富士電機製 1,500 V 1,000 kW 単極水銀整流器の使用について

On the Running Result of Fuji Denki made Single Anode Mercury Arc Rectifier

京成電鉄株式会社電氣課長　福　地　一　雄

1. 緒　　言

昭和 23 年末富士電機製造株式会社から，長年の間研究していたエキサイトロン型單極水銀整流器の試作が完成したので，我が社で使つてみてくれまいか，との話があつた．御承知の通り，單極整流器は多極型に比し種々の特徴を持つているが，富士電機の單極水銀整流器は一般的な特徴以外に，事故を生じた際，同一台盤上にある予備器槽と故障した器槽とを交換するのみで，直流送電には支障なく修理が出來，從つて修理期間中変電所の容量も減少させずに済み，甚だ好都合である．

そこで富士電機の要求を入れる事にして，昭和 24 年 11 月に津田沼変電所に於て運轉を開始し，今日に及んでいる．未だ運轉期間が短いので，機器そのものに対する充分な批判は出來ないが，設置に関する所見並に今冬の成績を掲げた．多少なりとも諸兄の御参考になれば幸と考える．

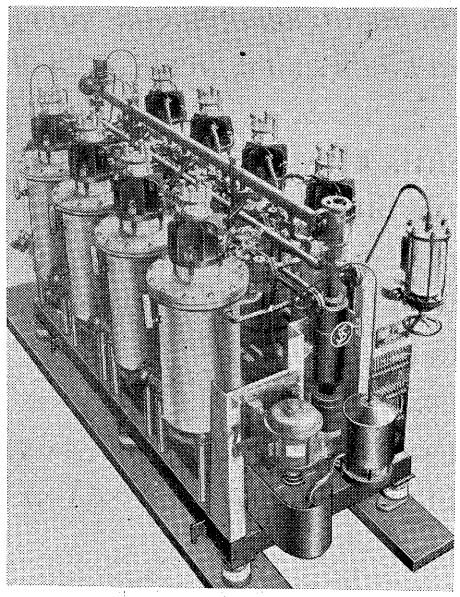
2. 津田沼変電所に設置した單極水銀整流器の仕様

以上の様なわけで單極水銀整流器を設置する事となり，富士電機との間に種々打合せを行つた．勿論從來のセットと異る所は水銀整流器のみであるから，此点に重点を置いて各機器の仕様を述べる．

1. エキサイトロン型水銀整流器本体

型　式　ＥＳＷ 1010

出　力　850/1,000 KW



第 1 図　富士エキサイトロン型單極水銀整流器 1,500 V 1,000 kW Excitron type Single anode mercury rectifier

