

氣流吹付式斷路器の遮斷試験

加 藤 清 次*

The Switching Test of Line Switch

By Seiji Kato

Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The switching test of small current by Hitachi NHL type line switch with air blast was carried on recently at Shiraishi Substation of Shōwa Denko Co. The switched duties are exciting current of 147kV, 60,000kVA transformer, loop circuit current and charging current. The result:

- (1) Exciting current of 5.3A at 127kV was interrupted at 49% of full stroke.
(The exciting power about 2,400kVA (11A) of the other transformer in the same switchyard have been always interrupted safely but this test was not held on that case.)
- (2) Loop circuit current of 56A at 122kV (11,700kVA) was interrupted very easily at 27% of full stroke. The another test with heavier load was desired.
- (3) Line charging current of 8A (34Km length of line) at 136kV was interrupted easily at 43% of full stroke.
- (4) The close operation was quite successful in each case.
- (5) The effect of air blasting was very remarkable, and the arcing time was shortened to one several of that without blast.

〔I〕 緒 言

電氣學會遮斷器標準調査委員會では斷路器の標準規程の審議を行つているがその参考資料を得るため既に二三の變電所で斷路器による小電流遮斷試験が行われているがその一つとして最近昭和電工川崎工場白石變電所に於て委員會主管のもとに日立製作所製 NHL 型斷路器の試

験が行われたので其の概略を紹介する次第である。

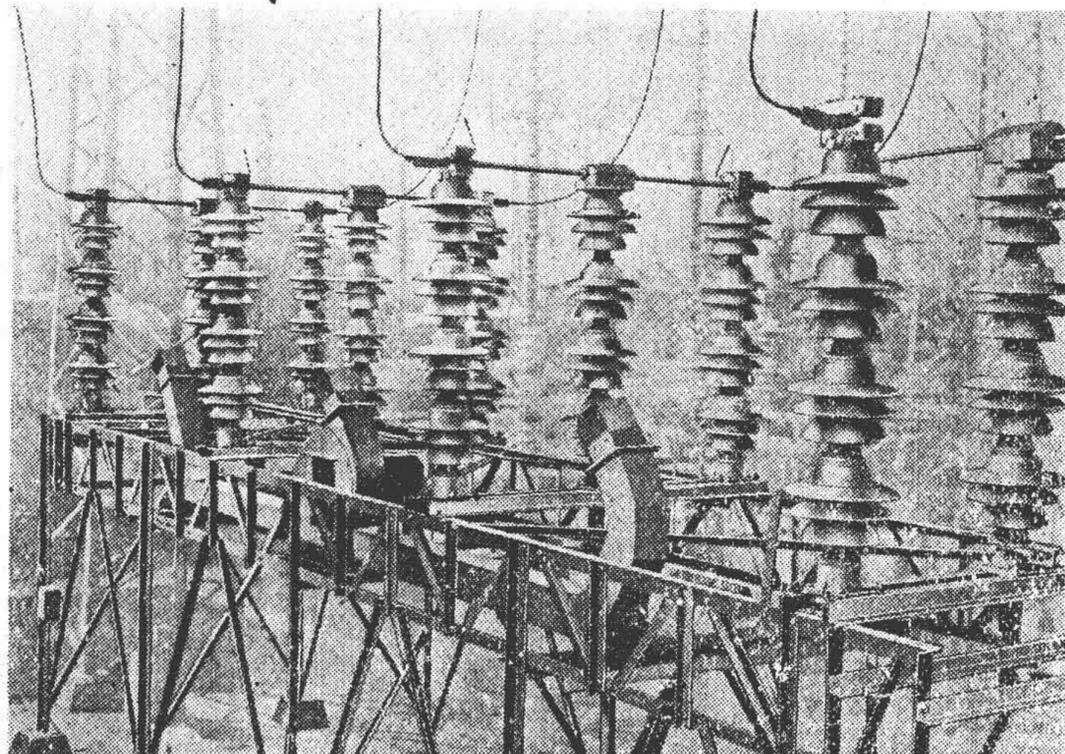
白石變電所は終戦後新設されたもので日發川崎變電所より受電し 140kV より 30kV 及び 60kV に落す 60,000 kVA 變壓器 4 臺 (日立製二捲線型 2 臺三菱三捲線型 2 臺) を主體とするものである。この主變壓器の勵磁電流開閉は遮斷器を省略して斷路器で開閉する新しい方式のものであるが變壓器が 60,000 kVA と云う容量のため斷路器には特に氣流吹付装置を附加して遮斷容量を増加せ

* 日立製作所多賀工場

しめている。本試験はこの気流吹付式断路器を使用して変圧器勵磁電流3~5A、ループ電流10~56A及び送電線充電電流1~8Aに就き気流吹付有、なし及び気流速度半減の条件を組合せて行はれた。

〔II〕 NHL 型気流吹付式 断路器に就いて

断路器により変圧器勵磁電流を開閉し変圧器高圧側の遮断器を省略する案は昭和17年頃より提唱され、日立研究所に於ける試験及び日發小牧發電所に於ける實地試験其の他により種々研究されたが、今回試験の断路器はこれ等研究の結果により製作された最初のものであつて気流吹付装置が附加されてゐる。定格電壓161kV 定格電流800A。手動操作で水平切二重遮断型である。閉路行程の



