

最近のドライバルブ避雷器特性要素

落 清* 杉山金太郎**

Characteristic Elements of Hitachi Dry Valve Arrester

By Kiyoshi Ochi and Kintarō Sugiyama
Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Modern station type arresters in U.S.A. and other countries are designed to discharge not less than 100,000 amperes with a 5×10 microseconds test wave which is standardized in AIEE. But in Japan discharge current capacity of Station type arresters has been standardized not less than 5,000 amperes, although its value in required more than 20,000 amperes at least, considering of protection against direct strokes or multiple strokes on the transmission lines.

In this paper authors described on establishment of manufacturing methods and improvement of Characteristic Elements of modern Hitachi Dry Valve Arrestes. For instance all 40 test pieces discharged 100,000 amperes which were 16 kilocycle oscillating current (time to half value is 22 microseconds) without any deterioration in discharge current capacity test at the Electrotechnical Laboratory on the 16 th March, 1951.

It means the great improvement of the arresters in Japan and superior protection for the apparatus from severe lightning strokes on the transmission lines.

[I] 緒 言

わが国に於けるこれ迄の避雷器規程では、避雷器は発電変電所に襲来する雷の異常電圧として、線路碍子の衝撃閃絡電圧に押えた単純進行波のみを対象とすればよいことになつている。これは近接雷撃、直撃等に対しては発電変電所から 1km の間に架空地線を設け、その遮蔽効果によつて、之等を完全に防止出来ると考えてのことである。然し架空地線の遮蔽効果や鉄塔接地工事の逆閃絡防止効果を 100%に期待することは実際には無理である。又送電線路に襲来する雷撃の約 1/3 は多重雷撃で、その連続回数も 5~6 回、時間々隔は約 1/6 が半サイクル以下の苛酷なものとしてされている。従つて之等の近接雷撃、直撃等に対しても或程度の保護効果を持つ避雷器の製作がわが国に於ても近時益々要望せられ、且つその可能性

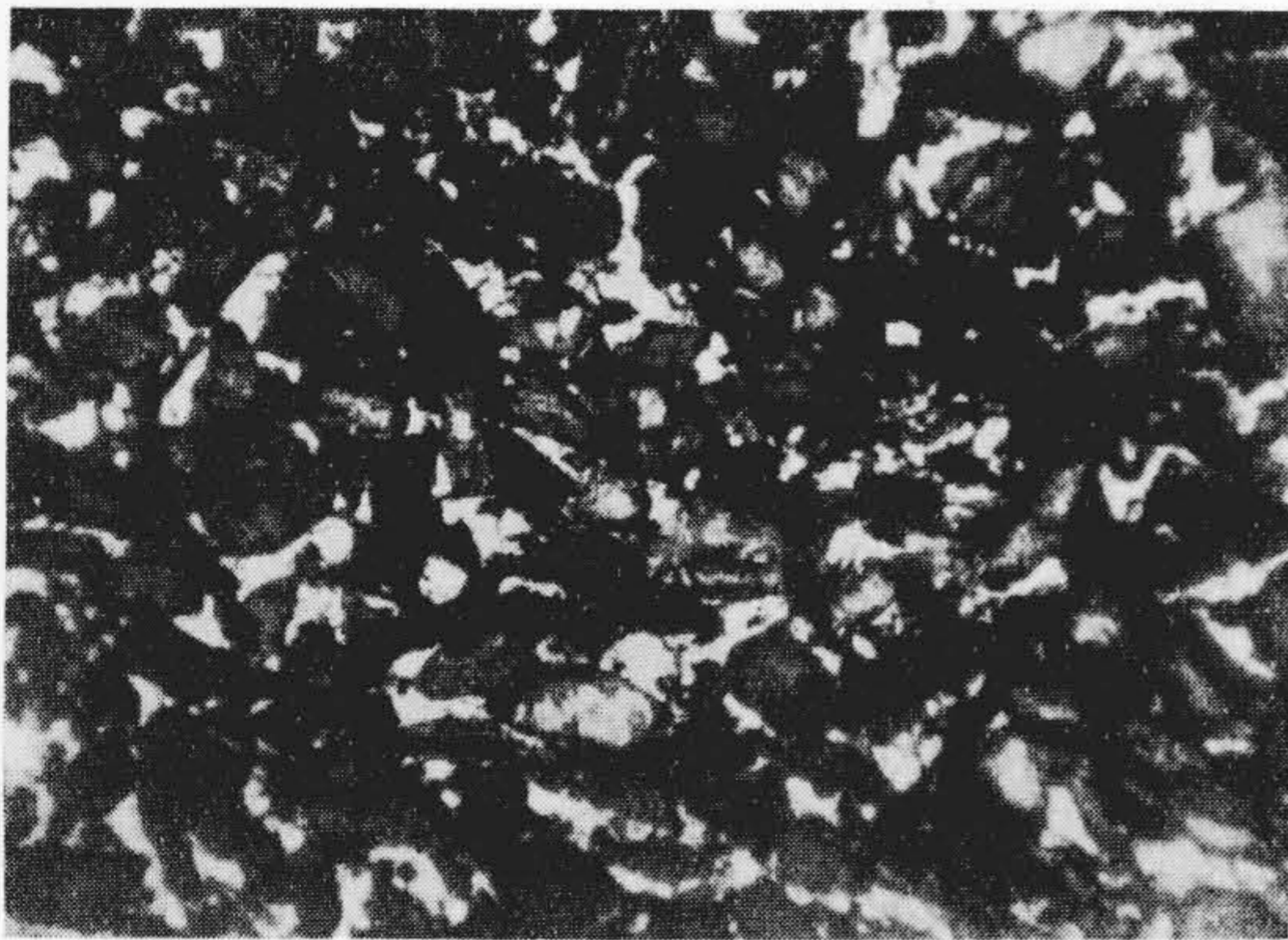
も期待されつつある趨勢にある。上記の要求に対する発電変電所用ドライバルブ避雷器の特性要素の現況についてその大要を述べる。