定　格　公称

電　圧　1,200/1,500 V

槽　数　8（内予備 2）

電　流　708/667 A

2. 水銀ポンプ

一次側入力　200 V, 5.8 A, 1.1 kW

ヒーター最低電流　14 A

3. 廻轉眞空ポンプ

3 相誘導電動機付

入　力　3 相, 200 V, 1.7 A, 230 W, 50 C

油　量　10 立

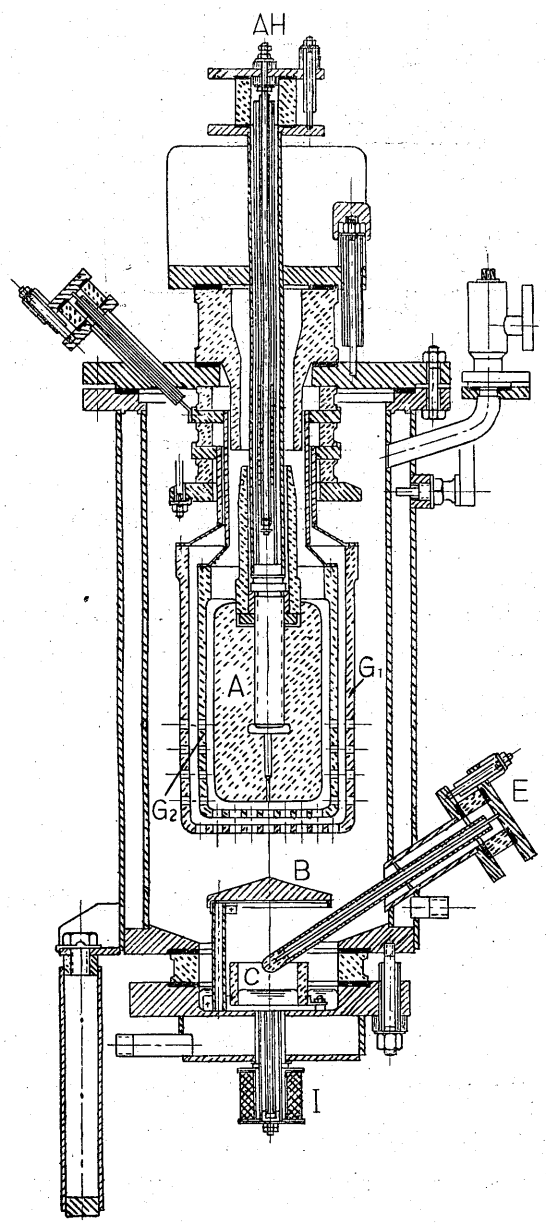
4. 陽極加熱器

この装置は陽極の碍管中に約 100 W のニクローム

線が入つている。全体として 600 W 程度のものである.

5. 点弧及励弧装置

点弧は水銀吹上式で交流 200 V 回路を使用し，励弧は直流 100V とし，電源は電動発電機を使用している．点励弧回路の入力は，3相 200V，約20A 5.6kW 程度に相当し，励弧回路は直流 80V 42A を最低の安定点としている．尚励弧が完成される迄は点弧動作が繰返される.



第 2 図　富士單極水銀整流器の一槽の構造
Construction of one vessel of single anode mercury rectifier

6. 格子制御装置

格子は陽極陰極間の距離が短いので，2 重格子とし電圧制御及消弧装置は多極のものと同様である．格子装置の入力は 300W 程度であり，消弧の際の直流電源としては，富士電機の従來の方式である蓄電池をやめて，電動発電機を使用している。尚この電動発電機は励弧電源用の発電機と同一軸に直結されている.

7. 眞空コック

眞空コックは各槽毎について居り，別に全体を一纏めにして主コックがついている.

8. 冷却水

本　体　40 立/分（150%負荷）

水銀ポンプ　5 立/分

水温は入口で 15°C～25°C，出口入口の水温差は 7°C～8°C，配管は第3図に示した様に4個の器槽を直列につなぎ，所要水頭は配管損失を含めて9米である.

9. 変圧器

変圧器は勿論多極型の整流器用と変らず下記仕様である.

内鉄型　TDO 213/20

容　量　1,170/930 kVA

相　数　3/2×3

結　線　星形/2 重星形　リアクター付

周波数　50C

電　圧　1 次　20 kV

　　2 次　1,370/1,025V

電　流　1 次　185/195A

定　格　公称

二重定格となつているのは，現在直流側の電圧が 1,200V であるのを，將來 1,500V にするためである.

