

161kV 膨脹遮断器並に方向性距離

継電器の試験結果に就て

On the Test Result of 161 kV Expansion Circuit Breaker and Directional Distance Relay

I. 姫路変電所に於ける 161 kV 膨脹遮断器 (ECB) の遮断容量試験に就て

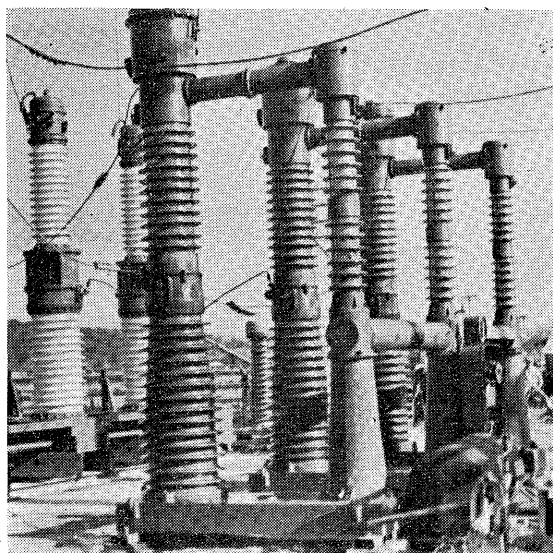
川崎工場工務課 伊 藤 俊 夫

最近の交流遮断器の遮断容量は新しい消弧方式の開発によって非常に増加した。このため現有の試験設備による実負荷試験では、その保証する定格容量の一部の遮断試験を行って定格値を推定する程度に過ぎず、僅かに多重切の場合にのみ、等價的に全容量に近い試験が行い得る程度である。このため単一切、或は二重切の消弧方式を採用して居るわが國の現用遮断器では、等價的な延伸法によって、その定格容量を推察する外はなく、こゝに遮断容量を確認するために、実地試験が要望されて來た。実地試験に於ては、設備に於ける実負荷試験の如く、容易に苛酷な回路條件を得ることは困難であるが、定格容量に近い試験を行い得る許りでなく、遮断器の消弧特性が実際に則して線路に與え、又は與えられる影響の実態を捉えることが出来るわけで、外國では既によくの実施例が報告されて居る。

これに対し、わが國の現情はどうかというと、最近無負荷充電々流の遮断時に於ける再点弧現象を研究するためには、活潑に実地試験が行われて來て居るが、短絡容量試験としては、これまで見るべき試験が行われなかった。然し最近電力会社が積極的に 23 kV と 161 kV の線路で実地試験を計画実施され遮断器発達上貴重な貢献をされた。特に日本発送電株式会社の姫路変電所で行われた試験は試験電圧 161 kV、短絡容量が 1000 MVA に達するばかりでなく、現用の各社の 161 kV 用碍子型遮断器が一堂に集まり、その性能を競った点で画期的な試験と言える。

この試験に参加した ECB は、今迄の標準型であった氣中遮断器をもつ単一切消弧方式の RF 620 型ではなく、最近問題とされて來た無負荷充電々流を遮断する際に生ずる再点弧現象を防止する型として試作し、その性

能を研究中であつた試作品であるが、今回の試験によって新に開発する改良型 ECB の設計に必要な多くの資料を得る事が出來た。



第 1 図 姫路変電所に於ける供試 ECB (手前)
Fig. 1. Tested ECB in Himeji Substation
(Front)

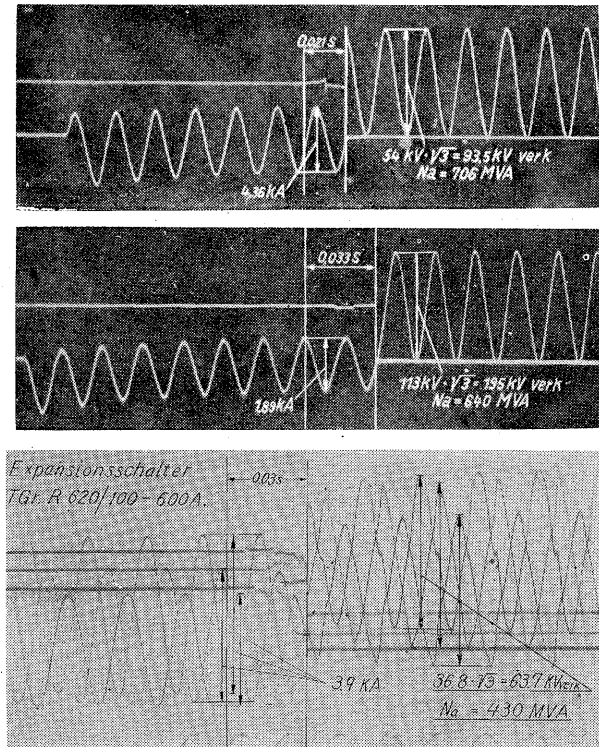
本文では本試験を計画、実施した遮断試験計画委員会の発表資料にもとづいてその試験結果を報告し、各位の御参考に供し度いと考える。

本試験は日本発送電株式会社の絶大な御援助と御指導のもとに、学界の權威者及び各製作会社が協力して行われたのであるが、この人工故障状況を利用して、各社の距離継電器の試験、安定度あるいは電圧降下に就ての調査研究も行われて居る。

1. ECB の遮断容量の保証

本文に入る前に、ECB の定格容量に就て述べる。当

社の ECB が独逸ジーメンス社の多年にわたる研究によって完成された独特の膨脹消弧理論に基づく自力型消弧方式で、現用遮断器中最も簡単な構造のものであること



第 2 図 100 kV 用 RF 620 型による遮断試験
オシログラム

Fig. 2. Oscillograms of rupturing test by type
RF 620 for 100 kV.

は周知のことと思う。

第 2 図は実負荷遮断試験の代表的なオシロ例で、氣中断路器付單一切方式 (RF 620 型) の試験オシロであるが (上) は 100 kV 用が、100 kV 相当電圧で 4.36 kA (約 706 MVA) を、同図

(中) は同じ ECB で回復電圧を 200 kV 相当電圧に上昇し、1.89 kA (640 MVA) を各遮断した場合で、前者は約 1 倍、後者は回復電圧が 200 kV 相当となったにもかかわらず電弧時間は約 $\frac{3}{4}$ 倍を増加した程度で何れも優秀な結果を示して居る。(下) は 60 kV 級の RF 620 型 ECB の試験結果であるが、これも同程度の成績を示して居り、これ等の結果を綜合して延伸法によりその定格容量を決定して居る。

我國では昭和 7 年に水を消弧液とする 11 kV 用 RF 604 型の実地試験と、161 kV 用 RF 620 型の試験設備

による実負荷試験が行われたに過ぎないが、当社製品が運轉に入ってから過去 17 年間に遮断容量に関する事故が皆無であるという実績はその遮断容量を一応保証しているものと云えよう。

