

交流発電機による直流高速度遮断器の等価試験 Equivalent Test of High Speed Air Circuit Breaker Using Alternator

早瀬 俊一郎* 埜 晋平**
Shunichiro Hayase Shinpei Hanawa

内容梗概

最近直流変電所において、送電容量が増加し、それに伴って直流高速度遮断器に課せられる遮断容量は数万Aのものが要求されるようになった。このため従来の試験方法によれば膨大な直流電源を必要とするが、今回交流短絡実験設備の150 MVA交流発電機を使用して、大容量直流遮断の等価試験が可能であることがわかった。

この等価試験方法により高速度遮断器を改良し、昭和31年10月国鉄二宮直流実験所において現地試験を実施し、回路インダクタンス0.5 mH、推定短絡電流50,000 Aにおよぶ大容量遮断試験を行い、優秀なる成績を収めることができた。

以下交流発電機による直流遮断器の等価試験方法および改良せる新型直流高速度遮断器の遮断試験結果について紹介する。

〔I〕 緒 言

最近電鉄用あるいは電気化学用などの直流電源容量が著しく増大し、それに伴って保護用の直流高速度遮断器の遮断容量も大容量のものが要望されるようになった。すなわち、電鉄用直流変電所を例にとると、従来は電圧1,500 V 遮断容量10,000 A程度の遮断器を使用していたが、最近では数万Aの遮断容量が要求されている。

遮断器の開発にあたって、短絡試験設備はかならず必要である。交流遮断器に対する短絡設備は大容量の設備が各所に設立されている。日立製作所においても昭和30年7月日立国分分工場に150 MVA交流発電機を主体とする短絡設備を完成し、交流遮断器の開発に貢献している。しかしながら直流遮断器に対して数万アンペアにおよぶ短絡試験設備を持つことは経済的に種々の困難が伴い、わが国においては、最近国鉄が二宮変電所に直流短絡実験所を設置した以外に見るべきものがない現状である。今回、日立製作所においては前記150 MVA交流発電機を利用して直流高速度遮断器の等価試験を行い⁽¹⁾⁽²⁾、等価性についてほぼ満足すべき結果を得ることができた。この結果、電圧1,500 V、推定短絡電流250,000 Aにおよぶ画期的な直流遮断試験が可能となり、直流遮断器の性能改善に偉力を発揮している。

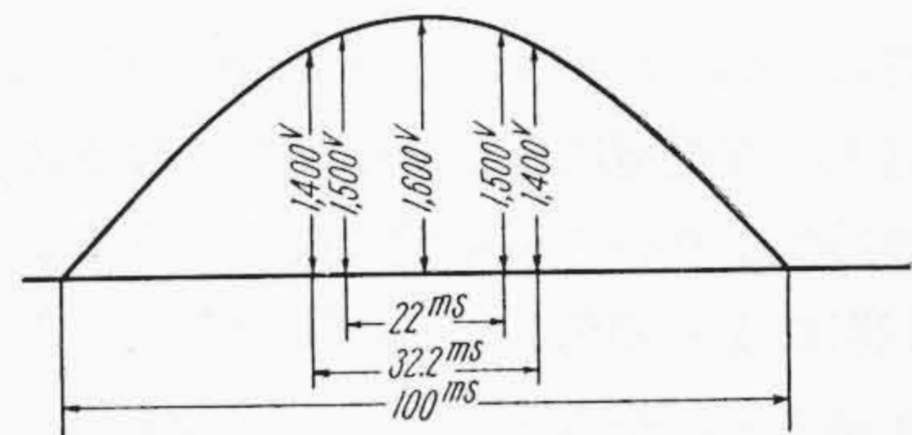
この等価試験によつて、従来の1,500 V、2,000 A、HD-GM型高速度遮断器のアーキシュート、磁鉄心などに改良を施して、昭和31年10月国鉄二宮直流実験所において現地試験を行い、きわめて良好な成績を収めることができた。以下直流遮断器の等価試験方法およびその遮断試験結果の概要を紹介する。

