

森 健*・仁科重雄*・長町恒資*

Kôbe Works Takeshi MORI • Shigeo NISHINA • Hisashi NAGAMACHI

(1327) 25

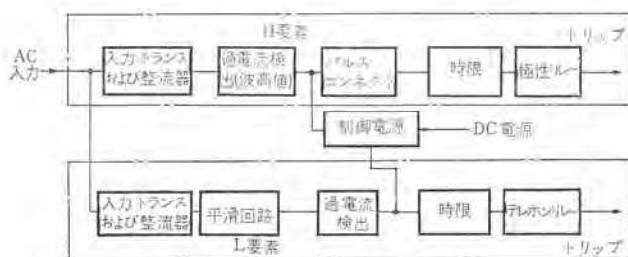


図 2.2 LOB-1-D 形過電流継電器動作原理ブロック線図
Fig. 2.2 Operation principle of type LOB-1-D overcurrent relay.

続され、その印加される波形が図 2.1 のようなものであることを考えるとき電氣的保護として差動保護を行なうにはまだ研究すべき問題を多く含んでいる。このような状態で運転される変圧器の保護方式に関して、当社中央研究所と神戸製作所が共同し中央研究所模擬送電線 (Artificial Transmission Line) を使用して研究を行なっているが、この解明にはいましばらくの時間を要することから今回は電氣的保護として静止形過電流継電器による保護を行なうことにした。

2.2 LOB-1-D 形静止過電流継電器

上述のような理由で過電流継電器とすることに決定したが、これを静止形で製作した。静止形とすることによって

1. 高速度形のもが容易に製作し得る
2. 動作時間を任意に調整することができる
3. 可動部がないので摩擦、さび発生の心配がない
4. 小形にし、かつ特性の異なったものを組み合わせることができる
5. 慣性が小さい

などの特質を有している。これらの特質を生かし、今回の主変保護においては、一次保護と二次保護 (後備保護) の両者をあわせもつ継電器を製作した。これが LOB-1-D 形静止形過電流継電器である。

この継電器には二つの過電流要素を内蔵している。一つは H 要素、他を L 要素と呼び、これは性質の異なる過電流要素である。それをブロック線図で表わすと図 2.2 のようになる。

このブロック線図からも明らかなように、H 要素は瞬時値応答形パルスコンネクト式定限時過電流要素であり、L 要素は平均値応答形定限時過電流要素である。以下順次その動作を説明する。

(1) H要素

継電器の入力トランスで適当な値に変換された電流は一度電圧に変換された後、全波整流 (両波整流) される。この全波整流された波高値に対し、この要素の初段トランジスタが応答するように設計されている。この H 要素を瞬時値応答形としたのは、正弦波はもちろんのこと逆弧などの特殊波形についても考えたからである。つまり、逆弧は直流分を非常に多く含み、継電器入力トランスの直流飽和が考えられるからである。瞬時値応答形とすることによって、継電器のタツ以上が入力があればたとえ若干の直流分飽和があったとしても、そのピーク値に応答し、継電器は確実に動作することが可能となるからである。

また、瞬時値応答形の場合、初段トランジスタは必然的に、ON, OFF の動作を繰り返すこととなる。この時のトランジスタの出力波形は方形波となる。このような場合この方形波をなんらかの形で連続波に変換する必要がある。これを行なうものがこのパ

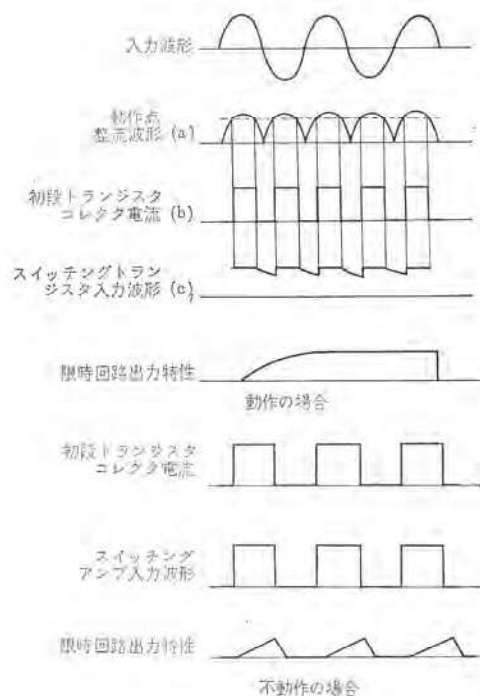
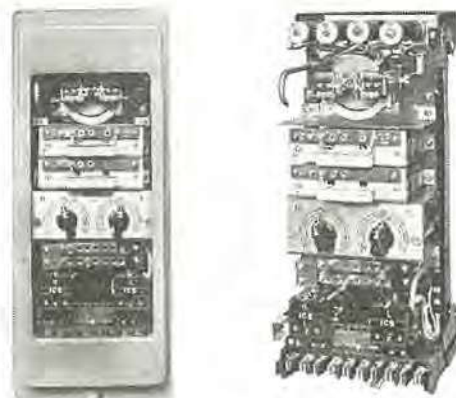


図 2.3 パルスコンネクト説明
Fig. 2.3 Explanatory diagram of pulse connected operation.



(a) 正面 (b) ケースから引き出したところ

図 2.4 LOB-1-D 形静止形過電流継電器

Fig. 2.4 Type LOB-1-D transistorized overcurrent relay.

ルスコンネクト方式である。これにより動作を安定させ、かつ時限も精度よくし、定限時特性を与えることができる。この状態を示すのが図 2.3 である。このパルスコンネクト時間は一般の正弦波の場合には 10 ms 程度で十分ではあるが、逆弧のような特殊な波形に対してはこれでは不十分で約 20 ms 程度は必要となる。この両者のことを考え、パルスコンネクト時間は、10 ms, 20 ms の 2 つのタッチを有し任意に切り換えることが可能であるよう配慮されている。さらに動作時限は、80 ms から 400 ms まで連続的に変化させて整定できるようになっている。

またこの H 要素の最終要素は、高速度、安定した動作、大きな接点容量を有する三菱 MP 形極性継電器を使用している。

(2) L要素

これは平滑回路を有し、入力平均値に応答するようになっている。これは H 要素の後備保護的役割をはたす目的のもので、その目的にそうようタツも H 要素より低く、時限も 10 倍程度長く設計されている。逆弧などの直流分を多く含んだ波形が長時間印加された場合、継電器入力トランスがその直流分により完全に飽

和し、そのため2次出力が小さくなる。このような状態になってもH要素は確実に動作するはずであるが、万一の場合にこのL要素によって、この継電器としての保護責務を確実に果たすようになっている。

動作時間は0.3秒から3秒までの連続可変形であり、最終要素はH要素と異なりとくに高速度動作たる必要がないので、動作の安定したテレホンリレーを使用している。

図2.4に、このLOB-1-D形静止過電流継電器の写真を示す。

2.3 主変圧器保護装置の模擬送電線による試験結果

2.3.1 概況

これは三菱LOB-1-D形静止過電流継電器による主変圧器保護装置の三菱中央研究所に設置された模擬系統による実動試験結果に関するものである。

今回の試験においては、以下の事項に主目的をおいた。

- (a) 主変の過電流保護に対する保護能力の確認と評価
- (b) 主変から変換器までの回路の短絡保護の確認と評価
- (c) 逆弧の後備保護に対する保護能力の確認と評価
- (d) 主変励磁ラッシュに対し不動作のための整定参考試験
- (e) 佐久間-西東京、佐久間-名古屋幹線の単相再閉路の影響の確認

(f) そのほかの参考試験

2.3.2 系統条件

(1) 実系統

今回の試験の系統構成は、図2.5のとおりで、×印をつけた点線内は休止しているものと考えた。

検討した系統条件を列挙すると

- a. 佐久間 Generator は運転中か、停止中か
 - b. 12相運転をしているのか、6相運転をしているのか
 - c. 電力の変換方向は50→60c/sか、60→50c/sか
- これらの条件のすべてについて試験を行なった。

(2) 故障電流

50c/s側6相運転時、変圧器の2次側端子-Valve間にて2φs 3φs事故が発生したときの故障電流を計算し、表2.1に示す。この故障電流は変換器がグレート接続であるため(すなわちインバータ動作のときは他励式であるため)電力の変換方向のいかんにかかわらず同じである。

なお、計算は西東京端には、短絡インピーダンス $0.755\Omega + j6.2\Omega$ の系統が接続されていると考え、変圧器、送電線の抵抗を無視して行なった。

また逆弧短絡電流は継電器にとって Severe な条件となるよう、系統および変圧器の抵抗とリアクタンス比 $R/X=0.2$ として計算した。

表2.1に計算結果を示す。

- a. 佐久間 Generator 停止時の系統
- b. Back Fire の計算

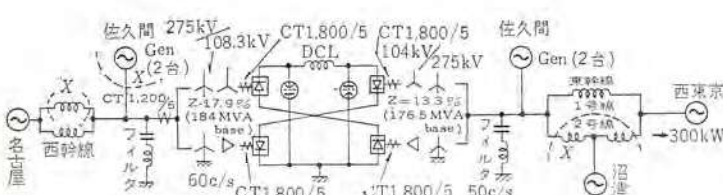


図2.5 実系統 Fig. 2.5 Transmission system.

