつて短絡又は阻止されることとなり、濾波器より外には現はれない。圖は水銀整流器の直流回路に設けた並列型の濾波回路を示したものである。

③ 振動電壓吸収用 (サージ吸収器); 之は塞流線輪と同様に、送電線の引出又は引込口等に設けて——蓄電器を線路と大地間につなぐ——進行波のエネルギーを一時蓄へ、その波形を緩和する爲に用ふる。蓄電器を單獨に用ふる事もあるが、塞流線輪と併用して、之を蓄電器より線路側に入れることもある。

④ 結合蓄電器; 2つの回路を電氣的に結合する爲に用ふる蓄電器である。搬送電話又は搬送保護方式に於ける搬送回路と送電線を結合するには、ケーブルを環狀に曲げて作つた蓄電器又はアルミ箔と紙を積層して作つた OF 蓄電器等を用ふる。尙、無線周波數回路に於て、容量結合に用ふる蓄電器も結合蓄電器である。

その他、蓄電器分壓装置やインピードル等にも用ひられるが、是等については前述した。

(2) 直 列 蓄 電 器

送電線又は配電線の送電端等に於て、線路と直列に蓄電器を挿入したものである。その效用は、

- ① 線路の合成リアクタンスを小さくして、送電容量を増す。
- ② 線路の電壓變動率を減ずる。
- ③ 並列送電線の負荷分擔を調整できる等である。

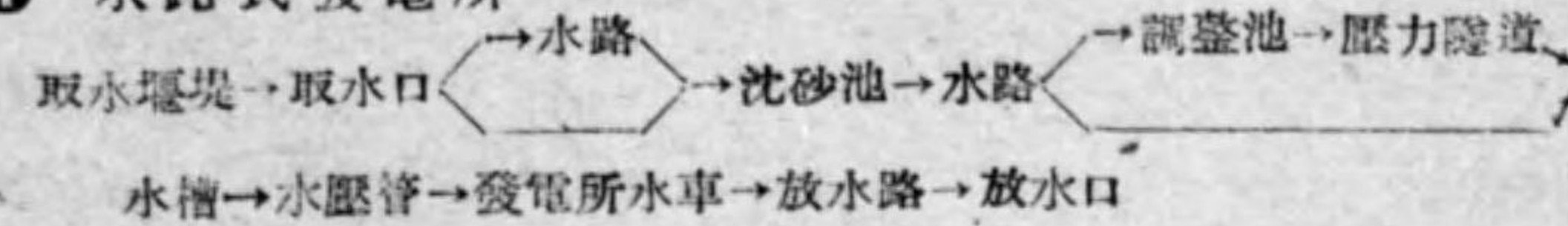
欠点としては上記の効果が線路の力率によつて相違すること、線路が短絡した時直列蓄電器の兩端に高い電壓降下を生ずること等である。

5. 發 電 [水力發電]

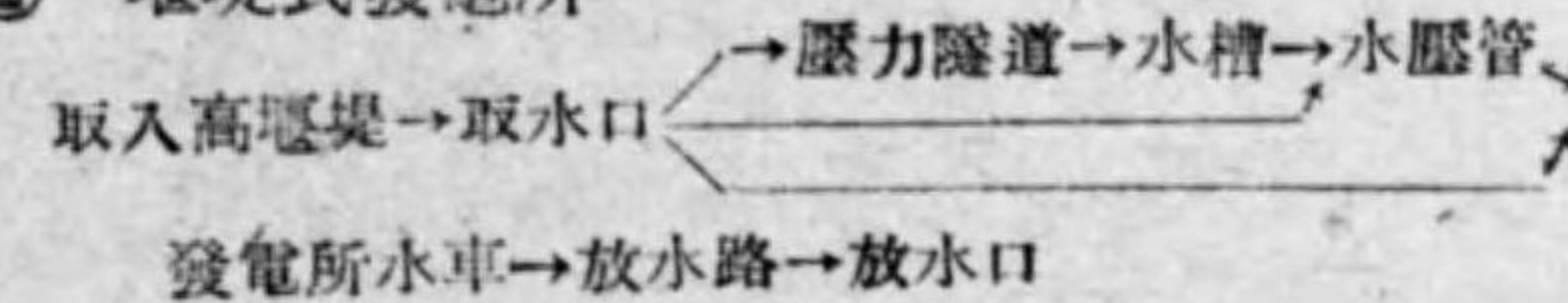
5.1 水力發電一般

(1) 各種水力發電方式

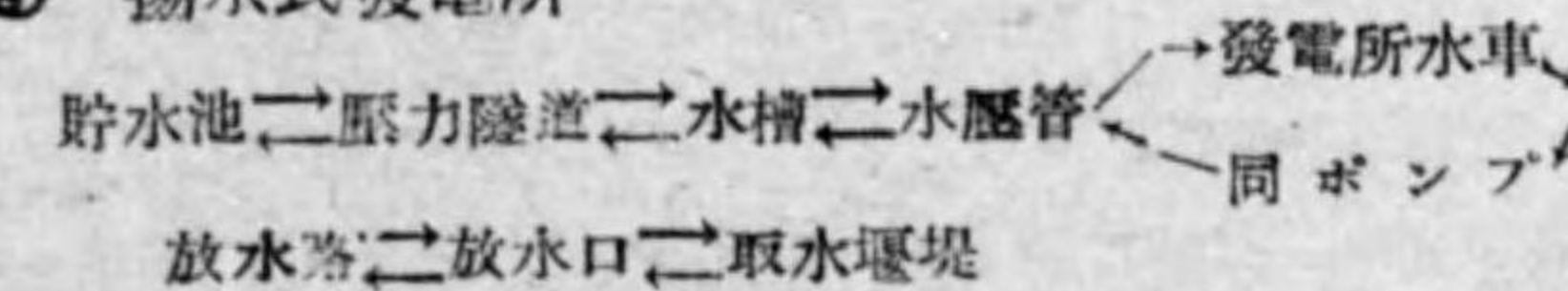
① 水路式發電所



② 堰堤式發電所



③ 揚水式發電所



④ 混合發電所. ①と②又は②と③の混用された方式である。

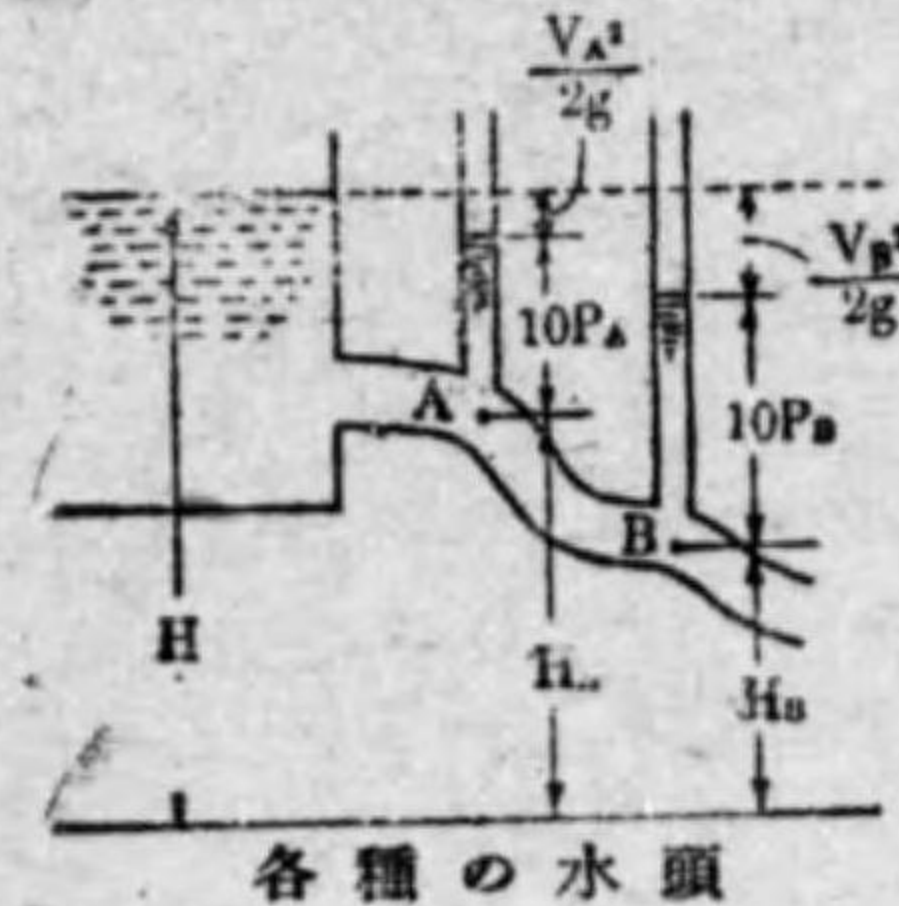
⑤ 潮力發電所 高潮池→發電所水車→低潮池

註. 調整池堰堤→取水口→壓力隧道→水槽, これ以下①②と同じものは水路式と云はれることがある。

又, 調整池堰堤→取水口→水壓管→發電所水車は堰堤式と云はれる。

5.2 水 路 施 設

(1) 各種の水頭



一定量の水——他の液体でも同様——が流れてゐる場合、その流水損失を無視すると、水路の各点について次式が成立する。

$$h + 10P + \frac{V^2}{2g} = H \text{ (一定)}$$

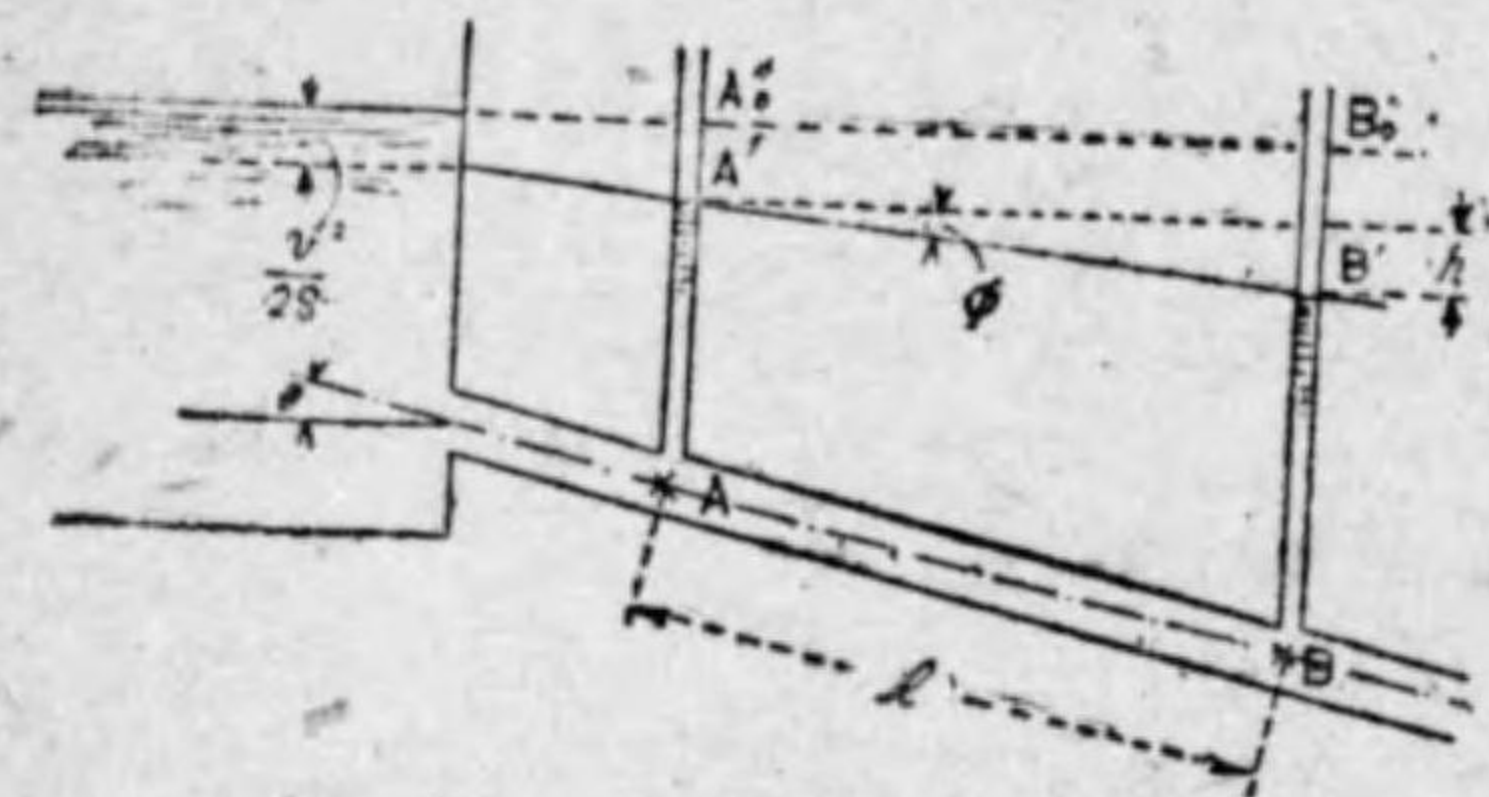
……ベルヌーイの定理

但し、h はある基準面より測つた任意点

の高さ、 $P$ はその点の水圧、 $V$ はその点の流速、 $g$ は重力の加速度で9.8(米/秒<sup>2</sup>)である。

茲に  $10P$  は、圧力  $P$  によつて上昇する水柱に相當するから、之を壓力水頭と云ひ、 $V^2/2g$  は、速度  $V$  の流れによつて上昇する水柱に相當するので、之を速度水頭と云ふ。又、 $h$  を位相の水頭と稱し、 $H$  を全水頭と云ふ。

### (2) 水力勾配 (水位勾配)



水 力 勾 配

通水管の各部に水柱計——直立管——を設け、その各水柱の頂部を連ねると、圖の  $A'B'$  のやうに略々直線となる。之を水力勾配線と云ひその水平線とのす水

角  $\phi$  の正切、即ち、 $\tan\phi = h/l$  を水力勾配と稱する。

### (3) 壓力隧道

隧道とした水路に水壓のある水を通じたもので、端的に云ふとな壓管の延長である。堰堤式發電所や調整水深の大きい貯水池を有する發電所等に用ひられる。その得失を擧げると、

〔特長〕 ①所要水量の急變に應じ得る。②勾配を要せず落差損失が小さい。③流速を大として斷面積を小さくできる。

〔欠点〕 ①工事費が嵩む。②漏水が起り易い。

### (4) 貯水池及び調整池の位置選定

貯水池及び調整池の位置として具備すべき條件は、①谷間で水平面積が廣い。②周圍が山岳に取り圍まれてる。③水路出口の相狭つて堰堤の築造に便利である。④池の形が流水の方向に細長い。⑤地下への浸水が少く堰堤築造附近に良好な地盤がある等である。又發電所に近い程經濟的である。その理由は、調整池より上流の水路は、比較的に變化の少い平均水量を通ずると良いが、之より下流の水路は最大水量——尖頭負荷に相當する——を通ずる必要があるからである。

### (5) 副調整池

調整池と發電所の距離が長くて、その間を無壓水路で連絡する場合には、調整池より出た流量が發電所まで達するのに相當の時間を要し、負荷の急増に即應し得ない。そこで發電所の近くに更に小容量の調整池を設けて、流量變化の時間的遅れをなくする。斯様な目的に用ふる調整池を副調整池と云ふ。

### (1) 逆調整池

水力發電所に調整池を設けて、取水量を一定にすると、避尖頭負荷時には余剰水量を貯水するので、發電所よりの放水量が減退して、下流の灌漑用水、その他の用水に支障を來す。そこで發電所の下流に更に調整池を造つて、上流の調整池によつて變化した流量を、再び平均した自然流量に戻す。この調整池を云ふ。

### (1) 水槌作用

水壓管の下端の扉を急に開閉すると、管内の流速が急變して、流水の持つ運動エネルギーにより水壓が周期的に動揺する。之を水槌作用と云ひ次のやうな事項によつて相違する。

- ① 流速變化の大きい程、水槌作用が大である。
- ② 水壓管が長い程、水槌作用が大きい。
- ③ 扉の開閉速度が速い程、水槌作用が著しい。
- ④ 静水時の落差が大きい程、水槌作用の落差に対する割合が小さい。

## 5.3 電 氣 設 備

### (1) 同期發電機の定格電壓、力率及び速度の決定

● 定格電壓；我國の標準定格電壓は 110, 220, 3300 (3450), 6600 及 11000V である。この内 3450V は、發電機電壓で直接に配電する場合にのみ採用される。一般に小型機は 3300V, 大型機は 6600 又は 11000V である。少し容量の大きいものなら、發電機の電壓は低い目にして、遞昇變壓器で送電線に結ぶ方が、發電機の設計も樂だし、又線路の異常電壓を直接に受けなくてよい。但し、最近は資材節約のため、高電壓發電機を採用して、遞昇變壓器を省いたものもある。

② 定格力率； 定格力率は負荷の性質によつて定むべきであるが、我國では 80% を標準にしてゐる。従つて、この力率以下で運轉する時には、同一溫度上昇に對して許容 kVA 出力が減少する——勵磁電流を増加せねばならぬため——又、力率が低いと發電機の同期リアクタンスの爲に電壓降下が著しくなる。之を防ぐには、勵磁巻線及び鐵心を増大して、勵磁を強めねばならぬため、發電機及び勵磁機が大型となる。

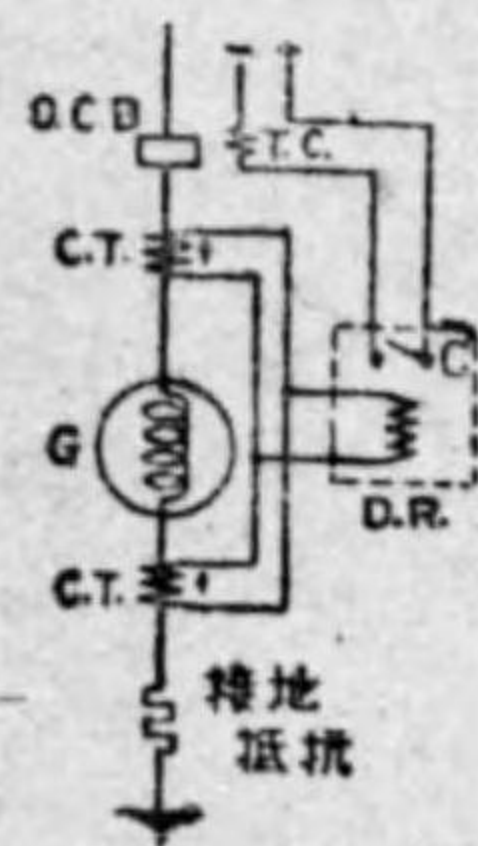
③ 定格速度； 發電機は、或る程度速度の高い方が小型、安價になるが、限度を越すと機械的強度の点より製作が困難となつて價格が騰る。又、發電機の磁極数は、電機子巻線及び電機子鐵心用薄鐵板の溝打抜に對する融通性を多くするやうな値を選ばねばならぬからこの点も考慮する。尙、水車の特有速度によつてもある範圍に制限される。

(2) 傘型發電機

普通の堅軸型發電機は、押止軸受が發電機の上部にあり、導軸受が下部にあるが、傘型發電機は押止、導軸受とも下部に一緒に置いたもので、發電機の高さが減じ、固定子枠には回轉子及び水車ランナ並に之に加はる水壓等がかゝらないから、構造が簡単になる。

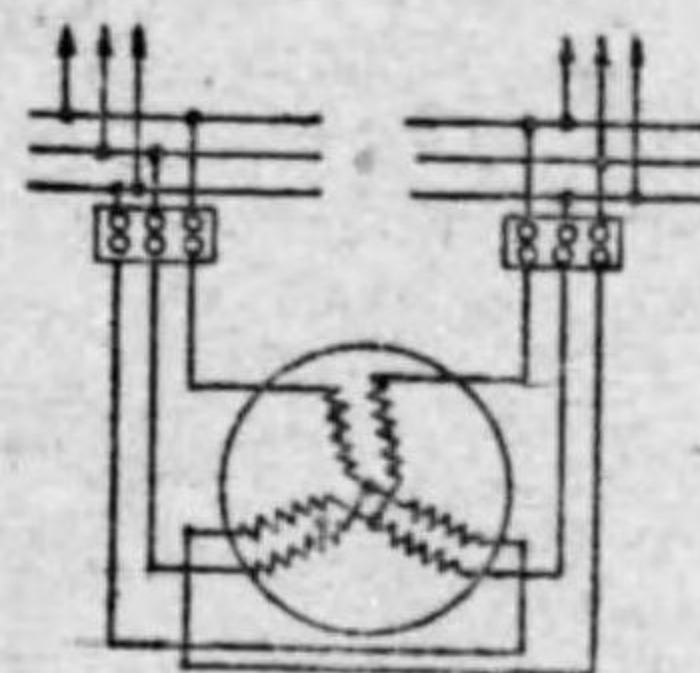
(3) 大型發電機の保護方式

① 巻線に對する保護； 一般に差動繼電保護方式を用ふる。發電機 G の 1 相について接續圖を示すと圖の如くで、發電機巻線の兩側に變流器 C.T を挿入し、二次を直列にして、之に誘導型過電流繼電器 D.R を接續する。巻線内に接地、相間短絡等の故障を生ずると、兩變流器の電流に差ができて、D.R に電流が流れる。そのため接点 C が閉ち油入遮斷器 O.C.B の引外し線輪 T.C の回路ができて、遮斷器を開放する。尙、巻線の接地によつても働くやうにするには、中性点を接地する。その抵抗値は繼電器の動作する範圍であつて、完全接地に於て接地電流が全負荷の 0.5~2 倍となるやうに定める。



差動繼電保護方式

② 短絡電流に對する保護； 外部の短絡に對しては、過電流繼電器を用ふるが、大容量の發電所で短絡電流が過大となる虞れのある場合には、限流リアクトルを用ふる。但しその挿入場所はなるべく母線の區分点、切換母線等であつて、電壓變動率の増大を防ぐ。或は



二重巻線發電機

二重巻線發電機を使用して、各巻線を別な 2 回線に接續すると、發電機のリアクタンスが大となつて、短絡電流が制限される。10 萬 kVA 級以上の發電機にはこの方式が採用されてゐる。

③ 過熱の保護； 固定子巻線に溫度計の素子を埋込んで、溫度を指示又は記録させ、或は、過熱すると警報を

發するやうにする。

④ 消火装置； 一般に回轉電氣機械内での發火を消す方法としては、通風空氣量を制限する方法、水又は水蒸氣を吹きつける方法等があるが、最も優れてゐるのは、炭酸ガスを用ふる方法である。これは、液化無水炭酸を入れた容器と回轉機の通風路を連絡して置いて、發火した時、その瓣を開いて容器より放出す。炭酸ガスで冷却空氣を追ひ出す。この方法は、絶縁物に悪い影響を與へず、人体にも無害で、然も消火作用が大きい。尙、瓣を開くには差動繼電器を使用するとよい。

(4) 各種の勵磁方式

數台の同期發電機を有する發電所では、一般に他勵磁、即ち別箇の勵磁機によつて勵磁する方式が採用される。これには次の 2 種がある

① 中央勵磁方式； 1 箇又は數箇の勵磁機が 1 つの母線に接續せられ、この母線より各發電機を勵磁する方式で、その利点は、勵磁機の單位出力を大にして、箇數を減じ得ること、非常用として浮動電池を勵磁母線に接續し得る事など、欠点は、1 箇の勵磁機の故障が全体に累を及ぼすこと等である。

② 箇別勵磁方式； 各發電機毎に勵磁機を備へる方式で、通常主發電機に勵磁機を直結する。その利点は、各勵磁機の故障が他に波

及せぬこと、欠点は發電機の多い時、勵磁機の簡便が得ること等である。尙、1箇又は數箇の豫備勵磁機を置いて、切換母線により何れの勵磁機へも切換へできるやうにするとよい。

#### (5) 勵磁機の各種運轉方式

① 電動機運轉；一般に誘導電動機を用ふる。之は廉價な上、取扱に便で能率がよい。

② 水車運轉；信頼度、能率共に高いが、中央勵磁方式のやうに大型勵磁機でないと取扱が面倒である。比較的大容量の發電所で自己起動を行ふ爲には、この水車運轉を必要とするが、他の發電所より確實な電源の得られる場合には、①のみでもよい。

③ 二重運轉；勵磁機の一方には電動機、他方には水車を直結したもので、非常に信頼度が高いが、一般的でない。常時は電動機で運轉し、水車は直結したり外したり出来るやうにしたもの、水車と電動機を共に運轉し、常時は一方が大部分の負荷を負ふてゐるが、之が故障すると他方に負荷がかかるやうにしたもの等がある。

④ 主發電機直結；能率、信頼度共に高く、取扱に便利で然も低速度の場合を除くと價格も高くない。欠点は、主機の速度變動による電壓變化が大きき、又、主機が低速度であると勵磁機が大型になる等である。

#### (6) 軸 發 電 機

上記の主機直結の勵磁機も一種の軸發電機ではあるが、この他に更に小型發電機を直結して、所内用又は補助電源用に使用する場合がある。この小型發電機を軸發電機と云ふ。

#### (7) 調速機の驅動方式

① 主軸驅動法；調速機の遠心錘を直接水車の主軸によつて驅動する方法で、ベルト、齒車、鎖等を用ひて動力を傳達する。

② 電動機驅動法；調速機の遠心錘を電動機で運轉する方法で、電動機には、①同期電動機、②反動電動機、③誘導電動機等が用ひられる。①は脱調の虞れがあり、②は脱調の虞れと力率が低いため普通③が用ひられる。又、その電源には、

(イ)變壓器を介して母線より取る、(ロ)主機直結の獨立複流發電

機より取る、(ハ)主機直結の永久磁石發電機より取る、(ニ)主軸の一部を回轉子に利用した誘導子型發電機より取る。

等の方法がある。次にこの電動調速機の得失を述べると、

|        |                                                                       |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|
| 特      | ① 調速機の据付場所が制限されない。                                                    |
| 長      | ② 調速機が安定且つ圓滑で、融通性が大きい。<br>③ ベルトの切斷や弛み、齒車等の故障がない。<br>④ 感度が良く、外觀上感じがよい。 |
| 缺<br>点 | ① 調速機の機構が複雑、高價となる。<br>② 信頼度を高めるには、保護装置を完全にすること。                       |

#### (8) 隔室 (コンパートメント)

例へば發變電所等で多數の電氣機器を隣接して設置すると、1つの機器に爆發又は火災等の事故を生じた時、隣りの機器にも被害の及ぶ虞れがある。又1台の機器を取換へる時、隣接機器の充電部に觸れて感電する危険がある。そこで各機器の間に仕切りを設けて、各室に1台づゝ配置する。之を隔室と云ひ、油入遮斷器や母線等に廣く採用されてゐる。尙、母線を櫃内に入れて通風を行ふと、母線の安全電流が増加する。