[II] 特性要素の製造条件の確立

特性要素は避雷器の保護性能を左右するものであつて炭化珪素を主成分として、之に適当量の結合剤を配合し成型、焼成して作られるものである。主要原料の炭化珪素については、粒度其他に種々問題があるが、特に従来から外觀的に黒色であれば、緑品に比して電気抵抗も低く避雷器特性要素として好適であるとされていたが、これを X 線廻析等により、その化学組成を研究し α -III 型⁽¹⁾が最もよく、黒色品中でも α -IV 型は反つて性能に悪影響を及ぼすことを確めた。又成型圧力、焼成温度等は抵抗板の特性に微妙な影響を与えるものであるが、之等の関係と必要な条件を多数の試作と試験の結果確立し

* ** 日立製作所多賀工場

た。抵抗板は炭化珪素を主成分とする関係上、負の特性を有するものであり、放電々流の小さい間は問題でないが、数千アンペア以上となると、電流密度の不均一性による部分的過熱が加速度的に増大されて、電流は局部的に集中し大電流による貫通放電の主原因となる。従つてその内部に微細な不均一個所が一ヶ所でも存在することはゆるぎない。これに対して内部組織を顕微鏡観察等により検討し、不均一個所のない様に粒子と粒子との間隙を極密にする様改善した。第 1 図は顕微鏡写真を示



第 1 図 抵 抗 板 の 組 織
Fig. 1. Microstructure of Characteristic Element of Dry Valve Arrester

す。更に電氣的には焼成法の改良によつて、円板面の抵抗分布が可及的一様となり、且つ縁辺に向つて幾分増加するように調整して、放電々流を中心附近にまとめ側面閃絡を防止して、耐量の増加を計つている。上記の諸条件を確立することにより僅かの変形品を除いては、殆んど不良品なく且つ焼成装置の改良によつて、抵抗板の衝撃電流に対する不均一性は殆んど除かれ、均一なものが出来、製品が安定した。

〔Ⅲ〕 放 電 耐 量

特性要素の優劣は、その弁特性のよいことは勿論のことであるが、主として絶縁の基準をなす制限電圧と、避雷器の保護能力及び耐久力を左右する放電耐量の大きさの二つによつて決定される。而して放電耐量とは特性要素が貫通破壊又は側面閃絡しないで、しかも放電の前後に電圧電流特性が実質的に変化することなく、どれだけの大衝撃電流を流し得るかと云うことである。

最近米国、スイス等に於ては、既に 100 kA の放電耐量を保証するものが製作されており⁽²⁾、その保護能力は雷進行波のみならず、近接雷撃乃至苛酷な多重雷撃等に対しても相当な信頼度を以つて、保護効果を期待し得るに至つている。一方わが国に於ては昭和 23 年 10 月制定の日発新規定に於て、この値が 5,000 A (半波高時間

15 μ S) 以上あればよいことになつているが、これは当時のわが国の避雷器製造技術では、それ以上望めなかつたためである。近接雷撃の場合に避雷器に流れる放電々流について、K. Berger の計算式によれば⁽³⁾、例えば 140 kV の送電線で、雷撃点鉄塔と避雷器設置点との距離を 100 米とすれば、避雷器の放電々流は約 15,000 A となる。米国に於ては既に発電所用避雷器の放電々流の最高値で 15,000 A が実測されている⁽⁴⁾。更に多重雷撃の場合には最初の波高値数千アンペアに引続き次の放電迄数十アンペアで長く尾を引いており、時間々隔も約 1/6 が半サイクル以下で、平均連続 5~6 回であるとされているから⁽⁵⁾、その衝撃エネルギーのみを考えると、単一波の場合の数万アンペア以上に相当するものと思われる。これ等の場合を考慮すれば、米国並の特性要素の放電耐量値が必要となつて来る。最近のドラバルブ避雷器の特性要素について、放電耐量試験を実施したものの代表的なものを挙げれば次の如くである。