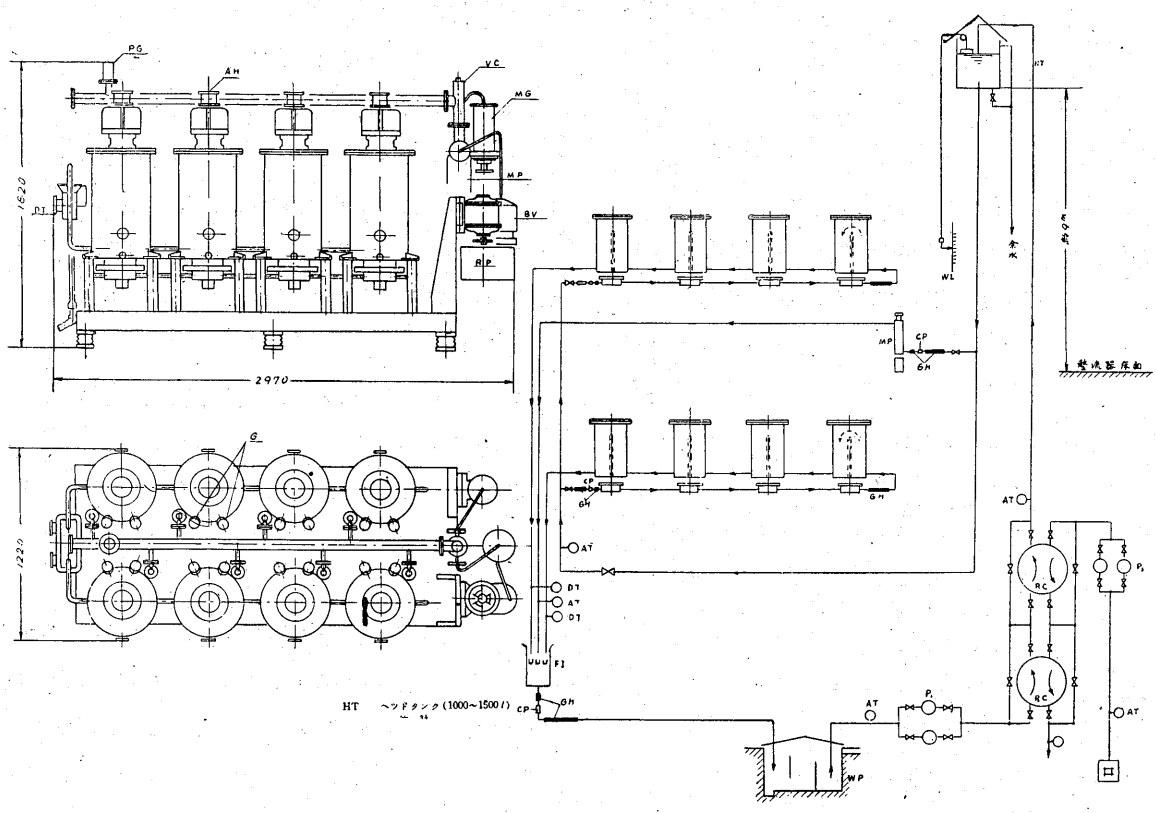
10, 合成電圧変動率　3.48%

11. 合成能率　95.66%

（但し 1,200V，850 kVA に於て）

3. 特別に考慮した点

以上の仕様に対し我々として問題にした点は，下記



第 3 図 1,500 V 1,000 kW 單極水銀整流器外形及冷却水系統図

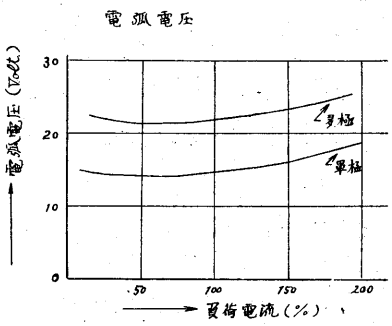
Outline dimension and cooling system of 1,5000 V 1,000 kW single anode mercury rectifier

の点である.

1. 冷却水量及水頭の件

冷却水量及水頭に関しては，從來の施設を少々改良する事に依て可能となつたが，水頭の問題は整流器内槽の耐圧とも関係があり，水源が既設の場合には考える必要がある．当所の水系統は井戸より冷却水をくみ上げ，一應貯水池に入れ，之をタンクに揚げて各整流器に送水し，この排水を又貯水池に放流している．

2. 補助回路の損失



第 4 図 電弧電圧と負荷電流との関係

Relation of arcdrop and load current

損失関係の内励弧は各槽別に常時必要であり，総計約 5.6 kW としても 24 時間で約 130 kWH となり多極型に較べて大分不利と思はれた．然し電弧電圧降下が 14.8 V 位で，多極型が 23V 程度であるのに較べると内部損失は遙に少く，この点で電力の節約になり，前者の損失をカバーし得ると考えられ，一應運轉結果を待つこととした．