実際の幹線に永年使用され、相当の短絡試験遮断を行ったと報告された ECB の点検に筆者もしばしば立会いその実情を調査したが、接触子及び消弧室の遮断による損傷は極めて軽微で、前記試験設備による実負荷試験の接触子の損傷に比べると問題にならない。現地の報告通り、短絡遮断を行ったとすると、例え計算値に相当する回路状況の故障発生が極めて稀であるとしても、試験設備の実負荷試験以上であることは当然であるから、一應定格容量の裏付けにはなる。しかし乍ら故障電流を数値で確認したものではなく、損傷の点についてもやはり実地試験によって確認することが望ましく、今回の試験に大きな期待を持った次第である。

2 姫路に於ける試験の内容

遮断容量試験は 190 MVA、390 MVA、700 MVA、及び 1070 MVA の 4 種目に就て行われた。試験責務としては事故発生時に於ける営業線路への波及を考慮して最も苛酷な C の責務は除き O—3 分—O—3 分—O の責務にて実施した。C の試験は 4 台の遮断器が交互に故障発生用の投入器となるので、別に C の試験としては行わな

第 1 表 各社供試遮断器特性一覧表

遮断器名	遮断容量	遮断方式	接触子型	遮断点数	1) 開 極 時 間	開極速度 最大速度	遮断量 油 量
CCB(日)	2000 MVA	自 力 方 式 制 弧 型	挿 込 型	1	5.9~	5.3 6.5 m/s	900 lt
PCB(芝)	2000 MVA	自 力 方 式 油 衝 型	衝 合 型	1	5.0~	4.0 9.0 m/s	600 lt
ECB(富)	2500 MVA	自 力 方 式 膨 脹 型	挿 込 型	2) 2	3) 5.7~	1.7 2.0 m/s	270 lt
VCB(菱)	2000 MVA	他 力 方 式 同軸吹付型	フ ィ ン ガ ー 型	2	5.0~	2.2 4.2 m/s	1000 lt

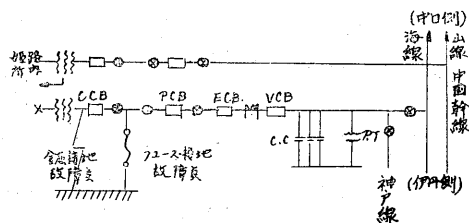
註 1): 60 倍 ベースに於ける値を示す。

2): 2 点遮断なるも二次可動子の開極は一次より 1.3 倍遅れるために 1 点と見做し得る。

3): 一次可動子の開極を示す。

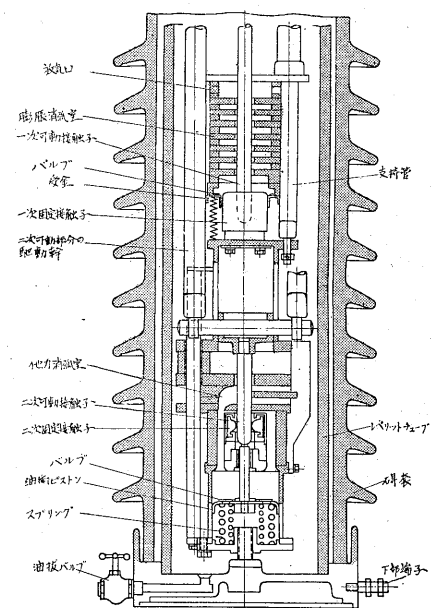
かった。故障発生と同時に伊丹変電所では姫路と共に距離継電器の試験が行われ、その他線路電圧の降下、電力動搖の測定並に調査が行われている。今回の試験には、わが國の代表的な碍子型遮断器が参加して居るが、その仕様を参考のために示すと第 1 表の如くである。

A) 試験系統: 試験系統は別稿 (Ⅱ. 方向性距離継電器 DZ-2 の試験結果に就て) の第 3 図に示す。短絡は 3 相の末端を完全接地とし、本稿第 3 図の如き結線で供試器を交互に投入器兼後備保護用として使用し、故障状態の発生及び供試器の後備保護にあたらせて居る。



第 3 図 姫路変電所試験結線図
Fig. 3. Connection diagram for testing at Himeji Substation.

B) 供試 ECB の定格及び構造: 供試 ECB は第 1 図にその外観を示すような試作型で二重切方式の遮断室を備えて居る。即ち一次遮断点は従来と同じ膨脹消弧室で大電流を遮断させ、二次遮断点は他力横流式の油衝消弧式とし、小電流に対する効果的な消弧力によって再点弧を防止させるように構成されて居る。第 4 図は遮断室の構造図で上部が一次で所謂多段型弾性膨脹消弧室、下部が二次で可動子によって駆動され、これによって蓄勢された発條力により、遮断時には電弧を横切って油流を



第 4 図 遮断室構造説明図
Fig. 4. Construction of rupturing chamber.

生ぜしめる油ピストンを備えた油衝消弧室である。

一次及び二次の可動子は絶縁操作桿によって同時に開閉される。固定接触子には遮断時に発弧しても通電面には、損傷を生じない実用的な特徴をもつ挿込型のポリゴン接触子を、消弧室を構成する材料には、積層ベークライト絶縁板を使用して、何れも従来の RF 620 型と同じである。

本器の定格及び特性は次の如くになって居る。

電 圧: 161 kV

電 流: 800 A

遮断容量: 2500 MVA (約 9000 A) 161 kV に於て

開極時間：一次 5.7 ~ 二次 7.0 ~

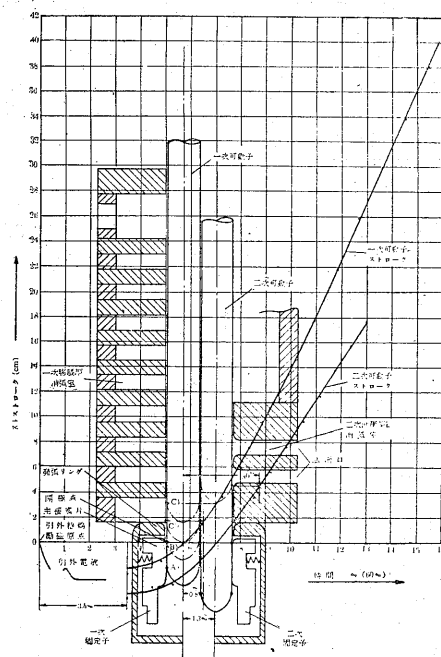
開極速度：一次 1.7 m/s 二次 1.4 m/s

最大速度：一次 3.0 m/s 二次 2.8 m/s

遮断室油量: 240 kg (3 相分にて)

上記の開極時間で一次と二次との間に約 1.3 への差があるが、これは一次膨脹室の性能を試験する爲に二次を遅らせて、その消弧力の影響を抑制したものである。

第5図は本器の一次及び二次可動子の行程と時間の關係を表わして居る。図中の曲線は可動子が固定子の主接
触子より開離する点、即ち開極点を基準としてその時間
による推移を表わして居るもので、可動子の尖端の推移
ではない。



第 5 図 開路特性曲線 (ストローク対時間)
Fig. 5. Opening characteristic curve (time versus stroke)