第2圖 NHL型気流吹付式断路器 (161kV 800A)

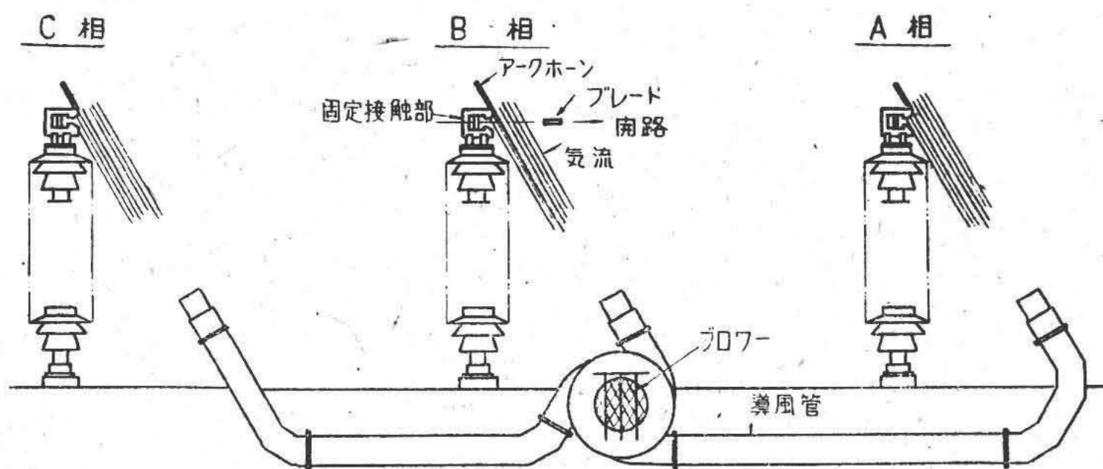
Fig. 2 Type NHL Line Switch with Air blasting Apparatus (161kV 800A)

〔III〕 試験の概要

試験は昭和24年1月18日及び19日の兩日行われ遮断器標準調査委員會が主管し現象測定には日本發送電電力技術研究所、商工省電氣試験所、東大第二工學部、昭和電工及び日立製作所が参加した。測定分擔は下記の如くである。

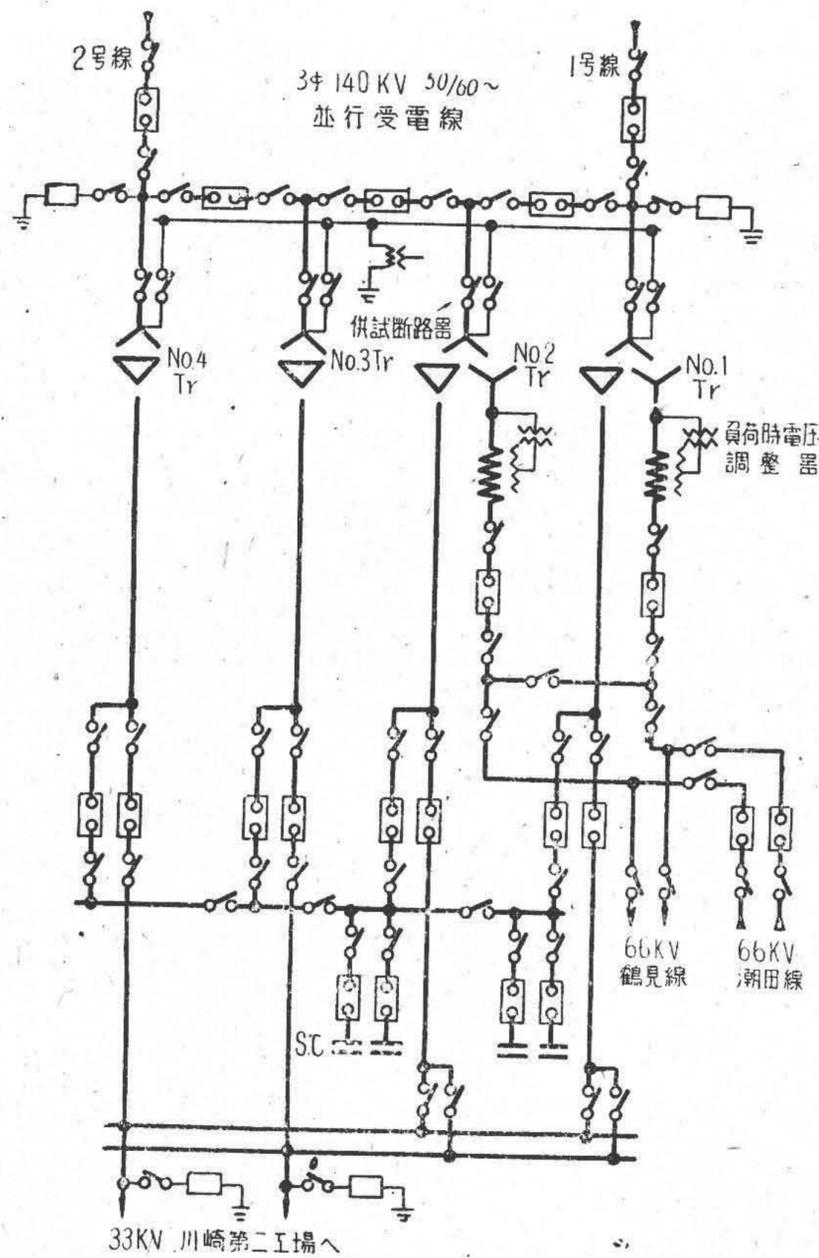
日發電力技術研究所、クリドノグラフ8臺(電壓)
(4人) 富山順二 青木
上之園親治

