

# 電源開発株式会社北海道・本州間電力連系計画の概要と函館変換所用変換設備

## Hokkaido-Honshu HVDC Link and Equipment for Hakodate Converter Station of Electric Power Development Company

電源開発株式会社が建設を進めている北海道・本州間電力連系設備は、津軽海峡横断の海底ケーブル区間を含む168kmの直流送電線をもつ我が国最初の本格的な直流送電設備である。これが完成すれば北海道から九州まで全国一貫した電力系統連系が実現し、広域運営による電力融通及び供給信頼度上の成果が期待されている。連系容量は第1期150MW(昭和54年12月運転開始)、第2期300MW(昭和55年6月運転開始)であり、最終容量は600MW(運転開始時期未定)となる予定である。

日立製作所はこの連系設備で、電源開発株式会社函館変換所にサイリスタバルブをはじめとする交直流変換用機器、制御・保護装置を納入するが、機器の仕様決定、設計に当たり、過電圧解析、系統安定度解析などを行ない、性能に万全を期した。一部の機器は既に工場試験を無事終了して出荷され現地据付も着々と進み、対向する上北変換所と連系して行なう課電試験の準備が進められている。

竹之内達也*	Takenouchi Tatsuya
川上直衛**	Kawakami Naoe
奥山賢一***	Okuyama ken'ichi
三木義照****	Miki Yoshiteru
山崎洋一*****	Yamazaki Yoichi

### 1 緒言

電源開発株式会社が建設を進めている北海道・本州間電力連系設備(以下、北本連系と略す)は、図1に示すように、北海道電力株式会社七飯発電所と東北電力株式会社上北変電所との間を結ぶ一部に海底ケーブルを含む直流送電線と、その両端に位する函館、上北の両変換所とから成る我が国最初の本格的な直流送電設備である。

連系容量は、連系効果、関連交流系統の系統特性などを勘案し、第1期150MW(昭和54年12月運転開始)、第2期300MW(昭和55年6月運転開始)、最終容量600MW(運転開始時期は未定)で計画されている。定格直流電流は1,200A、定格直流電圧は連系容量に応じて第1期、第2期はそれぞれ単極運転の125kV、250kV、最終的には双極運転の±250kVとなる。連系区間長は全体で約172kmであり、海底ケーブル44km、架空線124kmから成る直流送電線168kmと、交流送電線4kmから構成される。

北本連系で、日立製作所は親制御所となる函館変換所にサイリスタバルブをはじめ、交流・直流機器、変換所機器の制御保護装置、更に直流送電線、交流送電線各々の線路保護装置を納入する(対向する上北変換所の主要機器は東京芝浦電気株式会社製)。以下に日立製作所が納入する機器を中心に、設備の概要について説明する。

### 2 設備の概要

#### 2.1 基本仕様

連系設備の基本仕様は表1に示すとおりである。

#### 2.2 システムの概要

図2に連系設備の全体図を示す。北海道電力株式会社七飯発電所から東北電力株式会社上北変電所へ送電する場合、連系設備は次のように運転される。すなわち、函館変換所で

交流電力は変換器用変圧器及びサイリスタバルブにより直流電力に変換(順変換)される。直流電力は直流リアクトルにより電流の脈動分を平滑され、直流送電線路に送られる。上北

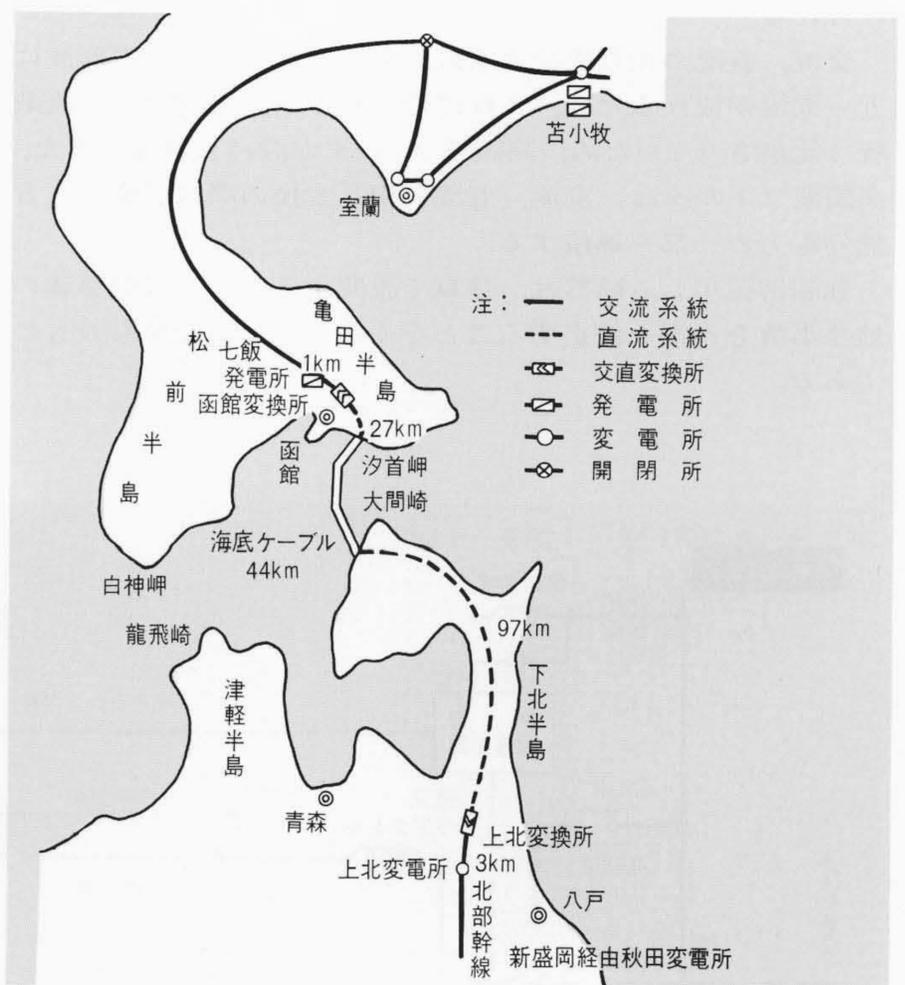


図1 北本連系計画概要図 北海道と本州の電力系統が、44kmの海底ケーブル区間を含む168kmの直流送電線によって連系される。

\* 電源開発株式会社工務部 \*\* 日立製作所日立工場 \*\*\* 日立製作所国分工場 工学博士 \*\*\*\* 日立製作所大みか工場 \*\*\*\*\* 日立製作所電力事業本部送変電技術本部

表1 連系設備の基本仕様 第1期は昭和54年12月、第2期は昭和55年6月に運転開始となる。

項目		仕様		
		第1期	第2期	最終
定格	変換容量(MW)	150	300	600
	直流電圧(kV)	125	250	±250
	直流電流(A)	1,200	1,200	1,200
	変換器群数	1	2	4
結線方式		三相ブリッジ結線により、1群を構成する。		
運転方式		1群で6相、2群で12相運転を行なう。		
項目		北海道側	本州側	
交流系統条件	交流電圧(kV)	187	275	
	短絡容量(MVA)	900	1,500	
	周波数(Hz)	50	50	

変換所ではこの直流電力を受け、サイリスタバルブと変換器用変圧器により交流電力に変換(逆変換)する。サイリスタバルブは点弧位相の制御により、順変換器又は逆変換器となるので、前述の場合と逆に上北変電所から七飯発電所へ送電することも可能である。

制御保護装置は、直流連系設備では順変換器と逆変換器が一对となって運転されることから、互いに相手の情報の確認を必要とする。北本連系では長距離で中間に海峡をはさむという理由によりその伝送にマイクロ波回線が使用される。

交流から直流への変換、又はその逆の変換でも遅れの無効電力が必要となるので、これを補償するために調相設備が設けられる。

交流、直流の相互変換の際に、変換器用変圧器に方形波に近い電流が流れるため、これに含まれる高調波成分を交流系統に流出させないため、高調波フィルタが設けられる。また、高調波フィルタは、交流、直流の相互変換の際に必要な無効電力の一部を補償する。

強制消弧用しゃ断器は、後章で説明するように帰路導体の地絡事故を送電を停止することなく除去する機能をもつものである。

### 3 システム設計

#### 3.1 絶縁設計

直流送電用機器の絶縁設計に当たっては、デジタル計算機及びTransient Network Analyser (TNA)を用いて過電圧解析を行ない保護方式とも関連させて機器の所要絶縁強度を決定した。