実系統の $R/wL=0.2$ とすると、逆弧短絡電流 I_{BF} は

$$I_{BF} = kI_{3S}$$

で表わされる。ただし k は定数

したがって

高压側

$$2.4 \times 1145 = 2750A$$

低压側

$$2.4 \times 3030 = 7270A$$

(ただし Peak 値を示す)

模擬系統では $R/wL=0.4$ とかなり大きいので

高压側、低压側とも

$$2.0 \times 10.1 = 20.2A$$

c. 佐久間 Generator 2台運転時の系統

d. 1φG の計算

F_1 における1φGは等価回路を書くとき図2.8のようになる。50c/s Rec. 運転でU相にて1φGを行なったとき、V、W相の V_a/V_e 点弧時の等価回路は、 $E_a > E_d$ 回路に逆起電力があるので短絡電流は小さい。50c/s Inv. 運転のときは $E_d > E_a$ となるだけでまったく同じ等価回路であり、したがって短絡電流は小さい。

F_2 における1φGは Valve Anodecathode 間の短絡であるの

表2.1 故障電流計算結果

case	故障種類	実系統				模擬系統		
		回路電流		Relay電流		回路電流		Relay電流
		高压側 (A)	低压側 (A)	高压側 (A)	低压側 (A)	高、低压側共 (A)	高压側 (A)	低压側 (A)
A	3φS.	1145	3030	4.8	8.4	10.1	5.6 (6.2)	9.5 (9.8)
	2φS.	990	2620	4.1	7.3	8.7	4.85 (5.9)	8.2 (8.2)
	B.F.	2750	7250	11.5	20.0	20.2	11.2 (15.1)	19.2 (19.8)
B	3φS.	1440	3820	6.0	10.6	12.7	7.05 (7.1)	12.0 (10.8)
	2φS.	1250	3310	5.2	9.2	11.0	6.1 (6.9)	10.4 (9.5)
	B.F.	3460	9180	14.4	25.5	25.4	14.1 (18.5)	24.0 (22.2)

[注]

1. 表中 () 内の数字はオシロによる実測値
 2. Case A は佐久間 Gen. 停止時、B は佐久間 Gen. 2台運転時で西東京も電源である場合。
 3. 3φS. 2φS. の電流は実効値、B.F. は Peak 値である。
 4. CT 比は実系統、高压側 1,200/5、低压側 1,800/5、模擬系統、高压側 9/5 (10.6/5)、低压側 5.3/5 (6.05/5) として、Relay 電流を計算した。
- () 内は模擬系統の定数換算比で計算した理論的 CT 比、これを使うと実系統と模擬系統の Relay 電流値は一致する。

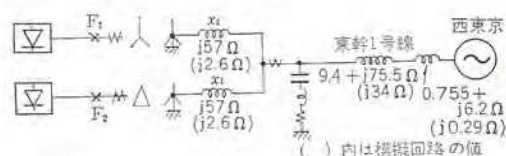


図2.6 佐久間停止時系統図
Fig. 2.6 Transmission system. (Unconnected with Sakuma power station generator)

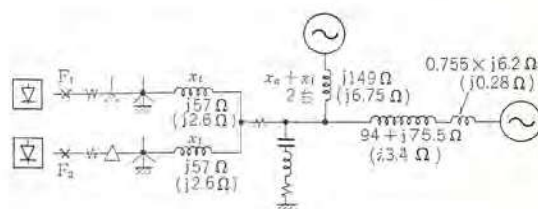


図2.7 佐久間 Gen 2台運転時系統図
Fig. 2.7 Transmission system. (connected with Sakuma power station generator)

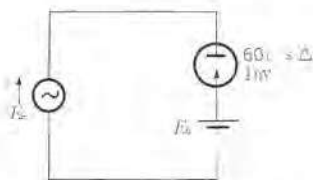


図 2.8 1φG の等価回路
Fig. 2.8 Equivalent circuit of one phase grounding.

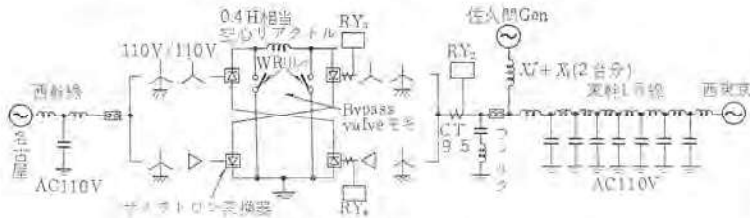


図 2.9 模擬系統
Fig. 2.9 Artificial transmission line.

で Rec のときは逆弧, Inv. のときは通弧となる。

逆弧電流は前とどのように $k=2.4$ として計算できる。

(3) CT 比

変圧器の高圧側, 低圧側に設置される CT の比はそれぞれ 1,200/5, 1,800/5 である。

2.3.3 模擬情況

(1) 中研 ATL (Artificial Test Line)

模擬装置の概要および回路定数については, 図 2.9 を参照されたい。

今回の試験で特記すべきことは次のとおりである。

(a) 供試継電器は 50 c/s 側に入れた。

(b) 東幹 1 号線は 7 等分しておのおのを π 回路で組み立て, 第 20 調波までのインピーダンスを精度よく (5% 以下) 模擬した。(Filter 保護リレーの試験を予想して)

(c) By-Pass Valve の動作は補助継電器を適当なシーケンスに組んで模擬した。

(d) 電圧, 電流の実回路 / 模擬回路の比は計画値の 2 倍を選んだ。すなわち, 50 c/s 側模擬回路の電圧は 110 V, 電流は 6.6 A でインピーダンス比は同じである。これは故障電流を長時間流して流す試験 (L 要素の動作試験) に対して模擬回路の機器を保護するためである。

(2) 故障電流

2.3.2 項で述べたどのような Case について模擬回路の故障電流を計算した。それを表 2.1 に示す。

ただし, 逆弧短絡電流については模擬回路の系統および変圧器の抵抗分が実系統に比べ, どうしても大きくなり, 実測の結果は $R/X=0.4$ であったので, その数値を使って計算した。

(3) CT 比

実系統と模擬系統の CT 二次側電流 (Relay 入力電流) が等しくなるように模擬系統の CT 比を決めればよい。

2.3.1 項 (d) で述べた実系統と模擬系統の電流比を使って CT 比を単純に計算すれば高圧側 10.6/5, 低圧側 6.05/5 となるが, これでは逆弧短絡電流について ATL では実際より小さくなる。ATL の抵抗が大きいためである。これを補償するために CT 比を高圧側 9/5, 低圧側 5.3/5 として実系統と模擬系統の逆弧短絡電流の Relay 入力電流を一致させた。

逆弧短絡電流に対する Relay の動作を最重要視したのである。

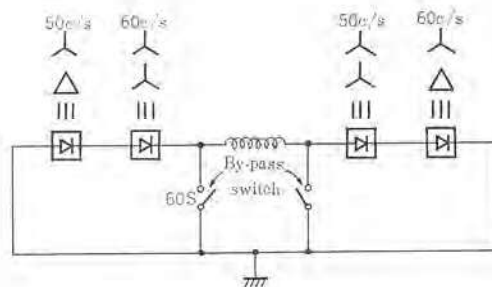


図 2.10 By-pass switch 説明
Fig. 2.10 Block diagram of DC circuit.

