

電力用ゲルマニウム整流器について

Germanium Power Rectifiers

近 藤 喜 久 雄* 池 田 正 一 郎**
Kikuo Kondo Syoichiro Ikeda

内 容 梗 概

ゲルマニウムの高純度精製技術と、合金法による P-N ジャンクション製造技術の発達により、整流器エレメントが量産されるようになり、ゲルマニウム整流器は急速に使用され始めた。低電圧において、従来の整流器をはるかにしのぐ高効率と、運転が容易で保守が簡単のため、需要は上昇の一途をたどっており、用途も各分野に広がりつつある。ここではゲルマニウム整流器の特長、ほかの整流器との関連、整流器の構成および主なる用途について述べ、さらに基本的な問題である回路方式と保護方式に関して論じた。

〔I〕 緒 言

半導体の整流現象が注目され、研究が開始されたのは前世紀にさかのぼるが、整流器として工業的に実用化されたのは今世紀に入ってからである。セレン整流器、亜酸化銅整流器、酸化銅整流器が実用化されてからすでに二十数年になり、この間それぞれ特性の改善が重ねられたが、セレン整流器が主流をなして最近に至った。

これらの半導体整流器は、取り扱いが簡単のため、各方面に使用されてきたが、その効率が低いため、主として通信機などの小容量直流電源に使われ、電気化学工業や電気鉄道用の大容量整流器には、もっぱら水銀整流器、回転変流機、接触変流機にその地位をゆずってきた。

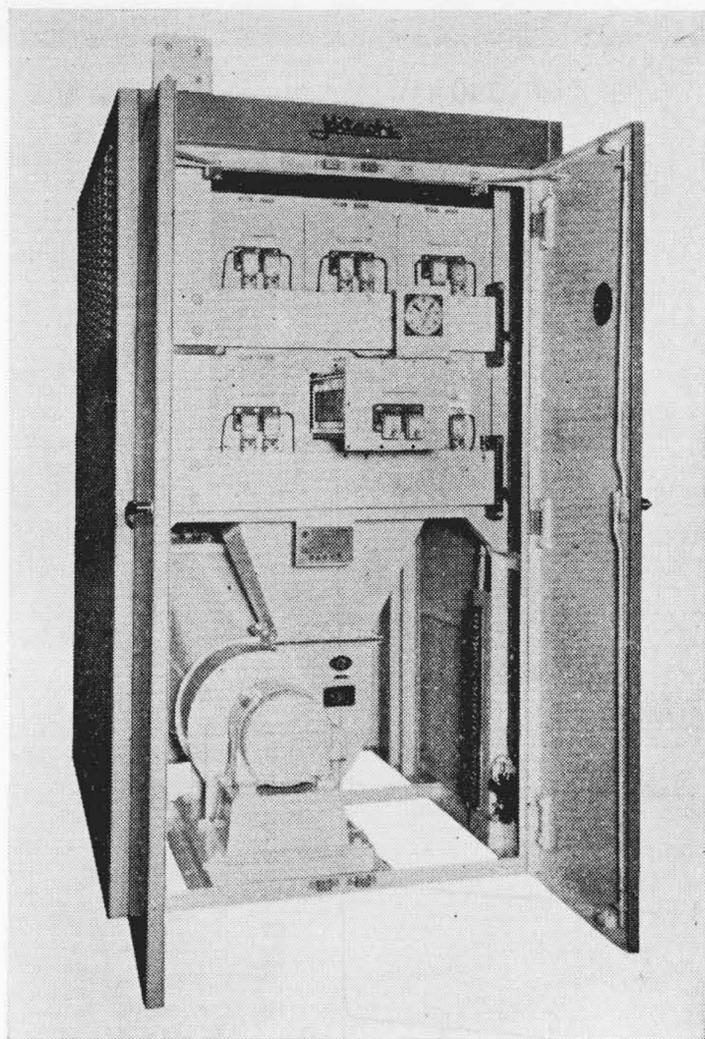
1950年代に入ると、半導体部門は急激に活発化してきた。すなわち、半導体理論の進歩により、物理学上の独立した一部門を形成するまでに発展するとともに、応用の面においても、トランジスタを中心とする新製品が次々発表されて、半導体工業が大企業として、はなばなしく登場するようになった。これら半導体の材料としては、物理、化学、冶金および電気の各方面から研究された結果、ゲルマニウムおよびシリコンが最もすぐれていることが判明した。これについて、原材料より高純度のゲルマニウムを得る精製技術、完全な単結晶を製作する技術、合金法による P-N ジャンクションの製造技術が急速に発達し、ゲルマニウム整流器は工業的に量産されるようになった。

最近の海外におけるゲルマニウム整流器の発展ぶりは注目に値するものがあり、特に電気化学工業用整流器として、急速に使用され始めた。米国の某社ではすでに、延容量 30,000 kW を運転中であることを発表しており⁽¹⁾、アルミニウム電解用電源として、65 V 90,000 A の製作も報告されている⁽²⁾。

日立製作所はすでに、28 V 5,000 A のゲルマニウム整

* 日立製作所日立工場

** 日立製作所国分工場



第1図 140 kW ゲルマニウム整流器

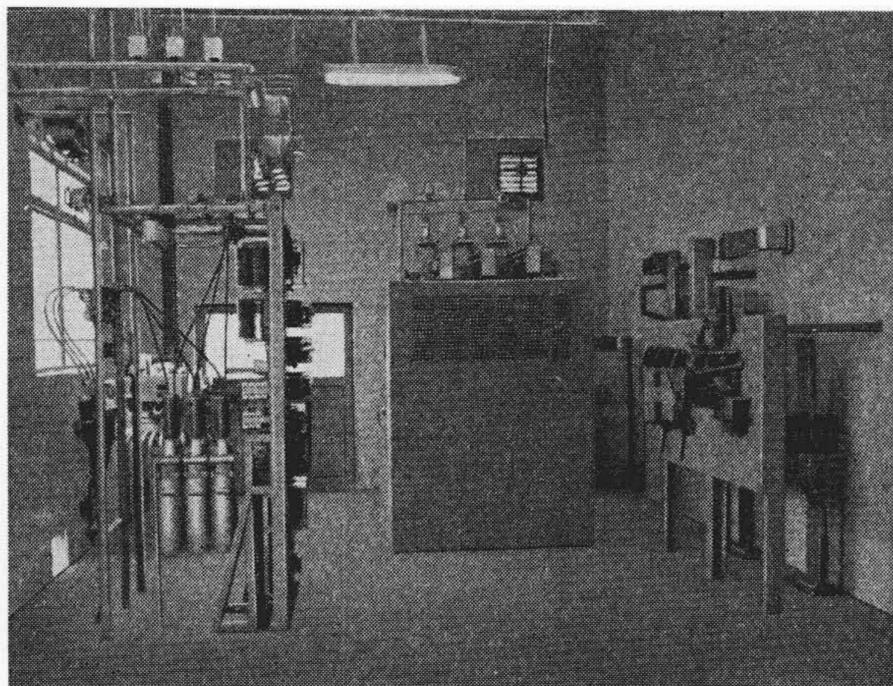
流器を吉富製薬株式会社へ納入し、好調に運転中であるが、延容量は製作中を含めて、20,000 kW に達し、大いに今後の発展が期待される。第1図にその整流器キュービクルを示し、第2図に整流装置の概観を示す。

