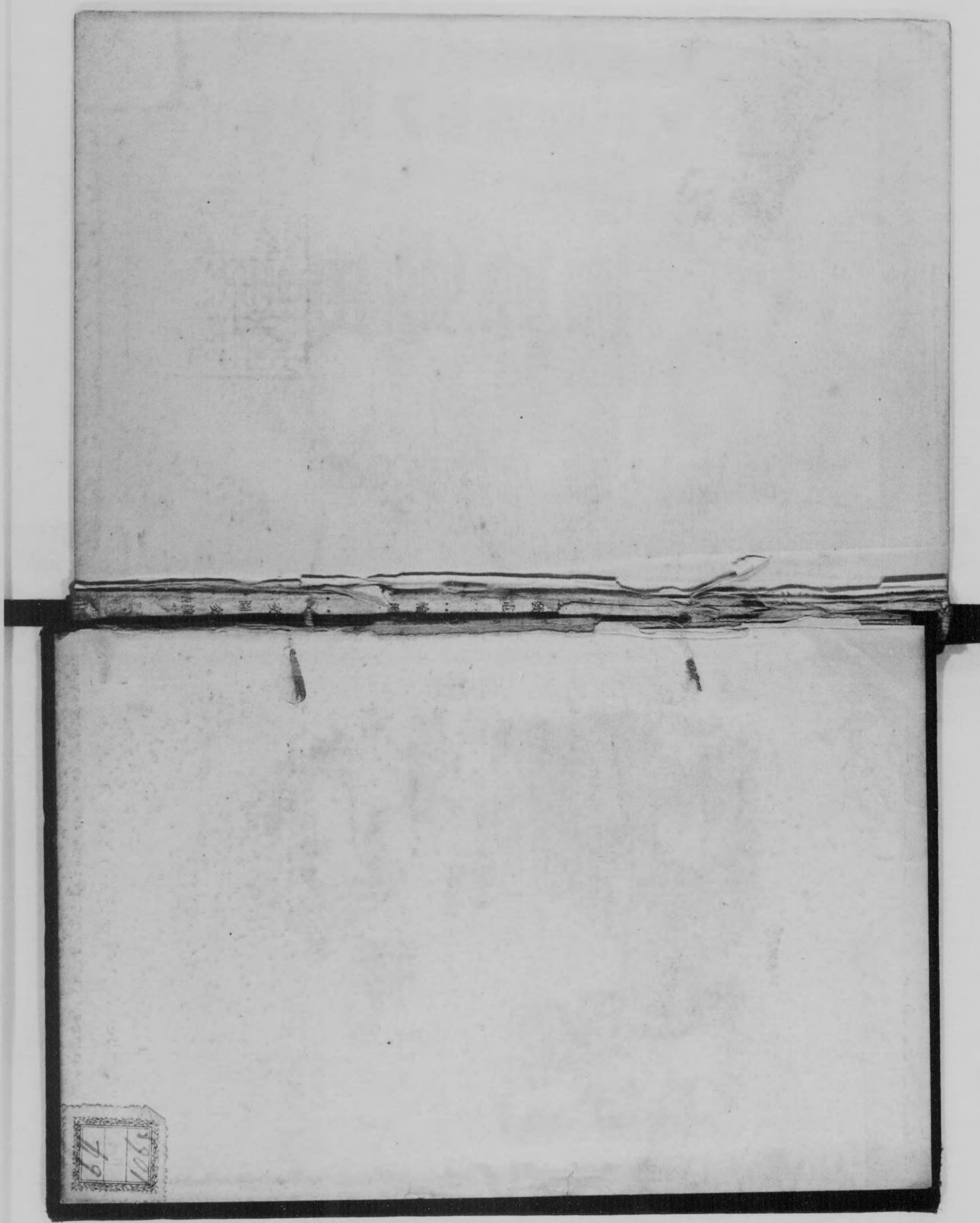
始



64-106

藤田電燈學

工學士 藤田經定著

（增訂）

上卷

東京新橋 電友社發行

大正
9. 10. 28
内交

第七版之辭

從來本書に於ては諸公式を說くに高等數學に依らず專ら簡易なる說明を爲すに止めしが電氣學術界の一般の進步と電氣技術者の向ふ所とに鑑み本版に於ては遞信省の電氣主任技術者檢定方針に從ひ第三級主任技術者以下の受驗者の參考書たるべき主旨の下に改訂を行ひ三角術及ヴェクトル法を用ひ諸公式を說明し讀み易からしむる爲め從來の縱書を橫書に改め譯語には電氣學會編纂電氣工學術語集を引用し術語外國の人名場所名等には括弧內に原語を記入せり。尙末尾に書中引用記號表及和英對譯索引を添付し讀者の便に供せり。

本版に於ては插圖を總て一新し各章共多大の增補追加を行ひしより頁數著しく增加したる爲め上中下三卷に分つこととせり讀者幸に之を諒せよ。

大正六年八月

著　者　識

凡　例

本書は電燈事業に從事する技術者の參考書として編纂したるものにして短日月の間に成れるものなれば固より杜撰なるを免かれず著者は專ら學理を應用することを得るに勉めたり而して本書の編纂に付き參考書としては左の諸書を引用し著者自身の經驗より得し所のものをも亦之に加へたり

Houston & Kennely's Incandescent Lighting.
Houston & Kennely's Arc Lighting.
Abbott's Electrical Transmission of Energy.
Kapp's Dynamos, Alternators and Transformers.
Badt's Incandescent-wiring Hand-book.
Munro & Jamieson's
Pocket-Book of Electrical Rules and Tables.
Bell's Power Distribution to Electric Railroad.
Badt's Electrical Transmission Hand-book.

明治三十三年七月

著　者　識

第二版之辭

本書を出版してより僅かに三星霜を經たるも其間に於ける電氣科學及電氣工業の進歩偉大なれば第二版を編纂するに當り增補せし處尠からず即ち發電機變壓器蓄電池等の各別性質を記載せる章を設け燈球の部に於てはイルミネーションの章を設け又別に電氣諸試驗の章を增したるが如き其他各章に於て訂正を加へ殊に第一版に於て記載せざりし多相交流に關する諸事項直列交流弧狀燈ネルンスト燈發電所の設計等を追加せり第二版編纂に當り參考として左の諸書を引用せり

Badt's Dynamo Tenders Handbook.
Fowler's Electrical Engineers Yearbook.
Foster's Electrical Engineers Pocketbook.
Dawson's The Engineering & Electric Traction Pocketbook
Louis Bell's The Art of Illumination.
Oudin's Standard Polyphase Apparatus and Systems.
Thompson's Polyphase Electric Currents.
Thompson's Dynamo Electric Machinery.
Steinmetz's Elements of Electrical Engineering.

藤田經定著　蓄電池論

明治三十六年十月

著　者　識

第三版之辭

本書の第二版を出せしより已に六箇年を經過し更に版を重ぬるの必要に迫らるゝと共に此年間に於ける電氣工業の進歩著しく金屬線を繊條と爲せる白熱燈球の發明水力電氣發生及長距離電力輸送の發達發電の原動たる瓦斯發生裝置の改良等の如き電燈に直接關係あるものゝ發達は本書の改訂を促かしたれば著者は昨年の始めより是等事項を增訂せる第三版の編纂に著手したるも固より職務の餘暇を利用するにあれば從前遷延本年に入り漸く上梓することを得たり

本書に於ては電燈工學に關する事項を網羅せしも紙數に限りあると初學者に便ならしむる爲め高等數學を避けたれば其詳細に渉るを得ざりしは遺憾なり譯語は成べく電氣學會撰定のものに依れるも普通用ひらるゝ原語は其儘使用せり。成べく文章を平易に爲したれども未だ完全と云ふべからず漸次版を重ぬるに從ひ完成せしむるを期せり讀者幸に之を諒せられたし

明治四十二年二月　　著者記す

第五版之辭

本版に於ては原動機を詳說する爲め發電所の章より原動機に關せる事項を割きて別に一章と爲せるを重なる改訂として各章の順序を變じて各章中の事項を改訂增補し譯字を改正し字句を校正せり

明治四十四年七月

著者識

第六版之辭

本書は初刊以來版を重ぬること茲に五回其都度訂正增補を爲し殊に第五版に於ては章の改廢增減を爲し稍面目を一新せしめたるも未だ完璧のものに到らず加ふるに電氣學術及工藝の進歩は尙一層の改纂を促かすに至りたれども淺學菲才の身未だ其緒に就かざるに早已に第五版の盡くるを告ぐるに至り止むを得ず第五版中の字句を訂正し重要事項の改增を行ひ是に補遺として末尾に適切緊要なる事項を摘集し爰に第六版として刊行することゝなせり讀者幸に之を諒せよ

大正二年十一月

著　者　識

增訂 藤田電燈學

上卷目次

第一章　電氣學の大意 ..... 頁 1

電位差及起電力....電流....電池....電氣抵抗....單位....導體及絕緣體....コンダクタンス及導電率....オーム法則....並列接續法.直列接續法.合成抵抗....分岐電流....キルヒホッフの法則....電池接續法....電流の作用....磁氣作用....筒線輪及電磁石....電流に由て生ずる磁界の强さ....鐵の導磁率ヒステリシス.渦流....磁氣回路....誘發起電力....磁界內の電線に働く力....誘導作用....蓄電器....電力....電流の發熱作用

第二章　電線 50

第一項　電線の種類及性狀

電線の性質....線番號....電線の性狀....抵抗線.撚線

第二項　被覆電線 69

木綿被覆線....護謨被覆線及ケーブル

頁
第三項 電線に於ける温度上昇及安全電流.. 84
導體に於ける電流の發熱作用....電線に於ける温度上昇....安全電流....地中ケーブルの安全電流
第三章 直流發電機.....100
第一項 發電機の原理
發電の理
第二項 直流發電機の性狀 ... .107
發電機の種類....發電機の起電力....發電機の端子電壓....發電機の出力....發電機の發熱及耐量....發電機の端子電壓と廻轉速度....發電子の反作用..補極發電機....發電機の損失及能率....特性曲線
第三項 直流發電機の構造 137
界磁....發電子の構造....發電子線輪の捲法....整流子....刷子....臺板及軌條....自働給油裝置....直流發電機の實例
第四章 交流發電機.....166
第一項 交流
交流の波狀曲線....交流の性質....交流の表皮作用....交流の誘導作用....ヴェクトル圖....交流の容量作用....合成イムピーダンス....交流回路に於ける電力....多相交流回路に於ける結線法並に其電壓及電流....多相交流回路に於ける電力
第二項 交流發電機の性狀 204
交流發電機....交流發電機の種類....交流發電機の起電力....交流發電機の端子電壓....交流發電機の電壓調整法....チリル自働電壓調整器....勵磁機..發電子の反作用....交流發電機の出力及耐量....交流發電機の端子電壓及周波數
第三項 交流發電機の構造.....228
交流發電機の發電子線輪の捲法..交流發電機の構造
第五章 變壓器.....246
變壓器の原理
第一項 變壓器の構造 248
變壓器の線輪....變壓器の鐵心....絶緣
第二項 特種の變壓器 253
特別の變壓器....不變電流變壓器....單捲變壓器..饋電線電壓調整器....變流器
第三項 變壓器の性狀 260
完全なる變壓器の性狀....變壓器の電壓及電流の關係....變壓器の出力耐量及力率....變壓器に於ける損失 變壓器の能率....變壓器の冷却法....變壓器

頁

の乾燥法....電壓變動率....變壓器性狀の標準

第四項 變壓器の接續法 ... .293

單相式接續法....二相式接續法....三相式接續法.

二相式を三相式に變相する接續法....三相變壓器

第五項 特別高壓變壓器端子の絕緣.. 306

特別高壓變壓器端子の絕緣....蓄電器型口管....コロナ現象

第六項 變壓器の取扱法及試驗 315

變壓器の取扱法....絕緣耐力の試驗....負荷試驗及發熱試驗....電壓變動率の測定....鐵損及勵磁電流の測定....銅損の測定....能率の測定....極性の試驗....絕緣油の絕緣耐力試驗....絕緣油の乾燥法

第六章 變流機及整流機 356

變流機の分類....整流機の分類

第一項 廻轉變流機.....358

廻轉變流機の原理及分類....廻轉變流機の電壓及電流の關係....廻轉變流機發電子の反作用....廻轉變流機の電壓調整....廻轉變流機發電子に通ずる電流及發熱....廻轉變流機の供給交流回路への接續....廻轉變流機の能率及力率....廻轉變流機の構造..

頁

廻轉變流機の起動法....逆變流機

第二項 縱續變流機.. 334

縱續變流機の構造及作用....縱續變流機の廻轉速度....縱續變流機と他の變流機との比較....縱續變流機の起動法

第三項 水銀蒸氣整流 100

水銀蒸氣整流器の原理....水銀蒸氣整流器の構造及働作....水銀蒸氣整流器の能率....水銀整流器の耐量....水銀蒸氣整流器の用途....不變電流水銀蒸氣整流器

表 目 次

第 一 表 金屬の特有抵抗及導電率.....12

第 二 表 絕緣體の特有抵抗.....12

第 三 表 液體の特有抵抗.....13

第 四 表 金屬の抵抗溫度係數表.....14

第 五 表 鍛鐵の磁化表(ホプキンソン).....30

第 六 表 鐵のヒステリシス係數表....ヒステリス損係數表..... 37

第 七 表 誘電率表..... 46

第 八 表甲 S. W. G. 線番號銅線表.....54

第 八 表乙 B. W. G. 線番號銅線表.....56

頁
第 八 表丙 B. S.線番號銅線表……58
第 九 表 銅線.鐵線及びアルミニウム線の性狀表 60
第 十 表 鐵線の重量及抵抗表（アメリカン鋼鐵會社）……62
第十一表 アルミニウム線の抵抗及重量表……62
第十二表甲 抵抗線表……64
第十二表乙 合金及抵抗線の導電率表……65
第十三表 抵抗線の抵抗表……66
第十四表 撚銅線の抵抗及重量表……67
第十五表 アルミニウム撚線の抵抗及重量表……68
第十六表甲 撚線の抵抗……69
第十六表乙 撚線の重量……69
第十六表丙 撚線の直徑……69
第十七表甲 護謨線表（ジー.イー.會社製）試驗電壓 30 分間 9,000「ヴオルト」……76
第十七表乙 護謨線表（ジー.イー.會社製）試驗電壓 30 分間 15,000ヴオルト……77
第十八表 三心入ケーブル表（ジー.イー.會社製）……78
第十九表 三心入紙ケーブル表（ジー.イー.會社製）79
第二十表 攝氏20度に於ける誘電體の特有抵抗表……82
第二十一表 誘電體の破壞電壓表……83

第二十二表 マイカの破壞電壓表……パラフヒンの破壞電壓表……流動體の破壞電壓表 83
第二十三表 金屬の傳熱率序列表（ケムプ）……金屬等の鎔解温度表……86
第二十四表 通常温度に於ける膨脹係數表……87
第二十五表 比熱表……87
第二十六表甲 各種金屬の鎔解電流表……90
第二十六表乙 普通の可鎔線の鎔解電流表……91
第二十七表甲 樋中に納めたる被覆銅線の最大安全電流表……93
第二十七表乙 裸銅線の安全電流表……93
第二十七表丙 室内銅線の安全電流表……94
第二十七表丁 電氣工作物規程に規定する安全電流表 95
第二十八表甲 亞鉛鍍鐵線の安全電流表……96
第二十八表乙 洋銀線の安全電流表……96
第二十九表 接觸面に於ける安全電流表……96
第 三 十 表 地中ケブールの安全電流表……99
第三十一表 發電機に於ける B の表……116
第三十二表 發電機各部分の温度上昇制限表……120
第三十三表 發電機の圓周速度表……122
第三十四表 直流發電機（調帶運轉）廻轉數及端子電壓標準表……122

頁
第三十五表 直流發電機の平均能率表……131
第三十六表 ウエスチングハウス直結式125ヴ゛ルト直流發電機表……ウエスチングハウス帶結式125ヴ゛ルト四極直流發電機表……162
第三十七表 表皮作用の抵抗增加率表……176
第三十八表 交流機廻轉數表……227
第三十九表 電氣機器標準電壓表……228
第四十表 ウエスチングハウス廻轉發電子型60サイクル單相交流發電機表……236
第四十一表 ウエスチングハウス(60サイクル)廻轉界磁型調帶運轉多相交流發電機表……239
廻轉界磁型直結多相交流發電機表……239
第四十二表 ジー.イー.電氣會社變壓器性狀表……290
第四十三表 變壓器の鐵損及電流表……290
第四十四表 變壓器の性狀表(平均)……291
第四十五表 碍管の放電距離及漏電距離表……308
第四十六表 廻轉變流機の電流及電壓比較表……365
第四十七表 廻轉變流機發電子電流表……379

工學士
藤田經定著

增訂 藤田電燈學

上卷

第壹章
電氣學の大意

電位差及起電力——稀硫酸を盛れる一器內に亞鉛板及銅板を併立するに.兩板の接觸せざる限りは何等の異狀を生せざるも.若し兩板を或る金屬線にて接續するときは.器內の稀硫酸は化學作用を起し亞鉛は漸次溶解し銅板の表面には水泡の發生するを認むべし.是れ亞鉛.銅兩金屬板と硫酸との間に電氣(Electricity)發生して液內及び金屬板間に其移動の生したるが爲めなり。此くの如く二種の金屬體と液體との三者は相組み合ひたる場合に常に電氣を發生する特質を有す.此三者を具備せる電氣發生の器具を電池(Cell)と稱す。即ち電池に於ける兩金屬板

は金屬線にて接續せられざる場合には電氣を發生せずして接續せられたるとき始めて電氣を發生するものなれば.是を云ひ換へれば前の場合に於ては兩金屬板は電氣的位置相等しく.後の場合に於ては電氣的位置に差を生し電氣の移動起りたるなり。此電氣的位置を**電位** (Electric Potential) と云ひ其位置の差を**電位差**(Difference of Electric Potential)と云ふ

電位差を生せしめ電氣の移動を起すには電池に於ては單に金屬板を金屬線にて接續するにあれども.其他に種々の方法あり.發電機なるものは此の電位差を生せしむるものにして機械的に電位差を作るものなり.凡て此の電位差を生せしむる能力を**起電力** (Electromotive-Force) と稱す。

電流═兩物體間に電位差生するときは電氣必ず發生し.電位高き物體より電位低き物體に向て移動を始め電位差の等しくなりたるとき始めて止む。上記の如く電池に於て兩金屬板が金屬線にて接續せらるゝときは.電氣の移動生じ兩金屬板の電位相等しくなる迄止まざるべし.斯くの如き電氣の移動を**電流** (Electric Current) と云ふ。其移動の方向は電位の高き方より低き方に向て流るゝものとし.電位

の高き方を**陽極** (Positive Pole) と云ひ電位の低き方を**陰極** (Negative Pole) と云ふ。而して電流の流るゝ道を**回路** (Circuit) と云ひ金屬線を**電線** (Wire) と云ふ。

電池═電池は化學的に電位差を作り外部の回路を通じて電流を發生する器具なり.而して電流の發生始まるや化學作用起り硫酸中の水は酸素及水素の二元素に分れ酸素は亞鉛と化合し水素は遊離して電池外に發散すべし。此化學作用の起る根源は亞鉛にして.電流は電位高き亞鉛板より發し硫酸を通じて電位低き銅板に向て流れ.電池外に於ては銅板より出でゝ金屬線を通じ亞鉛板に向て流る。是に由て電位の高き亞鉛板を**陽極板** (Positive Plate) と云ひ外部に對して其上端を**陰極**と云ふ.又電位の低き銅板を**陰極板** (Negative Plate) と云ひ.外部に對して其上端を**陽極**と云ふ。電池に使用せらるゝ極板には.銅及亞鉛のみならず他の金屬を用ふるも電流は發生すべく.液も亦硫酸の如き酸類にのみ限らざるなり.是に由て極板及液の種類に從て電池の種類甚だ多し.其汎く使用せらるゝ者をダニエル電池及レクランシー電池の二種とす。ダニエル電池に於ては亞鉛板及銅板を兩極板として液には銅の鹽類な

る硫酸銅を用ふ.其電流の發生一樣なるに由り電信及は電氣試驗の電源として使用せらる。レクランシー電池に於ては亞鉛棒を陽極板とし炭素板を陰極板とし.液にはアムモニアの鹽類なるサルアムモニアを用ひ.內部の**成極作用** (Polarization) (成極作用とは水素瓦斯發生して電流の發生を妨害する作用なり)を防ぐ爲に二酸化滿俺の小塊を炭素板と共に素燒瓶に入れ發生する水素瓦斯を酸化せしむ。此電池の起電力はダニエル電池に比し大なれども引續き長く使用するときは起電力減するに由り.少時間宛繼續して使用する電話.電鈴.信號等に用ひらる。

電氣抵抗—電位の高き物體が常に電位の低き物體に向て平均せんとする性質は.恰も水が低き處に隨て流れんとすると同樣なり.此故に或る回路中に起電力加はり電位差(是を**電壓** (Electric Tension) と云ふ)生ずるときは電壓高き處より電壓低き處に向て電流の流通始まること已に記載せる如し。此電流の流るゝ程度は回路の性質に由て異る.是れ回路を成す物體に從て電流の流通に逆ふ程度が異るが爲なり。之れ恰も水が流るゝに當り通路の大小.其表面の粗滑に由て流水量の異るが如し。此電流の流通に對抗する物體の性質を物體の電氣抵抗或は略して**抵抗**(Resistance)と云ふ。水管內に於ける流水量は水管太くして短く內面滑かなる場合に多く.水管細くして長く內面粗なる場合に少し.即ち水の流通に逆ふ抵抗は管の長さに正比例し其切斷面積に逆比例す。電流の流るゝ程度も是れと同樣に同一物體に於ては其構成する回路短くして其切斷面積大なる場合に多く.是に反する場合に少し,即ち**電氣抵抗は物體の長さに正比例を爲し切斷面積に逆比例を爲す。**

單位—凡そ如何なる事柄も其觀念を明かになさんとするには.數字にて表はすこと必要なり.たとへば爰に一個の箱ありとすれば.其大さを表はすには長さ.幅さ.高さを何寸と云ひ.其重さを表はすには何匁と云ふが如し.是等の寸とか匁とか稱へる數字外に必要なる稱呼を**單位**(Unit)と云ふ。電氣學に於ても是と同樣に電氣學上研究を爲すには或る單位を用ひ數字にて表はすなり。一般に總ての單位の基本となれる單位あり.長さの單位質量の單位及時間の單位の三とす.其他の單位は此三單位より導かれたるものなれば此單位を**基本單位** (Fundamental Unit)

と稱す。長さの單位は「センチメートル」(Centimetre)質量の單位は「グラム」(Gram)時間の單位は秒(Second)と稱せらる。

一「**センチメートル**」は0.39371吋又は3.3分に相當し.一「**グラム**」は攝氏四度に於ける清水一立方「センチメートル」の質量にして15.432「グレイン」又は0.026667匁に相當す.一秒は長さ100「センチメートル」の單純振子の地球上に於ける一振りの時間なり。

此基本單位より導かれたる單位は基本單位頭字を取りC.G.S.單位又は絕對單位(Absolute Unit)と稱せらる.此單位に次の數種あり。

幾何學的單位(面積及角度の單位)。

機械的單位(速度加速度.力.仕事.エネルギー及働きの單位)。

熱單位(B.T.U.及カロリー)。

靜電單位(電量.電流.電位差.抵抗.電氣容量及誘電率の單位)。

磁氣單位(磁極.磁界.磁位差.磁氣力率.磁氣誘導磁束起磁力.磁化力.磁氣抵抗及導磁率の單位)。

電磁單位(電流.電位差.電量.抵抗.電氣容量.コンダクタンス及自己誘導係數の單位).

是等の內電磁單位は實用上或は大に過ぎ或は小に過ぐる不便ある故.電磁單位の或る倍數にて表はす**實用電氣單位**(Practical Electrical Unit)定めらる。

電氣學上實用單位の基本となるものは抵抗の單位.電流の單位及電位差即ち起電力又は電壓の單位の三種とす.其名稱は次に示す。

(一) 抵抗の單位　「**オーム**」(Ohm)

(二) 電流の單位　「**アムペア**」(Ampere)

(三) 起電力又は電壓の單位　「**ヴオルト**」(Volt)

此三單位を電磁的單位にて表はせば次に示す如し。

(一) **電流の單位強さ**とは半徑一「センチメートル」の弧に曲げられたる回路の一「センチメートル」を流通しつゝある電流が.其中心に於ける單位磁極に一ダインの力を以て働くときの其電流の強さを謂ふ。

單位磁極とは空氣中一「センチメートル」の距離に在る同極にして同等なる他の磁極を一ダインの力を以て排斥する磁極を謂ふ。

ダインとは力の單位にして一「グラム」の質量に一秒間働き.之が爲め毎秒一「センチメートル」の速度を生せしめる力を一「ダイン」と云ふ.

之に由て地球の重力は 981「ダイン」にして一「ポンド」の重さのものに對しては約 44,500「ダイン」の力が働くなり。

(二) 二點間の單位電位差とは一點より他の一點迄單位電流を持來たすに當て一「エルグ」の仕事を要するものを謂ふ。

エルグとは仕事の單位にして一「ダイン」の力に逆て物體を一「センチメートル」進めるに當て仕遂げられたる仕事を一エルグと謂ふ

(三) **單位抵抗**とは單位起電力を導體に加へ單位電流が流るゝ場合の導體の抵抗を謂ふ。

此三單位の實用單位の定義は明治四十三年三月二十五日法律第二十六號にて發布せられたる我國の電氣測定法に於て定められたる所に依れば次の如し。

オームは水の融解温度に於て質量 14.4521「グラム」長さ 106.300 センチメートルにして均一なる切斷面積を有する水銀柱の不變電流に對する電氣抵抗を謂ふ。電磁單位の 10^9 倍なり。

アムペアは硝酸銀の水溶液を通過し毎秒 0.00111 800「グラム」の銀を分離する不變電流を謂ふ。電

磁單位の 10^{-1} 倍なり。

「**ヴオルト**」は一「オーム」の電氣抵杭を有する導體に一「アムペア」の不變電流を發生せしむる爲めに要する不變電壓を謂ふ。電磁單位の 10^8 倍なり。

一「オーム」の一百萬倍を一「メグオーム」と云ひ其一百万分一を一「マイクロオーム」と云ひ.一「アムペア」の一千分一を一「ミリアムペア」と云ふ。クラーク標準電池の攝氏十五度に於ける起電力は 1.4328「ヴオルト」ダニエル電池の起電力は凡そ一「ヴオルト」レクランシー電池の起電力は凡そ1.5「ウオルト」なり。クラーク標準電池とは水銀を陽極とし塗汞したる亞鉛を陰極とし.液に硫酸亞鉛の結晶と硫酸水銀及硫酸亞鉛との飽和溶液を用ひたるものなり。

電流の單位は電流の流るゝ程度即ち强さ(Intensity)を示すものにして流るゝ電量を示すものに非す.詳しく云へば毎一秒間に流るゝ電量を謂ふにあれば電量を示すには「**クーロム**」(Coulomb) なる實用單位を用ふ。一「クーロム」とは一「アムペア」の電流が一秒間流れたる電量なり此單位は餘り小なれば實用には「**アムペア時**」なる單位を用ふ.一「アムペア」時とは一「アムペア」の電流が一時間流れたる電量にして 3,600「クー

ロム」に相當す.故に若しI「アムペア」の電流がT時間通ずるときは其電量はIT「アムペア」時なり。

以上三單位以外の單位に就ては以下本文中に記載すべし。

導體及絶緣體——物體の抵抗は.前文記載するが如く同一物體に於ては其切斷面積に逆比例を爲し長さに正比例を爲せども.異種物體に於ては切斷面積及長さ相等しきも.其抵抗は相等しからず.例へば直徑0.106吋の純銅線長さ1,000呎の華氏60度に於ける抵抗は凡そ一「オーム」なるも,切斷面積及び長さ是に等しき鐵線の抵抗は凡そ七「オーム」なるが如し。此くの如く異れる物體は其の抵抗亦等しからず.或る物體は殆んど完全に電流を通せしめ或る物體は全く通せしめざるが如し。此抵抗の多少に從て總ての物體を次の三種に大別す。

(一)　**良導體**　(電氣の大部分を導く物體)
(Good Conductor)

(二)　**不良導體**　(電氣の一部分を導く物體)
(Partial Conductor)

(三)　**絶緣體**　(電氣の大部分を導かざる物體)
(Insulator)

良導體の重なるものは金屬にして抵抗の少きものより順次に擧くれば次に示す如し。

純銀(軟)　純銅(軟)　純銀(硬)　純銅(硬)　純金　純アルミニウム　亞鉛　純白金　眞鍮　軟鐵　ニッケル　錫　鉛　洋銀　アンチモニー　純水銀

之に續く金屬以外のものは次の如し

木炭　酸類　不純の水

不良導體は抵抗少きものより順次に擧ぐれば次に示す如し。

人體　濕りたる土地　木綿　乾燥せる木材　大理石　紙

絶緣體は抵抗の多きものより順次に擧ぐれば次に示す如し。

乾燥せる空氣　鉛を含有せざる硝子　シェラック　雲母　エボナイト　ガッタペルシヤ　インヂアラッバー　ファイバー　封蠟　硫黄　松脂　絹毛類　鑛脈を含有せざる大理石　乾燥せる紙及革　陶磁器　油

純粹の液體は概ね絶緣體なれども他の液體混入するときは導體に變ず。是に反して合金の抵抗は其各分子金屬の抵抗より.大なるに由り諸種の合金は抵抗線として用ひらる其抵抗は金屬の種類と合金の割合とに由て異る。

此くの如く物體の抵抗は其種類に從て異る故に,異なれる物體の抵抗を比較するには,一定の切斷面積と

一定の長さとに對する抵抗を以てす,是を物體の**特有抵抗** (Specific Resistance) と云ふ。又同種の物體に於ても其抵抗は其長さに正比例し切斷面積に逆比例するなれば l を物體の長さ.Sを物體の切斷面積.ρ を物體の特有抵抗,Rを物體の抵抗とすれば

$$R=\rho\frac{l}{S}\qquad \rho=R\frac{S}{l}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

l を「センチメートル」にて測りSを平方「センチメートル」にて測れば.ρ は其物體の一立方「センチメートル」の抵抗となる。第一表に金屬の特有抵抗.第二表に絶緣體の特有抵抗.第三表に液體の特有抵抗を示す。

第　一　表

金屬の特有抵抗及導電率

品　名	特有抵抗攝氏零度（一立方センチメートルのマイクロオーム）	導電率 %
銀(軟) ……	1.468	108.2
銅(軟) ……	1.55	102.6
銅(マツシーセンの標準)……	1.594	100.0
金(純) 99.9%…	2.197	72.5
アルミニウム(純) 99%……	2.563	62.1
マグネシウム …	4.355	36.6
亞鉛 ……	5.751	27.6
白金(軟) ……	8.98	17.7
鐵(純) ……	9.065	17.6
鐵(電信用) ……	14.910	10.7
ニツケル ……	12.3	12.9
カドミウム ……	10.023	15.9
錫 ……	13.1	12.1
鉛 ……	20.4	7.82
アンチモニー …	35.2	4.53
水銀 ……	94.3	1.69
ビスマス ……	130.0	1.22
グラフハイト …	2400－42,000	
弧光燈炭素 ……	凡そ 4000	
セレニウム ……	6×10^{10}	

第　二　表

絶緣體の特有抵抗

品　名	特有抵抗（一立方センチメートルのメグオーム）
マイカ ……	8.28×10^{7}
シエラツク ……	8.88×10^{9}
ガタペルシヤ…	4.44×10^{8}
パラフヒン ……	3.35×10^{10}
エボナイト ……	2.77×10^{10}
硝子 ……	8.97×10^{7}
インヂアラッバー	10.90×10^{8}

第　三　表

液體の特有抵抗

品　名	溶液の割合	比　重	特有抵抗（一立方センチメートルのメグオーム）	測定の温度（攝氏）
水 ……	——	1	8.97×10^{6}	4^{0}
硫酸 ……	20%	1.41	1.52	18^{0}
硫酸 ……	30%	1.22	1.36	18^{0}
硝酸 ……	——	1.32	1.585	18^{0}
丹寧 ……	16%	——	29.58	10^{0}
苛曹 ……	25%	——	20.78	8^{0}
鹽酸 ……	20%	1.1	1.32	18^{0}
サルアムモニア	25%	1.07	5.65	18^{0}
鹽水 ……	26%	1.2	4.66	18^{0}
鹽化亞鉛 ……	30%	1.3	10.82	18^{0}