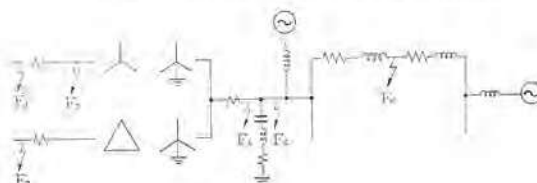


図 2.11 模擬系統における故障点
Fig. 2.11 Fault point in ATL.

表 2.2 リレー 整定 (ATL 試験時)

	RY ₁		RY ₂		RY ₃	
	H 要素	L 要素	H 要素	L 要素	H 要素	L 要素
電流タップ	5.1 A	4.5 A	5.0 A	4.0 A	5.0 A	4.0 A
時 間	80 ms	300 ms	80 ms	300 ms	80 ms	300 ms
Pulse Connect	20 ms	—	20 ms	—	20 ms	—

したがって 2φS, 3φS 事故時の Relay 電流は実際より 12~18% 大きくなったが, これらの事故に対しては低圧側 Relay により必ずひろうことができるので, 試験の目的を十分に満足している。

(4) リレー 整定

ATL による試験は表 2.2 に示すような整定を選んで一連の試験を行なった。

2.3.4 試験概要

(1) 故障種類および故障点

上記 2.3.2, 2.3.3 項の条件を考慮し, 下記の故障を模擬した。

故障種類

- 3 相短絡
- 2 相短絡
- 1 線接地
- Back Fire
- Arc-through

故障点

図 2.11 系統中の F₁ から F₆ である。

運転条件

a 西東京端の状態: G の場合 (西東京端に 300 MW に比べ非常に大きな系統が接続された場合), R の場合 (西東京端に 300 MW の力率 100% の負荷が接続された場合) について

b 佐久間 G: 0 台の場合, 2 台の場合について

c 変換器相数: 12 相の場合, 6 相の場合について

d 変換方向: 50→60 c/s の場合, 60→50 c/s の場合について

(2) 制御方式

a. By-Pass Valve

今回の模擬試験においては、事故発生と同時に By-Pass Valve が動作した場合と、しなかった場合のふたとおりについて試験を行なった。Inverter 運転時 By-Pass Valve が動作しない場合 1 グループが転流失敗し、かつ Rectifier 側の定電流制御機能が失なわれたときは、ほかの Inverter には 2 倍以上の過電流が流れることになる。たとえば、50 c/s 側 Inverter 運転時人側で転流失敗がおけると、△側（低圧）の リレー が動作する。また、By-Pass Valve が動作すると△側には一定の電流（6 相運転に等しい）が流れ、リレーは不動作となる。

以上のことを確認する意味において、By-Pass Valve が動作した場合と、しなかった場合の両者について試験を行なった。

b. 定電流制御

定電流制御方式を採用すると、Inverter 側の事故時に Rectifier 側の電流はある一定値をこえることがない。つまり直流短絡電流を一定値に保つことになる。したがって、この場合 Rectifier 側にある LOB-1-D 形過電流継電器は不動作となる。

しかし当社 ATL においては、定電流制御方式を今回は行っていないため、Inverter 側で転流失敗が起こると、Rectifier 側の電流は直流短絡電流分だけ大きくなる。そのため今回の試験においては LOB-1-D 形過電流継電器は動作したが、定電流制御機能が正常な場合には継電器は動作しない。

c 変圧器事故の模擬

変圧器の内部層間短絡のような事故は模擬することが非常に困難であり、今回は試験できなかった。しかし、変圧器巻線から Bushing にいたる Lead 線における事故（1φG、2φS、3φS）は図 2.9 における F3 点にて事故を起こし模擬した。

（3）逆弧に対する試験

整流器が逆弧を起こした場合の波形は図 2.12 に示すようになる。実系統における CT では約

表 2.3 電発佐久間 F/C 主変圧器保護継電器故障および逆弧、通弧試験結果

試 番 No.	故 障		変 換 方 向	佐久間 Gen	変換器 相 数	西東京 端 状 態	by-pass switch	継 電 器 の 接 点						備 考
	位 置	種 類						51H ₁	51L ₁	51H ₂ 入	51L ₂ 入	51H ₂ △	51L ₂ △	
1	F ₁	1φG.	50→60	0 台	12φ	G	OFF	○	×	×	×	×	×	
2	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
3	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
4	"	B.F.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
5	F ₂	1φG.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	×	
6	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
7	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
8	"	B.F.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
9	F ₁	1φG.	"	2 台	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
10	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
11	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
12	"	B.F.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
13	F ₂	1φG.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
14	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
15	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
16	"	B.F.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
17	F ₁	1φG.	"	6φ	"	"	60S ON	○	○	×	×	×	×	
18	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
19	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
20	"	B.F.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
21	F ₂	1φG.	"	"	"	"	50S ON	○	○	×	×	○	○	
22	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
23	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
24	"	B.F.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
25	"	1φG.	"	0 台	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
26	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
27	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
28	"	B.F.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
29	F ₁	1φG.	"	"	"	"	60S ON	×	×	×	×	×	×	
30	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
31	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
32	"	B.F.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
33	"	1φG.	60→50	"	12φ	"	OFF	×	×	×	×	×	×	
34	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
35	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	○	○	×	×	
36	"	A.T.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
37	F ₂	1φG.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
38	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
39	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	○	○	
40	"	A.T.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
41	"	1φG.	"	2 台	"	R	"	×	×	×	×	×	×	
42	"	"	"	"	"	G	"	×	×	×	×	×	×	
43	"	2φS.	"	"	"	R	"	○	○	×	×	○	○	
44	"	"	"	"	"	G	"	○	○	×	×	○	○	
45	"	3φS.	"	"	"	R	"	○	○	×	×	○	○	
46	"	"	"	"	"	G	"	○	○	×	×	○	○	
47	"	A.T.	"	"	"	R	"	×	×	×	×	×	×	
48	"	"	"	"	"	G	"	×	×	×	×	×	×	
49	F ₁	1φG.	"	"	"	R	"	×	×	×	×	×	×	
50	"	"	"	"	"	G	"	×	×	×	×	×	×	
51	"	2φS.	"	"	"	R	"	×	×	○	○	×	×	
52	"	"	"	"	"	G	"	○	○	○	○	×	×	
53	"	3φS.	"	"	"	R	"	○	○	○	○	×	×	
54	"	"	"	"	"	G	"	○	○	○	○	×	×	
55	"	A.T.	"	"	"	R	"	×	×	×	×	×	×	
56	"	"	"	"	"	G	"	×	×	×	×	×	×	
57	"	1φG.	"	"	6φ	R	60S IN	×	×	×	×	×	×	
58	"	"	"	"	"	G	"	×	×	×	×	×	×	
59	"	2φS.	"	"	"	R	"	×	×	○	○	×	×	
60	"	"	"	"	"	G	"	×	×	○	○	×	×	
61	"	3φS.	"	"	"	R	"	○	○	○	○	×	×	
62	"	"	"	"	"	G	"	○	○	○	○	×	×	
63	"	A.T.	"	"	"	R	"	×	×	×	×	×	×	
64	"	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
65	F ₂	1φG.	"	"	"	G	50S IN	×	×	×	×	×	×	
66	"	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
67	"	2φS.	"	"	"	R	"	○	○	×	×	○	○	
68	"	"	"	"	"	G	"	○	○	×	×	○	○	
69	"	3φS.	"	"	"	R	"	○	○	×	×	○	○	
70	"	"	"	"	"	○	"	○	○	×	×	○	○	
71	"	A.T.	"	"	"	R	"	×	×	×	×	×	×	
72	"	"	"	"	"	G	"	×	×	×	×	×	×	
73	F ₁	1φG.	"	0 台	"	"	60S IN	×	×	×	×	×	×	
74	"	2φS.	"	"	"	"	"	×	×	○	○	×	×	
75	"	3φS.	"	"	"	"	"	×	×	○	○	×	×	
76	"	A.T.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
77	F ₂	1φG.	"	"	"	"	50S IN	×	×	×	×	×	×	
78	"	2φS.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	○	○	
79	"	3φS.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	○	○	
80	"	A.T.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
81	F ₃	1φG.	50→60	"	12φ	"	OFF	○	○	○	○	×	×	
82	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
83	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
84	"	1φG.	"	2 台	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
85	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
86	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
87	"	1φG.	60→50	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
88	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	