(a) 10kV ユニットに対する 20 kA 放電耐量試験。

わが国の各メーカーのごく最近の工場試験結果では、特性要素の放電耐量は約 20kA と発表されていたが、これ迄に数万アンペアに及ぶ公開放電耐量試験は殆んど実施された例がなかつたので、綱島変電所に於ける 100 kV 避雷器続流遮断試験⁽⁶⁾に引続き、昭和 25 年 11 月 28 日~12 月 1 日に亘り、電気試験所田無分室に於て、同所の 110 kJ 衝撃電流発生器を使用し、各社の供試避雷器の 10kV ユニットに就いて 5kA~20kA に及ぶ放電耐量試験が実施された。その結果は第 1 表の如くである⁽⁷⁾。日立ドライバルブ避雷器は全数が 20kA に合格した。この試験に附随して直列間隙をつけた場合とつけない場合の比較をして、直列間隙の放電時の電位降下を測定した結果が第 2 表である。この様な大電流の場合にも直列間隙の電位降下は制限電圧に比して、問題にならない程度に小であることが判る。且つ後で分解点検した結果では電極の損傷は極めて軽微であり、更に長期の使用に耐える状態にあることが判つた。

(b) 100 kA 放電耐量試験

前記 10 kV ユニット避雷器の放電耐量試験後、更に大電流の放電耐量試験を電気試験所に依頼し、本年 2 月 19 日~3 月 16 日に亘り実施した。供試品は第 3 表の如く、製品として流している特性要素 40 枚である。この試験の特徴は電流波高値が 30 kA 以上では、電流値を大とするため抵抗を除いたので、周期約 16kC の振動電流となつたことである。試料の全数が 100kA の振動電流の最初の半サイクル(半波高時間 22 μ S に相当する)を異常なく放電しており、今回の印加エネルギーが約 40kJ に及ぶものがある点から見て、A. I. E. E. の規定の

第1表 電気試験所田無分室に於けるドライバルブ
避雷器 10kV ユニット放電耐量試験結果

Table 1. Discharge Current Capacity Test Data of
10kV Unit of the Dry Valve Arrester at
the Electro Technical Laboratory

供試 避雷器	放電 々流													
	5,000 A (50 μS)		1,0000 A (40 μS)		15,000A (35 μS)				20,000 A (30 μS)			5,000 A (50 μS)		
	1	2	1	2	1	2	3	4	1	2	3	1	1	1
正 規 品	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○
予 備 1	○	○	○	○	g	g	g	g	○	○	○	g	g	○
予 備 2	○								○	○	○	○	○	○