〔II〕 等価試験回路および方法

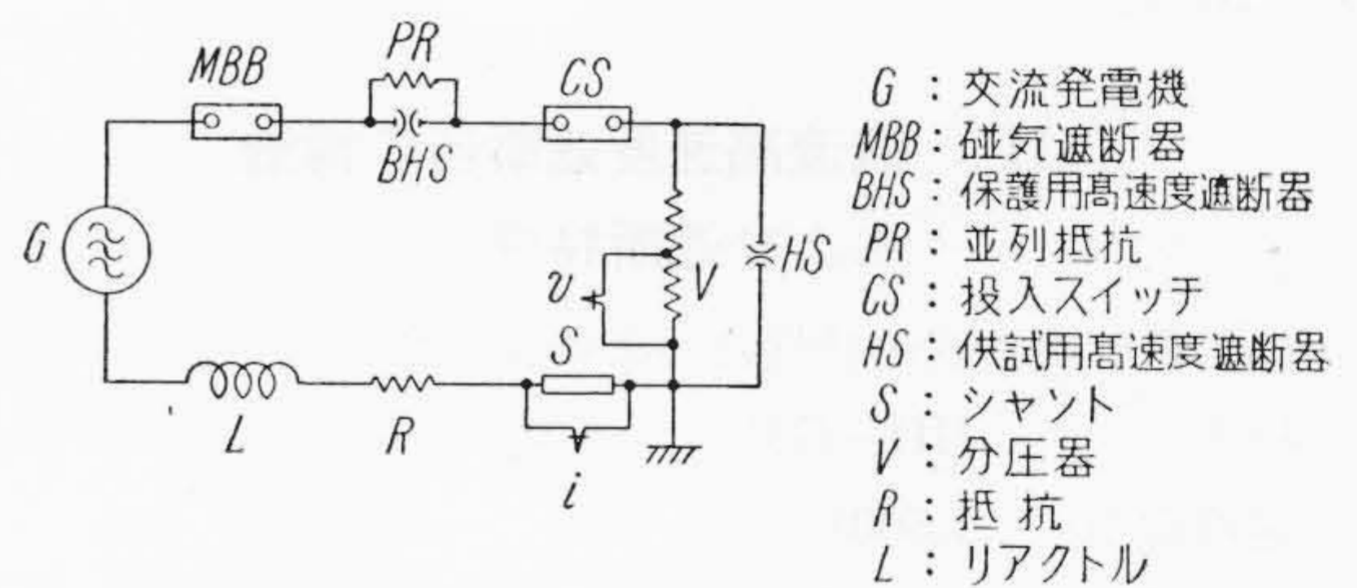
交流発電機を低速度で運転すれば、その電圧波形は非

* 日立製作所日立研究所

** 日立製作所日立国分分工場



第1図 低周波の交流波形



第2図 等価試験回路

常にゆつくりした交流波形となる。たとえば5〜で回転したとき、第1図に示すごとく波高値を1,600Vとすれば、1,500V—1,600V—1,500V間の時間は22mS、また1,400V—1,600V—1,400V間の時間は32.2mSとなり、この短時間の間では等価的に直流とみなし、この部分を有効に遮断試験に利用すれば、直流高速度遮断器の遮断試験が可能であることがわかる。

等価試験回路は第2図のごとくで、交流遮断器の場合とほとんど同様である。交流発電機は昭和30年日立国分分工場に新設された150MVA交流発電機である。投入スイッチ⁽³⁾は交流遮断器の遮断試験に使用しているもので、投入時間27.5mS、投入時間のばらつき±0.3mSである。保護用遮断器として交流遮断器の場合には空気遮断器⁽⁴⁾を使用しているが、直流遮断器の場合にはいわゆるチョッピングによる異常電圧の発生をおそれて、日立

磁気遮断器と保護用高速度遮断器とを直列に接続し、保護用高速度遮断器には並列抵抗 0.4Ω を挿入し、供試遮断器が万一遮断不能を生じた場合にはまず保護用高速度遮断器により短絡電流を並列抵抗に移行し、その後磁気遮断器により抵抗電流を遮断するようにした。回路条件はリアクトルと抵抗により変更した。

遮断試験のシーケンスは試験周波数が非常に低いので交流遮断器試験用のドラムスイッチを使用することができない。そのため第3図に示すごとく、サイラトロンを使用した遅延回路を用いてシーケンスを行つた。遮断試験を行うには、まず交流発電機を試験周波数よりいくぶん早い回転数まで運転して駆動用モーター回路を開路する。試験電圧は投入より遮断までの平均電圧が約1,500Vになるように調節した。発電機の回転がしたいにおそくなり、試験周波数に達すると電磁オシログラフを起動する。発電機に直結したパイロット発電機の出力量位相を、投入電圧と回復電圧とがほぼ等しくなるようにすなわち電圧波高値よりいくぶん前に投入しうるようにあらかじめ位相器により調節し、その出力電圧によりサイラトロンを起動させ、投入スイッチを投入する。投入スイッチの動作と同時に、遅延回路が動作して適当な時間をおくらし、保護用遮断器、界磁用遮断器を動作させるのである。