#### (9) 摸 擬 母 線

發變電所に於て、母線及び幹線等の回路を配電盤上に細い銅帶で表し、原回路の發電機、變壓器、開閉器等の位置を示す。又、遮斷器の所には把手を置き、之で遮斷器の操作を行ふやうにしたものを摸擬母線と云ふ。

#### (10) 照 光 配 電 盤

上記の摸擬母線を乳色のセルロイド等で作り、その裏側を色電球で照す。然して、停電した部分は電球の色が變るか、又は消燈するやうにして、電路の死活區間を一目瞭然とさせてゐる。

#### (11) 母線のアルミ化

アルミニウム母線を使用する時の設計上の考慮を述べると、

①同一斷面積では安全電流を銅の約80%に取る。②アルミの表

面には酸化被覆が生じ易く、然も之れは高抵抗であるから接続には十分注意する。帯状のものは接觸面を磨いてワセリン等を塗り、ボルトで締めるとよい。③アルミニウムの純度が高いものは屋外にも用ひられるが、腐蝕の虞れがある場合には塗料を塗る。

尙、アルミニウム母線には帯状、丸棒、管状等があるが、支持方法や接続が最も容易なのは帯状で、之れが一般に用ひられてゐる。次に、アルミ母線の得失を述べると、

| 利 点                           | 欠 点            |
|-------------------------------|----------------|
| ①輕量で支持が簡單である。                 | ①塗装が面倒である。     |
| ②湾曲や加工が容易である。                 | ②熱膨脹係数が大きい。    |
| ③同一抵抗に設計すると、放熱面積が大きく温度上昇が小さい。 | ③腐蝕し易い。        |
|                               | ④柔くて取扱に注意を要する。 |

#### 5.4 水力發電計畫

##### (1) 位置の選定

水力發電所の位置選定に當り考慮すべき点は、

- ① 地盤が堅固で、相當廣さの水平面を有すること。
- ② 水槽と發電所間の傾斜、即ち水壓管の勾配及び長さが適當なこと。
- ③ 放水路が短く、洪水時に於ける被害の虞れが少いこと。
- ④ 交通に便利なこと、など。

取水口と利用すべき落差——水路式——又は堰堤を築造すべき位置——堰堤式——が定まると、之を中心にして上記の要領により發電所の位置を選定する。尙、附屬の變電設備は、一般に屋外式とせられ、發電所と同一構内に設けられるから、その敷地についても考慮する。

##### (2) 使用水量の決定

使用水量を渴水量以上にとると、渴水量には出力が低下する。そこで渴水量を越へた使用水量を特殊使用水量、この水量による出力

を特殊出力と云ひ、之は電氣化學工業等の不定時電力にしか供給できない事になつてゐる。特殊出力を一般に供給できる常時出力とするには、之に相當した出力の補給用火力を設けねばならない。従つて、使用水量を増大する程、水力發電所の 1kW 當りの建設費は安くなるが、同時に補給用火力の所要出力が増し、この方の建設費が嵩む。故に、最も經濟的な使用水量が存在する。次に、使用水量の決定に當り考慮すべき点は、

① 負荷電力の性質；不定時電力の大きい場合には、使用水量を大きく取つてよい。然し、平水量程度以上にとると、機器の利用率が低下して得策でない。

② 發電系統の状態；現在のやうに多數の發電所を連絡してゐる場合には、各河川の流量状態が異なるため、使用水量を可なり大きく取つても、渴水期に於ける出力の低下は緩和される。

③ 貯水池又は調整池の有無；これ等の池があると、余水が一時貯へられるので、使用水量をある程度大きく取つてもよい。尙、池の貯水量は大きい方がよいが、實際には地勢等によつて制限される。

④ 發電方式；ダム式は堰堤を少し高めると貯水量が相當に増加するので、使用水量を大きく取つたものが多い。

註。尙使用水量を大きく取つて置くと、電力需用の増加に應ずる事が容易となる。以前には、使用水量を渴水量近くにとつてゐたが、最近では、渴水量の 2~3 倍程度の設計が普通で、6~10 倍位にとつたものもある。

##### (3) 水車及び發電機の台数の選定

① 水車、發電機共に各箇出力の大きい程、1kW 當りの価格は低下する。但し、豫備機を要する場合には、豫備設備が大きくなるこの点を考慮する。

② 水車、發電機の平均能率は、大容量小箇數にする程低下するから、負荷曲線によつて台數を選定する。

③ 1 台の最大出力は、製造、運搬及び据付作業等の点より制限される。又、高落差の場合は、1 本の水壓管で送り得る出力に限度がある。數本の水壓管を並列に使用してもよいが、取扱や維持が面倒で余り實用されない。

④ 水車のランナ1箇當りの出力、速度及び特有速度の3者の間には一定の関係があり、特有速度は能率の点より大体の範圍が定められ、速度は發電機の方より制限を受けるので、各箇の出力はこの点よりも定められる。

⑤ 送電線の充電に使用する場合には、自己勵磁現象を起さぬ爲の最小容量がある。又、運轉の信頼度の上からも考へねばならない

註 豫備設備は、全出力の 1/5 以上で、然も最大容量機相當の容量のものを要する様に定められてゐる。

(4) 單床式發電所

水車の上に井戸枠様のコンクリート支持物を造り、之に發電機を載せて發電機室を省略したものである。本方式によると、建物が簡單で小さくなり、建設費が節約される。水車附近が明るく、点檢に便利である。水車附屬設備の配置構造が簡單で、動作の確實性が増す等の利点がある。但し、發電機の回轉子を拔出した上でないと、水車ランナを引出せない欠点がある。

(5) 鐵鋼に對する代用資材

| 機 器 名 稱 | 材 料      | 代 用 資 材       |
|---------|----------|---------------|
| ① 原動力設備 |          |               |
| 水 壓 管   | 鐵 管      | 鐵筋コンクリート管     |
| 水 門     | 鋼 板      | 鐵筋コンクリート      |
| 吸 出 管   | 銅 板      | コンクリート        |
| 發電機支持台  | 鋼        | コンクリート        |
| 發電機風洞   | 鋼 板      | コンクリート又は木板    |
| ② 電氣設備  |          |               |
| 鐵 構     | 鋼 材      | 鐵筋コンクリート      |
| 配 電 盤   | 鋼材, 代理石  | 木 材 (耐 火 塗 裝) |
| 母 線     | 銅        | ア ル ミ ニ ウ ム   |
| ③ 建 物   |          |               |
| 重要でない建物 | 鐵筋コンクリート | 竹筋コンクリート      |
| 扉       | 鐵 板      | 木 板           |

(6) 資材節約

〔水力設備〕 ①水路は開渠、無裝工として亘長を短縮する。②水

壓管は條數及び太さを適當にし、電氣熔接管を採用する。③制御用電線は鉛被線の代りに木綿被覆線を用ふる。

〔電氣設備〕 ①發電機 なるべく高速度とし、はずみ車効果を減ずる。短絡比を小とする。高電壓機を採用する。單位出力を増大する。②變壓器 有效な冷却方式を採用する。三相變壓器を用ひ、單位方式とする。所内用電源は主變壓器の三次巻線より取る。③遮斷器 新型遮斷器を採用する。單位方式とする。

(7) 資材節約に對する設計上の考慮

①仕様事項に對する裕度並に安全率を最小限度に止める。②各部の設計を綜合檢討し、一部の制限によつて全体の利用率が低下せぬ様にする。③機器の配置を考慮し、接續線を短絡する。④余り重要でない設備は省く。⑤設計條件を必要以上に苛酷としない。⑥保安裝置を強化して、主要機器の設計を簡單にする。⑦有效な冷却方式を用ふる。⑧工法を改良し、熔接法を採用する。⑨機器並に設計を標準化するなど。

(8) 設計上に於ける最近の傾向

①戰災並に賠償引當、炭質低下等のため火力發電所の出力が著しく低下したので、豊水期と渴水期に於ける供給用發電力の差が著しくなつた。そこで最近の設計では水力發電所の使用水量を従来より低くとつてゐる。

② 河川流量を有効に利用するため、湖沼を積極的に利用し、又貯水池を設けた發電所が多くなつた。

③ 周波數が 60 $\sim$  に統一されたので、50 $\sim$  系に屬する發電所は、50 $\sim$  60 $\sim$  兩用の設計としてゐる。

④ 資材を節約するため簡素な設計とされてゐる。

(9) 模型試驗

水力發電所の設計に際し、最近、模型試驗がよく行はれる。その目的は、

① 堰堤式發電所で堰堤の高さを定める場合、どの点まで堰堤を高めた方が經濟的に有利であるかを模型で實驗する。

② 模型試驗によつて水路の勾配、流速等の經濟的な値を決定する。

③ 設計した水車の詳細な能率曲線を作り、或は空洞現象が起るか否かを模型で実験する。

## 5.5 運 轉

### (1) 既設水力発電所の出力増加対策

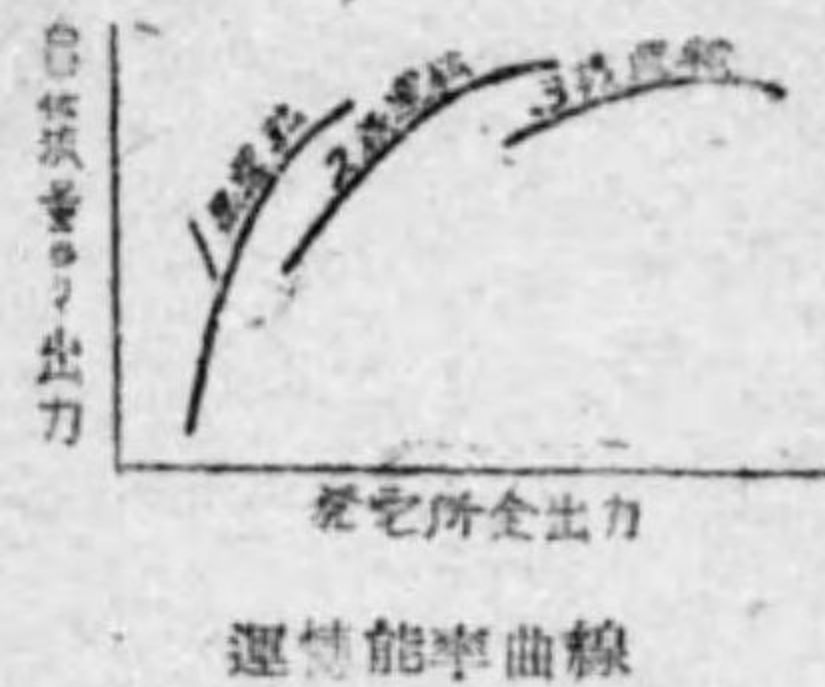
〔運用の合理化〕 ①揚水発電等によつて余剰水量を利用する。②豫備機を常用する。③小発電所を廢して、その水量を高能率の大発電所に利用する。④漁業その他の用水を制限する。⑤全系統の力率を改善し、電壓を上昇する。

〔点検と小改良工事〕 ①水車の手入を勵行する。②発電機の掃除を勵行し、通風装置を改造する。③水車ランナその他の不良箇所を修理する。

〔大改修工事〕 ①湖の底を掘下げて利用貯水量を増す。②堰堤を嵩上げて貯水量及び有効落差を増加する。③支流又は溪流を取入れる。④水路にポンプを設けて通水量を増す。⑤水力に余裕のある場合には、水車及び発電機を増設する。

### (2) 高能率運轉

①運轉の不合理の爲に余水ができ、之を放流する等の事がない様にする。②水槽や調整池の水位をなるべく高める様に運轉する。③放水路の水面を低下する。④水路内の土砂や水虫、水草等の除去を勵行して、落差損失を減ずる。⑤水壓管の漏水を防ぎ、塗装を行ふ。⑥水車の摩滅部分を熔接等で肉盛りする。⑦圖のやうな運轉能率曲線を作つて、最高能率となるやうに運轉台数を按配する。⑧同一河川に多數の発電所がある場合には、総合能率が最高となるやうに運轉する。



## 5.6 特殊発電所

### (1) 自動発電所の種類

① 全自動制御式； 起動、停止、出力及び勵磁調整等を總てその

発電所自身が行ふもので、容量が小さく余り重要でない発電所に用ひられる。

② 半自動制御式； 上記の諸操作中の何れかを親発電所又は制御所より操作線によつて行ふ。重要な発電所に採用される。

③ 遠方監視制御式； 上記諸操作の殆んどを親発電所又は制御所より操作線によつて制御する方式で、機器の運轉状態を監視し乍ら行ふ。その方式には、自動交換の原理を應用して衝流の數と時間により繼電器を選出動作させるもの、同一線路に周波數の異つた搬送電流を重疊して、搬送繼電器を選択動作させるもの等がある。尙本方式は比較的大きい発電所に適する。

### (2) 自動発電所の起動方式

① 發電機側起動； 初め發電機を誘導電動機として起動し、同期速度近くになると界磁回路を勵磁して同期化する。次に遠心力開閉器によつて瓣を開き水車に通水し、次第に負荷を取らせる。

② 水車側起動； 水車に適當な水を通じて加速し、發電機電壓と電力系統の電壓を自動的に同期化させて並列につなぐ。

註. 起動要素には、水槽水位の上昇によつて働く浮子開閉器、一定時刻に働く時計開閉器、電壓又は周波數の低下によつて働く繼電器等を用ふるか、或は親発電所よりの遠方制御によつて起動する。

### (3) 屋外型發電機

屋外發電所は、建築設備及び資材を節約する爲に建家を省いたもので、運轉員を要しない自動発電所に最も適する。之に用ふる發電機は、普通のを鋼板外被で覆つて、風雨、外氣溫度の變化等に對して保護してゐる。外被には扉を設け、内部の機械の周圍には適當な通路を作る。又、外被の内壁や内部の管類等には、露ができて水滴が落下するので、これ等の表面には吸濕物を貼る。外被内の状態並に計器の指示等を外部より見るため、外被の要所に点檢用のガラス窓を設けてゐる。

### (4) 風力發電所

風力によつて風車を運轉し、發電機を回轉させる方式で、水力發電所と同様に原動力はたゞであるが、種々の困難がある。即ち風速

並に風向きが常に變化するため、一定の發電力が得られない。暴風雨のとき、風車が破壊される虞れがある。風車は上空に設ける方が風速が大きく又その變化も少いが、基礎が困難となる。風力發電所は外國には實例があるが、我國では未だ實現されてゐない。

## 〔火 力 發 電〕

### 5.7 燃料及び燃焼方式

#### (1) 石炭のコーキングとクリンカー

粘結性炭は燃焼する際に、炭片が膨脹して粘り、骸炭状をなす事がある。之をコーキングと云ふ。又、石炭灰の軟化温度が低いと、灰が熔けて大きい熔灰塊が出来る事がある。之をクリンカーと稱する。灰の軟化温度は、普通、1100~1360°C 位である。

#### (2) 石炭の風化と自然發火

貯炭中の石炭に吸収された水分が湿度の爲に膨脹、收縮して炭片が細かく碎け、又石炭の成分が酸化して發熱量が減ずる。之を石炭の風化と云ふ。又、炭層が厚いと風化によつて生じた内部の熱が蓄積されて、自然に發火する場合がある。之を自然發火と云ふ。

#### (3) 貯炭方法

① 屋外貯炭；平石又はコンクリート等を敷き、その上に流し積又は平積にする。炭層はなるべく低くして、排水を良くする。

② 屋内貯炭；屋外貯炭場の上に屋根を設けたもので、風化は少いが、通風不良の爲に熱が蓄積され易い。

③ ロールド貯炭；貯炭層の上部をロールドで固めて、空氣との接觸を悪くし、風化及び發火を防ぐ方法であるが、一般的でない。

④ 水中貯炭；風化作用が全くないが、入きい池を要し甚だ面倒であるから、普通には用ひられない。

#### (4) 炭質低下による影響

炭質が低下すると、汽罐の出力は、石炭發熱量の低下と燃焼率の減少と汽罐能率の低下との相乗積に比例して、相當に低下する。即ち發熱量が低いと、爐内の湿度が下るので燃焼率が減少し、又、過剰空氣量を多く要し、不完全燃焼が著しくなるので、汽罐能率が下る。

次に給炭機燃焼の場合は、灰分の處理が困難となり、微粉炭燃焼では、粉碎器の容量不足、ボール・ライナー及び誘導通風機の摩滅が著しくなる。又、降灰が著しくなり、之を收塵するのも困難となる。扱て、出力の低下を防ぐ方法としては、①粉碎器を増設し、石炭乾燥器を置く。②燃焼用空氣の温度を高める。③重油、タール等を噴射して助燃する。④給炭機式では点火アーチを大きくし、又は形を變へてアーチの下を高熱に保つ。⑤燃焼器の構造を變へる。等の方法がある。

#### (5) 埋 火 損

汽罐を一時的に休止する際、再使用する時の起動時間を短縮させるため、火床上に少量の火種を残して置く。この火種の爲に失はれる損失を埋火損と云ふ。

#### (6) 分函強壓通風

給炭機燃焼に於て、火床の前部は過剰空氣量を多く要するのに、炭層が厚い爲に空氣量が少く、火床の後部は過剰空氣量が少くてよいのに、炭層が薄い爲に空氣量が多い。そこで火床下部の通風路を幾つかに仕切つて、各區割にダンパーを設け、之を調整して各部の通風状態を調整する。之を分函強制通風と云ふ。

#### (7) 平 衡 通 風

押込通風に於ては、火爐の氣壓が大氣壓以上となるので、火爐の扉を開けた時に火を吹出し、又、誘導通風では、火爐の氣壓が大氣壓以下となるので、火爐の隙間等より空氣が侵入して、火爐を冷却する。そこで兩法を併用して、爐内の氣壓を大氣壓に近くする。之を平衡通風と云ふ。

#### (8) 微粉炭燃焼方式の得失

| 長 所                          | 缺 点               |
|------------------------------|-------------------|
| ①少量の過剰空氣量で、完全に燃焼する。          | ①設備が複雑で、設備費が高い。   |
| ②燃焼用の二次空氣温度を高く取り得るので、完全燃焼する。 | ②石炭粉碎等に大きい動力を要する。 |
| ③石炭の使用範圍が廣い。                 | ③修繕維持費が嵩む。        |
|                              | ④設計が悪いと爆發の危険があり、  |



- ④調整が容易で、過負荷耐量が大  
きい。
- ⑤点火及び滅火に時間を要しない
- ⑥埋火損失が小さく、低負荷でも  
能率低下が少ない。

- 粉炭の貯蔵中に自然発火の虞れ  
がある。
- ⑤爐内温度が高く、爐壁の損傷が  
著しい。
- ⑥煙突から灰の微粒子が多量に飛  
散する。

### (9) 自動燃焼制御方式

最近の氣罐は氣壓、氣温の上昇と共に蒸氣貯藏量が減少する傾向にある。従つて、負荷の増減による氣壓の變化が著しく、之を手動で一定に保つ事は困難となつて來た。そこで最近の大容量發電所には、自動燃焼制御方式が用ひられる事が多い。之には種々の方式があるが、スマート式の大要について述べると、

①主制御装置。蒸氣の壓力に比例して變化する壓縮空氣を作り、之を各部の調節装置に送る。②給炭機調節器。給炭機各箇に取付けられ、壓縮空氣によつて給炭機用電動機を調整する。③空氣調節器。各氣罐毎に取付けられ、壓縮空氣によつて通風のダンパーの開きを變へる。④風道壓力調節器。壓縮空氣によつて、送風機用電動機を調整する。⑤給水ポンプ調節器。壓縮空氣によつて給水ポンプの瓣の開きを調整する。

尚、自動燃焼制御方式の特長は、①燃焼能率が高い。②蒸氣壓の過昇を防ぎ得る。③負荷の急増に應じ得る。④運轉者に余裕を與へ人件費が節約される。⑤燃料の消費量が少い等である。

## 5.8 火爐並に氣罐

### (1) 煙道ガスの余熱利用設備

① 節炭器； 煙道ガスの余熱によつて、氣罐給水を加熱し熱能率の向上と氣罐に冷水を送つた時の悪影響を防ぐ爲に用ふる。固定型、回轉型の他に蒸發型がある。之は節炭器内で氣罐給水の一部を蒸發させ、この蒸氣を罐筒内に送り込むやうにしたものである。

② 空氣豫熱器； 煙道ガス熱によつて燃焼用空氣を加熱し、燃料の完全燃焼と熱能率の向上を計る。平板型、管型の他に再生型がある。之は煙道内を2つに仕切つて、一方に煙道ガス、他方に燃焼用空

氣を通じ、兩通路に跨つて設けた回轉放熱板を廻すと、煙道ガス中で熱を吸収した熱板は、燃焼用空氣中で放熱して、ガスの熱を空氣に傳へる様にしたものである。

### (2) 過熱低減器

最近過熱蒸氣の温度が材料の許容限度近く迄高められたので、蒸氣温度を常に一定値に保たねばならない。そこで過熱低減器が用ひられる事がある。之は過熱蒸氣を水中に置いた管内に通じ、過熱蒸氣の温度の變化によつて、管外の冷却水量を加減するやうにしたものである。

### (3) 水冷壁(水格子爐)

水冷壁は、爐壁に多數の水管を取付け、之に罐水の一部を通するやうにしたもので、その效用は、①爐内の熱を吸収して蒸氣を發生する。②爐壁を冷却して、その損傷が防がれる。③火爐が小さくてよい。④給炭機式では灰の熔結が防がれる等である。水冷壁は、微粉炭燃焼と空氣豫熱器の出現によつて、爐内の温度が著しく上昇したため、爐壁の損傷を防ぐ爲に考案されたものであるが、最近では全蒸發量の60%位を受持つものも現れ、氣罐の一部として考へられるやうになつた。

## 5.9 タービン並に復水器

### (1) 蒸氣の臨界壓力

水を密閉容器内に入れて沸騰させると、蒸氣が發生するにつれて壓力が高まり、水の沸騰点が上昇する。従つて液体熱が増し、潜熱(蒸發熱)は反對に減少する。然して容器内の壓力が225.2 庇(絶對壓力)に達すると、蒸發の現象はなくなり、水か蒸氣か見分け難い状態になる。即ち、潜熱が零となる。この時の温度は374°(臨界温度)で、之れ以上に熱を加へても、容器内の壓力は増加せず温度のみが昇る。この壓力(225.2 庇)を蒸氣の臨界壓力と云ふ。

### (2) タービンの臨界速度

蒸氣タービンの回轉体に機械的の衝撃を與へると、ある固有振動を生ずる。この固有振動の周波数は、回轉体の質量、寸法、彈性係

數等によつて定まる。タービンの回轉數がこの固有振動數に一致すると、共振作用によつて回轉体は激しく振動し、回轉体を破壊する虞れがある。この時の回轉速度を臨界速度と云ふ。但し、回轉体の固有振動數は幾つもあつて、之を速度の小さい方より第一次、第二次……臨界速度と云ふ。尙、定格回轉數は必ず臨界速度を避けねばならない。

### (3) 抽氣タービンと背壓タービンの相違

① 抽氣タービン；タービンの膨脹段の中途より一部の蒸氣を抽出して、給水の加熱、工場用熱源——加熱、乾燥、原料處理等——等に用ふるもので、抽出蒸氣は極度に低壓力、低溫度迄膨脹させることも出来る。このタービンは、抽出蒸氣量がある程度變化しても、復水器への排氣量が増減するのみで、タービンの出力を一定に保ち得る。即ち、發電電力量と抽出蒸氣量が各別に變へられる。

② 背壓タービン；復水器を使用せずに、排氣を工場用の熱源等に用ふるもので、タービンの排氣壓が變化すると困るから、排氣の使用量によつて、タービンへの流入蒸氣壓を増減しなければならない。従つて、排氣量によりタービンの出力が變化するから、このタービンを使用した發電所は、他の電源と並列に運轉してゐる。

### (4) 前置タービン（トツブタービン）

蒸氣の壓力及び溫度の低い舊設備の蒸氣タービン發電所に於て、出力を増加する場合に用ひられる。即ち、舊設備に高壓、高溫の氣罐と、背壓タービンを増設して、舊氣罐の發生蒸氣を新氣罐で高壓、高溫の蒸氣にする。之を背壓タービンに通じ、その排氣を舊タービンに通ずる。斯様な目的に用ふる背壓タービンを前置タービンと云ふ。この方法によると、發電所の熱能率が向上し、出力増加策に有效である。

### (5) 蒸氣タービンの検査

① 毎時検査；油の壓力及び溫度、循環水及び復水の溫度、蒸氣の壓力及び溫度、膨脹段の蒸氣壓、使用蒸氣量、復水器の真空度等を計器で讀む。その他異常な音響、振動等の有無を調べて、障害を豫知する。

② 毎月検査；タービンの過速試験、非常調速機の動作試験、タービンの基礎沈下及び据付中心の検査、推、軸受の調整、蒸氣管の除塵網の点検手入れ等を行ふ。

③ 毎年検査；分解して、羽根その他の腐蝕、瓣、ノズル等の修繕又は取替、各部の点検手入れ等を行つた後、組立て、軸受の調整各部間隙の調整等を行ふ。

### (6) 復水器の冷却水としての必要條件

① 低溫度—— $20^{\circ}\text{C}$  位以下——で良質の水が豊富に得られること  
② 泥、砂、塵埃、貝殻等の混入が少ないこと。③ 水管を腐蝕又は侵蝕するやうな有機物質を含まないこと。

表面復水器で汚水を使用すると、水管に水垢が附着して熱傳導率が下り、真空が悪くなる。又塩水を使用すると、水管を腐蝕し易いので、眞鍮管等を使用する。尙、冷却水の少い所では、冷却池を設けて、その水面上に温水を噴射するか、又は冷却塔の上部より温水を雨下し、下部より風を送つて冷却する。

## 5.10 電 氣 設 備

### (1) 水車用同期發電機とタービン用同期發電機の比較

① 水車用發電機；水車は一般に低速度で、定格速度は毎分 200~1000 回轉のものが多く、磁極は凸極型である。又豎軸型と横軸型があるが、最近の大型發電機には、殆んど豎軸型が用ひられる。尙水車は通水量を急變できないので、負荷の激變による速度の變化を少くするため、適當な蓄勢輪効果を持たせてゐる。——但し、最近では資材節約の爲に多少の速度變化は我慢して蓄勢輪効果を小さくしてゐる——一般に豎軸型では回轉子に所要の蓄勢輪効果を持たせてゐるが、横軸型で往復動機關等に用ふるものは、別に蓄勢輪を取付けてゐる。