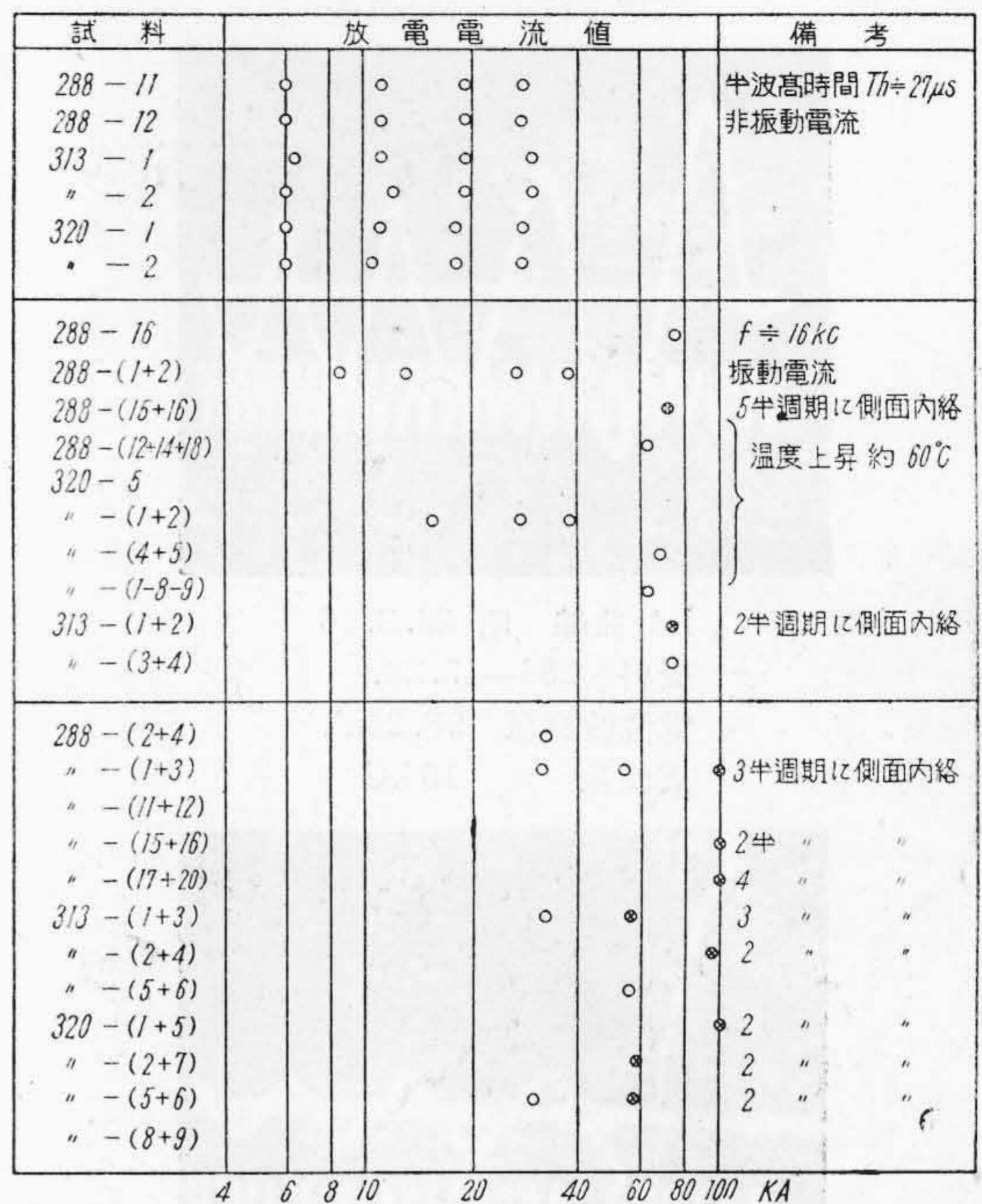
- 註 1. 本表中○印は合格、△印はオツシロに異常らしきものが見られたが分解点検の結果は異常なかつた。
2. g は element に直列に gap をつけて試験したもの
3. 放電々流欄中最後の 5000 A は放電耐量試験後に於ける element の良否を判定するために行つたもの

第2表 10kV 避雷器直列間隙の電位降下
Table 2. Voltage Drop of the Series Gap
of 10kV Dry Valve Arrester

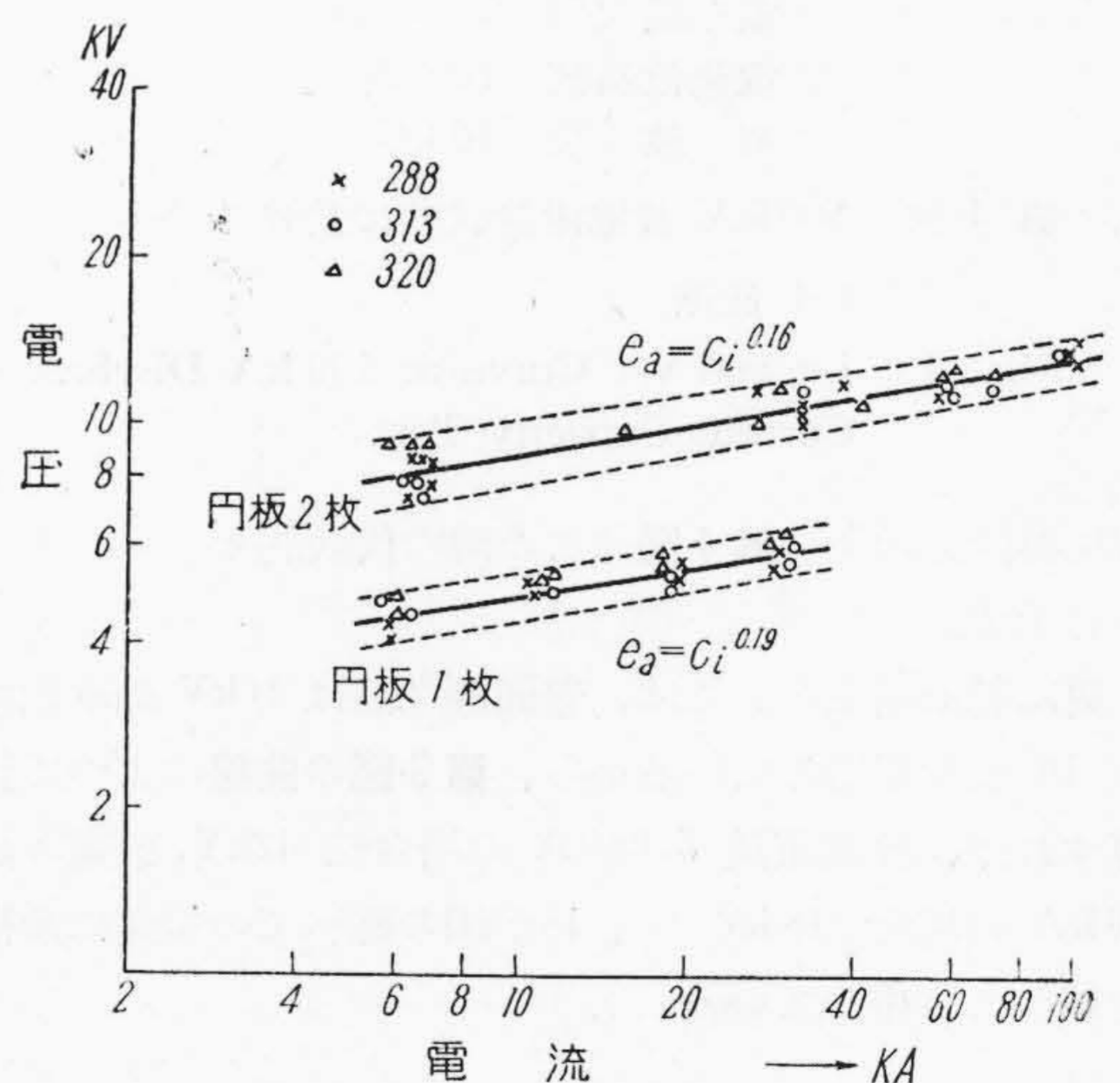
電 流 値 (平均値) kV	電流波高値の比 (ギャップ有り) (ギャップ無し)	電 圧 の 比 (ギャップ有り) (ギャップ無し)	放電間隙 電位降下 kV
9.3	1.04	1.04	0
13.8	1.0	1.02	0.7
18.9	1.0	1.02	0.8