##### (1) 故障時及びバルブ動作による過電圧

この過電圧は雷サージ以外のいわゆる内雷と称されるもので、解析した過電圧発生要因を以下に述べる。

- (a) 直流送電線路地絡
- (b) 変換所内地絡、短絡
- (c) 逆変換器ブロック状態での起動
- (d) 逆変換器負荷しゃ断
- (e) 逆変換器転流失敗及び順変換器失弧
- (f) 変圧器、フィルタ、調相設備などの開閉

これらの中で、(c)項が全電圧起動という異常状態となれば、2倍程度の持続性過電圧が発生し最も過酷な場合となるが、起動時定数が70ms以上であればこの過電圧は1.2倍程度に抑制できる。また(d)項もトリップ信号あるいは過電圧検出によるBypass Pair (BPP)制御を行なえば過電圧抑制ができるなど、制御方式、保護方式によって過電圧値が左右されるものが多いので、計算やTNA解析により過電圧抑制に効果的な制御、保護方式を明らかにし、それを実際に適用した。

##### (2) 雷サージ

交流側雷サージは従来の電力系統の場合と同様であるが、バルブ耐圧上、変圧器の二次移行電圧に注意する必要がある。一般に変圧器単独の場合よりもバルブが接続されている場合は、この移行電圧は低減されるのが普通で、第1期分(連系容量150MW)についてみると一次侵入波の30%程度であり、絶縁上問題とならない値になることを確認した。

直流側の雷サージは、直流リアクトルによる抑制効果が期待でき、バルブなどの耐電圧保護は十分といえる。

#### 3.2 系統安定度解析

電源開発株式会社函館変換所側の交流系統は、背後の短絡容量が900MVAと変換容量(第2期で300MW)に対して通常必要とされる量(変換容量の4倍程度)に比べ小さいため、運転に当たっては交流系統と十分協調のとれた運用を行なう必

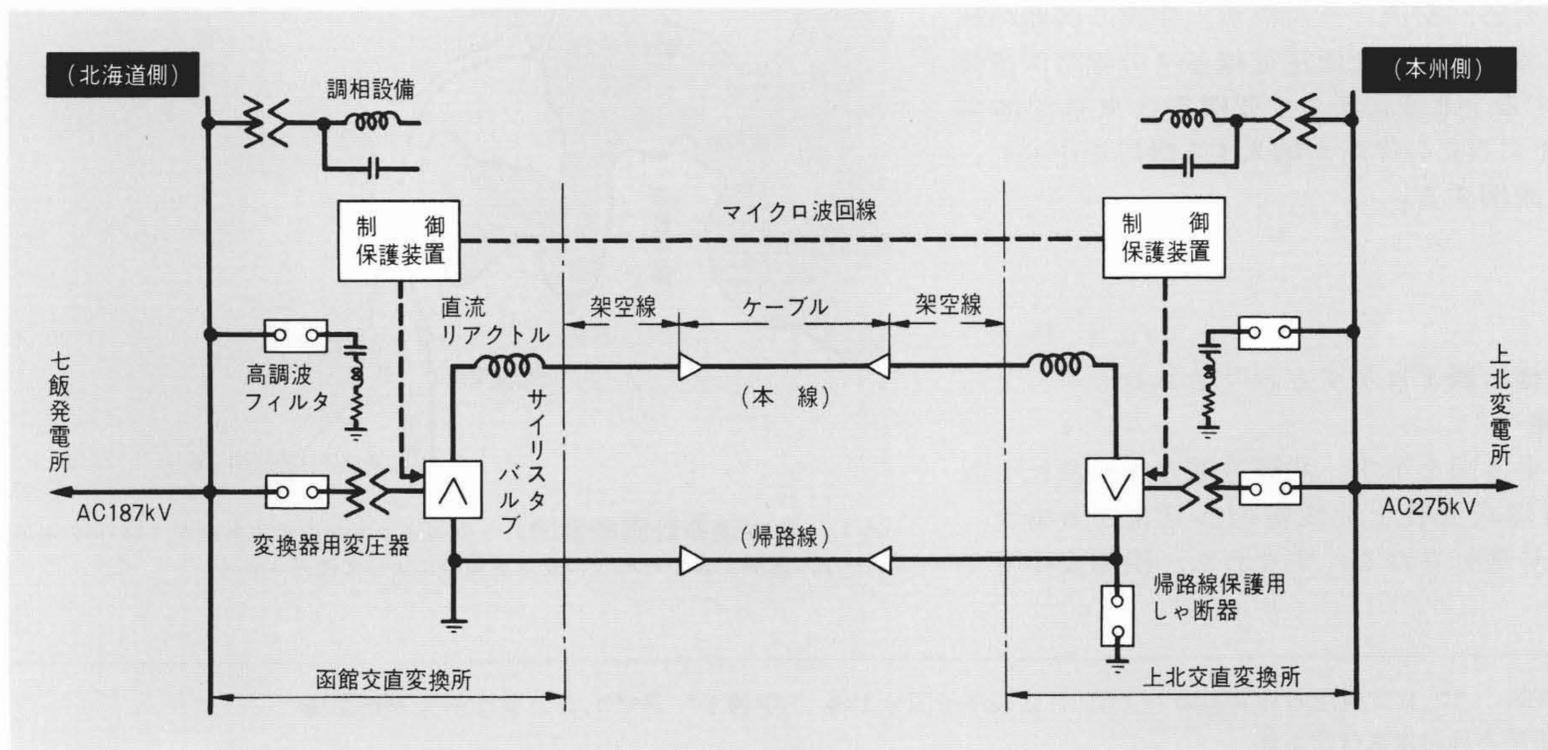


図2 北本連系の概略単線図 第1期150MW時を示す。最終600MW時には本線が1本追加される。

要がある。このため、以下に述べる項目について計算機及びシミュレータを用いて検討を行なった。

(1) 交流系の電圧不安定現象

この現象は、逆変換器側で交流電圧が低下した場合、これによる転流電圧の減少分を補償する方向にサイリスタバルブの点弧位相を制御すると、結果として遅れ無効電力の消費を増すことになり、場合により更に交流電圧が下がり、交流電圧を安定な状態に維持できなくなるものである。北本連系についてこれを検討した結果、実運用上問題はないという見通しを得た。図3に交流系電圧安定度の解析結果の数例を示す。

(2) 直流系の振動現象

直流系あるいは交流系の過渡動揺時に生じるもので、北本連系の場合、直流系はケーブル区間を含むため、特に直流系での振動現象が発生しやすい。そのため、交流系などの外乱に対し可能な限りダンピング効果をもつように制御系を構成した。

4 主要機器

4.1 サイリスタバルブ

サイリスタバルブの仕様を表2に、その外観を図4に示す。本器は以下に述べるような特徴を備えている。

(1) 空気絶縁風冷方式

変換所が海岸に近い塩害地区に位置していること及び冬季積雪時の保守性を考慮して、バルブは屋内形空気絶縁風冷方式を採用した。汚損による絶縁性能の低下を防止するため、外気を電気集塵器及び除湿器を通じてバルブホール内に導入し、ホール内空気を清浄に保つようにしてある。また、バルブの保守がモジュール単位でできるため、保守時間が短縮された。図5にバルブホールの概念図を示す。

(2) 大容量サイリスタ素子の採用

4,000 V、1,500 Aサイリスタを開発し、素子及び付属部品数の減少を図った。接合径は80mmであり、量産されているサイリスタとしては世界最大容量のものである。

(3) 光点弧方式

ゲート点弧方式としては、図6に示すような光点弧方式を採用した。これは、従来のゲート変圧器方式では回路電圧250kV(第2期完成時)を考慮すると、不経済なものとなるためであ

表2 サイリスタバルブの仕様 世界最大級のサイリスタ(4,000V, 1,500A)を採用した125kV, 1,200Aサイリスタバルブの仕様を示す。

項番	項目	仕様	
1	定格出力	150MW	三相ブリッジ結線にて
2	定格直流電圧	125kV	
3	定格直流電流	1,200A	
4	素子構成	素子耐圧	4,000V(尖頭値)
		素子電流	1,500A(平均値)
		直列数	114
		並列数	1
5	絶縁方式	空気絶縁方式	
6	冷却方式	風冷式	
7	点弧方式	光点弧方式	
8	構造	ツインバルブ構造	