〔II〕 ゲルマニウム整流器の特徴

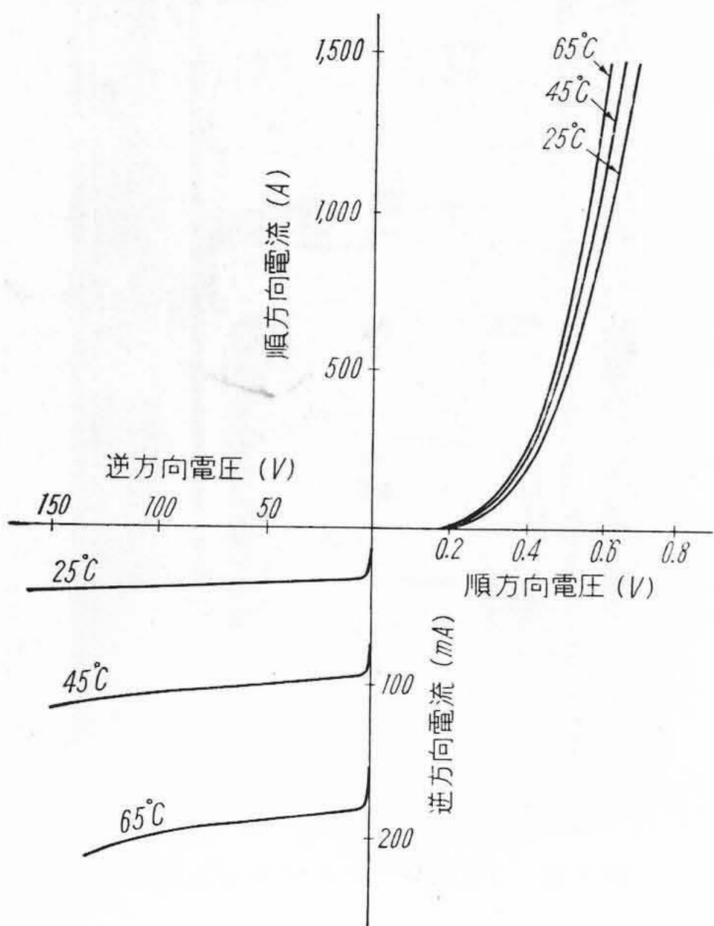
(1) ゲルマニウム整流器エレメントの特性

(A) 静 特 性

第3図はゲルマニウム整流器エレメントの電圧—電流特性の一例を示し、第4図は、セレン、亜酸化銅との比較を示したものである。図より明らかなように、ゲルマニウムの順方向電流は、セレンおよび亜酸化銅に比し単位面積あたり 1,000 倍に達し、整



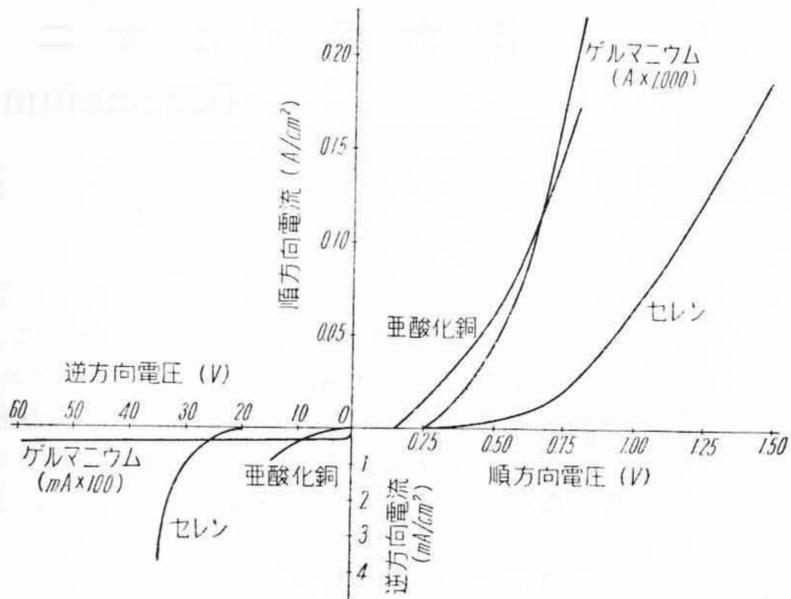
第 2 図 140 kW ゲルマニウム整流装置



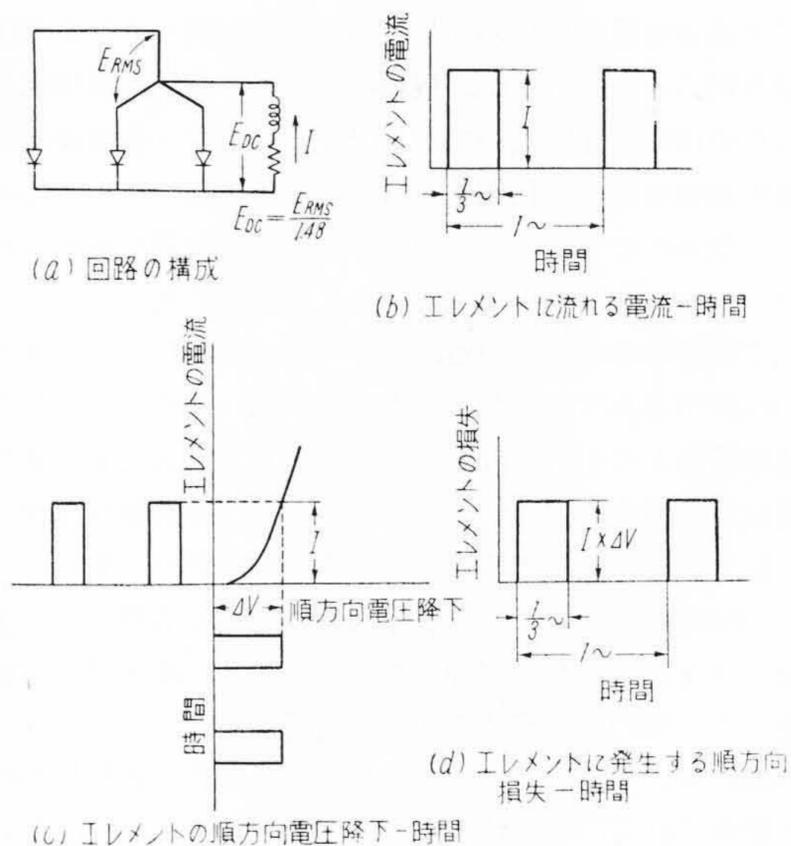
第 3 図 ゲルマニウム整流器エレメントの静特性

流素子はきわめて小型となることがわかる。順方向電圧降下は、温度が上昇するにつれて減少するといういわゆる負特性を示す。逆電流は温度により大幅に変化するとともに、破壊電圧以下では、電圧による変化が非常に少なく飽和現象を示すことが特色である。

これらの特性のため、エレメントを実際の整流回路に組んで使用する場合、後述するように、並列に接続された各エレメントの分担電流を平衡させ、直列に接続された各エレメントの逆電圧分担を均等化させることが重要である。



第 4 図 各種整流器エレメントの静特性



第 5 図 整流器エレメントの順方向損失時間特性

(B) エレメントの効率

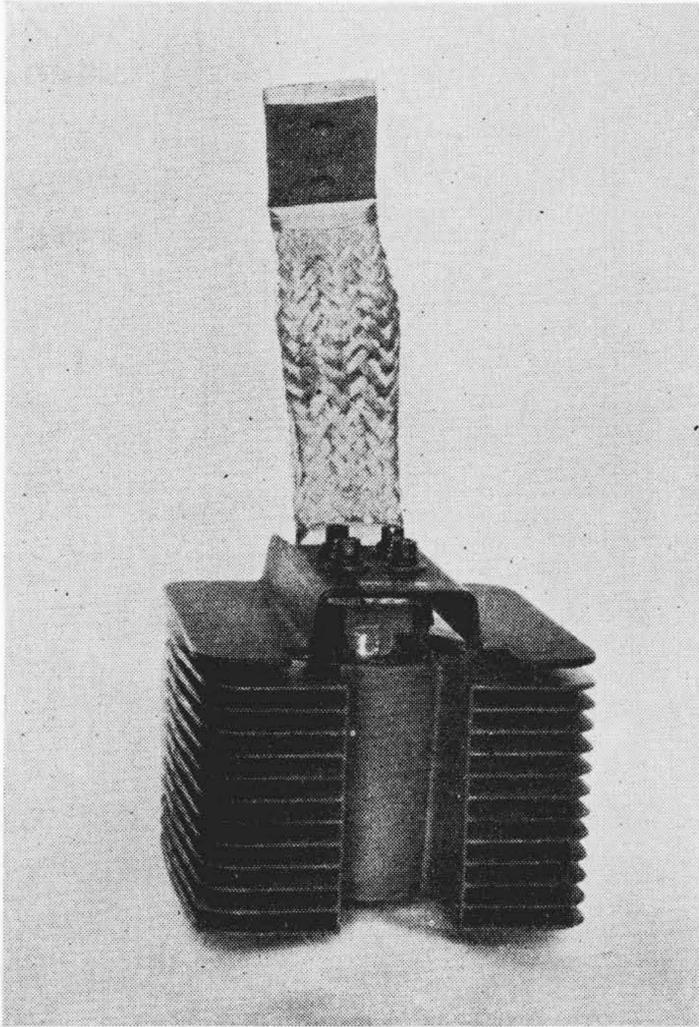
第 4 図に示すとおり、ゲルマニウムはセレンに比し、逆耐電圧が高く、順方向電圧降下も少ないので、効率の高いことは明らかであるが、実際に第 5 図 (a) の回路に使用した場合のエレメント単独の効率を計算すると、概略次のようになる。