註：豎軸水車の特長を挙げると、

① 固定子枠並に主軸の設計が容易で、且つ中間軸を設けると、主軸の曲りが簡単に防がれる。

② 固定子の分割が容易で、檢査制限を受ける事が少い。

③ 發電機を洪水位より高く据付け得る、又床面積が小さい。

④ タービン發電機；タービンは高速度であるから、回轉子は圓筒型にして、機械的に堅固とし、磁極数は2~4極である。火力發電所は塵埃が多いため、閉鎖通風型にして空氣清淨器を設けるか、又は全密閉空氣循環式にして空氣冷却器を備へてゐる。

### (2) 補助機用動力に電動機の造る理由とその電源

補助機用動力に電動機が用ひられる理由は、①設備が簡單で、取扱に便利である。②運轉費が安い。③能率が良い等である。次にその電源としては、次のやうな方法がある。

① 所内用タービン發電機より供給する方法；信頼度が最も高いが、設備費が嵩み所要床面積が大きいので、余り採用されない。

② 主發電機回路より供給する方法；設備費、維持費、運轉費等が總て低廉であるが、信頼度が低いため、重要でない補助機の運轉に適する。

③ 軸發電機より供給する方法；得失は①②の中間で、最も廣く用ひられる。

④ 他の電源より供給する方法；一般に豫備として用ひられる。

### (3) タービン發電機の調相機化

火力發電所は、一般に需用地の近くにあり、且つ補給用であるから、火力發電所が休止してゐる時、タービン發電機を調相機として運轉し、送電系統の力率を改善すると種々の利益がある。次に、この場合の起動方法について述べると、

① タービンに直結の儘運轉する方法；本方法は、常時氣罐及びタービンを暖めてゐる非常用の發電所に適する。起動方法は通常運轉の場合と同様であるが、運轉中はタービンに全使用蒸氣量の10%位を通じて置かぬと、風損の爲に加熱する處れがある。

② タービンと發電機を切離す方法；これには次のやうな3つの場合がある、

(イ)タービンによる起動。タービンと發電機を磁氣連結器等で連結し、上記のやうにして起動した後タービンを切離す。本方法では運轉中も常に蒸氣を準備して、同期機が停止した時、速かに再起動

が出来るとする。(ロ)直結電動機による起動。主機容量の10%位の誘導同期電動機を用ふるのが適當である。本方法では、起動電動機も調相機として用ひられ、或は常時運轉の際には、之を所内用發電機として利用することも出来る。(ハ)電動發電機としての起動

同期發電機が多数ある場合には、その中の1台を直結電動機で徐々に起動し、この時の發生電壓で他の同期機を始めから同期状態として起動する。斯様な方法で1台宛起動して行く。

### (4) 現在負荷及び豫定負荷表示器

發電所の運轉を圓滑にして發電能率を向上させるには、現在及び豫想負荷を主機室及び氣罐室に知らせる必要がある。これは電話でも行へるが、煩雜であるから、一般に表示装置を用ひてゐる。豫想負荷の表示には、普通配電盤室に備付けた摺觸抵抗式發信機又はセルシン電機等を用ふるが、現在負荷の表示には種々の方式がある。一例としては、配電盤室の電力計と同様のものを今1つ氣罐室に備へて、之を光点で指示させる。

## 5.11 發 電 所 設 計

### (1) 熱サイクル

① 再生サイクル；タービンの膨脹段の中途より一部の蒸氣を抽出して、氣罐給水等を加熱すると、發電所の熱能率が改善される之を再生サイクルと稱し、抽氣タービンがこの目的に用ひられる。抽氣段數を増す程、熱能率が向上するが、設備費が増すので、5段以上は一般に用ひられない。

② 再熱サイクル；最近のやうに高壓、高温の蒸氣をタービン内でその儘低壓力まで膨脹させると、タービンの低壓部が水分の爲に腐蝕し、又熱能率の低下、翼長の増大等を來す。そこでタービンの膨脹段の中途より全部の蒸氣を取出し、再熱氣罐等で加熱して再びタービンの次の膨脹段に戻すと、上記の欠点が除かれる。之を再熱サイクルと云ふ。

### (2) 熱勘定(ヒートバランス)

燃料の保有熱量を100%として、之が電力に變へられる過程に於

ける熱の發生，損失及び回收等の各割合を示したものを熱勘定と云ふ。又これを圖示したものが熱勘定圖である。次に熱勘定の一例を示すと、

〔損失熱量〕 ①復水器の冷却水に持たれる熱量 54%，②氣罐での損失 13.05%，③抽氣加熱器に入る蒸氣の熱量 27.85%，④補助機用動力の損失 1.58%，⑤タービン内での機械的損失 1%，⑥發電機内での損失 0.75%，⑦空氣エゼクタによる損失 0.4%，故に全損失は 98.63% となる。

〔回收熱量〕 抽氣器より氣罐給水が受取る熱量 25%

〔決算〕 燃料の熱量を 100% としたから，電力に利用される熱量は  $100 - 98.63 + 25 = 26.37\%$  となる。

(3) 熱能率向上策

①高壓，高溫の蒸氣を用ふる。②タービン，發電機，變壓器等は大型機を用ひ，單位方式とする。③再熱サイクル又は再生サイクルを採用する。④微粉炭燃焼方式を採用する。⑤自動燃焼制御方式を採用する。⑥給炭機燃焼では，微粉炭燃焼や液体及びガス燃焼等を附加する。⑦微粉炭燃焼では石炭乾燥器を設け，燃焼用空氣の溫度を高める。⑧負荷率を考慮して，平均能率が向上するやう機器の種類及び單位容量を定める。⑨水蒸氣の代りに保有熱量の大きい他の液体の蒸氣を用ふる。或は水銀蒸氣タービン發電と水蒸氣タービン發電を併用した二流体タービン發電所とする。

尙，以上に對して考慮すべき点は，①設備費及び維持費の増加，②運轉方法の複雑，③電力原價の上下，等である。

(4) 火力發電所の位置選定

①負荷の中心地に近く，送電が容易なこと。②交通に便利で，石炭の搬入や機器の運搬に便利なこと。③復水器用として，良質の冷却水が豊富に得られること。④地盤が堅固で適當な敷地が得られること。⑤灰の捨場に困らぬこと。⑥煤煙，降灰，音響，振動等によつて附近の住民に迷惑を與へぬこと，

以上の條件を割合によく満足するのは，都市近郊の海岸地である

(5) 現下の狀勢に對し設計上考慮すべき点

① 資材節約並に代用資材の活用；例へば，高電壓の發電機を採用して，運昇用の變壓器を省く，單位方式を採用し，母線を簡易化する。次に，代用資材について述べると、

| 機 器 名 稱               | 材 料   | 代 用 資 材         |
|-----------------------|-------|-----------------|
| コ ー ル・バ ン カ           | 銅 材   | 鐵 筋 コ ン ク リ ー ト |
| ベ ル ト コ ン ベ ア・ロ ー ラ ー | 鑄 鐵   | 硬 質 陶 器         |
| 蒸 化 器 コ ー イ ル         | 銅 管   | 銅 管             |
| 復 水 器 管 板             | 黃 銅 板 | 鐵 板 (塗 裝)       |
| 配 管                   | 銅 管   | 銅 管             |
| 加 熱 管 (給 水 加 熱 器)     | 銅     | 銅 管             |

② 劣等炭燃焼；最近炭質が低下したので，これ等の劣等炭に對する燃焼方法も十分に考慮の上，設計せねばならない。大容量の發電所では微粉炭燃焼方式を採用する。

③ 熱能率増進施設；燃料を節約するために，發電所能率向上策を考へる。

(6) 發電所設備の標準化による利益

①資材勞力及び建設費を節約できる。②機器の融通性が増し，移設や修理等が容易となる。③新しい設計に大きい勞力を要しない④機器の製作費が低下し，製作期間を短縮できる。⑤機器の材料が少く，製造設備が簡易化できる。⑥機器の生産高が増し，安價になる⑦豫備品の在庫數量を減少できる。

現在，標準化を考へられてゐる項目は，蒸氣の壓力及び溫度，タービンの回轉數，抽氣段數，抽氣溫度，背氣壓，容量，台數，發電機の電壓，容量，力率，冷却方式，短絡比及び勵磁機の電壓等である。

5.12 運 轉

(1) 確實な運轉をなす爲の設備の維持方法

① 貯炭；自然發火を防ぐため，炭層中の放熱を良くし，空氣と

の接觸を悪くして、排水を良好にする。

② 石炭粉碎機及び乾燥機； 之に送る空氣は 50~10°C 位に保つて、爆發の危險を防ぐ。又、火爐への送り速度を適當にして、戻火を防ぐ。金屬片の混入による粉碎機内での發火に注意する。

③ 氣罐； 給水處理を十分に行つて、水管の破裂等を防ぎ、罐内は時々掃除して、耐壓試験を行ふ。又、爐内に未燃炭が堆積して、引火爆發する事に注意する。

④ タービン及び發電機； タービンの故障は總て振動となつて現れるが、その原因は、翼の腐蝕又は泥垢の附着、翼車の溫度による不同膨脹、軸の曲り等である。又、發電機側の回轉子の不平衡、空隙の不同等も原因となる事がある。パツキングの摩滅による振動は、部分的でその部分が過熱し、軸受の油不足等による振動は不規則である。之は油の過熱で分る。又、据付の不良や基礎の不同沈下等によつても振動を伴ふ。尙、蒸氣中に水分を含むとタービンを破壊する虞れがあるから、氣水分離器を十分に働かせる。

⑤ 補助機； 給水ポンプ、循環ポンプ、復水器ポンプ、運風機及び燃焼器等は甚だ重要なものであるから、特に点検手入れを勵行する。

⑥ 電氣設備； 一般に定期的に検査を行ふ他、特に避雷装置、變壓器、油入遮斷器等は耐壓試験、絶縁油の濾過等を行ふ。又、變壓器の異狀音響、碍子の劣化等に注意する。

尙、直接に故障を發見する計器として、タービンの偏心計、振動計、噪音計、氣罐の水位計、壓力計、電氣機械の各種溫度計等を完備するとよい。

## (2) 出力増加對策

① 永く使用すると各設備の機能が低下して、蒸氣の壓力及び溫度が下り、出力が減退する。之を恢復するには、燃焼装置を修繕し氣罐の各部を時々掃除する。

② 復水器も次第に冷却効果を減じ、又、空氣が混入して眞室度が下るから、空氣の漏入箇所を塞ぎ、冷却水量を増す。

③ 一般にタービンの出力は、氣罐出力よりも大きい場合が多い

から、蒸氣の發生量を増すと出力が増加できる。

④ 給炭機燃焼では液体及びガス燃焼を併用するか、或は微粉炭燃焼に變へる。

⑤ 舊式の發電所には前置タービンを増設する。

⑥ 發電機の容量が不足してゐる場合には、冷却方式を改善して出力を増す。

## 5.13 水 火 併 用

### (1) 水火併用による利益

① 水力發電所の使用水量を大きく取られ、1kW 當りの建設費が安くなる。② 河川流量が十分に利用できる。③ 兩者の豫備設備を共用できる。④ 以上の理由により發電原價が安くなる。⑤ 火力發電所が遊んでゐる場合には、故障に對する信頼度が高い。⑥ 需用の増加に對し好都合に應じ得る。⑦ 炭價が騰貴しても、水力發電所があるので影響が少い。

### (2) 補給用火力發電所の具備條件

① 建設費の安いこと。② 低負荷及び無負荷時の運轉費が少いこと。③ 始動及び停止が簡単に手早く行へること。④ 過負荷耐量が大きく負荷の急變に對して安定に運轉できること。

### (3) 常用と補給用の火力發電所の設計上の相違点

常用とは1年中使用するもので、補給用とは、水力發電所の湯水期に於ける補給又は故障時の豫備と考へられる。又、同じ常用、補給用と云つても、一定の負荷を分擔する底負荷用と、負荷の尖頭部分を受持つ尖頭負荷用がある。

常用殊に底負荷用の發電所では1年中の發電量が大きいから、1kWb 當りの固定費——建設費の金利、銷却、税金等——は著しく低下するが運轉費——燃料費、消耗費、電力損失費等——の影響が大となる。従つて、この種の發電所は、建設費は増加しても熱能率の向上を計る事が必要である。即ち、高壓高溫の使用、抽出回數の増加、再熱サイクルの採用、自動燃焼制御方式の適用、微粉炭燃焼方式の活用、

負荷曲線による機器台数の選定等を考慮する。

補給用は之れと反対に、運轉費は多少高くついても良いから建設費を安くする。従つて、設備を簡素化し、機器の台数を少なくする。又尖頭負荷対策として、給炭機燃焼に補助燃焼を附加するが、微粉炭燃焼を用ふる。熱貯蔵器を置く。氣罐の罐胴を大きくする。發電機の冷却作用を有効にする等の方法を考慮する。

#### (4) 尖頭負荷用發電所の實例

| 水力發電所   | 火力發電所   | そ の 他    |
|---------|---------|----------|
| 堰堤式發電所  | 微粉炭發電所  | ディーゼル發電所 |
| 調整池式發電所 | 重油燃焼發電所 | 蓄電池式發電所  |
| 揚水發電所   | 蒸氣貯蔵發電所 |          |
|         | 熱貯蔵發電所  |          |

#### (5) 水力及び火力發電所を並列運轉する場合と

##### 單獨運轉する場合の得失

補給用火力發電所と多数の水力發電所を全部並列運轉とする場合と、各送電系統別に運轉する場合との得失を比較すると、次のやうになる。——但し、水力發電所には調整地があるものとする。——

① 並列運轉の利点——單獨運轉の欠点——調整池のない水力發電所は、流量に従つて1日、或は1年全出力で運轉し、調整地を有する發電所を之に應じて運轉すると、水力發電所總体としての負荷率が向上し、之に補給用火力を運轉すれば經濟的運轉となる。即ち各機器が高効率運轉となり、電力の融通を圖り、局部の故障時に對し無停電を期し得る。又、電壓變動率、周波數變動を小さくできる。

② 並列運轉の欠点——單獨運轉の利点——短絡電流、故障接地電流が大となり、油入遮斷器の容量増大、機器の短絡防護装置の完全を要する等の欠点がある。或は、系統一局部の故障が全体に波及するから保護方式を適當にせねば却つて信頼度が低下する。殊に著しく小容量發電所をも並列にする時は、この弊が著しい。

#### (6) 負荷率の向上策

負荷率が低いと、同一設備に對して、ある期間の負荷電力量が小

さいため、設備の利用率が低下して得策でない。負荷率を向上させる方法を挙げると、

① 負荷率を加味した料金制とする。即ち、輕負荷時の電力料金を割安にする。

② 負荷曲線の違つた負荷を、一緒にして供給する。

③ 揚水發電所又は蒸氣貯蔵器を設けて、輕負荷時の電力を他のエネルギーに變へて一時蓄積する。

④ 不定時電力、季節的電力、深夜間電力等の使用を奨励する。即ち、農村電化や工場に於ける電氣氣罐の普及につとめる。

#### 5.14 そ の 他

##### (1) 單位方式(ユニットシステム)

① 水力發電所；1本の水壓管に各1台の水車及び發電機を組合せて1單位とした方式である。

② 火力發電所；氣罐、タービン及び發電機各1台を組合せて1單位とした方式である。

③ 電氣設備；發電機を直接に變昇用變壓器——三相變壓器を用ふる——に接続し、發電機母線を省いた方式である。斯様になると、短絡電流が減少して油入遮斷器の所要容量が小さくなり、又、資材が節約される。

次に、單位方式の特長を挙げると、①設備費が小さい。②機器の配置及び接続が簡單で保守、運轉に便利である。③1單位の故障が他に波及しない。④施設の増設や變更が容易である。⑤一部の運轉休止に都合がよい。⑥油入遮斷器の箇數が減ずる。但し、融通性が稍々劣る欠点がある。

##### (2) 周波數の統一

50 $\sim$ 用の發電所を60 $\sim$ で使用する場合に、技術上考慮せねばならぬ点について述べる。

① 水力發電所；水車は一般にその儘流用でき、能率等の低下も僅少である。たゞ軸受の發熱や吸出管内に於ける空洞の發生等に注意する。發電機もその儘用ひられるが、電壓が上昇するので、勵磁

電流を減少する。斯様にすると、低力率の負荷に對して發電機の出力が增加する。次に調速機は、遠心錘用のばねを強めるか、齒車比又はベルトの調車を變へる。

註 60 $\sim$ 用の發電所を 50 $\sim$ に変更する場合には、水車は可なり能率が低下するが、一般にその儘流用できる。發電機は、規定電壓を保つのに勵磁電流を著しく増大せねばならず、出力が低下する。又勵磁機は取換へねばならない。

② 火力發電所；蒸氣タービンは高速度であるから、定格速度を 20% も高めると、遠心力が大きくなり、一般に回轉部の機械力が之れに耐へない。即ち、50 $\sim$ 用のタービン及び發電機は、60 $\sim$ には殆んど用ひられない。尙、各種の補助動力用の電動機は、回轉數が増大して過負荷する虞れがあるから十分に考慮する。

註 但し、60 $\sim$ 用のタービン及び發電機は、能率及び出力の低下をある程度忍ぶと、50 $\sim$ に轉用できる場合がある。

### (3) 周波數統一による利益

① 電力の融通に便利である。周波數が統一されておないと、兩系統間に電力を融通するのに、周波數變換機又は 50 $\sim$  60 $\sim$  兩用發電所等を要する。

② 電氣機器の設計に對する勞力が減ずる。又、製造設備が簡單になり、資材が節約される。

③ 發電所、變電所、送配電線及び電力消費設備を一地方より他地方に移轉する際、周波數が統一されておると、その儘使用できる

註 我國に於ては、水力發電所の總出力は 50 $\sim$ 、60 $\sim$  兩方とも大体、同程度であるが、火力發電所の總出力は、60 $\sim$  系の方が 3 倍位大きい。又、變壓器や電動機等に對しては、50 $\sim$  のものを 60 $\sim$  に使用する方が簡單であるから、60 $\sim$  に統一するやうに定められた。

### (4) 50 $\sim$ 60 $\sim$ 兩用の水力發電所

50 $\sim$  と 60 $\sim$  の境界線の近くにある水力發電所は、兩系統へ電力を供給する必要が起るので 50 $\sim$  60 $\sim$  兩用に設計される。この場合、兩サイクルに對して別々に水車を設ける事は、切換に著しく不便であるから、一般に 55—56 $\sim$  位に設計される。水車の種類とし

ては、回轉數が變化しても能率の低下が少いカプラン水車が最も適當で、ペルトン水車が之に次ぎ、フランシス水車は更に劣る。

60 $\sim$  に使用した時の發電機の電壓上昇に對しては、①勵磁電流を減少する。②電機子巻線の一部を切離す。③電機子巻線の接續を 50 $\sim$  の時に星形、60 $\sim$  の時に千鳥結線とする。等の方法があるが①が廣く採用されてゐる。尙、調速機に對しては、遠心錘用の補助スプリングの強さを外部より調整するのみでよいやうにしてゐる。以上のやうな方法によると、兩サイクル間の切換へは、僅か數分間で行へる。

## 6. 送 配 電

## 6.1 一 般

## (1) 電力系統の周波数統一

茲では、50 $\sim$ の電力系統を60 $\sim$ に統一する場合について述べる

① 變電所；最も重要なのは主變壓器であるが、之は50 $\sim$ 用のものを60 $\sim$ に使用すると、最大磁束密度、勵磁電流、鐵損等が減少して、能率及び出力が増大するので、その儘流用できる。配電盤用の電氣計器に對しては、一般に周波数の影響は知れたもので、その儘使用しても差支へない。但し契約電力量を測る積算電力計は、附屬の計器用變成器と共に再檢定を受ける必要がある。又、保護繼電器類は、60 $\sim$ での動作状態を試験して見なければならぬ。尙、電力用蓄電器の進相容量は1.2倍に増加し、送電系統の力率は却つて向上する。

② 送配電線；電壓變動率及び最大送電電力は、架空線に於ては減少するが、地中線に於ては充電電流の影響が著しいので、殆んど差支がない。但し、變壓器をも含めて考えると、綜合特性の優劣は簡単には云へない。送電系統の中性点を消弧線輪で接地してある場合には、その所要インダクタンスは $L=1/(2\pi f)^2C$ —— $C$ は全電線一括と對地間の靜電容量——にて表されるから、周波数 $f$ が20%増加すると、 $L$ の値を70%に減少しなければならない。

無負荷の長距離送電線を充電する場合、充電電流が増して、同期發電機の自己勵磁現象が起り易くなるから注意を要する。尙、送電線の力率は、周波数の上昇によつて、線路及び電力用蓄電器の充電電流が増加する事と、一般に負荷の力率が向上するため却つて良好となる。

③ 需用家電力施設；白熱電燈、電氣爐、水銀整流器等は周波数の影響を殆んど受けないが、回轉機や變壓器等は影響が著しい。誘導電動機は、勵磁電流及び鐵損が減少して、出力及び力率が增加する

斯様に特性は向上するが、電動機の回轉数が上昇するので、負荷の種類によつては使用が困難であり、又、電動機が過負荷する場合を生ずる。之に對し齒車連結の場合は齒車比を變へ、ベルト掛の場合は調車の大きさを變化するとよい。尙、放電燈や交流熔接機等はその儘流用できるが、電氣時計は使用できない。

## (2) 大地利用の送電

送電線の1線に大地を利用する方法で、送電端と受電端に於て同相の1線を接地し、大地に送電電流を通ずる。本方式によると、電線路用の資材が節約され、工事並に保守が簡單で、維持費が小さい。然し、大地回路と電線回路はインピーダンスが相違するので、三相回路が不平衡となり、高壓回路の1線を接地するため、接地点の附近に大きい電壓降下を生じて人畜に對し危険である。又、附近の弱電線に對しては、三相の2線のみが影響を與へるので、誘導障害が増大する。之がため我國では工作物規程により、高壓配電線の1線接地は特別の場合の外は禁止されてゐる。従つて本方式を実施するには、工作物規程を改變せねばならない。

## (3) 架空電線路の絶縁耐力 (工規による)

| 線路電壓               | 加壓場所        | 試験電壓                     | 同時間      |
|--------------------|-------------|--------------------------|----------|
| 50kV 未滿<br>(中性点接地) | 電線路大地間<br>" | 最大使用電壓 $\times 1.5$<br>" | 10分<br>" |
| 50kV 以上<br>(中性点接地) | "<br>"      | "<br>"                   | "<br>"   |

## (4) 地中電線路の絶縁耐力

| 線路電壓                  | 交流試験電壓                                       | 直流試験電壓                                                |
|-----------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 20kV 未滿<br>(中性点接地)    | 最大使用電壓 $\times 1.5$<br>"<br>$\times 1.25$    | 最大使用電壓 $\times 3.5$<br>"<br>$\times 3$                |
| 20~50kV 未滿<br>(中性点接地) | "<br>"<br>$\times 1.5$<br>"<br>$\times 1.25$ | "<br>"<br>$\times 2 + 30kV$<br>"<br>$\times 2 + 20kV$ |



|         |   |       |                |
|---------|---|-------|----------------|
| 50kV 以上 | " | +25kV | " × 1.5 + 55kV |
| (中性点接地) | " | +13kV | " × 1.5 + 45kV |

註. 加圧場所は, 心線相互間及び心線と大地間であつて, 試験時間は 10 分間である.

### (5) 直流式配電と交流式配電の比較

配電の重大使命は無停電にある——尤も良質電氣として無停電, 一定電壓, 一定周波数, 正弦波形等を擧げることができる——之に對しては, 従來, 蓄電池を併用した直流式配電が最も安全とされてゐた. 然し, 近來は交流式でも, 所謂, 配電網方式が用ひられるやうになつたので, 直流と遜色のない安全度が得られるに至つた.

〔交流式の特長〕 ①直流式に比し諸設備が簡單で, 建設費及び維持費が低廉である. ②操作が容易である. ③調整が容易にできる等である.

〔直流式の用ひられる所〕 ①絶へず回轉数を變化する必要がある場所に電力を供給する時, 例へば電車運轉を目的とする場合, ②重大な負荷, 例へば商店街電燈, 劇場等に對し寸時の停電をも防止する目的で蓄電池の施設を行ふ場合. ③電氣分解作用を工程に含む工業に電氣を送る場合. 但し, 一般には需用家構内で交流を直流に變換する装置を設ける.

〔交流配電網〕 2 箇以上の配電用變壓器の二次回路を相互に電氣的に連結した配電方法である. 本方式の特長とする所は無停電にあつて, 之がためには次の如き施設が要求されてゐる.

① 一次側饋電線の 1 つが線路の故障又はその他の事故の時, 自動的に之を分離し得る装置を有すること.

② 電壓が固有の電壓に回復した時は, たとへ無負荷であつても, 電氣的に分離された饋電線を自動的に活し得る装置を有すること.

この 2 つの役目を果すものが, 二次側自動遮斷器に取付けるネットワーク繼電器である.

## 6.2 電氣的特性

### (1) 送電線の撚架理由

① 線路各相のインダクタンス及び静電容量を相等しくして, 電氣的不平衡を防ぐ.

② 線路に併架, 又は之と平行する弱電線に對する電磁並に靜電誘導作用を軽減する.

③ 消弧線輪を使用する線路にあつては, 特に直列共振を防ぐ爲に撚架が必要である.

### (2) コロナの發生電壓

架空送電線の表面にコロナが發生する臨界電壓  $E_c$  は, 次式で與へられる.

$$E_c = 2.43 m_0 m_1 d^{\delta} \log_{10} \frac{2D \times 1000}{d} \quad (1 \text{ 線大地間})$$

但し,  $m_0$ …電線の表面による係数, ①良く磨いた電線は 1.0 ②磨かない電線は 0.98~0.93 ③7本撚電線は 0.87~0.83 ④19~61本撚電線は 0.8~0.80.

$m_1$ …天候に関する係数, ①晴天時は 1.0 ②雨, 霧, 雪等の時は 0.8.

$d$ …電線の直径 (耗)  $D$ …電線中心間の距離 (米)

$\delta$ …空氣密度を表す係数で  $\delta = 0.392b / (273 + t)$

$t$  は氣温 ( $^{\circ}\text{C}$ )  $b$  は氣壓 (耗) で, 高度との關係を示すと,

|                   |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 海拔 (海面上の<br>高さ 耗) | 0   | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 |
| $b$ の 値 (耗)       | 760 | 711 | 668 | 627 | 590 | 555 | 521 | 489 |

従つて, コロナの發生電壓  $E_c$  は, 電線の直径  $d$  が減少するに伴ひ著しく低下し, 天候や電線表面の状態に影響する. 又電線の直径  $d$  が一定の時は, 線間距離  $D$  の増加に従ひ上昇する. 然しその増加割合は對數的であるから著しい影響はない. 又, 標高によつて増減する.