る。点弧信号は光ファイバを通して高電位部に伝送され、電気信号に変換後、増幅されてゲート点弧パルスとなる。

(4) ツインバルブ構造

サイリスタバルブは、2アーム分を積層した構造となっている(図4参照)。上下両端がブリッジの直流端子となり、交流端子は中間から引き出される。この構造の採用により、バルブホールの床面積は大幅に縮減された。

以上に述べた特徴のほか、各サイリスタに対する順過電圧

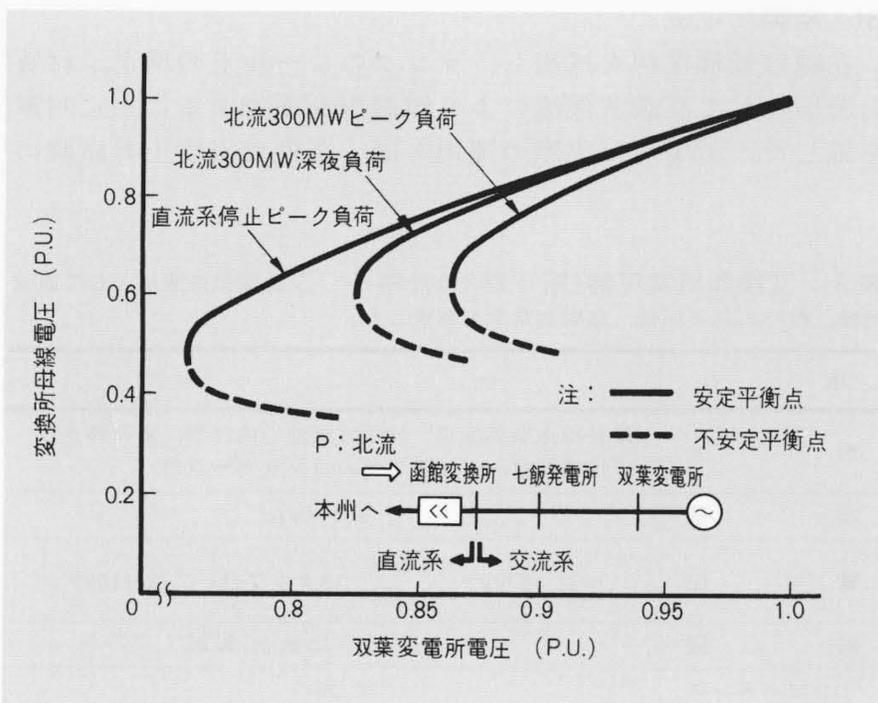


図3 交流系電圧安定度解析結果(例) 本州から北海道へ送電する場合の、北海道側交流系の電圧安定度解析例を示す。

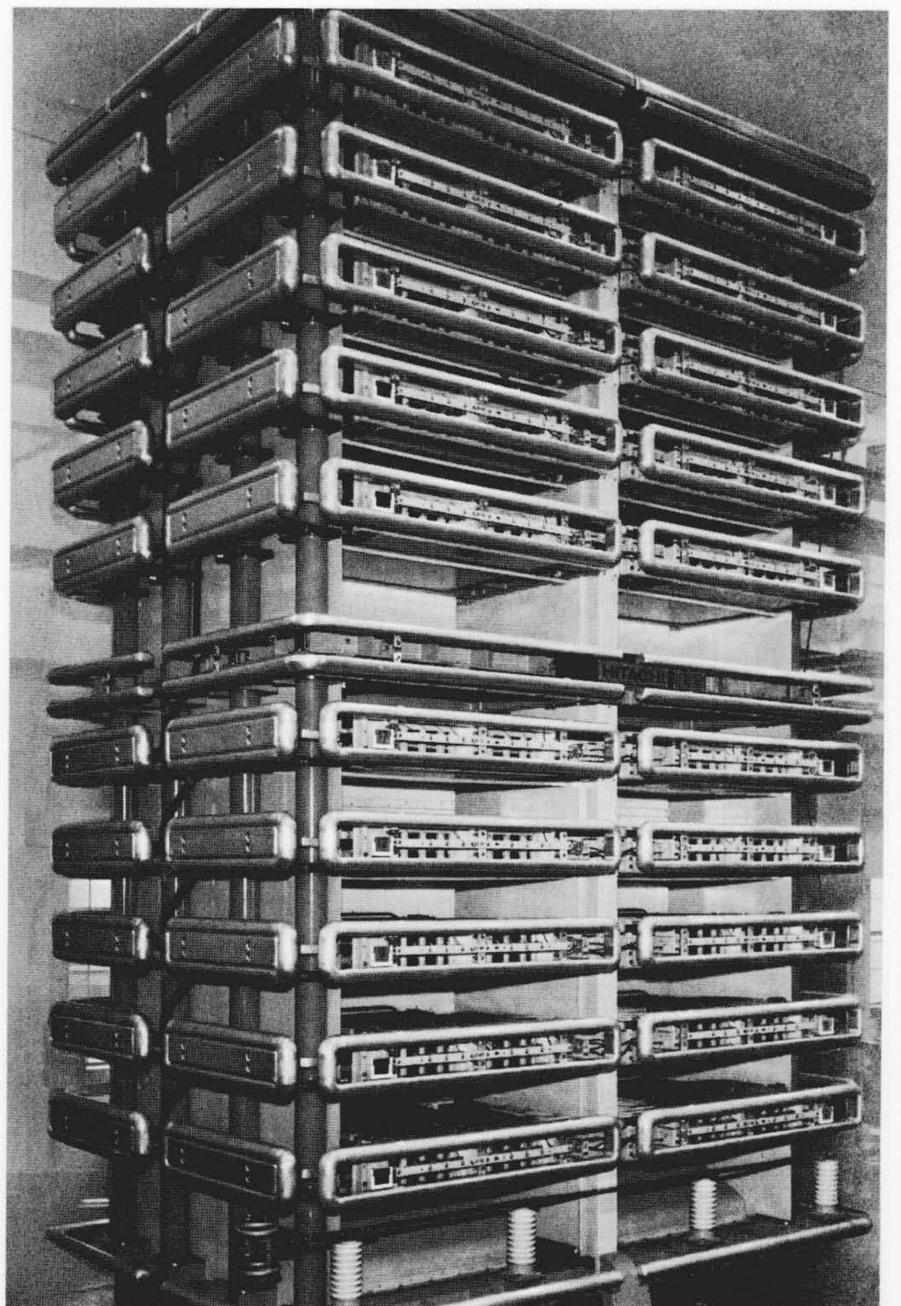


図4 サイリスタバルブの外観 空気絶縁風冷式ツインバルブ構造である(幅: 4 m, 奥行: 3 m, 高さ: 7 m)。

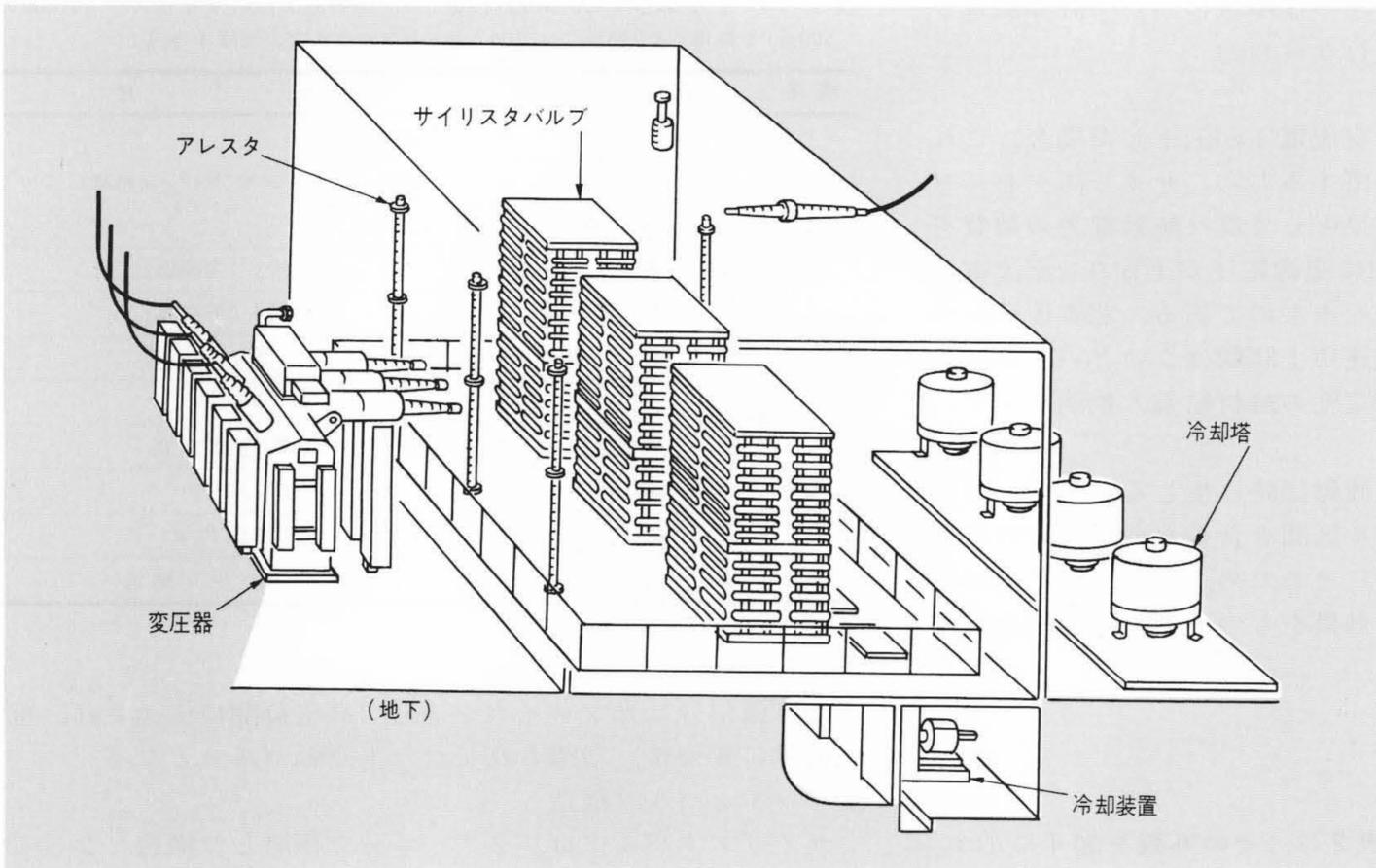


図5 サイリスタバルブホール概念図 バルブはツインバルブ構造で、変圧器二次ブッシングはバルブホール内に突出している。

保護回路の採用や、モジュール内パルス増幅回路に二重化機能をもたせることなどにより、バルブとしての信頼度の向上を図った。

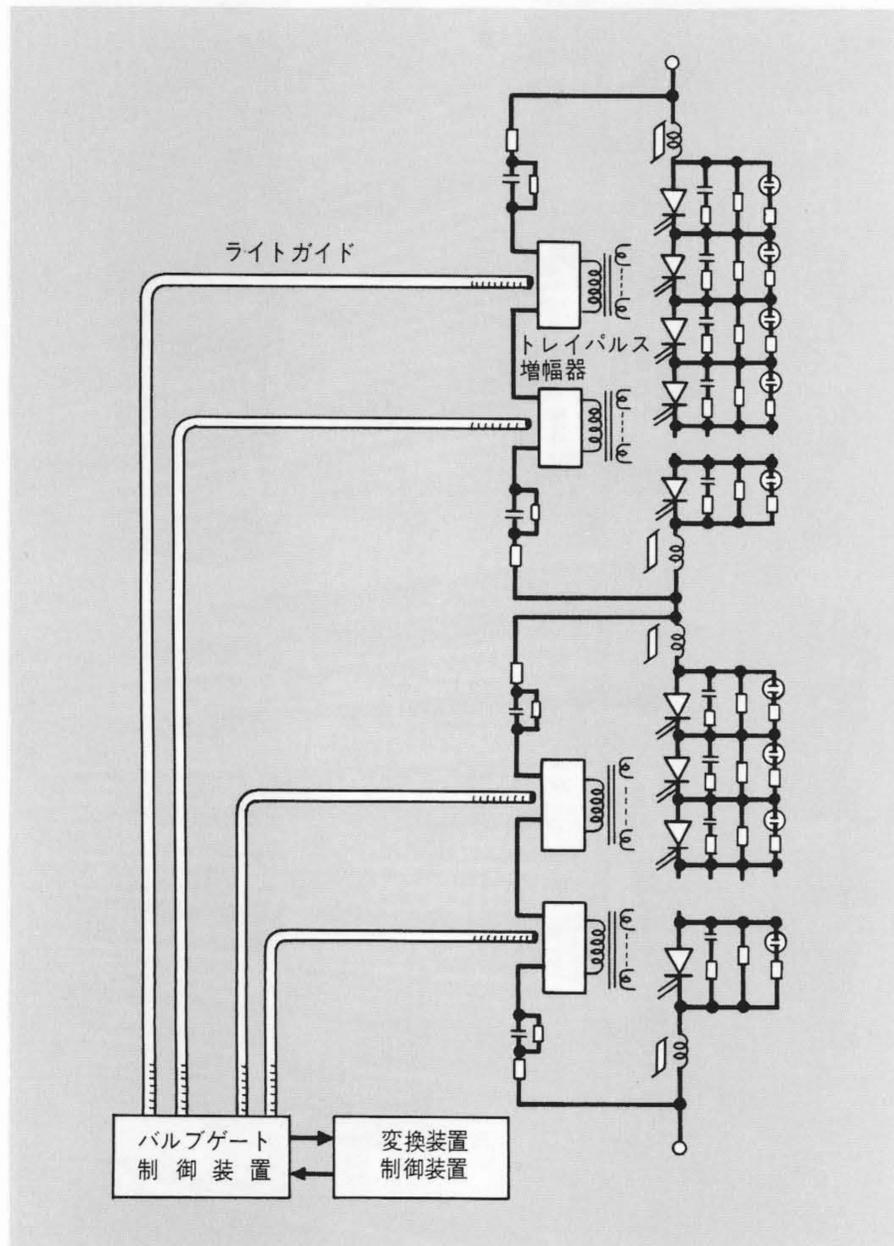


図6 サイリスタバルブの回路構成 光点弧方式であり、ゲート点弧エネルギーは主回路からとる。

#### 4.2 変換器用変圧器

変換器用変圧器(第1期用変圧器)の仕様を表3に示す。