今負荷はインダクタンスの十分大きい誘導負荷とし、変圧器の転流リアクタンスを無視して、1 エレメントに流れる電流を第 5 図 (b) として求める。

$$\text{効率} = \frac{\text{出力}}{\text{出力} + \text{損失}} = \frac{IV}{IV + W_F + W_R} \dots (1)$$

ここに

- I : 直流出力電流
- V : 直流出力電圧
- W_F : エレメントの順方向損失



第6図 風冷式ゲルマニウム整流器エレメント

W_R : エレメントの逆方向損失
 W_R は W_F の数パーセント以下であるから、
 $W_F + W_R \doteq W_F = I \cdot \Delta V$ (2)

ここに

ΔV : 電流 I におけるエレメントの順方向電圧降下

したがって

$$\text{効率} = \frac{IV}{IV + I\Delta V} = \frac{V}{V + \Delta V} \text{(3)}$$

今エレメントを逆電圧 V_{AC} (実効値) 65 V で使用し、順方向電圧降下 ΔV を 0.65 V とすれば、直流出力電圧 V と逆電圧 V_{AC} との関係は

$$V_{AC} = (V + \Delta V) \times 1.48 \text{(4)}$$

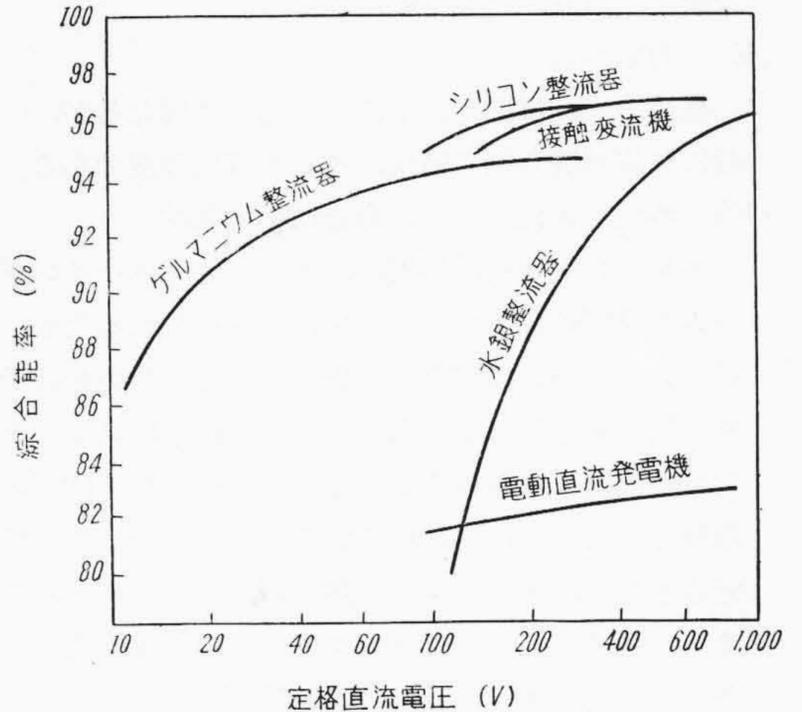
であるから (3) より

$$\text{効率} = 1 - \frac{\Delta V}{\frac{V_{AC}}{1.48}} = 0.985 \text{(5)}$$

すなわちエレメント単独の効率は98%以上というセレンでは実現できなかつた高効率が得られる。

(C) エレメントの許容温度と冷却

使用時における許容温度については、温度の測定法も種々問題がありまだ定説はない。製造技術の進歩により 100°C まで運転温度を高め得ることが発表されているが⁽³⁾、この場合は最大尖頭逆電圧を低温度で使用するときより低くせねばならないので、一



第7図 各種変流機器総合効率電圧特性

般には 65~75°C が限度と考えられる。

ゲルマニウムの電流密度がセレンの 1,000 倍に及ぶことは、順方向電圧降下がほぼ同程度のため、単位面積あたりに発生する熱損失がきわめて多いことにほかならない。したがって冷却の果す役割はセレンの場合よりはるかに重要である。

冷却方法には風冷式と液冷式の二方法があり、液冷式の中には水による方法とクロロエチレンなどの液体による方法とがある。第6図に風冷式エレメントの一例を示す。

(2) 電力用ゲルマニウム整流器の特徴

(A) 設備費が低廉

整流装置全体が簡単のため付属機器が少なく安価である。整流器は静止器であり、小型軽量のため、運搬は簡単で、据付のための基礎、天井クレーンが不要であり、所要の床面積も少なくすむ。

(B) 運転効率が低い

整流器の内部電圧降下は水銀整流器に比し著しく小さいので、エレメント自体の効率は前述のように98%以上にも達する。特に低電圧大電流の整流器としてはいかなるほかの整流器よりもすぐれている。したがって変圧器、冷却装置などを含めた整流装置全体の総合効率も良好である。第7図に各種変流器の電圧別による効率の比較を示す。

(C) 騒音が低い

冷却用送風機よりわずかに発するのみで、整流器自体はまったく無音であるので全体としての騒音は低い。

(D) 電圧変動率が小さい

整流器自体の電圧降下が小さいので、電圧変動率はほぼ、変圧器によつて定まる。一般に変圧器と組

合せて、数パーセント程度である。

(E) 力率が高い

整流方式，電圧変動率により力率は異なるが，一般に整流相数 6 相で 94%，12 相で 97% 程度である。

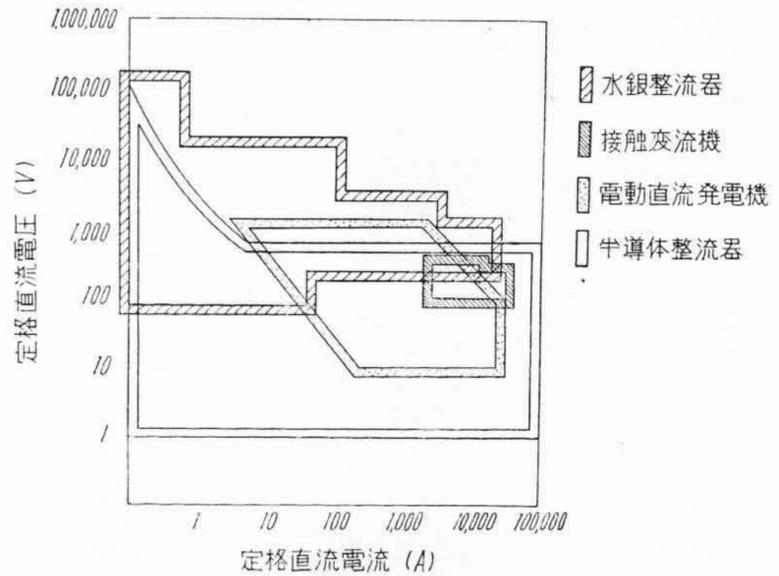
(F) 特性の劣化がなく，寿命は半永久的

エレメントの整流作用は，ゲルマニウム—インジウムの P-N ジャンクションにより行われるため，ジャンクションの完全性が維持される限り寿命は半永久的と考えられる。米国における研究結果も，セレン整流器にみられるような特性の経年劣化は認められないことが報ぜられている。ただ，今までの研究結果では，ゲルマニウム整流器，ダイオード，トランジスタともに，ジャンクションの気密構造の不完全さに基く外気の侵入が悪影響を及ぼすことが判明している。したがって完全密封（ハーメチックシール）により気密性が確保され，適正な温度範囲において，過電流，過電圧保護のよろしきを得て使用される限り，寿命はきわめて長いものと考えられる。