表 2.3 続 き

試 番 No.	故 障		変 換 方 向	佐久間 Gen	変換器 相 数	西 京 端 状 態	by-pass switch	繼 電 器 の 接 点						備 考
	位 置	種 類						51H ₁	51L ₁	51H ₂ 入	51L ₂ 入	51H ₂ △	51L ₂ △	
89	F ₃	3φS.	60→50	2 台	12φ	G	OFF	○	○	×	×	×	×	
90	"	1φG.	"	0 台	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
91	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
92	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
93	"	1φG.	"	"	6φ	"	60S IN	×	×	×	×	×	×	
94	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
95	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
96	"	1φG.	"	2 台	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
97	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
98	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
99	"	1φG.	50→60	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
100	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
101	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
102	"	1φG.	"	0 台	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
103	"	2φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
104	"	3φS.	"	"	"	"	"	○	○	×	×	×	×	
105	F ₄	1φG.	"	"	"	"	50S IN	×	×	×	×	×	×	
106	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
107	F ₄	2φS.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
108	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
109	F ₄	3φS.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
110	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
111	F ₄	1φG.	"	2 台	"	R	60S IN	×	×	×	×	×	×	
112	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
113	F ₄	"	"	"	"	G	50S IN	×	×	×	×	×	×	
114	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
115	F ₄	2φS.	"	"	"	R	60S IN	×	×	×	×	×	×	
116	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
117	F ₄	"	"	"	"	G	50S IN	×	×	×	×	×	×	
118	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
119	F ₄	3φS.	"	"	"	R	60S IN	×	×	×	×	×	×	
120	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
121	F ₄	"	"	"	"	G	50S ON	×	×	×	×	×	×	
122	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
123	F ₄	1φG.	"	"	12φ	R	OFF	×	×	×	×	×	×	
124	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
125	F ₄	"	"	"	"	G	"	×	○	×	×	×	×	
126	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	○	×	×	×	×	
127	F ₄	2φS.	"	"	"	R	"	×	×	×	×	×	×	
128	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
129	F ₄	"	"	"	"	G	"	×	×	×	×	×	×	
130	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
131	F ₄	3φS.	"	"	"	R	"	×	×	×	×	×	×	
132	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
133	F ₄	"	"	"	"	G	"	×	×	×	×	×	×	
134	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
135	F ₄	1φG.	"	0 台	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
136	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
137	F ₄	2φS.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
138	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
139	F ₄	3φS.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
140	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
141	F ₄	1φG.	60→50	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
142	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
143	F ₄	2φS.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
144	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
145	F ₄	3φS.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
146	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
147	F ₄	1φG.	"	2 台	"	R	"	×	×	×	×	×	×	
148	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
149	F ₄	"	"	"	"	G	"	×	×	×	×	×	×	
150	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
151	F ₄	2φS.	"	"	"	R	"	×	×	×	×	×	×	
152	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
153	F ₄	"	"	"	"	G	"	×	×	×	×	×	×	
154	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
155	F ₄	3φS.	"	"	"	R	"	×	×	×	×	×	×	
156	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
157	F ₄	"	"	"	"	G	"	×	×	×	×	×	×	
158	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
159	F ₄	1φG.	"	0 台	6φ	"	50S IN	×	×	×	×	×	×	
160	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
161	F ₄	2φS.	"	"	"	"	50S ON	×	×	×	×	×	×	
162	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
163	F ₄	3φS.	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
164	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
165	F ₄	1φG.	"	2 台	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
166	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
167	F ₄	"	"	"	"	R	60S ON	×	×	×	×	×	×	
168	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
169	F ₄	2φS.	"	"	"	G	50S ON	×	×	×	×	×	×	
170	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
171	F ₄	"	"	"	"	R	60S ON	×	×	×	×	×	×	
172	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
173	F ₄	3φS.	"	"	"	G	50S ON	×	×	×	×	×	×	
174	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	
175	F ₄	"	"	"	"	R	60S ON	×	×	×	×	×	×	
176	F ₅	"	"	"	"	"	"	×	×	×	×	×	×	

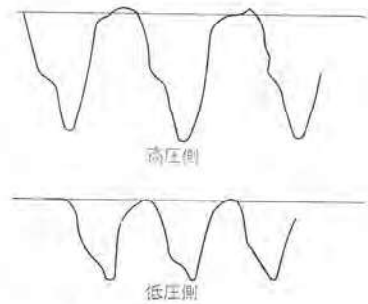


図 2.12 逆 弧 波 形
Fig. 2.12 Wave form of
back firing.

10 c/s までは DC 飽和せず、ほぼ同一の電流波形を二次側に誘起する。ATL において使用する CT もこれと同一の特性を持たせるため改良を行なったが、容量などの点でこれを模擬することは不可能であった。今回使用した CT は逆弧発生 1 c/s 後には DC 飽和して逆弧波形が実際とは非常に異なったものになっている。したがって表 2.3 の逆弧に対する試験結果は実際とはかなり異なったものとなることは明らかである。しかし、この試験は逆弧に対する解析および CT が DC 飽和した場合、電流波高値が小さくなり、継電器の立場としては、よりきびしい試験となると考えられるので試験を行なった。その結果、逆弧発生時には CT に DC 飽和があっても継電器は確実に動作することが証明された。

また、DC 飽和が CT にない場合の継電器動作を検討するため、模擬系統に CT を介することなく継電器を直接々続し、逆弧連続および繰り返し 2 種の試験を行なった。この試験の結果、継電器としては CT の DC 飽和の有無に関係なく、逆弧時には正確に動作することが明らかとなった。

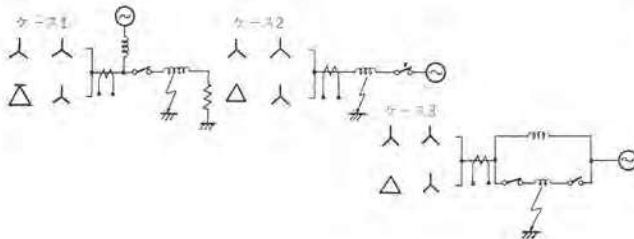
次に逆弧くり返しに対する継電器の動作について述べる。試験は逆弧 3~4 c/s 正常 5 c/s を 3 回繰り返し継電器の動作、不動作を調査した。この場合、H 要素時限 80 ms、パルスコンネクト 20 ms、L 要素時限 0.3 sec のときは、表 2.4 および表 18 にあるように H 要素は動作する。これは、逆弧 3 c/s=60 ms、パルスコンネクト 時間 20

表 2.4 逆弧繰返し試験結果

条件	
逆弧	3~4 c/s
定常	5 c/s
回数	3 回
リレー整定	
H 要素	5 A
L 要素	4 A
パルス コンネクト	20 ms

No.	電流 (A)	時 間	51H	51L	備 考
401	10.6	H 80 ms L 0.3 sec	○	×	
402	10.6	H 100 ms L 0.3 sec	×	×	