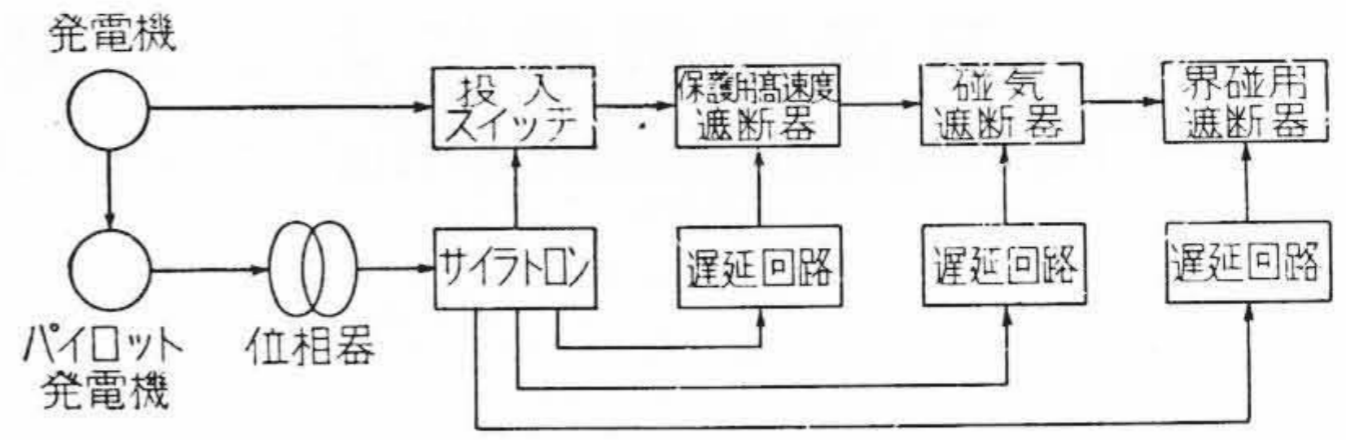
〔III〕 直流高速度遮断器の構造 および遮断特性

供試新型遮断器の仕様はつぎの通りである。

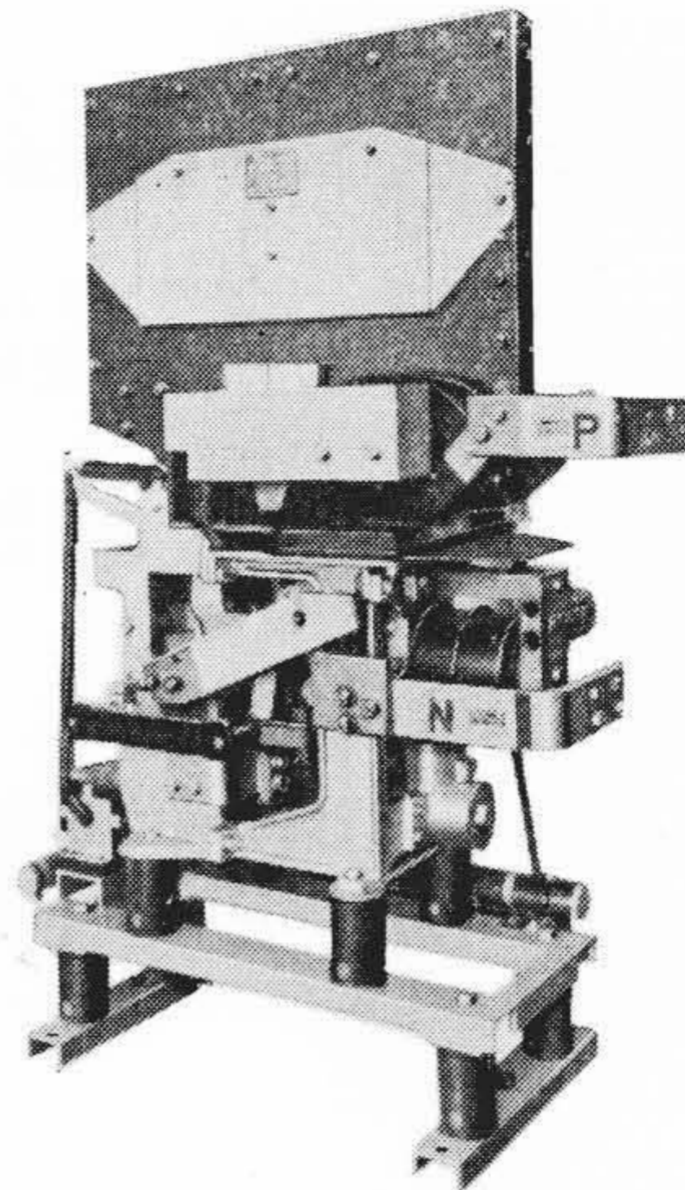
型式	HD-GM (逆流保護用)
定格電圧	1,500V
定格電流	2,000A

第4図は本器の外観図であり、第5図は構造説明図である。閉路状態において可動接触子は保持鉄心に吸引されている。過電流あるいは逆電流が流れると引外しコイルの起磁力により吸引力が減じ、早切バネの力によつて開路する。開路時に発生するアークは吹消コイルの作用により急速にアークホーンに移動し、上方に吹上げられる。ついで二次アークホーンに移行し、二次吹消コイルの吹消力を受けてさらに急激に上方に駆動させられて消弧する。

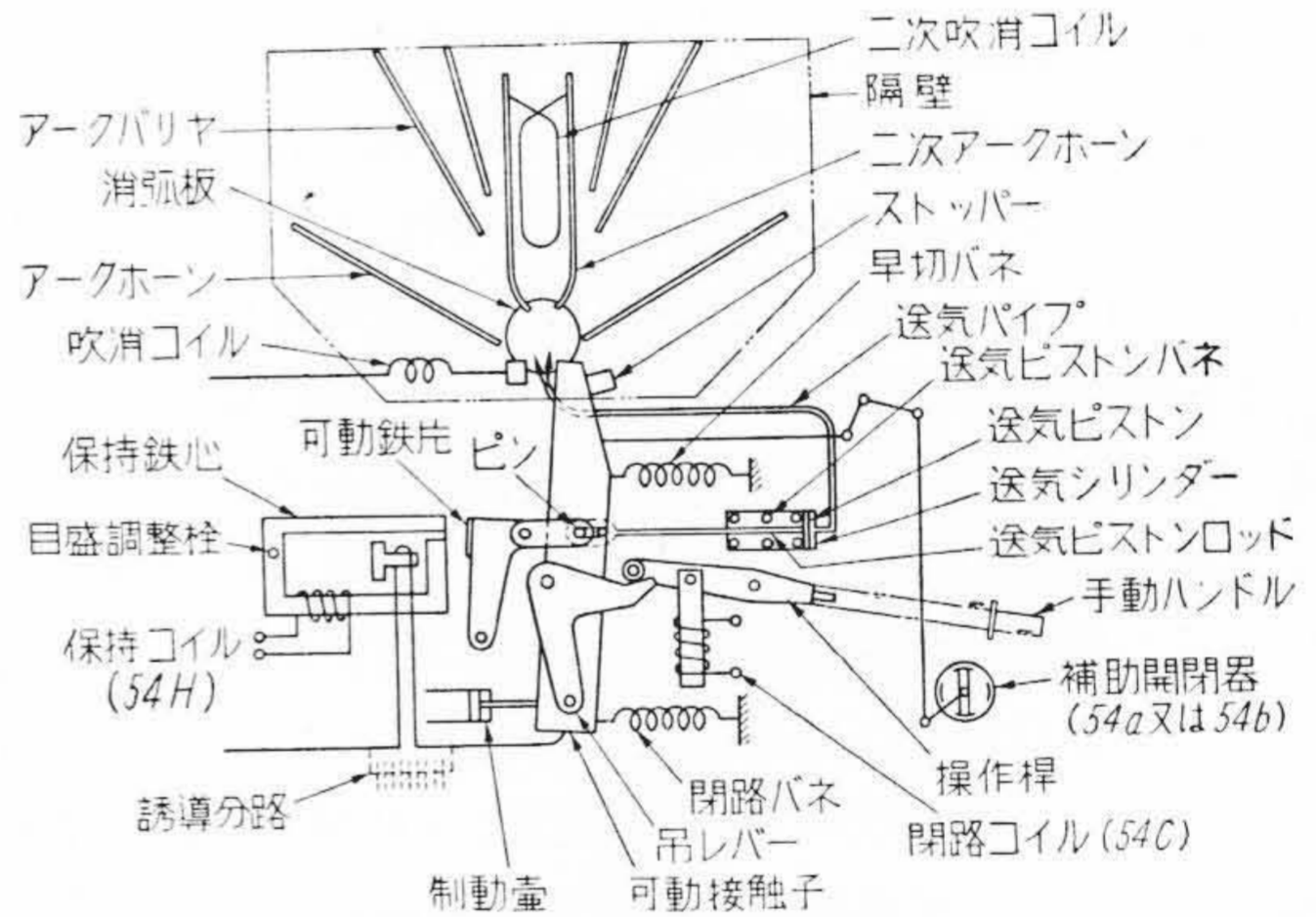
この直流高速度遮断器で直流を遮断した場合の遮断器の端子電圧および遮断電流は一般に第6図のごとくなる。回路に短絡が生じると、電流は回路条件にしたがつて点線のごとく上昇しようとする。短絡電流が目盛電流値 I_0 に達すると遮断器は動作し始め、死時間 (t_2-t_1) を経て開極し、アーク電圧は徐々に上昇する。アークが二次アークホーンに移行してアーク電圧が急速に上昇し始めると、短絡電流を抑制して遮断電流は最大値 I_m (I_m を