(3) 各種変流機器との比較

従来一般に直流電源として使用されている機器の主なるものをあげれば次のようである。

- (A) 電動直流発電機
- (B) 回転変流機
- (C) 水銀整流器



第 8 図 各種変流機器の適用表

(D) 接触変流機

(E) セレン整流器

これら各種変流機器の利害得失は，種々な見地から論じなければならぬ問題で，優劣の一線を明確に引くことは困難であるが，おのおのについて大略の比較を試みると第 1 表のようになる。また各機器の適用範囲も初期設備費(機器価格)，運転費(保守費，効率)用途などの技術的，経済的諸条件を考慮して決めねばならない問題で，はつきりした領界を定めることはむづかしいが，電圧—電流別による適用範囲の一例を第 8 図に示す。

ゲルマニウム整流器は既述のようにすぐれた特性をもっているため，適用範囲は拡張の一途をたどりつつあるが，特に 300V 以下の出力電圧で有利であるから，従来水銀整流器のために比較的高い電圧で計画されていた負荷の電圧は，最近次第に低い電圧で計画されるようになってきた。特に化学工業における電解槽負荷の場合には，従来，1 台数ボルトの電解槽を多数直列接続し高い電圧としていたものを，ゲルマニウム整流器の登場により，電流容量の大きな電解槽を使用して，直列台数を少なくし，低い電圧とするようになってきた。電流容量の大きな電解槽は設備費，保守の点で有利であるとともに，回路電圧が低くなるため感電の心配が減少される結果，大電流低圧化が最近の傾向となりつつあるが，これらの電源にはゲルマニウム整流器が最も適している。

〔III〕 ゲルマニウム整流器の用途

ゲルマニウム整流器は誕生してから日が浅いにもかかわらず，多くの利点をもっているため急速に使われ始め，その普及はめざましく，着々と実績をあげている。現在における用途と将来の新奇な応用のすべてを述べることは，本論文の範囲外であるので，概要の紹介にとどめておく。

大電力用として主なる分野は電気化学工業であつて，メッキ，電気分解，金属精錬，電解洗浄，陽極酸化など

第 1 表 各種変流機器比較表

項目	電動直流発電機	水銀整流器	接触変流機	ゲルマニウム整流器
構造	回転機や複雑	静止器純	半静止器や複雑	静止器きわめて単純
付属機器	なし	変圧器	変圧器	変圧器電圧調整器
床面積(付属機器を含む)	大	小	中	小
基礎	据付面倒	据付容易	据付容易	据付容易
天井クレーン	必要	不要	不要	不要
電圧調整	界磁調整器により広範囲に調整可能	格子制御により小範囲内調整可能 広範囲調整は電圧調整器により可能	位相制御により小範囲内調整可能 広範囲調整は電圧調整器により可能	自体は調整不能 電圧調整器により広範囲に調整可能
起動時間	分	秒	分	秒
効率	第 7 図 参照			
力率	遅れ(進み可能)	遅れ(格子制御によりさらに遅れる)	遅れ	遅れ
過負荷容量	大	大	比較的小	比較的小
騒音・振動	大	きわめて小	中	きわめて小
温度調整	不要	必要	不要	不要
保守 a) 消耗部品 b) 給油	メタル，刷子必要	なし	接点必要	なし

低電圧大電流の直流電源に使用されており、そのうち、小電力用としては充電装置、電子装置および通信機の電源として用いられている。これらの電源は比較的負荷電流の変動が少なく、低電圧のためゲルマニウム整流器に最も適した用途として広く使用されているが、英国では、交流電圧用整流器として採用し、試運転中であることが発表されている⁽⁴⁾。わが国においても、電鉄用整流器への応用研究が進められており、今後この方面にも発展して行くことと思われる。

[IV] 整流器の構成

ゲルマニウム整流器が信頼度の高い電気機器として、使用されるには、エレメント自体が良好であることはもちろんであるが、エレメントの特性によく適合した保護がなされ、設備全体として完全に調和のとれた設計であることが重要である。

一般にゲルマニウム整流装置は大別して、ゲルマニウム整流器キュービクル、整流器用変圧器および保護、制御装置からなっており、出力の電圧調整が要求されるものには、電圧調整器が必要である。

整流器キュービクルは、整流器エレメント、冷却装置、保護装置よりなり、鋼板製キュービクルに収納するのが一般である。キュービクルには扉を設けて、内部点検が簡単にできる構造とし、エレメントはある個数ごとに引出状の枠に組み込み、エレメントの点検および万一の場合に取替が簡単にできる構造とするのが便利である。第1図はエレメント枠を引出状にした整流器キュービクルの一例である。

エレメントの端子、交流、直流母線相互間の接続部分は、銀あるいは半田メッキした導線を用いて、接触抵抗の減少を図り、並列に接続されたエレメントの電流不平衡の原因とならないようにする必要がある。

整流器エレメントの冷却は、一般に構造簡単で取り扱いの容易な風冷式が多く使用されているが、気温が50°Cにも上る場合や空気が塵埃や腐蝕性ガスを含んでいる場合には、液冷が好ましい。しかし整流器の電圧が高く、エレメントを2個以上直列接続する場合には、電位の異なるエレメントに冷却水を通ずることは好ましくないので、絶縁性の液体でエレメントを冷却し、この液体を水冷の熱交換器を用いて冷却する必要がある。比較的簡単な方法はエレメントを風冷し、この空気を水冷の熱交換器で冷却し、空気を閉回路で循環させる方法である。第1図は直接風冷式の一つで、上部にあるエレメントを下部から送風して冷却する方法を示すものである。

次にゲルマニウム整流器を実際設計製作するにあつての要点を列挙する。ただし、整流器の回路方式、エレメントの接続方式および保護方式は後述する。

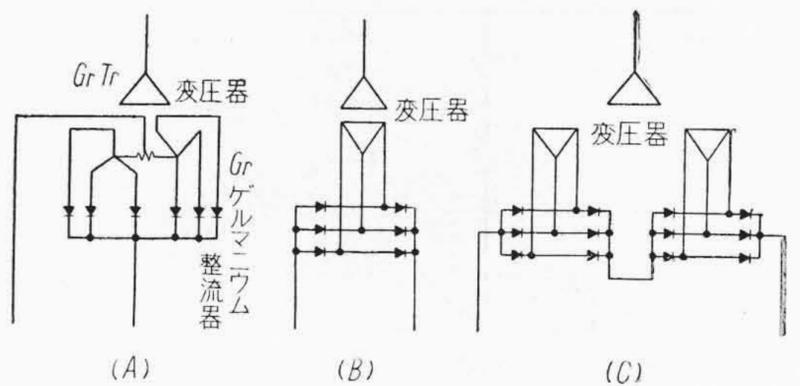
(1) エレメントの電圧、電流負担が適正であること
電源電圧の変動、負荷の性質を把握することはもちろんであるが、エレメントは特性にばらつきがあるため、これに基づく不平衡を見込んで、エレメント1個あたりの電圧負担、電流負担を決めることが肝要である。起動時の過渡電流、負荷側短絡時の事故電流、電源の異常電圧を考慮し、保護制御装置と十分協調をとつてエレメントの負担を選定することが必要である。

(2) 配線による不平衡を少なくすること

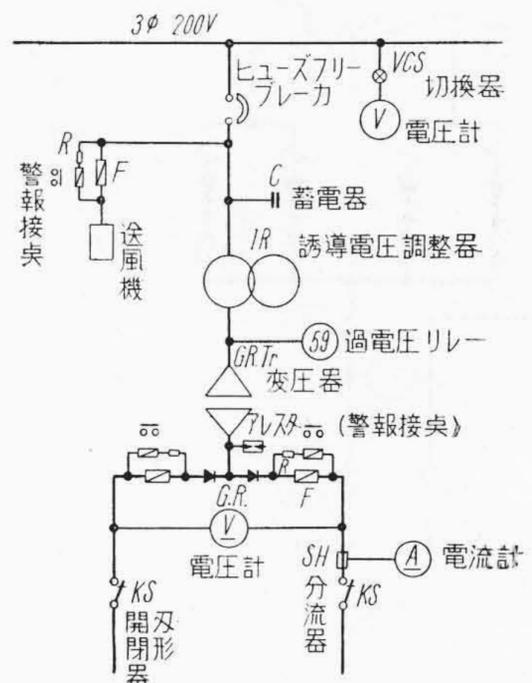
エレメントの順方向電圧降下は、わずか0.6V程度にすぎないため、並列に接続されたエレメントのおのおの電流分担は、配線の抵抗およびリアクタンス、接続部分の接触抵抗の不ぞろいにより大きな影響を受ける。したがつて、配線はできるだけ同じ長さで行い、接続箇所の締付は完全にして、分担電流の不平衡を少なくする必要がある。整流器のセットを並列にする場合には、変圧器のインピーダンスを合せることはもちろん、配線による不平衡を少なくすることが肝要である。