表 2.5 電発佐久間 F/C 主変圧器保護継電器
再閉路試験結果



試番 No.	ケー ス	変換 方向	佐久間 Gen.	変換器 相数	西東京 端の状態	by-pass switch	継電器の接点						備考
							51H ₁	51L ₁	51H ₂	51L ₂	51H ₃	51L ₃	
1	1	60→50	2 台	6φ	R	60S IN	×						
2	"	"	"	"	"	50S IN	×						
3	"	"	"	12φ	"	OFF	×						
4	2	"	0 台	"	G	"	×						
5	"	"	"	6φ	"	50S IN	×						
6	"	"	"	"	"	60S IN	×						
7	3	"	2 台	"	"	50S IN	×						
8	"	"	"	"	"	60S IN	×						
9	"	"	"	12φ	"	OFF	×						
10	2	50→60	0 台	"	"	"	×						
11	"	"	"	6φ	"	50S IN	×						
12	"	"	"	"	"	60S IN	×						
13	3	"	2 台	12φ	"	OFF	×						
14	"	"	"	6φ	"	50S IN	×						
15	"	"	"	"	"	60S IN	×						

ms であるから、 $60+20+\alpha \geq$ 整定時限 (ただし、 α は継電器の慣性 ≈ 5 ms) の関係にも示されるように当然動作することになる。一方、L 要素は時限が長いので、60 ms 程度の入力では不動作となる。

また、動作時限を 100 ms とすると、

$$60+20+\alpha < \text{整定時限}$$

となり、不動作となる。

以上のことから、逆弧くり返しに対しては、H 要素はパルスコンネクト時間 $+\alpha$ のみかけ上の慣性があるかのようになる。継電器自体の慣性としては、H 要素約 5 ms、L 要素 20 ms 以下である。

逆弧くり返し時の試験結果は表 2.4 を参照されたい。

(4) 不動作確認試験

a. 再閉路試験

(1) 項系統図において、東幹線事故により CB のシタ断器を

5 c/s で開き、20~25 c/s 無電圧状態とし、CB のシタ断器を再投入した場合の継電器の動作を調査した。

この場合も By-Pass Valve が正常に動作した場合、ならびに By-Pass Valve が動作しなかった場合の両者について行なった。

(表 1.5 参照)

By-Pass Valve が動作しなかった場合は、Inverter 側で転流失敗が起こる。そのとき、格子制御角の大きさによって継電器は動作したり、不動作となったりする。つまり、格子制御角が大きければ大きいほど逆弧の状態に近づき、短絡電流が増加して継電器は動作する方向へむかうことになる。

By-Pass Valve が動作した場合には、転流失敗が除去されるので継電器は不動作となる。

b. 励磁ラッシュについて

佐久間 F/C 向変圧器の励磁突入電流値は、変圧器設計者の計算によると 6~7 倍になるという。この突流は 10 c/s 程度継続することが今までの経験から知られている。しかるに佐久間 F/C の場合には、変圧器に Filter が接続された回路に全電圧が印加されるので、2~3 c/s ではあるが、1.5~1.8 倍の電圧が発生し、その過電圧により大きな励磁電流が流れ、励磁突流に重畳する。

また、高圧側 (電源側) は人-人 Bank および人-△ Bank が並列に接続されて Bushing CT を通るので、励磁電流は倍増する。

当社 ATL の試験においては、トランス巻線の空心インダクタンスと励磁特性を同時に模擬することが困難なため、実系統と同一条件で励磁ラッシュの試験を行なうことはできなかった。今回の試験の励磁ラッシュは、トランスおよびフィルタ接続時の過電圧による励磁電流の増大であるので、3 c/s 程度しか連続せず、また大きさも実系統より小さく、約 4 倍の電流しか発生していない。したがって、今回の試験は参考的なデータである。

表 2.6 にあるデータおよび図 2.13 (参照) は、いずれも H 要素が動作している場合もあるが、これは時限 80 ms、パルスコンネクト 20 ms であるため、(3) 項にも述べてあるように、 $60+20+\alpha >$ 整定時間がいく分 80 ms より長いのは入力 2 波目以後か、30% 以下であるからである。

表 2.6 Filter 接続時の Tr のラッシュカーレント
に対する試験結果

整定タップ: H=5 A L=4 A
ダイヤル: H=80 ms L=0.3 s
PULSE CONN=20

No.	電 圧 (V)	投入位相 (°)	W 相		V 相		U 相		備 考
			51H	51L	51H	51L	51H	51L	
403	220	+ 90	×	×	○	×	×	×	
404	"	+ 60	×	×	×	×	×	×	
405	"	+ 30	×	×	×	×	○	×	
406	"	0	×	×	×	×	×	×	
407	"	- 30	×	×	×	×	×	×	
408	"	- 60	×	×	×	×	×	×	
409	"	- 90	×	×	×	×	×	×	
410	"	-120	×	×	×	×	×	×	
411	"	-150	×	×	×	×	×	×	
412	"	-180	×	×	×	×	○	×	
413	"	+150	×	×	×	×	×	×	
414	"	+120	×	×	×	×	○	×	
415	"	+ 90	×	×	○	×	×	×	

表 2.7 主変過電流保護におけるオシロ一覽

試験の性格	OSL No.	故 障 条 件	試 番 No.	R Y 動 作						備 考
				RY ₂		RY ₃		RY ₄		
				H	L	H	L	H	L	
不動作確認 試 験	1	励磁突入電流の最大の例、佐久間 2 台	414	○	×	×	×	×	×	RY2 の H 要素を 80 ms にセット すると動作 I ₀ が故障除去まで流されている。 6 相運転でも △入 バンクのため I ₀ が故障除去までは流れる。
	2	F6, 1φG, 単相再閉路, 12φ 運転, 佐久間 2 台	11	×	×	×	×	×	×	
	3	F6, 1φG, 単相再閉路, 入人の 6φ 運 転, 佐久間 2 台	12	×	×	×	×	×	×	
	4	F6, 1φG, 単相再閉路, By-Pass Valve オフ, 12φ 運転, 佐久間 2 台	599	×	×	×	×	○	×	
動作, 不動作 参考試験	5	F5 (F4 も同じ) 1φG, 12 運転, 佐久間 2 台で RY ₂ の L 要素が動作した例	126	×	○	×	×	×	×	
保護能力試験	6	F1, F2 整流器側 F1, 1φG, 12φ 運転, 佐久間 2 台	9	○	○	×	×	×	×	
	7	F1, 2φS, 12 相運転, 佐久間 2 台	10	○	○	○	○	×	×	
	8	F2, 1φG, 12 相運転, 佐久間 2 台	13	○	○	×	×	○	○	
	9	F2, 2φS, 6 相運転, 佐久間 2 台	22	○	○	×	×	○	○	
	10	F1, F2 インバータ側 F1, 1φG, 12 相運転, 佐久間 2 台	50	×	×	×	×	×	×	
	11	F1, 1φG, 12相運転, 佐久間 2 台 Bypass Valve オフ	516	×	×	×	×	×	×	
	12	F1, 2φS, 12 相運転, 佐久間 2 台	52	○	○	○	○	×	×	
	13	F2, 1φG, 12 相運転, 佐久間 2 台	42	×	×	×	×	×	×	
	14	F2, 1φG, 12相運転, 佐久間 2 台 Bypass Valve オフ	508	×	×	×	○	×	×	
	15	F2, 1φS, 12 相運転, 佐久間 2 台	44	○	○	×	×	○	○	
	16	F3 事故 F3, 1φG, 12 相運転, 佐久間 2 台	81	○	○	×	×	×	×	
	17	逆 弧	8	○	○	×	×	○	○	

(注) RY 動作……○動作, ×不動作, RY₂, RY₃, RY₄ の位置は図 1.6 による。

(注) とくに記さないものは By-Pass Valve を正常動作においたときである。



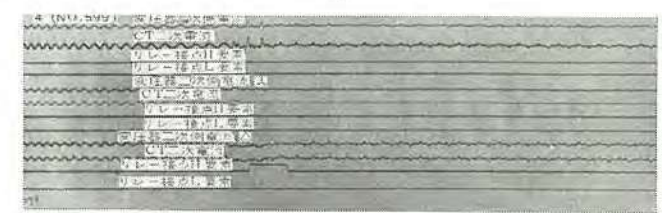
(1)



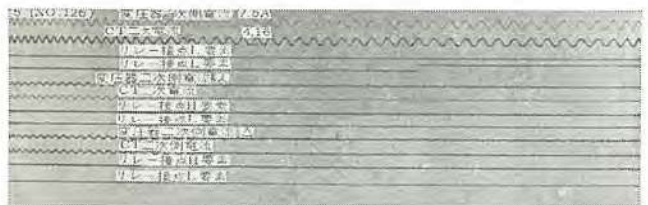
(2)