物體の抵抗は温度に伴ひ變化す。一般に絶緣體.炭素及純粹の液體の抵抗は温度の昇るに從ひ減少し金屬及不純粹の液體の抵抗は温度の昇るに從ひ增加す.此增加する率を α とし t 度に於ける抵抗をRとし t' 度に於ける抵抗をR′とすれば

$$R'=R\{1+\alpha(t'-t)\}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

此 α を**抵抗の温度係數**と云ふ。合金の温度係數は一汎に小なる故に諸種の實驗及測定に抵抗の標準として使用せらる.マンガニンと稱する合金の温度係數は殆んど零に近し。此の温度係數を利用し或る金屬の抵抗の變化を測定し.温度の增減を算定することを得るなり。第四表に各金屬の華氏及攝氏兩温度に於ける温度係數を示す。

第 四 表

金屬の抵抗温度係數

品 名	攝氏温度に於ける温度係數	華氏温度に於ける温度係數
銀(軟)	0.00400	0.00222
銅(軟)	0.00428	0.00242
金(純)	0.00377	0.00210
アルミニウム	0.00423	0.00235
亞鉛	0.00406	0.00226
白金(軟)	0.00247	0.00137
鐵	0.00625	0.00347
ニツケル	0.0062	0.00345
錫	0.0044	0.00245
鉛	0.00411	0.00228
アンチモニー	0.00389	0.00216
水銀	0.00072	0.00044
ビスマス	0.00354	0.00197

例一。長さ25「センチメートル」切斷面積10平方「センチメートル」の鐵線あり攝氏10度に於ける抵抗幾何なりや。

解 $R=\rho\frac{l}{S}$

に於て $l=25$, $S=10$, $\rho=9.07$

なるに由り $R=22.675$

第二式に於て $\alpha=0.00625$ $t'=10$ $t=0$

由て $R'=22.675\{1+0.00625\times10\}$

$=24.0922$「マイクロオーム」

炭素の温度係數 α は負號にして其値は 0.0002 乃至 0.0008 なり。

コンダクタンス及導電率——電流の流通に抵抗する性質を抵抗なる名稱を以て表はす代りに其反數にて表はすことあり.之を**コンダクタンス** (Conductance)と云ふGにて之を示すときは $G=\frac{I}{R}$ なり。其實用單位を「オーム」(OHM)を反對になしたる「モー」(MHO) と云ふ.由て抵抗20「オーム」なる導體のコンダクタンスは $\frac{I}{20}$ 即ち 0.05「モー」なりと謂ふ。又特有抵抗の反數を**導電率** (Conductivity) と云ひ.是に依て異れる導體のコンダクタンスを比較す。第一表に金屬の導電率を示す。

オーム法則——一個の水槽に大小異れる管を附し水を流出せしむるときは管口と水面との高低の差等しくとも.太き管よりは細き管よりも多量の水流出す.若し同じ太さの管を用ふるときは.管口を水面より**低下**せしむるに從ひ水の流出量增す。電流流通の狀態も是れと同樣にて電壓相等しきときは抵抗多き導體よりも抵抗少き導體に多量の電流通じ.抵抗相等しきときは電位高き導體に多量の電流通ずるなり。是を云ひ換へれば電流は抵抗に逆比例し電壓に正比例す.今I を以て電流を表はし E を以て電壓又は起電力を表はしRを以て抵抗を表はせば以上の關係は次に示す如くなる。

$$I=\frac{E}{R} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

實用單位を用ふれば 「アムペア」$=\frac{\text{「ヴオルト」}}{\text{「オーム」}}$

此關係は**ドクトル.オーム**氏に依て發見せられたれば是を**オーム法則**と云ひ電氣學上最も肝要なる原則となす。

以上の式は次の如く變化することを得

$$E=IR \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

$$R=\frac{E}{I} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

是を例に由て說明すれば次の如し。

例二。 電壓120「ヴォルト」を抵抗15「オーム」の回路に加へるときは幾「アムペア」の電流通ずるや。

解 第三式に於て E=120 R=15 なるに由り

$$I=\frac{E}{R}=\frac{120}{15}=8$$

即ち八「アムペア」の電流通ずるなり。

例三。 抵抗八「オーム」の回路に50「アムペア」の電流を通せしめんには起電力幾何「ヴォルト」を要するや。

解 第四式に於て I=50 R=8 なるに由り

$$E=IR=50\times 8=400$$

即ち400「ヴォルト」を要す。

例四。 或る回路に電壓100「ヴォルト」加へて150「アムペア」の電流通じたり云ふ,此回路の抵抗幾何「オーム」なりや。

第五式に於てI=150 E=100なるに由り

$$R=\frac{E}{I}=\frac{100}{150}=0.666$$

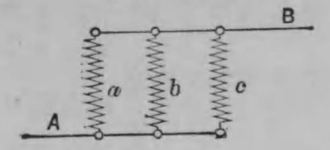
即ち0.666「オーム」なり

並列接續法.直列接續法.合成抵抗——一回路の抵抗は一個の導體の抵抗の如く簡單なるものに非ず.通常回路は導體の種々の接續より成るものにして.其接續の方法は種々あれども之を大別して並列接續法及直列接續法の二となす。**並列接續法**(Parallel Connection)とは第一圖甲に示す如く *a.b.c* なる三導體の一端を集めて皆A なる導體に接續し.他の一端を集めてB なる導體に接續するに在り。**直列接續法**(Series Connection) とは第一圖乙に示す如く *a.b.c* を順次接續し其一端を導體A に他の一端を導導體B に接續するにあり.實際に於ては此二種の接續が複雜に行はるゝなり。斯くの如く二個以上の導體が接續せられたるときの全部の抵抗を**合成抵抗**(Combined Resistance)と云ふ。第一圖に於て *a* の抵抗を R_1, *b* の抵抗を R_2, *c* の抵抗を R_3 とし, *a* のコンダクタンスを G_1, *b* の「コ

第 一 圖

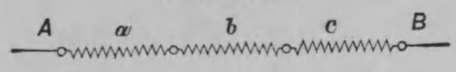
甲

並 列 接 續



乙

直 列 接 續



ンダクタンスを G_2. C のコンダクタンスを G_3 とすれば.第一圖甲に於ては *abc* 三導體のコンダクタンスGは

$$G=G_1+G_2+G_3$$

a.b.c 三導體の合成抵抗をRとすれば

$$R=\frac{I}{G}=\frac{I}{G_1+G_2+G_3}$$

然るに $G_1=\frac{I}{R_1}$, $G_2=\frac{I}{R_2}$, $G_3=\frac{I}{R_3}$

由て $$R=\frac{I}{\frac{I}{R_1}+\frac{I}{R_2}+\frac{I}{R_3}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

若し *a.b.c* の抵抗が相等しきときは

$$R=\frac{R_1}{3}$$

a.b.c 導體の數が *n* 個なるときは其合成抵抗は次の如し

$$R=\frac{R_1}{n}$$

又第一圖乙に於ては單に $R=R_1+R_2+R_3$ ...(7)

各導體の抵抗相等しく其數 *n* 個なるときは其合成抵抗Rは

$$R=nR_1$$

即ち導體を並列に接續するときは其合成抵抗は各

導體の抵抗より減じ,直列に接續するときは其合成抵抗は各導體の抵抗の和に等し。

例五。 白熱燈球一個(抵抗 200 オーム)弧光燈一個(抵抗五オーム)を並列に接續するときは其合成抵抗は幾何なりや。

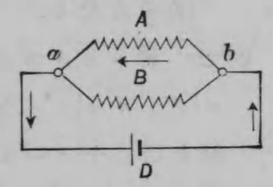
解 第六式に於て $R_1=200$ $R_2=5$

合成抵抗は $$R=\frac{I}{\frac{I}{200}+\frac{I}{5}}=4.87$$

即ち 4.87 オームなり。

分岐電流═A B なる電線を並列に接續し第二圖に示す如く電池D に接續するときは.電池の陽極より發する電流は *b* に於て AB兩線に分流し.*a* に於て合し電池の陰極に歸る。

第 二 圖
分岐電流



故にA B 各線に通する電流は電池より發する電流より少く其各抵抗に逆比例をなす即ち電池より發する全電流をI「アムペア」とし.Aに流るゝ電流を I_1「アンペア」其抵抗を R_1「オーム」.Bに流るゝ電流を I_2「アンペア」其抵抗を R_2「オーム」とし合成抵抗をR「オーム」とすれば

$$I_1=I\times\frac{R}{R_1}=I\times\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\times\frac{1}{R_1}=I\times\frac{R_2}{R_1+R_2}$$

$$I_2=I\times\frac{R}{R_2}=I\times\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\times\frac{1}{R_2}=I\times\frac{R_1}{R_1+R_2}$$

各線の抵抗相等しく其數n個なるときは各線に通する電流相等しく皆$\frac{I}{n}$「アムペア」なり。

例六。 第二圖に於てAは抵抗三「オーム」の弧光燈Bは七「オーム」の弧光燈なりとし,是に全電流十「アムペア」を通じたりとせば,各燈に通ずる電流幾何なりや。

解 此場合に於て $I=10$ $R_1=3$ $R_2=7$

上式に由り

$$I_1=I\times\frac{R_2}{R_1+R_2}=10\times\frac{7}{7+3}=7$$

$$I_2=I\times\frac{R}{R_1+R_2}=10\times\frac{3}{7+3}=3$$

即ちBの弧光燈に三「アムペア」Aの弧光燈に七「アムペア」通ずるなり。

例七。 ダニエル電池一個の抵抗五「オーム」起電力一「ヴォルト」とし,之を抵抗四「オーム」の電鈴に接續し抵抗十「オーム」の電磁石を是と並列に接續する時は,電鈴及電磁石に通ずる電流は幾何なりや。但し接續用電線の抵抗を一「オーム」とす。

解 電鈴及電磁石の合成抵抗は$\frac{10\times4}{10+4}=\frac{40}{14}$

回路の全抵抗は$R=5+1+\frac{40}{14}=8.8$「オーム」

電流は$I=\frac{1(ヴォルト)}{8.8}=0.113$「アムペア」

$=113$「ミリアムペア」

是に由て電鈴及電磁石に通ずる電流は

電鈴には $I_1=\frac{113\times10}{10+4}=80.7$「ミリアンペア」

電磁石には $I_2=\frac{113\times4}{10+4}=32.3$「ミリアムペア」

キルヒホッフの法則＝數多の分岐路を有する回路に於て又は起電力が回路の諸所に加はる場合に各分路に通ずる電流及其方向等を知らんとするには,オーム法則に據ること不適當なれば,此法則より導かれたる**キルヒホッフ**(Kirchhoff)の法則を適用するを便とす。

キルヒホッフの法則

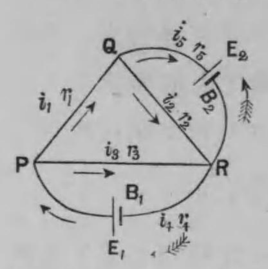
(一) 網狀を爲す回路に於て任意の一點に集合する電流の代數的總和は常に零に等し。

(二) 網狀回路中に任意の一回路を選定し,之に通ずる電流に其電線の抵抗を乘じたる乘積の代數的總和は其回路に働く起電力の代數的總和に等し。

第三圖に示すが如き網狀回路ありとすB_1 B_2は電池

にして其起電力を$E_1 E_2$とし.各分路に於ける電流を$i_1\ i_2$....とし.其抵抗を$r_1\ r_2$..とし羽なき矢の方向にて電流の方向を示し羽ある矢にて起電力の方向を示すものとす。

第三圖
キルヒホツフ法則を示す圖



是にキルヒホツフの法則を適用すれば第一法則に從ひ

Q點に於ては　$+i_1-i_2-i_5=0$

P點に於ては　$+i_4-i_1-i_3=0$

R點に於ては　$+i_2+i_3+i_5-i_4=0$

次に第二法則に從へば

PQR回路に於ては　$+i_1r_1+i_2r_2-i_3r_3=0$

PQRB$_1$回路に於ては$+i_1r_1+i_2r_2+i_4r_4=+E_1$

QRB$_2$回路に於ては　$+i_5r_5-i_2r_2=-E_2$

PQB$_2$RB$_1$回路に於ては$+i_1r_1+i_5r_5+i_4r_4=-E_2+E_1$

PQB$_2$RP回路に於ては$+i_1r_1+i_5r_5-i_3r_3=-E_2$

以上の數式よりi_1, i_2....の値を算出することを得るなり。

電池接續法—電池より成るべく多量の電流を得んには其數個を適當に接續せざるべからず.其接續

方法に三種あり.即ち

(一)　直列接續法

(二)　並列接續法

(三)　並直列接續法

にして其方法は導體の接續法に等し。今數個の電池を第四圖甲に示すが如く直列に接續するときは.其總起電力は各個の起電力の和に等しく.同圖乙に示すが如く並列に接續するときは一個の起電力に等しく.其發生總電流は電池の內部抵抗及外部抵抗に由て異る。電池壹個の內部抵抗をr「オーム」とし起電力をE「ヴォルト」とし外部回路の抵抗をR「オーム」とし電池の個數をnとすれば.電流は「オーム」法則に由り

直列接續法(第四圖甲)に於ては

$$I=\frac{nE}{nr+R} \quad \cdots\cdots(8)$$

並列接續法(第四圖乙)に於ては

$$I=\frac{E}{\frac{r}{n}+R} \quad \cdots\cdots(9)$$

今若し電池總數を直列にn_1個並列にn_2個接續すること第四圖丙に示すが如くなすときは.電流は

$$I=\frac{n_1E}{\frac{n_1}{n_2}r\times R} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(10)$$

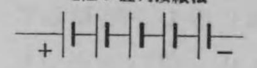
然るに　$n=n_1n_2$　$n_2=\frac{n}{n_1}$

第十式の n_2 に此値を置き換へれば

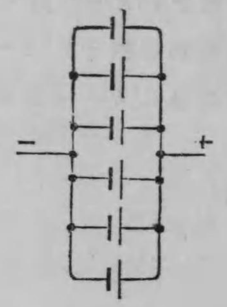
$$I=\frac{n_1E}{\frac{n_1^2}{n}r+R} \quad \cdots\cdots(11)$$

第四圖

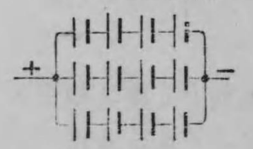
甲
電池の直列接續法



乙
電池の並列接續法



丙
電池の並直列接續法



一定數の電池を並直列に接續して最大電流を得んには内部抵抗と外部抵抗と相等しきを要するなれば,第十一式に於て

$\frac{n_1^2}{n}r=R$ なるを要す

即ち $n_1=\sqrt{\frac{nR}{r}}$

然るに $n=n_1n_2$ に由り

$$n_2=\frac{n}{\sqrt{\frac{nR}{r}}}=\sqrt{\frac{nr}{R}}$$

即ち電池は n_1n_2 が此等の値を有する時に,最大電流を發生するなり。

例八。 ダニエル電池12個を三個直列に四組並列に接續し,抵抗25「オーム」の回路に接續するときは幾何の電流を得るや。但し電池一個の內部抵抗を五「オーム」とす

解　此場合に於て　$E=1$, $n_1=3$, $n_2=4$, $R=25$, $r=5$

第十式に由り $I=\frac{3\times1}{\frac{3}{4}\times5+25}=0.104$

即ち104「ミリアムペア」なり。

例九。 ダニエル電池20個(內部抵抗各八「オーム」)を抵抗40「オーム」の回路に接續し最大電流を得んには,電池の接續を如何にすべきや。

解　此場合に於て　$n=20$, $R=40$, $r=8$

是に因て最大電流を發生すべき n,n_2 の値は前式に由り

$$n_1=\sqrt{\frac{nR}{r}}=\sqrt{\frac{20\times40}{8}}=10$$

$$n_2=\frac{n}{n_1}=\frac{20}{10}=2$$

即ち電池を直列に10個,並列に2個接續するときは最大電流を得るなり。

電流の作用——電流の通ずる電線に,磁針を近付るときは,磁針動きて或る作用を受けたるが如きを

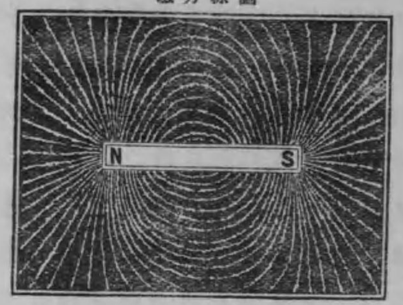
認むべし.又電線にて白紙を貫き是に電流を通じ紙上に鐵粉を撒布するときは.鐵粉は紙上に數十の圈を畫きて集まるを認むべし.是れ電線の近傍が電流流通の爲に磁性を帶ぶるに至りて.磁針及鐵粉は之が爲め吸引せられたるなり.是を電流の**磁氣作用** (Magnetic Action) と云ふ。次に硝酸銀の溶液を容れたる一器内に.銀及銅の兩板を並立せしめ.銅板を或る電池の陰極に銀板を其陽極に接續するときは.其器内に電流通じて電氣化學作用起り.銀板は漸次液中に溶解し硝酸銀は分解して.銀は銅板の表面に附着し全く是を覆ふに至るべし.是れ所謂電氣鍍金法 (Electric Plating) の原理にして.此電氣分解作用を**電流の化學作用**(Chemical Action)と云ふ。又次に甚だ細き白金線に强大なる電流を通ずるときは.白金線は甚しく熱し赤色を呈するに至るべし.一層電流が强大なるときは白金線より白熱光を發するに至るを認むべし.此作用を**電流の發熱作用**(Heating Action) と云ふ。以上三種の作用は電流が起す現象にして是に依て始て導體に電流の通じて居るや否やを認め其現象の大小强弱に由て電流の强さ及分量をも知り是を測ることを得るなり.此作用なきときは電流の

通ずる導體と電流の通ぜざる導體とを區別すること能はず.總ての電氣工業は此作用を應用せるに外ならざるなり.例へば電信機電話機及發電機等は電流の磁氣作用に基き製作せられたるもの.鍍金術.蓄電池.電氣分銅等は電氣分解に由る化學作用に基き.電燈球.電熱器.炭化石灰.窒素肥料の製造及電氣製鐵等は發熱作用に由るものなり。

磁氣作用—磁性とは鐵が他の鐵片を吸引する性質にして.天然に此性質を帶ぶる者は酸化鐵の一種 (Fe_3O_4) なる磁鐵鑛と稱する鐵鑛なり.此性質を具へ永久に失はざる鐵を**耐久磁石** (Permanent Magnet) と云ふ。今杆形を爲せる耐久磁石を白紙を以て覆ひ.鐵粉を之に撒布するときは.鐵粉は吸引せられ第五圖に示す如く磁石の兩端に多量に集り曲線を畫くべし。此曲線は鐵粉を吸引する磁力の爲に生ずるものなれば.磁力を示すに便宜上此曲線を用ひ**磁力線** (Magnetic Line of Force) と稱し.磁石の一端より出でて他端に入る者と想像す.從て其出入する兩端は其他の場所よりも磁力線密集し磁力大なれば.鐵片は必ず磁石の兩端に吸引せらる 此兩端を**磁石の極** (Pole) 又は**磁極** (Magnetic Pole) と云ひ.磁針の南極を吸

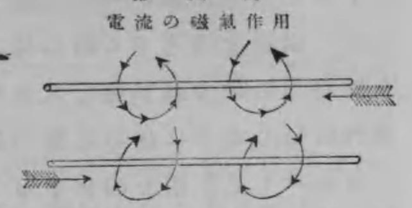
引する極を**北極** (North Pole) と云ひNなる字を以て示し.磁針の北極を吸引する極を**南極** (South Pole) と云ひSなる文字を以て示す。磁力線は北極より出でゝ南極に入る者と假定せられ.磁力線の存在する空間を**磁界**(Magnetic Field) と云ふ。磁界の方向は磁力線の方向にて示し.其強さは其方向に直角なる切斷面の一平方「センチメートル」に通ずる磁力線の數量を以て示し其單位を「**ガウス**」(Gauss) と云ふ.一「ガウス」の強さの磁界とは一平方「センチメートル」に付き磁力線一本在る磁界を云ふなり。磁界に於ける磁力線の總數を**磁束** (Magnetic Flux) と云ひ其單位を「**マクスウエル**」(Maxwell) と云ふ。電流が導體に通ずるときは其近傍に磁力線を生じ磁界となり.是に鐵片を近付けるときは磁力線は鐵片に通じ鐵片は吸引せらるゝと同時に磁性を帶びて磁石と成る.一汎に磁力線が鐵に通ずるときは其鐵は磁性を帶び

第五圖
磁力線圖



て磁石に變ず　是れ即ち電流の第一作用たる磁氣作用なり.此場合に於て磁力線は電線の周圍に圈形を爲し是に直角を爲す.其方向は電流の方向に從て異る。今讀者電線に沿ふて立つものと假定し.電流が體より前方に向て流るゝときは.磁力線の示す方向は時計指針の廻轉方向と等しく.之に反し電流が體に向て流るゝ時は.磁力線の示す方向は時計指針の廻轉方向と反對なる事第六圖に示す如し。又電流の通ずる電線に磁針を近付けたる時.其磁氣作用に因て磁針の動く方向も電流の方向に從て異る。是れ亦讀者電線に沿ふて立つものと假定し.電流が體より前方に向て流るゝときは.磁針の北極端は電線の上に於ては右方に.下に於ては左方に動くべく.之に反し電流が體に向て流るゝときは磁針の北極端は電線の上に於ては左方に.下に於ては右方に動くなり。此の關係は恰も栓拔の働きと同じく.栓拔きを右方に廻はせば前方に進み.左方に廻せば體に向て進む.此理に由て電流及是に由て生ず

第六圖
電流の磁氣作用

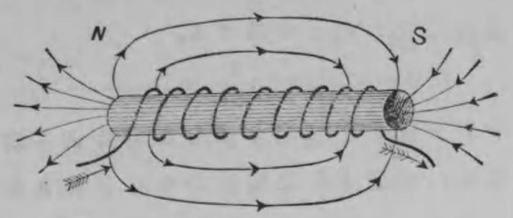


る磁力線の方向の關係は極めて記憶し易し。

筒線輪及電磁石——電線を互に密接して螺旋狀に捲き.之に電流を通ずるときは,電線の周圍に磁力線生ずるを以て螺旋の內部は強き磁界となるべし。其中に鐵桿を挿入する時は.磁力線は益々之に集まり,螺旋內の磁力線は鐵桿なき時よりも增加して鐵桿內に通じ.鐵桿は磁石に變じ能く鐵片を吸引するに至るべし.此作用を**磁化する** (Magnetize) すると云ふ。此くの如く電流の作用に因て磁化性を帶ぶべき螺旋狀の電線を**筒線輪** (Solenoid) と云ひ.鐵桿を挿入したるものを**電磁石** (Electromagnet) と云ふ.一汎に螺旋狀に卷きたる電線を**線輪** (Coil) と云ふ。電磁石に於ては耐久磁石の如く其兩端に南北の兩極發生すれども何れの一端が南極となり何れの一極が北極となるやは.線輪に通ずる電流の方向如何に由て定まる。是れ亦栓拔と同じ理にて電磁石の一端に面し.線輪に通ずる電流の方向が時計指針の廻轉方向と同じときは.磁力線は前方に向ひ.其の面する所の一端が磁石の南極となり他端が北極と成る.電流の方向が是と反對なれば磁力線は體に向ふを以て面する所の一端が北極と成り他端が南極となる

第七圖

電磁石と磁力線



第七圖を見よ)。電磁石は永久其の磁性を帶ぶるに非ず.是に通ずる電流の流通止むときは.直ちに其磁性を失へども少許の磁氣は殘留す.之を**殘留磁氣** (Residual Magnetism) と云ひ.此性質を**保磁性** (Retentivity) と云ふ軟鐵は保磁性弱く鋼鐵は保磁性強し.電氣機械に於ては保磁性弱き鐵を用ふるものとす。殘留磁氣を取去る爲めに.反對の磁氣を與ふるに要する磁化力を**保磁力** (Coersive Force) と云ふ。一般に**磁化力** (Magnetizing Force) は其磁界の強さに等し。

電流に由て生ずる磁界の強さ——或る線輪又は電線に電流通じたる爲め其周圍に生ずる磁界の強さは線輪又は電線の形狀に由て異り.同じ磁界中に於ても各位置に於て異る。極めて長き電線に電流通ずる場合には磁力線は電線の周圍に圈形を爲す.電

流をI「アムペア」とすれば.電線よりD「センチメトル」の距離にある一點に於ける磁界の強さをHにて示せば其値は次の式にて示さる。

$$H=\frac{2i}{10D}=0.2\frac{I}{D} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(12)$$

次に電線が圓形を爲し多數なる場合則ち筒線輪を爲す場合には.磁力線は圓形の中心を貫き其部分に於ては直線なり.其強さは圓形の直徑をd「センチメートル」とし,筒線輪の長さをl「センチメートルとし一「センチメートル」の間に在る電線の捲數をNとすれば次の式にて示さる。

$$H=\frac{4\pi}{10}IN\frac{l}{\sqrt{l^2+d^2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(13)$$

筒線輪の長さが直徑に比し甚だ長きときはdをlに對し省略し.上式は次の如く變ず。

$$H=\frac{4\pi}{10}IN=1.2566IN\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(14)$$

此INを**アムペア回數**(Ampere-turn)と云ふ。筒線輪の中に鐵を挿入するときは.磁力線は增加し磁界の强さの增すことは已に記載せり。今是が爲に磁力線數がBに增したりとすれば$\frac{B}{H}$は其增加率を示す.此率を鐵の**導磁率**(Permeability)と云ひμにて示す.其値

欠

欠

鐵片を磁界内に置き磁界の強さを漸次增すときは鐵片内の磁束密度Bも之に伴ひ增せども.Hを漸次減少する際には.Bは之に伴つて減少せず.Hの減少に遲れBの多量が殘存すべし.之れ鐵の保磁性の爲めにして殘留磁氣として存するなり.斯くの如き鐵の磁化に遲るゝ性質を**ヒステリシス**(Hysteresis)と云ふ。電流に由て鐵を磁化せしむるに當り電流の方向及其値を變化せしむるときは.ヒステリシス作用の爲めに常に殘留磁氣鐵に存し.之に要する磁化力は單に鐵を熱するに止まり全く損失と成る.此損失はスタインメッツ氏(Steinmetz)の實驗に據れば.磁化力の變化一週期毎に鐵の一立方「センチメートル」に付き次の式にて示すが如し。

$$h=\eta B_m^{1.6} \text{エルグ(Erg)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (15)$$

式中B_mは毎平方「センチメートル」の最大磁力線數即ち磁束密度の最大値にしてηは定數にして鐵の品質に由て異る.之を**ヒステリシス係數**と云ふ。今軟鐵に對するηの値0.002を此式に用ひ.損失を鐵の毎立方吋の電力の損失にて示せば次の式に示す如し(「ワット」の意義は後節に記載す)。

$$W_h=0.338B_m^{1.6} f 10^{-8} \text{ワット} \cdots\cdots\cdots\cdots (16)$$

式中fは磁化力の變化毎秒の周期數(交流に於ける周期數)なり。此損失電力を**ヒステリシス損**(Hysteresis loss)と稱す。第五表に鐵の磁化表(HBμの表)第六表にヒステリシス係數及ヒステリシス損を示す。

第 五 表

鍛鐵の磁化表(ホプキンソン)

B	H	μ	H_1	B	H	μ	H_1
0	0	0	1.8	12000	10.4	1154	4.7
1000	1.3	769	—	12500	12.0	1045	—
2000	1.7	1177	1.7	13000	14.0	930	7.3
3000	2.0	1500	1.6	13200	15.0	880	—
4000	2.35	1700	1.4	13400	16.0	835	—
5000	2.75	1818	1.2	13600	17.0	790	—
5500	2.95	1868	—	13800	18.5	740	—
6000	3.15	1905	0.7	14000	20.0	700	1.4
6500	3.40	1914	—	14200	22.0	650	—
7000	3.65	1918	0.3	14400	24.0	600	—
7500	3.90	1900	—	14600	27.0	550	—
8000	4.35	1860	0.3	14800	29.0	500	—
8500	4.70	1795	—	15000	33.0	454	2.6
9000	5.2	1725	1.2	15500	43.0	360	—
9500	5.75	1650	—	16000	56.0	285	4.5
10000	6.4	1563	2.0	16500	80.0	206	—
10500	7.1	1478	—	17000	110.0	154	90
11000	8.0	1375	3.0	18000	220.0	81	—
11500	9.1	1263	—	7248			0

鑄鐵の磁化表 (ホプキンソン)

0			3.8	7500	60	125	—
3000	6	500	2	8000	80	100	70
3500	7	500	—	8500	100	85	—
4000	9	444	—	9000	120	75	117
4500	11.6	385	—	9500	150	65	—
5000	15	333	—	10000	180	55	180
5500	19	280	—	10500	210	50	—
6000	25	240	14	11000	230	48	—
6500	32.5	200	—	3928			0
6000	44	160	36				

表中 H_1 は最初に鐵を強く磁化したる後漸々に之を減少する場合のBに對する H なり。B の 18,000 になる迄磁化し次に H の零となる迄漸々之れを減少するも B は 7,248 に減少するのみ即ち最初の磁力線の凡そ40%殘留す之れ即ち殘留磁氣なり。

第 六 表

鐵のヒステリシス係數表

材料	ヒステリシス係數 η
最も良く燒鈍したる變壓器用鐵板	.001
最軟鐵線	.002
最軟薄鐵板	.0024
良質の薄鐵板	.003
厚き鐵板	.0033
通常の鐵板	.004
變壓器鐵心	.003
燒鈍したる鑄鋼	.008
軟鋼	.0094
鑄鋼	.012
鑄鐵	.016
堅くなせる鑄鋼	.025

ヒステリシス損表

B_m ガウス	$B_m^{1.6}$	$\eta B_m^{1.6}$		
		$\eta=0.002$	$\eta=0.003$	$\eta=0.004$
1,000	63,100	126	189	252
2,000	191,300	382	573	765
3,000	365,900	731	1,096	1,463
4,000	580,000	1,160	1,740	2,320
5,000	828,800	1,657	2,486	3,315
6,000	1,111,000	2,222	3,333	4,444
7,000	1,420,000	2,840	4,260	5,680
8,000	1,758,000	3,516	5,274	7,032
9,000	2,122,000	4,244	6,366	8,488
10,000	2,511,000	5,022	7,533	10,044

磁界に於て導體を動かすときは起電力之に發生し電流流通するに至るべし,其通路は恰も渦形を爲すを以て此電流を**渦流**(Eddy Current)と云ふ。渦流發生の爲め導體の運動は抵抗を受け熱之に發生すべし.此熱は單に勢力の損失と成るのみ。此損失を防ぐには鐵の場合には薄き板を重ね合はせて各板間を

紙又は其表面の錆にて絕緣せしめ.電流の通路を數分するときは.渦流は甚しく減ずべし。渦流に由る損失は次式にて示さる。

$$W_e=42B^2_m f^2 t^2 10^{-12} \quad \cdots\cdots(17)$$

式中W_eは毎立方吋の損失「ワット」,tは「ミル」にて示す鐵板の厚さ.fは磁化力變化の毎秒の周期數(交流の周期數)なり。此損失電力を渦流損(Eddy Current loss)と稱す。

磁氣回路—磁力線の通路は已に記載せる如く輪道を爲すこと電氣回路に電流の流通すると同じ.由て此通路を磁路(Magnetic Circuit)と稱す。又磁力線を作り鐵を磁化せしむる能力を起磁力(Magnetomotive Force)と云ふ.磁路に於ける磁力線の數は起磁力の強弱に由るなれとも磁路の狀態に由ても異る.此狀態を磁氣抵抗(Reluctance)と云ふ。起磁力磁束及磁氣抵抗三者の關係は電氣回路に於ける起電力.電流及抵抗の關係と相等し.即ちΦを磁束とし.起磁力をFとし磁氣抵抗を$\mathfrak{R}$とすれば

$$\Phi=\frac{F}{\mathfrak{R}} \quad \cdots\cdots(18)$$

磁氣抵抗も亦電氣抵抗と等しく磁路の長さに正比

例し切斷面積に逆比例す.Sを切斷面積としlを長さとし磁路の導磁率をμとすれば

$$\mathfrak{R}=\frac{l}{S\mu} \quad \cdots\cdots(19)$$

起磁力を生せしむる線輪の捲數をNとし其電流をI「アムペア」とすれば

$$F=\frac{4\pi}{10}IN \quad \cdots\cdots(20)$$

由て

$$\Phi=\frac{F}{\mathfrak{R}}=\frac{\frac{4\pi}{10}IN}{\frac{l}{S\mu}}$$

$$\therefore\ IN=\frac{\Phi\frac{l}{S\mu}}{\frac{4\pi}{10}} \quad \cdots\cdots(21)$$

lを吋にて示しSを毎平方吋にして示しIを「アムペア」にて示せば

$$IN=\Phi\frac{l}{S\mu}\times 0.3132 \quad \cdots\cdots(22)$$

起磁力の單位を**ギルベルト**(Gilbert)と云ひ.磁氣抵抗の單位を**エルステツド**(Oersted)と云ふ。

誘發起電力—或る磁界に於て.磁力線に或る角度を爲して電線を動かすときは電線は磁力線を切り電線中に起電力發生す。其方向は磁力線の方向及運動の方向に由て異る.其關係は第九圖に示す如く.