3. 予備器槽

單極水銀整流器の利点の一つである予備器槽は常時化成された状態で持つていなければ意味がない．從つて化成装置を別に所有しておく必要があるが，当所としても，1 台だけ單極整流器を置くのに，それだけの設備をする事は経費及場所より考えても出來ない．富士の單極整流器は第 1 図の様に，6 槽に並べて予備の 2 槽を配置し，隔日に切換使用出來る様な構造となつて居る爲，床面積は多極型に比し多少広くはなるが，上記の欠点を補つている．

	床面積 mm×mm	床面積 m²	比率 多極型100%として
多極型 (6 極)	1,890×1,755	3.32	100%
單極型 (6 極)	2,345×1,220	2.86	86%
同 上 (8 極)	2,970×1,220	3.62	109%

第 1 表　床面積の比較 (1,000 kW 1,500 V)
Floor space of single anode type and multi anode type

切換を必要とするものは，陽極導線，点弧回路，励弧回路，陽極加熱器回路，格子回路等であるが，切換を毎日行うとすれば簡單に切換が行えねばならぬ故，陽極導線を手動の断路器で切換え，同時に他の補助回路は断路器補助接点により，継電器を介して切換える様になつている．但し格子回路のみは切換を行はず，相当する二つの槽の格子を並列に繋いでおく事にした．

4. 高さ及運搬

高さは單極型の利点の一つであり第2表に示した様に多極型に比して遙に低い。

	高さ	比率
多極型	2,285 mm	100%
單極型	1,820 mm	80%

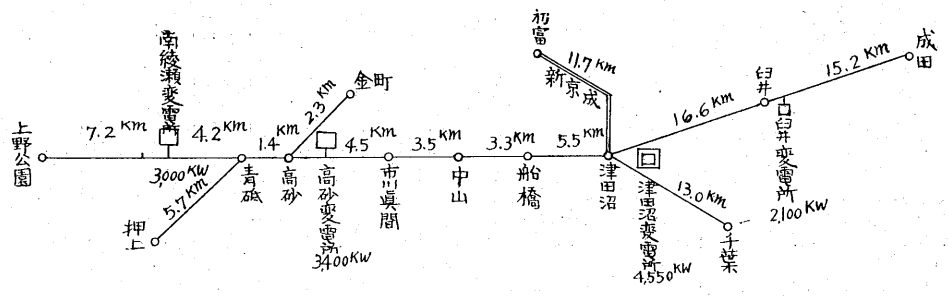
第 2 表　高さの比較 (1,000 kW 1,500 V)
Weight of single anode type and multianode type

尚一槽の重量は約 220 kg 位なので運搬は至極簡單である．

4. 津田沼変電所の概要

我が社では以前から電鉄用の直流電源として，水銀整流器を主に採用して居り，変電所の配置狀況は第 5 図に示す通りである．

常時の津田沼変電所は船橋—津田沼—千葉及新京成等で合計 30.2 km を送電して居り，施設は第3表の様に廻轉変流機と並列運轉をして居る．この回轉変流機は水銀整流器と並列運轉の必要上分捲式で，その定格は D.C. 600 V 834 A 500 kW 1,500 r.p.m. である．



第 5 図　京成電鉄変電所及び直流送電図
Diagram of d. c. transmission line of Keisei Railway line

変流機器	容量	台数	名称	製作会社
6 陽極鉄槽水銀整流器 (多極型)	850 KW	1	M. R. No. 1	富士電機製造株式会社
同 上	850 KW	1	M. R. No. 2	同 上
8 陽極鉄槽水銀整流器 (單極型)	850 KW	1	M. R. No. 3	同 上
廻轉変流機	500 KW	2	R.C. No. 1 R.C. No. 4	英國電気株式会社
同 上	500 KW	2	R.C. No. 2 R.C. No. 3	同 上
合計	4,550 KW	7 台		

第 3 表　津田沼変電所の設備
Installation equipments of Tsudanuma Substation

尙現在我が社では 1,200V を採用し送電して居るので 1,500V 1,000 kW の整流器は 1,200V 850 kW として使用し，回轉変流機は 2 台直列に繋いで使用して居る．