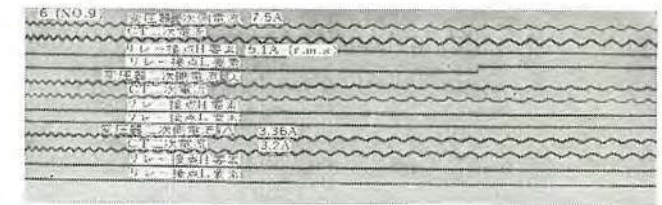
(3)



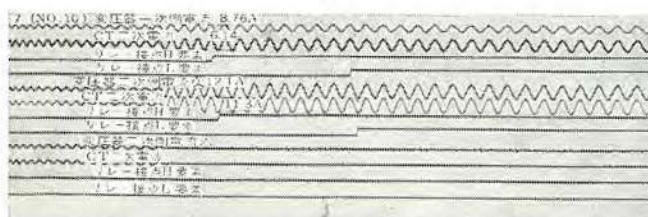
(4)



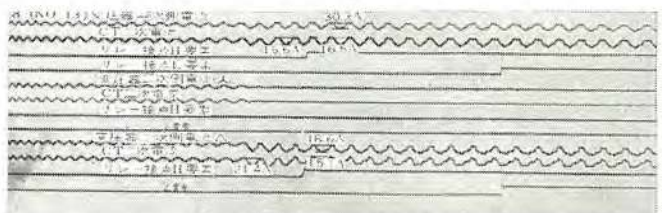
(5)



(6)

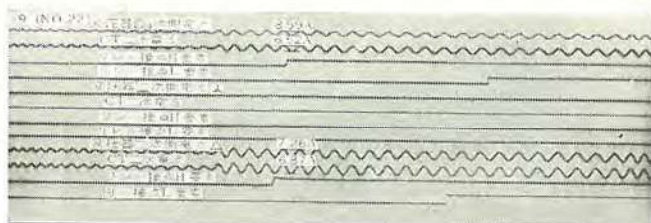


(7)



(8)

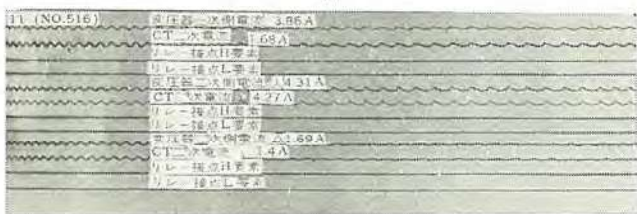
図 2.13 (a) オシログラム Fig. 2.13 (a) Oscillogram



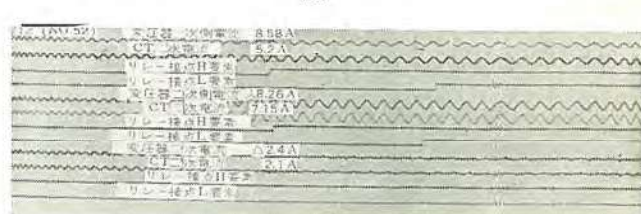
(9)



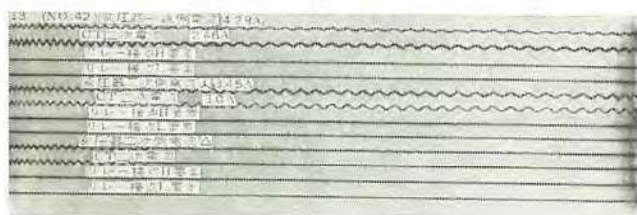
(10)



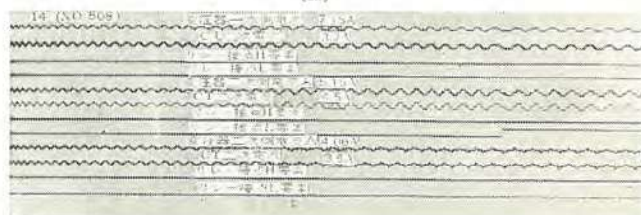
(11)



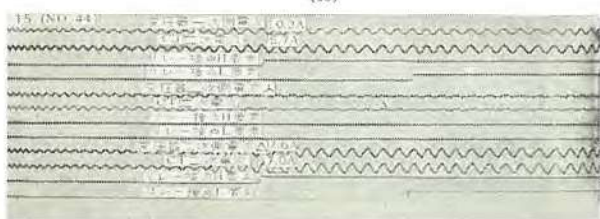
(12)



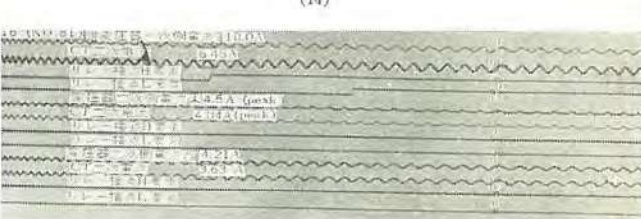
(13)



(14)



(15)



(16)



(17)

図 2.13 (b) オシログラム

Fig. 2.13 (b) Oscillogram.

3. フィルタ保護

3.1 フィルタ保護方式

日本においてもまた世界においても、直流送電に使用されるフィルタの保護は今まで考えられなかった、というよりはむしろ非常に現象が複雑であり、保護はフィルタのCおよびLに単独にとりつけられた保護装置にたよるしか方法がない。当社においても、この困難な電氣的保護をいかにして行なうかを当社中央研究所のATLにおいて試験を行なった結果次の方式が考えられた。この方式がATLの試験結果からは最良の方式と考えられるが、変換装置を動作させた場合ATLでは発見できなかった種々の現象が起こることが考えられる。これらの現象に対するフィルタリレーの動作についてはさらに研究していくつもりである。

- (a) CTはオープンデルタ結線とする。
- (b) 保護継電器は定限時形長时限過電流継電器による。
- (c) 継電器は平均値応答形とする。

3.2 LOB-2-S 形限時付過電流継電器

佐久間周波数変換所において、高調波吸収用フィルタの事故を検出し、フィルタの破損によって起こる系統への影響を最小限に阻止するために新たに開発された過電流継電器をLOB-2-S形限時付

過電流継電器と呼ぶ。

この継電器の目的とするところは、フィルタ事故による系統への影響を最小限に阻止するものであるから、このLOB-2-S形限時付過電流継電器が誤動作した場合のフィルタおよび他の機器に及ぼす影響は非常に重大である。そのため本継電器は高感度平均値応答プラスタイム形過電流要素を複式としてAND回路に結合し信頼度を高めた完全誤動作防止形を採用している。これを図3.1のブロック線図に示す。

またこのLOB-2-S形限時付過電流継電器は図2.2に示すようなCT結線を行ないコンデンサCのバンクをはじめ1φG、2φG

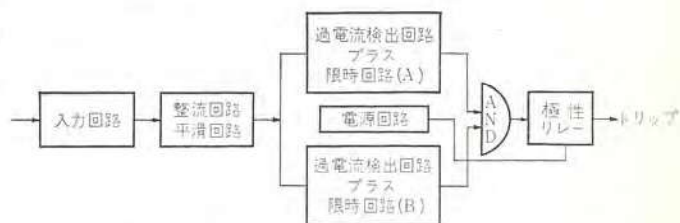


図 3.1 LOB-2-S 形限時付過電流継電器動作原理ブロック線図(※1要素のみを示す)

Fig. 2.1 Operation principle of type LOB-2-D definit overcurrent relay.

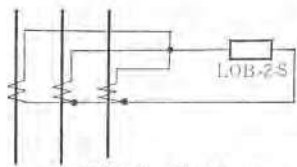


図 3.2 CT 結線
Fig. 3.2 CT Connection diagram.

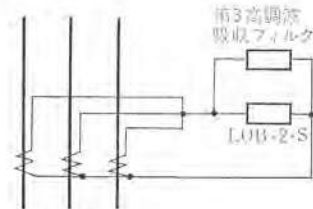


図 3.3 第3高調波吸収フィルタを付加した場合
Fig. 3.3 Connected with 3rd harmonics pass filter.