電氣試験所 ブラウン管オシログラフ(2要素ロングレコード)1臺(電壓)
16ミリ撮影機1臺(電弧)
(2人) 森 英夫、山崎精二
東大第二工學部 16ミリ撮影機1臺(電弧)
(3人) 馬場準一、石橋泰雄、杉浦清二
昭和電工 配電盤計器(電壓、電流、周波數、電力、力率)
(3人) 奥井由雄、鈴木、河野



第1圖 NHL型気流吹付式断路器説明圖
Fig. 1 Illustration of Type NHL Line Switch with Air blasting Apparatus

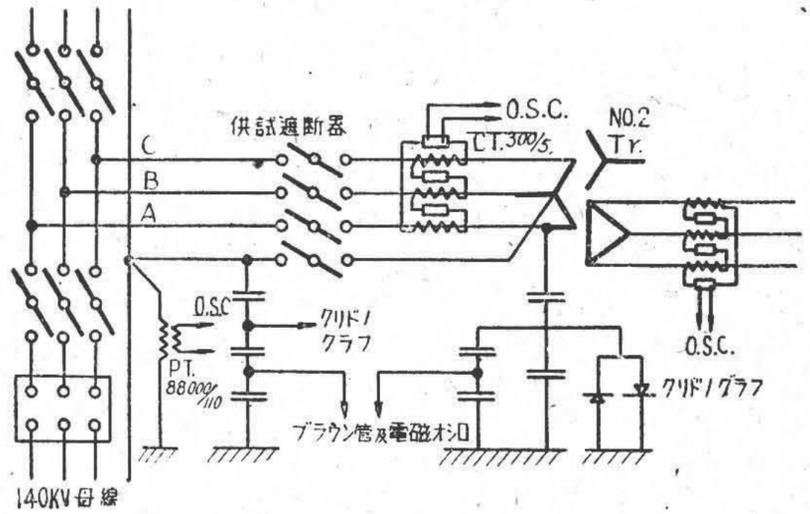
最終に於てブレードが自轉して締付接觸を行う構造でブレードの全開角度は75°である。気流吹付装置は第1圖の如く中央相附近にIM直結のプロワーを置き導風管によつて各相の遮断點に對して斜め下の方向から気流吹付を行うもので、遮断點に於ける風速は約20m/sである。本試験に於て気流速度約10m/sの場合も行つてゐるがこれはプロワーの吸込口に閉塞板を當て、その面積を少くすることにより風速を半減せしめた。第2圖の寫眞はNHL型気流吹付式断路器である。



第3圖 白石變電所主回路接続圖
Fig. 3 Wiring Diagram of Main Circuit in Shiraishi Substation

日立製作所 電磁オシログラフ (6要素ロングレコード) 1臺 (電圧、電流、遮斷行程)
(4人) 鴨志田實、鷺谷

第3圖は白石變電所の主回路結線圖である。試験は工場生産に支障なき様並びに給電関係で深夜行われた。試験回路は營業運轉中であり遮斷不能により接地とか短路等の事故發生を防ぐため斷路器が全行程に達した後保護遮斷器を切る様斷路器と遮斷器のインターロックを行つたが、閉路試験の際及び容易に遮斷可能なること豫想される場合には遮斷器による開閉サージがクリドノグラフに入ることを防ぐためインターロックは切り放して試験を行つた。變壓器は第3圖のNo.2三菱製三捲線型 (147-66-33 kV 60,000-66,000-30,000 kVA) のものを使用した。第4圖は測定回路である。