サイリスタバルブとの接続方式は、屋外に露出するブッシング本数の低減とラジオ周波雑音障害の軽減を図るため、二次巻線側ブッシングがバルブホール壁を貫通して、ホール内に突出する構造となっている。図7にその外観を示す。また、交直変換装置用として次の項目を考慮し、設計・製作を行なった。

##### (1) 直流絶縁

絶縁油と油浸紙との複合絶縁系に対する直流電界を計算機により詳細解析し、電源開発株式会社佐久間サイリスタ変換装置試験所納め46.6 MVA変換器用変圧器、東京電力新信濃周波数変換所納め187 MVA変換器用変圧器の実績を考慮して余裕のある絶縁構造とした。

##### (2) 鉄心の直流偏磁

鉄心の直流偏磁により、鉄損及び騒音増加の可能性があるので、磁束密度を下げるなどの対策を行なった。

##### (3) 高調波電流

巻線に転移電線を採用し、タンクのシールドの構造、材質を適切にして高調波電流により漂遊損が増加することに対策を施した。工場では実際の運用と同一条件で温度上昇試験の

表3 変換器用変圧器(第1期用)仕様 交直変換装置用として直流絶縁、鉄心の直流偏磁、高調波電流を考慮した。

項目	仕様
形式	屋外用送油風冷式、三相五脚鉄心内鉄形、負荷時タップ切替器付、ダイアフラムコンサベータ付
容量	187 MVA
電圧	一次 187kV $+19.5\%$ $-7.5\%$ 19タップ付 二次 110kV
結線	一次星形、二次三角形
インピーダンス	20%
絶縁仕様	一次巻線 140号 一次中性点 60号 二次巻線 100号