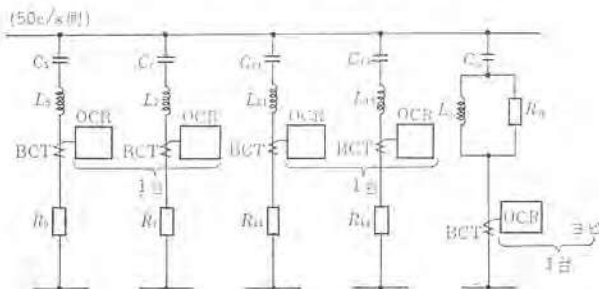


図 3.4 フィルタ構成
Fig. 3.4 Filter composition.

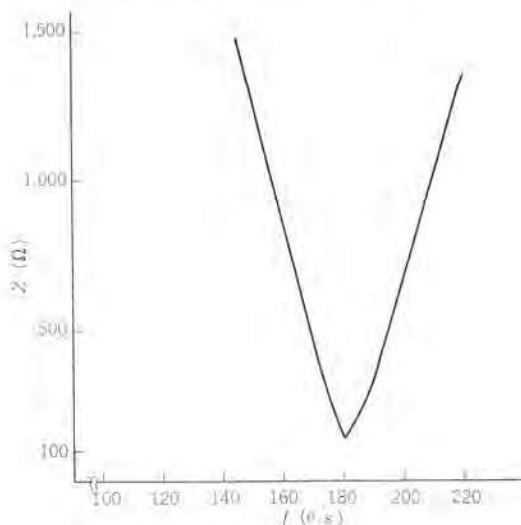
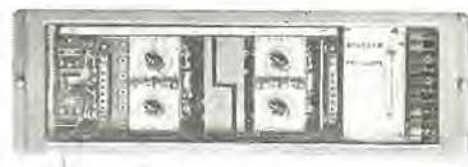


図 3.5 フィルタ周波数特性例
Fig. 3.5 Frequency characteristic of filter.

などの不平衡事故を検出するよう設計されている。この場合、変換器制御角のバラツキ、接地点の有無などにより系統に第3高調波電流が流れることが考えられる。

図 3.2 に示す CT 結線を行なった場合には、第3高調波電流がそのまま LOB-2-S 形限時付過電流継電器に流れ、整定タツプいかにによっては動作する場合も考えられる。これに対しては図 3.3 に示すような方法で第3高調波吸収用フィルタを付加し、第3高調波電流による誤動作を防止している。

さらに LOB-2-S 形限時付過電流継電器は図 3.4 に示すようなフィルタ回路に使用され、第5、第7、第11、第13、HPの各フィルタ回路に 50 c/s 側、60 c/s 側ともに設置される。また本継電器は以上のような高感度、高信頼度過電流要素を互いに独立させ



(a) 正面



(b) ケースから引き出したところ

図 3.6 LOB-2-S 形限時付過電流継電器
Fig. 3.6 Type LOB-2-S definite overcurrent relay.

て2個を同一ケースに収納し(5th 用、7th 用)、(11th 用、13th 用)、(HP 用、予備)のように適用している。

この継電器の時限は 3 sec から 30 sec まで連続可変整定が可能で、その誤差は $\pm 5\%$ 以下である。

図 3.5 に第3高調波吸収用フィルタの周波数特性例、図 3.6 に写真を示す。

4. 周波数継電器による保護

4.1 周波数継電器による保護の必要性

佐久間周波数変換所において、50 c/s、60 c/s 系統分離を行なった場合に発生する系統の周波数上昇によって高調波吸収用フィルタには異常電流が流れ、フィルタを破損させる場合がある。佐久間周波数変換所においては系統分離を行なった場合は図 4.1 に示すような大幅な周波数上昇が起こる場合もある。このような場合にはフィルタ保護用の LOB-2-S 形限時付過電流継電器では、その保護目的が系統保護に主眼をおいていることからフィルタ自体の保護には不適當である。このフィルタ自体の保護を行なうものとしては、フィルタ自身にも何らかの保護装置が付加されているとは考えられるし、また佐久間発電所においても十分な保護がなされている。しかし万一の場合を考えたときにはフィルタなどの機器を破損することになるので、これに対する後備保護の目的から周波数継電器を設置した。この目的のため静止形周波数継電器を開発しそれを LFA-1-S 形周波数継電器と呼ぶこととした。

4.2 LFA-1-S 形周波数継電器

以上のような目的に対して以下の事項を考慮し、LFA-1-S 形周波数継電器を製作した。

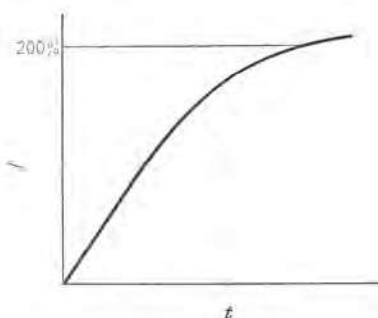


図 4.1 系統分離の佐久間 P/S Gen. 速度上昇曲線
Fig. 4.1 Sakuma power station generator speed up characteristic. (secession of transmission system)

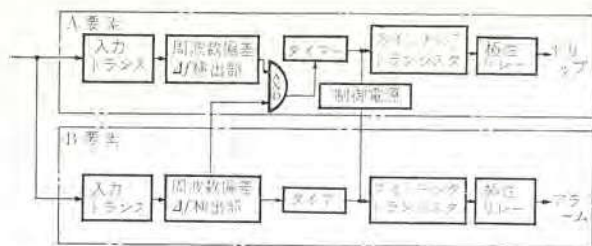


図 4.2 LFA-1-S 形周波数継電器動作原理ブロック線図
Fig. 4.2 Operation principle of type LFA-1-S frequency relay.

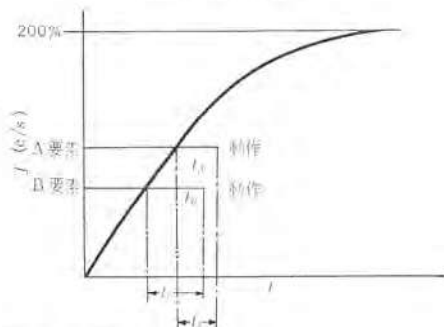


図 4.3 LFA-1-S 形周波数継電器動作条件
Fig. 4.3 Operating condition of type LFA-1-S frequency relay.

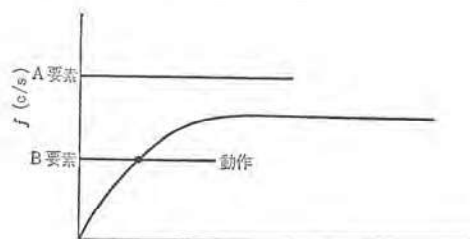


図 4.4 LFA-1-S 形周波数継電器警報表示のみの場合
Fig. 4.4 Alarm display operation of type LFA-1-S frequency relay.



(a) 正面



(b) ケースから引き出したところ

図 4.5 LFA-1-S 形周波数継電器写真
Fig. 4.5 Type LFA-1-S frequency relay.