(3) 冷却が均等に行われること

風冷式、液冷式いずれの場合にも、各エレメント



第9図 整流方式

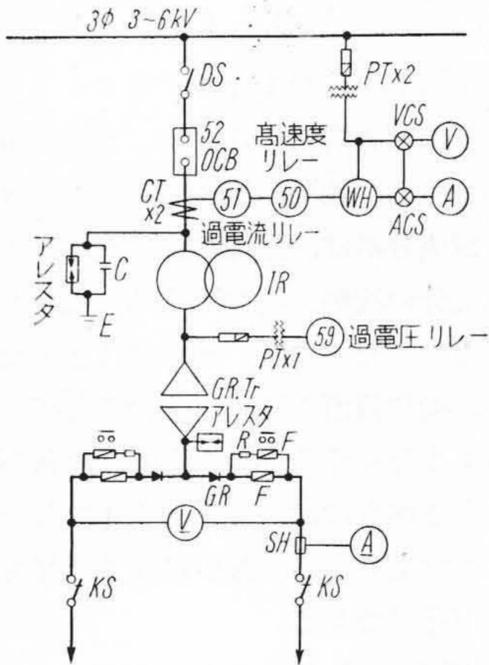


第10図 交流3φ200Vの場合の標準接続

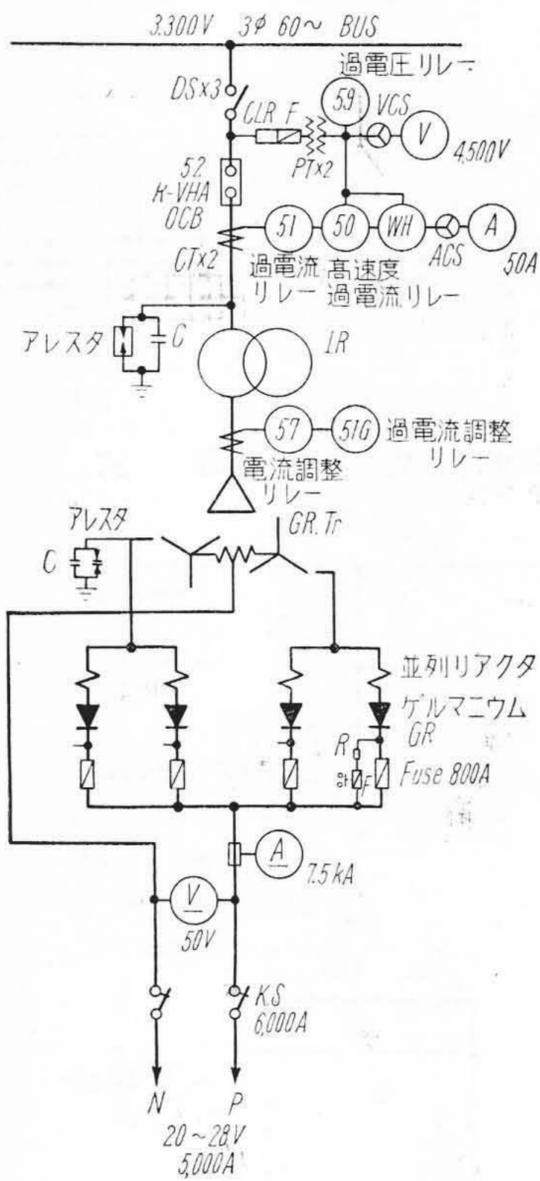
が等しく冷却されるよう、冷却媒体を均等に分配して、一部のエレメントが過熱しないように冷却すべきである。

〔V〕 ゲルマニウム整流器の接続方式

ゲルマニウム整流器の接続方式はセレン整流器の場合と同様であるが、大電流用であるため実際に使用されて



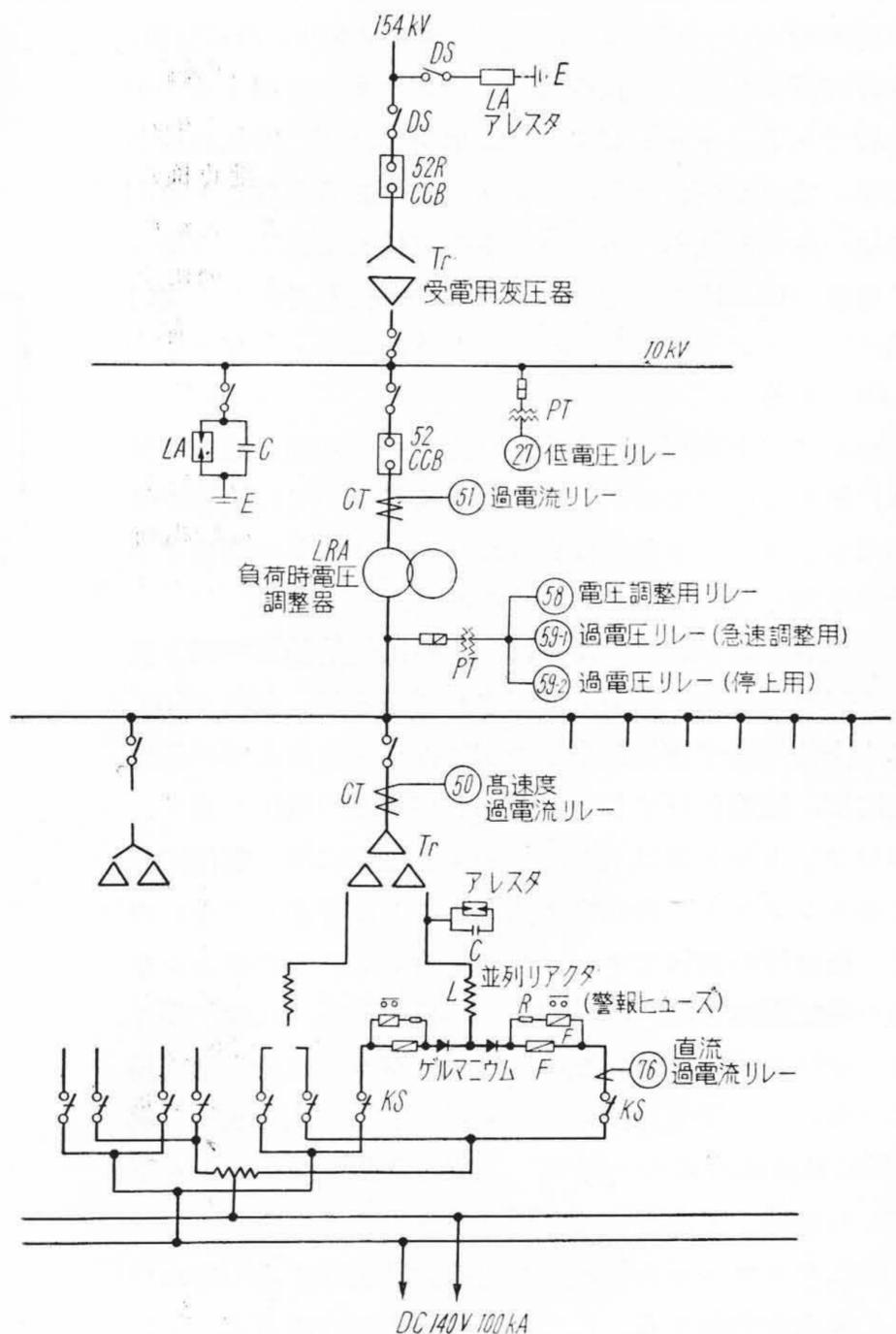
第11図 交流3φ 3~6kV の場合の標準接続



第12図 直流20~28V 5,000A ゲルマニウム整流装置接続図

いるのは第9図に示すように (A), (B), (C) のいずれかが多い。(C)は直流電圧が高いときにゲルマニウム整流器を直列に使用するものである。また主回路の構成第10図は交流電源3φ 200V, 第11図は交流電源3φ 3~6kV の比較的小容量の場合の標準方式を示す。第10図の場合は計器, 継電器, 開閉器類をゲルマニウム整流器用キュービクルに取り付けて一体にまとめている。第11図の場合はキュービクルのほかに制御盤を別に設けて手動操作の交流遮断器, 計器, 継電器などを取り付けるようにしている。第12図は比較的電流量の大きい場合の例である。第10~12図はいずれも誘導電圧調整器によつて電流調整を行つている。第12図は電流調整継電器によつて自動調整として行っている。第13図はさらに大容量の場合の例で電流調整には負荷時電圧調整器を使用し, この場合は電圧調整継電器によつて自動定電圧調整を行つている。