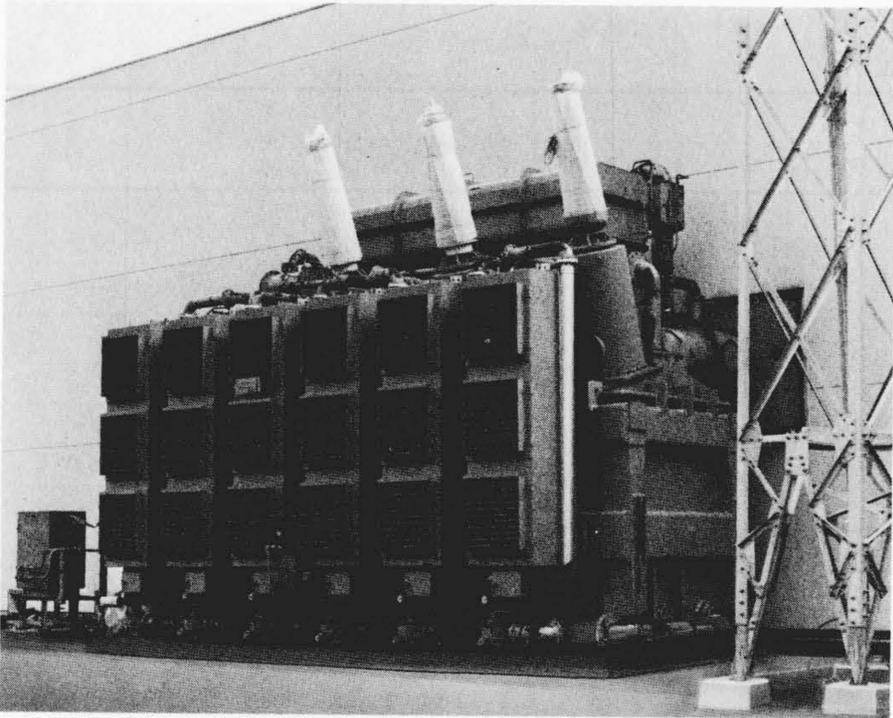


図7 187MVA変換器用変圧器 現地据付中の状態を示す。二次巻線側(後側)のブッシングは直接バルブホール内に突出している。

確認ができないため、温度上昇に余裕をもたせた。

### 4.3 直流リアクトル

リアクトルの主な仕様を表4に示す。

表4 直流リアクトルの仕様 電流定格、インダクタンス定格の大きなことを考慮し、空心形構造とした。巻線の外側には磁気シールドを設け、損失の低減を図った。

項目	仕様
形式	屋外送油風冷式空心形
定格直流電圧	250kV
定格直流電流	1,200A
インダクタンス	1H
絶縁階級	対地：170号 端子間：200号

### (1) 構造

リアクトルの構造として、一般に空心形と鉄心形が用途に応じて採用されるが、本器は電流定格、インダクタンス定格が大きいので、空心形構造とした。空心形巻線の外側には継鉄部に磁気シールドをおき、漏れ磁束の外部への漏洩、タンクなどの構造物の損失の低減を図った。

### (2) 高調波電流と漂遊損失

インダクタンスが1Hと大きいので、定格運転時にはリップル電流の各高調波成分は1%以下と小さく、前述の電磁シールドの効果もあって全高調波電流による発生損失は直流抵抗損の5%以下に抑制された。

## 4.4 避雷器

### (1) 避雷器の配置及び特性

直流送電系統では、避雷器は設置場所により常時印加される電圧及び過電圧に差があり、避雷路に要求される責務も変わる。図8に函館変換所での避雷器の配置を示し、表5にその仕様を示す。図8に示す避雷器LA1, LA2, LA3及びLA6には全電圧起動時の動作責務条件<sup>1),2)</sup>が、また避雷器LA4, LA5には直流線路無負荷充電時での動作責務が課せられている。

### (2) 避雷器の構成

LA2とLA9は交流避雷器とし、交直流変換所では世界で初めてギャップ不要の酸化亜鉛避雷器を適用する。図9に工場内で試験中のLA9の外観を示す。LA3, LA4, LA5及びLA6は直流避雷器とし、酸化亜鉛素子だけで直流しゃ断を容易に行なうことができるが、常時印加電圧、素子の課電率と寿命の関係から直列ギャップ+酸化亜鉛素子の構成としている。

## 4.5 直流変流器及び直流計器用変圧器

### (1) 直流変流器

函館変換所の主回路及び直流送電線の直流電流を制御・保護するための電流検出器として、表6に示す仕様の直流変流器(DC Current Transformer: DCCT)を製作した。