(a) 周波数上昇に対して適当な感度を有し、かつ適当な時限の後動作する継電器であること。

(b) 誤動作の場合、275 kV 超高压佐久間幹線が全停となるので信頼度の高いものであること。

(c) 被保護機器の強度を考慮すること。

以上の目的を満足させるため、まず本継電器は高整定の A 要素と、仮整定の B 要素を有し、系統の周波数が整定値を越えた時

ず B 要素が動作し、その Δf 検出部の動作を条件に A 要素の動作を可能ならしめるよう AND 回路を構成している。

これをブロック図で示すと図 4.2 のようになる。

今回は本継電器の B 要素を警報に、A 要素をトリップに使用するようにになっている。この A 要素、B 要素の動作条件を図 4.3、4.4 に示す。

また本継電器の写真を図 4.5 に示す。

5. 配電盤設備

5.1 監視制御

5.1.1 監視方式

交流電気量については、通常の交流変電所と、ほぼ同一であるため、特記することはない。

また、各種状態表示については、直流制御関係はすべて、ASEA 社が担当したために、補機関係の状態表示はすべてそこに出され交流盤においては、直流回路断路器を主体とするインターロック条件を用いて、「受電」「準備完了」および、パルプ用断路器の接地表示を行なうにとどめている。

5.1.2 制御方式

(1) スイッチギヤ制御

スイッチギヤはすべて操作開閉器による直接制御方式であり、従来の形式のものである。また、断路器制御は命令灯方式が、付随して採用されている。

なお、超高压側シャ断器は、佐久間発電所に設置され、当変換所にはないため、後述する転送シャ断器以外には、とくにここでは開閉制御を行なっている。

(2) 負荷時電圧調整器の制御

主変圧器の電圧制御 (50, 60 サイクル 共) は、自動および手動制御されるが、自動電圧調整器は ASEA 社のものが、使用されている。一方、所内補機用 LRA は、手動制御のみであり、2 台の LRA は並列運転されない。いずれの場合にも、タップ位置表示器は、計数表示管が使用されている。

(3) 補機回路のインターロック

変換装置用補機はすべて 300 kVA 乾式トランスによりタイ(通)降されて使用されているため、高压交流回路のスイッチギヤが直接補機条件とインターロックされることなく、もっぱら電気回路相互間のインターロックのみにとどまっている。

すなわち、具体的には 3 kV 補機回路は自己主変圧器三次側より給電されるとともに、最初の起動電源を佐久間発電所よりとっているため、これら相互間のインターロックが、そのおもなものとなっている。またこれらのインターロックは系統図からもわかるとおり、典型的な交流変電所とは相当おもむきを異にするため、インターロックはすべて解除できるようにして、運用上の自由度を増加させている。

(4) 転送引はずし

前述したように 275 kV 側シャ断器は、約 2 km 離れた佐久間発電所に設置されているため、変換所故障の際にはこれを引き外す必要があり、このために転送引き外し装置が納入され、その引き外し条件は次のとおりである。

- 変換所超高压回路保護継電器動作
- 主変圧器重故障
- 所内補機回路全停
- 運転中、パルプ関係補機全停

e. 非常停止指令（手動）

なお、補機回路は 60 c/s 主変圧器 3 次側からとっているため 60 c/s 回路の故障に対しては 50 c/s 側も同時に引き外すが、a, b 項の 50 c/s 回路のみの故障時には、50 c/s 系 シュ断器のみを引き外すようになっている。なお、発電所側の保護継電器動作により変換所補機回路も同時に引き外される逆回路も用意されている。

（5）補機回路の自動再開路

変換器の運転に直接関係ある補機回路には、自動再開路装置が装備されている。これは一般配電線に装備される低速再開路装置とまったく同一のものであるが、各回路ごとに 1 個あて設置するのではなく共通に 1 組おく方式がとられた。また、特定回路に対しては、ほかの回路停止による連動再開路回路も設けられている。

5.2 保護継電器と故障表示

5.2.1 保護継電方式

超高压回路および主変圧器に対する保護方式は前述のとおりであるが、一方所内高压回路については、高抵抗接地（100 A）を有する通常の配電系統であるため、短絡地絡とも、過電流保護方式がとられている。ただ、しいて、この回路の特長をあげれば、

- （1）発電所と連系されているために、とくに地絡保護に対しては一部方向継電器を使用していること。
- （2）補機回路の観点から一部低電圧保護を併用したこと。
- （3）特定回路には前述の転送引き外し装置と関連をもたせたことなどである。

5.2.2 故障表示

故障表示器は 2 重ターゲット式を採用した。詳細にわたる表示項目について、ここに記載してもあまり意味がないので主要回路すなわち、超高压および主変圧器関係分についてのみ、その一覧を表 5.1 に示すことにする。

この表中、重故障はすべて転送シュ断される。なお低圧補機関係の故障表示は、機器そのものの故障については ASEA 制御盤におかれるか、またはローカル制御盤に設置され、主配電盤にはこ

表 5.1 主回路故障表示項目

表 示 内 容	表 示 文 字	故 障 種 別
変 圧 器 一 次 過 電 流	51MT 一 次	重 故 障
“ 二 次 人	51MT 二 次人	“
“ 二 次 Δ	51MT 二 次Δ	“
第 5 高 調 波 継 電 器	51HW 5TH	“
第 7 “ “	51HW 7TH	“
第 11 “ “	51HW 11TH	“
第 13 “ “	51HW 13TH	“
高 域 “ “	51HW HP	“
発 電 所 継 電 器	発 電 所 RY	“
変 圧 器 本 体 瞬 間 圧 力 継 電 器	96PTR	重、軽、切換
“ エレフアント “	95PEL	“
“ タップチェンジャー “	96P TAP	“
高 整 定 周 波 数 継 電 器	95H	“
低 “ “	95L	“
LR 用 NFB トリップ	NFB TAP	軽 故 障
“ 同 期 ブレ	25 TAP	“
“ タップ誤差	33 m TAP	“
転 送 装 置 故 障	転 送 故 障	“
変 圧 器 温 度 上 昇	26T TR	“
“ ターバー故障	69TR	“
“ N ₂ 圧力低下	63N	“
“ 油面低下	33Q	“
L R 極 限	上、下限 TAP	“
OF ケーブル油圧	63QOF	“
P D 短 絡	PD 短絡	“

れらを集約したものかあるいは電気回路故障（たとえば NFB トリップ）がおかれている。

5.3 配電盤設備

5.3.1 概 要

配電盤設備としては主制御室におかれる主配電盤のほか低圧監視盤、所内高压 キューピクル、および屋外低 キューピクル、分電盤など、直接、機器制御と連動関係を有しない電源回路一式をすべて納入した。

5.3.2 所内用高压キューピクル

所内用高压 キューピクル は、所内 パンク 2 次回路および LRA のみ屋外形とし、ファイダ 回路は屋内形で納入された。キューピクルの形式はいずれも JEM にある G 級を満足するものであり、シュ断器は 75 MVA の シュ断容量を有する磁気 シュ断器が、また CT は プラシマ 形が採用されている。

なお、高压断路器および 300 KVA 乾式変圧器は特定のものを除き、単独設置形である。この キューピクル は高压機器の収納が主目的であるため、キューピクルにおける制御は行なわず、ただ単に試験のための表示灯、すなわち、開閉表示、位置表示、命令表示のみを表示するにとどめている。

5.3.3 主配電盤

主制御室に ASEA 制御盤と併置され、主回路および所内高压回路の監視制御を行なっている。すなわち、主配電盤は前後両面形とし、前面には監視制御器具を、また背面には保護継電器を配置するという典型的な配電盤形態をとっているが、フィルタ、主変圧器関係の保護継電器が主体を占めるために、前後 1 対 1 の対応はできず、主として用途別に分割配置されている。なお、この主制御室には 20 回路の交換回路を有する電話切換台が併置されている。

5.3.4 低圧配電盤その他

低圧監視盤は前述した 300 KVA テイ降用乾式トランス 9 台の二次側に装備される NF プレーカ 盤であり、各種補機の電源となるものである。これらのうち多くは、屋内両面自立形配電盤に収納されているが、特定のものは 300 KVA、乾式トランスと組み合わせられて、屋外 キューピクル を構成しているものもある。このほかに数十台におよぶナイフスイッチを主体とした分電箱が、あわせて納入された。

6. む す び

以上、佐久間周波数変換所に納入された交流回路保護継電器と配電盤設備についてその概要を報告したが、静止器による大容量周波数変換技術は、わが国においても最初のものであり、交流回路の保護方式にしても、あるいはまた、監視制御の方式にしても今後の調査研究にまたねばならぬことが非常に多いと思われるがこの報告がこれらの一段階として諸賢の参考に資するところがあれば、幸いと考える次第である。

さいごに本設備の設計製作にあたり、始終ご指導とご助言を賜わった電源開発株式会社各位ならびに中央研究所をはじめとする社内関係者に厚くお礼を申し上げる。