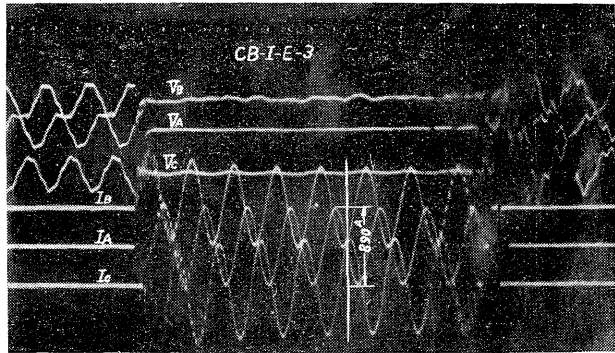
本図によれば、引外線輪が附勢されてより 3.5 へ後に可動子の開極点が (A) の位置より動き出し、5.7 へ後に (B) の位置で開極し、(C) の位置で発弧リングの面より抜け出て、その開極距離が時間と共に速度を増しながら増加して行くのがわかる。一般には (C) の位置を基準とした開極距離が絶縁回復力の基礎となる絶縁距離となり、かつ電弧長を表わす。二次可動子は一次と同時に起動するが、その挿込みが深いために一次の開極後 1.3 へを経て開極し、速度は一次より若干遅いが曲線の如くに開路する。

二次油衝消弧室が消弧力を発揮するのは、その可動子が油衝口を過ぎた時で、一次の開極より約3~を経過す

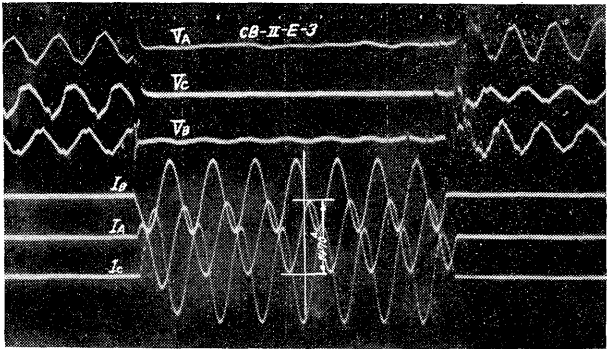
る。これは一次の電弧時間、即ち引外線輪を励磁してより弧光の消滅する迄の全遮断時間より同じく位置 (B) までの開極時間を差引いた電弧時間が3〜以下では油衝口が開口しないから二次油衝消弧室が若干の弧光長を有するのみで油衝力を發揮して居らず、この消弧作用の影響が少い。即ちこれによって一次膨脹消弧室のみの能力

第 2 表 試 験 結 果 一 覧 表

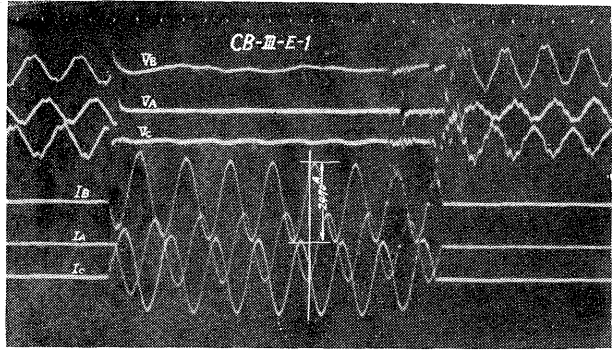
オシロ 番 号	試 験 番 号	短絡容量 (MVA)	遮断電流A			全遮断時間〜			電弧時間〜			対地電圧倍数			備 考
			A相	B相	C相	A相	B相	C相	A相	B相	C相	A相	B相	C相	
7	CB-I-E-1	190	680	860	730	9.0	8.9	9.0	3.3	3.2	3.3	—	1.9	1.6	遮断室上部蓋の間隙部及び放氣口よりガス噴出若干あり。 微小再発弧あり。
8	-2		670	830	680	9.0	8.9	9.1	3.3	3.2	3.4	—	1.7	1.6	
9	-3		700	890	730	9.2	9.0	9.0	3.5	3.3	3.3	—	2.0	2.0	
21	CB-II-E-1	390	1450	1840	1450	9.5	9.2	8.9	3.8	3.5	3.2	—	1.3	1.5	同上部分よりガス噴出、噴油あり。 E-2, B, C 相に再発弧あり。
22	-2		1450	1820	1470	10.3	10.8	10.2	4.6	5.1	4.5	—	—	—	
23	-3		1450	1900	1450	9.6	9.6	9.2	3.9	3.9	3.5	—	1.3	1.4	
30	R-II-2-2			1980	1560	—	8.9	9.3		3.2	3.6	1.5	1.4	1.0	
39	CB-III-E-1	700	2900	2470	2350	9.0	9.0	8.8	3.3	3.3	3.1	1.6	1.2	1.2	同上部分よりガス噴出、噴油あり。
40	-2		2800	2470	2700	9.3	9.1	9.4	3.6	3.4	3.7	1.0	1.4	—	
41	-3		2800	2470	2700	9.2	9.4	9.4	3.5	3.7	3.7	1.3	1.4	1.3	
55	CB-IV-E-1	1070		4450	5450	8.2	8.7	8.3	2.7	2.6	2.5	1.5	1.2	1.6	放氣口よりガス噴出若干あり。(前より少い)
56	-2			4320	5260	8.6	7.7	8.2	2.9	2.0	2.5	1.1	1.9	2.0	
57	-3			3950	5260	8.9	8.4	8.2	3.2	2.7	2.5	1.2	1.7	1.2	



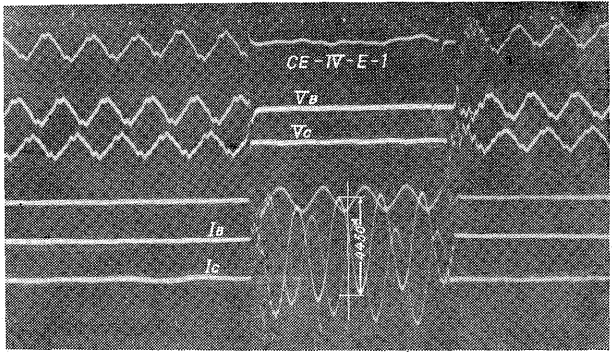
A) CB-I-E-3



B) CB-II-E-3



C) CB-III-E-1



D) CB-IV-E-1

第 6 図 試 験 オ シ ロ
Fig. 6. Oscillograms tested

を検討出来るわけである。

又、接触子の構造により位置 (B) より (C) に抜けてる迄の時間約 1.3 秒は電弧時間に含まれることとなる。即ち現在のポリゴン型の接触子では、損傷が少く衝合型に比べ優れた特徴をもっているが電弧時間としては衝合型或はフィンガー型より長くなる。此の欠点は構造上の改良によって殆ど除去することが可能である。