第3表 供試特性要素 (150φ 抵抗板)
Table 3. Test Pieces (150φ Characteristic
Elements of Dry Valve Arrester)

試 料 番 号	備 考
#288— 1 2 ⋮ 20	網島変電所に於ける 100kV 避雷器 続流遮断試験供試品と同一のもの
#313— 1 2 ⋮ 10	(上記を更に改良したもの)
#320— 1 2 ⋮ 9	(上記を更に改良したもの)



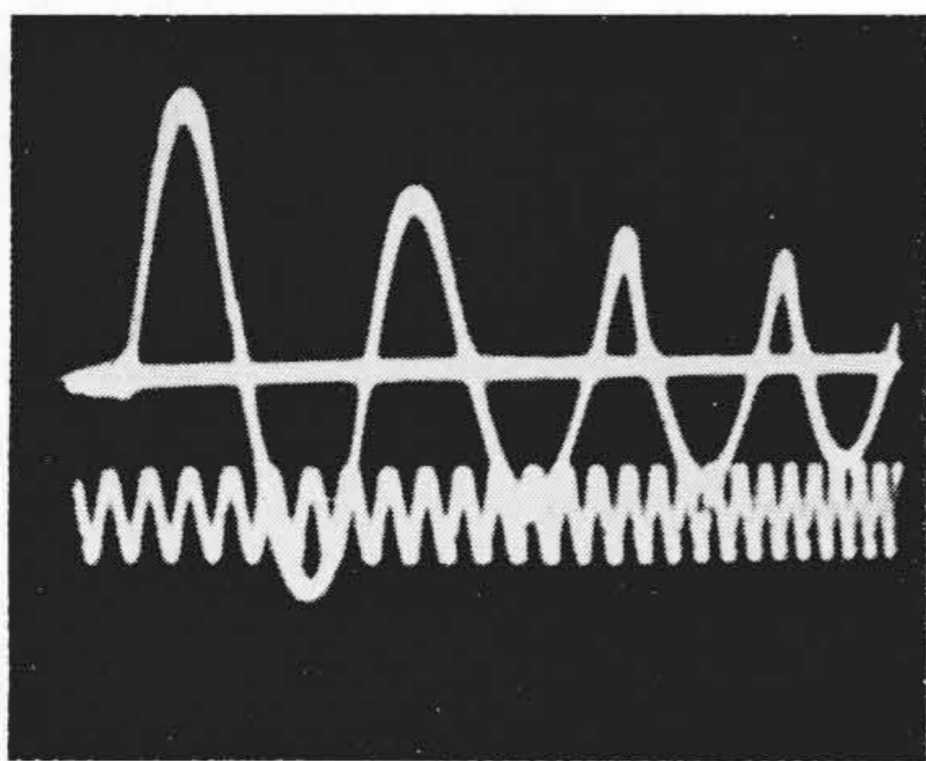
第2図 100kA 放電耐量試験結果
Fig. 2. 100kA Discharge Current Capacity
Test Data of Characteristic Element
of Dry Valve Arrester