第4圖 測定回路
Fig. 4 Wiring Diagram of Measuring Circuit

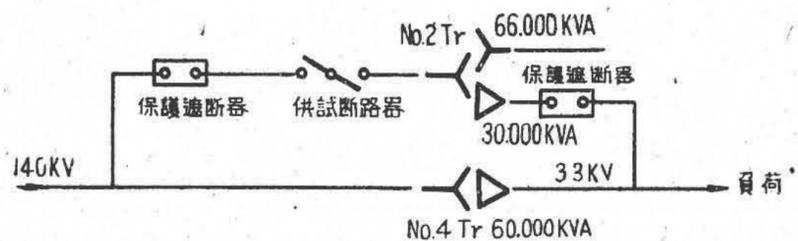
(1) 勵磁電流試験

試験回路は第5圖に示す如くで140kV 2號線より受電



第5圖 勵磁電流試験回路
Fig. 5 Testing Circuit for Exciting Current

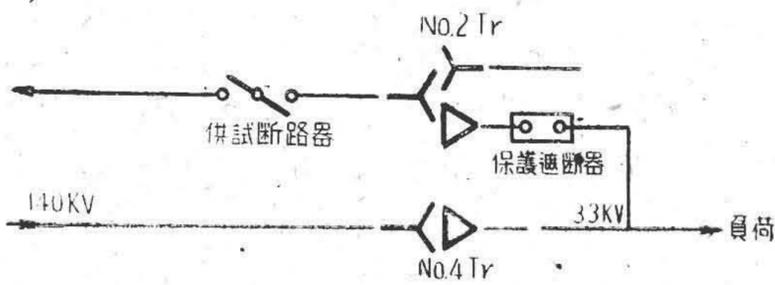
し前記No. 2 變壓器を勵磁しその勵磁電流3~5Aを供試斷路器で開閉した。試験は開 (記號 EO) を8回、閉 (記號 EC) を2回行つた。



第6圖 ループ電流試験回路
Fig. 6 Testing Circuit for Loop Current

(2) ループ電流試験

回路は第6圖に示す如くで140kV 2號線より受電し前記No.2 變壓器及びNo.4 變壓器 (日立製147-33kV、60,000kVA) を経て30kV 負荷側に至るループ回路を作りNo.2變壓器側のループ電流を遮斷した。試験は開 (記號LO) を6回行つた。



第 7 圖 充電電流試験回路

Fig. 7 Testing Circuit for Charging Current

(3) 充電電流試験

回路は第 7 圖に示す如くで 140kV 2 號線より受電し No. 4 變壓器を経て No. 2 變壓器を逆勵磁して 140kV 1 號線を充電した。充電さるべき回路は白石—川崎間 (約 4km) 白石—綱島間 (約 7.3km) 及び白石—片山間 (約 34km) の三種で 開(記號CO) を 9 回 閉(記號CC) を 1 回行った。

以上の全試験を通じて氣流吹付有、なし及び氣流速度半減の場合を適宜組合せて試験した。試験第 1 日は自然風が殆どなかったが第 2 日は試験開始前、氣流速度測定時には 3.5~4^{m/s} の北風が吹付氣流と直角の方向から吹付けて居りこのため氣流が攪亂されて遮断點に於ける風速は減少せしめられた。氣流速度半減の場合には自然風の影響する度が大である。併し試験開始頃には自然風は 1~1.5^{m/s} 程度になり無風時の試験に近い状況となつた

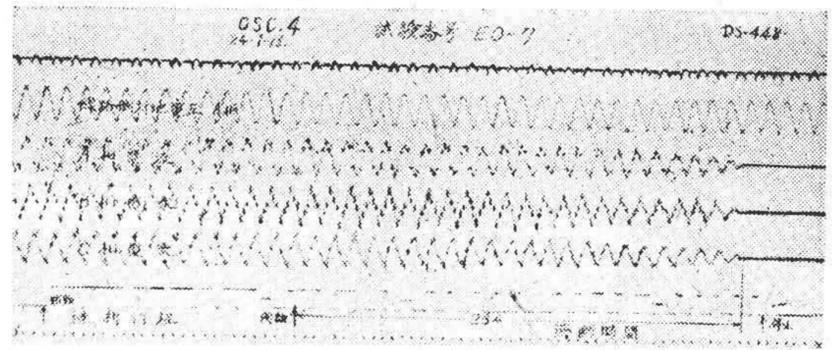
〔IV〕 試験結果

第 1 表 勵磁電流試験結果

	試験 番號	氣流 速度 m/s	遮断 速度 m/s	電壓 (相間) kV	電流 A	電弧 時間 ~	電弧 角度 %	突入 電流 %	異常電壓(ブラウン管)			異常電壓(クリドノ)			
									變壓器側 (A相)%	線路側 (A相)%	電弧電壓 (A相)%	變壓器側(A相) +%	變壓器側(A相) -%	線路側(A相) +%	線路側(A相) -%
遮 断	EO-1	0	3.0	121	2.89	14.3	55		—	—		—	—	(270)	(530)
	EO-2	0	2.6	120	2.89	19.0	66		116	115		(170)	—	(210)	(270)
	EO-3	20	3.5	119	4.12	8.3	36			135	164	168	350	190	420
	EO-4	20	—	127	5.28	—	*49			131	194	155	300	160	360
	EO-5	10	3.0	125	4.81	12.0	36			110	179	230	320	102	280
	EO-6	10	3.2	128	5.35	12.3	55					193	370	120	270
	EO-7	0	2.9	119	4.26	23.0	95		120			(150)	—	(230)	—
	EO-8	0	3.1	121	4.37	19.2	86		123			(160)		(130)	(270)
投 入	EC-1	0	1.7	119	4.26	3.0	16	180		—	—	270			
	EC-2	0	2.1	120	4.38	2.9	16	168		—	—	240			