5. 化成並に運轉狀況

1. 化 成

單極極整流器は勿論富士電機川崎工場で化成並に負荷試驗を終了して來たものであるが，津田沼変電所に持つて來てから約 1 ヶ月後に化成に入れた．化成は化成タップ（約 D.C. 80V）で行い，大体 10 日間で終了し，今日迄約 1,500 時間運轉して居るが，成績は非常に優秀と云い得る．

單極整流器は平均 1,200 kW 最大 1,300 kW（瞬時値）程度に於て使用して居る．ここに今多の或る日の例を第 4 表に掲げる．

此の表で分る様に運轉中，各槽及陽極の溫度は大体等しい．尙この日は UVWXYZ の 6 極を使用し，W′Z′ の 2 極は予備とし，使用して居ない．又冷却水は最大 30立/分，水銀ポンプは 5立/分 で，水溫は入口で 15～16°C 程度である．

実際問題として予備極を毎日切換えているが，切換は送電直前に行い，W—W′, Z—Z′ の間で切換を行つている．しかしこの作業が早朝であるのと，切換を行つた事の確認が不確実になり易く，知らずに一日に二度切換へたりしたナンセンスがあつた．

時間	直流電圧	電力量	最大電流	冷却水 出口 °C	冷却水 入口 °C	U 陽極 °C	U 鉄槽 °C	V 陽極 °C	V 鉄槽 °C	W 陽極 °C	W 鉄槽 °C	X 陽極 °C	X 鉄槽 °C	Y 陽極 °C	Y 鉄槽 °C	Z 陽極 °C	Z 鉄槽 °C	眞空 mm	室溫 °C
7	1.20	350	666	15	16	14	16	14	16	14	15	16	15	16	16	14	16	0	13
8	1.17	295	760	16	〃	15	〃	14.5	〃	14.5	16	〃	〃	〃	〃	15	17	〃	14
9	1.20	344	830	〃	〃	17	17	17.5	17	17.5	17.5	20	15.5	20	17	19	17.5	〃	〃
10	1.18	350	650	16.5	〃	20.5	16.5	20.0	〃	21.0	〃	22	15	22.5	〃	22.5	〃	〃	〃
11	1.14	〃	520	〃	〃	22.0	17	21.0	〃	22.5	〃	23	16.5	24.0	〃	〃	〃	〃	13
12	1.22	200	666	16	〃	24.0	〃	23.0	〃	24.0	18	〃	16.0	25.0	18	24	18	〃	〃
13	1.20	344	650	17	16.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	25	〃	26.0	〃	24.5	〃	〃	〃
14	〃	279	685	〃	〃	23.0	〃	23.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
15	1.22	214	700	17.5	17.0	〃	17.5	23	18	24.5	〃	〃	16.5	26.5	〃	25.0	18.5	〃	14
16	1.23	〃	666	〃	〃	〃	〃	〃	〃	24.0	19	〃	〃	27.0	19	27.0	19	〃	〃
17	1.19	281	600	17	16.5	24.0	17	24	〃	25.0	18	26	17	〃	18	26.5	〃	〃	13
18	1.14	279	500	〃	17	26	〃	25	〃	26.0	19	27	〃	28.0	〃	27	〃	〃	14
19	1.18	277	400	〃	〃	27	〃	26	〃	27.0	18	〃	16	〃	〃	〃	〃	〃	〃
20	1.19	215	〃	〃	〃	26	〃	25	〃	〃	19	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
21	1.20	206	398	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	18	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

第 4 表 運 轉 狀 況

Running data of single anode mercury rectifier

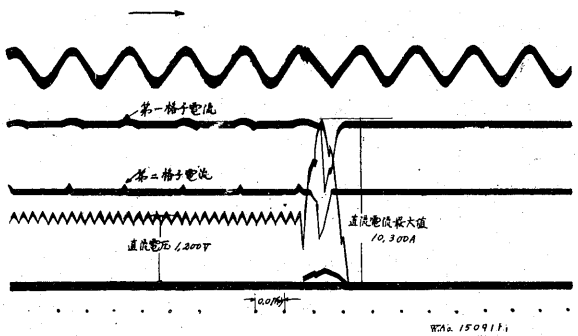
2. 運轉狀況

毎日の運轉は午前 4 時頃から開始し，24 時頃迄送電して居る．変電所の負荷狀況は午前午後のラッシュが重いが，平均して 600 kW 程度（24 時間平均）で 1 時間当り最大使用量は 300 kWH 程度である．