右手の拇指.食指及中指を互に直角を爲す樣擴げ拇指を電線運動の方向に.食指を磁力線の方向に向はしむれば.中指は電線に發生すべき起電力の方向を示す.此起電力を誘發起電力(Induced Electro-motive Force)と云ふ。誘發起電力の

第 九 圖
誘發起電力と磁力線との關係

強さは電線の磁力線を切る割合に比例し之を直角に切る時最大なり.又電線の數を增すときは是に正比して誘發起電力增加す.是に由て磁界を强くし多數の電線を用ひ迅速に之を動かすときは强大の起電力誘發せらる。誘發起電力の强さは單位時間に切る磁力線の數を以て示す.即ち t 秒間にN本の磁力線を切るとせば起電力Eは

$$E=\frac{N}{t}\text{絕對單位}$$

にて示さる.此單位の 10^8 倍即ち電線が一秒間に 10^8 なる一億本の磁力線を切るとき之に發生する起電力

は一「ヴオルト」なり。若し是等の電線にて一の線輪を作り或る回路に接續するときは.起電力に正比する電流流通すべし。此理に基き或る電磁石の磁極間に線輪を廻轉し其兩端を或る回路に接續するときは.線輪の廻轉に從ひ起電力誘發せられ.回路中に電流の流るゝこと明かなり.是れ現代に於ける發電機(Dynamo)發電の原理にして.西曆1830年英人フハラデー氏に依り發見せられしより以來此理に基き發電機は設計製作せられたるものなり。

磁界内の電線に働く力——磁界中に電線を動かし起電力誘發せられ電線中に電流通ずるときは.此電流と磁力線との間に他の作用起り.電線は磁力線の方向に直角の方向に動かさる。其方向は電流及磁力線の方向に由て異る.之亦第九圖に示すと同じ樣に指を以て示すことを得.即ち食指を磁力線の方向に向け中指を電流の方向に向けるときは.拇指は電線の動く方向即ち電線に加はる力の方向を示す。此力は磁界の强さ.電線の長さ及電流に由て異る.磁界の强さをH「ガウス」.電線の長さを l「センチメートル」.電流をI「アムペア」とすれば.電線の受ける力は $\frac{1}{10}Hll$「ダイン」にて示さる。

誘導作用═或る回路に電流が通じて其周圍が磁界となりたる場合に電流の流通を止むるときは磁力線も同時に消滅す.此際磁力線は必ず回路の一部分を切るを以て回路中に起電力誘發せらる.又更に電流を通して磁界を作る時にも磁力線の發生する際回路の一部分を切るを以て.回路中に起電力誘發せらる。其方向は電流の流通を止むる時には電流の方向と同一にして.電流の流通を始むる時には是と反對なり。此作用を回路の**自己誘導作用**(Self Induction)と云ふ。

回路には必ず自己誘導作用ある故.電流を止むるも電流は直に消滅せず.暫時誘導作用に由る起電力の爲に電流の流通あるべし。又電流を通じ始むる時にも.起電力の加はるや直に電流の通ずることなく暫時誘導作用に由る起電力の爲に反對の電流流れたる後.オーム法則に從ふ正當電流の流通するに至るべし.尤も此時間は極めて短く自己誘導作用の多少に從て異る.回路に於ける電流の增減ある場合にも誘導作用あり。

自己誘導作用に由て誘發する起電力は自己誘導作用の强さと電流增減の割合とに比例す.自己誘導作用の强さは回路の形狀及性質に由て異る。今是をLにて示し,t秒間にi「アムペア」の電流增減ありたる爲め起電力E「ヴォルト」誘發されたりとすれば次の關係あり。

$$E=L\times\frac{i}{t}\text{「ヴォルト」}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(23)$$

Lは自己誘導作用の强さを表はすものにして是を**自己誘導係數**(Coefficient of Self Induction)と云ひ.其實用單位を**ヘンリー**(Henry)と云ふ。$\frac{i}{t}$が1なるときEが1「ヴォルト」なるときはLの値一なり,即ち一「ヘンリー」の自己誘導係數とは或る回路に流るゝ電流に一秒間に一「アムペア」の電流の增減ありたる時に誘發せられたる起電力が一「ヴォルト」なるときの自己誘導係數を謂ふ。

一「ヘンリー」の一千分一を「ミリヘンリー」(Millihenry)と云ふ。

一「ヘンリー」は自己誘導係數の電磁單位の10^9倍なり。

誘導作用は自己の回路に於てのみならず,異る回路間に於ても起る,例へば爰に甲乙二回路ありとし電流が乙の回路に通ずるときは.之れが爲に生ずる磁力線は甲の回路をも通過するにより.若し回路乙の

電流を増減するか又は兩回路間の距離を變するときは磁力線も増減し.其際回路甲を切りて之に起電力を誘發すること自己誘導作用と同樣なり.此作用を**相互誘導作用**(Mutual Induction) と云ふ。

相互誘導作用の强さは兩回路間の距離及位置に由て異る.之を表はすには**相互誘導係數**(Coefficient of Mutual Induction)を以てし自己誘導係數と同樣に「ヘンリー」なる單位にて測る。即ち一「ヘンリー」の相互誘導係數とは甲の回路に流るゝ電流に一秒間に一「アムペア」の電流の増減ありたる時に乙の回路に誘發せられたる起電力が一「ヴォルト」なるときの兩回路間の相互誘導係數を云ふ。

蓄電器—水を水槽中に蓄へ得らるゝと同樣に電氣も亦適當の器具に蓄へることを得るなり。其器具には種々あれども主要なる構造は或る絶緣體を距てゝ二個の導體を置くにあり.此裝置を**蓄電器**(Condenser)と云ひ.電氣を送り蓄へることを充電(Charge)すると云ふ。蓄電器を或る電源に接續するときは兩導體間に電位差を生じ若干の電氣蓄積せられ.加へらるゝ電量の增すに從ひ電位差增し故障の生せざる限り變化なし。今此電位差を一「ヴォルト」ならしむるに一「クーロム」の電量を要したりとせば.此蓄電器の蓄電容量(Capacity)を一「**ファラッド**」(Farad)と云ふ。此實用單位は實用上餘り大なれば實際には其百萬分一なる「**マイクロファラッド**」(Microfarad)を用ふ。一「ファラッド」は其電磁單位の 10^{-9} 倍なり。容量をC「ファラッド」にて示し.電量をQ「クーロム」にて示し.電位差をV「ヴォルト」にて示せば.其關係は左の式にて示さる。

$$C=\frac{Q}{V} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (24)$$

蓄電器に蓄積せらるゝ容量は之に用ひらるゝ絶緣體の種類に由て異る.任意の物體を絶緣體に用ひたる場合の容量と空氣を絶緣體に用ひたる場合の容量との比を其物體の**誘電率**(Specific Inductive Capacity)と云ふ。誘電率は概ね一以上なれば空氣を絶緣體に有する蓄電器に於て電位差一「ヴォルト」の電氣加へられQ「クーロム」の電氣蓄積せらるゝとすれば.誘電率Kを有する物體を絶緣體と爲せる蓄電器に於ける蓄電量はKQ「クーロム」なり.第七表に各種絶緣體の誘電率を示す。絶緣體の此くの如き誘電的性質あるに由り絶緣體は誘電體(Dielectric)とも稱せらる。蓄電器は通常パラフヒンに浸して良絶緣性に成り

たる紙に錫箔を貼付したるもの數十枚乃至百枚を重ねたるものにして.錫箔を一枚置に連結したる二組を蓄電器の兩板となす。錫箔の面積の大なる程又其距離近きに從ひ.即ち絕緣物の薄き程容量大なれども.余り薄きときは.高き電位差を與へる場合に破損する虞あり.一般に此種の蓄電器は低き電位差にのみ使用せらる。錫箔の面積は容量一「マイクロファラッド」のものに於ては3,600平方吋なるを適當とす。

第 七 表

誘 電 率 表

品名	誘電率	品名	誘電率
空氣	1.0000	樹脂	2.48–2.57
炭酸瓦斯	1.00036	岩鹽	5.85
石炭瓦斯	1.0004	セレニウム	10.2
水素	0.99967	ジエラツク	2.95–3.78
眞空(5ミリ)	0.9985	硫黄	2.24–3.90
紙	1.25–1.75	ピツチ	1.85
油紙	2.4	純パラ饒謨	2.2
エボナイト	1.9–3.48	含硫饒謨	2.5
鹽石	6.7	アルコール	24–27
硝子(比重 2.5–4.5)	5–10	アニリン	7.5
フリント硝子	6.6–7.38	ベンヂン	2.3
クラウン硝子	6.96	コルザ油	3.07–3.14
鏡	5.8–7.57	レモン油	2.25
ガタパーチヤ	3.3–4.9	オリーブ油	3.08–3.16
石膏	6.33	石油	2.02–2.10
雲母	4.6–8	テレビン油	2.15–2.28
パラフヒン	1.68–2.49	ヴアセリン油	2.17
陶器	4.38	ナゾケライト	2.13
石英	4.49–4.55	タール	1.8

電力—回路に電流が流るゝときは回路の性質に應じ三作用中の何れかの作用を爲し必ず勢力を費すべし.是を云ひ換へれば電流は或る仕事を爲すなり。—「オーム」の抵抗を通じて—「アムペア」の電流が通じたるとき.其電流が一秒間に爲したる仕事を—「**ジユール**」(Joule) と云ひ仕事の實用單位と爲す.機械的單位—「エルグ」の 10^7 倍に當る。一秒間に仕事を爲す割合を**働きと云ひ**.其實用單位を「**ワット**」(Watt) と云ふ.即ち—「ワット」は一秒間に 10^7「エルグ」又は—「ジユール」の仕事を爲す働きなり。實際に用ひらるゝ働きの單位を**馬力** (Horsepower) と謂ふ.**一馬力**とは—「ポンド」の重さあるものを一秒間に 550 呎の高きに擧げる働きにして 550「フートポンド」(Foot-pound) に相當す.又—「ワット」なる働きは—「ヴォルト」の起電力にて—「アムペア」の電流が一秒間に爲したる仕事の働きにして.此場合に—「ワット」の電力が消費せられたりと稱す.今電流を I「アムペア」電壓を E「ヴォルト」電力を W「ワット」にて示せば次の關係あり。

$$W = EI \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (25)$$

$E = IR$ なるに由り $W = I^2R$ 又は $W = \frac{E}{R}$ ....(26)

實際の電力を測るには「ワット」なる單位は餘り小な

るにより其一千倍の「キロワット」(Kilowatt)なる單位を用ふ。一「キロワット」は1.34馬力に相當し一馬力は746「ワット」に相當す。獨逸國及佛國に用ふる一馬力とは一「キログラム」の重さのものを一秒間に75「メートル」の高さに擧げる働きにして736「ワット」に相當す。仕事を測るにも「ジュール」なる單位は餘り小なるにより「ワット」時なる單位にて測り.尙大なる仕事は其一千倍なる「キロワット」時なる單位にて測る.一「ワット」時とは一「ワット」の電力が一時間仕事したる電力の分量にして3,600「ジュール」に相當す。

例十。 抵抗五「オーム」を有する回路に起電力 100「ヴォルト」を加へるときは.是れが爲に流るゝ電流は一時間に幾何の仕事を爲し.其消費する電力は幾何なりや。

解 $E=100,\ R=5\ \therefore\ I=\frac{E}{R}=\frac{100}{5}=20$「アムペア」

第25式により $W=EI=100\times20=2{,}000$「ワット」

又は $W=2$「キロワット」

此電流が一時間に爲す仕事は2「キロワット」×1時間=2「キロワット」時即ち仕事は二「キロワット」時にして消費する電力は二「キロワット」なり。

電流の發熱作用——電流の爲したる仕事は電流の發熱作用として導體の温度を上昇せしむべし.其温度は電流及導體の抵抗に比例す.其算式及單位は第二章第三項に之を詳說す.

第二章

電線

第一項　電線の種類及性狀

電線の性質—電流を導く爲めに電線として使用せらるゝ金屬は次の數種とす。

銅線
- 軟銅線　硬銅線を燒鈍したるもの
- 硬銅線　塊銅をロール線に引伸ばしたるもの
- 硅銅線　銅に少量の硅素を混じたもの

鐵線
- 亞鉛鍍鐵線
- 亞鉛鍍鋼鐵線

アルミニウム線

是等の電線には單線と撚線との別及裸線と被覆せる線との別あり。銅線は電燈電力及電話等の回路に用ひられ硅銅線は抵斷力大なる爲め架空線路に於て電柱間の距離長き場所に使用せらる。鐵線は重に電信線又は電話線に用ひらるゝも近來特別の場合に於て電燈線路に用ひらるゝことあり其他電

柱の支線保護線又は地線等の雜用に用ひらる。鋼鐵線は硅銅線と同樣に抵斷力大なる爲め柱間距離大なる場所に用ひらる。アルミニウム線は長距離電力線路に銅線と同じ目的に用ひらる。

以上諸金屬の外にニッケル、マンガニース洋銀又は其他の特種合金なるマンガニン、ニッケリン等は抵抗大なる爲め抵抗線として用ひらる。

線番號—回路に使用せらるゝ電線には大小種類多く、之を稱呼するに其直徑又は切斷面積を以てするの繁煩を避けんが爲に、特に種々の切斷面積の電線に番號を附し稱呼の便に供せり、之を線番號(Wire-gauge)と云ふ、線番號に數種あり其中實際重に使用せらるゝものを次の三種とす。

英國スタンダード線番號	此略記號	S. W. G
英國バーミンガム線番號	此略記號	B. W. G
米國ブラウン、エンド、シャープ線番號	此略記號	B. S

右三種の線番號に對する電線の直徑及切斷面積は第八表に示すが如し、表中一「**サーキュラーミル**」とは電線の直徑を一吋の一千分一なる**ミル**にて示し其

自乘を「サーキュラーミル」と稱するなり.其實際の切斷面積との關係は次の如し。

電線の直徑をd「ミル」とすれば切斷面積は

$$\frac{d^2}{4}\times 3.1416 \text{ 平方「ミル」}$$

之を「サーキュラーミル」にて示せばd^2なり

故に切斷面積平方「ミル」は$\frac{3.1416}{4}\times$「サーキュラーミル」

即ち　平方「ミル」=「サーキュラーミル」×0.7854

電線の性狀—銅線鐵線及アルミニウム線は各其性狀を異にし.從て其抵抗及重量異なるを以て使用者の便利の爲に各線番號に對する抵抗表及重量表編成せらる。第八表は銅線の抵抗及重量表.第九表は銅線.鐵線及アルミニウム線の性狀表.第十表は鐵線の抵抗及重量表.第11表はアルミニウム線の抵抗及重量表なり。

硬銅線は軟銅線より扯斷力大なれども.導電率は小にして軟銅線の97%乃至98%なり.一般に電線は小なるに從ひ導電率減少す。硅銅線は銅線と其外觀異なることなきも扯斷力甚だ大なり.硅素の含有量多きに從ひ扯斷力は增し導電率は減少す.今硬銅線

の直徑一「ミル」長一呎の攝氏零度に於ける抵抗 9.78「オーム」なるものを導電率100%と假定し.之に比較して硅銅線の導電率と扯斷力との割合の一例を擧ぐれば次の如し。

導電率	扯斷力(每平方吋の「ポンド」)
97.8%	94,000
61.5%	63,600
28.2%	107,000
14.4%	143,000

一般に電線の每平方吋の扯斷力は電線の小なるに從ひ增す.電線の導電率はマッシーゼン(Matthiesen)氏の試驗せる銅の導電率を100として表はすことを一般の方法とす.マッシーゼン標準とは重量一「グラム」長さ一「メートル」の一樣なる切斷面積を有する純軟銅線(比重 8.89)の抵抗攝氏零度に於て0.141729「オーム」なるものを云ふ其特有抵抗は 1.594「マイクロオーム」なり。此銅は當時純粹なりと稱せられしも現今に至りて精練法發達して此標準以上の導電率を有する銅製出せられ.最近米國標準局の試驗に依れば平均の導電率100.07に達せりと云ふ。

第八表 (本表に於ける銅線の抵抗は導電率100%に對するものなり)

甲

S. W. G. 線番號 銅線表

線番號	直徑		切斷面積			重量		抵抗(華氏60度)	牲斷力「ポンド」		伸長率 10吋にて	
	吋	ミリメートル	サーキュラーミル	平方吋	平方ミリメートル	一千呎の「ポンド」	一千尺の匁	一千呎のオーム	硬銅線	軟銅線	軟銅線	硬銅線
7/0	.500	12.700	250,000.	.1963	126.672	756.67	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6/0	.464	11.785	215,296.	.1691	109.000	651.67	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5/0	.432	10.972	186,624.	.1466	94.560	564.67	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4/0	.400	10.16	160,000.	.1257	81.07	483.33	58,243	.06378	6,530	4,080	2.6	38
3/0	.372	9.45	138,384.	.1087	70.12	416.67	50,375	.07374	5,760	3,590	2.6	38
2/0	.348	8.84	121,104.	.0951	61.36	366.67	44,084	.08427	5,140	3,140	2.4	38
0	.324	8.23	104,976.	.0824	53.19	317.67	38,213	.09720	4,540	2,720	2.3	38
1	.300	7.62	90,000.	.0727	45.60	272.33	23,762	.1134	3,890	2,330	2.3	38
2	.276	7.01	76,176.	.0598	38.60	230.33	27,730	.1340	3,290	1,980	2.1	37
3	.252	6.40	63,504.	.0499	32.18	192.00	23,117	.1607	2,820	1,700	2.0	37
4	.232	5.89	53,824.	.0423	27.23	162.67	19,593	.1896	2,430	1,440	2.0	37
5	.212	5.38	44,944.	.0353	22.77	136.33	16,360	.2270	2,070	1,200	1.9	37
6	.192	4.88	36,864.	.0289	18.68	111.67	13,419	.2768	1,720	984	1.8	37
7	.176	4.47	30,976.	.0243	15.70	93.67	11,276	.3294	1,450	827	1.7	37
8	.160	4.06	25,600.	.0201	12.97	77.33	9,319	.3986	1,220	677	1.6	37
9	.144	3.66	20,736.	.0163	10.51	62.67	7,548	.4922	1,020	550	1.5	37
10	.128	3.25	16,384.	.0129	8.30	49.67	5,964	.6228	817	438	1.4	36
11	.116	2.95	13,456.	.0106	6.82	40.67	4,898	.7584	682	360	1.4	36
12	.104	2.64	10,816.	.0085	5.48	32.83	3,937	.9436	548	290	1.3	36
13	.092	2.34	8,464.	.0066	4.29	25.60	3,081	1.206	435	226	1.2	36
14	080.	2.03	6,400.	.0051	3.24	19.37	2,330	1.595	334	170	1.0	35
15	072.	1.83	5,184.	.0041	2.13	15.70	1,887	1.968	271	143	1.0	35
16	064.	1.63	4,096.	.0032	2.08	12.40	1,491	2.401	216	113	.9	35
17	.056	1.42	3,136.	.0025	1.58	9.50	1.142	3.254	166	89	.8	35
18	.048	1.22	2,304.	.0018	1.17	6.97	838.7	4.429	123	67	.8	35
19	.040	1.016	1,600.	.0013	.811	4.83	582.4	6.378	85	47	.7	34
20	.036	.914	1,269.	.0010	.657	3.93	471.8	7.874	69	38	.7	34
21	.032	.813	1,024.	.0008	.519	3.10	372.8	9.965	.....	.....	.....	.....
22	.028	.711	784.	.0006	.397	2.37	285.4	13.02	.....	.....	.....	.....
23	.024	.610	576.	.00045	.291	1.73	209.7	17.72	.....	.....	.....	.....
24	.022	.559	484.	.00038	.245	1.46	176.2	21.08	.....	.....	.....	.....
25	.020	.508	400.	.00031	.203	1.21	145.6	25.51	.....	.....	.....	.....
26	.018	.4572	324.	.00025	.164	0.98	117.9	31.50	.....	.....	.....	.....
27	.0164	.4166	269.	.00021	.136	0.814	98.23	37.94	.....	.....	.....	.....
28	.0148	.3759	219.	.00017	.111	0.663	79.73	46.59	.....	.....	.....	.....
29	.0136	.3454	185.	.00015	.0937	0.560	67.33	55.18	.....	.....	.....	.....
30	.0124	.3150	153.8	.00012	.0779	0.465	55.97	66.38	.....	.....	.....	.....
31	.0116	.2946	134.6	.000106	.0682	0.407	48.93	75.84	.....	.....	.....	.....
32	.0108	.2743	116.6	.000092	.0591	0.353	42.46	87.50	.....	.....	.....	.....
33	.0100	.2540	100.	.000076	.0570	0.303	36.40	103.04	.....	.....	.....	.....
34	.0092	.2337	84.6	.000066	.0429	0.256	30.81	121.74	.....	.....	.....	.....
35	.0084	.2134	70.5	.000055	.0358	0.213	25.69	146.03	.....	.....	.....	.....
36	.0076	.193	57.7	.000045	.0293	0.175	21.02	178.38	.....	.....	.....	.....

第八表

乙

B. W. G. 線番號 銅線表

線番號	直徑		切斷面積			重量		抵抗（華氏60度）	扯斷力「ポンド」		伸長率 10吋にて%	
	吋	ミリメートル	サーキュラーミル	平方吋	平方ミリメートル	一千呎の「ポンド」	一千尺の匁	一千呎のオーム	硬銅線	軟銅線	硬銅線	軟銅線
0000	.454	11.53	206,116.	.162	104.44	623.84	75,030	.04951	8,260	5,260	2.7	38
000	.425	10.79	180,625.	.142	90.51	549.75	65,751	.05650	7,380	4,610	2.7	38
00	.380	9.65	144,400.	.113	73.16	437.08	52,564	.07067	6,010	3,740	2.6	38
0	.340	8.63	115,600.	.0908	58.57	349.90	42,680	.08828	4,900	3,000	2.4	38
1	.300	7.62	90,000.	.0707	45.60	272.41	32,762	.1134	3,890	2,330	2.3	38
2	.284	7.21	80,656.	.0633	40.87	244.13	29,352	.1265	3,480	2,100	2.1	37
3	.225	6.58	67,081.	.0527	33.99	203.04	24,419	.1521	2,980	1,790	2.1	37
4	.389	6.04	56,644.	.0445	28.70	171.46	20,619	.1802	2,560	1,510	2.0	37
5	.220	5.59	48,400.	.0380	24.52	146.50	17,618	.2109	2,220	1,290	1.9	37
6	.203	5.16	41,209.	.0324	20.88	124.73	15,001	.2476	1,890	1,100	1.8	37
7	.180	4.57	32,400.	.0254	16.42	98.070	11,794	.3150	1,510	865	1.7	37
8	.165	4.19	27,225.	.0214	13.79	82.405	9,911	.3748	1,320	727	1.7	37
9	.148	3.76	21,904.	.0172	11.10	66.299	7,973	.4659	1,080	585	1.6	36
10	.134	3.40	17,956.	.0141	9.098	54.349	6,536	.5684	881	480	1.5	36
11	.120	3.05	14,400.	.0113	7.296	43.581	5,242	.7087	718	385	1.4	36
12	.109	2.77	11,881.	.00933	6.020	35.961	4,325	.8590	602	317	1.3	36
13	.095	2.41	9,025.	.00709	4.573	27.318	3,285	1.131	464	240	1.2	36
14	.083	2.11	6,880.	.00541	3.491	20.853	2,507.	1.481	360	184	1.1	36
15	.072	1.83	5,184.	.00407	2.486	15.693	1,887.	1.968	271	143	1.0	35
16	.065	1.65	4,225.	.00332	2.141	12.789	1,538.	2.415	222	116	.9	35
17	.058	1.47	3,364.	.00264	1.704	10.182	1,225.0	3.034	178	95	.9	35
18	.049	1.24	2,401.	.00189	1.217	7.2678	874.0	4.250	128	70	.8	35
19	.042	1.07	1,764.	.00139	.894	5.3396	642.1	5.785	94	51	.7	34
20	.035	.90	1,225.	.000962	.621	3.7079	445.9	8.331	66	35	.7	34
21	.032	.81	1,024.	.000804	.519	3.0995	372.8	9.965	.....	.....	.....	.....
22	.028	.71	784.	.000616	.397	2.3730	285.4	13.02	.....	.....	.....	.....
23	.025	.63	625.	.000491	.317	1.8917	227.5	16.33	.....	.....	.....	.....
24	.022	.56	484.	.000380	.245	1.4650	176.2	21.08	.....	.....	.....	.....
25	.020	.51	400.	.000314	.203	1.2107	145.6	25.51	.....	.....	.....	.....
26	.018	.46	324.	.000254	.166	.98070	117.9	31.50	.....	.....	.....	.....
27	.016	.41	256.	.000201	.132	.77487	93.19	39.87	.....	.....	.....	.....
28	.014	.36	196.	.000154	.102	.59326	71.35	52.06	.....	.....	.....	.....
29	.013	.33	169.	.000134	.085	.51153	61.51	60.38	.....	.....	.....	.....
30	.012	.30	144.	.000113	.071	.43586	52.42	70.86	.....	.....	.....	.....
31	.010	.25	100.	.0000785	.049	.30267	36.40	102.04	.....	.....	.....	.....
32	.009	.23	81.	.0000636	.042	.24518	29.49	127.33	.....	.....	.....	.....
33	.008	.20	64.	.0000503	.031	.19373	23.30	161.17	.....	.....	.....	.....
34	.007	.18	49.	.0000385	.025	.14832	17.84	210.28	.....	.....	.....	.....
35	.005	.13	25.	.0000196	.013	.07585	9.10	412.16	.....	.....	.....	.....
36	.004	.10	16.	.0000126	.008	.04848	5.820	643.99	.....	.....	.....	.....

第八表

丙

B. S. 線番號 銅線表

線番號	直徑		切斷面積			重量		抵抗（華氏60度）	扯斷力「ポンド」		伸長率 10吋にて%	
	吋	ミリメートル	サーキユラーミル	平方吋	平方ミリメートル	一千呎の「ポンド」	一千尺の匁	一千呎のオーム	硬銅線	軟銅線	硬銅線	軟銅線
0000	.4600	11.68	211,600.	.166	107.19	640.51	77,027.	.04823	8,476	4,986	2.7	38
000	.4096	10.38	167,800.	.132	85.00	507.96	61,192.	.06071	6,836	3,960	2.6	38
00	.3648	9.27	133,079.	.105	67.42	402.81	48,496.	.07660	5,546	3,243	2.4	38
0	.3249	8.25	105,534.	.0829	53.49	319.44	38,450.	.09661	4,480	2,572	2.3	38
1	.2893	7.34	83,694.	.0657	42.40	253.33	30,404.	.1222	3,608	2,034	2.1	38
2	.2576	6.54	66,373.	.0521	33.62	200.91	24,230.	.1533	2,912	1,621	2.0	37
3	.2294	5.82	52,634.	.0413	26.66	159.31	19,090.	.1946	2,335	1,318	1.9	37
4	.2043	5.18	41,743.	.0328	21.15	126.35	15,149.	.2452	1,889	1,046	1.8	37
5	.1819	4.61	33,102.	.0260	16.57	100.20	12,058.	.3081	1,530	832	1.7	37
6	.1620	4.11	26,250.	.0206	13.29	79.471	9,553.	.3888	1,233	659	1.6	37
7	.1443	3.66	20,820.	.0164	10.51	63.008	7,548.	.4922	990	538	1.5	36
8	.1285	3.26	16,510.	.0130	8.32	49.973	5,964.	.6228	797	426	1.4	36
9	.1144	2.90	13,090.	.0103	6.64	39.633	4,731.	.7852	641	339	1.3	36
10	.1019	2.58	10,384.	.00815	5.29	31.422	3,787.	.9808	521	278	1.2	36
11	.0907	2.30	8,234.	.00647	4.19	24.923	3,014.	1.232	421	221	1.1	36
12	.0808	2.05	6,530.	.00513	3.29	19.765	2,288.	1.555	339	175	1.0	36
13	.0719	1.82	5,179.	.00407	2.64	15.675	1,887.	1.968	271	142	.9	35
14	.0641	1.62	4,107.	.00323	2.00	12.430	1,491.	2.491	216	113	.9	35
15	.0571	1.41	3,257.	.00256	1.68	9.8577	1,183.	3.141	172	89	.8	35
16	.0508	1.29	2,583.	.00203	1.29	7.8173	946.8	3.923	138	71	.8	35
17	.0452	1.14	2,048.	.00161	1.03	6.1995	737.1	5.039	108	57	.7	34
18	.0403	1.02	1,624.	.00128	.84	4.9168	582.4	6.378	86	45	.7	34
19	.0359	.898	1,288.	.00101	.65	3.8898	471.8	7.874	70	37	.7	34
20	.0319	.811	1,022.	.000802	.52	3.0919	372.8	9.965	55	29	.7	34
21	.0284	.722	810.1	.000636	.39	1.4520	295.7	12.56	.....	.....	.....	.....
22	.0253	.643	642.5	.000504	.32	1.9447	232.9	15.94	.....	.....	.....	.....
23	.0226	.573	509.5	.000400	.26	2.5420	185.9	19.98	.....	.....	.....	.....
24	.0201	.510	404.1	.000317	.19	1.2229	147.1	25.26	.....	.....	.....	.....
25	.0179	.454	320.4	.000252	.16	.96988	116.6	31.85	.....	.....	.....	.....
26	.0156	.406	254.1	.000200	.129	.76908	92.02	40.36	.....	.....	.....	.....
27	.0142	.361	201.5	.000158	.102	.60989	73.41	50.61	.....	.....	.....	.....
28	.0126	.315	159.8	.000126	.077	.48366	57.78	64.28	.....	.....	.....	.....
29	.0112	.284	126.7	.0000100	.063	.38356	46.48	79.92	.....	.....	.....	.....
30	.0100	.254	100.5	.0000789	.050	.30420	36.40	102.04	.....	.....	.....	.....
31	.0089	.226	79.7	.0000626	.040	.24128	28.84	129.70	.....	.....	.....	.....
32	.0079	.201	63.20	.0000496	.031	.19131	22.82	164.61	.....	.....	.....	.....
33	.0071	.181	50.13	.0000394	.025	.15173	18.35	203.84	.....	.....	.....	.....
34	.0063	.160	39.75	.0000312	.020	.12085	14.44	258.79	.....	.....	.....	.....
35	.0056	.142	31.53	.0000248	.016	.09539	11.42	326.98	.....	.....	.....	.....
36	.0050	.127	25.00	.0000196	.013	.07567	9.10	412.16	.....	.....	.....	.....