### (3) 配電線の電力損失減少策

① 配電電壓の上昇; 線路損失は配電電壓の 2 乗に逆比例して減少し, 最も有効な方法であるが, 工規による制限, 變壓器のタップ, 負荷状況等について考慮を要する.

② 配電方式の改修；配電線を一元化し、なるべく無負荷で充電せぬやうにする。尙、単相配電線の三相化、軽負荷變壓器の入換へ等を行ふ。

③ 配電線の連絡；配電線を受電端で連絡し負荷分擔を均一化する。

④ 電力用蓄電器の採用；蓄電器を設置して、線路の kVA 電力を減少する。

⑤ その他；單卷變壓器等によつて、電壓降下を補償する。需用度の低い負荷電力を制限する。

### 6.3 構 成

#### (1) 鐵塔の種類

① 標準鐵塔；電線路の直線部分に於て、標準徑間を越へない箇所に用ふる。

② 角度鐵塔；電線路が角度をなし、標準徑間を越へない箇所に使用する。

③ 耐張鐵塔；電線路中に保安の目的を以て耐張用として使用する。

④ 引留鐵塔；電線路の終端及び特殊箇所に於て、完全に引留をなす箇所に使用する。

⑤ 特殊鐵塔；電線路中、川越、谷越等の大なる徑間を有する箇所又はその他の特殊箇所に使用する。

註. 耐張鐵塔には、次の 3 種がある。各架線の取付点に於て、各線の最大張力の  $\frac{1}{3}$ 、 $\frac{2}{3}$  及全張力に等しい不平衡張力が加はつた時、之に耐へるものを夫々第一種 第二種及び第三種耐張鐵塔と云ふ。

#### (2) 支持物の安全係數 (安全率)

電柱を建設する時の設計機械的強度は、安全のため實際に加る荷重の何倍かに取る。この倍數値を安全係數と云ふ。木柱の安全係數は

特別高壓電線路 注入木柱…4 不注入木柱…5

高壓及び低壓電線路 木柱………4 (以上)

鐵塔の安全係數は 3 以上である。斯様に木柱の方が安全率の大きい理由は、

① 木柱は鐵塔より腐蝕が早いから、最初の強度を大きくする。

② 木柱の強度は不安定で、然も實測が困難であるから、安全係數が正確に求められない。

③ 鐵塔は、荷重によつて各部に加る應用の計算が正確で、設計が合理的に行はれる。

④ 木柱は安價なため、安全係數を多少大きく取つても影響が少い。

註. 以上は電柱について述べたが、電氣機器に加はる機械的荷重に対する安全係數、絶緣物の絶緣耐力に対する安全係數、電線の安全電流に対する安全係數等も同様な意義を持つ。

#### (3) 架空線用の電線の種類と得失

① 硬銅線；導電率が高く他の特性も良好で、一般に廣く用ひられる。

② 銅合金線；導電率は小さいが機械的強度が大きく、小電流又は長徑間の場合に適する。

③ 合成銅線；山嶽地方及び長徑間箇所に用ふる。但し合金線は線膨脹係數及び彈性係數の適當なものを選定して、應力が適當に分布するやうに注意する。

④ 中空銅線；コロナを防ぐ爲に直徑を大きくし、又、資材節約の爲に中空としたもので、140kV 級以上に用ひられる。

⑤ 鋼心アルミニウム線；幾分腐蝕し易い欠点はあるが、輕くて機械的強度が大きく、直徑が大なるため高電壓用又は山嶽地方に使用される。

⑥ 鋼線；インピーダンスが大きく腐蝕し易い欠点はあるが、機械的強度が大で、特に長徑間の箇所又は小電流の場合に使用される。

⑦ アルミニウム合金線；腐蝕し易い欠点はあるが、輕くて機械的強度が大きく、高電壓用に稀に使用される。

#### (4) アルミニウムの性質並に用途

電氣導体としての銅とアルミニウムの性質を比較すると、

|             | 銅       | アルミニウム (純度 99.5%) |
|-------------|---------|-------------------|
| 導電率 (20°C)  | 100%    | 60~62%            |
| 溫度係數 (20°C) | 0.00393 | 0.001             |

|            |                         |                        |
|------------|-------------------------|------------------------|
| 比 重 (20°C) | 8.89                    | 2.7                    |
| 熔 融 点      | 1083°C                  | 658°C                  |
| 比 熱        | 0.093cal/g°C            | 0.22cal/g°C            |
| 抗 張 力      | 25~40kg/mm <sup>2</sup> | 9~17kg/mm <sup>2</sup> |

次に、電気導体としてのアルミニウムの用途を述べると、①母線  
②送電及び饋電用裸線——硬引アルミ線、鋼心アルミ線、アルミ  
合金線——③誘導電動機の一次巻線及び籠形二次導体、④絶縁電線  
エナメル線、軌條ボンド、⑤電力用及び通信用ケーブル、⑥変圧器  
巻線、電車線等である。

#### (5) 架空線にアルミ線を使用する時の注意

① 許容電流；アルミニウムの導電率は銅の約 60% であるから、同一太さの銅線に比し、安全電流は約 20% 小さい。

② 弛度；アルミニウムの抗張力は銅の約 1/2 であるから、弛度を大きく取らねばならない。故に、同一電柱にアルミ線と銅線を併架した場合には、上下兩線の弛度差に注意する。そこでアルドライ線、鋼心アルミニウム線等のやうに、抗張力の大きいものを使用することが望ましい。

③ 接續；アルミニウムは表面が容易に酸化し、この酸化被膜は堅固で電気抵抗が大きいから、接續には特に注意する。現在用ひられてゐる方法は、

(イ) 蠟着法；アルミ線に銅めつきした後、普通の方法でバンド着けする。特殊のハンダを用ひて、アルミ線を直接に蠟着する。或は反應蠟を使用して蠟着する等の方法がある。

(ロ) 熔接法；電気熔接又はガス熔接によつて熔接する。電線の接續部を金型に入れて、熔融アルミニウムを注入する等の方法がある。

(ハ) 機械的接續法；アルミニウム管(スリーブ)の兩端より電線を入れて突き合せ、壓縮機で管の外部より壓縮する。操作が簡單で最も廣く用ひられてゐる。

#### (6) ビン碍子と懸垂碍子の比較

ビン碍子は主に 70kV 級以下に使用せられ、これ以上の電圧では

形が増大して高價となるため用ひられない。70kV 級以下で何れが適するかは經濟的に考へるとよい。懸垂碍子では 1 箇が故障すると、それのみを取替へるとよいが、線間距離が大きく支持費が高價となる。従つて、電線の最低高さが制限された都會地近郊では、ピン碍子の方が有利なこともある。然しピン碍子を用ふると、鳥類や雷等による接地事故が多く、又、靜電容量による充電電流も増大するこれ等の事を考へて有利な方を選ぶ。

註：懸垂碍子 1 箇當りの電壓は、1.5kV 位に選び、耐張箇所では 1~2 箇増しとする。

#### (7) 連 能 率

懸垂碍子を幾つか直列につないで使用した場合、1 連としての閃絡電壓を、碍子 1 箇の閃絡電壓の箇數倍で除した値を、この懸垂碍子の連能率と云ふ。

#### (8) 特殊懸垂碍子

① 油入碍子；碍子の上方を容器状にして、之に油を満したものである。普通の碍子を潮風の吹く海岸附近の送電線に使用すると、

碍子の表面に塩分が附着して閃絡を生じ易いがこの油入碍子は、閃絡防止に絶對の効果がある



耐霧碍子

② 耐霧碍子；その一例を示すと圖の如くで、碍子を細長くして漏洩距離を増し、磁器の表面には深い壁を作つて、霧又は微雨中でも所定の絶縁耐力を保つやうにしてゐる。又、下の碍子の金具が全部上の碍子内に入り込んで、閃絡の場合にも、電弧が碍子面にかからまないうやうにしてゐる。

### 6.4 施 設

#### (1) 電路の混觸防止施設

特別高壓電路と高壓又は低壓電路との接觸による危険を防止するため、電気工作物規程により施設すべき保護装置について述べる。

① 特別高壓を高壓に変成す變壓器は、(イ)變壓器の内部故障によつて、變壓器を自動的に遮斷する保安装置を設ける。(ロ)二次側

の中性点又は1線を第二種地線工事で接地する。但しその接地抵抗は  $10\Omega$  を越へないこと、(ハ)特別高圧計器用変成器の二次側には第一種地線工事を施す。

② 特別高圧を高圧に変成する変圧器は、変圧器の二次端子の近くで、所定の電圧により放電する装置——静電放電器、避雷器等——を一極に設ける。

註. 高圧を低圧に変成する変圧器は、二次側の中性点又は1線を第二種地線工事で接地する。又、高圧計器用変成器の二次側は第一種地線工事で接地する。

③ 特別高圧線路と高圧又は低圧線路間に於ては、(イ)両者が水平距離に於て、特別高圧電線路の支持物地表上の高さに相当する距離(但し3米以内)に接近すれば、特別高圧の腕木を金属製にして第三種地線工事で接地する。

(ロ) 両者が交叉する場合は、(イ)に準じて施設する。或は保護網工事を行ふ。(ハ)同一事業者に属する  $15kV$  以下の特別高圧架空線と高圧又は低圧架空線を同一支持物に併架する場合には、高圧の場合は②の放電装置を低圧の場合は①(ロ)の保安接地工事を行ふ

④ 特別高圧地中線と高圧又は低圧地中線が 30 纏以内に接近する場合には、耐火質の隔壁を設ける。

⑤ 需用家屋内に於て、高圧と低圧の混觸による危険を防ぐ爲には、兩線を 15~30 纏以上離す。

(2) 中性点接地方式の3種とその得失

我が國で特別高圧送電線が建設された当初は、非接地方式が採用されたが、本方式によると、1線弧光接地時に線路に異常電圧を発生して絶縁を脅す、又接地電方式も困難であるから、最近では接地式としてゐる。但し、 $3300V$  級の高圧配電線では、弧光接地による電圧上昇の心配もなく、又、配電線は弱電線に接近する機会が多いから、中性点を接地すると地絡電流による誘導障害が大きく、一般に非接地式である。

①直接接地式; 接地電流が大きいので、選擇接地保護が樂であるが、近接弱電線に與へる誘導障害が大きい。我國のやうに土地が狭

く、送電線と弱電線が接近しがちの所では、直接接地式は採用され難い。尙、直接接地式は、接地電流が大きく、送電線の安定度を減ずるから、最近では外國でも餘り採用されない。

② 抵抗接地式; 送電系統中の1箇所で接地する單接地方式では、接地繼電器の動作を確實とするため比較的抵抗とせねばならず、従つて誘導障害が著しく、送電線の安定度を減ずる欠点があるそこで送電系統の2箇所で中性点を接地する複接地式にすると、比較的高抵抗で接地しても繼電器はよく動作するやうにでき、誘導障害の軽減並に安定度増大に有效である。然し、變壓器鐵心の飽和等による高調波電流——主に第三高調波——及び送電線各線の對地定數の不均衡に基く基本周波數の残留電流が、常時、接地点間を流れるが、その値は一般に僅小である。

我國で採用されてゐる抵抗接地方式の抵抗値は、 $154kV$  級の送電線で  $900\sim 400\Omega$ 、 $66kV$  級の送電線で  $400\sim 100\Omega$  である。尙、抵抗線には鐵グリッド等を用ひ、その定格は 30 秒以上で溫度上昇  $350^{\circ}C$  以下とされてゐる。

③ 消弧線輪接地式; 本方式によると、1線接地電流が零となり送電線の安定度の増大、誘導障害の軽減、間歇弧光接地による異常電壓發生の防止等に著しい効果がある。又、地中線路では接地電流による故障の擴大を防止できる等の特長があり、最近、廣く採用されてゐる。

(3) 送配電系統の力率低下の原因

力率低下の原因は、云ふ迄もなく低力率の負荷によるもので、次に主な負荷の力率の概數を示すと、

| 負荷の種類                            | 力率概數 (%) |     |       |
|----------------------------------|----------|-----|-------|
| 三相誘導電動機<br>( $0.5\sim 50kW$ のもの) | 全        | 負 荷 | 80~87 |
|                                  | 1/2      | 負 荷 | 65~72 |
|                                  | 無        | 負 荷 | 6~16  |
| 单相誘導電動機<br>( $100\sim 600W$ のもの) | 全        | 負 荷 | 55~75 |
|                                  | 1/2      | 負 荷 | 40~55 |
|                                  | 無        | 負 荷 | 17~20 |

|         |              |       |
|---------|--------------|-------|
| 交流電弧熔接機 | 5~20kW のもの   | 30~40 |
| 交流抵抗熔接機 | 1~50 kW のもの  | 65    |
| 低周波誘導爐  | 50~500kW のもの | 60~80 |
| 高周波誘導爐  |              | 10~20 |
| ネオン管燈   | 30~150W      | 40~50 |
| 高壓水銀燈   | 300W         | 50    |
| ナトリウム燈  | 100W         | 70    |

以上の内、最も影響の大きいものは誘導電動機で、誘導爐、熔接機等が之に次ぐ。

#### (4) 電力用蓄電器設置上の注意事項

① 取付上の注意；低圧電動機に並列に取付ける場合は、電動機は操作開閉器の負荷側に結ぶ。高圧蓄電器を柱上に取付ける場合は角柱、開閉器柱及び多数の變壓器がある柱等を避ける。又、小型はハンガ吊、大型は受台とする。次に變電所に設置する場合は、点検、保守等のとき感電の虞れがないやうにする。なるべく三相用を使用し、単相用は各相が不平衡にならぬやうにする。

② 保安上の注意；蓄電器の外函は、低圧用は第三種、高圧用は第一種地線工事で接地する。蓄電器の残留高電圧電荷による危険を防ぐため、蓄電器と並列に放電線輪を設ける。蓄電器と直列にリアクトルを挿入して、高調波電圧に對し並列共振回路を作り、負荷の端子電圧の歪を小さくする。各蓄電器に専用の開閉器を設けるなど

③ 保守上の注意；年に1回以上充電電流を測り、異状の有無を知る。高調波電圧及び過電圧等による温度の上昇に注意する。時々掃除し、漏油を調べるなど。

#### (5) 直列蓄電器

之は送配電線の各線に同一容量の蓄電器を直列とするもので、その效用は、

① 線路のリアクタンスを打消して、線路電圧降下を小さくし、送電容量を増大する。

② 線路の電圧變動率を減少する。

③ 並列送電線の一方に直列蓄電器を挿入すると、負荷分擔が變へられる。

等である。次に、直列蓄電器の得失を述べると、

| 特 長                               | 缺 点                               |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ① 負荷の變動に即應して、自動的に働く。              | ① 効果が負荷力率によつて異り、負荷變動の激しい場合には適さない。 |
| ② 設置及び保守が容易で、価格や運轉費が安い。           | ② 設置場所、保護方式等は回路状況により特別の考慮を要する。    |
| ③ 他の電圧調整装置は、力率が悪いが、本器は線路の力率を向上する。 | ③ 電流のみに關係し、電圧の變動調整には適當でない。        |

#### (6) 搬送波電流の應用

① 搬送電話；搬送電話の原理は、真空管發振器で 5000~50,000 の一定振幅の高周波電流を發生し、その振幅を音聲電流で變調する。この變調した電流を送話所より送配電線等を通じて受話所に送る。受話所では、變調電流を檢波して元の音聲電流に變へる斯様な装置を2組設けて通話を行ふ。

② 遠方制御；自動發電所や自動變電所等の電氣機器を、遠方より操作線を通じて操作する場合、制御線に搬送波電流を送り、受電端の搬送繼電器を働かせて、電氣機器の操作を行ふ。この場合に搬送波電流を用ふると、1本の制御線に周波数を異にした多数の搬送波電流を重疊して傳送することができ、制御線の所要回線数を著しく節約できる利点がある。

③ 搬送電流保護繼電方式；搬送電流發生装置、搬送繼電器及び高速度遮斷器等を組合せて、送電線の故障箇所を高速度遮斷するやうにしたものである。之には、搬送波電流を常時通じて置く方式、故障時にのみ搬送波電流を送る方式等がある。何れも搬送波電流で搬送繼電器を動作させてゐる。

④ 遠隔測定；測定量に比例した電氣量を發生して、之に應じて一定振幅の高周波電流を變調し、之を受量側に傳送して、遠隔測定を行ふ。周波数變調式、周波数平衡式、衝流式搬送遠隔装置等がある。

#### (7) 搬送保安電話と有線保安電話の得失

電力線を利用する搬送保安電話と、獨立線路による有線保安電話

との得失を後者を主体として述べると、次のやうになる。

〔搬送電話の利点〕 ①独立の線路を要せず、資材が著しく節約されて経済的である。②電線が太く支持物が堅牢で、暴風雨、氷雪、水害、地震等による線路の被害が少く、信頼度が高い。③電線路の絶縁が良好で、保守が容易である。又、線路の故障が少い。④電線が太く、然も絶縁が良好で線路損失が少ないので、長距離の通話に適する。⑤電源は 100V 又は 200V の交流を小型整流器で整流して供給するから、その設備費及び維持費が少い。

〔搬送電話の缺点〕 ①設備が相當に複雑で、施設費が嵩む。②機器の点検、調整、修理等が面倒な上に、故障が起り易く、専門の技術者を要する。③線路が1箇所でも全部断線した時は、その両側で通話ができない。④電話装置が大型で、携帯に適さない。⑤真空管等の消耗品が多く、その補給が困難である。⑥多重通話が面倒で、複雑な長距離送電線の場合は、線路を各通話路に分ける施設を要する。

## 6.5 保護方式

### (1) 保護継電器の具備条件

①動作が正確で、感度が鋭敏なこと。②機器や線路に故障を生じた時の異常状態で、確實に動作すること。③構造が簡単で、動作に必要な消費電力が小さいこと。④調整範囲が廣く、然も調整が容易なこと。⑤温度や周波数、波形等による誤差が小さいこと。⑥機械的強度及び熱容量が大きいこと。⑦箇々の特性に相違のないこと。⑧可なりの振動に十分耐へること。⑨永らく使用しても特性の變化が少いこと。⑩保守並に点検が容易なこと。⑪小型で安価なことなど。

註. 保護継電器の型式には、誘導型、可動鐵片型、恒溫器型、可動線輪型、電流力型等があるが、交流用には一般に誘導型が用ひられる。

### (2) 三相3線式送電線の接地保護方式

- ① 非接地式； 接地電流は對地充電電流であるから、一般には接地継電保護方式を適用し難いが、全然、不可能ではない。
- ② 低抵抗接地式； 接地電流は相間短絡に匹敵する程大きく、保

護方式も過電流継電器で間に合ふが、我國では用ひ難い接地方式である。

③ 高抵抗接地式； 接地抵抗を増大すると、接地電流が減少して非接地に近づくので、接地継電器は特に鋭敏なものを用ふる。尤も複接地式にすると、接地保護が容易になる。

④ 消弧線輪接地式； 本方式では1線接地電流が零となるので、之を直ちに遮断する必要はないが、故障線を選択指示させる継電方式としては、對地充電電流の零相有效分電流が、故障時に増大する事を利用して、之と零相電壓とにより接地継電器を働かせる。

### (3) 選擇接地継電器

2回線以上の送電線が同一母線に接続されてある場合、その内の接地送電線を選択遮断するのに用ふる。特に2回線用のものに対しては、2重動作選擇接地継電器が用ひられることがある。之は同一継電器内に2つの要素が組合せてあり、何れか一方のみの接地を閉じて選擇遮断を行はせるもので、送受電側両方に用ひられる。然し之を使用する場合には、變壓器が接地されておらなければならぬので、都合の悪い時には接地變壓器を用ふる。

選擇接地継電器は、時限を最も短くして、接地故障の際には他の継電器よりも先に動作するやうに調整しなければならない。又、之を用ふる場合は、故障点が継電器設備場所に近いか、或は各線同時の接地に対しては動作し難いから、之よりも長時限の過電流継電器を併用する必要がある。

### (4) 距離継電器 (インピーダンスリレー)

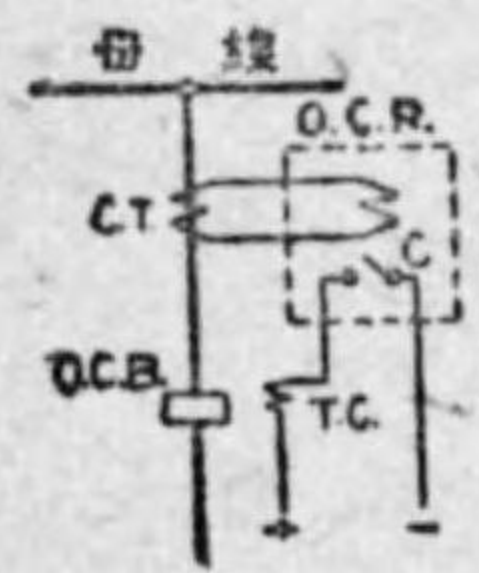
電線路の故障箇所を継電器によつて遮断する場合、その動作時限が継電器より故障点迄の線路のインピーダンスに比例する——即ち距離に比例する——やうにした継電器である。この継電器は線路網の保護に用ひられ、種々の特長を持つてゐる。例へば放射状線路に過電流継電器を用ふると、故障による停電範囲を少なくするため、継電器の動作時限を電源に近い程長くせねばならない。然し距離継電器を用ふると、線路の2継電器間の各區間の動作時限は何れも同様に出来るから、線路の總ての故障が略々等しい速さで遮断できる。

(5) 搬送継電器

送電線に於ける従來の保護継電器は、總て一端の継電器の判定によつて、故障線を選出遮断してゐる。然るにこの搬送継電器は、他端の継電器の動作状態をも搬送電流による信號で知つて、兩者の動作状態を比較し、送電線の故障がその區間内で生じたものなら兩端で之を遮断し、區間外なら遮断器を働かせない。

この着想は表示線繼電方式に於て、送電線を表示線に兼用し、之に搬送波を用ひたものと云へる、この方式によると並行2回線の保護だけでなく、従來の保護方式では選擇が困難な1回線區間を含む場合、或は環状送電線にも適用できる。然もその動作速度が極めて大きい事が特長である。尙、搬送波の周波数は50~200kc位が用ゐられる。

(6) 高壓配電線の短絡保護方式

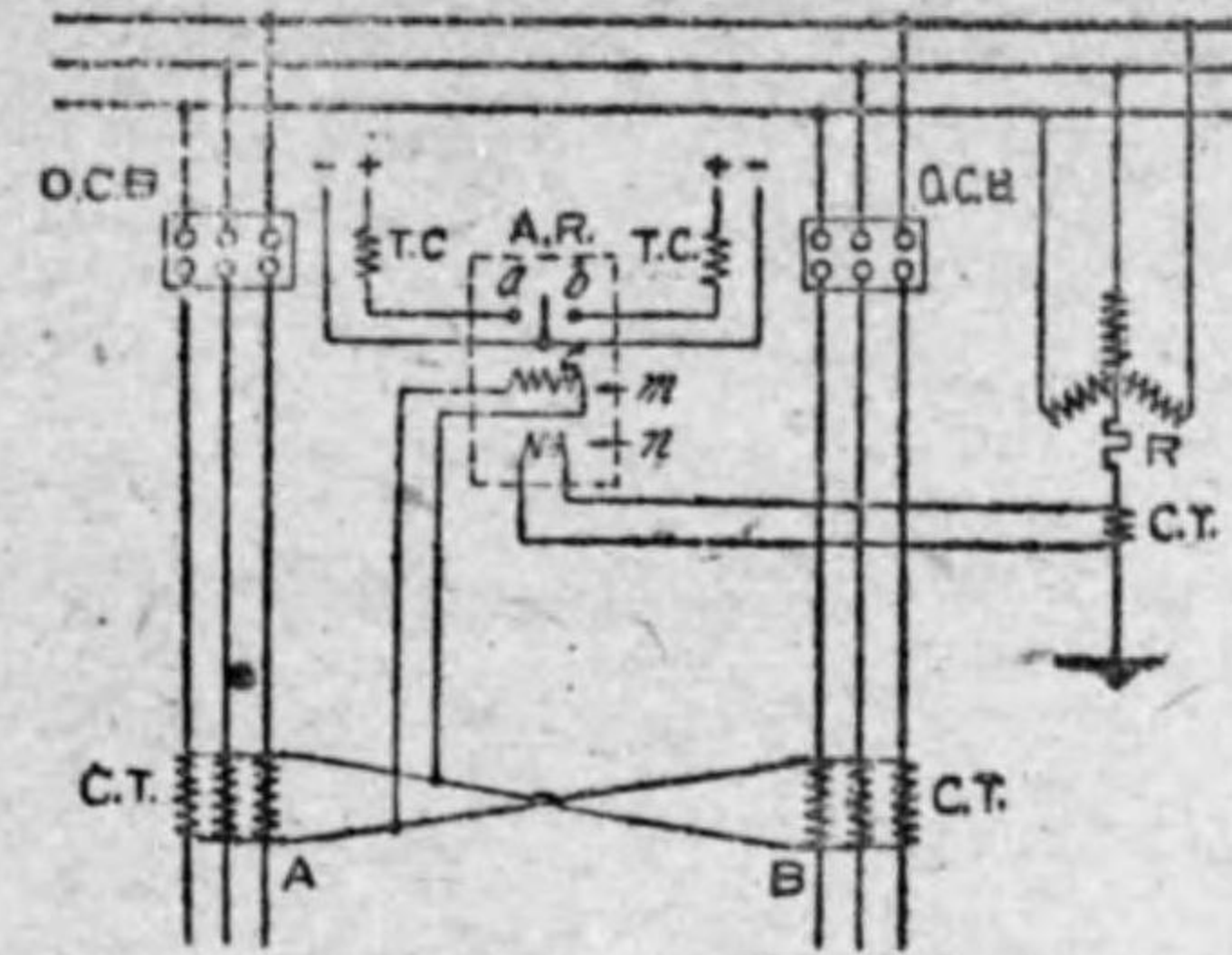


過電流繼電方式を用ふる、その要領は圖の如くで、變電所母線よりの高壓配電引出線に變流器 C.T を挿入し、この二次側に誘導型過電流继电器 O.C.R を結ぶ。配電線に短絡電流のや繼な過大電流が流れると、O.C.R はその接点 C

を閉ち、油入遮断器 O.C.B の引外線輪 T.C の回路を形成して、T.C により遮断器を開放する。變流器は保護範圍を少しでも廣くするために、及び O.C.B を切つて C.T の手入が出来るやうに O.C.B と母線の間に入れる。この継電器の時限は、通常、系統に於ける最小時限に選定される。