制御・保護上の用途から、DCCTの回路方式として(1)自己

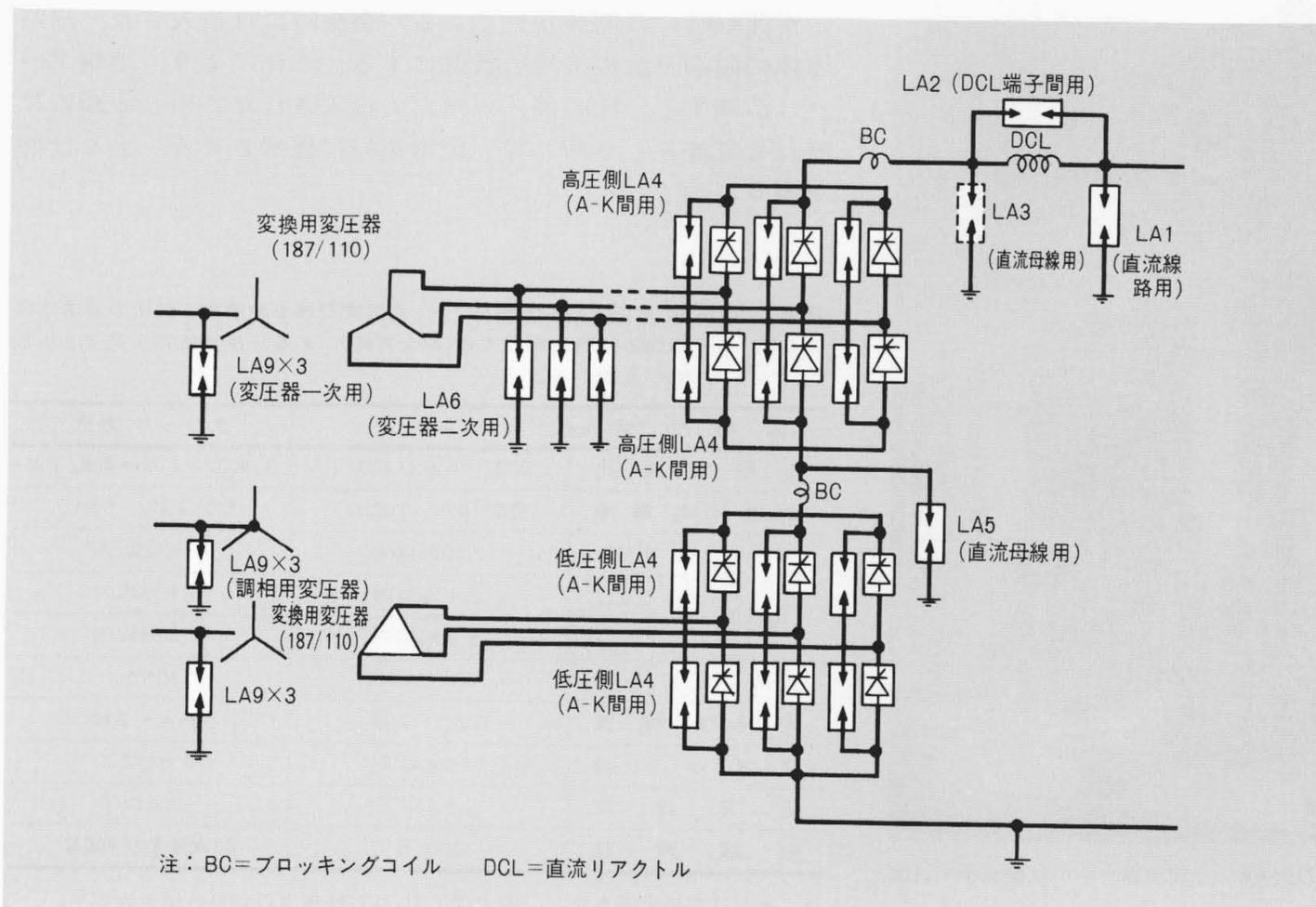


図8 函館変換所の避雷器配置図 連系容量300MW時を示す。

表5 函館変換所の避雷器の仕様 函館変換所に設置される交流用、直流用避雷器の仕様を示す。避雷器の名称は図8のものに対応する。

No.	避雷器の名称 項 目		L A 1	L A 2	L A 3	L A 4		L A 5	L A 6	L A 9
						低 圧 側	高 圧 側			
1	避雷器定格電圧(kV)		DC 392	AC 280	DC 392	DC 200	DC 200	DC 200	DC 392	AC 196
2	雷インパルス 放電開始電圧 (kV)	標 準	778	—	778	355	355	355	778	—
		0.5 $\mu$ s	895	—	895	—	—	—	895	—
3	開閉インパルス 放電(kV)	上 限 値	695	—	695	355	355	355	695	—
		下 限 値	530	—	530	273	273	273	530	—
4	動作開始電圧(下限値)(kV <sub>p</sub> )		—	400	—	—	—	—	—	280
5	商用周波放電開始電圧(kV <sub>rms</sub> )以上		376	—	376	194	194	194	376	—
6	公称放電電流(kA)		10	10	5	5	5	5	5	10
7	制限電圧 (kV <sub>p</sub> )以下	5kA	712	815	705	355	355	355	705	568
		10kA	784	896	—	—	—	—	—	627
8	開閉サージ 動作責務電圧 (kV)	線路充電電圧	DC 587	DC 280 $\sqrt{2}\times 1.1$	DC 587	DC 310	DC 310	DC 310	DC 587	DC 196 $\sqrt{2}\times 1.1$
		電源電圧	DC 392	AC 280	DC 392	DC 200	DC 200	DC 200	DC 392	AC 196
9	用 途		直 流 線 路 保 護 用	直 流 リ ア ク ト ル 端 子 間 保 護 用	直 流 母 線 保 護 用	サイリスタ バルブ保護用	サイリスタ バルブ保護用	直 流 母 線 保 護 用 (低 圧 側)	変 圧 器 二 次 側 保 護 用 (高 圧 側)	変 圧 器 一 次 側 保 護 用

帰還形磁気増幅器方式(Magnetic Amplifier: MA方式)、  
(2)可飽和リアクトル方式(クレーマ方式)の二つの方式を採用した。

前者のMA方式のDCCTは(a)特定周波数(125Hz)の微小交流電流(5A)を帰路導体を通る直流電流に重畳させ、この有無により断線や地絡保護を行なう帰路導体保護用として、また(b)本線、帰路導体の直流ケーブルのケーブル区間保護用として使用される。

後者のクレーマ方式のDCCTは、前記(a)、(b)以外の変換所機器の制御・保護用として使用される。

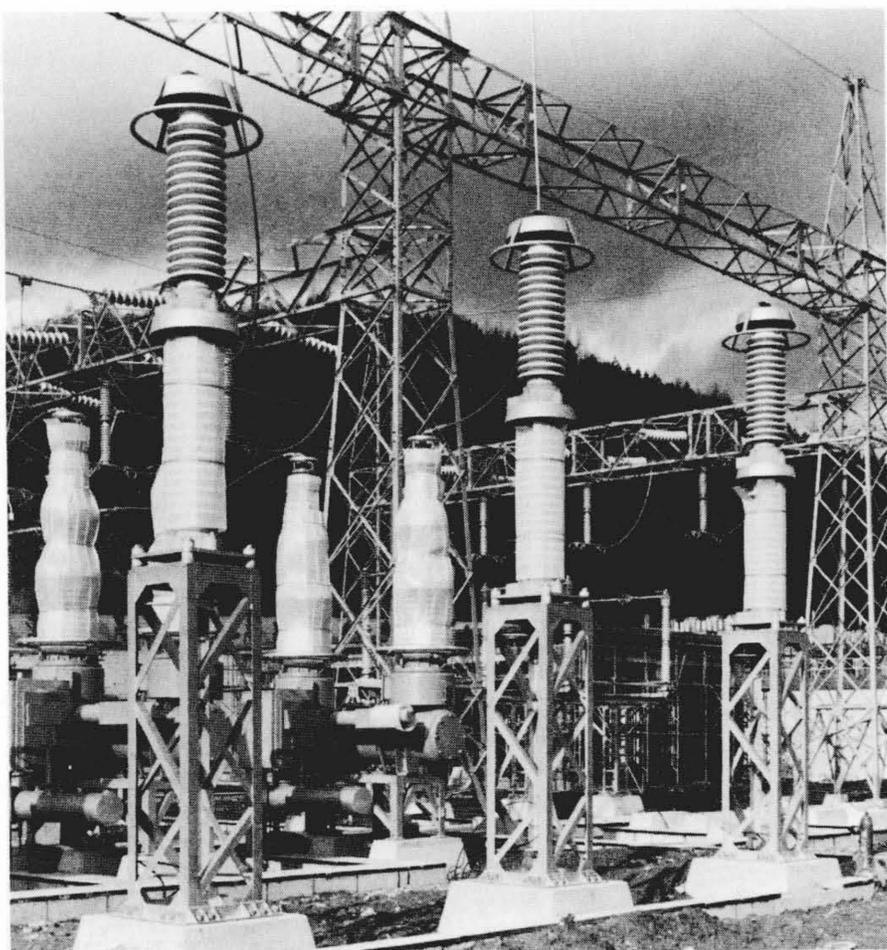


図9 LA 9(酸化亜鉛避雷器)の外観 現地据付中の状態を示す。(定格電圧: AC 196kV, 本体高さ: 3m)。

(2) 直流計器用変圧器

この変換設備を制御・保護するための直流出力電圧の電圧検出器として、表7に示す仕様の直流計器用変圧器(DC Potential Transformer: DCPT)を製作した。

本器の回路方式には、制御・保護上の用途から、正負両極性とも対称的な特性を必要とするため、これらの特性を満足できる自己帰還形磁気増幅器を用いたプッシュプル方式を採用した。

4.6 帰路線保護用しゃ断器

(1) 適用と仕様

このしゃ断器は電力中央研究所の協力を得て開発したもので、帰路導体の地絡事故を、送電を停止することなく除去する機能をもつものである。帰路導体の非接地端に設置され、定常運転時には開放状態であるが事故時には投入され、帰路導体の両端を直接接地の状態にする。これにより、地絡アークは消滅する。その後、いったん投入されたこのしゃ断器に流れる電流をしゃ断して、定常運転に復帰させる。主な仕様を表8に示す。

表6 直流変流器の主な仕様 直流変流器を設置する箇所の要求仕様により、自己帰還形磁気増幅器方式(MA方式)、あるいは可飽和リアクトル方式(クレーマ方式)を用いる。

回路方式	MA方式	クレーマ方式
定格変成比	1,200/1A及び400/1A	1,200/1A及び400/1A
二次給与電源	交流100V, 200Hz	交流200V, 50Hz
精度* (比誤差)	0.1I <sub>a</sub>	±10%以内
	1.0I <sub>a</sub>	±1%以内
	2.0I <sub>a</sub>	±3%以内
負 担	5VA	10VA
定格耐電流	12kA・2秒	12kA・2秒
スリット幅	1ms以下	3ms以下
応答速度	1ms以下	1ms以下
絶縁階級	30A号	30A号及び100号

注: \*I<sub>a</sub>は定格電流を示し、例えば0.1I<sub>a</sub>は定格電流の10%の値を表わす。

表7 直流計器用変圧器の主な仕様 正負両極性で変成比が対称となる特性を備えている。

回路方式	プッシュプル方式
定格変成比	±250kV/±4V
精度(比誤差)	定格電圧の120%まで±1%以内
負荷抵抗	50kΩ
応答時間	定格電圧の90%まで70ms以内
二次給与電源	交流70V, 50Hz
絶縁階級	170号

表8 帰路線保護用しゃ断器仕様 直流15kVの帰路線非接地端に置かれ、常時は開放とし、事故時にいったん投入する。事故点のアークの消滅を待ってしゃ断器に流れた直流電流1,200Aをしゃ断し、開放状態にもどる。