第　九　表

鋼線鐵線及びアルミニウム線の性狀表

	軟鋼線	硬鋼線	亞鉛鍍鐵線	亞鉛鍍鋼鐵線	アルミニウム線
導電率（マツシーセン標準100）……	100	98	16.8	12.2	62
比　重（攝氏二十度）	8.89	8.94	7.8	7.85	2.68
一立方呎の重量（ポンド）……	555	558	487	490	167
抵斷力（每平方吋に於けるポンド）….	23,000.	55,000.	55,000	68,000.	26,000.
彈性率（每平方吋に於けるポンド）….	16,000,000.	16,000,000	26,000,000	30,000,000	9,000,000
膨脹率（華氏一度たり付き）……	0.0000095	0.0000095	0.000067	0.000067	0.0000128
熔解點（華氏）……	1920	1920	2910	2685	1157
比熱（とは一ポンドを攝氏一度熱するに要するワット秒數を謂ふ）……	176	176	209	209	402
特有抵抗（攝氏零度に於て一立方センチメートルのマイクロオーム）……	1.594	1.626	9.5	13.1	2.571
攝氏二十度に於て長さ一哩の抵抗（オーム）……	54.600 C.M.	55.700 C.M.	332,000 C.M.	458,000 C.M.	88,200 C.M.
抵抗の温度係數（攝氏）……	.0042	.0042	.005	.005	.004
抵抗の温度係數（華氏）……	.00233	.00233	.0028	.0028	.0022

鋼線の温度係數は精密に云へば其導電率と最初の温度とによつて異る.即ち導電率に正比例し最初の温度低きに從ひ增す。實際に於て稍正確なる平均の温度係數は次に示す如し。

鋼線の種類	導電率	最初の温度		
		攝氏零度の時 α_0	攝氏20度の時 α_{20}	攝氏25度の時 α_{25}
軟鋼線	100%	0.00428	0.00394	0.00386
硬鋼線	97.3%	0.00415	0.00383	0.00376

最初の温度が此表以外の温度なるときは夫に近き温度の温度係數を用ふべし.例へは18°なるときは20度のα_{20}を用ひ.5度なるときは零度のα_0を用ふるものとす。又導電率異るものには夫に正比例して温度係數を算出するものとす.例へば98%の鋼線のα_0は$\frac{98\times0.00428}{100}=0.00419$なり。

市場に在る鐵線は三種類あり.第一にE.B.B(Extra Best Best)と稱するものは導電率最も高きものにして.一哩「オーム」の重量凡そ4,600-5,100「ポンド」なり.最も品質良く余り硬質ならざるものなり。第二にB.B(Best Best)と稱するものはE.B.B.に次ぐものにして一哩「オーム」の重量5,500-5,800「ポンド」なり.此線は重に電信線電話線に用ひらる。第三のB(Best)と稱するものは品質最も劣るものにして一哩「オーム」の重量凡そ6,500「ポンド」最も硬質のものなり。

鋼鐵線は導電率最も低きも抵斷力大にして佳銅線より廉價なるに由り架空線に大なる抵斷力を要する場合にのみ使用せらる。

アルミニウム線は重量の比較的軽きと抵斷力の強大及び價の低下したるに由て.近來廣く電力線として使用せらるゝに至れるが.之れを銅線に比するに

第九表に示すが如く其性狀の異ること次の如し。

(一)　銅は同容量の「アルミニウム」に比し3.332倍重し。

第　十　表

鐵線の重量及抵抗表

（アメリカン鋼會社）

B.W.G.	直徑「ミル」	重量「ポンド」		拉斷力「ポンド」			抵抗 攝氏20度に於て「オーム」		
		一千呎	一哩	E.B.B.	B. B.	鋼鐵	E.B.B.	B.B.	鋼鐵
0	340	313	1,655	4,138	4,634	4,965	2.84	3.38	3.93
1	300	244	1,289	3,223	3,609	3867	3.65	4.34	5.04
2	284	218	1,155	2,888	3,234	3,465	4.07	4.85	5.63
3	259	182	960	2,400	2,688	2,880	4.90	5.83	6.77
4	238	153	811	2,028	2,271	2,433	5.80	6.91	8.01
5	220	131	693	1,732	1,940	2,079	6.78	8.08	9.38
6	203	112	590	1,475	1,652	1,770	7.97	9.49	11.02
7	180	87	463	1,158	1,296	1,389	10.15	12.10	14.04
8	165	74	390	975	1,092	1,170	12.50	14.36	16.71
9	148	60	314	785	879	942	14.97	17.84	20.70
10	134	49	258	645	722	774	18.22	21.71	25.29
11	120	39	206	515	577	618	22.83	27.19	31.55
12	109	32	170	425	476	510	27.65	32.94	38.23
13	95	25	129	310	347	372	37.90	45.16	52.41
14	83	19	99	247	277	297	47.48	56.56	65.66
15	72	14	74	185	207	222	63.52	75.68	87.84
16	65	11	61	152	171	183	77.05	91.80	106.55

(二)　銅の導電率を100とすればアルミニウムは約62にして.銅線と同一のコンダクタンスを有せしむるには.アルミニウム線の切斷面積が銅線に比し1.6倍大にして直徑1.26倍大なるを要す.例令「アルミニウム」線のB.S.一番線相當のものは銅線のB.S.三番に相當し二番相當のものは四番に當る。

(三)　第二の場合に於て.アルミニウム線は銅線に比し其切斷面積1.6倍大なるも重量は四割八分に過ぎず.即ち同一コンダクタンスを有する場合に於てアルミニウム線は銅線に比し重量上其四割八分に當るなり。

即ち 100×8.94(銅の比重)=894 ..... 銅の重量

160×2.68(アルミニウムの比重)=428.8.... アルミニウムの重量.由て　$\frac{428.8}{894}=0.48$

第　十　一　表

アルミニウム線の抵抗及重量表

S. W. G.	一哩の重量「ポンド」	一千呎の抵抗「オーム」	S. W. G.	一哩の重量「ポンド」	一千呎の抗抵「オーム」
000000	1018.3	.0781	16	19.76	4.1080
00000	891.46	.0901	17	15.67	5.3656
0000	764.35	.1051	18	10.94	7.3032
000	661.11	.1216	19	7.814	10.5166
00	578.49	.1389	20	6.199	12.9826
0	507.83	.1603	21	4.916	16.4303
1	429.92	.1869	22	3.733	21.4615
2	336.71	.2209	23	2.737	29.2132
3	304.12	.2650	24	2.451	34.7655
4	253.28	.3136	25	1.944	42.0667
5	214.69	.3744	26	1.542	51.9337
9	176.07	.4564	27	1.223	62.5614
7	147.98	.54 2	28	1.034	76.8207
8	126.35	.6567	29	.8838	90.9744
9	99.14	.8115	30	.7300	109.4346
10	79.46	1.0270	31	.6429	125.0485
11	62.99	1.2505	32	.5535	144.2511
12	48.71	1.5557	33	.4777	168.2670
13	39.63	1.9879	34	.4038	198 7920
14	31.43	2.0291	35	.3345	238.4745
15	24.83	3.2439	36	.2760	291.3240

抵抗線—回路に抵抗として使用せらるる電線は次に示す性質を有することを要す。

(一)　廉價に容易に得らるべきこと。

(二)　扯斷力強きこと。

(三)　特有抵抗の不變にして大なること。

(四)　抵抗の温度係數の低きこと。

(五)　大氣中に於て腐蝕し易からざること.是等の性質を完全に備ふる電線なし.通常抵抗として使用せらるゝ線の特有抵抗及安全電流(次項に記載す)を第12表に記載す。

第十二表　(甲)

抵抗線表

品名	一立方の特有抵抗「マイクロオーム」	銅の抵抗を一としての抵抗倍數	銅の安全電流に比しうる倍數
コンスタンタン	19.7	30.8	.18
洋銀	8.2	13	.28
〃	11.8	18.5	.232
鐵	3.94	6.2	.4
〃	4.73	7.4	.37
クルッピン	33.5	52.6	.14
マンガン銅	41.8	62	.13
マンガニン	18.4	25.	.2
ニッケリン	13.1	20.	.225
〃	17.2	27.	.100
ニッケル鋼	11.4	18.	.235
〃	29.5	46.5	.15
プラチノイド	12.8	20.	.225
〃	20.1	31.	.18
レチスタン	18.6	30.	.183
〃	39.4	62.	.13

第十二表　(乙)

合金及抵抗線の導電率表

但し硬銀の導電率を100とす

品名	導電率	品名	導電率
銀銅等分の合金	97.22	プラチノイド	5.01
眞鍮(35%の亞鉛を含む)	31.5	マンガニン	3.48
金銀等分の合金	16.1	コンスタンタン	3.27
洋銀	5.44	レラスタン	2.8

マンガニン(Manganin)は銅マンガニース及ニッケルの合金にして抵抗の温度係數最も少く抵抗殆んど不變なれば.抵抗線として最も適するなり。

コンスタンタン(Constantan)はニッケル40%及銅60%の合金にして攝氏300度の熱に耐へ.抵抗の不變.温度係數の少きことマンガニンと同樣にして.之をヴァニス塗りになすときは酸化作用を受けざるなり。

クルツピン(Krupp'n)も亦同樣の抵抗線にして温度係數僅かに.00077に過ぎず。

洋銀線及鐵線は以上三種の抵抗線に比するときは抵抗線としての性質は劣れども廉價なる爲め最も多く使用せらる。洋銀の性狀は次の如し。

比重……8.5

一立方呎の重量……530「ポンド」

一「ミル.フート」の抵抗……125.9「オーム」

特有抵抗……第12表に示す通り第13表にニッケル、マンガニン及プラチノイド三抵抗線の抵抗を示す。

第 十 三 表

抵抗線の抵抗表

線番號 S. W. G.	直徑 ミリメートル	1,000「ヤード」の抵抗(概略)「オーム」 ニッケル	マンガニン	プラチノイド
8	4.064	15.93	29.8	28.85
10	3.251	24.89	46.7	45.08
12	2.642	37.70	70.7	68.29
14	2.032	63.72	119.6	115.42
16	1.626	99.56	186.2	180.34
18	1.219	176.99	332.0	320.60
19	1.016	254.87	478.2	461.66
20	.914	314.66	590.5	569.95
21	.813	398.25	747.5	721.37
22	.711	520.16	976.25	942.19
23	.610	707.98	1,328.25	1,282.39
24	.559	843.58	1,581.0	1,526.18
25	.508	1,019.50	1,913.25	1,846.66
26	.457	1,258.60	2,362.0	2,279.81
27	.417	1,516.20	2,845.0	2,746.44
28	.376	1,851.7	3,495.0	3,372.29
30	.315	2,652.1	4,977.0	4,803.98
32	.274	3,496.2	6,562.0	6,332.90
34	.234	4,818.1	9,042.0	8,727.12
36	.193	7,060.3	13,250.0	12,789.64
38	.152	11,327.	21,257	20,518.56
40	.122	17,699.	33,200	32,060.16
42	.102	25,487	48,825	46,166
44	.081	39,825	74,700	72,136
46	.061	70,798	132,825	128,239

撚線—取扱上便利の爲めと使用の目的とに由て電線を二本以上撚合せたる線を使用することあり、之を撚線(Strand Wire)又は**ケーブル**(Cable)と云ふ。撚り合せの電線の數量は撚り合せの上成るべく圓形ならしむるが爲めに次の數種を通常とす。

第 十 四 表

燃銅線の抵抗及重量表

燃線數 線番號 B. S.	一千呎の抵抗 華氏60度	一千呎の重量「ポンド」	燃線直徑「ミル」	燃線切斷面積「サーキユラーミル」	近似單線 線番號	近似單線 サーキユラーミル
7-18	0.9444	34.349	120	11,200	B.S. 10	10,404
7-17	0.7462	43.347	135	14,175	〃 9	12,996
7-16	0.5809	55.612	153	18,207	〃 8	16,384
7-15	0.4650	69.519	171	22,743	〃 7	20,736
7-14	0.3688	87.783	192	28,672	〃 6	26,244
7-13	0.2914	110.956	216	36,288	〃 5	33,124
7-12	0.2291	140.366	243	45,927	〃 4	41,616
7-11	0.1814	177.200	273	57,967	〃 3	52,441
7-10	0.1445	222.725	306	72,828	〃 2	66,564
7-9	0.1157	278.337	342	90,972	〃 1	83,521
7-8	0.0917	350.856	384	114,688	〃 0	105,625
19-18	0.3483	93.336	200	30,400	B.S. 5	33,124
19-17	0.2752	117.784	225	38,475	〃 4	41,616
19-16	0.2142	151.113	255	49.419	〃 3	52,441
19-15	0.1715	188.901	285	61,731	〃 2	66,564
19-14	0.1360	238.529	320	77,824	〃 1	83,521
19-13	0.1075	300.535	360	98,496	〃 0	105,625
19-12	0.08449	381.492	405	124,659	〃 00	133,225
19-11	0.06692	481.498	455	157,339	〃 000	168,100
19-10	0.05330	605.202	510	197,676	〃 0000	211,600
19-9	0.04266	756.315	560	246,924		
19-8	0.03384	953.366	640	311,296		
37-18	0.1789	181.815	280	59,200	B.S. 2	66,564
37-17	0.1414	232.811	315	74,925	〃 1	83,521
37-16	0.1100	294.364	357	96,237	〃 0	105,625
37-15	0.08809	367.974	399	120,213	〃 00	133,225
37-14	0.06988	464.648	448	151,552	〃 000	168,100
37-13	0.05522	587.306	504	191,808	〃 0000	211,600
37-12	0.04340	743.137	567	242,757		
37-11	0.03438	937.944	637	306,397		
37-10	0.02738	1178.917	714	384,948		
37-9	0.02191	1473.282	798	480,852		
37-8	0.01738	1857.131	996	606,208		
61-18	0.1085	299.788	300	97,600	B.S. 0	105,562
61-17	0.08576	378.816	405	123,525	〃 00	133,225
61-16	0.06676	485.365	459	158,661	〃 000	168,100
61-15	0.05344	606.737	513	198,180	〃 0000	211,600
61-14	0.04239	766.139	576	249,856		
61-13	0.03350	968.385	649	316,224		
61-12	0.02633	1225.328	729	400,221		
61-11	0.02085	1546.538	819	505,141		
61-10	0.01661	1943.869	919	634,644		
61-9	0.01329	2429.234	1026	792,766		
61-8	0.01054	3062.147	1152	999.424		

第十五表

アルミニウム撚線の抵抗及重量表

サーキユラーミル及B. S.	直徑(吋)	切斷面積(平方吋)	一千呎の重量「ポンド」	一哩の重量「ポンド」	一千呎の抵抗「オーム」	一哩の抵抗「オーム」	彈性限度(ポンド)	扯斷力(ポンド)
1,000,000	1.15	.7870	920	4,858	.01695	.08950	10,995	20,420
950,000	1.12	.7470	874	4,617	.01784	.09420	10,440	19,400
900,000	1.09	.7075	828	4,374	.01883	.09942	9,900	18,380
850,000	1.06	.6680	782	4,131	.01994	.10529	9,350	17,360
800,000	1.03	.6290	736	3,888	.02119	.11188	8,800	16,340
750,000	1.00	.5890	690	3,645	.02260	.11933	8,230	15,320
700,000	.96	.5500	644	3,402	.02421	.12782	7,700	14,300
650,000	.93	.5120	598	3,159	.02608	.13770	7,150	13,270
600,000	.89	.4720	552	2,916	.02825	.14917	6,600	12,250
550,000	.85	.4330	506	2,673	.03082	.16275	6,050	11,230
500,000	.81	.3930	460	2,430	.03300	.17900	5,500	10,210
450,000	.77	.3540	414	2,187	.03766	.19884	4,950	9,190
400,000	.73	.3141	368	1,944	.04237	.22370	4,400	8,170
350,000	.68	.2750	322	1,701	.04843	.25570	3,850	7,150
300,000	.63	.2360	276	1,458	.05652	.29830	3,300	6,130
250,000	.58	.1965	230	1,215	.06780	.35800	2,750	5,110
0000	.54	.1661	194.7	1,028	.08010	.42290	2,330	4,320
000	.47	.1317	154.4	816	.10100	.53315	1,850	3,430
00	.42	.1045	122.4	647	.12740	.67270	1,460	2,720
0	.37	.0829	97.1	513	.16050	.84740	960	2,150
1	.33	.0657	77.0	407	.20250	1.0692	920	1,710
2	.30	.0521	61.0	323	.25540	1.3486	730	1,355
3	.26	.0413	48.5	256	.32200	1.7002	579	1,075
4	.23	.0327	38.5	203	.40600	2.1438	450	852

抵抗は華氏七十五度に於けるものなり

3. 7. 12. 19. 37. 61. 91. 127. 169. 217

第14表に撚銅線の抵抗及重量を示し第15表にアルミニウム撚線の抵抗及重量を示す。第16表に撚線と心線との直徑重量及抵抗の關係を示す。

第十六表

(甲)

撚線の抵抗	
心線數	心線の抵抗に乘すべき係數
3	.33742
4	.25306
7	.14436
12	.08436
19	.05324
37	.02735
61	.01659
91	.01412

(乙)

撚線の重量	
心線數	心線の重量に乘すべき係數
3	3.03678
4	4.04904
7	7.07356
12	12.1471
19	19.2207
37	37.4414
61	61.7356
91	92.1034

(丙)

撚線の直徑	
心線數	心線一本の直徑に乘すべき係數
3	2¼
7	3
12	4¼
19	5
37	7
61	9
91	11
129	13
196	15
212	16¼
217	17

第二項　被覆電線

電線は他物との接觸より生ずる漏電又は危險を防ぐが爲に通常絕緣物にて是を被覆す。其被覆材料の如何に由て被覆線の種類甚だ多し。

木綿被覆線——東京線と稱する木綿被覆線は.電壓500「ヴオルト」以下の電流が通ずる回路に使用するを得るものにして.其被覆物は綿糸を一重或は二重に編み.瀝青及松脂の混合液を是に塗布したるものなり。一汎に被覆線は野外に曝露するも變化することなく心線に電流流通中被覆物に觸れて危險なきものたるを要す。

被覆絕緣の程度に二種ありて電氣工事規程細則第

76條乃至第78條に次の如く規定せらる。

第一種絶縁電線は電線を品質善良且強靱なる撚綿絲其他之と同等以上の物質を以て一回緊密に編組し且黒色の絶縁性耐水質混和物を充分に滲透し其表面を平滑ならしめたるものにして其被覆物の厚さ30[ミル]以上のもの又は之と同等以上の效力を有するものとす。

第二種絶縁電線は電線を品質不良且強靱なる撚綿絲其他之と同等以上の物質を以て二回緊密に編組し且黒色の絶縁性耐水質混和物を充分に滲透し其表面を平滑ならしめたるものにして其被覆物の厚さ60[ミル]以上のもの又は之と同等以上の效力を有するものとす。

第一種及第二種絶縁電線は左の各號の試驗に適合するものとす。

一. 供試線を白色艶紙上に載せ攝氏60度の空氣中に30分間放置するも紙面上に油狀の斑點を印せざること

二. 供試線を攝氏零下15度の生寒劑中に20分間浸漬するも混和物は其表面に罅烈を生せざること。

三. ビー.エス.四番以下の電線に在りては攝氏10度乃至30度の温度に於て之を其仕上り外徑の三倍の直徑を有する圓壔上に緊密に十回以上纏捲するも其編組被覆物に異狀なく混和物は粉末狀を呈せず且離脫せざること。

木綿被覆線は濕氣ある場所蒸汽又は瓦斯の發散する場所に之を使用するときは使用後次第に被覆物の絶縁力を失ひ危險を生し易きを以て此の如き場所には絶縁力高き他の被覆線即ち**護謨被覆線** (Indiarubber Covered Wire). を使用するを可とす。護謨被覆線を使用するも歳月を經るに從ひ被覆物の絶縁力は漸次減するに因り時々相當の方法に依り絶縁力の試驗を行ひ不良なるものは新しき電線と取換へざるべからず。

護謨被覆線及ケーブル——護謨被覆線の被覆方法及被覆材料は製造所に由て異りて種類甚だ多く又是を使用する回路の電壓及び使用場所に從て品質を異にす。護謨被覆線に於ても心線を撚りてケーブルとなせるものあり或は心線を二重又は三重となし各線間を絶縁物にて塡充し二線入或は三線入と爲したるものあり。總て是等電線の品質は其**絶縁抵抗** (Insulation Resistance) に依り區別し其高きもの

を良好なるものとす.絶縁抵抗とは其心線と被覆物の間に100「ヴォルト」以上の電壓を加へて心線被覆物間に流るゝ電流と電壓とより算出したる心線及被覆物間の抵抗を謂ふ。然れども一汎に心線と外被との間に交番電壓を加へて異狀なく耐へ得る時間と電壓とを以て絶縁の程度を示す.此方法に依るものを**絶縁耐力**(Dielectric Strength)と云ふ。

護謨線には一様に錫鍍金したる銅線を心線とし二三種の護謨にて被覆す護謨の成分及性質は一定なるものに非す.通常のものは純粋なる護謨即ち**バララッバー**(para Rubber)に種々の絶縁物を混じて作りたるものにして其良否はバララッバーの含有量に由て判定せらる。高壓回路に使用する護謨線に於てはバララッバーの含有量を30%となす.此品位の護謨は一平方吋に付き700乃至800「ポンド」の張力に耐へ其長さを二倍乃至三倍に伸長するも再び元の長さの125%前後に復するを得るものなり。護謨の上を更に含硫綿絲を用ひて編組し表面を滑澤ならしむ。

護謨線は可撓性に富み其直徑の五倍の徑に曲ぐるも差支なし.從て其布設又は取扱中に可なり少なる曲線に曲ぐるも其絶縁耐力の減ずることなし。

護謨被覆線は電氣工作物規程細則第79條及第80條に第三種及第四種絶縁電線として次の如く規定せらる。

第三種絶縁電線は電線を純護謨20%以上を含有する品質均一なる護謨混合物を以て42「ミル」以上の厚さに被覆し更に20「ミル」以上の綿絲又は之と同等以上の物質を以て緊密に編組し且黒色の絶縁性耐水質混合物を充分に滲透し其表面を平滑ならしめたるものにして其絶縁抵抗は12時間浸水し直流100「ヴォルト」以上の電壓を以て一分間充電の後試驗し攝氏15度の温度に於て一哩100「メグオーム」以上のもの又は之と同等以上の效力を有するものとす。

前項の護謨混合物に供試線より護謨混合物を約四吋抽出し其中央に二吋の長さを印し之を二倍の長さに伸長し其儘一分間支持したる後放置し十分間經過後に於て永久伸長率25%以下なるものとす。

第四種絶縁電線(600「ヴォルト」以下に使用するもの)は電線を純護謨30%以上を含有する品質均一なる白黒二層の護謨混合物を以て4「ミル」以上の厚さに被覆し更に10「ミル」以上の綿テープを重覆纏捲したる後20「ミル」以上の綿絲又は之と同等以上の物質を以て緊密に編組し且赤色の絶縁性耐水質混合物を充分に滲透し其表面を平滑ならしめたるものにして其絶縁抵抗は12時間浸水の後直流100「ヴォルト」以上の電壓を以て一分間充電後試驗し攝氏15度の温度に於て一哩250「メグオーム」以上のもの又は之と同等以上の效力を有するものとす。

前項の護謨混合物は供試線より護謨混合物を約四吋抽出し其中央に二吋の長さを印し之を二倍の長さに伸長し其儘一分間支持したる後放置し十分間經過後に於て永久伸長率20%以下なるものとす。

護謨線を鉛管にて被包したるものを鉛被線と云ひ心線に撚線を用ふるときは之を**鉛被ケーブル**(Lead Covered Cable)と云ふ。此電線は蒸汽又は瓦斯の發散する場所若くは濕氣多き場所に用ひらる。

鉛被線又は鉛被ケーブルを地中回路に用ふる場合

には更に之をアスファルト.ジュートにて二重に被包し.鉛被及被覆護謨が外力の爲に受けんとする損傷を防ぐ爲にアスファルト.ジュートの上を更に鋼鐵テープにて捲き再び之をジュートにて被包す.之を**鎧裝ケーブル**(Armored Cable)と云ひ.鋼鐵テープを用ひざるものを無鎧裝ケーブルと云ふ。

心線の絶縁に護謨の代りに特種の紙を用ふるものあり.之を**紙ケーブル**(Paper Insulaled Cable)と云ふ.之に使用する紙はマニラ.ファイバーにして厚さ六「ミル」以下のものを通常とし.使用電壓高きに從ひ薄きものを用ふ.紙の幅は電線の太きによりて異れども一吋乃至二吋位を普通とす。此紙を各心線の周圍に擦り廻はして捲き付けたる上.其外周をジュートにて絶縁し之を眞空乾燥器に入れて攝氏120度以上の熱を加へ.心線と絶縁物とに含まるゝ水分を取去り絶縁油を浸潤せしめ.次に鉛被機に懸けて鉛被せしむるなり。之に使用する絶縁油には特種の粘着力弱き樹脂油を用ふ.粘着力強きときはケーブルの可撓性少く曲折に際し皹を生じ易き故に通常粘着性少き油を用ふ。

一般にケーブルの鉛被に些少の損傷あるも.外氣之より絶縁物中に浸入し絶縁耐力を低下せしむるこ

とあるに由り.ケーブルの終端は常に鉛の蓋を爲し接續個所は充分注意して外氣に觸れざる樣裝置すること必要なり。紙ケーブルは護謨ケーブルの如く可撓性のものならざれば.之を布設する場合には急角度に曲ぐべからず.粘着力弱き樹脂油を用ひたるケーブルに於ても其直徑の七倍の半徑に曲げ得るに過ぎず。紙ケーブルは護謨ケーブルより廉價にして電氣容量少き爲め地中回路に最も廣く使用せらる。

心線の絶縁に絶縁油を塗布したるモスリン又は綿布を用ふるものあり之を浸劑布ケーブル (Cambric Cable)と云ふ.之に使用する絶縁油は絶縁ヴァーニッシ又はパラフヒンを混有するリンシード油又は樹脂油にして.之を綿布の兩面に塗布して心線に捲き其層間に流動性の絶縁物を塗布し濕氣の浸入を防ぐなり。此ケーブルに於ては濕氣の浸入少きと鑛油に作用せらるることなき故に.發電所又は變電所内の布線.開閉器.變壓器等の油中に入るゝ箇所に使用するに適す。

ケーブルには心線が單一なるものあり.又は二心若くは三心のものあり.二心及三心のものに於ては各心線間に護謨の絶縁物を充塡し各心線間の絶縁を一樣ならしむ。

第十七表 (甲)

護謨線表(ヅー・イー・會社製)
試驗電壓 30分間 9,000「ヴォルト」

B.S.及サーキュラーミル	直徑單編組	一千呎の重量 單編組	一千呎の重量 複編組	鉛被線一千呎の重量	鉛被線の直徑	鉛被の厚さ	一哩ノ絶緣抵抗
	吋	ポンド	ポンド	ポンド	吋	吋	メグオーム
			一本線				
14	.379	84	106	372	.438	3/64	1000
12	.396	98	121	398	.455	〃	〃
10	.417	117	141	432	.476	〃	〃
8	.444	144	169	479	.503	〃	〃
6	.477	186	213	547	.536	〃	900
5	.527	224	252	583	.556	〃	〃
4	.549	259	287	635	.578	〃	〃
3	.572	300	329	852	.633	1/16	〃
2	.603	351	380	933	.663	〃	〃
1	.634	414	445	1,028	.694	〃	〃
0	.670	493	525	1,142	.730	〃	800
			撚線				
12	.407	103	127	401	.466	3/64	1000
10	.431	125	150	439	.490	〃	〃
8	.461	156	182	491	.520	〃	〃
6	.529	210	237	563	.558	〃	900
5	.551	240	268	608	.580	〃	〃
4	.577	277	306	821	.636	1/16	〃
3	.605	322	351	895	.665	〃	〃
2	.637	376	407	981	.697	〃	〃
1	.681	454	486	1,104	.741	〃	〃
100,000	.710	514	547	1,192	.770	〃	〃
0	.720	530	564	1,216	.780	〃	800
125,000	.750	582	616	1,290	.810	〃	〃
00	.764	635	669	1,364	.824	〃	〃
150,000	.784	689	723	1,443	.844	〃	〃
000	.815	760	796	1,545	.875	〃	〃
200,000	.872	914	977	1,929	.948	5/64	〃
0000	.888	953	1,018	1,987	.964	〃	〃
250,000	.955	1,084	1,149	2,178	1.031	〃	700
300,000	.994	1,278	1,346	2,444	1.070	〃	〃
350,000	1.042	1,445	1,514	2,672	1.150	〃	〃
400,000	1.088	1,617	1,686	2,901	1.164	〃	〃
500,000	1.175	1,958	2,034	3,750	1.251	〃	600
750,000	1.359	1,831	2,923	4,781	1.466	3/32	500
1,000,000	1.513	3,675	3,773	5,852	1.620	〃	〃

第十七表 (乙)

護謨線表(ヅー・イー・會社製)
試驗電壓30分間15,000ヴォルト

B.S.及サーキュラーミル	直徑單編組	一千呎の重量 單編組	一千呎の重量 複編組	鉛被線一千呎の重量	鉛被線の直徑	鉛被の厚さ	一哩の絶緣抵抗
	吋	ポンド	ポンド	ポンド	吋	吋	メグオーム
			一本線				
14	.534	156	184	512	.562	3/64	1200
12	.551	173	201	540	.580	〃	〃
10	.572	190	224	735	.601	〃	〃
8	.598	226	255	792	.958	1/16	1200
6	.632	272	303	872	.692	〃	〃
5	.652	302	333	924	.712	〃	1100
4	.674	340	372	982	.734	〃	〃
3	.699	389	419	1053	.759	〃	〃
2	.728	441	474	1137	.788	〃	〃
1	.759	509	543	1235	.818	〃	〃
0	.795	592	638	1356	.855	〃	1000
			撚線				
12	.562	181	209	566	.591	3/64	1200
10	.586	205	233	758	.646	1/16	〃
8	.616	239	263	822	.676	〃	〃
6	.654	290	320	912	.714	〃	1100
5	.676	323	354	968	.736	〃	〃
4	.702	365	397	1,034	.762	〃	〃
3	.730	413	447	1,112	.790	〃	〃
2	.762	472	506	1,201	.822	〃	〃
1	.809	555	591	1,332	.866	〃	1000
100,000	.850	619	656	1,638	.926	5/64	〃
0	.860	637	675	1,666	.936	〃	〃
125,000	.890	708	759	1,750	.966	3/64	〃
00	.904	780	844	1,834	.980	〃	〃
150,000	.924	828	903	1,917	1.000	〃	〃
000	.955	915	981	2,032	1.031	〃	〃
200,000	.997	1,042	1,110	2,212	1.073	〃	900
0000	1.013	1,083	1,151	2,271	1.089	〃	〃
250,000	1.060	1,225	1,204	2,473	1.136	〃	〃
300,000	1.119	1,424	1,494	2,745	1.195	〃	〃
350,000	1.167	1,600	1,675	2,980	1.243	〃	800
450,000	1.213	1,781	1,860	3,218	1.289	〃	〃
500,000	1.300	2,138	2,226	3,679	1.376	〃	〃
750,000	1.484	3,030	3,127	5,161	1.591	3/32	600
1,000,000	1.638	3,900	4,007	7,085	1.808	1/8	〃

第 十 八 表

三心入ケーブル表(ジー.イー會社製)

B. S. 及 サーキュラーミル	鉛被線 一千呎の重量 ポンド	鉛被線 直徑 吋	鉛被の厚さ 吋	編組線 直徑 吋	編組線 一千呎の重量 ポンド	一哩の絶縁抵抗「メグオーム」	試驗電壓
8	1,892	1.106	5/64	1.040	641	1000	三十分間 八千ヴォルト
6	2,144	1.188	〃	1.122	796	900	
5	2,322	1.236	〃	1.170	912	〃	
4	2,499	1.292	〃	1.226	1,029	〃	
3	2,926	1.353	〃	1.287	1,204	〃	
2	3.354	1.453	3/32	1.356	1,378	〃	
1	3,760	1.548	〃	1.451	1,647	〃	
100,000	3,947	1.611	〃	1.514	1,775	〃	
0	4,134	1.633	〃	1.530	1,904	800	
125,000	4,385	1.697	〃	1.594	2,083	〃	
00	4,636	1.727	〃	1.630	2,261	〃	
150,000	5,372	1.770	〃	1.673	2,478	〃	
000	6,108	1.900	1/8	1.740	2 696	〃	
200,000	6,500	1.991	〃	1.831	2,967	〃	
0000	6,893	2.026	〃	1.865	3,238	〃	
8	4,103	1.878	3/32	1.781	1,558	1600	三十分間 二萬六千ヴォルト
6	4,437	1.960	〃	1.863	1,770	1500	
5	4,661	2.008	〃	1.911	1,919	〃	
4	4,885	2.064	〃	1.967	2,068	〃	
3	5,710	2.124	〃	2.027	2,281	〃	
2	6,535	2.256	1/8	2.096	2.495	〃	
1	6,995	2.351	〃	2.183	2,792	〃	
100,000	7,259	2.414	〃	2.246	2,968	1400	
0	7,523	2.436	〃	2.271	3,145	〃	
125,000	7,828	2.500	〃	2.335	3.354	〃	
00	8,133	2.530	〃	2.371	3,563	〃	
150,000	8,490	2.576	〃	2.417	3,813	〃	
000	8,848	2.641	〃	2.481	4,064	〃	
200,000	9,292	2.731	〃	2.571	4,378	1300	
0000	9,736	2.766	〃	2.606	4.693	〃	

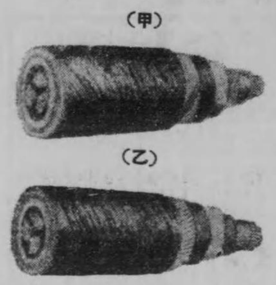
第 十 九 表

三心入紙ケーブル表 (ジー.イー會社製)