負荷が電解のようなときは直流側は単に双形開閉器のみとしている。電解負荷の逆電圧はゲルマニウム整流器に支障を与えることは考えられない。したがつて直流側

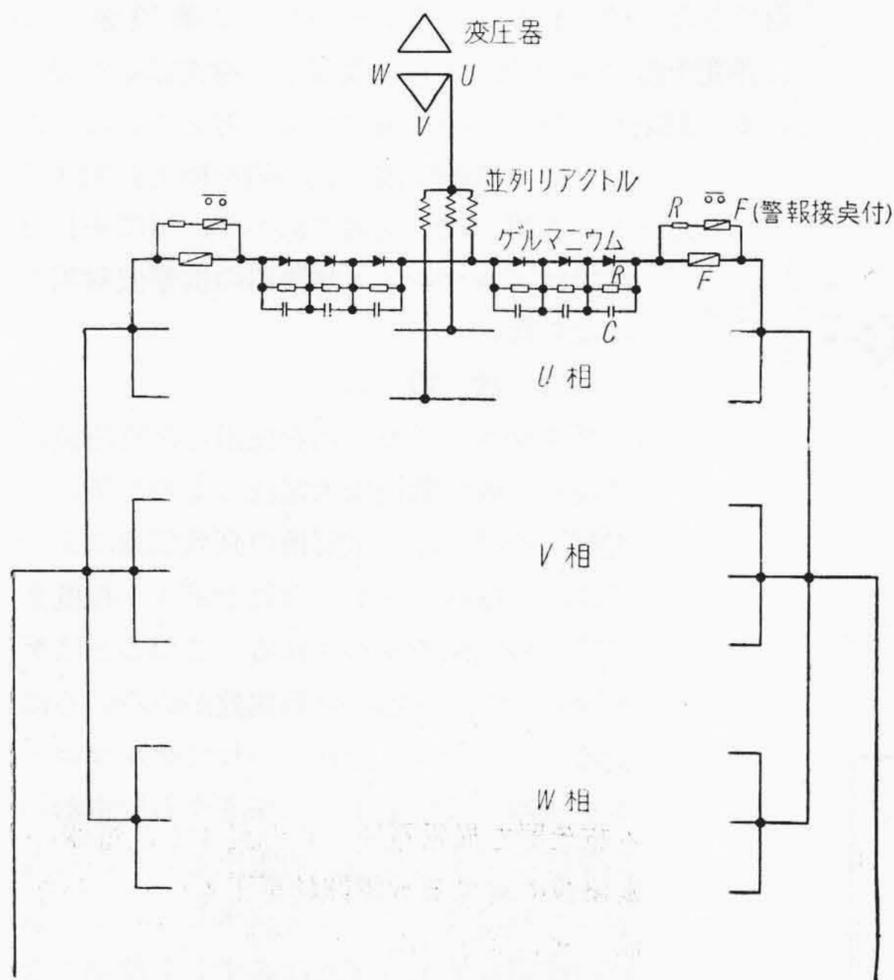


第13図 直流140V 100kA ゲルマニウム整流装置接続図

に気中遮断器などを設ける必要はないと考えている。しかし電車負荷の場合は適当な直流遮断器を必要とする。ゲルマニウム整流器は次の順序で起動する。まず直流側双形開閉器を閉路し、次に冷却扇を運転し、最後に交流側遮断器を投入すればそれで起動操作は完了である。以上の後は手動または自動で電圧または電流の調整を行って運転を続けるわけである。停止の場合は交流側遮断器を開放すればよい。いずれにせよその制御はきわめて簡単でこのことはゲルマニウム整流器の大きな特長の一つである。

〔VI〕 保護方式

ゲルマニウム整流器は従来の強電機器に比べ過負荷容量と衝撃電圧に対する強度が比較的低いという性質を有している。実際の設計にあたってエレメントの直列、並列個数をいかに構成するか、またその余裕をどの程度に選定するかによつて異なるけれども負荷の特性を考えなるべく経済的な設計をする必要がある。したがつてその保護方式の選定は従来一般の機器に対比し、はるかに厳密な考慮が必要となつてくる。不適当な保護方式の採用は事故の際多数のエレメントが一挙に破壊される事態を考えられるからである。日立製作所は過去幾多の保護方式に対する経験を基礎として、さらにゲルマニウム整流器そのものに対する実験研究を加えそれらに基いて保護上の万全を期している。以上その主要点を概説する。



第14図 ゲルマニウム整流器の電圧電流の平衡方式

(1) 電圧電流の平衡

大電流のゲルマニウム整流器の場合はエレメントを並列に使用する。ゲルマニウム整流器の順方向電圧降下は非常に小さい、そのためエレメント自体は特性のそろつたものを並列に使用するが、なおかつ特性差によつて並列回路に電流の不均衡を生ずる可能性がある。そのため第14図のように電流平衡用として並列リアクトルを設けて電流の均衡化を図っている。さらに直列各エレメントの分担電圧を平衡させるために第14図に示すように並列抵抗を挿入して万全を期している。

(2) 直流出力側短絡事故

直流側における短絡に対してはなるべくすみやかに電源を遮断する必要がある。過大電流によるゲルマニウム整流器の損傷は電流の大きさとその継続時間によつて左右される。したがつて過大電流検出用継電器の動作時間と遮断器開放に要する時間に対してゲルマニウム整流器は十分に安全な過電流耐量を有するよう設計されなければならない。このことはゲルマニウム整流装置全設備の設計にあたって系統容量を考慮することとゲルマニウム整流器用変圧器の短絡インピーダンスをいかに設計するかという問題にも関連しているものである。検出用継電器として1サイクルくらいで動作する高速度継電器を使用している。以上の各点を考慮しまず第一に直流短絡に対する心配を一掃している。

(3) 過負荷対策

ゲルマニウム整流器をいかなる用途に用いるかということは主回路機器の構成にまで影響する。たとえば低電圧の電解用の場合を考えると次のようになる。交流電源電圧が上昇すればこれによつて直流出力電流が増大する。この電流に対して連続容量のゲルマニウム整流器とすることはその変化程度にもよるが経済的に不利である。そのために電流を適当に調整することが必要となつてくる。吉富製薬株式会社に納入した設備ではこのための誘導電圧調整器を使用し電流調整継電器によつて定電流調整を行つている。最も慎重な対策としては直流電流の変化が $\pm 5\%$ 以内のときは一定の限時装置と組合せて調整頻度を抑制し、それ以上のときは限時装置なしでただちに誘導電圧器を操作せしめるようにしている。したがつてゲルマニウム整流器の容量は前記操作に見合った安全容量のものを選定すればよいことになる。以上の考慮を払つた上、さらに選定限時誘導型過電流継電器を使用し万一の場合は停止する。

次に負荷変動の著しく大きい場合には想定されるピーク電流に安全な連続容量のゲルマニウム整流器とするか、変圧器のインピーダンス、あるいは限流用として直流励磁の可変リアクトルの設置、または限流リアクトル

の挿脱方式の採用などによつてピーク電流の抑制を考える必要がある。以上のように過負荷保護は、負荷特性に基いて関連機器の総合的設計を行つてその安全を考慮し、これに電流調整などによつて、より安全な常態運転を行い、さらに過電流継電器によつて継続的過負荷を検出するようにしている。以上の対策でゲルマニウム整流器の経済的設計を行うとともに過負荷に対する心配を除去している。