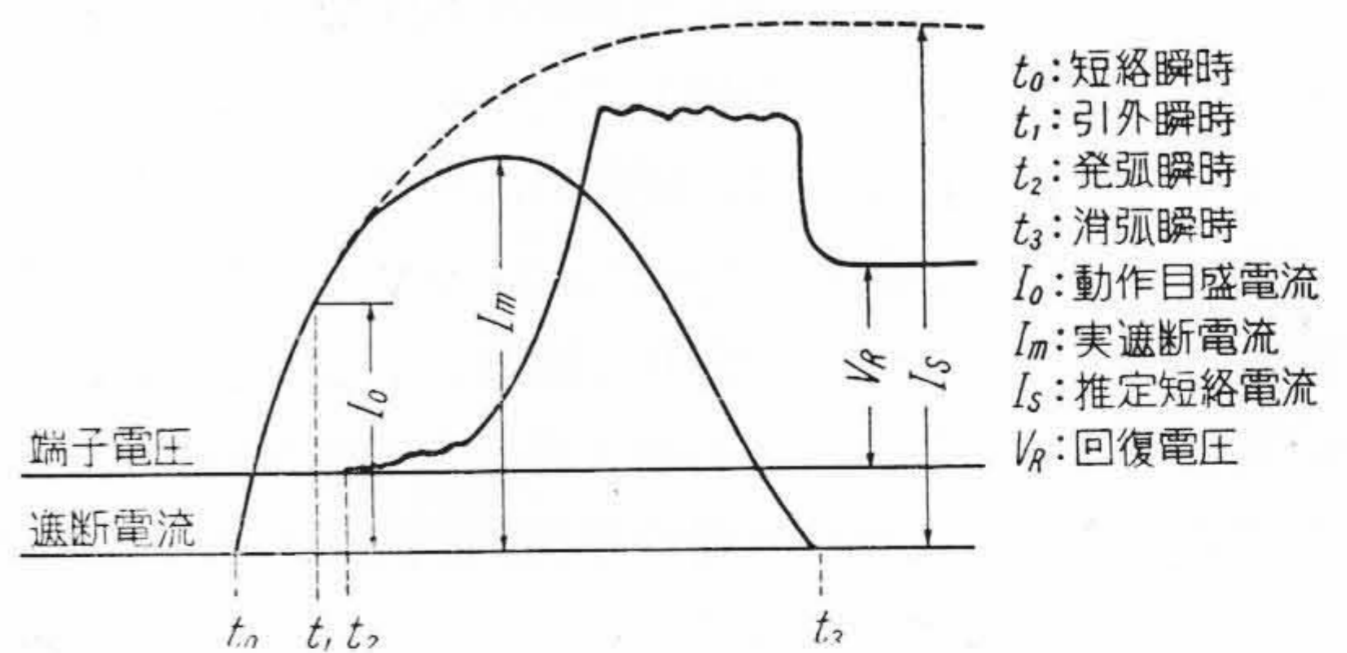
第3図 制御回路のブロック線図



第4図 新型高速度遮断器

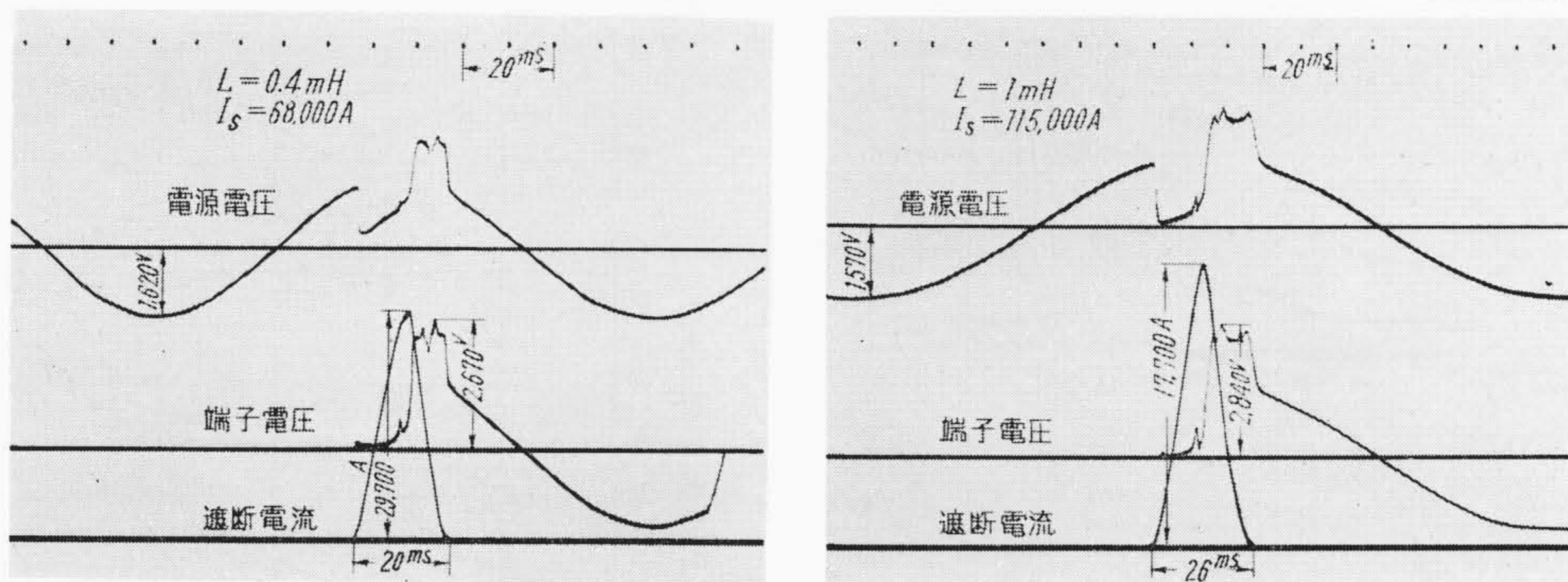


第5図 高速度遮断器の構造説明図



第6図 直流遮断説明図

実遮断電流と称する) に達し、それ以後は減衰の一途をたどり、ついに消弧する。遮断時間を短縮するためには遮断速度、磁気吹消作用の強化などによりアーク電圧の



第7図 代表的な等価試験のオシログラム

上昇率を高めて実遮断電流 I_m を可及的に小さくすると共に、アークの不規則な変動を避けて安定したアーク電圧波形になるようにアークシュートの材質、構造などを考慮せねばならない。

従来、電鉄直流変電所の遮断器は回路条件として突進率 1.5×10^6 A/s 以上、実遮断電流 10,000A において、全遮断時間 18ms 以内を目標に製作されている。しかし既述のごとく推定短絡電流数万アンペアが要求される実情から、供試新型遮断器はアークシュートおよび磁鉄心部分を従来のものよりも多少大型とし、内部構造にも改良を施してある。

工場における等価遮断試験はインダクタンス 0.4~2mH、推定短絡電流 30,000~115,000A の範囲の試験を行った。第1表は遮断試験結果を第7図は代表的な遮断時のオシログラムを示した。