B. S. 及 サーキュラーミル	試驗電壓三十分間 3,000 ヴォルト 一千呎の重量 ポンド	鉛被線の直徑 吋	鉛被の厚さ 吋	一哩絶縁抵抗「メグオーム」	試驗電壓三十分間 8,000 ヴォルト 一千呎の重量 ポンド	鉛被線の直徑 吋	鉛被の厚さ 吋	一哩絶縁抵抗「メグオーム」
8	1,388	.864	5/64	150	1,892	1.029	3/32	200
6	1,874	.979	3/32	125	2,190	1.114	〃	175
5	2,072	1.027	〃	125	2,393	1.162	〃	〃
4	2,270	1.083	〃	125	2,597	1.218	〃	〃
2	2,837	1.213	〃	100	3,188	1.345	〃	150
1	3,405	1.314	〃	〃	3,583	1.441	〃	〃
100,000	3,635	1.437	〃	〃	3,814	1.504	〃	〃
0	3,864	1.459	〃	〃	4,045	1.525	〃	〃
125,000	4,142	1.524	〃	〃	4,327	1.591	〃	〃
00	4,420	1.553	〃	〃	4,610	1.622	〃	125
150,000	4,750	1.595	〃	〃	5,358	1.663	〃	〃
000	5,081	1.663	〃	〃	6,106	1.795	1/8	〃
200,000	6,300	1.815	1/8	〃	6,546	1.876	〃	〃
0000	6,700	1.852	〃	〃	6,978	1.919	〃	〃

	試驗電壓三十分間 15,000 ヴォルト 一千呎の重量 ポンド	鉛被線の直徑 吋	鉛被の厚さ 吋	一哩絶縁抵抗「メグオーム」	試驗電壓三十分間 26,000 ヴォルト 一千呎の重量 ポンド	鉛被線の直徑 吋	鉛被の厚さ 吋	一哩絶縁抵抗「メグオーム」
8	2,874	1.424	3/32	300	5,342	2.017	1/8	400
6	3,199	1.508	〃	300	5,742	2.100	〃	〃
5	3,422	1.557	〃	275	6,020	2.150	〃	〃
4	3,646	1.608	〃	〃	6,299	2.206	〃	〃
2	4,274	1.740	〃	〃	7,052	2.335	〃	〃
1	4,705	1.837	〃	〃	7,561	2.433	〃	350
100,000	5,407	1.962	1/8	〃	7,883	2.495	〃	〃
0	6,110	1.984	〃	〃	8,144	2.515	〃	〃
125,000	6,433	2.049	〃	〃	8,492	2.580	〃	〃
00	6,755	2.080	〃	250	8,841	2.658	〃	〃
150,000	7,134	2.122	〃	〃	9,249	2.653	〃	〃
000	7,513	2.190	〃	〃	9,657	2.720	〃	〃
200,000	7,980	2.298	〃	〃	10,160	2.809	〃	300
0000	8,446	2.315	〃	〃	10,663	2.845	〃	300

第十圖



第十圖は甲に於て三心入鎧裝ケーブルにして心線は扇形を爲し鎧裝は鋼鐵テープなり.乙は鎧裝少しく異り鋼鐵線なり.斯くの如く心線を扇形に爲したるは.ケーブルの全徑を小ならしめんが爲めなり。

誘電體——誘電體の具備すべき性質は

(一) 抵抗の高きこと。

(二) 絕緣耐力の大なること。

(三) 水火に耐へ得ること。

(四) 强固なること。

(五) 加工し易きこと。

實際に於て誘電體中此等の性質を完備するものなし.各誘電體に於て一得一失あり。

各誘電體の特有抵抗は第20表に示す如し。誘電體の絕緣耐力は其厚さに由て異る.今誘電體の一「ミル」の厚さに於て絕緣を破ぶる最小電壓を e「ヴオルト」とすれば.厚さ t「ミル」を破ぶる電壓Eは次の式にて示さる。

欠

欠

地中ケーブルの安全電流—地中に埋設せらるゝケーブルに於ける電流に由る温度の上昇は單一線渠に納めたる場合には

第30式　$I=a\sqrt{\frac{td^3}{\rho}}$

に依り算出することを得但し此場合に於てaの値は次に示す如し。

電線の種類	a	
	單一線	撚線
單心護謨鉛被ケーブル	470	430
三心護謨鉛被ケーブル	400	370
三心鉛被紙ケーブル	350	320

地中ケーブルの安全電流は心線の太さ.數量.絶縁物の放熱度.心線の相互の位置及ケーブルの周圍の最初の温度等に由て異る。若し一線渠内に多數のケーブルを布設するときは.相互の温度傳達の爲め上昇温度增す故に,安全電流は減せらる。今一線渠内に一本のケーブルを布設したる場合に於ける安全電流を一とすれば.數本のケーブルを布設したる場合の安全電流の減ずる割合はケーブルの數量に從て異ること次に示す如し。

ケーブル數	1	2	4	6	8	10	12
安全電流係數……	1	0.89	0.77	0.68	0.61	0.55	0.48

ケーブルの放熱度は心線と周圍との温度の差絶緣物線渠等の熱の傳導度及周圍の最初の温度に由て定まるものなり。今周圍の最初の温度が華氏70度の時に安全電流が一なりとすれば他の温度の時の安全電流は大略次に示す如き割合となる。絶緣物

華氏温度	70	80	90	100	110	120	130	140	150
安全電流係數	1.	0.93	0.86	0.78	0.70	0.60	0.48	0.34	0.20

としての護謨及紙の熱の傳導度は各異る故其耐へ得る安全温度は護謨ケーブルに於ては攝氏65度紙ケーブルに於ては攝氏85度を限度とす。

單心ケーブルと多心ケーブルとの安全電流亦異る. 單心ケーブルに於ける安全電流を一とすれば多心ケーブルに於ける安全電流の減する割合は心數に從て異ること次に示す如し。

心　　數	1	2	2（同心）	3	3（同心）
安全電流係數.....	1.	0.87	0.79	0.75	0.60

第30表に地中ケーブルの安全電流を示す。

第 三 十 表

地中ケーブルの安全電流表

錫被紙單心ケーブル四本同一の負荷を有し地下線渠中に埋設せられ電流通過前の温度華氏70度を超へずして連續使用にて最大温度華氏150度に達する場合

線番號 B. S.	安全電流 アムペア	毎呎の ワット損	サーキュラーミル	安全電流 アムペア	毎呎の ワット損
14	18	.97			
13	21	1.03	300,000	323	4.22
12	24	1.09	400,000	390	4.61
11	29	1.15	500,000	450	4.91
10	33	1.25	600,000	505	5.16
9	38	1.39	700,000	558	5.36
8	45	1.53	800,000	607	5.56
7	53	1.67	900,000	650	5.71
6	64	1.85	1 000,000	695	5.86
5	76	2.08	1,100,000	740	6.01
4	91	2.31	1,200,000	780	6.13
3	108	2.54	1,300,000	820	6.25
2	125	2.77	1,400,000	857	6.37
1	146	3.00	1,500,000	895	6.49
0	168	3.23	1,600,000	933	6.61
00	195	3.46	1,700,000	970	6.73
000	225	3.69	1,800,000	1010	6.85
0000	260	3.92	1,900,000	1045	6.97
			2,000,000	1085	7.09

上記のワット損とは電力が熱に變し發散消失するものなり.一況に I^2R 損と稱せられ I は上記の電流にして R は華氏 150° に於ける心線の抵抗なり。

第三章

直流發電機

第一項 發電機の原理

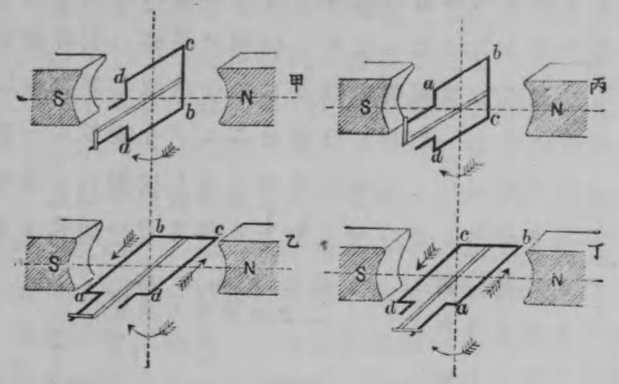
發電の理—發電機は第一章に記載したる如く、磁界に於て廻轉する線輪中に起電力の誘發せらるゝの理を應用し線輪を廻轉する機械的勢力を電氣的勢力に變ずる**電氣機械**(Electric Machine)なり。是に由て發電機に缺くべからざる要素は、磁界を作成するもの及其磁界に於て廻轉し磁力線を切るべき線輪にして、磁界を作成するものを**界磁**(Fieldmagnet)と云ひ、磁力線を切るべき線輪を**發電子**(Armature)と云ふ。界磁は極めて小形の發電機に於ては耐久磁石より成る。例へば電話機に用ひらるる發電機に於ける如し此種の發電機を**磁石發電機**(Magneto Generator)と云ふ。其他の發電機に於ては界磁は電磁石より成る。

發電子は普に線輪のみならず是を薄き鐵板の數十乃至數百を重ねたるものに捲きたるものなり。此鐵板層を**發電子鐵心**(Armature Core)と云ふ。發電子の線輪に起電力の誘發せらるゝ狀態を説明せんに

第11圖に示す如く界磁の南極をSとし北極をNとし、此極間に於てabcdなる一線輪を時計指針廻轉と同じ方向に回轉するときは、NよりSに向ふ磁力線を切るに由り、線輪中に起電力誘發すべし。其強さは一定せず、第11圖に於て線輪が甲の位置より乙の

第十一圖

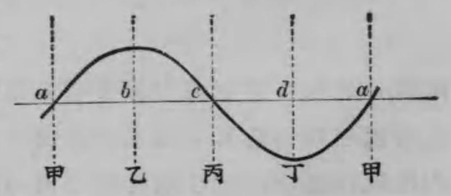
發電機に於て起電力誘發の狀態を示す



位置に進むに從ひ磁力線を切る數增加し、乙に於ては全數を切り最大の起電力誘發せられ、猶進んで丙の位置に進むに從ひ漸次減じ、丙の位置に來るときは、全く磁力線を切らざるを以て起電力の誘發なし。猶廻轉して丁の位置に進むに從ひ、再び磁力線を切る數漸次增加し丁の位置に於て再び全數を切り最

大の起電力誘發せらる。此等起電力の方向は.線輪が甲の位置より丙の位置に至る間は.矢線にて示す如く.*ab* 線に於ては *ba* の方向に *cd* 線に於ては *dc* の方向にあり.即ち全線輪に於て *dcba* なる方向にある起電力誘發せらる。丙の位置より甲の位置に至る間は *ab* 線に於ては *ab* の方向に *cd* 線に於ては *cd* の方向にあり.即ち全線輪に於て *abcd* なる方向にある起電力誘發せらる。斯くの如く.線輪を廻轉して誘發せらるゝ起電力は線輪の位置に從ひ增減し.其方向は半廻毎に變じ一廻毎に反覆せらる。今縱橫に一線宛を引き.橫線にて廻轉の時分を示し.縱線にて起電力の强さを示し.各時分に對する起電力の變化を畫くときは.第12圖に示す如き波狀曲線を得べし.即ち起電力は甲の位置に於て零にして.乙の位置に進むに從ひ漸次增し.乙の位置に至て最大となり丙の位置に進むに從ひ漸次減じ丙の位置に至て再び零となり.丙の位置を超へては更に其方向を變じ.丁

第十二圖
交番起電力曲線

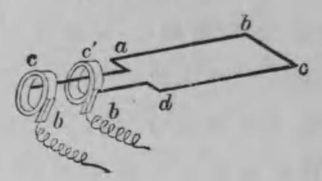


の位置に進むに從ひ再び漸次增し.丁の位置に至て最大となり.丁を超へて漸次減少し.甲の位置に戻て零となる.線輪の廻轉に從ひ此變化を反覆す。斯くの如く.線輪中に誘發せらるゝ起電力は一の波狀を爲して變化し.線輪が幾百條の電線より成るも各線に此變化起りて相連續す。乃ち此起電力は電池より發生する起電力の如き其値及方向の一定せる者に非すして.一定時間內に變化を反覆するものなり。此くの如き起電力を**交番起電力又は交番電壓**(Alternating Electromotive Force)と云ひ.値及方向の一定せる電壓を**直通起電力又は直通電壓**(Continuous Electromotive Force)と云ふ。今線輪 *abcd* の兩端を適當の裝置にて外部の回路に接續し線輪を廻轉するときは.線輪に於て發生したる交番電壓は外部回路に加はり電流通ずるに至るべし。此電流の値及方向は交番電壓と同じく波狀に變化す.此種の電流を**交番電流略して交流**(Alternating Current)と云ひ.値及方向の一定せる電流を**直通電流略して直流**(Continuous Current)と云ふ。線輪を外部回路に接續するには第13圖甲に示す如く二個の銅環 *cd* を線輪の廻轉する軸に絕緣物を隔てゝ固着せしめ線輪の兩端を各環

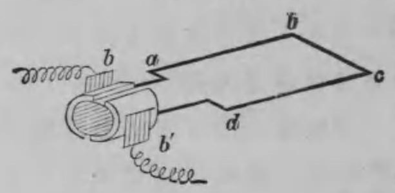
に接觸する樣bb'なる銅製の刷毛を裝置し.是を外部回路の兩端に接續するなり。此裝置に由り.線輪及銅環が廻轉するも刷毛は固定して常に銅環に接觸するを以て.回路は常に線輪に接續せられて線輪中に發生したる起電力は外部回路に加はり交流流通するに至るべし。此くの如く交流を發生する發電機を**交流發電機**(Alternator)と云ひ.銅環裝置を**聚電子**(Collector)と云ひ.銅環を**聚電環**(Collector Ring)と云ひ.刷毛を**刷子**(Brush)と云ふ。發電機より直流を得んには.發電子に誘發する交番電壓を直通電壓に變ずる裝置を爲さざるべからず。其方法として第13圖乙に示すが如く.聚電子の代りに半圓筒狀の銅片貳個を圓筒狀をなす絕緣物の周圍に取付け.其相互間を絕緣し線輪の廻轉軸に固着せしめ線輪の兩端を各銅片に接續す.別に刷子貳個

第十三圖

(甲) 聚　電　子



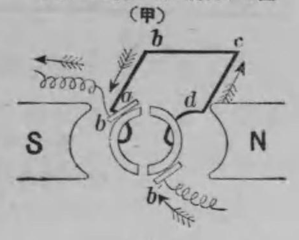
(乙) 整　流　子



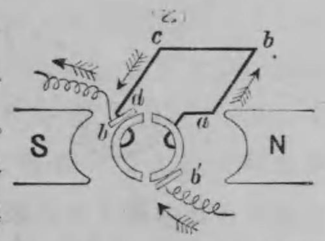
を各銅片に接觸する樣裝置し.是に依て線輪を外部回路に接續せしむ。第14圖甲に於てaをbに依てdをb'に依て外部回路に接續し.電流は矢の方向に流る。今線輪を180度廻轉する時は同圖乙に示すが如くaはb'に依て.dはbに依て外部回路に接續するに至りて.全線輪に發生する交番電壓の方向は甲に於ける場合と反對なるも.外部回路に向ては之れと同じ方向に出づるなり。即ち此裝置に由て線輪各捲線の位置の如何なる場合にも.外部回路に直通電流を通せしむるを得るなり。此裝置を**整流子**(Commutator)と云ひ.各銅片を**整流子片**(Commutator Segment)と云ふ。斯くして交流を直流に變ずることを得るも未だ眞の直流とならずして其値は變化し線輪の半廻轉毎に之を反覆すること第15圖に示すが如し.斯くの如き電流を脈流(Pulsating Current)と云ふ。此雲狀變化を爲さしめざ

第十四圖
整流子整流の理を說明する圖

(甲)

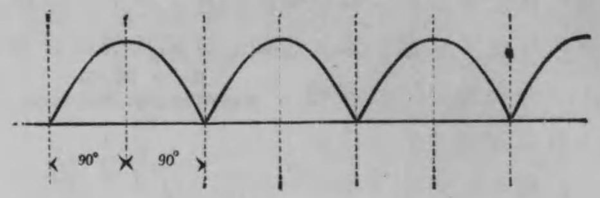


(乙)



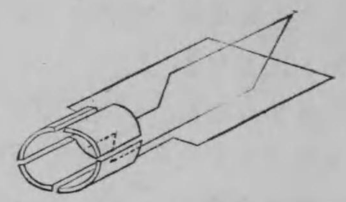
第 十 五 圖

脈 流



第 十 六 圖

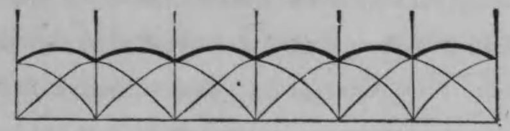
四個の整流子片を有する整流子



るが爲には整流子片の數を增加せざるべからず。今四個の整流子片を具備する整流子を用ふること第16圖の如く爲せば.二種の雲狀曲線が重りて第17圖に示す如く變じ値の變化甚しく減ずべし。此整流子片の數を增すに從ひ.雲狀曲線は益々相重りて.上部は漸次直線に近付き全く眞の直流に變ずるに至るべし斯くの如く直流を發生する發電機を**直流發電機** (Continuous Current Dynamo) と云ふ。實際の發

第 十 七 圖

直流曲線(整流子片四個使用)



電子に於ては整流子片の數は數十乃至數百にして其相互間に雲母を塡充して相絕緣す。通常の發電機に於ては界磁は定置せられ發電子を廻轉するにあれども.是を反對に爲すも線輪をして磁力線を切らしむるの理に於て差異なく發電の理同一なれば.發電子を定置し界磁を廻轉せしむる發電機あり.交流發電機の大なるものは概ね然り。發電子又は界磁を廻轉するには相當の機械を要す.是を**原動機** (Prime Mover) と云ふ。要するに發電機は原動機より發生する機械的勢力を受けて廻轉し.是を變じて電氣的勢力として發生するものなり。

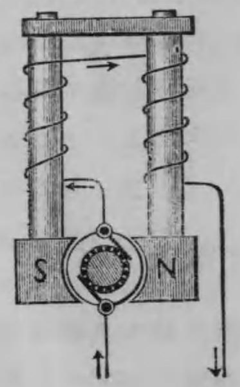
第 二 項　直流發電機の性狀

發電機の種類—總て發電機に於て界磁線輪に電流を通じ磁界を作ることを**勵磁** (Excitation) すると云

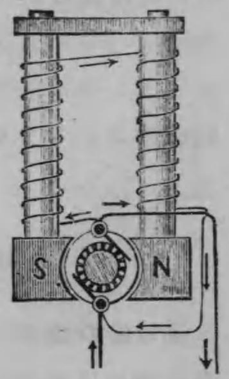
ひ其電流を**勵磁電流** (Exciting Current) と云ふ。勵磁電流は他の電源より導く方法と發電子に於て發生する電流より導く方法とあり.前者の方法を**他勵磁法**(Separate Excitation)と云ひ. 後者の方法を**自勵磁法** (Self Excitation) と云ふ。電氣化學用又は特種の目的に使用せらるゝ發電機の外は概ね自勵磁法に依る。自勵磁法を說明せんに第18圖に示すが如く簡單なる發電機を想像し.發電子線輪を整流子の刷子に依て界磁線輪に接續し發電子を廻轉するときは.界磁ＮＳは微弱の殘餘磁氣を有する爲め兩極間に磁力線發生し.發電子捲線は之を切る故に捲線に起電力

第 十 八 圖

(甲) 直捲發電機電線接續圖



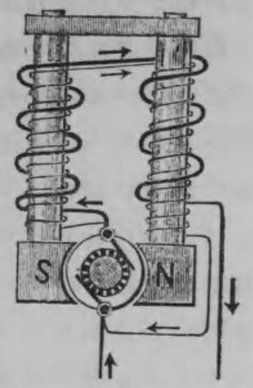
(乙) 分捲發電機電線接續圖



誘發せられ.回路完成せるを以て電流は發電子及界磁の兩線輪中に流るべし。爰に於て界磁の磁力は更に增加し從て其磁界は强大し.發電子捲線中に發生する起電力亦增加す。此くの如くして發電子の廻轉增すに從ひ相遞加して界磁の磁力は其鐵固有の程度に達して止み.發電子の捲線に誘發せらるゝ起電力も之に應じて一定すべし。此方法に於ては界磁線輪は發電子線輪に直列に接續せらるれども.此兩線輪の接續方法に三種あり。第一は第18圖乙に示すが如く界磁線輪は發電子線輪に並列に接續せらる.此接續に於ては發電子に於て發生したる電流は界磁線輪及外部回路に分流す.其割合は兩回路の抵抗に逆比例すること明かなり.是に由て外部回路に多量の電流を通せしむる爲に.界磁は細小の電線にて數百回捲き其抵抗を大ならしむ.斯くして電流は少きも捲數多き爲に磁力は大なり.此種の發電機を**分捲發電機**(Shunt-wound Dynamo)と云ふ。此

第 十 八 圖

(丙) 複捲發電機電線接續圖

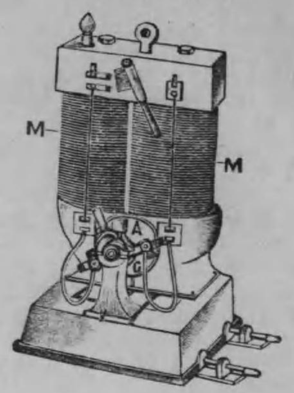


發電機に於ては界磁線輪に通ずる電流は外部回路に通ずる電流の影響を受けずして.發電子に發生する電壓に由て變化するのみ。第二は第18圖甲に示すが如く界磁線輪は發電子線輪に直列に接續せらる.此種の發電機を**直捲發電機**(Series-wound Dynamo)と云ふ。第三は第18圖丙に示すが如く界磁線輪は二種より成り.一は**分流線輪**(Shunt Coil)と稱し發電子線輪に並列に接續せられ.一は**直列線輪**(Series Coil)と稱し發電子線輪に直列に接續せらる.此種の發電機を**複捲發電機** (Compound-wound Dynamo) と云ふ。此發電機は分流線輪の接續法に由り二種に區別せらる即ち分流線輪が只發電子線輪とのみ並列に接續せらるるもの(第18圖丙)を**短分路複捲發電機**(Short-shunt Compound Dynamo) と云ひ.分流線輪が發電子線輪及直列線輪と並列に接續せらるゝものを**長分路複捲發電機** (Long-shunt Compound Dynamo) と云ふ。直流發電機の界磁線輪の接續法は以上三種にして分捲發電機に於ては刷子間の電壓は回路に於ける負荷例へば電燈數の增減に伴ふを以て.之を調整し變化なからしめんが爲に.界磁回路に抵抗器を接續使用し.負荷の多少に應じ其抵抗を增減して界磁回路の抵

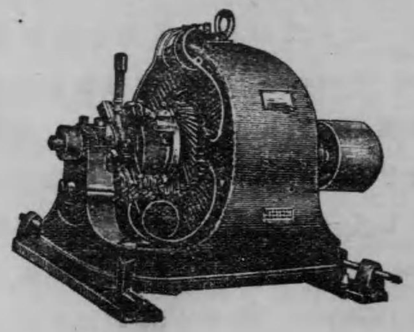
抗を加減し是に由て其勵磁電流を增減して發電機の電壓に變化なからしむ.此方法を電壓を**調整** (Regulation) すると云ひ.之に用ふる抵抗器を**加減抵抗器** (Rheostat) と云ふ。複捲發電機に於ては負荷の增加に伴ひ電流の增加すると同時に.複捲中直列線輪に通ずる電流增すを以て.界磁の磁力增して發電機の電壓を增加せしめ.負荷の爲めに減せんとする電壓を不變ならしむ.斯くの如く殆んど不變なる電壓を發生する發電機を**不變電壓發電機** (Constant Potential Dynamo) と云ふ.即ち分捲發電機及複捲發電機は此種に屬し.電燈用發電機として使用せらる。複捲發電機に於て其界磁直列線輪の捲數を適當に定むれば.負荷の增加に伴ひ反て電壓を增さしむることを得るなり.電氣鐵道用發電機の界磁は通常此方法に依り捲かるゝなり.此種の發電機を**過複捲發電機** (Overcompound Dynamo) と云ふ。複捲發電機に於ても界磁の分流線輪に抵抗器を接續使用し.分流線輪に通ずる電流を加減調整す。發電機界磁の磁極數は一對以上にして一對二極のものを**二極發電機** (Bipolar Dynamo) (第19圖)と云ひ.一對以上多極のものを**多極發電機** (Multipolar Dynamo) (第20圖)と云ふ.多極發

電機は恰も二極發電機を二個以上併合したると同樣なり.其刷子の數は極數と同數なるを要す。發電機は極めて小なるものの外皆多極にして極數は二對或は三對のもの多く.北極及南極が交互に排置せらる.即ち同種の極が發電子を挾みて相對し.各極より出づる磁力線は兩隣極に分配され.發電子の線輪

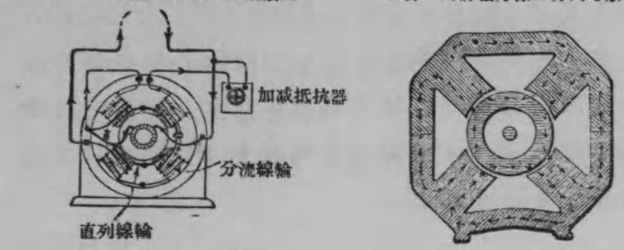
第十九圖
二極發電機



第二十圖
(甲) 多極發電機



第二十圖
(乙) 四極複捲發電機電線接續圖　(丙) 同前磁力線の方向を示す圖



は廻轉毎に之を切るなり。第20圖乙は四極複捲發電機の電線接續を示し.同圖丙は界磁に於ける磁力線の方向を示す。

發電機の起電力—發電機が發生する起電力の强弱は次の四ヶ條に關す。

(一) 發電子が廻轉して切る磁力線の總數。

(二) 發電子の表面に排列せられ磁力線を切る發電子線輪の捲線の數。

(三) 發電子の廻轉數。

(四) 磁極數。

Φを界磁の一極より出で他極に入る磁力線の總數とし.nを一秒間の廻轉數N_aを發電子表面に於ける捲線數aを捲線の回路數pを磁極の對數E_a

を起電力の「ヴォルト」數とすれば. E_a の値は次の式にて示さる。

$$E_a=\frac{p}{a}.\Phi.n.N_a.10^{-8}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(31)$$

例へば四極發電機に於て磁力線數を 4,000,000 一分間の廻轉數を 800. 捲線の排列數を 225. 捲線は二回路に分れるとすれば

$a=2, p=2, \Phi=4\times10^6, n=\frac{800}{60}, N_a=225$ なるに依り

$$E_a=\frac{2}{2}\times4\times10^6\times\frac{800}{60}\times225\div10^8$$

$$=\frac{4\times800\times225}{60\times100}=120$$

即ち起電力は 120「ヴォルト」なり。

此故に發電機の電壓を增減するには Φ, n, N_a の何れかを變ずるにあれども最も容易に增減することを得るはΦにしてΦは界磁電流に正比例するものなれば.已に記載したる如く界磁線輪に通ずる電流を加減抵抗器に依て加減して電壓を調整するものとす。今磁束より界磁に要するアムペア回數を算定する方法を記載せんに

l_1 ＝發電子に於ける磁路の平均長さ

s_1 ＝磁力線に直角なる磁路の平均切斷面積

Φ＝磁束

μ_1 ＝鐵心の導磁率

l_2, l_3, l_4; s_2, s_3, s_4; μ_2, μ_3, μ_4＝界磁及發電子間の空隙.磁極及其他界磁體等に於ける磁路の平均長さ.磁路の平均切斷面積及導磁率

ν ＝磁力線中發電子に通ずるものと全磁力線數との比

とすれば

第18式　$\text{磁束}=\frac{\text{起磁力}}{\text{磁氣抵抗}}$

に由り

$$\Phi=\frac{\frac{4\pi}{10}IN}{\frac{l_1}{s_1\mu_1}+\frac{l_2}{s_2\mu_2}+\frac{l_3}{s_3\mu_3}+\cdots.}$$

發電子鐵心に於ける磁束を Φ_1 とすれば是に要するアムペア回數 I_aN_a は

$$I_aN_a=\frac{10}{4\pi}.\Phi_1.\frac{l_1}{s_1\mu_1}$$

空隙に要するアムペア回數は

$$I_gN_g=\frac{10}{4\pi}.\Phi_1.\frac{l_2}{s_2\mu_2}=\frac{10}{4\pi}.\Phi_1.\frac{l_2}{s_2}$$

界磁體に要するアムペア回數は

$$I_mN_m=\frac{10}{4\pi}.\Phi.\frac{l_3}{s_3\mu_3}$$

然るに　$\Phi_1=\nu\Phi$

之に由て總アムペア回數INは

$$IN=\frac{10}{4\pi}\Phi_1\left(\frac{l_1}{s_1\mu_1}+\frac{l_2}{s_2}\times\frac{l_3}{vs_3\mu_2}\right) \quad \cdots\cdots(32)$$

然るに磁束密度$B=\frac{\Phi}{s}$にしてBの種々の値に對し種々の鐵に要せらるゝアムペア回數は上式より算出して第八圖に曲線にて示す通りなれば、Bを想定して長さと斷面積とより各部分に要せるゝアムペア回數及其總アムペア回數を算出することを得。通常用ひらるゝBの値は第31表に示す如し

第三十一表

發電機に於けるBの表

品名		B 一平方「センチメートル」
界磁鐵心	鍛鐵	15,000
	鑄鐵	7,000
發電子鐵心	鍛鐵	15,000—18,000
空隙		4,000— 7,000

發電機の端子電壓—第31式に示さるEaは發電子線輪に發生する起電力にして、發電子の刷子間に現はるゝ電壓は之より少し、即ち電流が發電子線輪及之と直列に接續する界磁線輪の抵抗に打勝ちて流るゝ爲め或る電壓を失ふ。此電壓を起電力より減じたる電壓が發電子の刷子間に現はる。之を**端子電壓** (Terminal Voltage)と云ふ。今端子電壓をEにて示せば其値は次の如し。

$E=E_a-$(發電子線輪及界磁線輪中に失はるゝ電壓)...(33)

發電子の抵抗をR_a「オーム」

分流線輪の抵抗をR_s「オーム」

直列線輪の抵抗をR「オーム」

發電子に通ずる電流をI_a「アムペア」

發電子より外部回路に通ずる電流をI「アムペア」

分流線輪に通ずる電流をI_s「アムペア」

とせば一汎に

$$I_a=I+I_s$$

分捲發電機に於ては

$$E=E_a-I_aR_a=E_a-(1+I_s)R_a \quad \cdots\cdots(34)$$

直捲發電機に於ては

$$E=E_a-I_a(R_s+R)=E_a-I(R_s+R) \quad \cdots\cdots(35)$$

短分路複捲發電機に於ては

$$E=E_a-(IR_s+IR)=E_a-(1+I_s)R_a-IR \quad \cdots\cdots(36)$$

長分路複捲發電機に於ては

$$E=E_a-(I_aR_a+I_aR)=E_a-(I+I_s)(R_a+R) \quad \cdots\cdots(37)$$

例. 端子電壓125「ヴォルト」にて外部回路に2,100「アムペア」を送電する短分路複捲發電機あり、發電子線輪の抵抗を0.0042「オーム」直列線輪の抵抗を0.0028「オーム」分流線輪の抵抗を5「オーム」とするときは、發電子

に發生する起電力は幾何なるべきや。

解 第36式 $E=E_a-(I+I_s)R_a-IR_c$

より $E_a=E+(I+I_s)R_a+IR_c$

此場合に $E=125.\ I=2{,}400,\ R_a=0.0042,\ R_c=0.0028$

$$I_s=\frac{E+IR_c}{R_s}=\frac{125+2{,}400\times0.0028}{5}=26.34$$

由て $E_a=125+(2{,}400+26.34)\times0.0042+2{,}400\times0.0028$

$=142$「ヴォルト」

白熱燈用發電機の端子電壓は概ね 125「ヴォルト」にして 100「ヴォルト」乃至 110「ヴォルト」にて點火すべき白熱燈又は弧光燈を其回路に並列に接續して是に送電するなり。弧光燈用發電機は 50「ヴォルト」電壓にて點火すべき弧光燈の數十個を直列に接續するものなれば、電壓は燈數に 50「ヴォルト」を乘じたるものに等しく、通常 750「ヴォルト」以上にして、電流は一定して 6.5「アムペア」又は 10「アムペア」なるを普通とす。常に之を不變ならしむる爲に特種の電流加減抵抗器を接續使用す。以上諸式に於て認むる如く端子電壓は加減抵抗器に依て調整するも外部に送らるゝ電流即ち負荷の增すに從ひ多少減ずるを免かれず。今無負荷に於ける端子電壓を E_0 とし、全負荷に於ける端子電壓を E とすれば E_0-E は負荷の爲めに回路中に失はれたる電壓にして、之と E との比を百分率にて表はしたるものを**電壓の變動率** (Regulation of Voltage) と云ふ、之を y にて示せば次の如く表はさる。

$$y=\frac{E_0-E}{E}.100\%$$

此値は發電機の大さに從て異れども大概ね 5% 乃至 10% なり。

發電機の出力——發電機の大さを表はすには其發電機が外部に向て安全に供給することを得る電力を以てし是を**發電機の出力** (Output) と云ひ「キロワット」にて示す。例へば500「キロワット」の電力を安全に供給し得る發電機なれば出力 500「キロワット」の發電機と云ふ。出力は端子電壓及回路の抵抗に由て定まるなれども、亦次の二條項に據り制限せらるゝものとす。