C) 測 定：試験用制御回路の操作は円板型カム制御機械を用いた連動装置を使用して大体故障継続時間が 6 秒程度となるように調整した。

D) 試験結果：試験終了の都度消弧室より油を抜きとり、炭化、絶縁耐力の検査を行って居る。その試験結果は第 2 表の如きものである。遮断電流は r.m.s 値を表

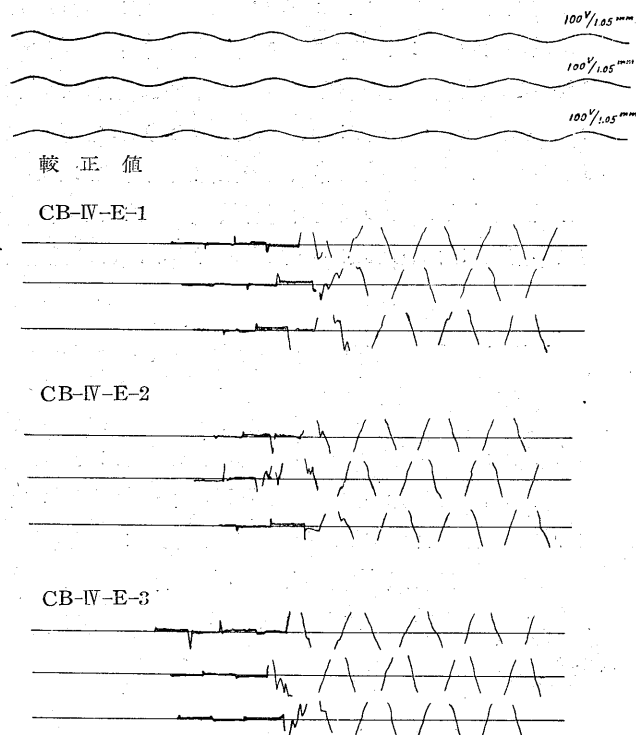
第 3 表 再起電圧上昇率及固有振動数

試験系統	遮断電流	並列回線数	再起電圧上昇率 V/μs		1) 固有振動数 ~	
			計算値	実測値		
I	0.8 kA	1	192	100~200	280	
II	1.6 kA	1	384	320~400	630~760	約 2000
III	2.9 kA	3	232	200~330	930~980	約 3000
IV	4.4 kA	5	212	160~380	350~450	1500~2600

註 1) 固有振動数は 2 種類の周波数が現われて居る。

2) 計算式 (略算)

$$\text{再起電圧上昇率} = \frac{240I}{n} \text{ V/}\mu\text{s} \quad \text{但} \quad I = \text{遮断電流 (kA)} \\ n = \text{並列回線数}$$



第 7 図 ECB 電弧電圧 (140 kV 4,400 A 1,060 MVA)
Fig. 7. Arc-voltage of ECB

わすが、全試験を通じ直流分の減衰は早く開極時に於て 10~15% 程度である。電弧時間は一次消弧室に於ける電弧時間で全遮断時間より第 5 図の位置 (B) に於ける開極時間を差引いているので、発弧リングの面に抜出る迄の死時間約 1.3 秒は含んで居る。対地電圧は電磁及びブラウン管によって測定しているが、電磁の場合は振動子が回路の状態によって共振し、過大な記録を與えるので、信用出来るブラウン管の数値を採った。

一例としてブラウン管では 2 倍以下なるにも拘らず電磁では 8 倍以上を記録した場合もある。油圧の測定は測定不能のため行わなかった。第 6 図は今回の試験に於ける一二の例を示す。第 3 表は再起電圧の上昇率を、第 7 図はブラウン管による電弧電圧の一例を示す。

E) 結果の検討：

i) 試験の経過：試験は 190 MVA より開始され 700 MVA を終了後に消弧室の点検手入れを行い、そのまま 1070 MVA の試験を行った。ECB は試験中に遮断室の頭部よりの噴油が若干目立った。この原因は上部蓋部にパッキングを取付けなかったためである。

1070 MVA の試験ではこの間隙部をパッキングで充填して塞いだので、この現象は見られなくなった。その他に就ては、例えば碍子の振動等の異常は見られなかった。

ii) 試験後の内部点検結果：190 MVA、390 MVA 及び 700 MVA の試験を引続いて行い、点検後、油を入換えて 1070 MVA の試験をなし、後再び点検を行った。

油——油は当社のみ日石製品のナフテン系油を使用した。試験終了後では相当に黒色を呈して居た。黒化の程度は稍大であるが、静止して置くと炭化物が沈澱分離する位のところである。小油量遮断器であるから、この程度は止むを得ないと考えが、ECB は第 1 表に示す如く、他と比べると最も油量が少ないので、このため黒化も若干多く見えるものと思う。

油の絶縁耐力は最低 15 kV 程度に降下したが、この程度では実用上支障はない。消弧室の沿面に炭化物が附着して生ずる絶縁耐力の低下は、氣中断路器を廃止した碍子型遮断器では、最も問題になる点であるが、今回の試験では、外部沿面では問題とならず炭化物の堆積が構造上不可避と見られる消弧室内の絶縁板沿面に於ても匍匐放電の痕跡は認められなかった。

接触子——一次、二次とも可動子としては銅棒を、固定子としては銅製の主接触片と、これを保護する眞鍮製の発弧リングを有するポリゴン型を使用して居るが、発

弧部分は損傷を受けて居る。しかし通電部は両者とも何等の損傷もなく、実用的なポリゴン型の特徴が実証されて居た。発弧部分の消耗程度も 1070 MVA 終了後で尚お取換えを必要とするまでになっていない。実際に使用されて居る ECB ではその使用実歴が8年以上に達する幹線用器でも、前記の消耗に比すると少い。

消弧室——試験を通じて同一の消弧室を使用したが発弧による焼損、炭化物による閃絡、及び高熱ガスによる消耗等の現象は全然見られなかった。僅に加工部に塗布したベークライトワニス炭化が見られたがこれも拭えば容易に取れる程度である。

消弧作用に就て見ると、一次膨脹消弧室の消弧力を發揮する開口は、700 MVA までは殆ど最下部室で行われて居るが、1000 MVA では三段目にも認められた。二次油衝消弧室の効果を抑制するために一次より発弧を遅らせたのであるが、700 MVA 終了後の点検結果では、油衝口に炭化物の附着が認められた。1000 MVA の試験後では、これは認められなかった。之は二次消弧室で消弧力が働くのは開極後に約 3 週を経過しなければならぬので、これが働く前に膨脹消弧室で消弧されたことを示して居り、第 2 表に示す電弧時間と大体一致する。

二次油衝消弧室の効果に就ては、比較の資料がないので判定は困難であるが、試験設備による負荷試験の結果に比べて見ると、電流時間が若干短縮されて居る点からその効果の程度が想定される。

iii) 測定項目の検討：

遮断電流——表に示される電流値で各相電流の不平等が目立つが、その原因は明かにされて居ない。遮断電流の値は大体予備計算と一致して居り、現在の故障電流計算方法で相当に正しい値の得られることが判った。