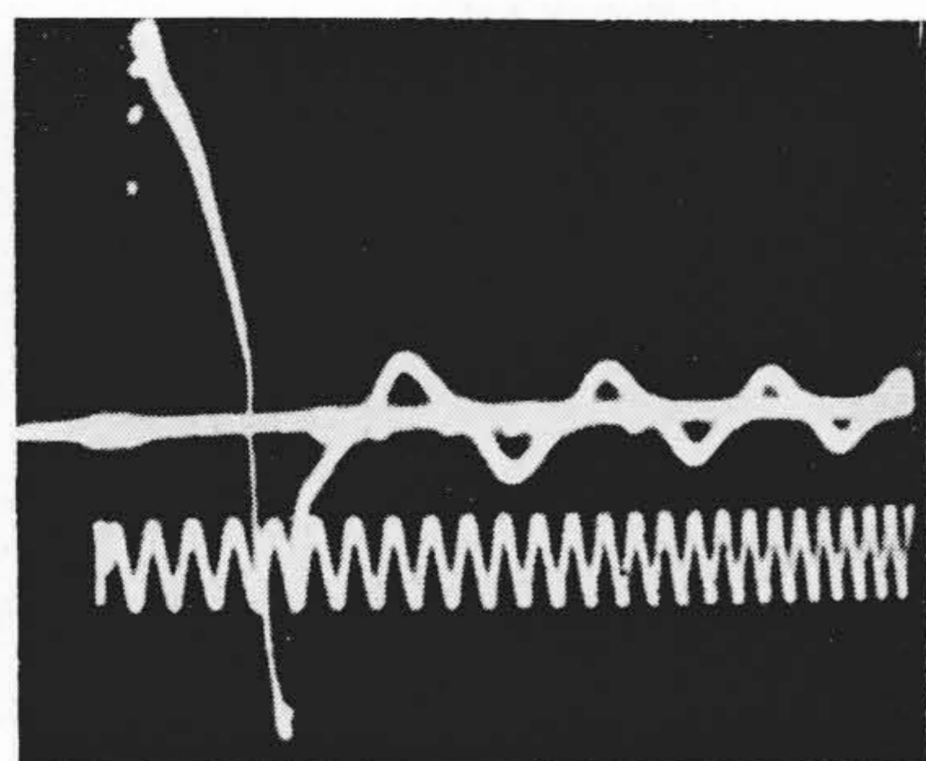
第3図 制限電圧特性
Fig. 3. Discharge Voltage Characteristic
Curve of the Dry Valve Arrester

放電耐量試験 100kA (5×10μS) 印加の場合 (この時のエネルギー約 15kJ となる) に比べて、その試験の苛酷さは今回の方が遙かに上廻つているものと考えられる。
第2図は放電耐量試験結果を、第3図はこの場合の制限

150φ 抵抗板放電耐量



i-t 曲線 昭 26.3.16
資料 288—17.20.
電流波高値 98.2 kA
周波数 16 kC



v-t 曲線 昭 26.3.16
資料 320—1.5.
電圧最大値 13.7 kA
電流波高値 100 kV
周波数 16 kC

第 4 図 100 kA 放電耐量試験に於ける i-t, v-t 曲線

Fig. 4. i-t and v-t Curve at 100 kA Discharge Current Capacity Test

電圧特性を示す。第 4 図はこの時の代表的オシログラムを示す。

更に制限電圧としては、普通標準品は 10kV 当り抵抗板 10 枚を使用しているから、第 3 図の曲線によつて計算すれば、放電電流 5,000 A の場合約 42kV、放電電流 10kA の場合 48 kV で、わが国の総べての規定に余裕を以つて合格している。

[IV] 続流遮断試験

続流遮断性能は避雷器の実際の使用状態に於ける強度を定めるもので、直列間隙、特性要素の両方の性能によつて左右されるものであるが、直列間隙の能力を一定と考えれば、前述の放電耐量が特性要素に対する衝撃電流に対してのみの耐久力を判定することに対し、続流遮断試験は更に続流をも加味した実際的な特性要素の寿命試