(7) 接地選擇保護方式

① 抵抗接地の場合；圖は一例を示したもので、接地抵抗線に結ばれた變流器 C.T より接地の際に生ずる零相電壓を繼電器 A.R の電壓線輪 n に導き、兩回線の變流器を交叉接続として、この回路より圖の如く、接地の際に生ずる兩回路の零相電流の差を繼電器の電流線輪 m に導く。この零相電壓と零相電流の關係より繼電器の接点は、接地した側に閉ちる。例へば A 線が接地すると、接点 C は a 側に閉ちて A 線の油入遮断器の引外し線輪 T.C の回路を作り、



接地選擇保護方式

之を開放する。受電端側にも同様の装置を設けて、接地故障線を選択遮断する。

圖には示さなかつたが、電流線輪 m の回路に過電流繼電器を入れる。A,B 線 O.C.B の T.C 回路は、この接点と直列にされる。従つて零相電流の差がある程度を越さない、この接点を閉ぢないので繼電器は動作しないやうにされてゐる。

② 消弧線輪接地式の場合；前圖と殆んど同様の接続で、零相電壓を消弧線輪の二次より導く。この場合は接地充電電流の數%である、兩回線の零相有效電流の差が電流線輪に流れ、之と零相電壓とで繼電器を動作させる。この零相有效分電流は接地線の方が大であつて、選擇遮断が可能であるが、接地で一々回路を切るのでは消弧線輪の意味がないから、選擇表示をさせる。

③ 非接地式の場合；零相電壓を得る爲に零相變壓器を用ふる。或は特殊の變壓器を使用し、その零相磁束より零相電壓を得る、その他の接続は、①と全く同様である。

註. 接地變壓器と云ふのは、一次を星形につないでその中性点を接地し、二次は三角形に接続して之に抵抗を挿入した變壓器である。斯様にして接地電流を制限すると共に、二次側の抵抗より零相電壓を得て、之を接地繼電器に導く。

(8) 高速度再閉路方式

高壓及び特別高壓送電線路に於ける故障の原因の殆んどは、雷撃による弧光閃絡であつて、弧光閃絡が擴大して電線の熔斷、或は碍子の破損等の事故をひき起す。従つて、斯様な事故に直面したら、急速に電路を開いて故障電流を遮断する。すると電弧は速かに消滅して、線路には何の被害も與へない。そこで再び送電し得る状態と

なるから、直ちに自動的に再送電すると、受量側の機器には無電に等しい効果を與へる。斯様に故障時に高速度で再閉路して、送電の繼續を圖るのが高速度再閉路方式である。

註. 高速度再閉路方式によると、故障の擴大を防止でき、送電線の信頼度が向上すると同時に、資材と勞力が節約される。尙、第一回の再閉路で事故が除かれない時には、再々閉路、或は更らに3度び投入する方式もあるが、一時的の故障なら第1回で90%は除かれる。

## 6.6 設 計

### (1) 送電電壓の決定

最も經濟的な送電電壓を決定するには、①線路の電力損失を價格に換算したもの、②線路の建設並に變電設備等に要する工費、全系統の運轉費及び維持費、等の和が最小となるやうに決定する。然るに、①は電壓の2乗に略々逆比例し、②は大體電壓に比例するので常數を  $k_1, k_2$ 、電壓を  $E$  とすると、①②の和  $S$  は、

$$S = k_1 \frac{I}{E^2} + k_2 E \quad \frac{dS}{dE} = 0 \text{ より}$$

$$-2k_1 E^{-3} + k_2 = 0 \quad \therefore E = \sqrt[3]{\frac{2k_1}{k_2}}$$

上式より大體の電壓が定まる。尙、送電電壓の選定には多くの實例を參考とし、地方的關係及び氣象狀況、附近の送電線の使用電壓將來の連絡關係等も考へて定める。送電電壓は電氣技術の發達に伴ひ、逐年上昇してゐる。

註. ① 送電線の建設費を分類すると、支持物費——鐵塔、鐵柱、鐵筋コンクリート、木柱等——罫子費、電線費、地線費、架線費、用地費及び補償費等になる。

② 地中線路の建設費を分類すると、直接埋設式の場合は、材料費——鐵製ケーブル、ケーブル收容物、(土管、平石、河砂等) 接續用材料、その他の小材料運搬費——上記各材料の運搬費——布設費——掘鑿、土管等の敷並べ、ケーブル引伸し、河砂充填、平石又はコンクリート蓋覆ひ、埋戻し、殘土運搬並にケーブル接續等の勞力費——路面復舊費——砂利道路の場合は砂利費及びその撒布手間賃、鋪裝道路の場合はその修費等——雜費——以上の1割見當等になる。

引入式の場合は、ケーブル費、ダクト工事費——ダクトの材料費並に築造に要する工賃——人穴工事費——人穴の材料費並に築造に要する工賃——ケーブル架設費——ケーブルの運搬費、ダクト内へケーブル引入に要する勞力費、人穴内でケーブル接續に要する材料費及び工賃——路面復舊費及び雜費等である。

### (2) 電力傳送と電話傳送の相違

| 電 力 傳 送                    | 電 話 傳 送              |
|----------------------------|----------------------|
| ①主に電氣的勢力を送る                | ①主に電氣波形を傳送する         |
| ②波形が多少變化してもよい              | ②波形の歪を極力防ぐ           |
| ③一定周波数の正弦波である              | ③一般に波形の變る歪波である       |
| ④比較的到高電壓大電流である             | ④比較的に低電壓小電流である       |
| ⑤誘導により障害を受けない              | ⑤誘導障害を受ける            |
| ⑥電壓變動率及び線路損失によつて送電電力が制限される | ⑥線路の減衰によつて傳送距離が制限される |
| ⑦線路定數の影響が大きい               | ⑦線路定數の影響は割合に小さい      |

### (3) 送配電系統に於て發電機は星形、變壓器は三角形の結線が適する理由

發電機が星形結線とされる理由は、①相電壓が線間電壓の  $1/\sqrt{3}$  になるから絶縁が容易となる。又、中性点接地方式では、中性点に近い程絶縁が軽減される。②1相の電壓が小さいので、直列導体數が少くなり、所要銅量が節約される。③第三調波による循環電流が流れず、之による銅損もない。④保護繼電方式が容易で、接地保護もできる。⑤價格も多少安いなど。

變壓器が三角形—星形結線にされる理由は、①發電機電壓は6600~11,000V 級で比較的大電流であるから、之に對しては三角形結線が適する。送電線は高電壓小電流であるから、之に對しては星形結線がよい。②送電線側の中性点が接地できる。特に消弧線輪を用ふると、接地保護及び安定度向上に有效である。③第三調波の勵磁電流が三角形結線内を流れるため、星形側に第三調波電壓を誘起しない。



但し、配電線用の變壓器は、主に三角形—三角形結線とされる。その理由は、①低電壓大電流に適する。②1箇の變壓器が故障するとV結線で一時送電できる。③各相の midpoint を引出すと、100V と 200V の2種の電壓が得られる等の利点があるためである。

#### (4) 配電線の簡素化

① 標準徑間の増大；従來の標準徑間は45~50mであつたが、之を75m位にすると、支持物並に装柱用材等が著しく節約される。但し、この場合、弛度が増大するので、電柱は長尺物を要する。又線間距離が斯がるために腕木は長いものが要る。従つて、架線が少く、需用家が散在して引込線の面倒が少い場合に適する。

② 腕木なし装柱；之は腕木を廢して、碍子を直接電柱に取付けたもので、腕木及び装柱材料が節約される。工事が簡単で早く完了する。樹木や建物との水平距離が十分に取れる等の利点があるが、一方、電柱の所要長さが増す。弛度の不均一により混線し易い、電線数が多く、引込の複雑な場合には適さない等の缺点がある。従つて、農山漁村等の配電線に適する。

③ 配電線の一元化；配電方式の変更等がある。

#### (5) 配電線の一元化

配電線の一元化は、主に高壓配電線に對して行はれ、従來の夜間線、晝間線及び晝夜間線等の各別回線を、1回線—通常、晝夜間線—に纏めて、電線や架線材料を節約しようとするものである。その方法を述べると、

① 夜間の定額燈は、なるべく従量制とし、門燈、軒燈等は従量配線より供給する。

② 夜間の高壓配電線は、一般に撤去して、夜間電燈に對しては自動開閉器を用ひて晝夜間の高壓配電線より供給する。

③ 低壓の晝夜間線と夜間線の接地線を共用して、1線を取除く

④ 上記の自動開閉器を用ひない場合には、集團従量制—長屋等に於て數軒に對し1箇の積算計器を設ける—とするか、或は村落等では需用家の協力によつて晝間は消燈してもらふ。

次に、一元化に對して考慮を要する点は、①定額制を従量制に變

へると、日没時の尖頭負荷が増大する。②深夜間は一般に消燈するので、負荷率が低下し、會社側の収入料金が減ずる虞れがある。③定額制を従量制に切替へるには、相當の資材—特に積算電力計—を要する。④會社側の營業事務—計器の檢針、料金算定等—が面倒になる。⑤變壓器の負荷分擔が變化するので、再調整を要する。⑥輕負荷時には變壓器の勵磁電流の爲に力率が低下する等である。

#### (6) 自動配電方式

自動開閉器を用ひて、晝夜間線より夜間線又は晝間線に給電するには、次のやうな方法がある。

① 順送式；A變壓器の二次電壓によつて、B變壓器の一次開閉器を閉ぢる、と云ふ様にして、操作所附近の變壓器より負荷末端の變壓器まで順次に充電して行く方式である。之は大都市には適するが、村落で各變壓器間に連絡線を要する場合には適當でない。

② 順投式；之は三相3線式に於て、例へばABCの順にスイッチを入れると自動開閉器が働くが、ACBの順にスイッチを入れると、自動開閉器が働かぬやうにした方式である。原理は簡單であるが、切換へに線路を停電せねばならぬ缺点がある。

③ 瞬時停電式、線路を一旦停電して、直ぐ再投入すると自動開閉器が閉路し、3秒位以上を経て再投入すると、自動開閉器が開路するやうにした方式である。操作は面倒であるが、單相式にも用ひられる。

④ 搬送式；配電線に高周波電流を重疊して、自動開閉器を働かせる。装置が複雑であるが、停電する必要がない。

⑤ タイムスイッチ式；時計開閉器で自動的に開閉を行ふ。点滅時刻の變更が面倒である。

#### (7) 配電系統の需用率及び不等率とその向上策

① 需用率；需用率は、 $(\text{最大需用電力} \div \text{取付電力}) \times 100$  で表されるもので、之が大きい程、配電設備の利用率が向上し、會社側は有利となる。

② 不等率；之は $(\text{負荷箇々の最大需用電力の和} \div \text{綜合最大電$

力)で示されるから、不等率の小さい程 發送配電設備が小さくなる。

次に需用率及び不等率の向上策を述べると、①設計に當り各設備容量を過大としない。②負荷曲線の異つた負荷を一緒に給電する。③深夜間電力の使用を勧奨する。④必要以上に大きい電動機を使用しない。⑤配電線の負荷状態に応じて、變壓器の再調整を行ふ等である。尙、高壓配電線の電壓變動率、需用率及び不等率の概数を示すと

|           | 電 燈 線     | 電 力 線     | 電燈電力線     |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 配 電 方 式   | 單 相 2 線 式 | 三 相 3 線 式 | 三 相 3 線 式 |
| 電 壓 變 動 率 | 2~5%      | 3~10%     | 3~5%      |
| 需 用 率     | 40~85%    | 50~80%    | 45~80%    |
| 不 等 率     | 1.1~1.3   | 1.3~1.5   | 1.1~1.2   |

## 6.7 建 設

### (1) 送電線の經過地点の選定

- ① なるべく直線路となるやうにして、電線、碍子、支持物等の資材を節約し、又、特殊支持物、特殊碍子等の使用を避ける。
- ② 樹木等の伐採を要する地点を避ける。
- ③ 材料の運搬に都合が良いよう、交通に便利なこと。又、建設並に保守に便利で、工事費及び經費の低廉な經過地を選ぶこと。
- ④ 地盤の良い所を選び、沼田や洪水の虞れある所、溝渠用水路の附近で崩壊の憂がある所等は避ける。又、降雪の多い地方では雪崩、積雪又は雪庇等の發生する所を避け、尾根又は凸地を選ぶ。
- ⑤ 鐵道、軌道、通信線、大工場地帯、御料地、公園その他の集合地等は通らないこと。
- ⑥ 市街地附近を通過する時には、市街の發展状況、その方向等を考慮する。
- ⑦ 河川横斷の場合には洪水面及び満潮面を調査する。

### (2) 送電線の經濟的徑間

送電線建設費の各項目が 徑間によつて如何に變化するかを述べ

ると、次のやうになる。

① 電線費及び地線費； 徑間に殆んど無關係であるから、徑間の決定に當つては、考慮しなくてよい。

② 支持物費及び建設費； 送電線路建設費中の主なもので、徑間を長くすると支持物数は少くなるが、電線の弛度が徑間の2乗に比例して増大するので、支持物の所要高さが増し、又、之に加はる荷重も増大するので、經濟的徑間が存在する。

③ 碍子費； 支持物の數に比例して變化する。

④ 架線費； 徑間に殆んど無關係である。

⑤ 用地費； 買収又は借地の面積と、支持物の基數とに比例する。

⑥ 踏荒補償費； 電線の長さ按比例するもので、徑間による影響は少いが徑間が増すと線間距離及び風壓による電線の偏れが増加するので、多少は徑間と共に増加する。

上記の費目の外に保守費、運搬費、金利、税金等の年算經費をも考へて經濟的徑間を決定すべきである。故に、横軸上に徑間を取り以上の各費用を縦軸上に取つて、總費用が最小となる徑間を選ぶ。最近、輸送電力の増加と送電距離の増大に伴つて、送電電圧が上昇し、徑間も長くなる傾向にある。

## 6.8 運 轉 及 び 保 守

### (1) 既設送配電線の出力増加對策

① 配電電壓の上昇； 電壓を上昇すると、電流が減少して線路の電力損失及び電壓變動率が小さくなる。従つて送電電力が増加できる。本方法は極めて有効な方法であるが、この場合に考慮を要する一般的事項は、

①變更工事に要する材料、電氣機器等の入手が困難である。②附近の架空弱電線に對する誘導障害が増加する。③線間距離及び他の工作物に對する離隔距離が増大する。④保守及び活線作業が困難となる。⑤人者に對する危険が増加する等である。

⑥ 靜電蓄電器による力率改善； 負荷と並列に蓄電器を接続して、無効電力を減少すると、それだけ配電線の送電容量が増大する

④ 直列蓄電器又は昇壓器の使用； 線路互長が著しく長くて、送電電力が電壓降下の点より制限される場合には、昇壓器を使用して線路降下を補償するか、又は直列蓄電器によつて線路のリアクタンスを減少すると、送電容量が増加できる。

⑤ 電壓変動率の緩和； 之は主に高低壓の配電線に對して行はれる方法である。但し、電燈の電壓は餘り下げないから電動機に對してのみ適用される。

⑥ 配電方式の変更； 舊設備の複雑な配電線を、三相4線式に改修して電燈と電力に共用すると、全送電電力は増大する。

### (2) 架空送電線の過負荷使用

既設の架空送電線を過負荷で使用する場合、保守上注意すべき事項を挙げると、

① この送電線に接續された電氣機器の過負荷による温度上昇に注意し、掃除の勤行、冷却効果の増大を図る。②過負荷によつて電線が焼鈍され、抗張力が減ずるやうな事のないやうにする、特に電線接續器、クランプ、ターミナル等は過熱によつて損傷を受け易いから、注意する。③電壓が降下するので、發電機の勵磁を強め、變壓器のタップを変更し、或は電力用蓄電器を用ふる等の方法で之を防ぐ。④線路の電力損失が増大するので、2回線を併用するとか、送電線をループ式にする等を考慮する。⑤巡視。上記のやうな点に留意して、巡視を勤行する。⑥その他、保護繼電器の選定、温度上昇による弛度の増加、送電安定度の低下等について對策を考へる。

### (3) 送電線の電壓上昇

既設送電線の出力増加對策として、送電電壓を上昇する場合に考慮すべき点を挙げると、

① 碍子； 懸垂碍子は箇數を増し、ピン碍子は取替、又は過電壓で使用する。

② 線間距離及び他物との離隔距離； 夫々増大せねばならないので、支持物の増大、伐採等に對して考慮する。

③ 電線； 100kV 級以上になると、コロナに對して考慮する。

④ 誘導障害； 優秀な繼電方式の採用と、中性点の接地抵抗の増

加等によつて抑制する。

⑤ 變壓器等； 變壓器は巻替へる。避雷器は單位を増加すると再使用できる。

⑥ 送電連繫； 他の送電線系統と連繫する場合は、その間に變壓器を介して行ふ。

### (4) 配電線の電壓上昇

[3kV を 6kV にする場合] ①配電用變電所。主變壓器は一般に  $\Delta$ - $\Delta$  結線とされてゐるから、之を  $\Delta$ -Y 結線とする。母線、碍子、斷路器、變流器等はその儘用ひられるが、油入開閉器、電位變成器、避雷器等は取替へる。②高壓幹線。市外地はその儘でよいが市街地では他物と交叉し、或は弱電線と接近する場合が多いので、若干の変更を要する。③柱上變壓器。三相用のものは、一次側を  $\Delta$  より Y に切換へて、一時使用する。④その他。柱上油入開閉器、避雷器等は取替へる。尚、1線接地時の電壓上昇、活線作業の困難等について考慮する。⑤高壓電動機。小容量のものは製作困難であるから、單巻變壓器を使用して 3kV 級のものを用ふる。

[100V を 200V にする場合] ①變壓器。二次側の接續を變へるだけでよい。②配電方式。工規により大地に對する電壓を 150V 以下にせねばならないので、中性点接地の三相3線式以外は認可を要する。③電氣器具。100V 器具は同一容量のものを2箇直列に使用する。200V 電熱器の金屬製外函は接地する。尚、200V 電球は 100V 電球よりも能率が 20% 位低く、製造費が 30% 位増加して、小電球の製作が困難となる等の缺點がある。

### (5) 送電線の安定度の意義

送電線の安定度には定態安定度と過渡安定度がある。前者は、一送電系統が不變負荷又は徐々に變化する負荷の下に繼續して送電し得る度合を云ひ、この極限に於ける電力を定態安定極限電力と云ふ。過渡安定度とは、送電系統がある負荷に於て安定な運轉をなしてゐる際、突然負荷が急變しても、脱調せずに再び平衡状態に恢復して安定に送電を續け得る度合を云ひ、擾亂前の極限電力を過渡安定極

限電力と云ふ。過渡安定度は、一般に定態安定度よりも遙かに小である。

送電系統がある負荷で安定な運転を続けておるとすれば、必ず送電端及び受電端の同期機の誘起起電力間には、ある一定の相差がある。今この状態より負荷が急激に変化したと假定すると、この變化した負荷に相當する値に送受電端の誘起起電力間の相差は變化せねばならない。然るに送受電端にある同期機の回轉子には夫々慣性があるから、相差の移動は一般に振動的となつて新位置に移る。この際、相差の最大移動がある限度を越へると、この系統は安定な運転を繼續し得ないで、同期機は脱調するに至る。斯様な不安定は、送電系統に發生する擾亂に基因するもので、この擾亂を分類すると、次のやうになる。

- ① 受電端負荷の急激な變化
- ② 同期機の切離し
- ③ 並行回線の一部遮断並に断線
- ④ 送電線の接地及び短絡故障並に故障線の遮断など。

#### (6) 安定度の向上策

① 線路の直列リアクタンスを減少する。之に對しては、線路の回線数を増す。直列蓄電器を挿入する。變壓器のリアクタンスを減少する等の方法がある。尙、周波数を低下するとよいが、實際上困難である。

② 過渡時に於ける電壓の變動を減少する。之に對しては、線路の中間に調相機を施設する。受電端で送電連繫を行ふ。短絡比の大きい同期機を使用し、速應勵磁方式とする。同期機に補償巻線をつける等の方法がある。

③ 故障電流をなるべく減少させるか、又は故障部分を速かに除去する。故障電流を制限するには、系統の中性点を抵抗又は消弧線輪で接地する。又故障を速かに除去するには、高速度繼電器、高速度遮断器を用いた保護方式、例へば搬送波繼電方式等を採用する。

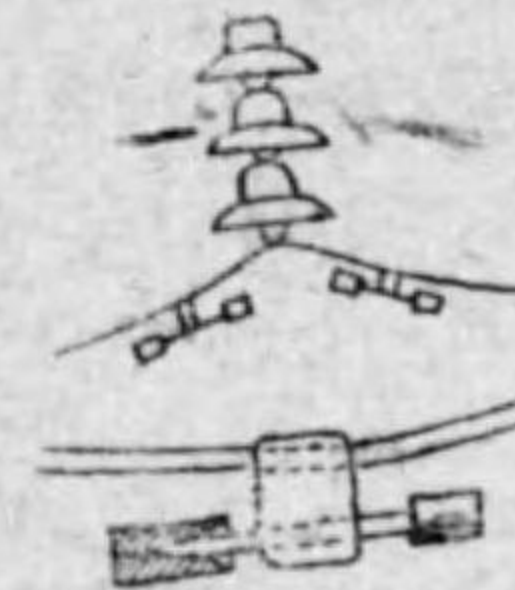
④ 原動機の調速機を鋭敏とし、發電所の所要負荷に即應して入

力を變化させる。之に對しては、速應勵磁方式が最も良策である。

以上の他に、被害をある程度軽減する爲の架空地線及び埋設地線優秀な避雷器等も安定度増進に寄與する。

#### (7) 架空電線の振動現象

架空電線が微風に吹かれてゐる時、電線の風下側に渦流を生じて風と直角の上下方向に電線が振動する。この振動の周波数は 10~40 $\sim$ 、振幅は 20~40 程度で、屢々断線の原因となる。之を防ぐには、



ストック・ブリッジ制動子

- ① 電線のクランプ附近を補強する。
- ② 弛度を増して電線の耐振強度を増大する。
- ③ クランプ及び接続器等をなるべく軽くする。
- ④ 電線を損傷しない。
- ⑤ 電線の支持点の附近に 1~2 箇のストック・ブリッジ制動子を取付ける。

之は圖のやうな構造の重錘で、その取付位置を適當にし、電線の自由振動周期を變化させて機械的の共振作用を防ぐ役目をする。

#### (8) 試 送 電

送電線に停電事故が發生した場合、故障區間を速かに檢出するため、試送電を行ふ事がある。之は送電線を開閉器で幾つかに分割し、電源側より逐次に開閉器を閉ちて行つて、故障區間を檢出する。但し斯様な方法によると、断線事故等の場合には人畜に危険を與へる虞れがあるから、十分に注意して行ふ。

#### (9) 送電線の事故の原因

100kV 級以上の送電線に於ては、事故の原因は雷に起因するものが、大部分であるが、100kV 級以下のものは故障の 50% 以上が鳥獸による被害である。雷による故障は此の 1/2 程度しかなく、碍子の劣化の如きは更にその半分である。之に次ぐものは原因不明、外物の接觸、人畜の感電、雪害、樹木の倒壊接觸、暴風雨による断線接地、その他、稀に起るものに紙風、操作者の過失、設備の不完全、火災、地震、洪水、山崩れ、遮断器の劣化等がある。

次に 154kV 級の送電線の故障の一例を大別すると、次のやうになる。

① 外物；例へば鳥、樹木等の接触による接地事故、之は高抵抗の接地系統では短時間に消失するが、通常、弧光接地となり、異常電圧を誘起して、機器の絶縁を脅し、或は弧光によつて線間短絡となる事がある。然るに消弧リアクトル接地系統では、弧光が発生しても極めて短時間に消失し、爲めに碍子の損傷も殆んどなく、例へ永久接地となつても、適當に手配を行つた後故障區間を切離して十分である。

② 積雪落下に原因する電線奔騰の爲めの線間短絡；之は前述のやうな方法によつて、完全に防止できるが、更に簡便な方法について考究されてゐる。

③ 雷災；雷による事故は最も恐るべきもので、又その回数も極めて多く、最近の統計によれば全事故中の 69% を占めてゐる。

送配電線や發變電所の設計に際しては、以上のやうな故障の原因を十分に調査して、之が對策を考へねばならない。

#### (10) 送電線の保守方法

① 監守所；送電線路に沿ひ、約 10 軒毎に監守所——散宿所とも云ふ——を設置し、通常保線員 2 名宛を駐在させるが、線路の種類巡回の難易、作業の繁閑等によつて保守區域及び駐在人員を適當に變へる。特に降雪の多い地方の山間では、ある期間監守所を増置する事もある。監守所には保安用電話を引込み、日常の保線に便するは勿論、必要な保線材料並に工具類を常備して置かねばならない。

② 巡回；巡回は定められた巡回心得に従つて、往路は送電線路、歸路は電話線路について行ふ。時々巡回の方向及び順序を變へることも必要である。巡回は 1 週間に 1 回以上行はねばならぬが、重要な線路、風や鳥害その他の事故發生の虞ある所、又は市街地附近の線路等に於ては、毎日巡回する必要がある。又、潮風のため碍子に塩塵が附着し易い地方では、特に夜間巡回をなし、碍子の火花發生状況を調べる。

③ 碍子作業；懸垂碍子の不良碍子点檢取替作業は、年 3 回（春

夏、秋）施行するを標準とする。但し、新線路は建設後數年間は、碍子の不良發生率が少いから、年 1 回 ~ 2 回行ふとよい。

ピン碍子の不良碍子点檢取替は、年に 4~6 回位行ふと良い。夏季は雷雨を控へ、特に不良碍子が發生し易いから、出来る限り弊繁に施行する。懸垂碍子でもピン碍子でも、不良碍子の検出には活線測定器を使用すると、能率がよく、一々停電する必要がない。

④ その他の作業；簡単な補修作業は巡回の都度行ふが、線路は使用するにつれて總体的に劣化するから、ある期間毎に点檢手入を行ふ。次にその一例を述べると、

木柱建替並に支線、その他の手直作業……………年 2 回  
支障樹木の伐採並に草刈……………年 2 回  
基別の細密点檢並に手入作業……………年 2 回  
開閉所油入開閉器油の試験並に濾過……………年 1 回  
鐵塔、鐵柱のボルト締並にペンキ塗替作業…… 5 年に 1 回

#### 6.9 避 雷 装 置

##### (1) 送電線の異常電壓

① 雷の直撃によるもの；送電線へ直接に落雷した場合で、その最高電壓は碍子の閃絡電壓によつて制限される。

② 雷の誘導によるもの；雷雲が送電線へ近づくと、送電線には雷雲と反對極性の電荷を誘導する。この時雲の雷電荷が他との間で放電すると、線路の電荷は自由電荷となり、左右に分れて進行するこの異状電壓は、60kV 級以上の線路では、危険性が少い。