電弧時間——電弧時間の算定は JEC-57 の規程に従い、一次可動接触子が発弧リングの面から抜け出るので

はなく、主接触片を離れるまでを開極時間と定め、全遮断時間からこの値を差引いた値をとって居る。第 8 図は遮断電流と電弧時間と関係を表わしたものである。膨脹消弧方式に於ける電弧時間と電流の関係は発明者であるケッセルリング博士によって或る臨界値以上の電流に対し実証的に次式に示されて居る。即ち電弧電圧の増加が

$$U_R = B(e^{\epsilon t} - 1)$$

によって表わされるものとして電弧時間 t_a は

$$t_a = \frac{1}{\epsilon} \log \left(1 + \frac{k' \gamma U \sin \varphi}{f I} \right)$$

但し U_R : 電弧電圧

I : 遮断電流

f : 周波数

ϵ : 遮断室の構造に関係し実験的に
 k' : 定められた常数
 B :

γ : 回路の固有振動数

$U \sin \varphi$: 位相角 φ に於ける回復電圧

即ち t_a は電流の増加と共に次第に減少して一定値に達するが、この一般的特性は今回の試験結果及び前に述べた試験設備の負荷試験に於ても実証されて居る。

電弧時間は 390 MVA (1500 A) が最も長く且つ不安定で、旧型の試験設備に於ける実負荷試験の場合は 700 A 前後が最も不安定となっている。然しこれ以下の電流では安定している。旧型と今回の供試品の電弧時間特性に差のある理由は、後者には二次油衝消弧室があり、この消弧力が利いているためである。最初に遮断した相の電弧時間の中にはジューメンスの試験の結果より良いものもある。試験電流の小さい時、遮断する附近の周期に於て、再発弧する場合に若干の電弧休止時間の認められるものがあるのは、油衝消弧室の絶縁回復特性によるものと想定される。この現象は遮断試験設備による実負荷試験の結果には見られなかったものである。この現象は他の自力型遮断器の試験結果にも表われて居るが特に異常現象とは考えられない。

3. 結 言

以上富士 161 kV 試作 ECB の姫路変電所に於ける実地試験の概略を報告した。富士 ECB は供試遮断器中で最大の遮断容量を有する。その実際の能力に就ては過去 17 年の使用実績と点検結果より、確信を持って來たのであるが、今回の試験によりその自信を高める事が出来た。

電弧時間は試験に参加した他の遮断器と比べると幾らか長い点もあるが、之は前述の如く実用的に有利なポリゴン型接触子を使用したので消弧力に関係のない電弧死

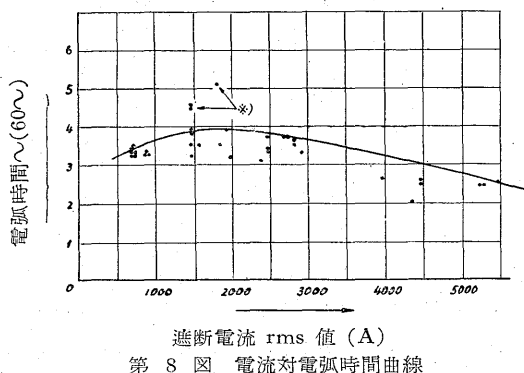


Fig. 8. Arcing-time versus current characteristic.

註 1. 全相の電弧時間を記録す

註 2. ※印は再発弧により時間延長したもの

時間を含むためである。即ち供試器でも接触子の構造を変えれば電弧時間は約 1 程度は短縮し得る事になる。

今日多く使用されている RF 620 型は単一切消弧方式の点で供試器と異なるが試験では二次消弧室の性能を抑制して居るので、故障電流に相当する範囲では大体単一切の性能と変わらないと見られる。

供試 ECB は小電流性能の向上も研究するため、試作したものであるが、画期的な試験に参加の機会を得て多くの貴重な資料を得ることが出来た。一應その遮断能力の一部は実証されたが、構造的には多くの考慮を要する点があることが明かにされた。現在当社では、これらの経験と、数回にわたり実施した無負荷充電々流遮断の試験結果を参考として下記の点に改良を加えた新型 ECB を製作している。即ち

- 1) 接触子には耐弧材料を使用したポリゴン型を使用し、挿込みによって電弧時間が延長しない構造とした。
- 2) 消弧方式は三次他力油衝力を強化し、多重遮断の効果を充分發揮出来、且つ遮断時には回路に抵抗を挿入

し、回路条件を調整し、電弧勢力及び再起電圧の上昇を抑制して、電弧時間を短縮し得る構造とした。

3) その他一般的な構造も、17 年の実績に於ける使用者各位の御意見を参考とし保守及び点検の容易な構造とした。

本改良型 ECB は超高圧新北陸幹線の 161 kV 側成出及び祖山 P.S 用遮断器として納入することになって居るが、本器の完成は前記の数回にわたる実地試験に負う所非常に大きく深く感謝している次第である。願くは今後も遮断器の性能向上のため一層大きな試験を実施せられんことを希うものである。

試験の詳細は電氣学会雑誌に発表されているので、之を御参考願ひ度い。

終りに画期的な試験を計画し、万難を排して実施せられた日本発送電株式会社の各位に深く敬意を表すると共に、多くの御指導を賜った計画委員諸氏並に測定に携われた各製作会社の関係各位に深く御礼申上ぐる次第である。

II. 伊丹変電所に於ける富士高速度方向性距離

継電器 DZ-2 の試験結果に就て

技術部配電盤課 立 松 治

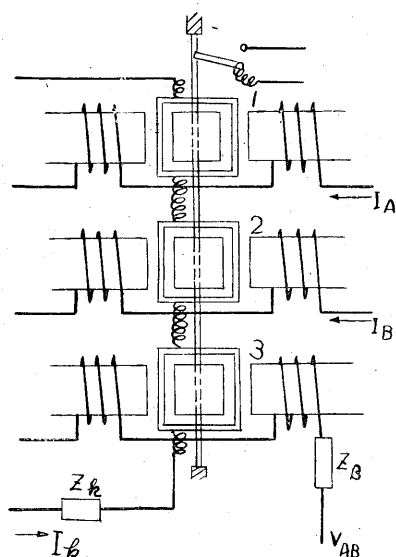
1. ま え が き

從來我國の送電系統の保護方式は平衡継電方式、或は段階時限方式が採用されて來たが、大電力系統が互に連繫せられて複雑になった現在では、從來の方式を以てしては満足な保護が出来難くなって來た。一方送電容量の増大と共に安定度の見地より故障の高速度除去が要求される様になった。この様な見地から故障点の方向及び位置を独力で測定し、自己の保護区間内であれば直ちに動作して故障を除去し、保護区間外の故障であれば後備保護を行う、強力な選択性を有する高速度方向性距離継電器に大なる期待が掛けられ、その実用化の声が次第に高くなって來た。一方現在日本発送電会社によって、着々建設されている我國最初の 275 kV 中性点直接接地方式の新北陸幹線保護方式には、故障時の安定度の低下、通信線への誘導障害の防止等の爲、搬送距離継電方式が採用せられることになっている。この様な情勢下であり乍ら母体となる高速度距離継電器の実用されていない我が國の現状に鑑み、その性能の確認の爲に現地試験の必