3. 消 弧

消弧は試驗の結果，二重に格子を設ける必要のないことが分つたので，現在では外側の格子のみを使用して居る．從つて一應の準備として格子関係の補助回路は二面の配電盤に裝置してあるが，片方しか使用して

居ない．未だ運轉時間も短いので短絡事故もなく，この関係の報告事項はないが富士川崎工場で行つた試驗（D.C. 1,200V に於ける短絡試驗）のデーターがあるから，その時のオッシログラフをあげておく．



第 6 図　短絡試驗オッシロ写眞
Record of short circuit test of single anode mercury arc rectifier

尙過負荷時消弧は回轉変流機との並列運轉の事も考へて，約 1,200A 程度で動作する様，高速度継電器を調整してある．この方の作動狀況は確実である．

4.　励弧回路

励弧回路は前述の様に，富士電機では最低 80V，42 Aを指定しているが，受電電圧の変動もあるので大体常時 90V 42A 位で使用して居る．

5.　陽極加熱器

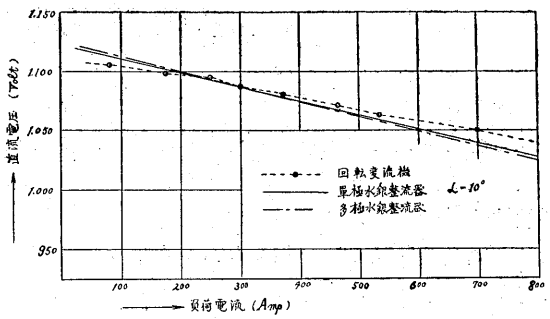
最も條件の悪いと考えられる送電開始頃を取上げ，陽極加熱器を使用し，或は使用せずに運轉してみたが，別に異常はなかつた．從つて少くともこの附近では陽極加熱器は不用と考えられる．参考までに第5表に一例をあげる．

狀　況	年月日	時刻	室温	槽内温度	陽極温度	冷却水	
						入口	出口
使用せず	24-12-30	前5時	1°C	12°C	1°C	14°C	14.5°C
使用す	25-1-8	前5時	1°C	12°C	15°C	14°C	14.5°C

第 5 表　陽極加熱器使用狀況
Running data of anode heater

6.　並列運轉

当変電所の機器は第3表に示した通りであるが，多極整流器 No. 1 を設置する際，回轉変流機との並列運轉の爲変圧器の容量も少し変つた物を設置したが，今回の單極整流器用変圧器も，M.R. No. 1 のそれと同様にし，更に格子回路には移相器を取付けた．この制御角を色々変えて調べた結果，現在は 10 度で使用しているが，その狀況を第7図に示す．



第 7 図　並列運轉狀況
Data of parallel running

7.　其の他

單極整流器は其の形が短形であるから，基礎を造る時，基礎の中央にはピットを設けず，一面に平な基礎を造つた．之は陰極の引出し口が別に本体の両側から取れると考えたからで，各槽の取付け，取外し，或は陰極の取付け，取外しを考えると，中央に人が入つて作業出來る程度のピットを造つた方がよかつたと思う．

6.　結　　語

私としては今度設置した富士單極整流器の初めての使用者として，皆様の御参考になれば幸と思い，卒直に全てを述べた積りであるが，或は充分私の意志を表明し得なかつたのではないかと心配して居る．尙運轉期間も長期に亘つていないので，色々の場合についての経驗もないため，今冬の狀況しか報告出來なかつた事を残念に思う．しかし今冬の成績よりおして考えれば，將來單極整流器の見通しは相当有望と思はれるが，励弧電力其の他工作の改良は將來研究の重要な課題と思はれ，殊に空冷式の水銀整流器が完成した今日，製作会社としても，空冷—單極—ポンプレス—鉄槽水銀整流器の完成について，一層の努力をして頂き度く思うものである．此の單極整流器が上記の目的のための重要な礎石の一つになる様祈る次第である．