(一) 發電子が電流の爲に發熱するを以て、全負荷にて繼續運轉中機械各部の温度が一定温度より昇らざること。

(二) 發電子に起る反作用を成べく減じ刷子に於て火花を生せしめざること。

發電子に於ける發熱とは、其線輪に電流流通の爲に生ずる消費電力 I^2R に基く熱及び鐵心に起るヒス

テリシス及渦流に基く發熱なれば捲線に通する電流密度を減じ發電子の廻轉數及び熱を輻射する表面を增すときは是を少からしむるを得べし。

發電機の發熱及耐量　發電機の各部が電流の發熱作用に由て發熱するは免かれざるも其許し得らるゝ最高上昇温度は發電機各部の絶緣物の燒損せざるを程度とす.最近我邦日本電氣工藝委員會に於て定められたる規定は次表に示す如し。

第二十三表

各部分	上昇温度の限度(攝氏)	測定方法
固定線輪	60°	捲線の電氣抵抗を測定し其增加程度に由て温度上昇を算定す
廻轉線輪	60° 50°	同上 寒暖計に由る
整流子	55°	同上
聚電子	65°	同上

但し室内温度を攝氏25度とし25度以上の時は其一度毎に上昇温度一度を減ず。

各捲線に於ける電流密度は發電子に於ては捲線の切斷面積一平方吋に付き1,500「アムペア」乃至2,000「アムペア」を適度とし界磁に於ては此二分一を通常とす.然るに此發熱制限に對する輻射表面に就てエッソン氏は次の式を與へり。

界磁に於ては　$t=355\times\frac{w}{A}$

發電子に於ては　$t=55\times\frac{w}{A'(1+0.00018V_c)}$　……(38)

式中tは發熱最高温度と周圍空氣の温度との差(攝氏).wは消費する電力.Aは平方「センチメートル」にて示す有効冷却表面積A'は平方吋にて示す同面積V_cは呎にて示す一分間の圓周速度なり。

發熱の制限より發電子の廻轉速度と安全に發生し得る出力との關係は次式にて示す如し。

皷形發電子に於ては　$W=ld^2n\times0.015$
環狀發電子に於ては　$W=d^2n\times0.010$　……(39)

式中Wはワットにて示す出力.lは發電子の長さ(磁極間に於ける).dは其直徑にして共に吋にて示さる.nは一分間の廻轉數なり。之に關しスタインメッツ氏は一般的に次の式を與へり。

$$W=\frac{ld}{\alpha}\quad\cdots\cdots(40)$$

αは定數にして低速度發電機に於ては5乃至6大發電機に於ては2なり。

發電子の發熱を少からしむる一方法として發電子捲線間に空溝を作り.廻轉の際空氣をして此間隙に進入せしめ.捲線に觸れ之を冷却せしむるものとす。

發電機をして前記の最高上昇温度を超ふることなく其端子に於て利用し得べき發電機の出力を其格定耐量(Rated Capacity)と稱す。

發電機の端子電壓と廻轉速度—發電機の廻轉速度と出力との關係は第39式に示す如くなれども之に制限あり通常次表に示す範圍内に發電子の圓周速度を定め.之に適する毎一分間の廻轉數を定むるものとす。

第三十三表

發電機の圓周速度表

出力（キロワット）	50	100	200	300	400	500	1000	1500	2000
發電子の圓周速度（毎分呎）	640 乃至 1125	1,125 乃至 1,800	1,800 乃至 2,570	2,250 乃至 3,000	2,570 乃至 3,270	2,810 乃至 3,450	3,450 乃至 3,900	3,750 乃至 4,100	3,900 乃至 4,180

日本電氣工藝委員會に於て制定したる速度及端子電壓の標準は次表に示す如し。

第三十四表

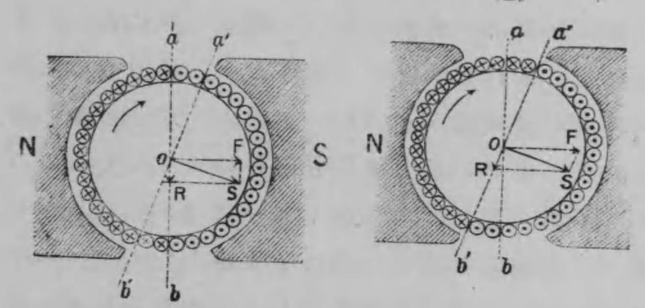
直流發電機(調帶運轉)
廻轉數及端子電壓標準表

端子電壓	110, 220, 440, 550 ヴオルト		端子電壓	110, 220, 440, 550 ヴオルト	
出力 キロワット	一分間廻轉數 高速度	一分間廻轉數 低速度	出力 キロワット	一分間廻轉數 高速度	一分間廻轉數 低速度
1	2,000	1,200	30	1,250	750
2	1,900	1,200	40	1,200	750
3	1,800	1,100	50	1,150	700
5	1,700	1,100	60	1,100	700
7.5	1,600	1,100	75	1,050	650
10	1,500	950	100	1,000	650
15	1,400	900	125	950	650
20	1,350	850	150	900	600
25	1,300	850			

發電子の反作用—發電子の反作用(Armature Reaction)とは發電子の鐵心が之に通する電流の爲に磁化し.磁力線を發生して界磁の磁力線に直角に働きて.其分布の狀態を變じ磁界を弱耗せしむる作用を云ふ。第21圖甲は二個の界磁極間に置かれたる發電子とし矢線の方向に廻轉するものとせば.其捲線中に發生する電流は.界磁の磁力線の方向 OF に直角なる中心線 *ab* の右側に於ては紙面より讀者に向

第二十一圖

發電子の反作用を示す圖



て流れ(矢の根にて方向を示す)左側に於ては讀者より紙面に向て流る(矢の頭にて方向を示す)。此電流の爲に發電子に起磁力發生し OF と直角なる方向 OR に磁力線を發生す.此磁力線は OF と合成して

OS なる磁力線となる.然るに已に記載したる如く *ab* 線に在る捲線には起電力發生せざれば.此線中に刷子を置くときは整流子と離合する際に火花の發生することなきも.磁界の磁力線傾きて OS となれる爲に.是れと直角なる *ab* 線═**中性線** (Neutral line) と稱す═も廻轉の方向に傾きて第21圖乙に示す如く *a'b'* となれる爲め此線中に刷子を移さざるべからず。然らざるときは刷子が相隣れる二個の整流子片上に跨り.是に接續する二個の捲線を短絡する時に捲線に生する起電力の爲に.刷子を通じて大なる電流流れ刷子が整流子片より離るゝ際に.甚しき火花發して是れを燒損する虞れあり。磁力線の此傾斜角度を**進角度**(Angle of Lead)と云ふ。斯くの如く磁力線ORは磁界の磁力線の方向を傾斜せしむるのみならず.第21圖乙に示す如く其一部は OF に反對に働き是を弱小ならしむ.是れを生せしむるアムペア回數は捲線に通ずる電流を I_a とし.捲線の直列に接續せられたる排列數を N_a とし進角度を θ とすれば次の式にて示さる。

$$IN=\frac{\theta N_a I_a}{180^\circ} \quad \cdots\cdots(41)$$

此アムペアターンを**逆アムペア回數** (Back Ampere turn) と云ふ。磁力線 OR の多少は發電子に通ずる電流 I_a 即ち一般に負荷に比例する故に.進角度は負荷に正比例し從て刷子を置くべき位置も負荷の多少に由て異る。

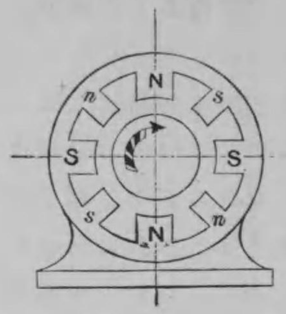
刷子を中性線に置くときは之に由て短絡せらるゝ線輪には發電子の廻轉に由て生ずる起電力の發生なきも.其自己誘導作用に由て起電力發生し刷子が整流子より離るゝ際火花を發生せしむ。之を防ぐ爲めには線輪中に幾分の起電力を發生せしめ自己誘導に由る起電力と相殺せしむるなり.此爲めに刷子を中性線より廻轉の方向に少し進め置くものとす。

發電子反作用を償却せしむるには.次に記載する方法を用ふるなり。

補極發電機═直流發電機に於ける發電子反作用を償却して磁界の中性線をして常に磁極間の中心線に在らしめ.刷子を此位置に定置せしむる爲め各磁極間に別に反對の起磁力を起す小なる磁極を裝置する方法あり.第22圖は其磁極圖を示す.圖中 NS は主要磁極にして *ns* は小磁極なり。此磁極を**補極** (Interpole) 又は**整流極**(Commutating Pole) と稱し.之を裝

置したる發電機を補極發電機(Interpolar Dynamo)と稱す。補極の線輪は發電子線輪に直列に接續せらる.其捲數を適當に定め其磁極の配置と發電子の廻轉の方向(矢線にて示す)とを第22圖に示す如く爲すときは.補極線輪に由て生ずる起磁力は發電子線輪の逆アムペア回數に由て生ずる起磁力と相等しく其方向相反する故に.兩磁氣作用は相殺せられ所謂發電子の反作用は滅し.磁界の中性線は磁極間の中心線に來るべし。發電子線輪及補極線輪に依て生ずる起磁力は共に發電子に通ずる電流に正比例する故に.負荷の如何なる場合に於ても兩起磁力相[illegible]せられ.中性線は常に磁極の中心線に在りて.刷子を常に此位置に置くも整流作用完全に行はれ刷子に[illegible]て火花の發生することなし。從て此發電機は試運轉の際刷子の位置を適當に定むれば.其後之を移動せしむる必要なし.由て移動せしむる裝置を爲さざるものあり。補極の數は主要磁極の數に等しく

第二十二圖
補極發電機略圖



其厚さは發電子の溝の廣さの約三倍とし其幅は發電子鐵心の幅の約七割に爲す。其捲線には主要磁極に於けると同樣のものを用ひ.其太さは電流密度が切面斷積の一平方吋に1200「アムペア」乃至1400「アムペア」なる範圍内に於て適當に定むるものとす。

發電機の損失及能率—發電機は或る原動機にて運轉せられて電力を發生するものなれども.一汎の機械と同樣に原動機より與へらるる勢力の全部を電力として發生するものに非ず.其幾分は發電機内に於て熱と成りて消費せらるゝを免かれず.此與へらるる勢力を**入力**(Input)と云ひ發電機の出力と此入力との比を發電機の**能率**(Efficiency)と云ふ。

即ち $$能率=\frac{出力}{入力}=\frac{出力}{出力+損失}$$

發電機内に消費せらるゝ損失の勢力は次の數種とす。

(一) 發電子及界磁の捲線が電流の爲に發熱し放散する電力の損失並に整流子と刷子との接觸抵抗に由る電力の損失 I^2R 是を**銅損**(Copper Loss)と云ふ。

(二) 發電子鐵心に於けるヒステリシス作用に由るヒステリシス損及渦流に由る渦流損是を**鐵損**

(Iron Loss)と云ふ。

(三) 軸受に於ける摩擦整流子に於ける刷子の摩擦空氣の抵抗等に因る機械的勢力の損失。

發電子捲線に流るゝ電流は發電子の半廻轉毎に方向を變ずる爲めに.此電流に由て磁化する發電子鐵心に於ては.ヒステリシス作用の爲め其磁化の程度が電流の變化に伴はずして.必ず是より遲れ電流が最大になりし時刻より少し後れて鐵心の磁力最大と成り.電流が最小になりし時刻より少し後れて磁力最小と成る則ち鐵に常に殘留の磁氣存すべし。此殘留磁氣は單に鐵を熱するに止まるを以て之を生せしむるに要したる電力は全く無益に消費せられ其値は第16式に示す如し。

最良の軟鐵板又は軟鋼板を用ひ.是を赤熱して鈍まし極めて徐々に冷却したるものを用ふるときは此損失電力を少からしむることを得べし

發電子が磁界内に廻轉する際には.其鐵心に起電力發生し是に渦流流るゝに至るべし.其値は第17式に示す如くして發電子の廻轉數の自乘に正比例し其作用は全く鐵を熱するに止まり無益に消費せらる。渦流の發生を防ぐには.鐵心を鐵塊にて作らずして薄き

鐵板の數十枚乃至數百枚を重ねて良く締付け.各板間を自己の錆にて絶緣せしむるときは.渦流の通ずべき回路は數區分せられて其抵抗增加し.從て之れに起因する渦流は減ずべし。是に由て現今發電子の鐵心に使用する鐵板は甚だ薄く.其厚さ凡そ0.016吋乃至0.018吋なり。

整流子と刷子との接觸抵抗は整流子の圓周速度.刷子に於ける電流密度及刷子の壓力に由て異る.**炭素刷子**(Carbon Brush)使用の場合には.

整流子の圓周速度	每分2,500呎
刷子に於ける電流密度	每平方吋25-35「アムペア」
刷子の壓力	每平方吋1.25「ポンド」

なるときに接觸抵抗は刷子の接觸面積一平方吋に付き0.03「オーム」と定めて差支なし。**銅刷子**(Copper Brush)使用の場合には電流密度每平方吋150-175「アムペア」として接觸抵抗は一平方吋に0.003「オーム」—0.004「オーム」なり。

刷子の摩擦に因る損失は次の式にて示さる。

$$W=\frac{\mu.P.A.v}{33{,}000}\times 746\text{ワット}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(42)$$

式中 μ=摩擦係數(炭素刷子の場合には接觸の工合能きとき0.3とす)。

P＝接觸面積毎平方吋に於ける刷子の壓力(ポンド)

A＝刷子の接觸面積(平方吋)

v＝整流子の圓周速度(毎分呎)

軸受に於ける摩擦及空氣の抵抗に因る損失は精密に計算するを得ず.實驗上出力1,000「キロワット」發電機に於ける此損失は出力の約0.5%なることを確められたるに過ぎず。

以上の損失中.鐵損及び機械的損失は發生電流に關係なく.負荷に伴ふ變化なきものなり.尙鐵損は其算式に於て認むる如く磁界の磁束密度に正比例す。銅損は發生電流の自乘に正比例するものなれば.負荷に從て增減す。

是等の損失は皆發電機中に消費せられ總て熱に變するものなれば.之が爲に發電機の熱するを免かれず.其最大上昇温度は已に記載したる制限内なること必要なり。此損失を計算するときは.發電機の能率を算出することを得.其値は無負荷のとき最少にして負荷の增すに從ひ始めは急に增し四分一負荷前後より徐々に增し.全負荷に於て最大値に達し尙負荷增すときは少しく減ずるなり。異る發電機に於ては其大小及設計の如何に由て甚しく異る.概し

て出力大なる程及廻轉の速かなる程能率高し.其範圍は0.8-0.97なり.是に100を乘じ%にて表はすを通常とす。第35表は直流發電機の平均能率を示す。

第三十五表

直流發電機の平均能率表

耐量キロワット	全負荷能率%	%に於ける損失の分配				%全損失
		發電子に於ける損失		界磁線輪	摩擦	
		銅損	鐵損			
30	90	4.0	3.0	2.5	0.5	10
40	90.5	3.8	2.8	2.4	0.5	9.5
50	91	3.6	2.7	2.3	0.4	9
75	91.5	3.4	2.5	2.2	0.4	8.5
100	92	3.2	2.4	2.0	0.4	8
200	93	2.7	2.15	1.8	0.35	7
300	93.5	2.5	2.0	1.65	0.35	6.5
500	94	2.3	1.8	1.55	0.35	6
750	94.5	2.0	1.7	1.5	0.3	5.5
1,000	95	1.8	1.5	1.4	0.3	5

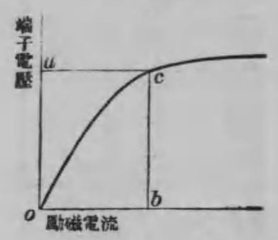
特性曲線—ドクトル.ホプキンソン(Dr. Hopkinson)氏は發電機の性質を其起電力と電流との關係を示す曲線にて研究し.之を**發電機の特性曲線**(Characteristic Curve)と稱せり。此曲線に依て發電機の發電狀態を知ることを得べく.其基本の曲線は次の二種とす。

(一) **磁化曲線** (Magnetization Curve)

(二) **外部特性曲線** (External Characteristic Curve)

磁化曲線とは鐵を磁化するに要する電流と.是に因て生する磁力線との關係を示す曲線にして.是を得んには發電機を廻轉し.他の電源より界磁に電流を送りて之を磁化せしめ.漸次此電流を增加し同時に發電子の刷子間の端子電壓を測り.電流を横軸に取り電壓を縱軸に取りて曲線を畫けば.第23圖に示すが如き曲線を得べし。

第二十三圖
磁化曲線



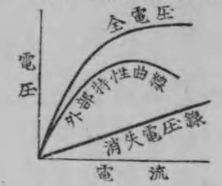
然るに電壓は磁力線に正比例するを以て此曲線は即ち磁化曲線にして之を發電機の**内部特性曲線**(Internal Characteristic Curve)とも稱す.此曲線は發電機の性質を示すを以て二種以上の發電機の性質を比較するに用ひらる。

此曲線に於て認むる如く磁化作用の低き間即ち勵磁電流の少き期間には鐵の導磁率高き爲め磁力線數は殆んど磁化力に正比例すれども.鐵の磁性が飽和せらるゝに從ひ導磁率は急に減じ.勵磁電流を增すも磁力線數又は電壓は之に伴て增さず.殆んど一定し鐵の飽和點に達するなり。圖に於て*bc*線は發電機の全負荷の時の端子電壓を示し.*ac*線は是を發生せしむる勵磁電流を示し.其交叉點*c*は全負荷に於ける磁化曲線中の相當點を示すなり。

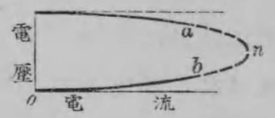
外部特性曲線とは發電機の廻轉を一定になし.界磁には自己より發生する電流を通せしめ.外部回路に抵抗を挿入して發生電流を種々に增減し.是に對する端子電壓を刷子間に於て測り.其電壓及電流にて畫きたる曲線なり。直捲發電機の外部特性曲線に於ては全電流が界磁に通ずる爲に.電壓は電流の增加に伴ひて增せども.電流の增加が或る程度を超ふるときは.發電子内に於ける電壓の消失即ち抵抗と電流との相乘積IRと發電子反作用との增加の爲に刷子間の電壓減少すること第24圖甲の特性曲線に認むるが如し.圖中消失電壓線とは減少する電壓を示し.是と外部特性曲線とを加へたるものは全電壓の變化を示すものなれば之を**全部特性曲線** (Total Characteristic Curve) と云ふ。分捲發電機の外部特性曲線は第24圖乙に示すが如く電流の增加が或る程度例へば圖に於て*n*を超ふるときは發電子線輪に於けるIRが增して.電壓は急激に減じ遂に零に達すべし。斯くの如くして分捲發電機に於ては必ず電流の最大値ありて.其以上には電流を增すこと能はず.

第二十四圖

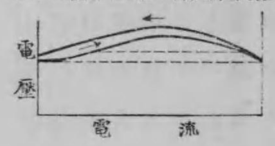
(甲) 直捲發電機の外部特性曲線



(乙) 分捲發電機の外部特性曲線



(丙) 複捲發電機の外部特性曲線



良好の設計に成る發電機に於ては全負荷電流は此最大電流の50%以下なり。複捲發電機の外部特性曲線は第24圖丙に示すが如し.此發電機に於ては負荷增加に伴ひ電壓の降下するを防ぎ常に不變ならしむるが爲に界磁に直列線輪あるも.實際に於ては電壓は稍直線狀を爲すも少許の增減を爲すこと圖に於て認むるが如し。

例　　題

(一) 直流分捲發電機に於て發電子の捲線數550一分間の廻轉數600にして起電力220「ヴォルト」を得んには磁力線の總數幾何を要するや。

解。 題意に於て　$E_a=220$　$n=\frac{600}{60}$　$N_a=550$

由て公式　$E_a=\Phi.n.N_a.10^{-8}$　より

$$\Phi=\frac{E_a}{n.N_a}\times10^8=\frac{60\times220\times10^8}{600\times550}=4{,}000{,}000.$$

即ち磁力線總數4,000,000を要す。

(二) 前例に於て發電子線輪の抵抗を0.056「オーム」發電子に通ずる電流を250「アムペア」とするときは.發電子の端子に於ける電壓幾何なりや。

解。 此場合に於て　$R_a=0.056$　$I_a=250$　$E_a=220$

端子電壓の公式 $E=E_a-I_aR_a=220-250\times0.056$

$=206$ヴォルト

(三) 出力300「キロワット」一分間の圓周速度2,500呎の六極直流發電機に於て全負荷運轉の際界磁及發電子の溫度上昇を攝氏50度以內に保持し.消費電力を界磁に於て150「ワット」發電子に於て出力の2%以內ならしめんには.界磁及發電子の熱の輻射面積を幾何にすべきや。

解。 第38式より

界磁に於ては　$A=355\times\frac{w}{t}$

發電子に於ては $A=55\times\frac{w}{t(1+0.00018V_c)}$

由て界磁の輻射面積 $=355\times\frac{150}{50}$

$=1{,}065$平方「センチメートル」

同上各極の輻射面積 $=\frac{1065}{6}$

$=177$平方「センチメートル」

發電子の輻射面積$=55\times\frac{300,000\times0.02}{(1+0.00018\times2,500)\times50}$

$=4,552$平方吋

$=29,360$平方「センチメートル」

(四) 直流發電機に於て

發電子を透過する磁力線總數を 1,250,000本

發電子の切斷面積を 12.5平方吋

發電子の長さを 6吋

空隙の長さを 0.25吋 其切斷面積を16平方吋

界磁鐵心の切斷面積を15平方吋.其長さを36吋

界磁繼鐵の切斷面積を28平方吋.其長さを12吋とし發電子鐵心は成層鐵より成り界磁鐵心及繼鐵は鍛鋼より成るときは界磁に要するアムペア回數幾何なりや。

解。 發電子に於ける磁束密度Bは

$$B=\frac{1,250,000}{12.5}=100,000$$

由て第八圖より一吋毎に要するアムペア回數は53なるを知れば.發電子に要する全アムペア回數は

$53\times6=318$

空隙に於ける磁束密度 $B=\frac{1,250,000}{16}=78,250$

其一吋毎に要するアムペア回數は

$78,250\times0.3132=24,508$

由て空隙に要する全アムペア回數は

$24,508\times0.25=6127$

界磁に通する磁力線の85%が發電子に通するものとすれば

界磁に通する磁力線總數は$\frac{1,250,000}{0.85}=1,470,000$

由て界磁鐵心に於ける磁束密度

$$B=\frac{1,470,000}{15}=98,000$$

其一吋毎に要するアムペア回數は第八圖より70となれば.鐵心に要する全アムペア回數は

$70\times36=2,520$

繼鐵に於ける磁束密度$B=\frac{1,470,000}{28}=52,500$

其一吋毎に要するアムペア回數は12 なれば.繼鐵に要する全アムペア回數は

$12\times12=144$

由て發電機全部に要する總アムペア回數は

$318+6127+2520+144=9,109$

即ち約9,110アムペア回數を要するなり.

第三項 直流發電機の構造

直流發電機を構成する主要部は界磁及發電子に

して其構造及附屬器具の構造は逐次次に記載す。

界磁—界磁は次の部分より成る。

界磁繼鐵(Field Yoke).　界磁極片(Field-Polepiece)

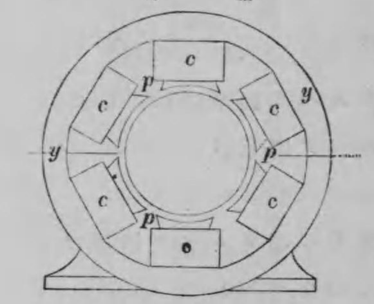
界磁鐵心(Field Core)　界磁框(Field-Bobbin).

界磁線輪(Field-Coil)

磁極數は出力五「キロワット」以下の發電機に於ては二個なれども.其以上の發電機に於ては通常四個以上にして南極と北極と交互に排列せらる。

第25圖は六極より成る界磁を示す.γは界磁繼鐵にして鑄鐵或は鑄軟鋼より成り鐵心を支持し磁極間の磁路の一部を形成す。其大なるものは點線にて示す部分に於て上下に分て鑄造せられ.下半部は發電子の軸受と共鑄せらる。其形狀は通常圓形なり。鐵心は小發電機に於ては鑄鐵にて作れども.其他概ね鍛鐵.鑄鋼又は薄き鋼板を重ねて作る.其形狀は圓筒體又は隋圓筒體なり。鑄鐵製及鑄鋼製の者は繼鐵に共鑄さるゝものあり或は

第二十五圖
界磁



之に螺子にて取付けらるゝものあり.又は之に鍛接さるゝものあり.薄鋼板製の者は重ねて良く締付け螺子にて繼鐵に締付くるか或は是に鍛接す。Pは界磁極片にして鑄鐵又は鋼鐵より成る.鋼製のものは薄き鋼鐵板を重ねてよく締付け鐵心へ螺子にて取付くるか又は之に共鑄す。總て鐵板の數十枚を重ねて作ることを**成層**(Lamination)と云ひ.是より成る鐵心を**成層鐵心**(Laminated Core)と云ふ。

磁極片の發電子面に對する圓周上の長さを**極弧**(Pole-Arc)と云ひ.其中心間の距離を**極間隔**(Polar-pitch)と云ふ.極弧は極間隔の65%–80%なるを通常とす。Cは界磁線輪にして.捲線には含硫ヴァーニッシュを塗りたる木綿二重卷被覆銅線を用ふ.其の大さは豫定せられたるアムペア回數と線輪に於て消費すべき豫定電壓とに由てオーム法則に依り之を定むるものなれども.電流密度は線輪に規定以上の温度上昇なき樣選定せざるべからず。分流線輪に於ける捲線の大さは電流より次の式に依り算定することを得。

$$d=\sqrt{\frac{1.25\times IN\times(D+D_1)}{E}} \quad \cdots\cdots(43)$$

式中

dは裸銅線の直徑(ミル)

INは界磁線輪のアムペア回數

Dは界磁線輪の外徑(吋)

D_1は界磁線輪の內徑(吋)

Eは端子電壓

捲線の被覆の厚さは通常七[ミル]なり。線輪は直接極片に捲かずして.其間に是に適合すべき枠を挾入し是に線輪を箝入す.此枠を**界磁框**(Field Bobbins)と云ふ.是は亞鉛.眞鍮又は ファイバー にて製し極片に密着せしめ.必要の際取外すことを得るものと爲す。多極發電機に於ては相隣れる線輪は捲き方反對なれば.電流の流通によりて生ずる磁性も亦相反し.磁力線は一極の極片より出でゝ發電子に通じ.隣極の極片に入り鐵鐵を經て自極に戻る.各極に於て此作用あり。

發電子の構造—發電子は起電力を發生すべき線輪を鐵心に捲きたるものにして線輪の捲き方及鐵心の形狀に從て次の如く數種に種別せらる。

(一) **鼓形發電子**(Drum Armature)

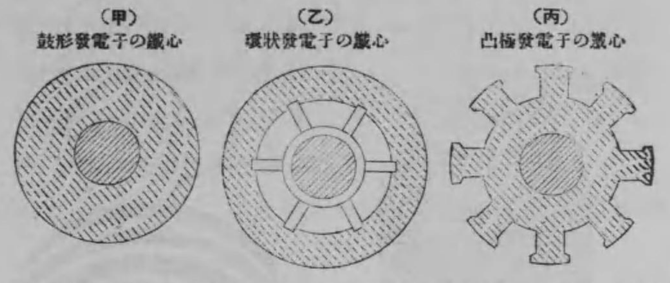
(二) **環狀發電子**(Ring Armature)

(三) **凸極發電子**(Pole Armature)

(四) **平板發電子**(Disk Armature)

鼓形發電子の鐵心は圓筒狀を爲し發電子線輪は鐵心の周圍全部に散布して捲かる。第26圖甲は其鐵

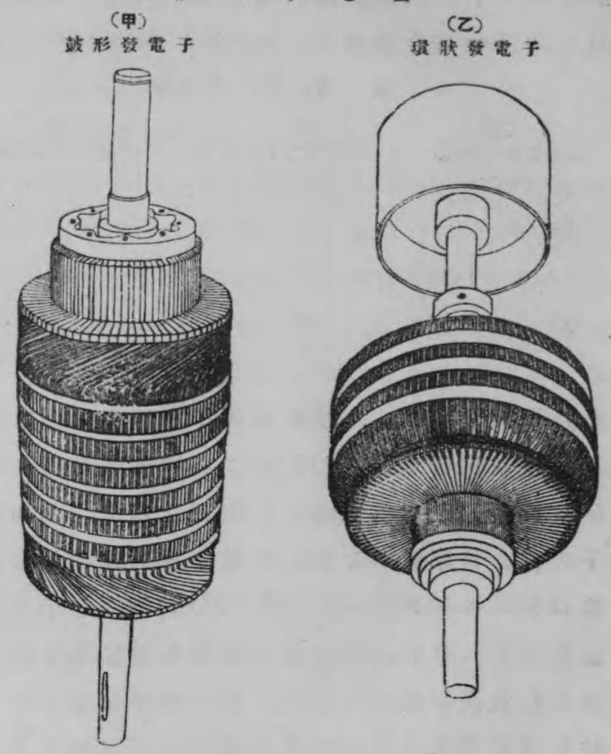
第 二 十 六 圖



心の切斷面を示す。環狀發電子の鐵心は環狀を爲し發電子線輪は鐵心の周圍に其內外側を通じて捲かる.第26圖乙は其鐵心の切斷面を示す。凸極發電子の鐵心は車輪狀を爲し發電子線輪は周圍の凸出部に捲かる.第26圖丙は其鐵心の切斷面を示す。平板發電子には鐵心なく.線輪は平板狀に作られ發電子軸に直角に取付けらる。第27圖甲に示すものは鼓形發電子にして.同圖乙に示すものは環狀發電子なり。鼓形發電子に於ては鐵心に捲かるゝ電線の總てが磁力線に對して有效なれども.環狀發電子に

於ては鐵心の內側に於ける捲線は磁力線に對して無效なり且つ鼓形發電子の線輪は捲くこと容易な

第　二　十　七　圖

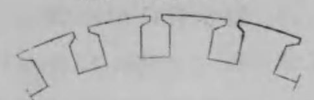


れば一汎に廣く用ゐらる。鼓形發電子に於て第28圖に示す如く鐵心の周圍に溝を有するもの又は周

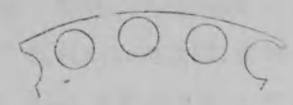
圍に近く孔を穿ち是に捲線を通じたるものあり溝のある鐵心を**有溝鐵心** (Slotted Core) 又は**有齒鐵心** (Toothed Core) と云ひ孔のあるものを**有孔鐵心** (Tunnel Core) と云ふ。是れより區別して溝及孔なき鐵心を**平滑鐵心** (Smooth Core) と云ふ。現今多くの發電子鐵心は有溝鐵心にして平滑鐵心に比し其利害次に示す如し。

第　二　十　八　圖

(甲) 有齒鐵心の一部



(乙) 有孔鐵心の一部



利とする點

(一) 捲線が鐵心の齒間に在りて表面に現はれざる故に磁極と發電子との空隙を少からしむるを得て其磁氣抵抗少く平滑鐵心に比し相等しき勵磁電流に由る磁力線多くして磁界強し。

(二) 捲線が鐵心外に現はれざる爲め發電子が外物に觸るゝも捲線の損傷することなし。

(三) 發電子の廻轉に由て生ずる遠心力の爲め捲線が鐵心外に出でんとするも溝內に在る爲め其憂なし。

(四) 捲線が溝内に在りて齒にて區劃せらるる爲め.捲線に渦流の發生することなし.

不利とする點

(一) 製作費は平滑鐵心よりも多額なり。

(二) 齒ある爲めに磁極片に渦流發生し易し.