註;- 1. 電弧角度中 * 印は高速度カメラより測定他は電磁オシロによる。

2. 異常電壓中 () 印は斷路器の動作完了後約 5~おいて保護遮断器を動作させている。



第 8 圖 EO-7 勵磁電流試験の電磁オシログラム

Fig. 8 EO-7 Electro-magnetic Oscillogram of Exciling current switching Test

(1) 勵磁電流試験

第 1 表に試験結果を示す。第 8 圖に EO-7 電磁オシログラムを示す。EO-7 氣流なしの場合 119kV 4.26A が 23~で遮断され電弧繼續角度は殆ど全行程に近い。EO-3 氣流有の場合には上記と同じ 119kV 4.1A を電弧時間 8.3~全行程の 36% で極めて容易に切つている。EO-4、127kV 5.28A は 49% である。本斷路器は勵磁電流遮断の任務をもつて既に設置以來實用に供されて來たもので、No. 4 の 60,000kVA 變壓器 (日立製) の勵磁 kVA 約 2,400kVA (約 11A) を常に安全に開閉しているものであり既往の工場試験結果でも 16^{m/s} 程度の氣流吹付により 140kV 10A を 18~全行程の 40% 位で切れることは確認されて居り、今回は電流値も半分であるので樂に切れたことは當然である。氣流半減の場合には全氣流吹付の場合より電弧は多少長いが大きな差は認められない。何れの場合も再點弧は全然ない。閉路の場合電弧は 3~全行程の 16% 位先行し突入電流は定常値の 2 倍以下である。ブラウン管オシロによれば開閉時の異常電壓は對地定常値の

1.4 倍以下であり電弧電圧は2倍以下である。遮斷速度は平均圓周速度 2.6—3.5 m/s でこの範圍では遮斷性能に対する影響は現われていない。

(2) ループ電流試験

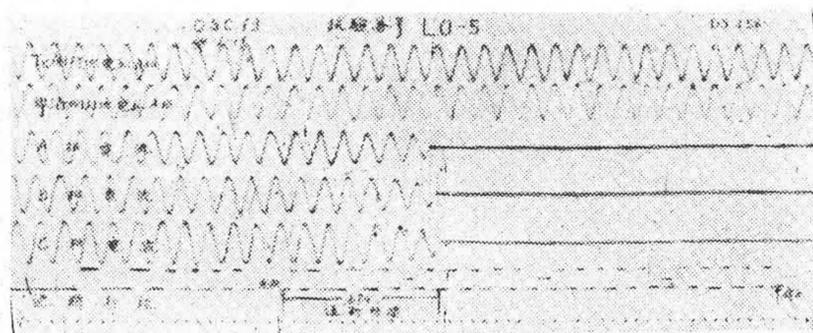
第2表に試験結果を示す。第9圖第10圖に夫々LO-5電磁オシログラム及びブラウン管オシログラムを示す。LO-2 氣流なしの場合 126kV35A が電弧時間 17~全行程の68%で遮斷されている。LO-5 氣流有の場合 122kV56Aが 6.7~、27%で極めて容易に切れ多分の餘裕が

第2表 ループ電流試験結果

試験 番 號	氣 流 速 度 m/s	遮 斷 速 度 m/s	電 壓 (相間) kV	電 流 A	電 弧 時 間 ~	電 弧 角 度 %	回復端子 電 壓 (ブラウ ン 管) kV	異常電圧(クリドノ)			
								變壓器側(A相)		線路側(A相)	
								+ %	- %	+ %	- %
LO-1	0	3.1	116	—	5.1	18	—	—	—	(220)	(540)
LO-2	0	3.0	126	35	17.0	68	—	(140)	—	(160)	—
LO-3	20	3.4	115	35	5.5	22.7	16.9	(150)	(350)	—	(300)
LO-4	20	3.1	115	37	6.0	24	20.2	130	410	120	230
LO-5	20	3.3	122	56	6.7	27	20.5	(330)	(370)	(150)	(350)
LO-6	20	3.2	122	55	5.7	22.7	20.5	(260)	(550)	(190)	(370)

註；— 異常電圧中 () 印は斷路器の動作完了後約 5~において保護遮斷器を動作させている。

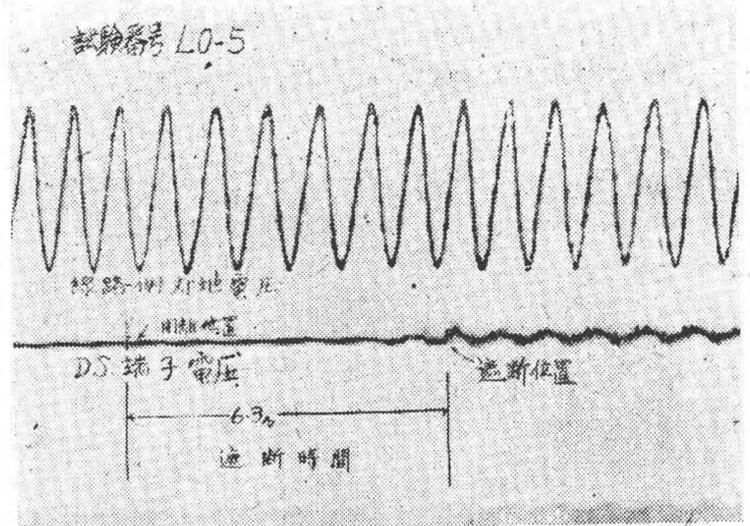
認められる。この時は No. 4 變壓器に 20,000kW かけて居り全體として負荷は 32,000kW である。遮斷限界をつきとめるためには更に大きな負荷をとつて試験する必



第9圖 LO-5 ループ電流試験の電磁オシログラム

Fig. 9 LO-5 Electra- Magnetic Oscilogram of Loop Current switching Test.