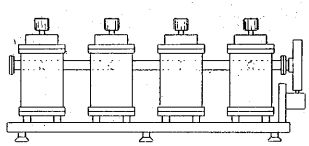
尙今回の報告には設置に対する経費の点に関してはふれてないが，別に健屋の増設もなく機器も又從來のものと同じである故省略する．

最後に本器の完成に非常な努力をされた富士電機の担当諸氏，我が社の田中資材課長，吉岡係長他関係諸氏に感謝する次第である．

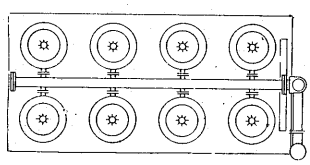
單極整流裝置に関する特許

当社が水銀整流器の製作には長い歴史と独特の技術を持つている事は定評のある処であります．單極整流裝置でも勿論之等技術が奏效して其の製品が良い成績を收めているのではありますが，比較的新しい構成だけに，更に微に入り細に亙り研究され改良されています．從て之のみに関する特許及新案の申請ですら 30 件を越え，既に数件は登録済であります．

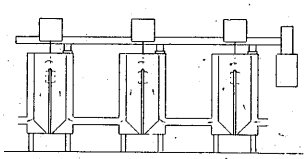
今回は之等登録になつたものゝ中から具体構造に関する数件を選んで御紹介致します．



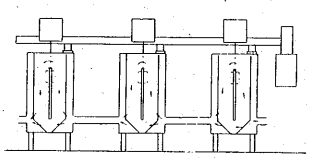
第 1 図



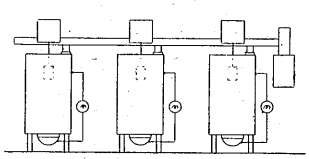
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第 5 図

①登録第370188号（第1図）

單極整流製置は共通排気管を使用するのが普通でありますが，本案はその共通排気管として両端開口し且フランヂ部を持つたものを使用します．從て管内にサンドブラストを精密にかける事が出來ますからそれだけ能率を良くします．又管両端に眞空裝置を取附け化成を良好にする事も出來ます．勿論一方の口だけに眞空裝置を取附ける時は，他方は適宜塞がれます．

②登録第 370187 号（第2図）

予備器が簡單に取附けられる事が單極整流裝置の一つの特徴でありますが，之等も共通排気管で連結すると予備器は作動器と同一槽電位となります．之を防ぐ爲に共通排気管は主器と予備器との間で絶縁されています．從て予備器の槽は殆ど無電圧となり，その儘化成，修理等を自由に行えます．

③登録第 372284 号（第3図）

單極整流裝置は單極槽が多く並べられますが，之等の冷却水をどうするかは大きな問題であります．本案では槽の下方から導入され，槽上部を経て下部え戻り其処から取出します．從てパイプは全部下方に配置出來て構造は簡單となり，而も槽の上下共良く冷却する事が出來ます．

④登録第 372285 号（第4図）

本案は③を改良したもので仕切板を設けて槽下方を通る流れと槽上方を通る流れとに分けるもので，切板の適当な設計により槽下部（陰極附近）と槽上部（陽極附近）との冷却狀態を所望値に整定する事が出來ます．

⑤登録第 372254 号（第5図）

單極各器が作動すると陰極と槽との間に電圧を発生します．本案は此の点を利用して之にて表示灯を点灯させ各器の作動狀況を見るもので，作動狀態が一目で分ります．故障の多い器は予備器と取換えられます．

富士の單極整流裝置は，例えば排気管の一本にも冷却水の配管にもこの様な考慮が拂われ，此の様な改良が行われている事が御分り願えれば之等の綜合である製品の成績優秀も亦当然の結果と御頷き願える事と存じます．

（技術部技術課　池上）

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。