第 4 表 衝撃電流の続流値に及ぼす影響

Table 4. Effect of Impulse Current to the Follow Current of Arrester

(a) 衝撃電流 2,600 A 半波高時間 17 μ S の場合

試験回路	機 圧 (kV)	続流波高値 (A)
70	14.3	91

(b) 衝撃電流 1,750 A 半波高時間 4.5 μ S の場合

試験回路	機 圧 (kV)	続流波高値 (A)
60	14.1	39

験でもある。この場合第 4 表⁽⁸⁾に示す如く、衝撃電流の大きさが、続流値に大きな影響を与える。ドライバルブ避雷器では、10kV ユニットにつき印加衝撃電流 3,000 A(20 μ S)、1 分間隔、50 回の工場試験を規定実施して⁽⁹⁾、特性要素の耐久性と遮断能力とを確かめている。1 昨年及び昨年の綱島変電所に於ける 60kV 並びに 100 kV 級避雷器の現地試験の成績は、避雷器の遮断性能と共に、特性要素の耐久性についてよく上記の結果を実証している。然しながら更に近接雷撃乃至苛酷な多重雷撃に対しても、避雷器に或る程度の保護効果を期待するためには、A. I. E. E. に規定する印加衝撃電流 10kA (10 \times 20 μ S)、1 分間隔、30 回程度の試験が望まれる。

ドライバルブ避雷器の 10kV ユニットについて、上記規格の続流遮断試験を実施した場合の温度上昇の計算をすれば、過渡エネルギーは無視して、印加衝撃電流 10 kA(10 \times 20 μ S) による消費エネルギーは約 9.6kJ、続流の波高値を 100 A として続流半波による消費エネルギーは約 4.9 kJ となる。一方抵抗板の比熱を 0.2 cal/gr と考えれば、放電のエネルギーが外部に放散されないものとすれば、1 回の試験によつて 10kV ユニットの温度上昇は約 3.2°C となる。従つて上記の試験で時間々隔等による外部への熱放散を 30% と考えると、ユニットの温度上昇は約 69°C となる。ドライバルブ避雷器の抵抗板は第 2 図の 100kA 放電耐量試験結果で、既に 60°C 程度の温度上昇に耐えることが実証されているから、A. I. E. E. の続流遮断試験も可能と考えられるが、実際に確認するため目下約 1,000 万円の工費で、衝撃電流発生器を更に 3 倍の容量のものに増設中であるから、これが完成すれば一段と保護能力の大きい。安定した避雷器の試験が出来るものと思う。

[V] 結 言

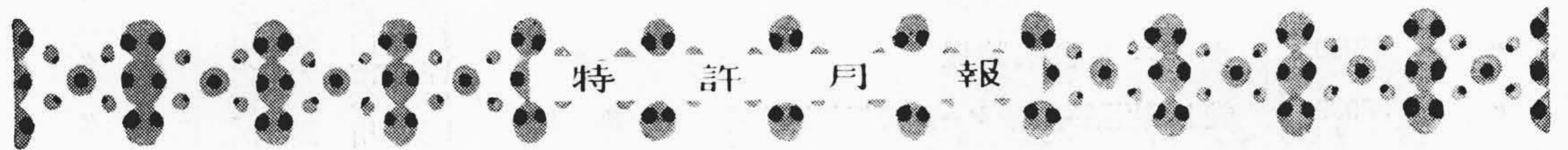
以上最近のドライバルブ避雷器の特性要素はその放電耐量及び制限電圧に於て、従来のものに比して一段と改善された。特に放電耐量では A. I. E. E. の最近の規格

にも充分合格し、避雷器の保護範囲を大きく進展せしめたものである。又製造方法も凡ゆる角度から検討確立したことにより、抵抗板1枚々々が殆んど特性の変わらない均一な安定した製品が生産されるに至つた。

参 考 文 献

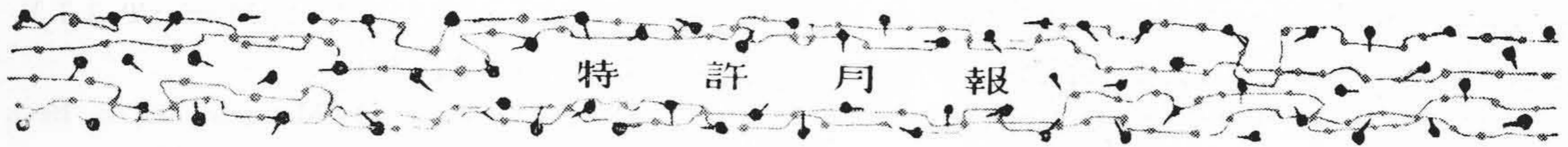
- (1) 工業化学雑誌 : 54, 441 頁 (昭 26-7)
- (2) A. I. E. E. Standards No. 28A 9 頁 (1950-2)
- (3) 雷害防止委員会資料 : (昭 26-2)

- (4) I. W. Gross and W. A. McMorris; T. A. I. E. E. 59, 417 頁 (1940)
- (5) C. F. Wagner, G. D. McCann, and E. Beck T. A. Z. E. E. 60, 1227 頁 (1941)
- (6) 電気協同研究 : 7, 8 頁 (昭 26-4)
- (7) 避雷器試験委員会報告 : (昭 26-2)
- (8) 電気学会誌 : 70, 272 頁 (昭 25-9)
- (9) 落 : 日立評論 32, 875 頁 (昭 25-10)