(三) 發電子に於ける自己誘導作用大なり。

何れの發電子に於ても鐵心は渦流の發生するを防ぐが爲に厚さ0.016吋乃至0.018吋の軟鋼板を適當の形狀に切り抜きたるもの數百枚を成層し各板間を絕緣したるものなり.絕緣の方法は各板の表面に黑錆を生ぜしむるか或は薄き絕緣紙を之に貼付するなり。又ヒステリシス作用を防ぐ爲に最良質の軟鋼板を用ふるものとす。鐵心の中心に孔を穿ち是に軸棒を通じ.鐵心の兩端面より眞鍮又は砲金の圓板にて鐵心を捻締す.此圓板を終端板(End-flange)と云。軸棒は充分强靱にして發電子が磁極間の中心を外れたる場合に起り得べき磁氣索引力を受くるも.何等支障なきものたるを要す.通常之に良質の鋼鐵を用ふれども廻轉數甚だ大なる發電子に於ては 5% のニッケルを混入せるニッケル鋼を用ふることあり。鐵心の發熱を少からしむる爲に鐵板の間に所々空

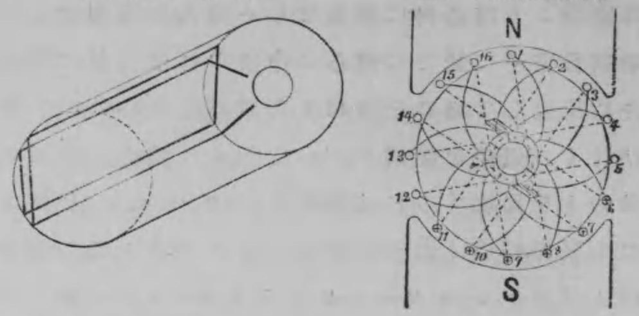
溝(Air-duct)を作り.發電子の廻轉と共に空氣をして此空溝より鐵心内に流通せしめ.鐵心を冷却せしむ.環狀發電子に於ては鐵心は中空なれば空氣は此部分に流通して鐵心を冷却す.此鐵心を中心の枠に結び付くる鐵體を輻鐵(Spider)と云ふ。鐵心と線輪及軸棒とを絕緣するには油紙又はヴァーニッシュを塗りたる紙.布.絹若くはマイカ及マイカナイト紙の類を用ふ.又はプレッスボールド.マイカナイト紙の類にて作れる管を鐵心の溝中に挿入し之に捲線を納むる方法あり。鐵心の大さは所要の電壓を發生すべき捲線の數量及太さ.是に通ずる磁束並に發熱限度以下たるに必要なる表面の大さ等に由て定まる。

發電子線輪の捲法——發電子鐵心に電線を捲く方法は電壓又は電流の多少等によつて異り甚だ複雜なれど.是を大別して**皷形捲法** (Drum-winding) 及**環狀捲法** (Ring-winding) の二法とす。

皷形捲法は第29圖甲に示すが如く皷形鐵心にも環狀鐵心にも應用することを得。其捲線は皆鐵心の周圍に捲かれ.各線輪に發する起電力は皆同一方向に在るを要すれば.各線輪の兩側捲線は相異れる磁極に向ふ樣排列せられ.鐵心の終端板側に於て接續

第　二　十　九　圖

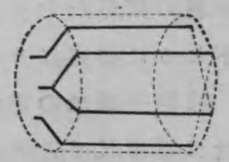
(甲) 鼓 形 捲 法　(乙) 平滑鐵心鼓形卷法



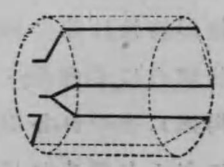
せらる。此接續法に二樣あり第30圖に之を示す.甲の方法を重捲(カサネマキ)(Lap-winding)と云ひ乙の方法を波捲(ナミマキ)(Wave-winding)と云ふ。二極發電機の發電子は概ね重捲に捲かる.第31圖に於て(甲)は多極發電機の發電子重捲を展開したるものにして.線輪の兩側捲線に發生する各起電力は線輪に同じ方向に電流を流通せしむべき爲めには.捲線の位置は各瞬間に極の反對なる二磁極に對して同樣の關

第　三　十　圖

(甲)



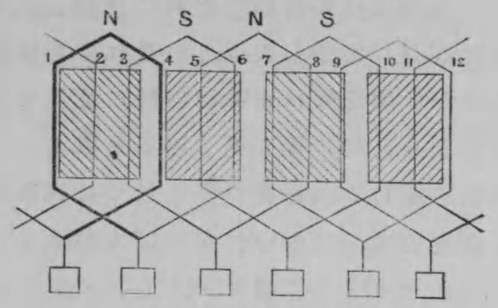
(乙)



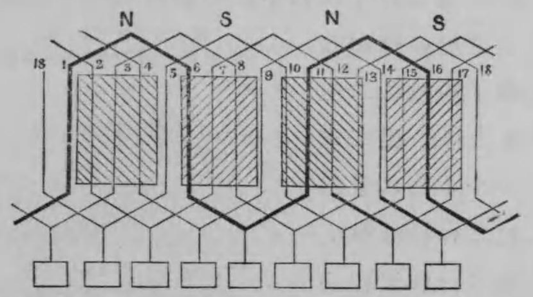
係を有すること必要なり.各線輪の端は曲げ戻され整流子片の突起部に於て隣れる線輪に接續せらる乙は同じ發電機の發電子波捲を展開したるものな

第　三　十　一　圖

(甲) 發電子重捲展開圖



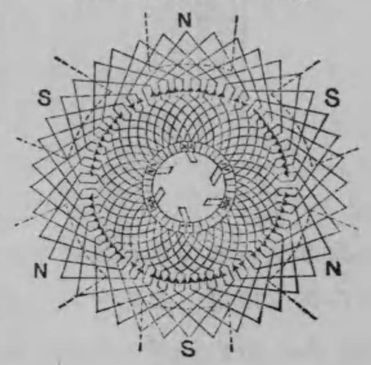
(乙) 發電子波捲展開圖



り.此方法に於ては捲線は戻ることなく前方に進むのみ.例へば第一北極を出でたる第一捲線は第一南極に入る第六捲線と鐵心の後方に於て接續せられ

第六捲線は又第二北極に入る第11捲線と整流子片突起に於て接續せらる.此捲線は又第二南極に入る第16捲線に鐵心の後方に於て接續せらる。斯くして最後の捲線は第一の捲線に接續せられて.捲法は完成す。重捲法は各捲線を並列に接續し波捲法は各捲線を直列に接續したるものなれば.重捲法に於ては刷子間の總電壓は兩隣磁極間に位置せる捲線に誘發したる電壓に等し.從て刷子を置くべき位置は磁極數と等しく.四極發電機に於ては四組の刷子を要し之を各磁極間の中性線に於て整流子に接觸せしめ.二組を(+)とし二組を(−)とし二組宛互に連結す。波捲法に於ては刷子間の總電壓は全捲線に誘發する電壓の總和なれば.刷子の數は二組にて可なり。從て電流の通ずる路は重捲法に於ては磁極數と同じ數に分れ.波捲法に於ては單に二分するのみ。第29圖乙は二極發電機平滑鐵心

第三十二圖
六極發電機發電子の重捲



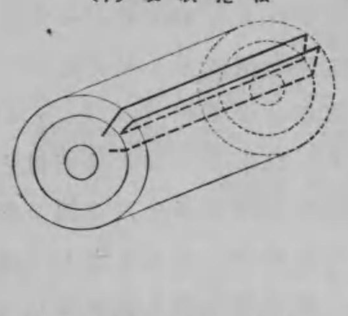
發電子を皺形捲法に由て捲きたるを示す.圖中點線は鐵心の後方に於ける接續を示す.此捲線は磁力線を切らざるを以て起電力發生上無效のものなり。

第32圖は六極發電機發電子の重捲を示す。

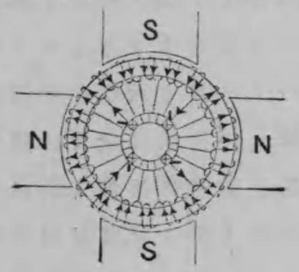
環狀捲法は第33圖甲に示すが如く.接續せる被覆銅線にて環狀鐵心の內外側を通じて捲き其中途より

第三十三圖

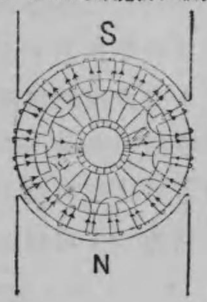
(甲) 環狀捲法　　(乙) 二極發電機發電子の環狀捲法



(丙) 四極發電機發電子の環狀捲法



(丁) 發電子環狀捲法(二個線輪)



枝線を出し整流子の各整子片に接續すること第33圖乙に示すが如くす。同圖丙は四極發電機の發電子の環狀捲法を示す.此の方法に於ては捲線は一線輪なれども.數線輪より成れるものあり.同圖丁に示すものは捲線は二個の獨立線輪より成り.各線輪共に枝線にて整流子片に接續せらる。

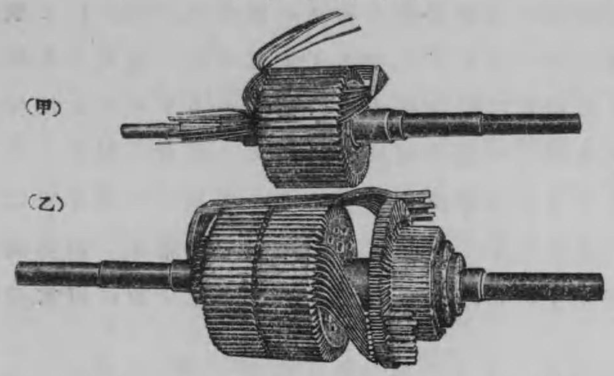
何れの發電子に於ても捲線には通過電流100「アムペア」以下なれば銅線を用ふれども.100「アムペア」以上なる時は二條以上の銅線を用ふるか又は扁平なる銅片を用ふ。捲線の絶緣は電壓が500「ヴォルト」以下なれば二重木綿卷とし以上なれば木綿編組とす。此等の絶緣したる銅線又は銅板を用ひ豫め作れる型に入れて線輪に作り.充分にマイカナイト紙.オイル紙の類にて絶緣し絶緣液を塗り乾燥室に入れて乾燥したる後鐵心の相當せる溝に嵌入す.或は豫め線輪を作らずして手にて順次捲く方法あり.型を用ふる方法を型卷(Form -wound)と云ひ手にて捲くを手捲(Hand-wound)と云ふ。型捲法に於ては線輪を鐵心に裝置したる後.其端を適當に接續す.溝は豫め絶緣物にて絶緣し置くべきものとす.其材料にはプレッスパン.プレッスボールド.マイカナイト等使用

せらる。

第34圖は直流發電機の半製發電子鐵心を示す.甲は手捲にして乙は型捲なり。

第三十四圖

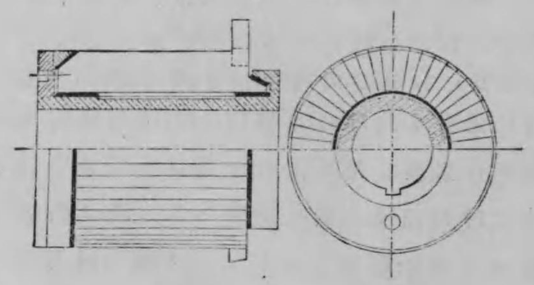
直流發電子



發電子鐵心は電線にて捲き上げたる後は廻轉の際遠心力の爲に捲線が外方に向て離れ去らんとするを防ぐ爲に.線輪の周圍を細き裸電線にて充分强く捲き是に鑞付す.此線には直徑0.04吋の硬引眞鍮線又は鋼線に錫鍍したるものを用ひ.發電子の長さ一吋乃至二吋の間隔に於て線輪の上に薄き含硫ファイバー及マイカを卷きたる上を.一ケ所10回乃至30回捲き幅半吋乃至一吋ならしむるものとす。此捲線をバンド線(Band wire)と云ふ。

整流子——整流子は已に記載したる如く.相互間を絶縁したる數十枚の硬引純銅片より成る圓筒體にして發電子の軸棒に裝置せらる.各整流子片間を絶縁するにはマイカを用ひ其終端の絶縁にはマイカの軟質のものを薄く剝ぎ一種のシェラックにて數枚張り合せたるマイカナイトを用ふ。組立たる整流子を軸棒に取付くるには.鑄鐵のスリーヴを軸棒に適合せしめ.之に整流子を嵌入し兩者の間をマイカナイトにて絶縁し.前後より金屬環にて絶縁物たるマイカナイトを隔てゝ整流子を捻締す。第35圖は整流子の切斷面を示す。整流子片の數は通常偶數

第三十五圖
整流子



にして發電子の捲法及線輪數に從て定めらる.其數の多きに從ひ各整流子片間の電壓の差少く.從て其

廻轉中刷子との接觸面に於て火花の發生すること少く電流の動搖亦少し。整流子片間の電壓の差は次に示す如くなるを可とす。

發電機の電壓	各整流子片間のヴォルト
500—550	5.5—15
200—220	4—10
100—120	3— 5

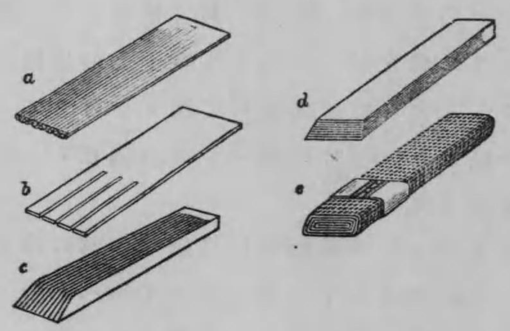
整流子の直徑は少くとも發電子の夫れの四分の三なるを通常とし.整流子片の長さは是に通ずる電流100アムペアに付き一吋乃至二吋を最小限度とし.其電流密度は切斷面積毎平方吋に2,000「アムペア」と定むべきものとす.尤も炭素刷子を使用するときは是より一倍半乃至二倍長く爲すを可とす。整流子片の深さには定則なけれども刷子との摩擦に依て減損するものなれば成るべく深きを可とす。整流子片の幅は0.2–0.3吋.絶縁マイカの幅は0.03吋と爲すを通常とす。

整流子と刷子との接觸面には廻轉の爲に摩擦熱を生ずるなれば.烈しく空氣に觸れて冷へしむる爲に相當廻轉速度を要す.即ち一分間に2,500呎の圓周速度なれば表面積一平方吋に對し電力一「ワット」に付き

温度の上昇攝氏二十度を超へざる可し.一汎に全負荷にて繼續運轉し攝氏50度の温度の上昇なき樣製作すべきものとす。蒸汽タービンに直結する如き高速度發電機の整流子は圓周速度を減ずる爲め.直徑を減じて長さを增し.即ち割合に細長きものと爲し.整流子片の飛出さんとするを防ぐ爲め.整流子の長さに沿ふて兩端及中央の三ケ所に於て周圍に鋼環を燒嵌するを通常の方法とす.

刷子——刷子に銅刷子及炭素刷子の二種あり.銅刷子の形狀は種類多く第36圖に示すが如し.*a*は銅線

第三十六圖
刷子



數十本を束ね其一端を鑞付したるもの.*b*は單に一枚の銅板に切れ目を作りたるもの.*c*は數枚の銅板

を縱に合せたるもの.*d*は數枚の銅板を重ねたるもの.*e*は細き銅網を疊みたるものなり。炭素刷子の形狀は總て長方梯形にして銅刷子に比し整流子の表面を摩損すること少く反て平滑ならしむる傾きあり.且又火花を發生せしむること少し.然れども彈力なきために摩擦多く.銅に比し抵抗大なる故に發熱し易く.整流子との接觸面及切斷面積は銅よりも大なるを要す。其通過電流の最大限度は次の通りとす.

刷子の切斷面積一平方吋に付

炭素刷子	60「アムペア」
眞鍮網刷子	200「アムペア」
銅刷子	250「アムペア」

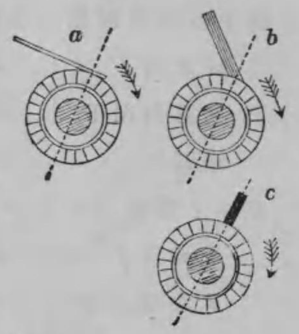
刷子と整流子片との接觸面一平方吋に付

炭素刷子	40「アムペア」
眞鍮網刷子	125「アムペア」
銅刷子	175「アムペア」

一組の刷子に通ずる電流は200「アムペア」以下に定むるを可とす。炭素刷子に於ける電流の最大限度少けれども.其火花發生の虞なき爲め.極めて小出力の發電機を除くの外は概ね炭素刷子使用せらる.

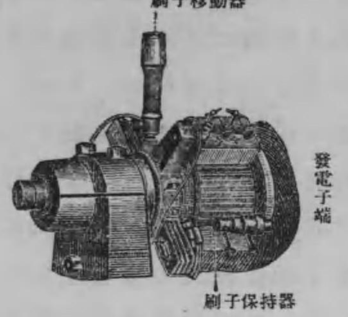
刷子が整流子に接觸する面は整流子片の一枚半を覆ふを最小限度とす。刷子一組は少くとも二個の刷子より成り一個の刷子を損傷したる際是を取外し修繕する間は殘りの一個にて差支なく使用し得るものとす。刷子が整流子に接觸する角度は刷子の構造に由て異れども,總て廻轉の方向に傾けるものとす.即ち第36圖 *b* 形狀のものは第37圖 *a* に示す如く接觸せしむ.此刷子は通常弧光燈用直捲發電機の發電子に用ひらる.又第36圖 *acde* の形狀のものは第37 *b* 圖に示す如く整流子の表面に45度の角度にて接觸せしむ。炭素刷子は時として第37圖 *c* に示す如く整流子の表面に直角に接觸せしむるものあり。

第三十七圖
刷子と整流子との接觸方法



刷子を整流子の表面に相當の壓力にて接觸せしむる裝置を**刷子保持器**(Brush-holder)と云ふ.其形狀は第38圖に示す如し.是に彈條の裝置ありて刷子の整流子面を壓する力を加減するを得るなり。其適當なる壓力は接觸面積毎平方吋一「ポンド」乃至「二ポンド」なりとす。刷子は常に適當の位置即ち磁極の中性線に在るを要するものなれば發電子廻轉中是を任意に移動するを得ん爲に.刷子保持器を**刷子移動器**(Brush-rocker)なるものに取付け是にエボナイト製又は木製の把手を附す。刷子移動器は軸棒を中心とし自由に左右に廻動し得る樣に取付けられ把手に依て是を動かし刷子の位置を發電子より發生する電流に應じ火花の生せざる位置に定むることを得るなり。刷子保持器は刷子移動器より適當の方法にて絕緣し把手に電流の漏洩することなからしめ.發電機を運轉せざる間は刷子を彈條の作用にて整流子より離し置くものとす。刷子保持器は發電機に取付けたる本回路の端子板に電線にて接續せられ.是より配電盤に電線を布設するにあれば.兩刷子保持器間の絕緣は最も良好ならざるべからず.是に

第三十八圖
發電子の整流子側の圖



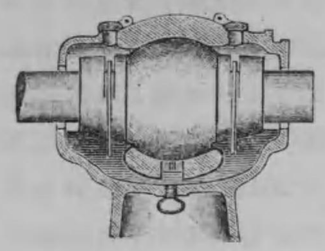
由て刷子移動器の把手はエボナイトにて作るものとす。補極發電機に於ては磁極の中性線は電流の多少に關せず一定するを以て刷子を移動せしむる必要なく.從て刷子移動器を設備せざるも差支なし

臺板及軌條—發電機が調帶にて運轉せらるゝものなるときは.鐵製の臺板又は軌條を基礎混凝土又は煉瓦の上に其底部迄埋め込みたるボートに締付け.其上に發電機を据付け.是に取付たるボート又はラッチエット.ブレースにて發電機を鐵製の臺板上に滑動せしめ得る樣に爲せば.之に由て原動機との距離を任意に加減し調帶の張力を適宜に調整するを得るなり。是に由て發電機を据付くるに臺板を用ふる場合には是を据付基礎にボートにて締付け軌條を用ふる場合には發電機を支持するに足るべき木臺を用ひ.是をボートにて基礎に締付け.是に軌條を木捻ボートにて締付たる後.臺板又は軌條の上に發電機を据付くるなり。

自働給油裝置—發電子の軸棒を支持する軸受に於ける摩擦を減ずる爲めに注油を行ふものなるが之には通常自働給油裝置を用ふ.自働給油裝置とは其切斷面第39圖に示すが如く.軸の一端は圓筒狀の

鐵體にて被包せられ其前後に上部に半圓の裂け口ありて是に眞鍮製の大なる環が懸垂す軸受の下方には豫め油を充たし置く。發電機を運轉するときは.環は軸の廻轉に伴ひ廻轉し下方に在る油を軸に送りて軸受との摩擦を減し發熱することなからしむ。

第三十九圖
自働給油裝置



直流發電機の實例—

(一)ウエスチングハウス多極複捲直流發電機

米國ウエスチングハウス電機製造會社にて製作する多極複捲直流發電機は出力100「キロワット」以下は磁極數四個にして.100「キロワット」以上は六個なり。界磁繼鐵は圓形にして鑄鐵より成る.是に薄き軟鋼板を重ねたる磁極を共鑄す。出力60「キロワット」以下のものに於ては繼鐵は機械臺と共に鑄造せらるゝも60「キロワット」以上のものに於ては繼鐵は上下半圓の二部分に分れ下部は機械の臺と共鑄せらる。界磁の捲法は複捲式にして直列線輪及分流線輪は共に磁極に捲かれ.自由に是を取外すことを得るなり。

發電子の鐵心は有歯鐵心にして薄き軟鋼板を成層せるものより成り.鐵心を通して縦に空氣の流通する空溝あり.是れに由て發電子の發熱を少なからしむ。發電子線輪は鼓形捲法にて重捲に捲かる.整流子は發電子の一方に裝置せられ磁極數と同數の炭素刷子用ひらる。軸受の數は通常二個にして出力300「キロワット」以上のものにては三個なり.各個に自働給油裝置あり。電壓を調整する爲に界磁分流線輪の回路に加減抵抗器を接續し.負荷に伴ひ其の抵抗を加減し界磁の磁力を調整するを得るものとす。直列線輪に於ては負荷の增すに從ひ是れに通ずる電流も亦增加するに由て.分流回路の加減抵抗器に

第 四 十 圖

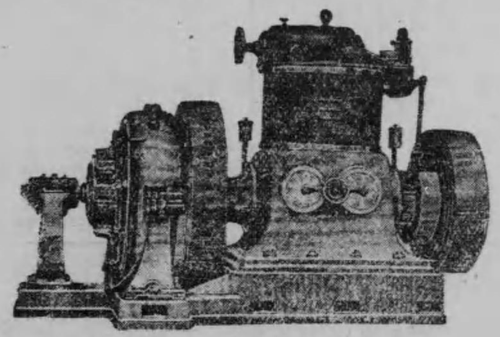
界磁回路　　加減抵抗器

由る調整に伴ひ.自働的に界磁の磁力は增し電壓は殆んど變化なきを以て調整甚だ容易なり。

加減抵抗器の構造は第40圖に示すが如く一の鑄鐵函の中に洋銀又は其他の抵抗線より成る抵抗片が納められ.其覆ひ板に抵抗片の列數と同數の1, 2, 3 4 等の接觸片取付られ是に觸れて函の中心の周りに廻ることを得る接觸腕あり.是を動かすときは各接觸片は函內抵抗線に順次に連結せらる。13の接觸片及接觸腕の中心軸に依て界磁回路に接續して之を使用するときは接觸腕が1に在るときは抵抗全部が回路に直列に加はり.腕を1,2,3,4.....と廻は

第 四 十 一 圖

ウエスチングハウス直流發電機汽機直結圖



すに從ひ抵抗は漸次取除けらる。此方法に由て界磁回路の抵抗を加減し其電流を增減するものとす。此發電機に調帶にて運轉せらるゝものと原動機に直結せらるゝものとの二種あり.其構造に大差なく直結式のものは磁極數六個にして廻轉數は帶結式に比し少し.第41圖はウエステングハウス汽機及發電機の直結せるもの第36表は直結式發電機及帶結式發電機の出力電壓及廻轉數を示す。

第三十六表

ウエスチングハウス
直結式
125 ヴオルト
直流發電機表

出力 キロワット	電流 アムペア	一分間の廻轉數	磁極數
10	80	375—400	6
17½	140	375—400	6
25	200	320—350	6
30	240	325—335	6
37½	300	2 0—320	6
50	400	275—300	6
62½	500	275—300	6
75	600	265—290	6
100	800	250—275	8
150	1,000	200—225	8
200	1,600	150—160	8
500	4,000	125—130	16

ウエスチングハウス
帶結式
125 ヴオルト
四極直流發電機表

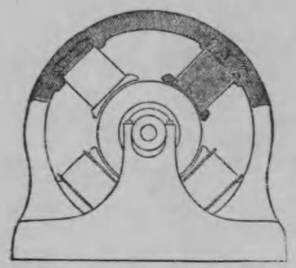
出力 キロワット	電流 アムペア	一分間の廻轉數	車輪 直徑	車輪 幅
0.56	4.5	1,400	3½	2½
0.75	6	2,000	3½	2½
1.50	12	1,300	5	3
1.875	15	1,800	5	3
2.62	21	1,750	6	4
3.75	30	1,600	6	4
5.62	45	1,400	8	5
7.50	60	1,300	8	5
11.25	90	1,200	6	6
15.00	120	1,050	14	7
22.50	180	975	14	8
30.00	240	950	15	11
37.50	300	900	15	11
45.00	360	850	20	11

(二) 岸式直流發電機

我國の株式會社芝浦製作所にて製作する岸式特許

直流發電機は不變電壓式にして磁極數は四個又は六個なり.界磁は概ね複捲式にし界磁極は鑄鐵製の圓形繼鐵に取付けらる。此發電機の特に異るは界磁の構造にあり.即ち鐵心は鐵塊又は成層鐵心ならずして第42圖に示すが如く鐵より成る筒(此筒の形狀には角形.圓筒形.橢圓形の數種あり)中に鐵線の數十本乃至數百本を燒嵌し.其一端を繼鐵中に鑄込み其內部に於て四方に開かしめたるものなり。此方法に由て鐵心は繼鐵に密着するに因り次の如き利益あり。

第四十二圖
心鐵磁界式岸

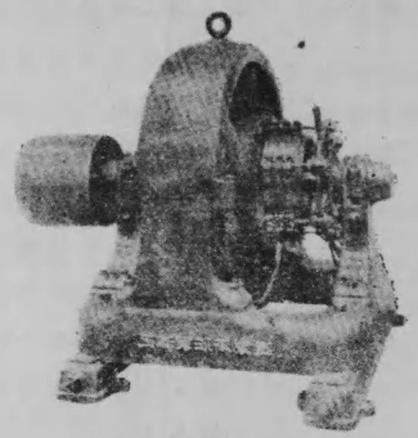


(一) 各鐵線間には電氣抵抗ありて恰も薄鐵板を用ひたるものを細く切斷したる如く.左右縱橫の方向に電氣抵抗ある爲に鐵心中に通ずべき渦流少し。

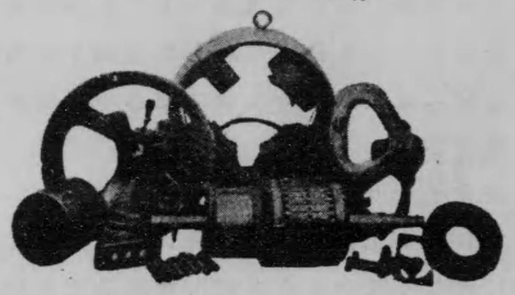
(二) 發電子より發生する磁力線は鐵線中に通ずるなれども.上記の如き理由にて磁氣抵抗多き爲に甚しく減少せらる.即ち發電子反作用少し

(三) 各鐵線の一端は繼鐵內に於て擴げらるゝ故に.各鐵線の間に鐵の鎔液流れ込みて繼鐵と鐵心との接觸面を多くし.通常鐵板を用ひて鐵心と

第四十三圖
(甲) 岸式直流發電機



(乙) 同上各部分



を構成し繼鐵內に鑄込みたるものに數倍す.

此鐵心に於ては鐵線間に空隙ありて鐵心の切斷面積凡そ三割を減ずるに由り其直徑を增して此減損を補へり. 出力小なるものゝ繼鐵は圓形を爲し機械臺と共に鑄造せられ.大なるものは上下半圓の二部分に分れ下部は機械の臺と共鑄せらる.其兩端に自働給油裝置を備へたる軸受を具ふ. 界磁の捲法は分捲式又は複捲式にして直列線輪及分流線輪は各別に磁極に捲かる. 發電子の鐵心は有溝鐵心にして成層せる鐵板より成る.線輪は是に皷形捲法に依り捲かる. 整流子は發電子の一方に裝置せられ.磁極數と同數の炭素刷子用ひらる. 界磁の磁力を調整する爲に加減抵抗器を用ひ.發電機の型には原動機に直結するもの及帶結するものゝ兩種あることウエスチングハウス發電機に於けると同じ. 第43圖は岸式直流發電機の外觀及各部分を示す. 弧光燈用直捲發電機は現今汎く使用せられざれば其實例に就ては省略して記載せず.

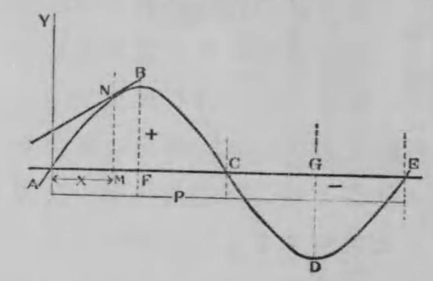
第四章

交流發電機

第一項　交流

交流の波狀曲線═交流は已に記載せる如く一定時間に其方向及び値が交番變化する者なるが.此變化を反覆する一定時間を**一周期**(Period)と云ひ一期間の波を**一周波**(Cycle)と云ふ.又一秒間に起る完全周波の度數を**周波數**(Frequency)と云ひ.交流の電壓及電流が變化する速さを示すに用ふ。去れとも通常周波數を表はすに**サイクル**(Cycle)を以てす.例へば周波數60の交流は60サイクルの交流と云ふ。一周波の部分を**相**(Phase)と云ふ.故に或る交流の相を知れば其交流波の位置を知ることを得るなり.第44圖に於てABCDが或る交流を

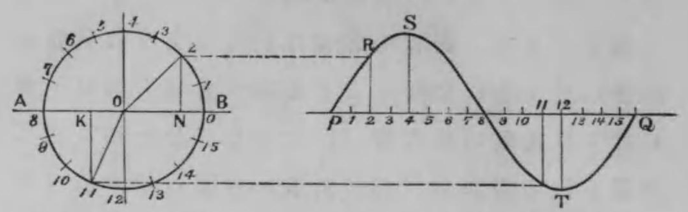
第四十四圖
交流を示す波狀曲線



示すものとすれば.AよりE迄を一周期C迄を一周期の二分一.F迄を一周期の四分一.Gまでを一周期の四分三とす。此等の各相に於ける交流の狀態は曲線に於て是れを知ることを得べし.即ち四分一相に於ては正號の最大値BFを有し二分一相に於ては最小値の零.四分三相に於ては負號の最大値GDを有するなり。今xなる相に於ける交流値を知らんとすれば.A點よりxに等しきAMを取りMに於て垂直線MNを引けば.MNはx相に於ける交流値を示すなり.