要がある。併しループ電流の試験は並列變壓器の特性により遮斷の際の負荷が影響されるので今回の結果を以て直ちに他の場合にまで其のまゝ當てはめるわけにはゆか



第10圖 LO-5 ループ電流試験のブラウン管オシログラム

Fig.10 LO-5 Cathode-Ray Oscilogram of Loop Current switching Test.

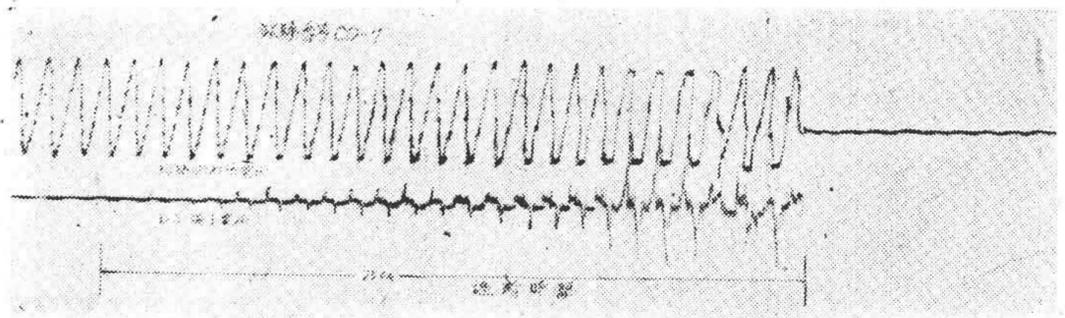
ない。このループ電流試験に於ても再點弧は全然なく開閉サージはブラウン管には現われないがクリドノグラフでは2倍以下のものが記録されている。

(3) 充電電流試験

第3表に試験結果を示す。第11~14圖に夫々CO-7及びCC-9の電磁オシログラム及びブラウン管オシログラムを示す。CO-4 氣流なしの場合 130kV0.92A (白石—川崎間 4km) は電弧時間 14.6~全行程の62%で比較的容易に切れているがCO-7、1.54A (白石—網島間 7.33 km) になると全行程に達して切れず更に5.5~經て遮斷器で切つている。CO-8、1.55A も斷路器で切つてはいるが全行程を要して居る。氣流を吹付けるとCO-9、136kV8A (白石—片山間34km) が10.5~全行程の43%で切れまだ大分餘裕がある。氣流半減の場合には同じ充電回路で 132kV7.4A を22.8~全行程に達して切れて居り

風速の影響が顯著に現われている。閉路の場合電弧は約3～全行程の20%先行する。

充電すべき回路は段階的に數種類欲しかつたが回路の都合で4A附近及び10A附近の試験は出来なかつた。充電電流の遮断は再起電圧は小さいが回復電圧大なるため消弧し易いが再點弧し易く従つて遮断しにくいことは周知のことである。今回も氣流吹



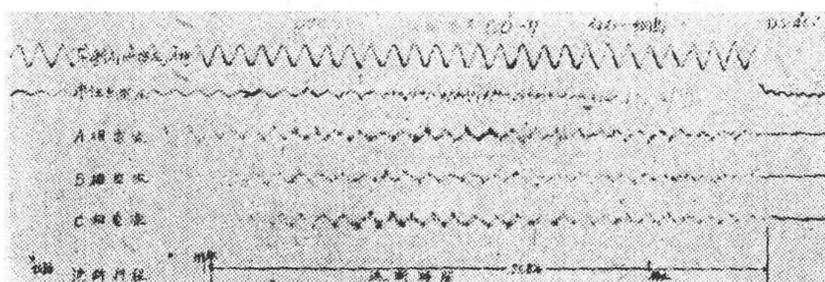
第12圖 Co-7 充電電流試験のブラウン管オシログラム
Fig. 12 Co-7 Cathode-Ray Oscillogram of Charging Current switching Test