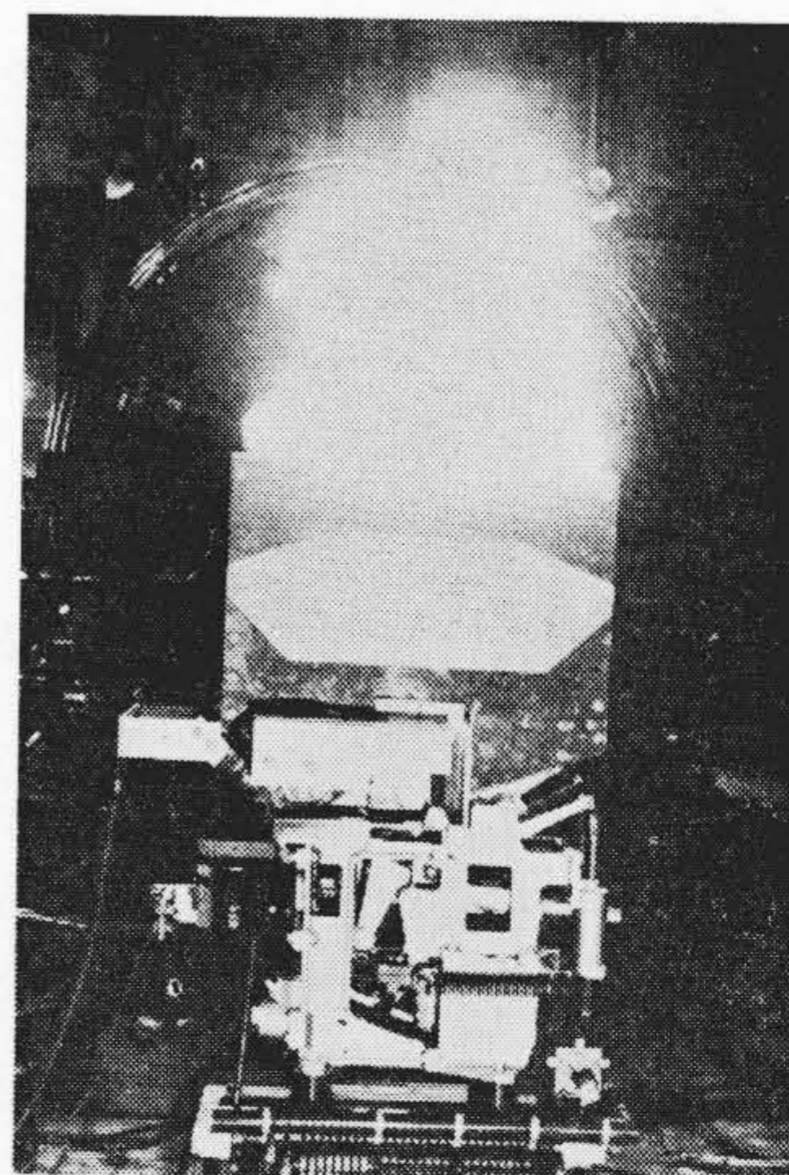
また昨年10月国鉄の御好意により国鉄技研の二宮実験所において、新型高速度遮断器の遮断試験を実施した。二宮実験所の短絡設備は1,500V、2,000kW電動発電機4台を有し、本邦における直流短絡設備容量としては最大である。この設備を使用して、インダクタンス0.5~4mH、推定短絡電流 10,000~50,000A の範囲で、27種類の遮断試験を実施した。第8図はその試験状況である。その試験結果を第9図、第10図および第2表に示した。図中等価試験による試験結果も記入した。この両者を比較すると、実遮断電流、全遮断時間、アークエネルギーともほぼ一致し、このことは等価試験の正しいことを立証している。

第11図は本器と旧型遮断器の遮断性能を比較した試験結果である。旧型遮断器は既述せるごとく実遮断電流 10,000A、突進率 1.5×10^6 A/s 以上、全遮断時間 18ms 以内を目標に製作されているため、短絡電流および回路インダクタンスが大きい場合には、第12図に示すごとく不安定な遮断現象を呈して、アーク時間の長びく傾向があつた。新型遮断器はアークシュート部分の改良を实