③ 逆閃絡によるもの；鐵塔又は架空地線へ落雷した時、これ等の接地抵抗が高いと雷電流により鐵塔等の電位が上昇して、送電線へ逆に閃絡を生ずることがある。之を逆閃絡と云ふ。

④ 間歇弧光地絡によるもの；非接地系統。

⑤ 線路の開閉によるもの；之は電壓より 90° 進んだ充電電流の流れる無負荷の線路を開閉する時に起り易い。即ち、開路する場合を考へるに、電流が零で電弧が消へた時、線路には電壓の最大値

$E_m$  に相当する電荷が残るので、半サイクルの後、電源電圧が負の最大値  $-E_m$  になると、遮断器の接点間には  $2E_m$  なる電圧が加はつて再び点弧し、電気振動を生ずる。その途中で電弧が消へると、線路には更に高い電圧の電荷が残る——斯様にして數回再点弧すると線路電圧の 2~3、稀に 5~6 倍位の異常電圧を生ずる。

④ 間歇弧光地絡によるもの；特に非接地系統で、1線が弧光によつて地絡すると、地絡電流は  $90^\circ$  進相の充電電流であるから、④と同様の状態になり、間歇的弧光を生ずると異常電圧を發生する、⑤よりも高い電圧——7 倍位に達する事もある——を生じ、反覆性であるから危険が大きい。

⑥ その他；受電端で負荷を急に遮断した時、三相送電線で1線が断線した時、この場合にも異常電圧を生ずる事があるが、余り問題とならない。

### (2) 絶縁協調

電力系統の各部の絶縁強度を設計する場合、相互の関係を考へ、比較的損害や他に及ぼす影響の少い部分の絶縁耐力を、他の重要部分よりも低くする。之を絶縁の協調——又は合理化——と云ふ。即ち電力系統の絶縁強度の大きい方より順を、次のやうにする。① 架空送電線の絶縁、② 変圧器内部の絶縁、③ 發變電所附近の線路の絶縁及び變壓器套管の絶縁、④ 套管の火花間隙の放電衝撃電圧、⑤ 避雷器の放電電圧。

### (3) 架空地線

架空地線は送電線の上部に設けた接地線で、その效用は、① 雷の直撃に對して、送電線を遮蔽する。② 送電線の誘導雷電圧を低下する。③ 送電線の對地静電容量を増し、異常電圧による電位の上昇を低下する。④ 送電線の進行波の減衰を早める。⑤ 線路の機械的強度を増す。⑥ 送電線が接地した時、接地電流を架空線に分流して、附近の通信線に與へる誘導障害を減する等である。架空地線には鋼心アルミ線、鋼線等を用ひ、通常 1 條であるが雷の多い地方では 2 條設ける。

### (4) 埋設地線 (カウンターポイズ)

架空地線を設けても、鐵塔等の接地抵抗が高いと、逆閃絡を起す等して効果が減ずる。故に、接地抵抗を  $200\Omega$  位以下とする事が望ましいが、斯様な接地抵抗の得られない時には、埋設地線を用ふる。之は、鐵塔の脚部に長さ 30~40m の亜鉛鍍鐵線等を 4~6 條接続し、地下 50 程程度の深さに逼はせたものである。斯様にすると、雷電壓に對する鐵塔の波動インピーダンスが著しく低下する。



埋設地線

### (5) 招弧角

送電線の懸垂碍子 1 連の上下端に——或は下方にのみ——電線と並行し上下相對して取付けた角狀の金屬棒である。碍子に閃絡弧光を生じた時、弧光をこの金屬片間に移して、弧光熱のために碍子が破損せられる事を防ぐ。

尙、角狀の金屬棒の代りに、帶狀の金屬環を用ひたものを、招弧環と云ふ。

### (6) 發變電所の避雷装置

發變電所に於ける避雷装置を大別すると、次の 2 種になる。

① 雷の直撃防止；發變電所へ落雷した時の被害を軽減するには、建物等の屋上へ避雷針を設ける。工作物の上部へ架空地線を張る。等の方法がある。

② 異常電圧の侵入防止；線路に發生した異常電圧——雷の直撃又は誘導、開閉動搖、間歇弧光地絡動搖等——が侵入した時の被害を軽減するには、次のやうな方法がある。

(イ) 避雷器。之はなるべく被保護機器に接近して設ける。その間に相當の距離があると、反射によつて機器の端子には、避雷器の制限電圧の 2 倍が加はる。又、避雷器の接地線も太く短くして、接地抵抗を低くする。

註。茲に避雷器の制限電圧と云ふのは、異常電圧が避雷器の放電によつて低められた時の、避雷器の端子電圧を云ふ。

(ロ) 消弧リアクトル。雷電圧によつて弧光接地を起すと、之が線路電圧による間歇弧光地絡となつて、異常電圧を生ずる事がある。この動搖は、雷電圧よりも遙かに長く續くため、避雷器を焼損する虞れがあるので、系統の中性点を消弧リアクトルで接地し、間歇弧光地絡の發生を防ぐ。

(ハ) 塞流線輪。進行波の侵入を妨げるため、發變電所の引出口等に塞流線輪を設ける。然し、之はインダクタンスが相當に大きくないと、效果に疑問があり、加ふるに反つて電氣振動を起す場合すらあると考へられるので、塞流線輪と並列に高抵抗を入れて、進行波のエネルギーを吸収する方法が行はれてゐる。

#### (7) 避雷器の保守

避雷器の保守上、最も留意せねばならないのは、その接地抵抗を低く保つ事である。即ち、發變電所用のものは  $5\Omega$  以下、配電線用のものは  $15\Omega$  位を越へないやうにする。通常、梅雨期と 9~10 月頃測定し、若し接地抵抗が高い場合には、新しい地板又は管を打ち込んで、前記の値に保持する。

① アルミニウム避雷器； 薄膜の劣化せぬやう 1 日に 1 回位充電する。充電する時には直列抵抗を挿入して、放電間隙を短絡する。直列抵抗は、回路電壓で 10A 位が流れる値とする。薄膜の状態は、充電する時の火花、又は充電電流の大きさでも大体分るが、力率を測定して、0.2 位以下であれば良好と考へてよい。

② オキサイド避雷器； 毎月 1 回位、直列間隙を短絡して充電し雷雨の直後、各部を点検してセルが完全に密封せられるやう両面より堅く締付ける。セルは漏洩電流が 300V に對し 50mA 以下を以て正常とする。

③ 一般の瓣型避雷器； オートパルプ、サイライト等の瓣型に對しては、特に注意せねばならぬと云ふ点はないが、一般に避雷器の故障は濕氣によると云はれてゐるから、常に乾燥状態に保つ。

註。避雷器の具備條件は、①雷電壓を完全に放電し得ること、②機流を遮断し得ること、③その動作が回路に新たな動搖を與へないこと、④動作後直ち

に復舊し、次の準備が出来てゐること、⑤安價で壽命の長いこと、⑥占有場所が小さく保守に便利なこと等である。

尙、避雷器の電壓比——避雷器の制限電壓÷同遮断電壓——は、從來 4~5 であつたが、最近のものは 2~3 となつてゐる。勿論この値は小さい程良い。又、機流を完全に遮断する爲には、避雷器の遮断電壓を回路電壓以上に置かねばならない。

#### (8) 送配電線の雷害とその防護

架空送配電線に生ずる異常電壓は、前述のやうに雷の直撃、誘導回路の開閉——特に長距離送電線の無負荷時の開放——等によつて生じ、之が進行して來て發變電所を襲ふ。この雷動搖電壓の波高値が線路碍子の衝擊絶縁耐力を越へると、閃絡が起り、之に續いて機流が流れ、弧光接地を生じて有害な異常電壓の原因となり、或は送電の安全を害し、ひいては繼電器に働かせて停電に至る事が多い。又、電弧が碍子に絡みつき、碍子が破壊することが往々あり。或は電弧熱の爲めに電線が熔斷することもある。木柱線路の場合には雷動搖の爲めに木柱が破壊する事もある。之に對應する爲めには、送電線路に架空地線を設け、或は落雷の多い地方では避雷器を設置する。

配電線路に現れる動搖電壓は、柱上變壓器を襲ひ、巻線絶縁を破つて焼損を起し、又、套管或は内部端子台を閃絡して機流が之に續き一次可熔片を熔斷して部分的に停電を起す事が多い。之に對して電柱に避雷針を取付けたり、柱上變壓器の一次側に簡単な避雷器を設けたり等する。この場合、避雷器の接地抵抗は極力低くし、外函又は二次側の第二種地線に之を結ぶと良好な結果が得られる。

#### (9) 雷電壓に對する電氣機器の防護

① 機器各部の絶縁耐力を高め、又、回路の發生動搖電壓に對する巻線内部の受けるストレスを低減する方法を講ずる。

② 機器各部の絶縁を協調して、全体としての損害を輕減する。又保安火花間隙を設け、その衝擊火花電壓を所内最弱部の絶縁耐力より少し低く整定して、所内機器の耐へ得ない程度の動搖電壓を受けた際、保安間隙を放電させて機器の損傷を防ぐ。

③ 避雷装置を用ひて、發生動搖電壓を低減又は阻止し、或は既

に発生した動揺電圧に対して、機器の受ける端子電圧の波高値、又はその峻度を低減して、機器各部の受けるストレスを緩和し、以て機器の損傷を防ぐと同時に、送電及び配電の安全を保證する。

以上3つの中、①の方法は技術上並に經濟上の限度があり、③の方法が是非必要となる。避雷装置の動作は有害な二次現象や停電を伴はないが、②の方法では停電を免れない。従つて、②③兩方法の併用、即ち避雷装置を主とし、最後の防禦として保安間隙を置く事が推奨される。

註. ① 避雷装置は、之を2種に大別する事が出来る。即ち、架空地線の様に雷の誘導電圧を低減し、或は雷の直撃に対して遮蔽し、雷電壓の進行を減衰させたりするものと、普通の避雷器の如く、雷電壓の一部を放電して、その峻度を低減させるものがある。

② 保安火花間隙は、簡単な角型避雷器の構造とせられる。之は避雷器の放電電圧以上であること、何故なら、之は放電遮断作用が確實でないから、その動作は往々にして持続放電となる危険性があるからである。

③ 變壓器が雷電壓を受けた時、巻線内部に減衰高周波振動が発生して巻線内の電位分布を亂し、巻線大地間、巻線層間等に過大ストレスを與へる。このストレスは動揺電圧の波高値に比例し、その波頭及び波尾の峻度の高い程大きい。碍子閃絡等によつて生ずる截断波尾は、この最も甚しい例である。開閉動揺は波高値及び峻度とも雷電壓に較べて低い。振動的であつて、變壓器巻線に強制又は累積的振動を發生し、雷動揺に劣らぬ高いストレスを生ずる事がある間歇弧光地絡の場合には、この種の現象がたびたび繰返されるので一層危険である。

變壓器の巻線内に動揺電圧が起り、特に巻線端に加はる電位が大であるのは、巻線間及び巻線の大地に対する分布靜電容量の影響であつて、之を輕減する爲めに、巻線外周に靜電遮蔽を置いたものが非共振變壓器である。

直列變壓器及び誘導電壓調整器の直列巻線、變流器の一次線輪、限流リアクトル等回路に直列に結ばれる巻線は、高峻度進行波の襲來により、巻回間及び線輪間に高いストレスを受けるから、その端子間

に側路的に避雷器、蓄電器等を結んで、それを保護する必要がある。光等の側路保護装置の定格電圧は、その端子間に現れる最高持續異常電壓、例へば線路短絡の際に端子間に現れる電圧を基準として定められるべきである。

⑤ 回轉機に動揺電圧が加つた場合、この場合も、變壓器同様巻線内部に高いストレスを生ずる。回轉機はその構造上變壓器と同程度の衝撃絶縁耐力を持つ巻線絶縁を施す事は殆んど不可能であるから、危険の度は更に甚しい。變壓器を通じて低壓側に傳はる動揺電圧も、その回路の常規電圧に較べると、高壓側と同程度に高く、回轉機に取つては危険である。まして回轉機が變壓器を経ず直接架空線路に結ばれる場合には、線路に發生する動揺電圧に直面するから危険の大きい事は云ふ迄もない。

一般に動揺電圧により、機器各部の受けるストレスが、その所の衝撃絶縁耐力を越へると、閃絡又は絶縁破壊を起し、機流又は續流——線路常規電壓にて放電する電流を云ふ——が續き、停電を起すのみならず、場合によつては機器に大損害を與へる。従つて、之が保護装置として、變壓器に較べて一層有效な避雷方法が要求される。この見地から續流による停電、避雷器の破損等を多少忍んでも、制限電壓を低下する事に重点を置き、標準以下の低定格電圧の避雷器を使用する場合もある。變壓器の低壓側に結ばれた機械は、母線大地間に制限電壓の低い避雷器と、 $0.1 \sim 1 \mu F$  の蓄電器を並列に結んで保護し、架空線路に直接結ばれた機械に対しては、之と同様の保護装置を施す。尙、線路途中の被保護機械から約  $100 \sim 600m$  の距離に配電用避雷器を結び、襲雷波の波高を低減させる。

## 6.10 引込及び屋内線

### (1) 屋内配線材料の資材節約

① 絶縁電線； 暫定の第二種及び第四種線を用ふる。前者は從來の第一種及び第二種絶縁電線の代りに用ひられるもので、故銅を再生して使用し、被覆は下打編組を横巻きとして、その上に一重編組



をする。従つて被覆の厚さは 1.5 耗以上であつたものが、1.1 耗でよい事となつた。後者は、従来の第三種及び第四種絶縁電線の代りに用ひられるもので——但し、600V 以上の金属管工事には使用できない——矢張り故銅を再生して使用し、錫鍍せずに紙巻する。又ゴム混合物も再生ゴムが使用できて、黒色一層となつてゐる。その純ゴム含有量は 20% 以上である。尙、上記の編組には綿糸以外のステープル・ファイバ等も使用できる事となつた。

次に電線の太さは、1.6 耗以上とされてゐたものが、1.2 耗以上に緩和され、新に 1.6 耗以上の鐵線の使用も認められた。

② コード； 暫定普通コードと暫定防濕コードが制定され、前者は第一種及び第二種コード、後者は第三種甲及び乙コードの代りに用ひられる。然して、第二種及び第三種乙コードに相當する丸打構造のものが、介在綿糸を省いて袋打ちとされた。導体の太さも  $0.9 \text{ mm}^2$  以上であつたものが、 $0.75 \text{ mm}^2$  に改められ、導体の錫鍍を廢して、綿糸横巻の代りに紙テープ巻、編組には綿糸以外の撚糸——ステープル・ファイバ等——が使用できることとなつた。

③ その他； 鐵製コンヂットの代りにファイバー製のダクト及びコンヂット、純ゴムテープの代りに再生ゴム、銅バインド線の代りに鐵バインド線等が用ひられてゐる。

### (2) 需用家の光度低下に対する調査事項

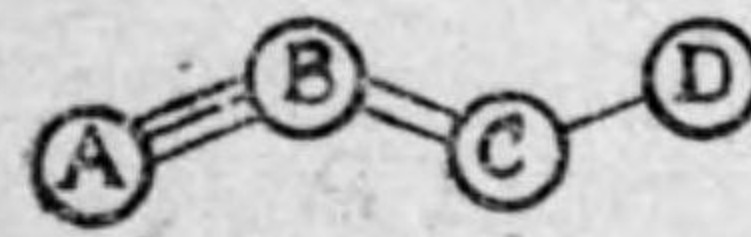
電燈需用家より光度が低下したとの申出があつた時、電氣事業者の調査すべき事項について述べると、

先づ電球が劣化してゐないかに注意し、次で線路の電壓降下を調べる。線路の電壓降下に対しては、そのインピーダンス降下が設計當初に比し、負荷の増加により大となつたのではないか、或は負荷の力率が低下したのではないか、電源の容量及び柱上變壓器の容量不足により、その電壓變動率が増大したのではないか、柱上變壓器のタップの選定が不適當ではないか、變電所に於ける電壓調整が完全であるか、その附近で盜電等はないか等を調査する。

## 6.11 地 中 電 線 路

### (1) 地中送電系統の接続方式

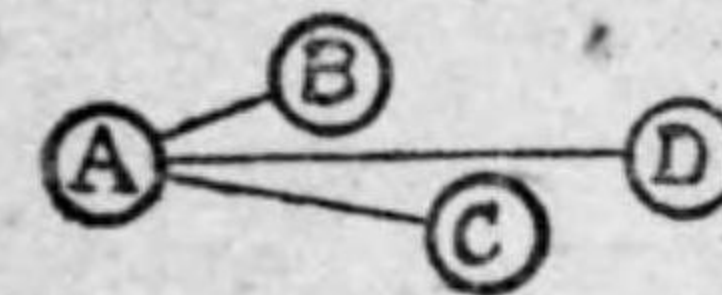
① 串型式； ケーブルは各變電所 A, B, C, D を串さしにしてゐる



串 型 式

から、變電所内の立上り——ケーブルヘッドとして所内の配線に結ばれる所——ケーブル、斷路器、油入遮斷器、所内配線費、配電盤費等が嵩む。勿論、變電所の敷地も増す。従つて變電所の建設費が大となる。然し、地中線工事費はケーブルが同一ダクト内に入れられるから割安である。又故障の点檢並に平素の保守には、経路が1つだから便利である。然し、1本のケーブルの故障が隣りのものに影響する。但し、豫備ケーブルの條数は少くて良い。尙、變電所では受送電回數が多いので、電力の融通には便利である。安全電流について云ふと、同一ダクト内のケーブル條數が多いため、放熱の影響が大で、その値は小となる。

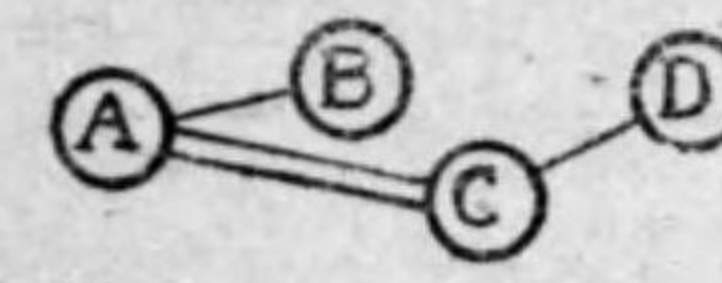
② 放射式； 下圖の如くで、本方式は①と反對である。即ち、變



放 射 式

電所は簡單で建設費が少ないが、地中線工事費は地中線の經過地が別々になつてゐるから、一般に割高である。又故障の点檢及び平素の保守は困難であるが、他のケーブルの故障による影響は少い。但し、豫備を各方面共に設ける必要があり、ケーブル條數が多くなる。又、運用には不便であるが安全電流は大きく取れる。

③ 混合式； 大都市に於ては變電所の數も多く諸所に散在する



混 合 式

から、以上2つの何れの式に偏するものも得策でない。故に市内を數箇の送電系統に分つて、一系統毎に串型式を用ひ、異系統間の連絡に放射式を用ふるのが最も經濟的と考へられる。

### (2) 地中ケーブルの布設方法

① 直接埋設式； 本方式は大地を掘鑿してトラフ——陶製半土

管又は鐵筋コンクリート製の樋——を埋め、之にケーブルを收容し川砂を充填してその上を蓋で覆ふ方法で、蓋には鐵平石又は鐵筋コンクリート製板を用ふる。然して、之を元通りに埋め戻す。それ等の寸法は、收めるケーブルの太さ及び條數によつて異なる。

この方法の最大の欠点は、故障又は増設の際、一々掘鑿を要すること、他の工事による外傷を受け易いこと、布設するケーブルの條數が多くなると道路掘鑿の幅員が廣くなり、他の埋設物との關係上地下の占用が困難となること等である。然し是等の点を除くと、引入式に對し次のやうな特長がある。

① 工事が容易で工費が安い。②ケーブルに大きい張力を加へたり、甚だしく彎曲する等のことがない。③作業者が狭い人穴内に入らなくてよく接続が容易である。④ケーブル1ドラムの長さを任意に取り得る。⑤熱放散が良好で、安全電流が大きいなど。

⑥ 引入式；本方式では特別の管路を築造し、この管路に、ある間隔を置いて人穴を作る。然してこの人穴の間でケーブルを管路に引入れる。故障の際は勿論、ケーブル増設の場合でも豫め管路の數に豫備を見込んで置くと、再び道路掘鑿の要がない。故に引入式は建設費が多少嵩むが、電線路の維持上に多大の利益があり、結局、經濟的となる。一般に舗装道路に布設する場合、又は變電所の引入口の如く、布設ケーブル條數の多い所は引入式を採用し、舗装されぬ道路で布設條數の少ない場合には、直接埋設式を用ふる方がよい。

### (3) 地中ケーブルの安全電流

安全電流とは、ケーブルに電流を通じた時、ケーブル内に生ずる損失——銅損、誘電体損及び鉛被損、但し 3.3kV 級以下のケーブルに於ける誘電体損及び多心ケーブルに於ける鉛被損は微小で無視し得る——によつて上昇する導体の最終の溫度が、ケーブル絶縁物の最高許容溫度を超過しないやうな電流を云ふ。

安全電流に影響する事項は、ケーブルの型式、心線數、絶縁の厚さ、誘電体損、埋設の深さ、土壤の溫度及び乾濕状態、ケーブル布設方法、ダクト内ケーブルの位置、負荷ケーブル條數、季節、負荷

状態等である。例へば、

① ダクト内ケーブルの位置；同様に負荷された 2 條のケーブルを同一の深さに、直接埋設した場合に、ケーブル 1 條の場合の安全電流を 10 とすると、

| ケーブル中心間水平距離 (纏) | 10   | 20   | 30   |
|-----------------|------|------|------|
| 安全電流            | 0.76 | 0.82 | 0.86 |

但し、相互距離が 120 纏以上になると、この影響はなくなる。

ダクト内の總てのケーブルに同一電流を流すと、ダクト内側に入つてゐるケーブルの溫度上昇は、外側に於けるものより大となる。故に溫度上昇を總てのケーブルに對して一樣にするためには、ダクトの位置によつて電流の大きさを變へねばならない。

② 土壤の状態；地中に直接埋設されたケーブルは、乾いたダクト内に收められた時よりも、同じ溫度上昇に對して 15~30%——土壤の性質及び濕潤の度によつて——安全電流を増す。水中に入れると約 50% 余計に電流を流し得る。

土壤の種類について云へば、普通土砂は粘土よりも熱抵抗が高く乾燥する程益々高くなる。約 20% の濕氣を含むと、砂土は乾燥した時よりも 4~5 倍熱傳導が良くなる。ケーブル布設地の土壤は、所々違ふから往々高熱点を生ずる事がある。

路面舗装は、その種類によつて熱傳導力が異なる。之をその大なるものから順序に列記すると、

花崗岩→マカダム→煉瓦→舗装しない道路→アスファルト→木煉瓦

その他例へばケーブルの形式に於て、鎧裝ケーブルは安全電流が小さい。心線も多くなる程——例へば單心より 3 心の方が——熱の放散が重つて安全電流が小さく、絶縁物の厚さが大であつたり、誘電体損が大きかつたり、埋設が深い時には共に安全電流が小となる。尙、布設方法としては管路式は小であり、同一ダクト内の負荷の條數が多いと、相互放熱により、又、夏は土壤の溫度が高いので、何れも安全電流は小さくなる。又、負荷状態に於ては、間歇的負荷は連續的負荷よりも安全電流を大きくし得る。これはケーブルが最終溫度

に達するには、相當の時間を要するためである、

註. ケーブルに一定の負荷をかけてから、最終温度の 90% に達する迄に要する時間は、大体

直接埋設式 15 時間 引入式 10 時間

であつて、空中に吊架されたものは、3 時間位である。故に短時間であれば、相當の過負荷電流を通じても支障はない。

#### (4) ケーブルの損失及び單心ケーブルと 3 心ケーブルの優劣

ケーブルに電流を通ずる時、導体抵抗によつて銅損、交流電壓を各導体間、或は導体と鉛被間に加ふる結果、絶縁物内に生ずる電力損失、誘電体損——この現象は誘電体が静電容量として作用する他に、吸収電流と稱して充電電流とは別の性質の電流を取るに起因する——及びシース損、即ち鉛被損を生ずる。誘電体損は電壓の大きい程、温度の高い程大となる。周波數によつては、40°C 以下では周波數の大なるものが少し大きい、温度が 40°C 以上になると反對に周波數の小なるものゝ損失が著しく大となる——普通最高使用温度で 1.5% 以下——次に鉛被損であるが、之は單心ケーブルに於て問題となる。送電容量が増加すると電壓を高くし大きな導体を用ひねばならない。3 心ケーブルであると外径並に重量が著しく増して取扱が不便で、斯様な場合に單心ケーブルを用ふる。單心ケーブルの有利なのは、外径及び重量が小さく、布設が容易で接続が簡單であり、事故が一相内に限られ、安全電流の大きい事である。然してその欠点とする所は、鉛被損の問題である。

鉛被損は鉛被回路損と鉛被渦流損に大別される。前者は鉛被の縦方向に流れる電流によるもので、2 本以上のケーブルの両端が互にボンドされると、是等のケーブルが閉鎖回路となり、之に電流が流れる爲である。後者は鉛被内に於て、ケーブルの軸に直角の方向に生ずる渦流によるものである。この損失は、導体に流れる電流が大なる程、周波數が増す程共に増加し、誘電体損と同様になる。

又、この損失は導体心線距離を大とする程、鉛被回路損は急激に増し、鉛被渦流損は小となる。實際は鉛被回路損の方が遙かに大であつて、ケーブルが接近した状態では、鉛被損は銅損の 5% 位、ケ

ーブル直径の 10 倍位の距離に於ると、銅損の 50% にもなる。然して鉛被損を減少するには、鉛被の固有抵抗を増す。

#### (5) 段・絶縁

ケーブルの心線絶縁に均一の絶縁物を用ふると、電位傾度は心線に近い程大きく、外方になる程小さい。然して、一般に誘電体として用ひられる紙は、その密度の大きい程、誘電率及び絶縁耐力が大きい。そこで心線に近い程、密度の高い紙を巻くと、電位傾度が均一化せられて、絶縁物全体の厚さが薄くて、所定の絶縁耐力が得られるやうになる。之を段絶縁と云ふ。

#### (6) 特殊ケーブル

① SL 型; 單心鉛被ケーブル 3 條を介在物と共に圓形に撚せ、ヘシアンテープを巻いた上に鋼帯を施したもので、この鋼帯に代つて更に鉛被を施したものを SLL 型と云ふ。