(4) エレメントの事故

ゲルマニウム整流器のエレメントの直列個数は直流出力電圧によつて決められる。2個以上のエレメントが直列の場合は直列中の1エレメントが短絡した場合だちに次のエレメントが連続的に短絡して行くことにはならない。ただしそのまま運転を継続すると最後は一列全体の短絡となり、このことは変圧器二次短絡を引き起し、ほかの健全なゲルマニウム整流器にも悪影響を与えることが考えられる。そのために直列エレメント中の1エレメントの短絡または断線をただちに検出し適当な保護遮断を行う方式を採用している。第15図はその一例を示すもので原理はエレメントの分担電圧が1エレメントの短絡または断線によつて変化することを検出したものである。以上の対策によつて多数のエレメント中の1エレメントの故障を早期に検出し事故の拡大を未然に防止するようにしている。

(5) 限流ヒューズの開発

ゲルマニウム整流器が直列1エレメントのみで短絡事故を起した場合、または2個以上の直列エレメントが同時短絡という最悪の場合は変圧器の二次短絡となる。これに対しては(1)項で述べたような対策のほかに、さらに安全のために各エレメントの系列ごとに高速度遮断

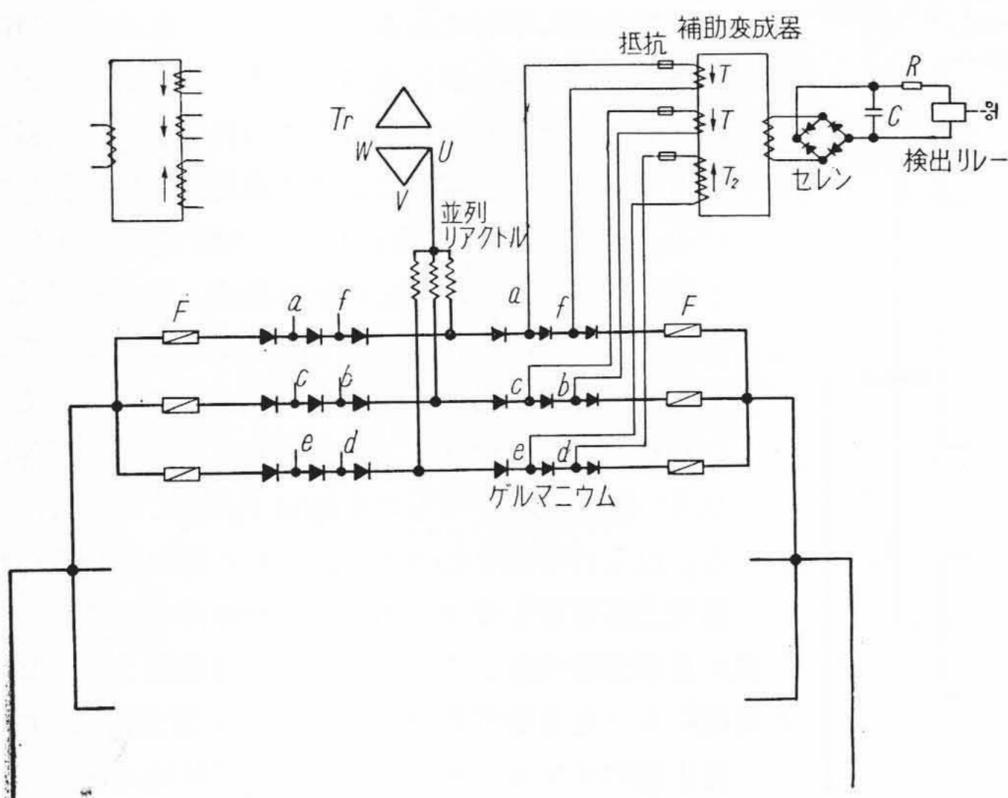
の限流ヒューズを挿入している。このヒューズはゲルマニウム整流器用として今回特に開発されたもので定格の数倍以上の短絡電流を0.5サイクル以下で確実に遮断する性能を有している。現在のところ保証性能は直流150Vまでであるがそれ以上の高圧のものについては引き続き研究が進められている。またこのヒューズはゲルマニウム整流器の容量によつては相当多数がキュービクル内に設置される。したがつてどのヒューズが熔断したかその判別を容易にするためと、ヒューズ熔断時電源側遮断器を開放するために第14図に示すように並列に接点付小型ヒューズを設けている。いわゆるトリガーヒューズである。小型ヒューズの熔断はそれ自体の窓に白い表示がでる構造になつている。また熔断時閉合する接点で、配電盤上の集合表示器に表示すると同時に交流遮断器の開放を行つている。前記ヒューズの開発によつてゲルマニウム整流器の使用にあつてさらに一段の安心感が増大した。

(6) 異常電圧の抑制対策

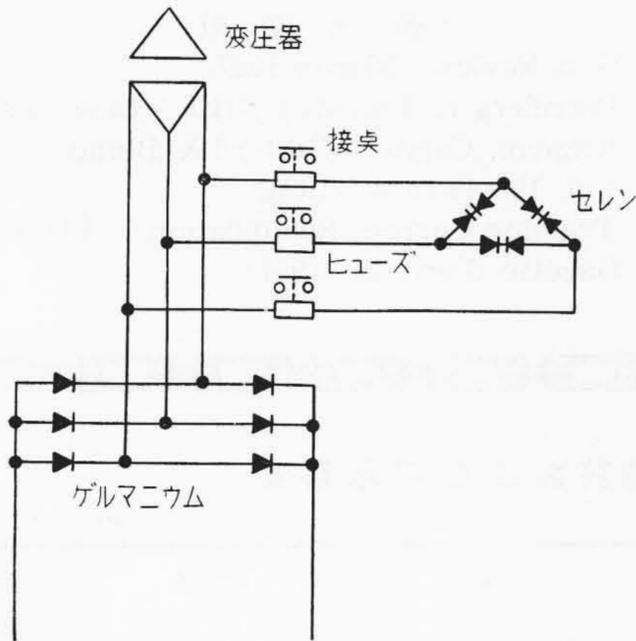
異常電圧で考えられるのは外雷による衝撃波と、回路の投入遮断などによる開閉サージである。開閉サージはもちろん回路条件によつては無視することはできない。しかし外雷に対し、避雷器の制限電圧を基準に考えた場合その値は一般に開閉サージ以上となる。受電用変圧器、調整用負荷時電圧調整器、または誘導電圧調整器、さらにゲルマニウム整流器用変圧器を通過してゲルマニウム整流器の端子間に現われる衝撃波はかなり大きく減衰するけれども、なおかつゲルマニウム整流器にとっては看過できない値を有している。そのために第13図のように各変圧器の出力側にサージ吸収用の蓄電器Cを設けている。開閉サージもこの対策に含めて考えている。ただし以上は衝撃波の波高値を極力抑制するという第一段の対策であつて、単にそれだけではゲルマニウム整流器の衝撃波対策とはならない。