要にせまれていた。幸い昨年 11 月日本発送電会社姫路変電所に於て、短絡電流遮断試験が実施された機会を利用して、伊丹変電所に於て東芝三菱日立及び当社の 4 社製距離継電器の試験が行われたので、ここに当社の距離継電器の試験結果を御報告し各位の御批判を賜り度い。

2. 富士高速度方向性距離 継電器 DZ-2 の概略

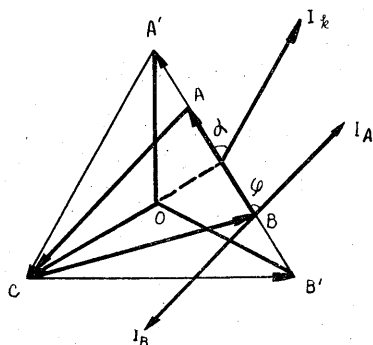
距離継電器は既に欧米で広く実用されており、当社でも從來のインピーダンス継電器 RZ-4 を有していたが、高速度動作のものは極く最近開発せられ主として米國で実用されている。何れにしても我が國では極く最近になって関心がもたれる様になった。從來の当社の距離継電器 RZ-4 は方向性を持っていない動作時間の遅いものであった。方向要素と距離要素が別箇であると継電器の動作を確実にする爲に両接点の協調を必要とするから余り高速度を期待することは出来ない。然るに DZ-2 はこの点を考慮して方向性をも兼備した距離継電器であるの



第 1 図 DZ-2 の構造
Fig. 1. Construction of DZ-2.

で、如何に高速度とするも絶対誤動作をしない新形式のものである。

第 1 図は DZ-2 の概略の構造を示すものであって、3 個の電流計型回轉要素と、之を機械的に連結する共通軸より構成されている。2 個の電流計型回轉要素によって短絡電流による方向性の駆動トルクを発生させ、之と他の 1 個の電流計型回轉要素によって生ずる電圧による抑制トルクとを共通軸にて機械的に合成し、方向測定と距離測定とが同時に出来る構造になっている。今この継電器が AB 相に接続せられた場合を考えると、固定コイル 1, 2 及び 3 には夫々 A 相電流 I_A , B 相電流 I_B , 線間電圧 V_{AB} が加えられる。コイル 3 のインピー



第 2 図 短絡時の電圧電流ベクトル図
Fig. 2. Vector diagram when short circuit.

ダンスと外部附加インピーダンスの和を Z_B , Z_B のインピーダンス角を β とする。一方中央の可動コイルは直列に接続せられて C 相の相電圧 V_{CO} が與えられて、 V_{AB} に対して α なる遅れ角の電流 I_k が流れる様にしてある。これら 3 個の電流計型回轉要素によって発生されるトルクの差を、共通軸にて機械的に合成すれば、

AB 相短絡時の電圧電流は第 2 図に示される様なベクトル図となるから、合成トルク T は

$$T = k_1 I_A I_k \cos(\varphi - \alpha) - k_1 I_B I_k \cos(\pi + \varphi - \alpha) - k_2 \frac{V_{AB}}{Z_B} I_k \cos(\beta - \alpha)$$

となる。

今系統が平衡しているとし、 T が正の場合に継電器は接点を閉路するものとすれば、継電器の動作条件は

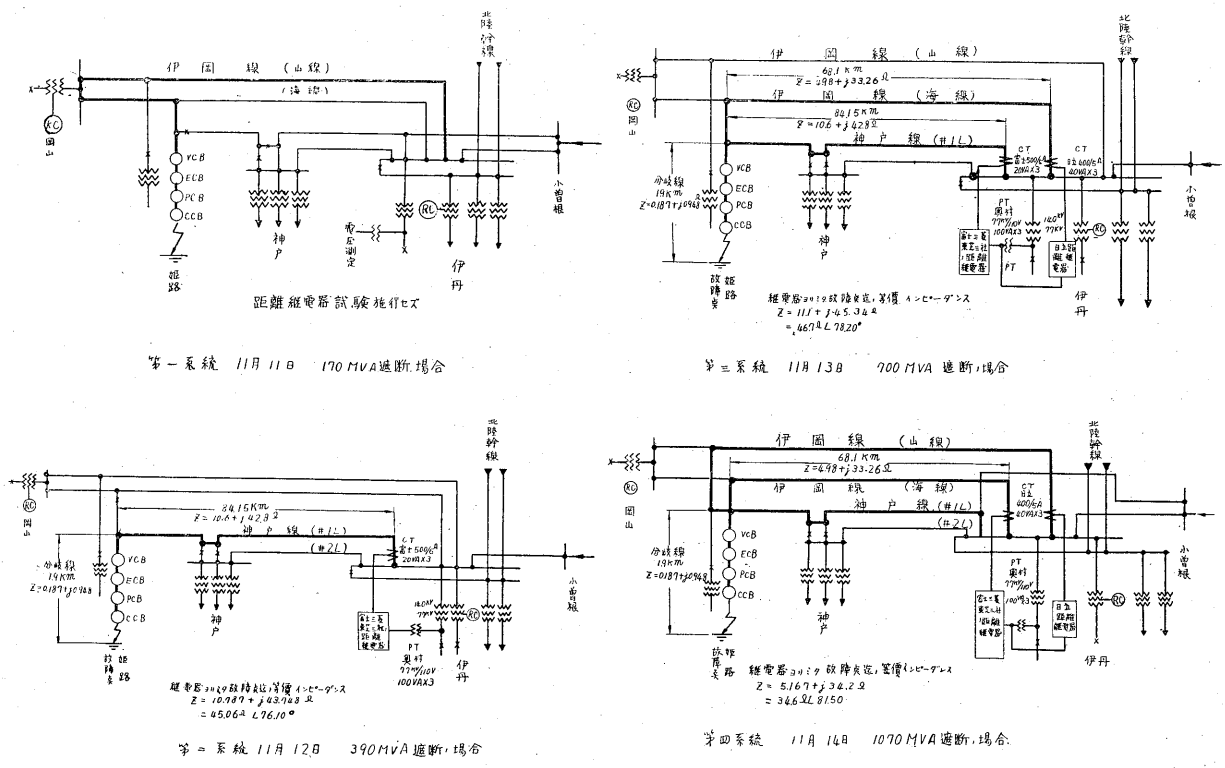
$$\frac{k_1 Z_B \cos(\varphi - \alpha)}{k_2 \cos(\beta - \alpha)} > \frac{V}{I_A + I_B} = \frac{V}{2I_A} = Z_l$$