最近登録された日立製作所の特許及び實用新案 (1)

區 分	登録番号	名 稱	工場名	發明考案者	登録年月日
特 許	193048	中性点接地抵抗方式	日 立	三 浦 倫 義	27.2.14
"	193049	液体混合装置	"	{柴田万寿太郎 増田芳郎	"
"	193050	卷上機における精密着床操縦装置	亀 有	渋谷英寅	"
"	173051	鑄造用金型製造方法	"	{割石官市博 上田博	"
"	193052	揚水装置	"	田中栄吉	"
"	193053	レバーの速動復帰装置	多 賀	{米岡正四郎 宗像晋介	"
"	193054	レバーの急速復帰装置	日 立	田中貞之助	"
"	193055	金属被膜紙処理方法	戸 塚	山 辺 知 定	"
"	193056	直流電橋型周波数計の保護回路	"	{中谷信夫 磯崎薫	"
"	193057	ポンプ逆止弁の閉鎖により生ずる水槌作用の軽減装置	亀 有	堀 田 正 雄	"
"	193058	圧力変化測定装置	日 立	荒 又 光 夫	"
"	193059	金属被膜紙処理方法	戸 塚	山 辺 知 定	"
"	193060	同期検定器	日 立	{小林栄大 近野大吉	"
"	193061	電動送風機	亀 戸	小 橋 馨博	"
"	193062	誘導環型継電器	日 立	{西堀房吉 猿渡川人	"
"	193063	水素冷却回転電動機に於ける水素純度測定装置	日 立	高 林 乍 人	"
"	193064	送電線故障点指示用時間計測装置	中 研	高 田 昇 平	"
"	193065	可変抵抗装置	日 立	{滑川清助 田中貞之助	"
"	193066	複式発条型刷子保持器	"	武政隆一・西沢清司 木田真吉・桑原繁太郎	"



最近登録された日立製作所の特許及び實用新案 (2)

區分	登録番号	名 稱	工場名	發明考案者	登録年月日
実	389989	バッチャー自動満材制御装置	日立	{泉 千吉 郎 檜 垣 登次 加 藤 清 通 沢 卯	72. 2. 15
"	389990	筐体のカバー締付装置	多賀	{横 内 直 古 市 光 古 内 直 古 市 光 小 谷 英 小 川 儀	"
"	389991	衝流遠隔測定受量装置	"	島 田 稔	"
"	389992	ホイスト巻胴装置	"	{横 内 直 古 市 光 古 内 直 古 市 光 小 谷 英 小 川 儀	"
"	389993	ホイスト巻胴装置	"	{横 内 直 古 市 光 古 内 直 古 市 光 小 谷 英 小 川 儀	"
"	389994	巻上機用深度計兼ケーヅ運転記録装置	亀有	{横 内 直 古 市 光 古 内 直 古 市 光 小 谷 英 小 川 儀	"
"	389995	炭車用連結器	戸畑	三 原 正 一	"
"	389996	遠心分離機回転数表示装置	多賀	川 崎 光 彦	"
"	389997	遠心分離機の回転数表示装置	"	川 崎 光 彦	"
"	389998	電気機関車主回路つなぎ箱	日立	{田 所 仙 吉 渡 辺 操	"
"	389999	炭素堆抵抗器	多賀	小室甲二郎	"
"	390000	カーボンパイル抵抗装置	"	小室甲二郎	"
"	390001	カーボンパイル抵抗器	日立	田中貞之助	"
"	390002	カーボンパイル抵抗器	多賀	小室甲二郎	"
"	390003	電気シヨベルの送電装置	亀有	安河内春雄	"
"	390004	密閉型電動機の巻線	栃木	楠本陽一郎	"
"	390005	有鞘木管	川崎	薄 正 四	"
"	390006	碍子型遮断器操作装置	日立	滑 川 清	"
"	390007	碍子型遮断器	"	滑 川 清	"
"	390008	碍管取付装置	亀戸	大 西 真 史	"
"	390009	ホイストコントローラー操作装置	多賀	{横 内 直 宮 本 幸 宮 本 直 宮 本 幸 河 井 庭 章	"
"	390010	ホイスト用コントローラー操作装置	"	{横 内 直 宮 本 幸 宮 本 直 宮 本 幸 河 井 庭 章	"
"	390011	電気自動車制御装置	"	{河 井 庭 章	"
"	390012	電気自動車制御装置	"	河 井 庭 章	"
"	390013	電気自動車の制御装置	日立	田中貞之助	"
"	390014	電気自動車制御装置	"	田中貞之助	"