項目	仕様
しゃ断電流	1,200A
回復電圧	15kV
絶縁レベル	BIL 200kV
転流電圧	40kV <sub>p</sub>

(2) 構成としゃ断動作

しゃ断器の外観と回路構成を図10に示す。このしゃ断器は、転流しゃ断装置(しゃ断器CB<sub>1</sub>、リアクトルL<sub>s</sub>、コンデンサC<sub>1</sub>から構成)、エネルギー吸収抵抗R及び残留電流しゃ断装置(しゃ断器CB<sub>2</sub>、コンデンサC<sub>2</sub>から構成)から構成されている。CB<sub>1</sub>及びCB<sub>2</sub>には空気しゃ断器を、Rには直流避雷器の制限抵抗を適用している。しゃ断動作は次に述べるとおりである。CB<sub>1</sub>を開放すると極間にアークが発生する。このとき、アークとL<sub>s</sub>、C<sub>1</sub>との相互作用に基づく発振現象により自然に電流零点が生じ、アークは交流と同様にしてしゃ断され、その電流はRに転流されて小電流に限流される。この時点でCB<sub>2</sub>をしゃ断して、最終的に電流をしゃ断する。

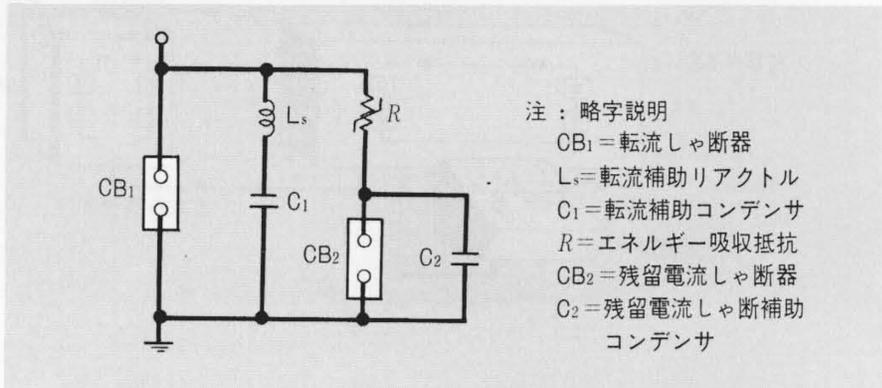
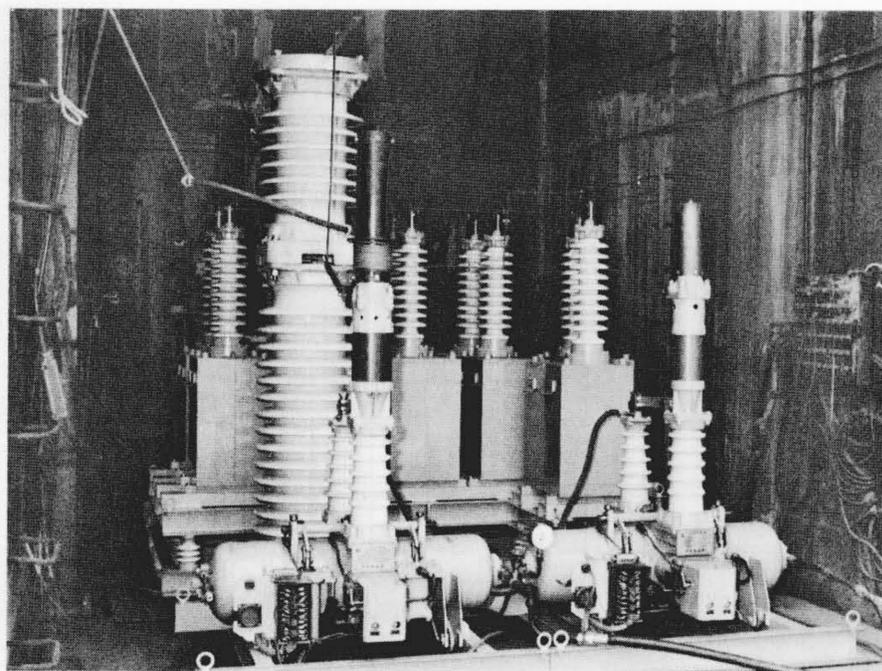
(3) 特長

- (1) 一種の発振現象を応用して直流に電流零点を作る独特の方式であり、補助装置が少なく構成が簡単である。
- (2) CB<sub>1</sub>のしゃ断部に新たに考案した合成ノズルを採用しており、直流しゃ断性能が優れている。
- (3) すべて既存の機器から構成されており信頼性が高い。

5 制御保護システム

5.1 制御保護装置の概要

北本連系では、制御保護装置は函館変換所と上北変換所の両端に設置され、親制御所である函館変換所で起動、停止などの操作指令及び設定値の決定が行なわれる。今回、日立製作所が製作担当した函館変換所側制御保護装置の構成を図11に示す。この装置は連系設備全般の監視操作を行なう監視制御盤を中心に、このシステムの心臓部であり交直流変換装置の制御保護を行なう極盤、群盤などから構成される。これらの装置は各機能ごとにブロック化され、1ブロックごとに機器操作、故障表示ほかの制御保護機能をもっている。将来、変換容量が600MWに増大する場合でも、必要ブロックの追加で対処できる。また、監視制御盤は図12に示すようにモザイクパネル構造とし、将来の拡張を容易にするとともに、選択制御、故障表示などの補助リレー回路もモジュール化されたプラグインタイプとして装置の小形化を実現した。



注：略字説明  
 CB<sub>1</sub> = 転流しゃ断器  
 L<sub>s</sub> = 転流補助リアクトル  
 C<sub>1</sub> = 転流補助コンデンサ  
 R = エネルギー吸収抵抗  
 CB<sub>2</sub> = 残留電流しゃ断器  
 C<sub>2</sub> = 残留電流しゃ断補助コンデンサ

図10 直流しゃ断器の外観と回路構成 直流しゃ断器は図示回路の機器により構成する。この写真は試験状態のものを示す。

5.2 制御方式

交直流変換装置の制御方式は、転流失敗などの少ない定力率制御方式を基本とし、自動パルス移相器(Automatic Pulse Phase Shifter: APPS)にはパルス間隔一定制御方式を採用した。特に、今回連系する交流系統は、変換容量に対し背後の短絡容量が約3倍と小さいため、次に述べるような対策を行なった。

(1) 余裕角リミッタ

定格電圧付近でのΔβ/ΔV(β:制御角, V:交流系統電圧)の値をできるだけ小さくし、更に交流電圧変動に対する応答を若干遅くして、交流系統の動揺が直接直流系統に影響するのを防止した。

(2) 制御定数

北本連系の直流系には、44kmの海底ケーブル区間が含まれるため、特に応答の速い定電流制御系の時定数はこれら主回路との共振を避けるよう決定された。

(3) 転流失敗の防止

定力率制御を行なうため、軽負荷時の余裕角は十分大きくとれるが、定格負荷時は最小余裕角で運転するので、調相用コンデンサ投入時などには余裕角を一時的に大きくして転流失敗を防止するような割込み制御を付加した。

5.3 保護方式

北本連系には海底ケーブル区間が含まれるため、このケーブル区間の事故検出を確実にしない、事故の拡大防止を図る必要がある。そのためケーブル区間事故判別装置を各ケーブルヘッドに設置した。

ケーブル区間には高圧側にOFケーブル、低圧側にCVケーブルを用い、保護方式は、将来の双極運転を考え、高圧側に図13に示すような原理に基づく電流変化極性比較方式、低