第1表 交流発電機による等価試験結果

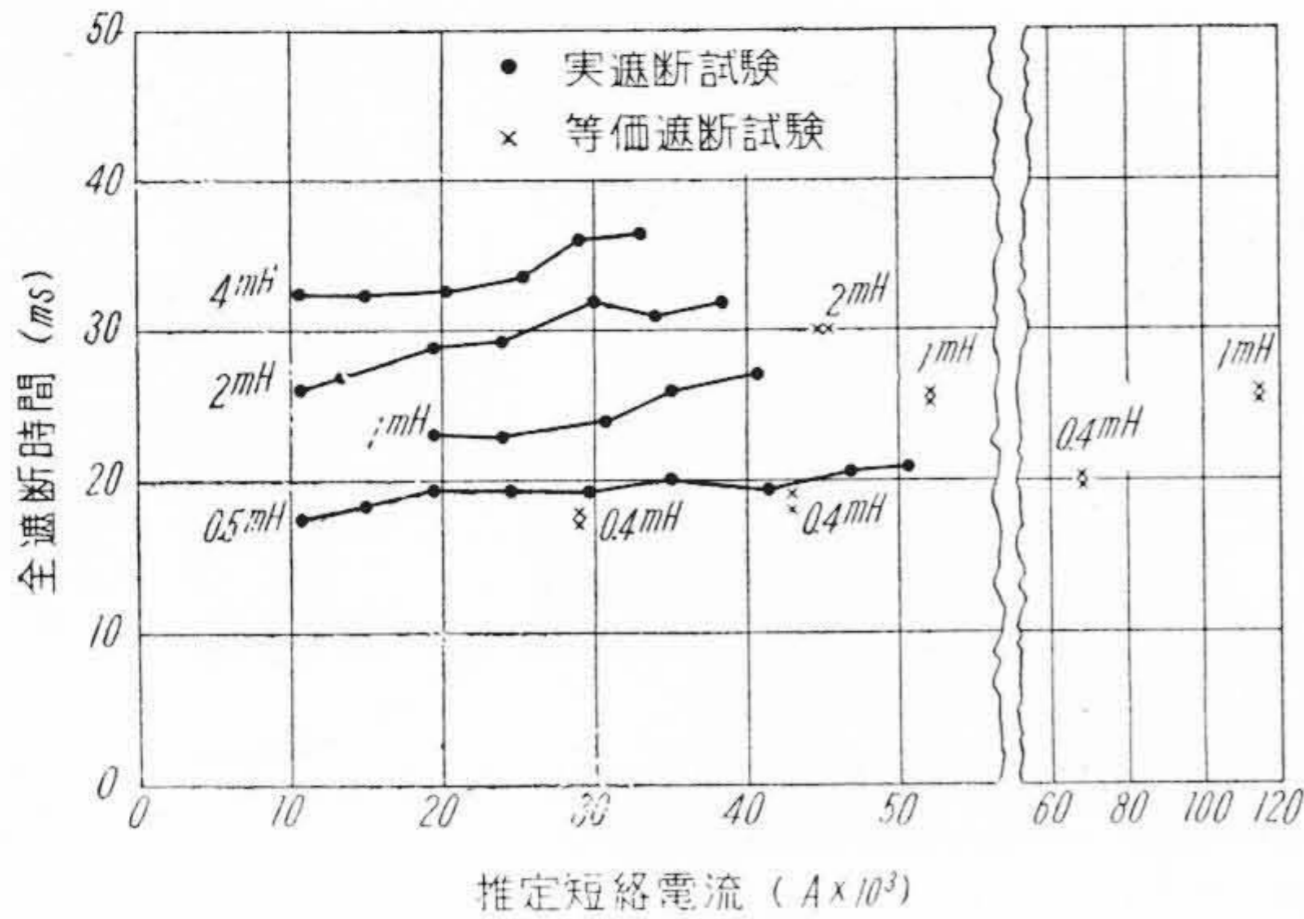
推定短絡電流 (A)	インダクタンス (mH)	試験電圧* (V)	実遮断電流 (A)	全遮断時間 (ms)	アーク・エネルギー (kWs)
45,000	2	1,570	9,500	30.0	170
45,000	2	1,560	9,300	30.0	166
52,000	1	1,560	15,400	25.5	201
52,000	1	1,570	15,100	25.4	195
115,000	1	1,570	17,700	26.0	235
115,000	1	1,530	16,800	25.4	220
29,000	0.4	1,530	20,100	17.8	126
29,000	0.4	1,590	20,100	17.5	124
43,000	0.4	1,570	24,400	18.2	—
43,000	0.4	1,580	24,000	19.1	—
68,000	0.4	1,580	28,600	19.9	240
68,000	0.4	1,620	29,700	20.0	271