第3表 充電電流試験結果

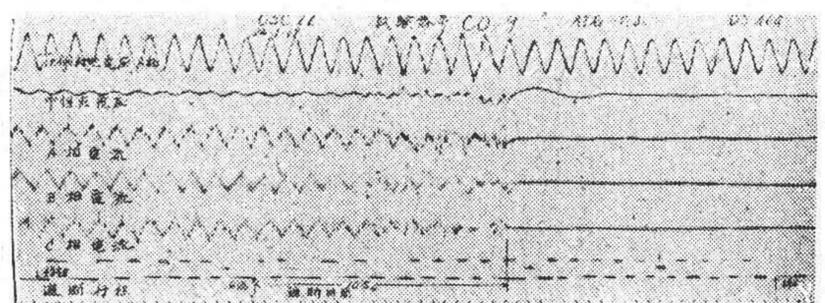
試験 番号	氣流 速度 m/s	遮断 速度 m/s	電壓 (相間) kV	充電距離 km (A)	電弧 時間 ~	電弧 角度 %	再點弧 回 數	異常電壓 (ブラウン管)		異常電壓 (クリッドノ)				
								線路側 (A相) %	電弧電壓 (A相) %	變壓器側 (A相)		線路側 (A相)		
										+	-	+	-	
遮	CO-3	0	133	3.988 (0.93)	10.7	43	9	119.5	196	110	300	150	350	
	CO-4	0	130	3.988 (0.92)	14.6	62	19	100	156	130	360	150	350	
	CO-5	20	—	130	7.33 (1.58)	—	*39	5	194.6	233	(220)	(370)	(110)	(270)
	CO-6	20	—	129	7.33 (1.54)	—	*48	7	144.5	202	(180)	(400)	(190)	(280)
断	CO-7	0	129	7.33 (1.54)	25.8	100 以上	20以上	135.4	280以上	(340)	(350)	(106)	(260)	
	CO-8	0	130	7.33 (1.55)	20.9	100	20以上	119.5	117	(170)	(310)	(100)	(320)	
	CO-9	20	136	33.936 (8.0)	10.5	43	5	130	169	(180)	(370)	(120)	(280)	
	CO-10	20	140	33.936 (8.28)	9.9	41	5	138	161	(150)	(320)	(100)	(290)	
投入	CO-11	10	132	33.936 (7.4)	22.8	100	11	119.5	198	(150)	(320)	(100)	(300)	
	CC-1	0	129	7.33 (1.55)	2.9	18	0	125	125	120	260	120	260	

- 註：— 1. 電弧角度中 * 印は高速度カメラより測定他は電磁オシロによる。
2. 異常電圧中 () 印は斷路器の動作完了後約 5~おいて保護遮断器を動作させている。
3. Co-7 は保護遮断器で遮断している。

付なき場合は 130kV 0.92A は比較的容易に切つているが 1.54Aになると全行程以上に電弧が續き問題である。再點弧は氣流なしの場合20回以上して居るが氣流半減の

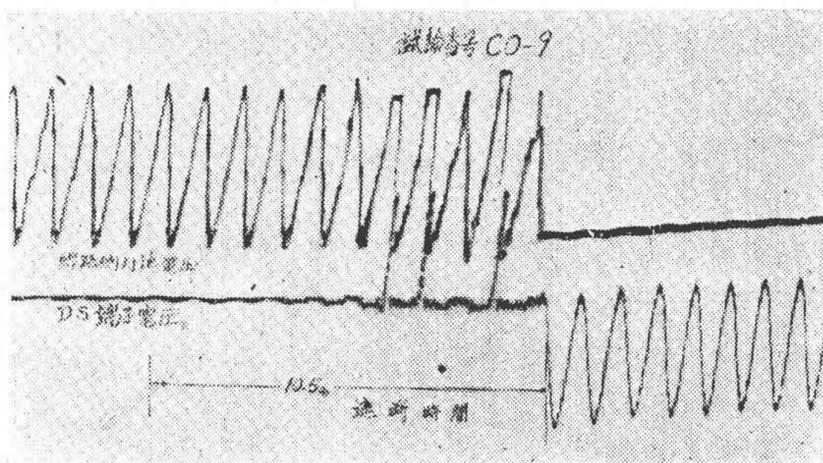


第11圖 CO-7 充電電流試験の電磁オシログラム
Fig. 11 CO-7 Electro-Magnetic Oscillogram of Charging Current switching Test



第13圖 CO-9充電電流試験の電磁
オシログラム
Fig. 13 CO-9 Electro-Magnetic Oscillogram of Charging Current switching Test

場合は10回位全氣流吹付の場合は5回位と、電弧時間が短縮されるにつれて減少している。斷路器に於ては制弧遮断器の如く消弧作用は強烈でない關係上再點弧回數多



第14圖 CO-9 充電電流試験のブラウン管
オシログラム
Fig. 14 CO-9 Cathode-Ray Oscillogram of
Charging Current switching Test.