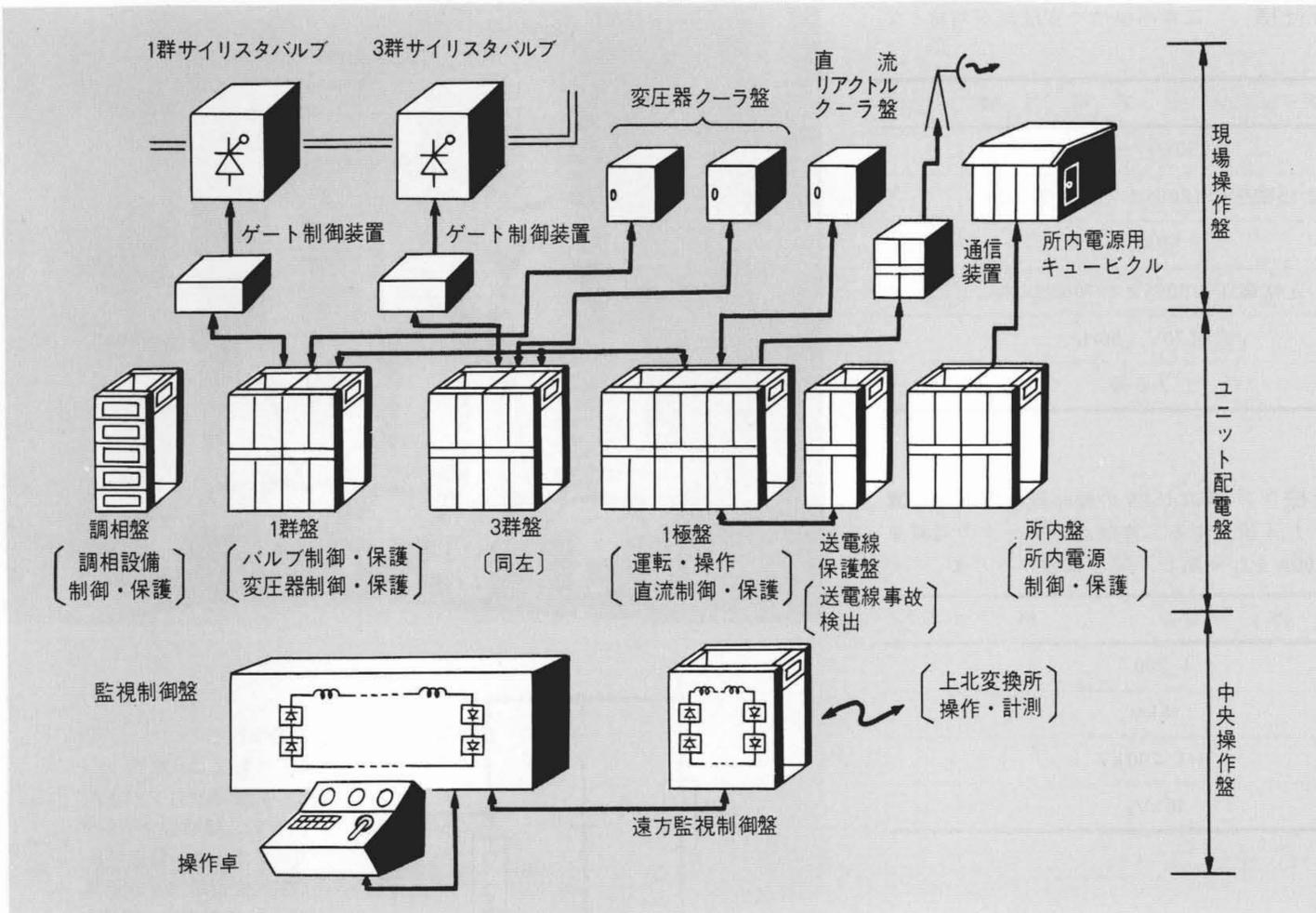


図11 函館変換所側制御保護装置の構成 装置は中央の監視制御盤を中心に機能ブロック単位に集約され、主要機器と1対1で対応している。

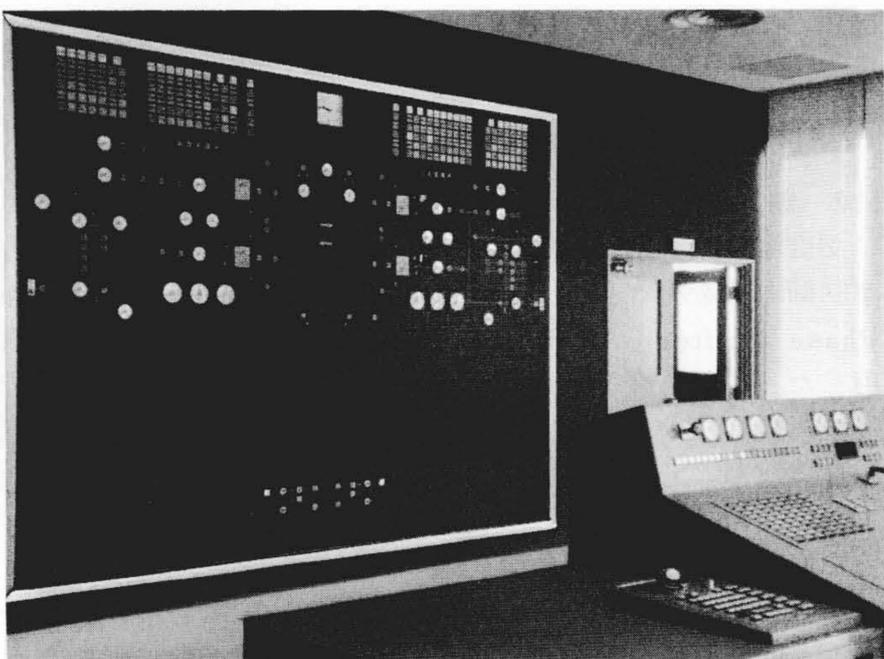


図12 据付工事中の監視制御盤 函館変換所に設置し、北本連系全体の監視制御を行なう。盤の下半分は600MW増容量時の増設スペースである。

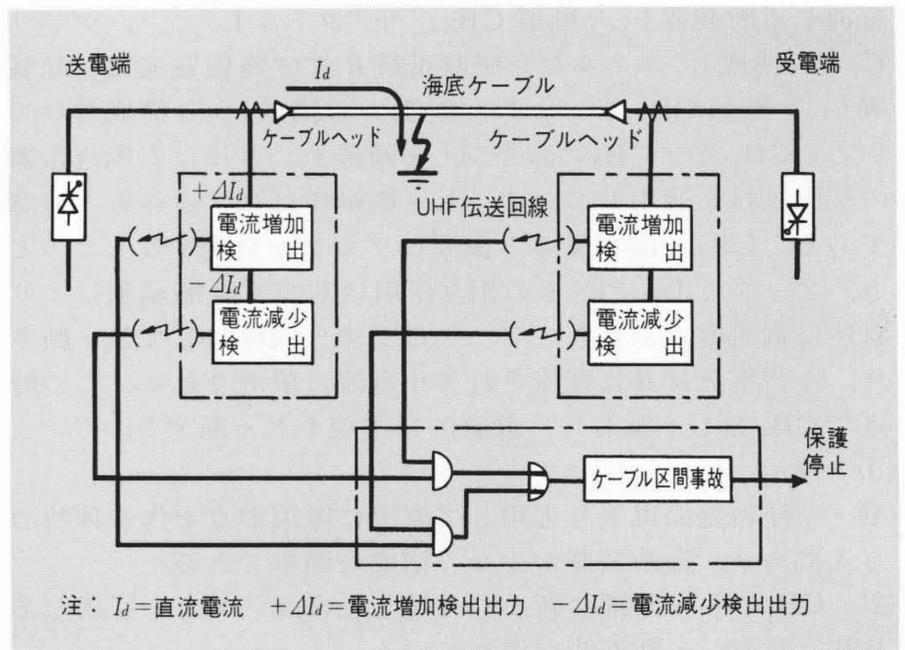


図13 高圧側ケーブル区間事故判別装置 直流系では順変換器の制御により過電流が抑制されるため、事故発生時の電流変化極性を検出して事故区間の判別を行なう。

圧側に交流電流重畳方式を採用した。

交流電流重畳方式は、低圧側帰路導体の地絡、断線事故の検出用としても使用される。この方式は交流電流を強制的に低圧側帰路導体と大地の間に流し、この電流値の変化を検出して事故を判定する。そのため、双極運転時のように帰路導体に断線、地絡などが発生しても、主回路現象として表われないという場合でも事故の検出が可能で、未然に異常運転の防止を行なうことができる。

## 6 結 言

北本連系の計画概要、主要機器の仕様及び日立製作所のこれに対する取組み方について述べた。北本連系の完成により、これまで分離していた北海道と本州の電力系統が連系し、九

州から北海道まで全国一貫の電力連系が実現する。現在、機器の現地据付が順調に進んでおり、間もなく課電試験に入り函館—上北変換所間の対向試験が行なわれる。昭和54年12月の第1期運転開始を目指し、建設を慎重に推進していきたいと考える次第である。

## 参考文献

- 1) M. Takanashi, T. Yokokura, S. Maruyama, J. Ozawa and S. Shirakawa "Operating Duty Test of Surge Arresters for HVDC Transmission Systems" IEEE Vol. PAS-96 No. 4, pp. 1384~1390 July/August 1977
- 2) 白川, ほか3名: 酸化亜鉛素子の直流系統用避雷器への適用例, 開閉保護装置研究会 No. SPD-78-5, 電気学会 (1978)