交流の波の形は種々ありて之を發生する發電機の構造種類等に由て異る.此等の異る種々の波に就て其性質を研究するは煩雜なるを以て.其內一定の規則正しき波狀曲線を爲す交流波の性質に就き記載することとす。此規則正しき標準波狀曲線とは**正弦曲線**(Sine Curve)として知られたる曲線にして.或る一直線を其一端を中心として時計の針と反對の方向に廻はしたるとき.直線の他端の投影を順次に連結して得る曲線なり。之を畫く方法は第45圖に示す如く.O點を中心として適宜の半徑にて圓を畫き圓周を或る數に等分す.別に一直線PQを引き之を

第四十五圖
正弦曲線圖



圓を等分せると同じ數に等分す.圓に於て等分點より AB 線上に垂直線を立て其長さを PQ 線上の同じ等分點上に垂直線として立つ.たとへば等分點より下したる垂直線2Nを PQ 線の等分點2に建て2Rと爲す。各等分點に付き此方法を行ひ其端を曲線にて連結するときは.PRSTQの如き一の波狀曲線を得べし。此曲線に於て

2R, 4S.....の如き波の高さを示すものの値は時々刻々に變するなり今

2ONの角をθ_2としO2なる半徑をRとすれば三角術により　$\overline{2N}=R\sin\theta_2$

又 BO11 なる角をθ_{11}とすれば　$\overline{11K}=R\sin\theta_{11}$

斯くして曲線の高さは其點に相當する角の正弦に圓の半徑を乘じたるものにて表はさるゝ.此理に由て此曲線は正弦曲線と稱せらる。任意或る時刻に於ける曲線の高さを h を以て示せば

$$h=R\sin\theta \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(44)$$

此式が正弦曲線を示す數學式にしてRは波の最大高さなり.圖に於て PQ は一周波に要する時間即ち一周期を示すなり。

正弦曲線にて表はさるゝ交流が最大値$+I_m$より$-I_m$の間に變化するものとすれば.或る時刻に於ける交流の値は第44式の理に由り次の式にて示さる。

$$i=I_m\sin\theta$$

θ は曲線を畫く爲めの半徑OBが或る時間廻轉して畫きたる角度なれば.今交流の周波數を f とすれば半徑OBは一秒間に f 廻轉し.其畫きたる角度は一廻轉に 2π なれば f 廻轉にて $2\pi f$ となる故.若し t 秒間廻轉すれば $2\pi ft$ となるべし之に由てはθは $2\pi ft$ を以て表はすことを得.從て前式は次の如く表はすを得るなり。

$$i=I_m\sin 2\pi ft$$

$2\pi f$ は一秒間に畫く角度にして之を角速度 (Angular Velocity)と云ふ.之を ω にて表はせば

$$i=I_m\sin\omega t \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(45)$$

此式は交流を表はす一汎の公式なり。交番電壓波

に於ても交流と同樣次の式にて表はさる。

$$e=E_m \sin \omega t$$

交流及交番電壓は常に此等の式にて示す如く時々刻々變化するものなれば.其起す現象も亦時々刻々變化すべし.從て此等の現象を測りて交流又は交番電壓を間接に測定する測定器にも時々刻々變化する値が表示せらるべき理なれども.實際は周波數多き爲め電流の起す現象は電流又は電壓の變化する影響を蒙ること少くして.測定器に現はるゝ値は交流又は交番電壓の或る平均値なり.之を交流又は交番電壓の**實効値** (Effective Value) と云ふ。其數學的の値は**交流又は交番電壓の一周波中各瞬刻に於ける値の自乘を平均して得たる數の平方根なり**。第45式に於て ωt は一周波中 0 より 2π 迄變するもの故. 0 と 2π との間を n 等分すれば其各時刻に於ける ωt の値は順次に

$$\frac{2\pi}{n},\ \frac{4\pi}{n},\ \ldots\ \frac{2(n-1)\pi}{n},\ \frac{2n\pi}{n}$$

と成る.從て i の値は

$$i=I_m \sin\frac{2\pi}{n},\ I_m \sin\frac{4\pi}{n} \ldots I_m \sin\frac{2(n-1)\pi}{n},\ I_m \sin\frac{2n\pi}{n}$$

と成る此等を自乘して其平均を取り更に平方に開けば三角術に據り次の式を得べし。

$$I=\frac{1}{\sqrt{2}}I_m \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (46)$$

電壓の式も同樣にて

$$E=\frac{1}{\sqrt{2}}E_m \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (47)$$

通常若干「ヴォルト」の交番電壓又は若干「アムペア」の交流と稱ふるは此實效値を謂ふなり.然れども回路の絕緣に影響する電壓は實效値ならずして最大値に在れば.電壓測定器に表はるゝ 100「ヴォルト」の交流回路の絕緣は $E_m=\sqrt{2}E=\sqrt{2}\times 100=141$「ヴォルト」の直通電壓に堪へざる可からず。是と異り交流の發熱作用は其實效値に由るものなれば.交流の發熱作用は同「アムペア」に於ては直流の發熱作用に同じ。

第46式に示す如く電壓又は電流が正弦曲線を爲す場合には其實效値は最大値の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ なれども.他の曲線を爲すときは是と異る。實際交流機に於て發生する起電力の波狀曲線は多少正弦曲線より異るを以て.其差異の程度を表はすに實效値と平均値との比を以てす.之を**波形率** (Form-factor) と稱す.

$$\text{波形率}=\frac{\text{實效値}}{\text{平均値}}$$

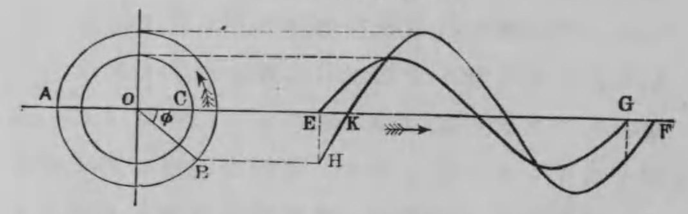
然るに波形が正弦曲線を爲す場合には實效値は最大値の$\frac{1}{\sqrt{2}}$にして平均値(算術上の)は最大値の$\frac{2}{\pi}$倍なれば

$$波形率=\frac{1}{\sqrt{2}}\div\frac{2}{\pi}=1.11$$

尖りたる波形を爲す場合には波形率は1.11より大にして.扁平なる波形を爲す場合には波形率は1.11より小なり。

交流の性質—爰に二種の正弦曲線がありて其周期が同じくも.波の位置及高さが異り.相異る時刻に於て正號より負號に移るものとすれば此二曲線は相が異ると稱せらる。第46圖に於て HF 正弦曲線

第　四　十　六　圖
二種の正弦曲線圖



は OB の廻轉に由て得たるもの. EG 正弦曲線はOCの廻轉に由て得たるものとすれば.其相の差は EK なる距離にて示さる.此差はOCとOBとの角度の差に由て生じたるものなれば.此角度の差をφにて示すときはφは相の差を示すものなり.此角度を**相差角度**(Angle of Phase Difference)と云ふ。從てOCの畫く曲線を $i=I_m sin\theta$ にて表はすとすれば.OBの畫く曲線は次の式にて示さる。

$$i'=I'_m sin(\theta-\phi).$$

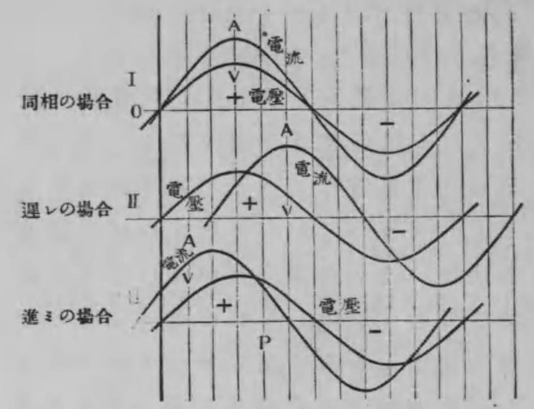
I′を其實效値とすれば $I'=\frac{1}{\sqrt{2}}I'_m$

I_mはOCの長さ.I'_mはOBの長さを示し.i'はHF曲線に於て或る時刻に於ける波の高さを示すなり。若し此場合に EG 曲線が電流波ならずして電壓波を示し $e=E_m sin\,wt$ なる式にて示さるるものとすれば.電流曲線 HF と電壓曲線EGとの相差角度はφにして.廻轉の方向を矢線にて示すものとすれば.電流曲線の變化は電壓曲線の變化より常に遲る.若し又EG曲線を電流曲線とし HF 曲線を電壓曲線と考ふるときは.電流曲線の變化は電壓曲線の變化に先んじて行はるゝなり。

此場合に電流曲線HFにて示さるゝ電流が電壓曲線EGにて示さるゝ電壓にて發生したるものなるときは.電流が電壓より遲れて變化する場合には電流の**遲れ**(Lag)と云ひ其電流を**遲電流**(Lagging Current)と云ふ.又電流が電壓より進みて變化する場合には電流の**進み**(Lead)と云ひ.其電流を**進電流**(Leading Current)と

云ふ。若し電流曲線が電壓曲線に一致し相差角度なきときは電流は電壓と**同相**(Same Phase)に在りと云ふ。此等の三狀態は第47圖に於て理解するを得

第　四　十　七　圖



べし.即ち曲線Iは同相の場合を示し曲線IIは電流が電壓より一周期の六分一遲れたる場合即ち$\phi=\frac{2\pi}{6}$なる場合を示し.曲線IIIは電流が電壓より一周期の十二分一進みたる場合即ち$\phi=\frac{2\pi}{12}$なる場合を示す。或る回路に於て電流が電壓と相を異にするときは電流流通の狀態はオーム法則に從はず.交流回路に於ては交流は概ね電壓より遲れるを以て.電流と電壓との關係は直流回路に於けると異り.電壓は電流

及抵抗の相乘積に等しからず.時としては是より大なることあり.時としては小なる場合あり。此くの如き現象は交流の特性にして.其原因は實に次の三種の作用に基く。

(一)　表皮作用

(二)　誘導作用

(三)　容量作用

交流の表皮作用—交流が電線に通ずるに當り.交流波の變化が早き時は陽電流未だ電線の內部に透らざるに先立ち陰電流已に流れ來り.是れ亦內部に透らざるに先立ち陽電流已に流れ來る。斯の如くして電流は內部に透ることなく.殆んど電線の表面及び表面に近き內部のみを通過するが如し.此作用は交流の周波數多きに從て大なり。例を以て是を說明せんに一個の銅杆を採り.熱火及冷氷中に交互挿入する者とせよ.銅は熱の良銅體なるが故に熱火中に入りては早く熱を受け.冷氷中に入りては早く冷て熱を失ふも.其挿入の時間甚だ短き時は例へ銅は良導體なるも熱火中に於てその內部に至る迄熱するの暇なく.冷氷中に於て冷へるの時なく冷熱の作用を受くるは僅かにその表面に止まりてその內

部中央に近き部分は毫も火氷の爲に變化を受くることなし。周波數多き交流が電線中を通過するは恰も銅杆を熱火及冷氷中に交互挿入するの早きと同理にて電線の內部中央に近き部分は殆んど電流の流通なく.交流は電線の表面及表面に近き內部のみを通ずるなり.此作用を交流の**表皮作用**(Skin Effect)と云ふ。斯くの如く.交流は電線の一部分に通ずるを以て電線は交流に對して其全部分が有效のものならず.語を換へて云へば電線の抵抗は直流の場合に比し增加したりと見做すを得べし。此增加の割合は周波數に正比例するに由り周波數大なる交流に於ては大なる電線を用ふるも抵抗の減少比較的少く大線たるの效なき場合あり。殊に鐵線に於ては銅線に比し此作用大なり。ロールド.ケルビン氏

第三十七表

表皮作用の抵抗增加率表

直徑及B. S線番號	周波數 25	60	100	130
2″	1.265	1.816	2.290	2.560
1¾″	1.170	1.622	2.030	2.272
1⅔″	1.098	1.420	1.765	1.983
1¼″	1.053	1.289	1.596	1.694
1⅛″	1.035	1.168	1.352	1.515
1″	1.020	1.111	1.263	1.397
¾″	1.007	1.040	1.100	1.156
⅔″	1.002	1.008	1.022	1.039
0000	1.001	1.006	1.015	1.027
000		1.005	1.010	1.017
00		1.002	1.006	1.010
0		1.001	1.005	1.008
1			1.002	1.005
2			1.001	1.002
3				1.001
4				1.000

は表皮作用に據る抵抗の增加は周波數の平方根に正比例することを論じ.周波數と銅線の太さに應じ交流に對する抵抗增加率を算出せり.第37表是なり.此表に依て計算するに表皮作用は電線の抵抗を增すとも.四零番線の如き大線にて漸く 2% の增加に過ぎざる故に.實際に於ける表皮作用の影響は無視することを得るなり。

交流の誘導作用——直流の通ずる回路の周圍に生ずる磁力線は電流の增減なき時は些少の變化なきも.交流回路に於ては電流が常に交番するを以て是れが爲に生ずる磁力線も亦同樣に變化し其結果として回路中に.第一章に記載したる如く.誘導作用起り起電力誘發せらる。此誘發起電力は回路の起電力及電流に常に反して交流と同樣に交番し.其最大値は交流が方向を變ずる際に發生す.即ち交流より相に於て90度遲る。此誘發電壓の生ずるが爲に交流波は電壓波より常に遲れて變化す.此作用を**交流の自己誘導作用**と云ふ。

今回路に通ずる交流を $i=I_m \sin \omega t$ にて表はし.自己誘導係數をLにて表はし其時刻に於て回路に貫通する磁力線の總數をΦにて表せば

$$\Phi = Li = L I_m \sin \omega t$$

此 Φ が交流の變化に由り時刻 t' に至りΦ′に變じたりとすれば.磁力線の一秒間の變化は $\frac{\Phi' - \Phi}{t' - t}$ にて之れが爲めに回路に起電力誘發せらる.此起電力を e' とすれば其値は次の式にて表はさる。

$$e' = \frac{\phi' - \phi}{t' - t}$$

時刻 t' に於ける電流を i' とすれば. i' 及Φ′の値は

$$i' = I_m \sin \omega t' \qquad \Phi' = Li' = L I_m \sin \omega t'$$

由て

$$e' = \frac{\Phi' - \Phi}{t' - t} = \frac{L I_m (\sin \omega t' - \sin \omega t)}{t' - t}$$

數學上の變化を與へ次の結果を得.

$$e' = \omega L I_m \cos \omega t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (48)$$

此起電力は t なる時刻に回路に加はる起電力に反對して自己誘導に由り誘發されたる起電力なり。此時刻に於ける回路の起電力を e とし回路の抵抗を R とすれば

$$e = iR + e'$$

$$= RI_m \sin \omega t + \omega L I_m \cos \omega t$$

數學上の變化を與へ次の結果を得.

$$e = I_m \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \sin(\omega t + \phi)$$

但しφの値は $\tan \frac{\omega L}{R}$ の關係を有するものなり.

此式より交流は起電力より相に於て遲れ其相差角度はφにして交流の周波數自己誘導係數及抵抗に由て異ることを知る。起電力の實効値をE.交流の實効値を I とすれば

$$E = \frac{I}{\sqrt{2}} I_m \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

$I = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m$ なるに由り $E = I\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \quad \ldots\ldots\ldots (49)$$

$\omega = 2\pi f$ なるに由り $\qquad I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (2\pi f L)^2}}$

是等の式は自己誘導作用在る交流回路に於ける電流と電壓との關係を示すものなり。 $2\pi fL$ を**リアクタンス**(Reactance) と稱し $\sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}$ を**イムピーダンス**(Impedance) と稱す共にオームなる單位にて表はす斯くの如く交流回路に於ては通常の抵抗の外にリアクタンスなる誘導抵抗ありて.普通の抵抗と合成してイムピーダンスと成る.リアクタンスを X にて表はし.イムピーダンスを Z にて表はせば

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{E}{Z}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2} \quad \ldots\ldots\ldots (50)$$

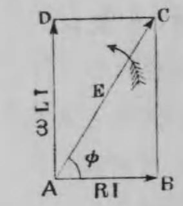
Lは回路に使用さるゝ電線の太さ電線間の距離及電線の導磁率に由て異り.イムピーダンスZは此等の外周波數に由て異る.イムピーダンスと抵抗との比$\frac{Z}{R}$を**イムピーダンス係數**(Impedance factor)と云ひ.$\frac{X}{R}$を**リアクタンス係數**(Reactance factor)と云ふ。

第49式を變形して

$$E^2=(RI)^2+(\omega LI)^2$$

此式の關係は直角三角形の三邊の關係を爲すこと第48圖に示す如し.圖に於てACはEを表はし. ABはRIを表はしBCは ωLIを表はす.從て角BACは角度 ϕ を表はす。然るにRIは抵抗に打勝つ電壓. ωLIは自己誘導作用に打勝つ電壓なれば.起電力Eは此等二電壓の合成にして回路に加はるべき起電力なれば之を**加起電力** (Impressed Electromotive force) と云ふ。今BCの代りに同じ長さに之と並行に AD を引けばABCD は並行四邊形と成り. AC は其對角線にして. ABとADとの合成なるべきことは代數學上須知の事なり.由てBCを以て ωLI を表はす代りに AD を以

第四十八圖
交番電壓の分解
ヴェクトル圖



て表はすことを得。此圖よりRI, ωLI, Eの相の關係を知ることを得べし即ち自己誘導作用に打勝つ電壓 ωLI は抵抗に打勝つ電壓RIより90度進み.從て之と同相に在る交流よりも90度進み.加起電力Eより $\pi-\phi$ 丈進む即ち交流は遲電流なり.[illegible] ωLI の相の關係は第48式を變形して知ることを得.即ち

$$e'=\omega LI_m \cos \omega t$$

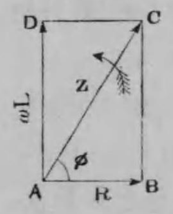
$\cos \omega t=\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)$ なるに由り

$$e'=\omega LI_m \sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(51)$$

之より自己誘導作用に打勝つ電壓 e' は抵抗に打勝つ電壓RI(電流と同相に在る)より $\frac{\pi}{2}$ 即ち90度進めるを知る。

次に $Z=\sqrt{R^2+X^2}$ を變じ $Z^2=R^2+X^2$ と爲せば.此式の關係も直角三角形の三邊の關係を爲すこと第49圖に示すが如し. 圖に於てAB はRを表はし ACはZを表はしADは ωL を表はす。

第四十九圖
イムピーダンスの分解
ヴェクトル圖



ヴエクトル圖—第48圖に於てAB, AC, ADはRI, E, ωLIの三電壓の値及相互の位置の關係を表はし.第49圖に於

てはAB, AC, ADはR, Z, ωLの値及相互の位置の關係を表はすものなるが此くの如く直線にて交流回路に於ける電流電壓抵抗等の關係を表はす線圖を**ヴェクトル圖**(Vector Diagram)と稱し各直線をヴェクトル(Vector)と云ふ。此ヴェクトルダイアグラムは交流の研究を爲すに甚だ便利なるものなり交流回路に於ける電壓又は電流は相差ある爲め算術的に之が加減を行ふことも能はず此場合には値と位置とを有するヴェクトルにて表はしヴェクトル的に加算又は減算を行ひ其和又は差を求むるなり例へば第48圖に於てRIなる電壓とωLIなる電壓との和を求めんとすれば此等のヴェクトルを二邊とする並行四邊形ABCDを畫き其對角線AEが求むる電壓Eなり減算を行ふ場合には之を逆に行ひ二邊の內一邊と對角線とより他の一邊を得るなり。此くの如き方法をヴェクトル加法又はヴェクトル減法と云ふ。ヴェクトル圖に於て相の關係を知るにはヴェクトルは時計指針廻轉の方向と反對の方向に廻轉するものとして考ふるものとす即ち第48圖及第49圖に於て矢線にて示す如し。第48圖に於ては加起電力EはRIより角度φ進み第49圖に於てZはRより角度φ進む。

交流の容量作用—回路中に電氣容量存在するときは容量を有する部分の兩端に於ける電壓は回路の電壓に加はり回路に於ける交流は其影響を受く。今電氣容量Cを有する交流回路に於てtなる時刻に於ける加起電力をeとし之に通ずる電流をiとし電氣容量の兩端に於ける電壓をe'とし之が爲めに電氣容量ある部分に加へられたる電量をqとすれば

$$q=Ce'$$

e'は$E'_m \sin \omega t$にて表はさるゝものとすれば上式は次の如く變ず

$$q=Ce'=CE'_m \sin \omega t$$

然るにe'がt'なる時刻に至りてe'aに增し之が爲めqはqaに增したりとすれば

$$q_a=Ce'_a=CE'_m \sin \omega t'$$

故にtなる時刻よりt'なる時刻に至る時間に流れたる電流iは次の式にて示さる。

$$i=\frac{q_a-q}{t'-t}=CE'_m\frac{\sin \omega t'-\sin \omega t}{t'-t}$$

數學上の變化を與ふれば次の結果を得べし。

$$i=\omega CE'_m \cos \omega t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(52)$$

回路の抵抗をRとすれば

$$e=Ri+e'=Ri+E'_m \sin \omega t$$

第52式の i の値を上式の i に代置すれば

$$e=E_m'\sin\omega t+\omega CRE_m'\cos\omega t$$

數學上の變化を與ふれば次の結果を得べし

$$e=E_m'\sqrt{1+(\omega CR)^2}\sin(\omega t+\phi) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(53)$$

但し ϕ の値は $\tan\phi=\omega CR$ の關係を有するものなり。此式より回路に加はる起電力は回路中の容量の兩端に於ける電壓より進み其相差角度は ϕ にして交流の周波數.回路の容量及抵抗に由て異る。 e の實效値を E とし i の實効値を I とすれば

$$E=\frac{1}{\sqrt{2}}E_m'\sqrt{1+(\omega CR)^2},\quad I=\frac{1}{\sqrt{2}}\omega CE_m'$$

此等の式の轉換より次の式を得べし.

$$I=\frac{1}{\sqrt{2}}\omega CE_m'=\frac{\omega CE}{\sqrt{1+(\omega CR)^2}}$$

即ち

$$I=\frac{E}{\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(54)$$

$\omega=2\pi f$ なるに由り

$$I=\frac{E}{\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{2\pi fC}\right)^2}}$$

是等の式は容量の在る交流回路に於ける電流と電壓との關係を示すものなり。第54式の分母は此場

合に於けるイムピーダンスにして $\frac{1}{2\pi fC}$ を**キャパシタンス** (Capacitance) と稱す.即ち容量の在る交流回路に於ては通常の抵抗の外にキヤパシタンスなる容量抵抗ありてRと合成してイムピーダンスと成る.即ち此場合には

$$Z=\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}=\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{2\pi fC}\right)^2} \quad \cdots(55)$$

容量Cの値は回路に於ける電線の大さ及形狀.中間媒介物の誘電率.回路に於ける二線間の距離等に由て異なり.容量を含めるイムピーダンスは周波數に反比例す。

第54式を變形するときは

$$E^2=I^2\left\{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2\right\}=(RI)^2+\left(\frac{I}{\omega C}\right)^2$$

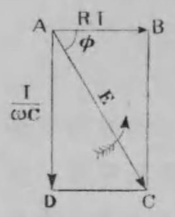
此式よりE, RI, $\frac{I}{\omega C}$ の關係は自己誘導作用在る場合に於けると同樣に直角三角形の三邊の關係を爲す.こと明かなり.又第52式を變形すれば次の式を得べし。

$$i=\omega CE_m'\cos\omega t=\omega CE_m'\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)\ldots.(56)$$

此式より回路に流るゝ交流は容量の兩端に於ける電壓より相に於て $\frac{\pi}{2}$ 即ち90度進めることを知る。此等の關係をヴェクトル圖にて示すときは第50圖に

示す如し.即ちACにてEを表はせばABはRIを表はしADは$\frac{I}{\omega C}$を表はす.此關係より式にて示さる如く容量の兩端に於ける電壓は抵抗に打勝つ電壓及之と同相に在る交流より相に於て90度遲れ加起電力よりπ−φ丈遲れ加起電力は交流よりφ丈遲れることを知る.即ち容量ある回路に於ける交流は進電流と成る。

第五十圖
交番電壓の分解
ヴェクトル圖



次に若し一回路中に自己誘導作用と容量と同時に存在するときは,自己誘導による電壓は電流より90度進み,容量に由る電壓は電流より90度遲れるに由り其兩電壓の相差角度は180度となりて交流に對して全く相反せる作用を爲す.是を式に表せば次の如し

$$e=I_m\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}\sin(\omega t+\phi).....(57)$$

R. ωL及$\frac{1}{\omega C}$の關係は$\tan\phi=\frac{\omega L-\frac{1}{\omega C}}{R}$にて示さる

此式の實効値を求むるときは次の如く成る。

$$E=I\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

即ち

$$I=\frac{E}{\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (58)$$

斯くの如く自己誘導及容量の存在する回路に於ては交流は其リアクタンスとキャパシタンスとの大小如何に由て回路に加はる電壓より進んで進電流と成るか電壓より遲れて遲電流と成るかが定まるなり。若し此ωLと$\frac{1}{\omega C}$とが相等しきときは,イムピーダンスは單にRなる抵抗のみと成り,交流は電壓と同相に成り直流回路に於けると同樣に成るべし.此場合に抵抗少きときは回路は共振(Resonance)の狀態に在りと稱せらる。共振の狀態に在る回路に於ては加へらるゝ電壓は低くとも,自己誘導ある部分又は容量の兩端に於ける電壓は甚だ高き場合あり.例へば抵抗2「オーム」自己誘導係數0.2「ヘンリー」容量50「マイクロファラッド」を有する回路に50サイクルの交流を送り10「アムペア」ならしむる回路の加起電力並に自己誘導及容量に由る電壓を求むるときは

$f=50$, $R=2$, $L=0.2$, $C=\frac{50}{1,000,000}$, $I=10$ なるに由り

抵抗に打勝つ電壓は

$$RI=10\times 2=20\text{ヴォルト}$$

自己誘導に勝つ電壓は

$$\omega LI=2\times3.14\times50\times0.2\times10=628\text{「ヴォルト」}$$

容量に要する電壓は

$$\frac{I}{\omega C}=\frac{1{,}000{,}000\times10}{2\times3.14\times50\times50}=638\text{「ヴォルト」}$$

由て加起電力は

$$E=\sqrt{(RI)^2+\left(\omega LI-\frac{I}{\omega C}\right)^2}=\sqrt{20^2+10^2}$$
$$=22.36\text{「ヴォルト」}$$

斯くの如く回路へ僅かに22.36「ヴォルト」を加へるのみにて.自己誘導及容量作用の爲めに.自己誘導ある部分及容量の兩端に 628 及 638「ヴォルト」の電壓を要し稍共振の狀態と成るを知る。是れ此等の電壓の相の異る爲めにして直流回路の場合と甚しく異るなり。從て交流回路に於てはオーム法則を應用すること能はず.只或る時刻に於ける瞬間値のみを考ふればオーム法則に從て電流及電壓等の値を計算することを得るのみ。

合成イムピーダンス——イムピーダンスを有する二回路の合成イムピーダンスは次の如く算出することを得るなり。

(一) A 及Bの二回路が並列に接續せられたる場合。

回路Aに於て抵抗をR_1,自己誘導係數をL_1にて表はし

回路Bに於て抵抗をR_2,自己誘導係數をL_2にて表はす。

直流回路に於て並列に接續せられたる回路のコンダクタンスは各回路のコンダクタンスの和に等しきは.交流回路に於ても亦同樣なり.尤も此場合にはイムピーダンスの反數を**アドミッタンス** (Admittance) と稱しYにて表はす。

即ち $$Y=\frac{I}{Z}$$

回路Aに於けるアドミッタンスをY_1イムピーダンスをZ_1にて表はし回路Bに於けるアドミッタンスをY_2イムピーダンスをZ_2にて表はせば

$$Y_1=\frac{I}{Z_1},\quad Y_2=\frac{I}{Z_2}$$

二回路の合成アドミッタンスをY_0合成イムピーダンスをZ_0にて表はせば

$$Z_0=\frac{I}{Y_0}$$

然るに $$Y_0=Y_1+Y_2=\frac{I}{Z_1}+\frac{I}{Z_2}$$

由て　$$Z_0=\frac{1}{\frac{1}{Z_1}+\frac{1}{Z_2}}=\frac{Z_1Z_2}{Z_1+Z_2}$$

$$Z_1=\sqrt{R_1^2+(\omega L_1)^2},\quad Z_2=\sqrt{R_2^2+(\omega L_2)^2}$$

由て　$$Z_0=\frac{\sqrt{R_1^2+(\omega L_1)^2}\ \sqrt{R_2^2+(\omega L_2)^2}}{\sqrt{R_1^2+(\omega L_1)^2}+\sqrt{R_2^2+(\omega L_2)^2}}$$

$$=\sqrt{\frac{\{R_1^2+(\omega L_1)^2\}\{R^2+(\omega L_2)^2\}}{(R_1+R_2)^2+\omega^2(L_1+L_2)^2}}\quad\cdots\cdots(59)$$

是れ合成イムピーダンスを示す式なり。

此場合に兩回路に容量存在するときは之を回路Aに於てC₁回路Bに於てC₂にて表はせば

$$Z_1=\sqrt{R_1^2+\left(\omega L_1-\frac{1}{\omega C_1}\right)^2},\quad Z_2=\sqrt{R_2^2+\left(\omega L_2-\frac{1}{\omega C_2}\right)^2}$$

なるに由り

$$Z_0=\sqrt{\frac{\left\{R_1^2+\left(\omega L_1-\frac{1}{\omega C_1}\right)^2\right\}\left\{R_2^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C_2}\right)^2\right\}}{(R_1+R_2)^2+\omega^2(L_1+L_2)^2+\frac{1}{\omega^2}\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}\right)^2}}\cdots\cdots$$

$$\cdots\cdots(59)_a$$

以上(59),(59)$_a$の二式は並列接續の二回路の合成イムピーダンスを示す式なり

(二)　A及Bの二回路が直列に接續せられたる場合。

回路Aの兩端に於ける電壓をe_1にて表はし回路Bの兩端に於ける電壓をe_2にて表はし.回路に通ずる交流の時刻tに於ける値をiにて表はせば

$$e_1=iR_1+\omega L_1 I_m\cos\omega t$$

$$e_2=iR_2+\omega L_2 I_m\cos\omega t$$

由て回路A及Bの兩端に於ける電壓は

$$e=i(R_1+R_2)+\omega I_m(L_1+L_2)\cos\omega t$$

$$=(R_1+R_2)I_m\sin\omega t+\omega(L_1+L_2)I_m\cos\omega t$$

$\cos\omega t=\sin(\omega t+\phi)$なるに由り

$$e=(R_1+R_2)I_m\sin\omega t+\omega(L_1+L_2)I_m\sin(\omega t+\phi)$$

$$=I_m\sqrt{(R_1+R_2)^2+\omega^2(L_1+L_2)^2}\sin(\omega t+\phi)$$

eの實効値をEとすれば

$$E=\frac{1}{\sqrt{2}}I_m\sqrt{(R_1+R_2)^2+\omega^2(L_1+L_2)^2}$$

$I=\frac{1}{\sqrt{2}}I_m$なるに由り

$$E=I\sqrt{(R_1+R_2)^2+\omega^2(L_1+L_2)^2}$$

$$I=\frac{E}{\sqrt{(R_1+R_2)^2+\omega^2(L_1+L_2)^2}}\quad\cdots\cdots(60)$$

此式の分母が合成イムピーダンスを示す式なり。

第一の場合の如く回路Aに容量C_1回路Bに容量C_2存在するときは合成イムピーダンスは次の如く成る。

$$Z_0=\sqrt{(R_1+R_2)^2+\omega^2(L_1+L_2)^2+\frac{1}{\omega^2}\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}\right)^2}\cdot \quad ..(60)_a$$

交流回路に於ける電力＝一般に交流回路に於ては自己誘導作用あるが爲に電流は常に電壓より遲る。

此遲れる角度を ϕ とし.時刻 t に於ける電流を i とし.加起電力を e とし.次の如き値を有するものとす.

$$e=E_m \sin \omega t$$

$$i=I_m \sin(\omega t-\phi)$$

此時刻に於ける電流の働きを w にて示せば

$$w=ei=E_mI_m \sin \omega t \sin(\omega t-\phi)$$

$$=E_mI_m(\sin^2\omega t \cos\phi-\sin\omega t \cos\omega t \sin\phi)$$

交流の一周期間に於ける此働きの平均値を取り之をWとすれば.

$$W=\frac{1}{2}E_mI_m \cos\phi$$

$E=\frac{1}{\sqrt{2}}E_m$, $I=\frac{1}{\sqrt{2}}I_m$ なるに由り

$$W=EI\cos\phi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(61)$$

是れ交流の電力を示す式なり.直流回路にてはW=EIにして之に電流の遲れたる角度の $\cos$ を乘じたる

ものが交流の場合の電力となるなり.此 $\cos\phi$ を**力率**(Power-factor)と稱し β にて示す.EIは眞の電力を表はすものに非れば之を**皮相電力**(Apparent Watt)と云ひ.**ヴォルトアムペア**(Voltampere)又は**キロヴォルトアムペア**(Kilo-Voltampere)なる單位にて表はす.之より區別してWを**眞電力**(Real Watt)と稱し「ワット」又は「キロワット」なる單位にて表はす。

然るに $\tan\phi=\frac{\omega L}{R}$ なるに由り $\cos\phi=\frac{R}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}$

由て $\beta=\cos\phi=\frac{R}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}=\frac{R}{\sqrt{R^2+(2\pi fL)^2}}=\frac{R}{Z}$

即ち力率はイムピーダンス係數の反數なり。

由て $W=EI\frac{R}{\sqrt{R^2+(2\pi fL)^2}}$

然るに $E=I\sqrt{R^2+(2\pi fL)^2}$

由て $W=I^2R \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(62)$

直流の場合に於ける第26式に同じ。

此くの如く交流は加起電力より相に於て遲るゝを以て交流をヴェクトル的に分ち加起電力と同相なる部分即ち $I\cos\phi$ が實際の仕事を爲し殘りの $I\sqrt{1-\cos^2\theta}=I\sin\phi$ は電力上全く無効のものと見做すことを得べし。電壓と同相に在る交流を**有効電流**(Energy Cur-