い割に異常電圧は低く、ブラウン管オシロでも2倍を越すものは少い。氣流を吹付けた場合は氣流なしの場合に比し一般に異常電圧は高い。これは氣流吹付により強制消弧方式に近くなるためである。中性點電壓の奔騰は三相同時に遮斷せざる時は特に大きく相電壓附近まで上つていものがある。電弧電圧は對地電壓定常値の2.5倍以下であるがCO 7の場合は特に大きく2.8倍以上で振り切れている。この場合は斷路器で遮斷されんとした時低壓側保護遮斷器が遮斷されて斷路器による遮斷現象と重つて變壓器側に大きな電圧が生じたことと思われる。實際使用状態に於ては斷路器と遮斷器が同時に遮斷されることはまづないと見てよいからかかる現象は起り得ないと考える。

(4) クリドノグラフ測定結果に就いて

クリドノグラフ測定結果とブラウン管オシロの結果とを比較すると異常電圧の大きさの傾向が一致しているものとあまり一致していないものとある。正像と負像の大きさは負像の方が一般に大きく正像の値の2倍程度のもが多い。この原因は目下の所明らかでないが更正倍率が正確に測定出来なかつたことに起因するものの如くである。斷路器と遮斷器をインターロックして遮斷器で遮斷した場合以外の資料、即ち遮斷器による開閉サージの影響のない資料では異常電圧は全體を通じて大體4倍以下である。最も異常電圧の問題になる充電電流試験の場合は危険の度合も多く殆どすべての場合インターロックしたので斷路器のみによる異常電圧の測定されたものは

少くこの點残念である。

以上の全試験を通じて多くの場合三相同時に遮斷され差のある時でも最大0.5で、早く切れる相は一定していない。15ミリ撮影機の寫眞から得た電弧時間、角度等の資料もオシロによるものと大體一致している。26回に亘る開閉試験の後發弧部の電弧による損傷は肉眼で見られた電弧の強さに比較して極めて輕微で僅かに接觸部以外の場所に小豆大の斑點が生じたのみであつた。

〔V〕 結 言

今回の試験結果を要約すると次の如くなる。

- (1) 勵磁電流試験では氣流なしの場合 119kV 4.26A 遮斷に23~全行程の95%を要している。氣流有の場合は 127kV 5.28A を全行程の49%で遮斷している。尙今回測定は行はなかつたが No. 4、60,000kVA 變壓器(日立製)の勵磁 kVA 約2,400kVA (約11A) は常に安全に開閉されているものである。
- (2) ループ電流試験では氣流なしの場合 126kV 35A (7,500kVA) を 17~全行程の68%で遮斷している。氣流有の場合は 122kV 56A (11,700kVA) を 6~全行程の27%で極めて容易に遮斷している。更に大きな負荷の試験が望まれる。
- (3) 充電電流試験では氣流なしの場合 130kV 0.92A (4km) を 14.6~全行程の62%で比較的容易に遮斷しているが 130kV 1.55A (7.3kV) になると全行程以上を要している。氣流有の場合は 136kV 8A (34km) を 10.5~全行程の43%で遮斷しまだ大分餘裕がある。氣流半減の場合は同一充電回路で 132kV 7.4A を 22.5~全行程に達して切れている。風速の影響が顯著に現はれている。
- (4) 全體を通じて氣流吹付の効果は極めて顯著である。
- (5) 異常電圧に就いては尙試験結果を検討すべき點があるが大體に於て對地電壓の2倍以下で稀に3~4倍程度のものが現れる。氣流吹付有の場合はない場合に比較して一般に高い。
- (6) 勵磁電流及びループ電流試験では再點弧は全然

ないが充電流では氣流有の場合5回位再點弧する。

(7) 遮斷速度は $2.6\sim 3.5m/s$ でこの範圍では遮斷速度の影響は顯著でない。

(8) 26回に亘る開閉試験の後發弧部分の電弧による損傷は極めて輕微で接觸部以外の所に小豆大の斑點が生じたのみである。

本試験の結果により一般電力需給關係者に斷路器の遮斷能力に關する概念が闡明され、小電流開閉に遮斷器を省略して氣流吹付式斷路器で行う機運が促進されるものと確信する。

終りに本試験に對し御盡力を賜つた遮斷器標準調査委員會各位、日發電力技術研究所、電氣試験所、東大第二工學部、昭和電工並びに日發給電關係者の各位に厚く感謝する次第である。

参考文献

(1) 徳田, 桑山: 日評 28.2 (昭和21.12)

(2) 奥井 : 日評 30.4 (昭和23.11)

(3) 鴨志田, 鷺谷: 研報 電206.08 1002

(昭和24)

日立 TFP 型 衝流式 遠隔測定装置

島田 稔

(第5頁より續く)

4) 送量側、受量側各々單獨で装置の檢定を行う事が出来る。

5) 使用管球類は特殊なものを使用せず且信頼度の高いものが使用されている。

終に臨み本装置はその歴史比較的新しく今後改良すべき點も多いがその用途の廣く開發せられて各方面に於ける管理の合理化に貢献せん事を願うものである。

尙本文は専用連絡線を有するものを主として説明したが搬送式多重遠隔測定装置は目下製作中である事を附記

する。

参考文献

(1) 三木, 磯崎: 日評 24 199(昭16-5)

(2) 仁井 : 日立 6 10(昭18-9)

(3) 神保 : 特許 115774

(4) 神保, 伊藤: 電學誌 57 818(昭12-9)

(5) 三木 : 實用新案 306099

(6) 松山 : 實用新案 317800

蓄電池の充電

多賀工場 若林圭次郎著

A 列 5 判 34 頁 定價 30 圓 76 圓

日立評論社發行