となる。上式の Z_l は継電器より見た故障点迄のインピーダンス、 φ は線路のインピーダンス角、 k_1, k_2 は継電器常数である。この関係は 3 相短絡についても同様である。今故障点迄のインピーダンスが、上式の継電器常数より定まる左辺即ち継電器の整定値より小或は大なる場合には、継電器は夫々動作、不動作となるから、此の継電器は距離測定の選択性をもっていることになる。一方反対方向の故障であるときは、固定コイル 1, 2 の要素で発生するトルクは、前の場合と逆になって、接点を開く方向に向うから方向性も兼備しているわけである。又整定値の限界点附近で弧光を伴った短絡故障が発生すると、継電器の見掛けのインピーダンスが増加して継電器が不動作になる虞があるので、線路に対する継電器の位相特性を調整して不動作になる範囲が最小となる様にしている。

3. 伊丹変電所に於ける距離継電器試験の概略

昭和 25 年 11 月 12 日より 4 日間に亘って、伊丹変電所神戸線 #1 線及び伊岡線海線に、2 相分 2 段階保護範囲の距離継電器を接続し、姫路変電所に於ける短絡電流遮断試験と並行して距離継電器の距離測定精度、動作時間、弧光抵抗の距離測定に及ぼす誤差等をみる目的で試験が行われた。東芝・三菱製も 2 相分を当社と同一の系統に CT の負担が 3 相平衡する様に接続し、日立は別の系統に 3 相分を接続して 4 社競演の形となった。第 3 図はその時の試験系統図である。試験回数は、3 相金属地絡 34 回、3 相ヒューズ地絡 4 回、2 相ヒューズ地絡 5 回を発生して継電器の動作をオシログラフによって調べた。

本来ならば継電器の整定をある一定値にしておいて故障点を種々変化して距離継電器の性能を試験すべきであるが、今回の試験では故障点が姫路変電所に定まっているので、逆に継電器の整定を種々変化して試験を行った。即ち CT, PT は等価試験によって定常時の誤差を



第3図 伊丹変電所に於ける距離継電器試験及び姫路変電所に於ける遮断器遮断容量試験系統図
Fig. 3. System diagram showing distance relay test in Itami Substation and rupturing test of circuit breaker in Himeji Substation.

測定し、故障点迄の線路のインピーダンスは計算で算出し、両者を総合して継電器のみる故障点迄のインピーダンスを求めて、これを基準値100%としてその前後に継電器の整定を変化したのである。従って整定値が100%以上であれば継電器は動作、100%以下であれば不動作となる筈である。例えば整定値が125%の時の継電器の動作は、実際送電線に取付けた場合には継電器整定区間の $\frac{100}{125} \times 100 = 80\%$ の点で故障が発生した事に相当して継電器は動作の表示をするわけである。

4. 試験の結果に就て

当社距離継電器の試験結果を距離測定精度と動作時間の二つの観点より整理して、その性能を明らかにすると下記の通りである。

第1表 距離継電器 DZ-2 の整定値と動作表示
a) 第2及び3系統 神戸線 #1線
(富士製 500/5 20 VA×3 CT=接続)

整定値 %	115以上	110	105	100以下
試験回数	35	8	16	45
表示	全回数動作	動作回数7 不動作回数1	動作回数9 不動作回数7	全回数不動作

b) 第4系統 伊岡線海線
(日立製 400/5 40 VA×3 CT=接続)

整定値 %	125以上	122	120	115	110以下
試験回数	13	3	5	6	20
表示	全回数動作	動作回数2 不動作回数1	全回数動作	動作回数2 不動作回数4	全回数不動作

(a) 距離測定精度

距離継電器の性能の中最も重要なもので、この精度如何によって保護範囲が決定されるわけである。第1表は各試験系統に於ける継電器の整定値と動作との関係を示すものであって、継電器自体の誤差、CT、PTの過電流域に於ける過渡時(短絡後の数〜間)の誤差、線路の計算によるインピーダンス値と実際のインピーダンス値との誤差等を総合した特性を示すものである。従ってこれによって継電器の動作の正否の判定を下す事は出来ないが、実際に系統に距離継電器を取付けて使用する場合には、大なり小なり誤差のあるCT、PTと組合せて使用するし、又線路のインピーダンス値を実測不可能のため計算によって求めるより以外に手段がない場合も時にはあるから、その様な意味でこの結果は意義があると考えられる。

即ちこの表より両電気所間を距離継電器の保護区間と

して継電器を整定した場合、第2及び3系統の様な単一鉄心交鎖線輪型のCTを使用すれば、 $\frac{100}{115} \times 100 = 87\%$ 以内の点で故障を生じた時は必ず動作し、100%以上即ち区間外故障では絶対に動作しない。その中間87~100%の区間の故障では不動作の場合も起り得ることが分る。又第4系統の様なカスケード型CTを使用した場合は、前の場合に比して限界点が保護区間内に移動して、確実に保護出来る範囲が狭くなるが、やはり同様の事が云いえるわけであって、距離継電器で最も嫌悪される over reach の現象は当社の距離継電器には絶無であることが分る。

この様に継電器の動作の限界点が第4系統に於ては著しく予想と相違した原因の第1のものは、CTの過電流域に於ける過渡時の特性に予想以上の誤差のある為で、この事は第2及び3系統のCTに就ても程度の差は多少あるが表われている。第2の原因としては今回の試験の様に、断続的に無負荷送電線を人工的に短絡した為、遮断時の電流によって生ずるCT鉄心の残留磁気、次の試験時の短絡電流の二次側電流値に影響してCTの誤差となり、継電器よりみたインピーダンスが予定値と異なったからである。又残留磁気は試験毎に変化するから、残留磁気によるCTの誤差は一定のものではないので、継電器よりみたインピーダンスも試験毎に変化するわけである。例えば第4系統に於ける第1回目試験の場合には、残留磁気の影響はないので残留磁気によるCTの誤差はなく、継電器よりみたインピーダンスも予定インピーダンス100%に略々等しくなっているので、その時の115%整定の継電器は動作するわけで、第1表115%整定時の動作の場合がこの例に相当している。

次に継電器自体の動作の正否の判定を下す為には、継電器のみたインピーダンスと整定インピーダンスとを比較しなければならぬ。即ち継電器の整定インピーダンス Z_0 、継電器よりみたインピーダンスを試験毎にオシログラムより算出して求めた値を Z とすれば、 $Z_0/Z \times 100\%$ （以下この値を従来の整定値と区別する為換算整定値と云う。）が100%以上である時は、継電器の保護すべき区間内の故障であるから動作し、逆に100%以下である時は、継電器の保護区間外の故障であるから不動作となるのが正しい継電器の動作である。この観点より試験の結果をまとめて継電器自体の誤差範囲及び不正動作の確率を求めると次の様になる。

i) 継電器の換算整定値が100%以上の場合には、継電器は動作するのが正しいが、継電器自体の誤差のため不動作になった場合の誤差範囲及び不正動作の確率

全試験回数	換算整定値別動作回数	不動作回数合計	誤差範囲	不正動作の確率 = $\frac{\text{不動作回数}}{\text{全試験回数}}$
71	100~102.5% 4	102.6%以上 0	4	2.5%
				5.63%