② H 型; 心線絶縁の上を金屬化紙——紙にアルミニウム箔を貼り、小孔をあけたもの——で包み、之を 3 心束ねて——三相 3 心——細い銅線入りの金巾テープで巻き、その上に鉛被を施したものである。

③ 油入型 (O.F 型); 心線導体を中空にして、之に絶縁油を壓入したものである。他のケーブルは、温度によつて絶縁物が伸縮すると、その中に空隙を生じ、この部分の空氣が電離されて絶縁物が絶縁破壊を起す原因になるが、本ケーブルにはこの欠点がない。

註 ①は 40kV 級、②は 100kV 級、③は 220kV 級迄用ひられる。

#### (7) 特別高壓用ケーブルの故障及び劣化原因とその対策

① 外的故障; 最も多いのはケーブル外装鉛被の腐蝕である。之は鉛被が化學的に腐蝕されるものと、電解的に腐蝕されるものとに大別される。前者は埋立地に布設せられる場合に著しく、之が対策としては、2 重鉛被としたり、或はコンクリート・トラフ中に Δ 型に配置し、之にピッチを充填したものもある。電解による鉛被及び外装の腐蝕は、單線式電氣鐵道の漏洩電流、その他の地中電流の電解作用を受くるのであつて、鐵道軌條及び鉛被の電氣的接続を完全とし、特にボンドを施したり、又は絶縁物の隔離板を置く。或は排流

器の設備、ダクトの改良、鉛合金の採用等種々の方法がある。此處に興味あるのはケーブル自体を利用する方法で、鉛被の腐蝕並に一般外傷に對し極めて有効なものとされてゐる。それは内部鉛被上に耐酸、耐アルカリ、耐水にして然も可撓性の防蝕絶縁層を施し、外部鉛被の損傷の結果、燃添部に浸水しても内部鉛被を保護し、ケーブルの電壓破壊を防止せんとするものである。或は又防蝕塗料として、鉛被表面に導電性の塗料を用ふる事もあり、外國で蓄電池又は酸化銅整流器を鉛被と附近の土壤との間に接續する陰極保護方式が使用せられてゐる所もある。茲に内部導体の接地により、多くの鉛被鐵支持物を通じて接地電流が流れた結果、その部分部分の鉛被が熔解される場合もある。之に對しては、適當な間隔毎に鉛被を接地すると良結果が得られる。尙、消弧線輪を用ふると、接地状態が間歇的接地となり、接地箇所に於ける絶縁物の焼損を十分緩漫として、相間短絡に進展させない利点がある。

次にケーブル自体の劣化であるが、之は絶縁体内部に生ずる空隙に發生するイオン化現象が最大原因である。従つて之に對して空隙を生じて、その部分に發生するイオン化作用に犯かされないやうにするか、根本的にイオン化現象を起さぬやうにする2つの對策が樹てられてゐる。空隙を發生させない事をケーブル外より行つたものが油入ケーブルである。本ケーブルは附屬物の給油槽、終端函の故障もあるので、適當な設計のものとなせねばならない。之に對しケーブルを氣密にした鐵管内に入れ、且つ管中には特殊のガスを相當の壓力で封じ、外部よりの壓縮作用で氣泡の形成を防いだものもある。尙、劣化を促進する誘電体損失の低減、鍍装部の電力損失を軽減するために、非磁性体の特殊合金の採用等、間接に劣化を防止する策もある。Solid Cable に於ける空隙發生防止策としては纖維密度高く、機械的強度の大なるクラフト紙を用ひて緊密に紙巻きする。

或は故障の自動警報も間接の對策であらうし、他物の地中埋設作業で突發的に切斷せられることのないように標識を置く。或は架空

線との接續部に避雷器を設置して、異常電壓に抗する。接續部、終端函を特殊の装置とする等。

### (一) 地中送電線路の保守

① 故障豫防；故障を未然に防ぐ事は保守上最も大切な事であり、之がため種々の周期的試験を行つてゐる。ケノトロンを用ひて直流高壓を送り、漏洩電流と時間との曲線によつてケーブルの良否を豫知する方法、ケーブルの誘電体損を周期的に測定する方法等が之れである。

② 温度測定；これも故障豫防の一種と考へられる。ケーブルの條數の多い所、又は負荷の重いケーブルのある線路等では人穴及びダクトの温度を時々測定する事が必要である。それには人穴又は空ダクト内の氣温を測る。測定器具には水銀溫度計、最高水銀溫度計、記録溫度計、抵抗式溫度測定器具——ホイートストン・ブリッジ型のもの——、熱電對型溫度測定器具——電位差型のもの——等がある。勿論、後者に屬する器具は高價であるが、測定は精確にできる。測定の結果温度の高い事を發見したならば、負荷を減らすか、ダクトの冷却法を講ずるか、又は別に新線路を作る等、故障の起らぬ様にする。

孔數の多いダクトに於ては、ケーブルの引入れてあるダクト孔の位置に應じて、適當な負荷電流を流す。ケーブルに甚だしい故障のあつた際は、故障ケーブルに隣接するケーブルの使用を一時休止するか、又は負荷を著しく減じて故障点の温度がケーブルの臨界温度以下に降り切る迄、常態の使用を待つことが望ましい。

③ 人穴の掃除；人穴内には一般に水が溜るから、定期的に排水を行つて内部の有害な汚水を排除せねばならぬ。このため運搬用のポンプを備へて置くがよい。排水したら内部をよく掃除してケーブルを点檢し、不良箇所を修理を行ふべきである。

人穴内には屢々有害なガス——炭酸ガス、一酸化炭素、水素、メタンガス等——が溜つてゐる事があるから、人穴内に入る前には必ず蓋を開いてから、相當時間内部の換氣を行はねばならぬ。之でも有害なガスが排除し切れぬ時は、空氣ポンプを用ひて中に壓搾空氣

を送り作業中を続ける。爆発性ガス——水素、メタンガス——の存在することもあるから、人穴内に入るに際しては、裸火を用ひず電燈又は安全燈を使用すること。

註. ケーブルが人穴内で故障を起し、その電弧によつて隣りのケーブルに損傷を與へないやうに、①煉瓦又はコンクリートの棚を作り、之にケーブルを1條宛載せる。②セメントモルタルの被覆をケーブルに施す。③石棉の被覆をケーブルに施す、等の方法がとられてゐる。尙、ダクトの温度が上昇して、ケーブルの保守上危険と思はれる場合には、次のやうな対策を行ふ。

- ① ダクト上に有孔陶器製排水樋を設け、之に水を通して周囲の土壌を濡らす。
- ② 空ダクト内に水を通す。
- ③ 送風機又は排氣機によつて、空ダクト内に空気を循環させる。
- ④ ダクトを2列にするなど。

## 6.12 配電用變電所

### (1) 配電用變電所の容量の決定

配電用變電所の容量、即ち負荷を想定するには、先づある單位面積に於ける取付負荷を想定し、その數値に需用率、不等率を乗除して、變電所が供給する最大電力を算出する。

變壓器の容量、或は饋電線の太さ等を算定するには、先づ各需用者の取付電力に需用率を乗じたものを實際の需用電力とし、次に一配電用變壓器で供給する區域の實際需用電力の合計を需用者間の不等率で除した値を、この變壓器が供給する最大電力として、變壓器の容量、低壓線の太さ等を算定する。同様の方法で1つの饋電線で供給する變壓器各箇の最大需用電力の和を、變壓器間の不等率で除したものが、饋電線で送電する最大電力となり、各饋電線の送電電力の合計を饋電線間の不等率で除したものが變電所に於ける需用電力となる。

註. 需用率は、(最大需用電力÷取付電力)×100%で表される數値を云ふ

### (2) 變電所の出力増加対策

- ① 電力用蓄電器の設備; 電力用蓄電器は、線路の末端に取付け

る程有效である。即ち、負荷と並列に設置すると、之より電源側の配電線、變電所、送電線、發電所等には、總て蓄電器の進相電流が流れて、それ等の出力がある程度増加できる。

② 變壓器の冷却方式の改善; 最も一般的なのは、自冷式の變壓器に放熱器を取付け、送風機によつて之を冷却する。斯様にすると10~30%の過負荷ができ、尖頭負荷時にのみ送風機を運轉すれば良いから都合が良い。

③ 既設變壓器の設計の裕度を利用する; 以前の電氣機械は、一般に相當贅澤な設計を行つてゐたので、既設の變壓器はその儘で、かなりの過負荷ができる。例へば舊規格品をZ規格の許容温度まで使用すると10~30%の過負荷も可能である。

### (3) 變壓器の保守上留意すべき点

變壓器の劣化は、主に絶縁耐力の劣化と云ふ事ができる、之は温度の變動、濕氣の影響、過負荷、機械的影響等によるのである。従つて過熱しないやうに、又、油中に濕氣を含まぬやうに留意する。

① 過熱とならぬ注意; 自冷式にあつては、變壓器室の通風、水冷式にあつては、冷却水の温度及び冷却装置が十分効果を發揮するやうに留意する。

② オイル・コンサーバタの保守; 油に濕氣を含まないやうにオイル・コンサーバタ及び吸濕装置を時々点検する。殊に負荷變動の激しい、例へば電鐵用のもの等にあつては、呼吸作用が活発であるから、この点に注意せねばならない。

③ 油の試験及び濾過; 1年4回以上油を取出して、その絶縁耐力を試験して点検する。若し劣化してゐるやうなら濾過する。普通3年に1回は濾過する。

④ 線輪の吊上点検; 線輪の締付が緩んだり——特に誘導電動機を起動するとか電鐵用にあつては瞬時過負荷が大でこの傾向が大きい——して來るから、5年に1回位は中身を吊上げて締付或は点検をする。

⑥ 保安装置及び保護継電方式の点検； 変圧器の保安装置たる避雷器は、変圧器の絶縁が年月と共に退化するから、絶縁協調の主旨よりその放電電圧を下げる——直列間隙を短くする——必要が生ずる事もある。保護継電方式はその動作を点検して、常に完全に働くやうにする。特に自動式発電所に於てはそうである。

#### (4) 發變電所に於ける相間短絡の主な原因

① 従業員の誤操作、例へば負荷せられた断路器を開くと、電弧を生じて危険である。② 鼠、蛇等が母線や導体に接觸すると、直接又は接地を通じての相間短絡となる事がある。③ 雷又は回路に發生する異常電圧により、發變電所内の1線が弧光接地し、續いて他線もその電圧上昇により弧光接地して、相間短絡を惹き起し易い。

#### (5) 油入遮斷器の使用理由と爆發の原因

高電壓の交流回路の遮斷に油入遮斷器が用ひられる理由を説明する。電流の通じてゐる遮斷器の接觸子を離した瞬間、兩接觸子間は電弧で連絡せられる。然して、この電弧は、電弧に供給される電力が、放散する熱損失よりも大きい間は持續する。接觸子が油中にある時は、空中にある時よりも強力な冷却作用を有する油に冷却されて速かに消滅する。又、交流では電流の零となる瞬間に電弧が消へる。然して油中にあると、そのとき絶縁耐力の大きい油が速かに兩接觸子間を隔て、再点弧の現象を防止する。電流の零にならない直流には油入遮斷器が用ひられない理由は茲にある。

電弧が發生した時、その周囲の油はその高熱によつて蒸發氣化してガスとなり、電弧を包む。このガス氣泡は周囲の油で冷却せられ且つ上昇する。遮斷電流の大きい程この發生ガス氣泡は高熱であつて、短絡電流を遮斷したやうな場合は殊にそうである。然して、この高熱ガス氣泡が遮斷器の油面上に出た時、尙、十分に冷却せられてゐないと、そこの酸素に引火されて爆發する。幾何の電流を安全に遮斷し得るかの容量を遮斷容量と云ふ。故に爆發するのは、遮斷容量以上の電流を遮斷した時、或は遮斷と同時に異常電圧上昇を生じ——例へば長距離無負荷送電線の遮斷——強烈な再点弧を生じた場合、或

は雷電壓が遮斷器に入り、油面を傳つて外函に放電した時等である

#### (6) 装甲開閉装置

油入遮斷器に出入する電線にケーブルを用ひ、ケーブルと遮斷器の接觸点には絶縁コンパウンドを充填したものである。導体の露出部分がないので感電の危険がなく、占有場所が著しく節約せられると云ふ特長がある。一般に 30kV 級以下の配電設備に用ひられてゐる。

#### (7) 装甲型配電盤

母線、接續線及び計器用變成器等を1つの装甲室内に閉鎖し、且つ所要一次断路器、二次断路器と共に隔離、移動し得べき遮斷器、又は他の斷路装置を含む鋼鐵製構造からなる開閉装置で、装甲室はコンパウンド、油又は他の絶縁媒体を充填し得る構造になつてゐる。

本装置の利点は、① 操作者に安全で、内容器具を保護する。② 工場組立の儘据付ができる。③ 屋外屋内用とも据付面積が遙かに小さい。④ 維持費が小さい。⑤ 相間短絡が絶無である。⑥ 一纏めになつてゐるなど。

#### (8) 配電盤上の器具の配置に當り考慮すべき事項

① 操作の安全、② 点検手入の容易、③ 事故が發生しても一局部に喰ひ止め得る。④ 各器具の所要接續線を最小とする。⑤ 發熱性の器具を離す。⑥ 相間、極間その他電位の異なる導体間及び導体大地間には適當な絶縁距離を置く。⑦ 取付場所の狭い時、又は電弧を發する器具に對しては隔壁を置く。⑧ 大電流母線の漂游磁界と計器、繼電器の關係位置を適當にして誤差を起させない。⑨ 油入遮斷器は小容量 3.3kV 迄は盤裏面に直接、又は盤組枠に、6.6~11kV 迄は盤後方組枠に取付ける。

配電盤は支持台及び盤組枠で支へる。又、盤後方に盤後方組枠を設け、之れに諸器具を取付ける事がある。何れも適當な方法で接地する盤の配列は總括制御に便するやうに1箇所に纏めるか、圓弧状にする。又、母線材料を經濟的にするやう電流容量順に一方から他方に列べる。

配線の作業及び点検に便するため接続端子台、端子番號、接続母線等を使用する。電線には耐濕、耐燃、耐酸性の第四種絶縁電線を用ふる。裸導体を使用する時は十分の絶縁距離を置き、計器用變成器の二次接続は中線を必ず接地する。尙、計器、表示器の指示及び繼電器は更正試験のできるやうに試験用端子の配電盤を下方に設置する。

#### (9) 自家用變電所の主要電氣設備と日負荷率及び力率

〔アルミニウム電解工場〕 ① 主要電氣設備； 之には變電設備——變壓器、回轉變流機、水銀整流器、電動發電機等——電氣設備等がある。

② 日負荷率； 相當に良好で90%以上に達する。その理由は電解電流が一定であること、電解作業は連続的であること、その他の負荷は電解負荷より遙かに小さいこと等による。

③ 力率； 交流直流變換機に回轉變流機を用ふると、その勵磁を強めて力率を100%にすることも出来る。水銀整流器は相當大容量のものであるから、90%位と見ることができ、他の電動機負荷を含めても大体80~90%位となる。

〔ビルディング〕 ① 主要電氣設備； 之には變電設備——變壓器、電壓調整設備、交流直流變換設備——電動昇降機及び自動階段、照明及び電熱設備、電氣冷房設備等がある。

② 日負荷率； 負荷電力の主なものは照明設備であるが、これは大体に執務時間のみであるから、日負荷率は50%程度になる。

③ 力率； 力率が悪いのは各種誘導電動機で、排水ポンプ換氣扇、交流式昇降機、自動階段、冷房装置等に用ひられるが、その消費電力量は全体の10%位であるから、力率は80~85%位である。

〔製鋼工場〕 ① 主要電氣設備； 之には變電設備——變壓器、交流直流變換機、高周波發生設備等——壓延用電動機設備、電氣爐、起重機類等がある。

② 日負荷率； 通常60~70%である。最も大きな電力を要するのは壓延機と電氣爐である。壓延機は無負荷の時間が相當に長い

ので、負荷率も不良となる。

③ 力率； 壓延機の無負荷運轉状態が長く、且つ一般の原動機には誘導電動機を使用するので、平均力率は低く、75%程度である。尙、高周波電氣爐を使用すると、力率は更に低い。

### 6.13 蓄 電 池

#### (1) 電池の成極(分極)

電池より電流を取出す時、陽極に發生する水素泡は、直ちに上昇しないで、陽極の周圍に水素膜を作る。元來、水素は陽イオンであるから正電位で、電池起電力の一部を打消し、又水素膜は高抵抗であるから、電池の端子電壓が著しく低下する。之を成極作用と云ひ、成極作用を防ぐ事を減極、又は消極と云ふ。

註. 減極剤には一般に酸化劑——二酸化マンガンを——を使用し、水素と化合させて之を除くやうにしてゐる。

#### (2) 自己放電(局部作用)

電池の極板に不純物を含むと、この不純物と周圍の極板物質との間に電位差を生じて、電流——局部電流と云ふ——が流れ、極板が消耗する。この現象を電池の自己放電と云ふ。

#### (3) 空 氣 電 池

陽極に炭素、陰極に亜鉛、電解液に苛性ソーダ溶液を用ひ、減極剤として空氣中の酸素を利用した電池である。この電池は亜鉛と電解液が消耗するだけで、陽極は數回の使用に耐へ、他の電池に比べて種々の特長がある。

#### ( ) 表 示 電 池

多數の蓄電池を同時に充電、又は放電する時、各電池について充電、又は放電の状態——比重、溫度、電壓等——を見る事は困難である。そこでこれ等の蓄電池群の中より適當なものを數箇選定してその状態より全般の状態を推知する。この電池を表示電池と云ふ。

#### (E) 浮動蓄電池方式

蓄電池群と充電機を常に並列運轉して、負荷電流が増加した時にはその大部分を蓄電池より供給し、輕負荷時には蓄電池を充電する

やうにした方式である。斯様にすると、次のやうな特長がある。

- ①電池は常に充電されて居り、何時でも全能力を發揮し得る。②電池の壽命が著しく長い。③電池及び充電機の所要容量が小さい。④操作が簡単で、故障や誤操作が少いなど。

## 7. 電 鐵

### 7.1 — 般

#### (1) 蒸氣鐵道の電化

電氣鐵道が蒸氣鐵道——蒸氣機關車で運轉する鐵道——よりも優れてゐる点を挙げると、次の如くである。

① 燃料； 蒸氣機關車は各箇に動力を發生するため能率が悪い。然るに電氣鐵道では主に水力發電が利用でき、又、火力發電によるとしても、大規模に發電するので能率がよい。

② 煤煙； 電氣機關車は煤煙を出さないで、都會地では衛生上によい。又、隧道の多い區間では、旅行者及び従業員の不快感がなく、ガスによる窒息の危険も少い。

③ 輸送力； 電氣機關車は蒸氣機關車よりも起動及び制動を大きくできるので、表定速度が増大する。又、小單位にして列車回数を増すと、輸送力が増強できる。

④ 運轉費； 電氣鐵道では、電力回生制動が行へる。従つて、特に下り勾配の多い區間では、電力回生制動により運轉費が節約される次に、蒸氣鐵道を電化するに當り考慮すべき事項を挙げると、

① 資材； 電車線路及び變電所の増設、發電所の新設、電氣機關車の製造等に多量の資材を要する。これ等の資材の入手、並に勞力の確保について考慮する。

② 電源； 既設の電力系統に余裕のない場合は、専用の發電所を新設しなければならない。又、電氣鐵道は負荷として考へると、余り有難くないと云ふのは、負荷率が非常に低く、朝夕のラッシュアワーと、工場の始業が一時重つて、尖頭負荷を一層増大するからである。

③ 工事； 我國のやうに隧道の多い所では、電車線路を増設する場合に、種々の困難がある。即ち、車体の上部に集電子を設ける爲めには、從來の隧道では高さが不足する。



① その他； 直流式による場合は、附近の弱電線に対する誘導障害、地中管路の電蝕、運転員の訓練等について考慮を要する。

### (2) 電氣鐵道に於ける輸送力の増強対策

① 列車単位の増大； 列車単位を増大すると、負荷電流が増して線路の電壓降下が増加し、列車の速度が低下する。従つて、之を防ぐ爲には饋電線を増設する必要があり、多量の資材を要する。

② 列車回數の増加； 之れも上記と同様に線路の電壓降下を増大して、列車の表定速度を低下するので、やはり饋電線を増設せねばならない。

③ 列車速度の昂上； 之れに對しても、上記と同様に線路の電壓降下を増大する。

次に、多量の資材を使用せずに輸送力を増強する方法について述べる。

① 電原方面に對しては、(イ)電車線電壓をなるべく上昇する。(ロ)移動變電所を用意して、輻輳箇所に於ける線路の電壓降下を防ぐ。

② 車輛自体に對しては、(イ)收容人員を増加するため、従來の横座席を改造して縦座席にするか、又は座席を全廢する。(ロ)車輛の重量を軽くして、比電力消費量を小さくする。之れがため新造車は極力大型とし、或は非金屬、輕金屬車等の使用を考へる。

③ 運轉技術に對しては、(イ)急行列車を増加して、最高速度を上げる事なく表定速度を増大する。

### (3) 電車線電壓の倍化

600~750V 級以下の電車線電壓を、2倍に上昇せんとする場合考慮すべき事項を述べると、

① 變電所設備に對しては、(イ)交流直流變成裝置——回轉變流機・水銀整流器等——は、同一容量のもの2台の直流側を直列にして使用する。(ロ)配線や附屬設備——高速度遮斷器、計器類、繼電器類、抵抗器類等——の定格電壓及び絶縁耐力は、前の2倍に耐へるやうにする。

② 電車線路に對しては、(イ)電車線路や饋電線路の絶縁耐力は前の2倍に耐へるやうにする。(ロ)避雷器は定格電壓が2倍のものと取替へる。

③ 電氣車に對しては、(イ)電動機は常に2台を直列に接続して之を1單位とし、この單位によつて直並列制御を行ふ。(ロ)車内の電氣設備の絶縁耐力は、前の2倍に耐へるやうにする。(ハ)制御用及び電燈用電源に對しては、電源裝置を變更して元の電壓に維持するか、又は方式を變更する。(ニ)空氣壓縮機や送風機等の電動機は、同一容量のもの2台を直列に接続して運轉する。(ホ)計器類、繼電器類は、前の2倍の定格電壓用に改造又は調整する。

### (4) 電鐵用變電所の周波數統一

周波數を50~より60~に變更する場合、電鐵用の變電所に對してどんな考慮を必要とするかについて述べる。

〔水銀整流器變電所〕 ① 主變壓器； 50~用のものはその儘60~に轉用できる。否、却つて能率が向上し、容量が増加する。

② 水銀整流器； 整流器本体は周波數の影響を受けないが、濾波器は、直流側の各高調波の周波數の變化に伴ひ、改造を要する。眞空用の油ポンプ、冷却水及びレターラーの水ポンプ、或は冷却用の送風機——ガラス製水銀整流器の場合——等に使用する電動機は回轉數が約20%上昇して稍々過負荷となるが、その儘使用できる場合が多い。尙、格子制御裝置付のもので、その電源に電動發電機を使用してゐる場合は、その電壓が20%上昇するので調整し直す。

③ 繼電器類； 誘導型ものは50~用のものを60~に使用すると、動作特性が相當に變るので取換へるか、或は60~に調整し直して、特性の異なるのを承知の上で使用する。誘導型以外のは整定し直す。

④ 交流積算電力計； 取換へるか、或は齒車比を變更して再檢定の上使用する。

〔回轉變流機變電所〕 ① 主變壓器； 上記の場合と同じ、

② 回轉變流機； 回轉變流機は過速の虞れが多く、定格速度の115%に於て過速度制限裝置が動作するやうにしてゐる。従つて、

これ等の各速度の 20% 増加に對し、機械的に耐へるか否かを十分に吟味する。又、軸受の過熱、整流の困難に注意する。尙、直結勵磁機付のものでは、勵磁機の電壓が 20% 上昇するので勵磁機又は回轉變流機の界磁電流を減少する。

③ その他；繼電器、交流積算電力計等は上記の場合と同様である。

#### (5) 資材節約及び代用資材

① 變電所設備に對しては、(イ)引込口より變壓器迄はなるべく屋外式にして、建物を縮小する。或は鐵筋コンクリート製の建物を木造建とする。(ロ)鐵鋼を木材、又はコンクリート材で代用する。(ハ)新造する場合は回轉變流機よりも水銀整流器を用ふる。(ニ)變電所の設備を簡單化する。(ホ)母線や配線、接續線等には、銅線の代りにアルミニウム線を用ふる。(ヘ)金屬管の代りにファイバ管を使用し、或は露出工事とする。

② 車輛に對しては、(イ)銅摺動板の代りに炭素摺動板を用ふる。(ロ)全鋼車を廢して半鋼車、又は木造車を用ふる。(ハ)1箇の車輪が偏摩耗した場合は、全車輪を削正せずに、摩耗した部分を電氣熔接等によつて肉盛りする。(ニ)鐵製のブレーキ靴の代りに、木製、陶器製等の代用ブレーキ靴を用ふる。

③ 電車線路に對しては、(イ)銅電車線の代りに代用電車線を用ふる。(ロ)電車線路用の鐵門柱の代りに木柱、又は鐵筋コンクリート柱を使用する。(ハ)竹製のハンガ及び垂吊子を採用する。(ニ)鋼ボンドの代りにアルミニウムボンドを用ふる。或はボンドを廢して軌條を熔接する。

## 7.2 軌條及び軌道

### (1) 第三軌條

電氣鐵道の電車線を架空として不都合な所——例へば地下鐵では架空電車線式は隧道の高さを増し工費を大とする——に於ては、軌道と並行に導電を目的とする軌條を設け、集電靴により電車内に電氣を導く。之を第三軌條と云ふ。