備考 * 試験電圧最高値

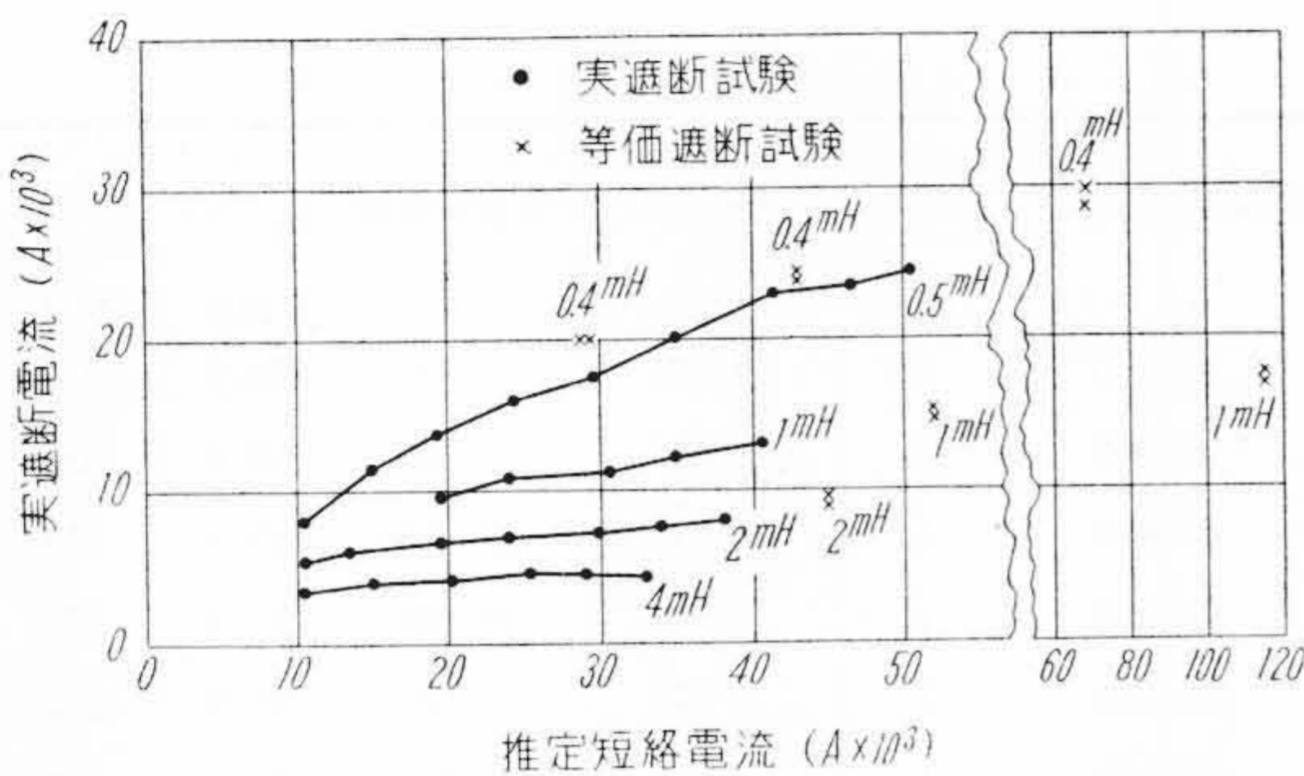


第8図 電圧 1,500V、インダクタンス 0.5mH 推定短絡電流 50,000A の遮断試験

施したので、遮断時間が著しく短縮している。すなわち 4mH の回路で旧型の 43~64ms が新型では 30~36ms



第9図 短絡電流遮断試験結果



第10図 短絡電流遮断試験結果

第2表 直流発電機による試験結果

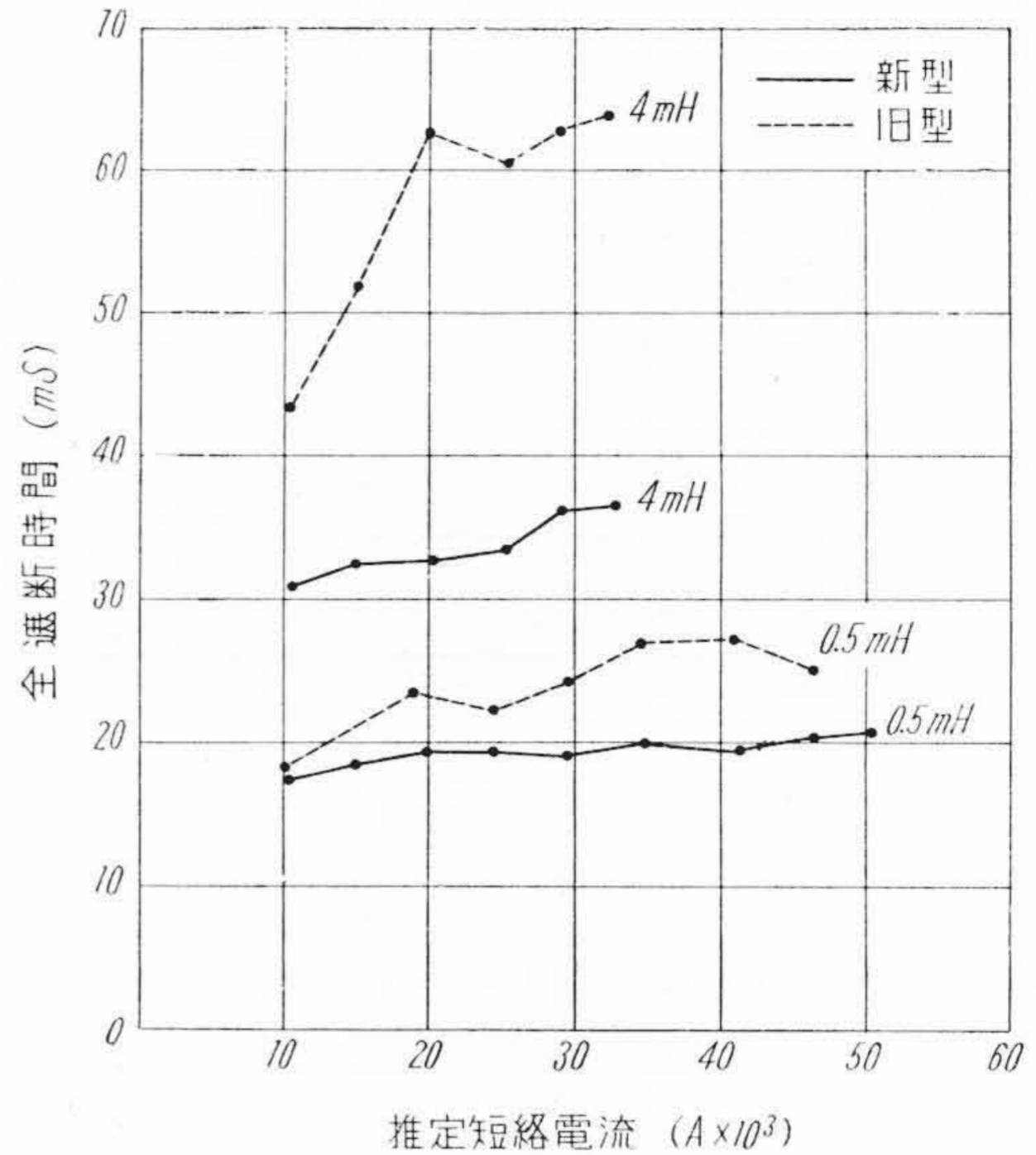
推定短絡電流 (A)	インダクタンス (mH)	試験電圧 (V)	実遮断電流 (A)	全遮断時間 (ms)	アーク・エネルギー (KWs)
30,000	4	1,500	4,500	36.1	125
40,000	2	1,500	8,000	31.7	151
40,000	1	1,500	13,000	27.0	199
30,000	0.5	1,500	17,500	19.1	139
50,000	0.5	1,500	24,500	20.9	237