(7) 放電器

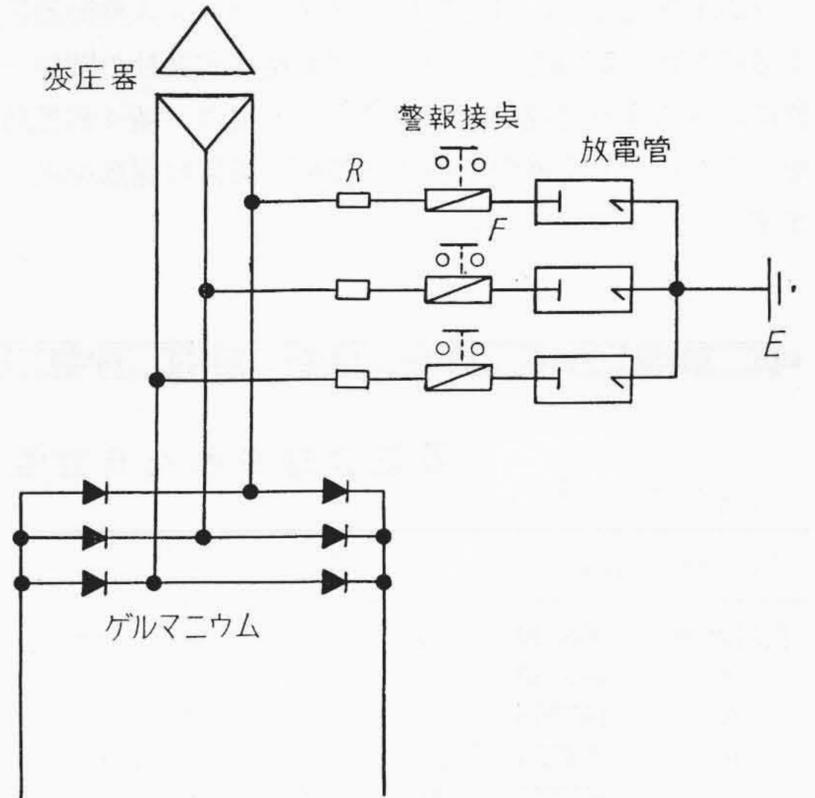
ゲルマニウム整流器を使用した整流装置は現在一般に低電圧大電流のものが多い。電解用の場合など電解槽の直列個数によつては、十数ボルトから百数十ボルト程度まで特殊の電圧が要求される。このことはゲルマニウム整流器の直列個数がいろいろに変わることになり、それにつれてゲルマニウム整流器を異常電圧から保護する放電器の衝撃波に対する放電開始電圧もいろいろな値とせねばならぬことを意味している。放電の確実な低圧放電器は必ずしも簡単でない。現在採用している放電器の一例を第



第15図 エレメント故障検出方式説明図



第 16 図 セレン整流器を用いたアレスタ



第 17 図 放電管を用いたアレスタ

16, 17 図に示す。第 16 図はセレン整流器を使用したものである。セレン整流器は 1 枚あたりの逆耐電圧 90~100 V で整流板上に放電孔を生ずるが、この放電孔は印加電圧が低下すると絶縁体となり、ほかの部分はそのまま継続使用にさしつかえない状態に復す。第 17 図は放電管を使用した例で、衝撃波がある値に達すると放電を開始する。続流が自然に消滅しない場合はヒューズで遮断する、この場合短絡電流をおさえるため微小抵抗を挿入し、かつヒューズ熔断はヒューズ付属の接点によつて表示警報せしめている。直流 600 V または 1,500 V のような電鉄負荷の場合は従来のアレスタをそのまま使用することでは不十分で別に研究が進められている。

(8) 衝撃電圧分布の均等化

侵入する衝撃波が直列になつたエレメントに加圧された場合、各エレメントの電圧分布が不均等になり一部のエレメントのみがかこくとなる危険がある。そのために第 14 図のように並列蓄電器を設け、各エレメントに対する衝撃波が均等にかかるようにして安全を図っている。

(9) 交流電圧の異常上昇

交流電源の電圧上昇が予定値以上になると過電圧継電器によつて交流遮断器を開放する。これは電圧上昇における過電流を長時間流すことのないようにしたものである。

(10) その他

容量の大きなゲルマニウム整流器用変圧器にはブッフホルツ継電器を設け変圧器の内部保護を行つている。小型の場合は接点付温度計で警報するようにしている。

冷却扇に対しては、遠心力スイッチ、または欠相継電器を設けて冷却扇の事故発生のはたけに保護遮断を行つている。なおキュービクル内に温度計を設け予定以上の温度に対しては警報せしめるようにしている。

以上によつて保護方式に対する概要説明を終るがゲル

第 2 表 ゲルマニウムとシリコンエレメントの比較

比較項目	種 別	
	ゲルマニウム	シリコン
許容電流密度 (A/cm ²)	100	200
順方向電圧降下 (V)	0.6	1.2
許容電圧 (V)	65	200
許容温度 (°C)	75	200

マニウム整流装置では全装置の総合設計に適応した保護装置が特に強く要求される点が大きな特長といえることができる。

〔VII〕 結 言

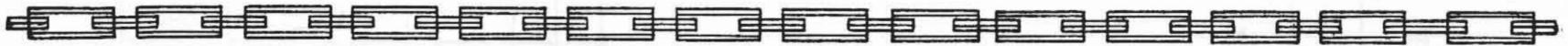
ゲルマニウム整流器は誕生後まもないにもかかわらず、多くの長所のため急速に使われ始めたが、最近シリコン整流器の実用化により、両者比較の問題が登場してきた。いずれもエレメントの製造技術は今発展の途上であり、特性はますます向上することが期待されているので、両者の定量的な比較は時期尚早の感がある。しかし第 2 表に示す現在の標準性能上効率の点から判断すれば、100 V 以下はゲルマニウム整流器、これ以上はシリコン整流器がすぐれているので、100 V 程度を境として両者の協調が保たれることと思われる。実際は、負荷の性質、エレメントの特性、保護装置などの技術的条件と経済的条件により決まるべき問題であるので、今後はその設備ごとに使用条件に適した使い分けが行われ、おのおの実績が積み重ねられていくことと思われる。

以上、ゲルマニウム整流器の概要を述べ、需要家各位の御支援と御鞭撻を賜るべく御参考に供したしだいです。

なお末筆ながら、日立製作所のゲルマニウム整流器第1号の製作に御協力を賜った吉富製薬株式会社の関係各位に、衷心より感謝の意を表するとともに、種々御援助をいただいた日立研究所の関係各位に深甚の謝意を表します。

参考文献

- (1) G E Review (March 1957)
- (2) Rectifiers in Industry AIEE (June 1957)
- (3) Kinman, Carrick, Hibferd & Blundell: PIEE: Vol. 103 Part A (1956)
- (4) Traction Current Rectification: The Railway Gazette April 13 (1951)



最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(第9頁より続く)

区別	登録番号	名称	工場別	氏名	登録年月日
実用新案	465749	導体接続装置	国分工場	滑川清	32. 9. 25
"	465750	リアクター鉄心	国分工場	前川愛一	"
"	465768	操作開閉器カバーおさえ装置	国分工場	金井好延	"
"	465774	配電函操作装置	国分工場	金井好延	"
"	465775	照光式表示器	国分工場	金井好延	"
"	465741	ホッパーゲート閉め装置	笠戸工場	佐々木清夫	"
"	465769	椅子	笠戸工場	高山博敏	"
"	465770	椅子	笠戸工場	山崎博敏	"
"	465735	コンベヤトラフの連結装置	亀有工場	亀井茂樹	"
"	465736	コンベヤトラフの連結装置	亀有工場	飛知和茂樹	"
"	465738	回転体端部における炭塵侵入防止装置	亀有工場	飛知和茂樹	"
"	465745	チップラーにおける車軸の自動連結器連結防止装置	亀有工場	氏原良男	"
"	465746	ゲージにおける車軸の自動連結器連結防止装置	亀有工場	氏原良男	"
"	465748	クラッチおよびブレーキのフェーシング	亀有工場	伊藤賢一	"
"	465752	フック装置	亀有工場	青砥長雄	"
"	465753	送水ポンプにおける過熱防止用自動逃し弁装置	亀有工場	高木暮健三郎	"
"	465766	安全床スイッチ踏板装置	亀有工場	高掛川長雄	"
"	465771	液圧制水弁の液圧操作装置	亀有工場	木暮健三郎	"
"	465772	コーンカッタのハンドル装置	亀有工場	山森幸正	"
"	465782	巻上装置の速度制御機構	亀有工場	原政次	"
"	465783	粗大な粒体を含む流体用の弁	亀有工場	原細田益三	"
"	465760	堅型空気圧縮機の潤滑油循環装置	川崎工場	石田光男	"
"	465761	堅型空気圧縮機の潤滑油循環装置	川崎工場	石田光男	"
"	465765	アンロードダ	川崎工場	松田重	"
"	465773	流体流動状況感知装置	川崎工場	已亦	"
"	465743	可変焦点距離電子レンズ系	多賀工場	森戸村望一	"
"	465759	フライホイールマグネト	多賀工場	小室博二	"
"	465762	ゴムホース支持装置	多賀工場	小室宝沼	"
"	465763	水位指示装置	多賀工場	田内勝	"
"	465781	交流直巻整流子電動機	多賀工場	安川昌平	"
"	465737	X線透視台におけるカセット保持装置	亀戸工場	和田正長	"
"	465744	遊星歯車式減速装置	亀戸工場	小松本一	"
"				伊藤虎	"

(第28頁へ続く)