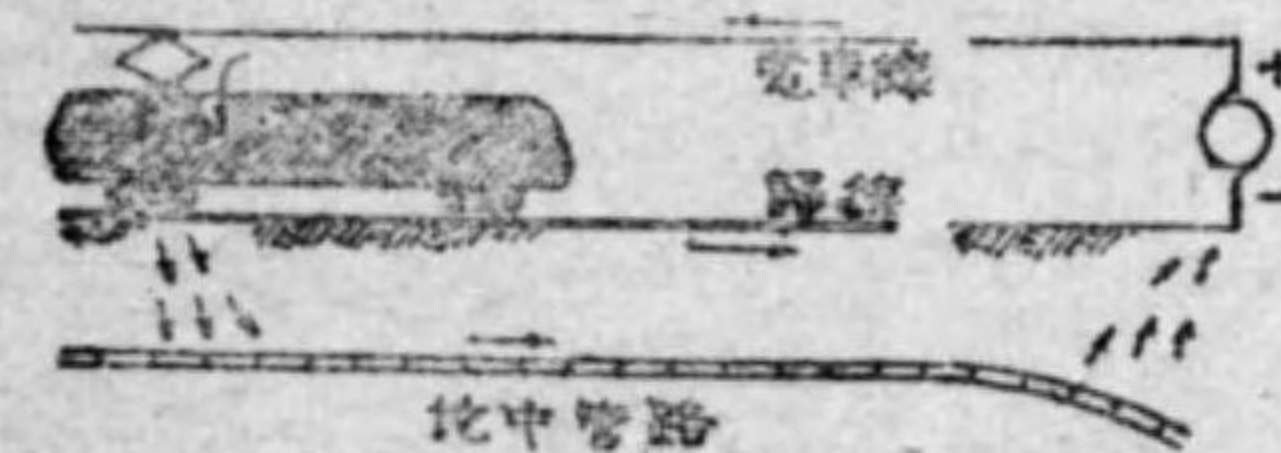
### (2) 補助歸線

單線式電氣鐵道に於て、歸線の抵抗をなるべく小さくするため、歸線即ち軌條に並列に設けた導体を云ふ。その施設方法として最も簡單なものは、軌條と並行して枕木上に直接取付けたものであるが之は盜難の虞れがある。次には、一般に正極側の饋電線と同様に側柱上に架設するものであつて、之は大地と絶縁されるものと、絶縁されないものがある。前者を特に絶縁補助歸線と云ふ。

一般に正極側の饋電線の抵抗に比して、軌條歸線の抵抗は  $\frac{1}{2}$ 、或はそれ以下であることが多いから、通常の場合には特に補助歸線の必要を認めない。然し、歸線の電壓降下が電氣工作物規程で許された値以上となる場合、又は附近に地中埋設物があつて、電蝕防止上、特に上記の電壓降下を小とする必要のある場合に採用される。尙、補助歸線には従來裸銅線が使用されて來たが、最近はアルミ線が代用されてゐる。

### (3) 地中管路の電蝕とその防止方法

① 電蝕の原因； 軌條を歸線に用ふる單線式電氣鐵道では、軌條の電流の一部が大地に漏洩して、附近の地中管路を流れる。この電流は變電所に近い側で地中管路より流出し、電位の低い軌條に再び



歸る。この部分に於て、土壤中の化學成分を電解液とし、電氣分解作用を起して地中管路が電蝕される。

② 電鐵側に於ける電蝕防止法； (イ) 軌道床の漏洩抵抗を大きくする。(ロ)大きい軌條を使用し、出来れば継目は熔接して低抵抗のボンドを使用する。(ハ)横ボンドを使用し、尙、補助歸線を設ける。(ニ)絶縁歸線を用ひ、饋電區域を縮小する。(ホ)一變電所より供給する絶縁歸線が多い時には、各負極饋電点の電位差を均等にするため、均置抵抗器又は加減壓機を挿入する。(ヘ)變電所數を増す

③ 地中管路側に於ける電蝕防止法； (イ)歸線と管路の距離を

なるべく大きくする。(ロ)管の周囲を絶縁物で包む——絶縁テープの類で纏巻するか、絶縁管内に収め、又は絶縁塗料を塗る等——(ハ)管路に絶縁接続を施す。(ニ)管路を電氣的の導体で包む。(ホ)管路は湿地を避け排水に努める。(ヘ)排流接続を行ふ。

#### (4) 選 擇 排 流

上記のやうに地中管路が電蝕するのは、之より電流が流出する部分に於てであるから、地中管路と軌條を直接に導線で接続して、地中管路よりの流出電流を之に通ずると、電蝕が防がれる。然るに軌條の電位は電車の運轉状態によつて常に變動し、ある時には管路よりも高電位になつて、軌條より管路に電流が流入する場合がある。斯様になると、管路の他の部分——電流の流出する部分——が余計に電蝕する事になつて都合が悪い。そこでこの逆流を阻止するためアルミ又は酸化銅整流器等を挿入したり、或は逆電流によつて繼電器を働かせ回路を開く等の方法をとる。之を選擇排流と云ふ。

### 7.3 運 轉

#### (1) 電 氣 制 動

電車を停止する場合、電氣回路を開いて電動機を適當な抵抗で短絡すると、發電機になつて短絡電流が流れ、前と反對方向のトルクを發生して制動作用が行はれる。この場合、接続上で注意すべき点は、①電動機の残留磁氣を打消さない。直巻電動機では電動機と發電機の場合は電流方向が反對であるから、電氣制動を行ふ際には界磁を反轉する。②2箇の電動機を並列にして電氣制動を行ふ場合には、兩電動機間に大きい循環電流が流れるやうにする。尙、電氣制動で制動力を變へるには、短絡抵抗値を増減して短絡電流を加減するとよい。

#### (2) 電力回生制動

上記で發電電力を短絡抵抗に消費させずに、電車線路に送り返すやうにした方式が電力回生制動である。その特長は、

- ① 電力が節約される。特に急勾配の長い區間では有効である。
- ② 變電所の所要容量が減少し、線路電壓降下が緩和される。
- ③ 制輪

子及び車輪の摩滅が少い。④制動作用が圓滑である。⑤線路の電壓降下が減少するため表定速度を増大できる。⑥一般に壓搾空氣制動と併用するため制動装置の信頼度が増す。

#### (3) 逆 行 防 止 器

之は急勾配の綫路を運轉する電車に採用されるもので、常に電動機を短絡する回路を作り得るやうに装置されてゐて、若し電車が逆に進行する時には、電動機は發電機となり、電氣制動を行つて逆行を防止する。

#### (4) 比電力消費量の減少方法

電車の運轉に於て、重量1噸、且長1軒當りの消費電力量を比電力消費量と云ふ。その値は車輛及びその設備の種類、線路の状態運轉方法等によつて著しく異なるが、市間鐵道に於ては35~80Wh/t-kmである。この比電力消費量を減ずるには、

- ① 列車の運轉法に對し、(イ)表定速度を差支へない範圍で小さくする。(ロ)軌速度を大きくする。(ハ)制動度を大とする。
- ② 車輛の設計及び設備に對し、(イ)車輛の重量を軽くする。(ロ)外形を流線型にする。(ハ)制御装置及び制動装置を改善する。(ニ)回生制動方式を採用する。(ホ)動力傳達装置の能率を良好にする。(ヘ)車輛の検査及び手入を行ふ。
- ③ 線路状況の適正に對し、(イ)停車場間の距離を大とする。(ロ)平坦で且つ直線軌道とする。(ハ)機械的回生制動を採用する。等の方法が考へられる。

### 7.4 車 輛 設 備

#### (1) 最近の狀勢に對する電氣車の設計

設計上の根本方針を示すと、

- ① 銅及び鋼材の節約及び代用化、② 構造、設備の簡素化、③ 許容應力及び許容電氣耐力の緩和、④ 耐久年限の低下、⑤ 工作法及び加工程度の簡易化並に重点的活用、⑥ 各種素材及び部品の單一化及び融通性の増大、⑦ 資材情勢に應じ、最も入手し易い限定寸法材料或は低規格材料の使用等である。

この方針に基いた具体的設計の一例を述べると、

① 主電動機及び補助電動機は、定格出力を減少させずに界磁及び補極線輪をアルミ化する。② 機関車の電動発電機2台を1台とする。③ 制御装置に於ては、制御方式及び器具構造を単純化し、高速度遮断器の廢止、単位スイッチ並にノッチ数の減少等を行ふ。④ 車体及び台車は機関車にあつては構造を簡素化し、機器の配置を切詰めて車長を短縮する。電車にあつては屋根の木製化、台枠各梁素材の單一化、腰掛及び室内燈の半減等を行ふ。以上の外、積算電力計、電圧計、電流計、壓力計等の運轉用計器は相當數節減する。

### (2) 制動装置の種類と特徴

① 手動制動機； 設備が簡単で、安價であるが効果が小さく、急激な制動は行はれない。故に豫備として用ひられる位に過ぎない。

② 電動制動機； 電動機を發電機とし、その發生電力を抵抗に消費させて、反抗トルクにより制動する。有効な制動法であるが、電動機に特殊の装置を要し、且つ電動機を焼損する虞れがあるので、主に非常用として用ひられる。

③ 回生制動機； 上記の發生電力を電車線に逆送する方法で、種々の特長があるが、線路電壓の變動を大とする欠点があり、空氣制動の豫備として用ひられる。

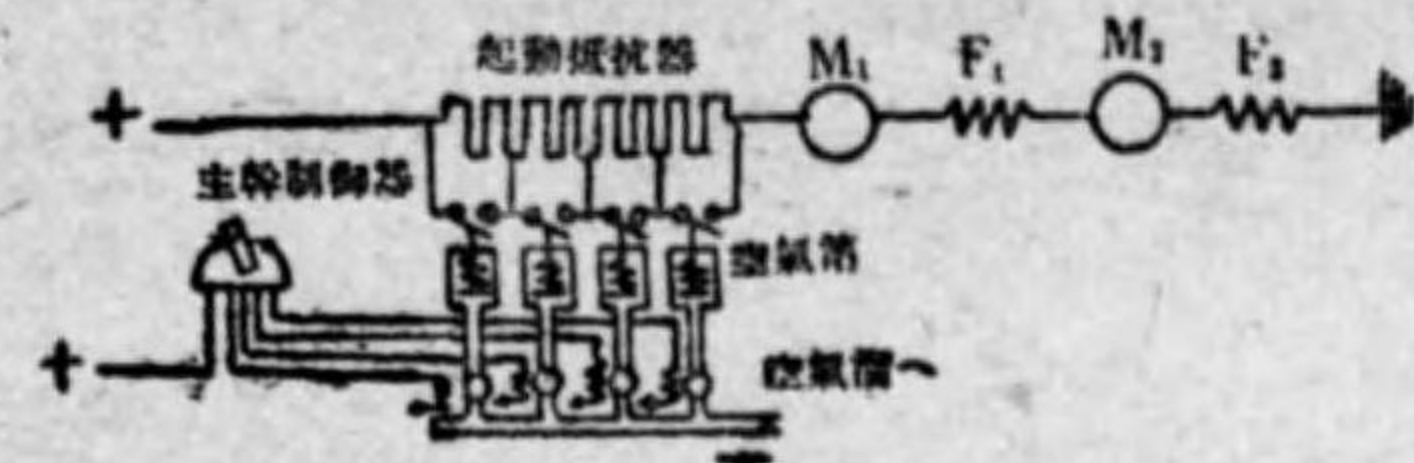
④ 電磁制動機； 上記の發生電流を電磁石に通じ、之で軌條を吸着させて制動を助ける。効果は大きいが、軌條を摩滅する虞れがあり、非常用として採用される。

⑤ 空氣制動機； 之には、(イ)直通空氣制動機、(ロ)非常直通空氣制動機、(ハ)自動空氣制動機、(ニ)直通兼自動空氣制動機、(ホ)電磁空氣制動機等がある。(イ)は單車運轉に、(ロ)は單車及び2車連結運轉に、(ハ)は3車以上の連結運轉に、(ニ)は電氣機關車運轉の場合に、(ホ)は多數車輛の連結運轉に夫々適する。

### (3) 単位スイッチ

列車の總括制御法は、接觸器の操作方法によつて、単位スイッチ式とカム軸式に分けられる。単位スイッチ式と云ふのは、各接觸器がカム式のやうに相連絡して操作されるものではなく、夫々獨立した

スイッチを形成してゐる。即ち、スイッチと云ふよりも、接觸器と云つた方が適當である



單位スイッチ式

圖は單位スイッチ式の接續圖を示したもので、主幹制御器により順次に電磁瓣を開閉して行つて、空氣筒によ

り單位スイッチを開閉し、主電動機を制御する。

### (4) 密着連結器

電車の連結解放装置には、自動連結器の他に空氣ホース、ケーブル等がある。密着連結器は、これ等を1箇所に集め、密着して連結するやうにしたものである。自動連結器は連結相互間に遊間があり之が禍して牽引、停車の際長大な列車は勿論、連結車輛數の少い場合でも多少の衝撃は免れないが、密着連結器を使用する場合は、連結面が密着されるから運轉が圓滑にできる。

密着連結器を車体に取付ける場合、胴受枠、伴板牽引彈機を有することは、自動連結機の時と同様であるが、胴受及び枠接手の構造が特殊の設計となつてゐる。即ち、車輛の曲線通過及び勾配線運轉の際、連結車輛の相互間に高さの差を生じた場合は、取付ピン部分で上下左右に動き得るやうにしてある。

### (5) 銅摺動板の炭素化

パンタグラフの銅摺動板の代りに炭素摺動板を用ふると、次のやうな利点がある。

① 電車線の摩滅が著しく減少し、電車線の壽命が10倍以上となる。② 集電子自身の壽命も銅板の2~5倍に延長し、然も、安價である。③ 銅集電子に用ふる潤滑用油脂が不用となる。④ 電車線の火花が減少し、電動機の事故が防止される。

以上のやうな特長があるので、最近廣く用ひられてゐるが、施設上次のやうな考慮を要する。

① パンタグラフに對しては、摺動部分の重心を低くして、摺板の偏摩耗を防ぐ。摺板の取替が容易な構造とする。靜的及び動的の

壓力特性が良好となる構造にする。

② 電車線に対しては、電車線の硬点を除いて可撓性を持たせ、高さを均一にする。摺板の摺動面が一樣に摩耗するやう、電車線を千鳥形に架線する。

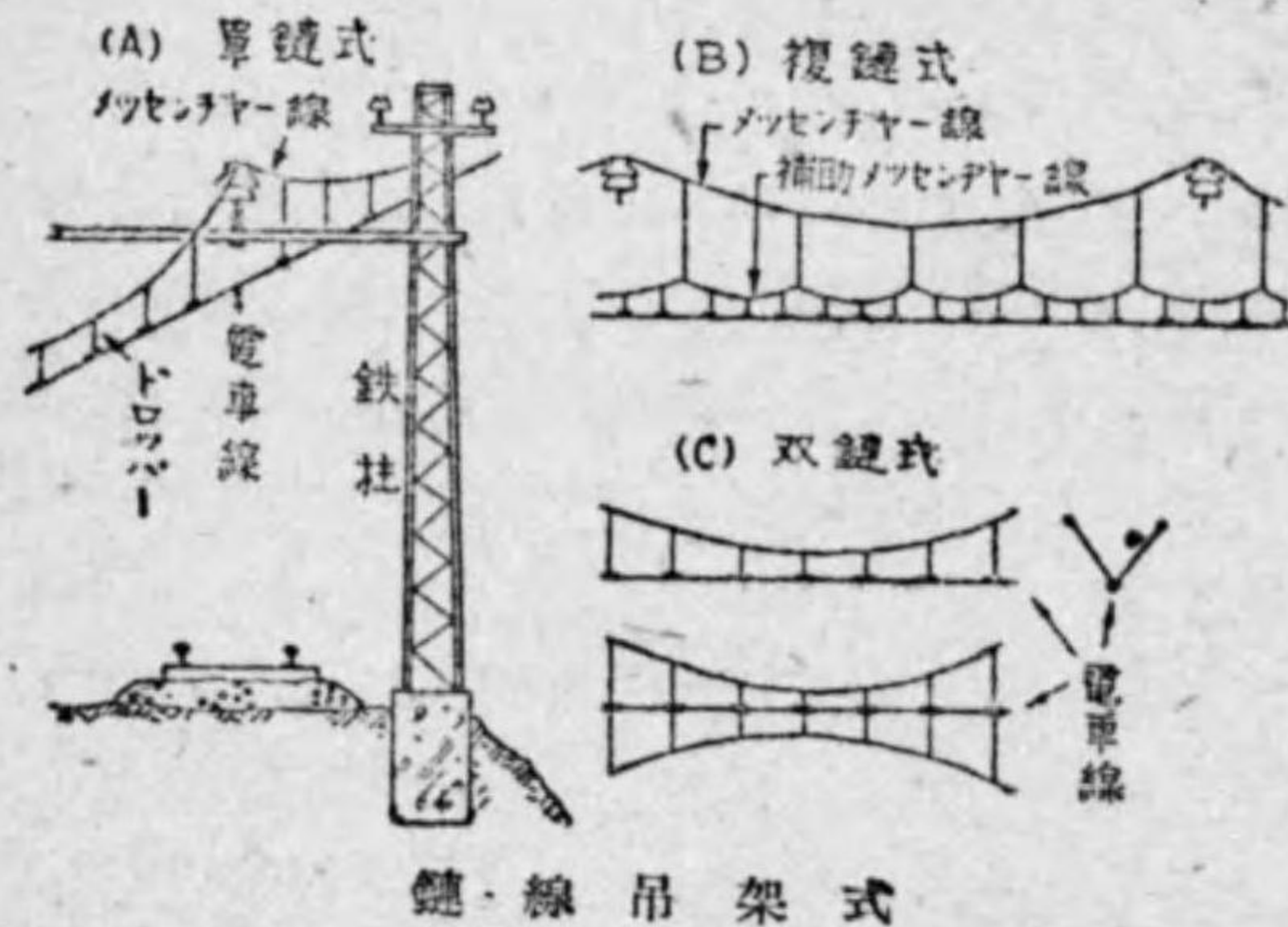
### 7.5 電車線及び配電

#### (1) 電車線の吊架方法

① 張線式；軌道の両側に一定の間隔を置いて電柱を建て、その間に鋼鉄撚線の吊線を張り、その途中に特殊の碍子を用ひて電車線を吊す。

② ブラケット式；複線軌道の中間に支持柱——中央柱——を建て、片腕金を取付けて短い張線で電車線を吊す。

③ ビーム式；軌道の両側に支持柱を建て、張線の代りに鐵板を取付け、短い張線で電車線を吊す。



① 單鏈線吊架式——シングル、カテナリ、システム——；圖の(A)のやうに、電車線の他に1本の吊架線——メツセンチヤー線——を設け之より多數の垂吊子ドロツパ——で

電車線を吊下げる。この垂吊子の夫々の長さを適當にして、電車線を均一の高さに保つてゐる。

② 複鏈線吊架式——コンパウンド、カテナリ、システム——、上圖の(B)のやうに、主吊架線で補助吊架線を吊り、更に多數の短線で電車線を吊下したものである。(A)よりも可撓性が大きい。

③ 雙鏈線吊架式——ダブル、カテナリ、システム——；上圖の(C)のやうに、2本の吊架線を並行して張り、2組のV型の

垂吊子で電車線を吊したものである。電車線の横振れを防ぐ場合に用ふる。

#### (2) 電車線の摩耗とその防止対策

電車線の摩耗の原因を大別すると、

① 集電装置との摩擦又は衝撃による機械的摩耗

② 集電に際し火花發生に基づく電氣的の摩耗

③ 過大電流により電車線が燒鈍して、機械的の摩耗を増大する  
然して、これ等に影響を及ぼす事項には、(イ)電車線の材質及び太さ、(ロ)架線状態、(ハ)集電装置の種類、(ニ)集電装置の電車線に対する壓力及び順應性、(ホ)集電電流、(ヘ)電車の速度、(ト)運轉密度、(チ)電車線の電流密度等である。

次に摩耗を減少する方法としては、①集電子に減摩劑を塗る。②電車線の硬点を除き可撓性を大とする。③集電装置の上昇壓力を適當にして、上下動を輕快にする。④必要以上に高速度を出さない。⑤電車線に自動區分開閉器を設けて、短絡電流を速かに遮斷する、等の方法がある。

#### (3) 代用電車線の種類と其の得失

最も一般に用ひられてゐる硬鋼線を基準にして、代用電車線の特性を比較すると次のやうになる。

| 比較項目  | 軟鋼線   | アルドライ線 | スタル線   |
|-------|-------|--------|--------|
| 電氣抵抗  | 大     | 略同様    | 略同様    |
| 電流容量  | 小     | 〃      | 〃      |
| 重量    | 稍小    | 小      | 小      |
| 抗張力   | 大     | 小      | 大      |
| 線膨脹係數 | 小     | 大      | 同      |
| 摩耗    | 小     | 大      | 小      |
| 腐蝕    | 防錆を要す | 稍防錆を要す | 稍防錆を要す |

尚、軟鋼線及びアルドライ線の形狀は硬鋼線と同様であるが、スタル線はI字型の鋼線にアルミ線を組合せてゐる。

#### (4) 代用電車線の工事並に保守上の注意

① 軟鋼線；電氣抵抗が硬鋼の8倍であるから、太い電線を用ふ

る。又一般に饋電線を要するが、複鏈式にして補助吊架線に鋼心アルミニウム線を用ふると、資材が少くてすむ。機械的摩耗は硬銅より少ないが、火花を発生し易いので電車線の硬点を除く。防蝕性は銅に及ばぬので、腐蝕され易い場所では亜鉛鍍等を施す。尚、軟鋼線は架線する場合、局部的に曲り易いから取扱に注意する。保守上の注意は全般の防錆と接觸抵抗の増加防止である。

② アルドライ線；集電子の摩擦抵抗が大きく、熔融温度が低いから摩耗が大である。又、熱膨脹係数は硬銅の約 1.5 倍であるから弛度の變化が大きく、摩耗を増大する。之を防ぐため自動張力調整装置を設け、ハンガ、饋電イヤ等可鍛鑄鐵製のものを使用して電氣化學作用による腐蝕を防ぐ。保守上の注意は接觸部の電蝕防止弛み取り等である。

③ スタル線；特性は硬銅線に最も近いから、架線方法も硬銅線と同様でよい。

#### (5) 複線式を單線式に変更するときの考慮

市街電車の軌道は、地中管路と接近する機会が多いので、電車線は複線式が一般に用ひられてゐた。然るに、最近資材が入手難のため、複線式を單線式に変更して電車線を回収すると共に、その摩耗量を減少し、斷線故障を少くして保守を容易とすることが行はれてゐる。この場合考慮すべき点について述べると、

① 軌條を歸線とするから、その繼目を熔接するか、又は軌條ボンドを設けること。

② 軌條の大地絶縁をなるべく良くして、漏洩電流を防ぐ。

③ 電車線の 1 線斷線が直ちに短絡となる處れが多いので、短絡保護を十分に作る。

④ 線路の對地絶縁を高める。

⑤ 變電所に於ける機器の對地絶縁が十分か否かを調べ、その接觸變更について考慮する。

## 7.6 そ の 他

### (1) 電鐵用變電所の新設に當り考慮すべき事項

① 變電所の位置及び相互間の距離；市間鐵道のやうに線路が簡単な場合には、變電所の經濟的位置が理論的に容易に決定されるが、市街鐵道のやうに線路が複雑な場合には、なるべく負荷の重心点に近い点を選ぶとよい。

② 設置する機器の種類、型式、容量及び箇數；之を定めるには變電所の最大負荷とその繼續時間及び負荷率を推定して、機器が之に耐へるやうにする。尚、豫備設備は資材不足の折柄、極力減少する。

③ 饋電線の太さ及び條數；饋電設備、饋電線の最大饋電距離を適當にして電車線の電壓降下が一定の限度を越へないやうに、饋電線の太さ及び條數を定める。

④ 變電所の操作方式；緩衝蓄電池方式採用の適否、例へば市街路面電車用の變電所は、負荷が單純でなく、運轉も複雑であるから自動式よりも手動式の方が適する。之に反し、市間鐵道用の變電所で水銀整流器を使用した場合には、半自動式が適當である。尚、緩衝蓄電池を設置すると、電車線の電壓變動の緩和、信頼度の向上等に有效であるが、費用が高む。

⑤ その他；用地の買収、材料の運搬、周囲との關係等について考慮する。

### (2) ガラス製水銀整流器と鐵製水銀整流器の得失

電鐵變電所に用ふる交直變換装置として、ガラス製水銀整流器と鐵製水銀整流器の得失を比較すると、次のやうになる。

|         | ガラス製水銀整流器         | 鐵製水銀整流器           |
|---------|-------------------|-------------------|
| 價 格     | 大容量でも割安にならない。     | 大容量程、割安になる。       |
| 建 物     | 床面積は大きい、高さが低くてよい。 | 床面積は小さい、高さが大となる。  |
| 結 線     | 大容量では複雑となる。       | 簡單である。            |
| 單 器 容 量 | 1500V で 500kW 程度  | 最大 2000kW 程度      |
| 冷却水設備   | 不用である。            | 必要で、運轉に不便である。     |
| 眞 空 設 備 | 不用である。            | 油回轉ポンプと水銀ポンプを要する。 |
| 壽 命     | 10,000 時間位。       | 20 年位。            |

|       |                          |                      |
|-------|--------------------------|----------------------|
| 信 頼 度 | 小さい。                     | 大きい。                 |
| 騒 音   | 送風機の音が大きい。               | 真空ポンプのみで音は小さい。       |
| 保 守   | 保守は簡単であるが、寿命が短く、維持費は大きい。 | 点検手入が面倒で、特に化成は厄介である。 |

(3) 可搬變電所

車輛上に變電所設備の一通り——主變壓器、水銀整流器、遮斷器、附屬設備等——を積載したもので、軌條の上を自由に移動できる。その用途は、固定變電所の故障に對する應急用、尖頭負荷時用、季節的に起る一區域の重負荷用、豫備設備用等である。

(4) インピーダンス・ボンド

單線式電氣鐵道で、軌條に直流の電車電流と、交流の信號電流を



インピーダンス・ボンド

同時に通ずる場合、前者は一饋電區域に亘つて連続的に電流を通じなければならないが、後者は、信號の一閉塞區間毎に、軌條を電氣的に絶縁せねばならない。即ち直流は通ずるが、交流は阻止せねばならぬ部分が生ずる。この目的にインピーダンス・ボンドを用ふる。その接続は圖の如くで、直流は低抵抗のインピーダンスを通つて一方の軌條より他方の軌條に流れるが、交流に對しては、インピーダンスのリアクタンスが大きな値となつて、その通過を阻止する。



高級電氣工學新書  
定價 45 圓

昭和22年10月10日 印刷  
昭和22年10月20日 發行

著 者 電 氣 技 術 研 究 會  
發 行 人 田 中 增 吉 武 所  
印 刷 所 丸 山 電 氣 書 院 印 刷 所  
製 本 所 電 氣 書 院 製 本 所

會員番號 A104015

發 行 所 電 氣 書 院  
京 都 市 東 山 區 今 龍 野 御 宮 町 三 三  
振 替 大 阪 四 六 一 五 七 番  
電 話 祇 園 ⑥ 八 二 七 番

配 給 元 日 本 出 版 配 給 株 式 會 社  
東 京 都 千 代 田 區 淡 路 町 二 丁 目 九 番 地

540-D58-3ㄅ



1200500745970



終