となり、0.5mHの回路では27msが20ms以下に改善されている。

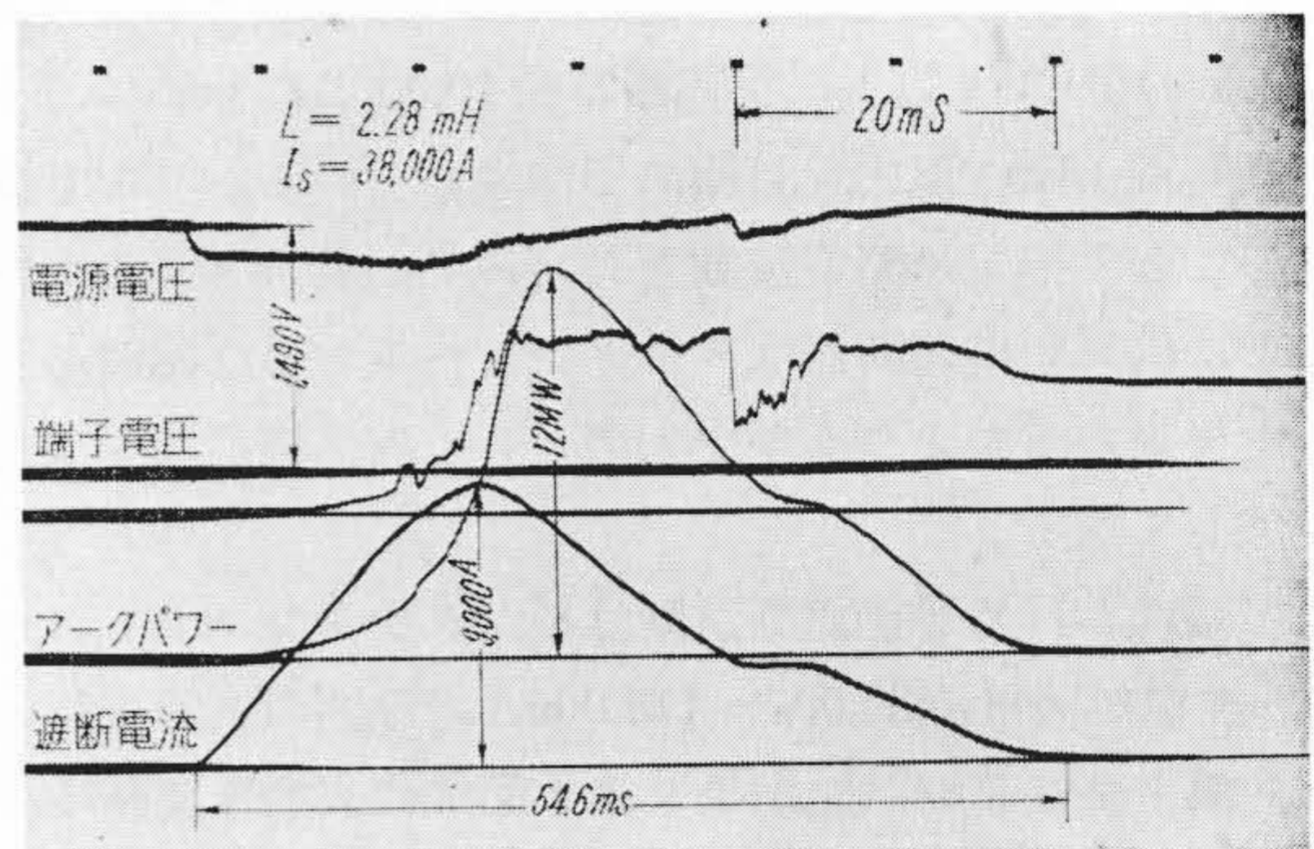
〔IV〕 結 言

交流発電機を使用した、新型高速度遮断器の等価試験およびその遮断試験結果について述べた。これらを要約すればつぎの通りである。

- (1) 交流発電機を低速度で運転し、その電源電圧波高値附近の直流とみなしうる部分を遮断試験に利用すれば、直流高速度遮断器の等価試験が可能である。日立製作所においては、150MVA交流短絡発電機を利用して、推定短絡電流250,000Aまで等価試験を行うことができる。
- (2) 新型遮断器は旧型遮断器と比較して、回路条件が4mHの場合には旧型の43~64msが新型では30~



第11図 新旧両遮断器の比較



第12図 アーク電圧が不安定な場合のオンプログラム

36msに収まり、0.5mHの場合には22~27msを17~20msに収めることができた。

(3) 新型遮断器は等価試験方法により、インダクタンス1mH、推定短絡電流115,000Aおよびインダクタンス0.4mH、推定短絡電流68,000Aの大容量遮断試験を異常なく行うことができた

終りに臨み高速度遮断器の遮断試験に対して御援助を賜った国鉄技研および高速度遮断器専門委員会各位に深く感謝する次第である

参 考 文 献

- (1) L. D. Mc Connell, J. D. Findley ; TAIEE 75 No. 23 39 (1956)
- (2) K. Chen, E. W. Boehen ; TAIEE 74 1073 (1955)
- (3) 渡辺, 森田 : 電気三学会連合大会予稿 335 (昭 31)
- (4) 山崎, 鴨志田, 小林 : 電気三学会連合大会予稿 319 (昭 31)