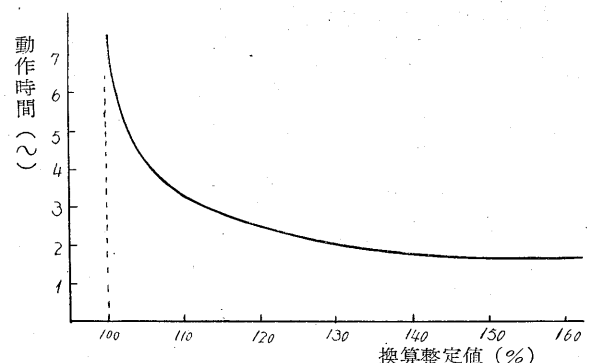
ii) 継電器の換算整定値が100%以下の場合、継電器は不動作となるのが正しいが、継電器自体の誤差のため動作（所謂 over reach）した場合の誤差範囲及び不正動作の確率

全試験回数	換算整定値別動作回数 100%以下	動作回数合計	誤差範囲	不正動作確率 = $\frac{\text{動作回数}}{\text{全試験回数}}$
77	0	0	0%	0%

従って継電器自体の距離測定精度は i), ii) の結果を総合して、誤差範囲 0~+2.5% 不正動作の確率 2.7% となる。一方他の3社の成績を総合すると、誤差範囲 -2.63~5%, 不正動作の確率 8.02% となって、当社継電器に比し不正動作をする整定範囲が広く、又不正動作の回数も多いわけで、当社電流計型距離継電器の距離測定精度が極めて高いことが分る。なお、ここに云う誤差範囲 $-a \sim +b\%$ とは、継電器の整定が $100-a\%$ から $100+b\%$ までの範囲にあった場合、100%の点で故障が発生すると継電器が不正動作をする場合があることを示している。

(b) 動作速度

故障の高速遮断の目的より、動作速度も重要視され、今回の試験でも、広範囲に整定を変化して（約70%~300%）試験が行われたのである。第4図はDZ-2の動作時間と換算整定値との関係を示したものであ



第4図 DZ-2の動作時間と換算整定値との関係
Fig. 4. Time limit characteristic of DZ-2.

て、動作時間は約2~前後である。当社の継電器は三つの電流計型回轉要素の平衡によって動作するから、原理的に極めて高感度高速度であるが、供試品は製作期間が短かったので、他の継電器の部品をその儘流用した

ため可動部が所定の 2.5 倍も過大なものとなり、そのため動作時間も所望の 1 秒にならなかったが、今後の正式の製品に対しては、この懸念はなく、1 秒動作が可能である。

又前記の不動作も換算整定値 102.5% 以内で故障が発生した場合で、この様な保護区間の限界点附近の故障に対する動作時間は長くなるにもかかわらず、継電器の動作とは無関係に故障を人工的に除去したので、継電器が動作し終らぬ中に故障が回復したので不動作になったものと考えられる。

弧光の継電器の距離測定に及ぼす誤差を見る目的で、ヒューズ或はニクロムで弧光を発生して試験が行われたが、CT の誤差にマスクされて、結論は得られなかった。

5. 結 論

以上当社的高速度方向性距離継電器 DZ-2 の概略と、伊丹変電所に於ける現地試験の結果を述べたが、今回の試験の結果によれば、継電器自体の誤差範囲は 2.5% 以内にして、動作も確実に最も嫌悪される over reach もないので、距離継電器として略々満足すべきものである事が分かった。従って継電器の整定区間を両電氣所区間の幾%に選ぶべきかは、勿論継電器自体、PT 線路等の誤差を考慮する必要があるが、殆ど CT の過電流域に於ける過渡時の特性によって決定されるわけである。

最後に、当試験のために御協力を賜った関係者各位、特に種々の困難を冒して試験の機会を與えられた日本発送電関係者各位に厚く感謝する。又この様な距離継電器が我が國の電力系統の保護に活躍する日の近き事を祈ると共に、顧客各位の今後の御批判と御叱正をお願いする。

(終)

富士新型扇風機の特許 (其の 1)

ゼフロスと云う名前でパイプ足のスマートで涼しそうな扇風機が各デパートで一斉に賣出されました。之が此処に云う富士新型扇風機です。此の涼しい扇風機を作り出す迄には汗の苦心があり、又それは数多くの特許及び新案となって本機の優秀さを誇示しています。

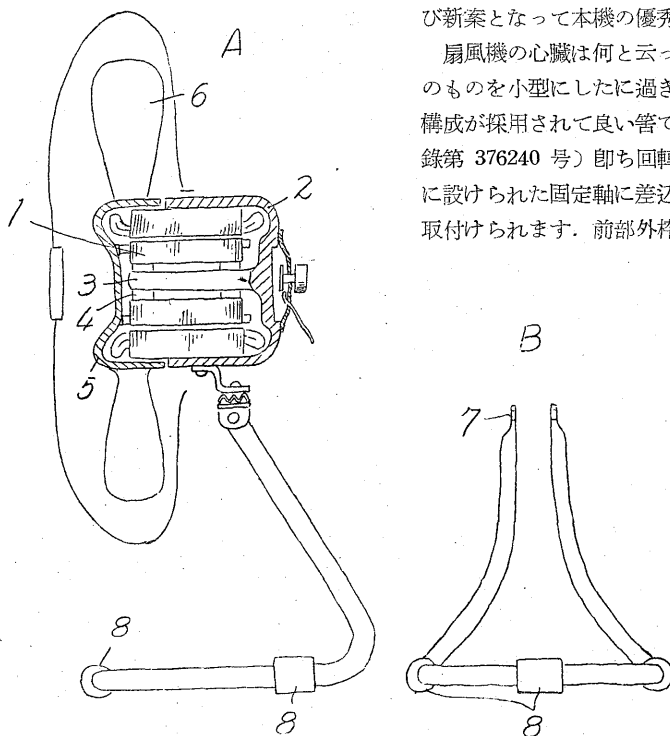
扇風機の心臓は何と云ってもモーターですが、今迄のものは單に動力用のものを小型にしたに過ぎません。扇風機には其の特殊性を考慮した特殊構成が採用されて良い筈です。此の思い切った改造が図であります。(登録第 376240 号) 即ち回轉子(1)は後部外枠(2)の中央部に片持ち式に設けられた固定軸に差込まれ、又ベアリング(4)は回轉子の軸孔内に取付けられます。前部外枠(5)は回轉子に取付けられ羽根(6)は此の外枠(5)に取付けられています。

扇風機程度の荷重ならば此の片持ち軸で充分であり、片持ち軸の採用で両外枠に軸受を取付ける面倒な工作が省け、然も軸受が回轉子内に設けられるからごみのかゝる事も少く、又機の長さは非常に短くなります。

次に基台も今迄の燈台の塔の様な構造が廃止されパイプ足のスマートなものに改められました。(登録第 377065 号) 之は全体として載頭円錐状で一本のパイプを曲げて作られ上部には取附所(7)が設けられ下部にはゴム輪(8)が嵌められて座りを良くしています。

然も此の構造は有效なばかりで無く現代のセンスにピッタリ合った美しさを持って居ります。(意匠登録第 92751 号)

(持術部 池 上 晃)





＊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。