

最近の工場防爆用電気品

Recent Explosion-proof Electric Equipment for Factory Use

松村 睦夫* 今井 利秀*
Mutsuo Matsumura Toshihide Imai

内容梗概

最近石油化学をはじめとして爆発性ガスを取り扱う工場が多くなってきており、これら産業に採用される工場防爆構造に関する日本工業規格 JIS-C-0903 も 37 年 1 月制定された。これを機会として日立製作所にて JIS に準拠して製作している各種防爆機器につき解説した。まず新規格の要点および各種防爆機器の種類と、その構造につき説明し、その適用基準を示す。次に日立製作所にて製作している各種三相誘導電動機と制御器具を紹介し、それらの特長につき説明する。終わりに防爆試験装置とその爆発装置につき図示した。

1. 緒言

産業職場における爆発事故は、ただ単に生産を阻害するばかりでなく、尊い人命にも関係する問題だけに、事故防止には不断の努力と万全の策とが講ぜられなければならない。すなわち、工場その他の事業所において爆発危険ある場所に電気設備を設置する場合にはそれが点火源となる恐れのないよう、最適の防爆機器を選定する必要がある。近年、化学工業の著しい発達に伴って工場用防爆機器の需要も急激に増大している。日立製作所ではこれら防爆機器に対し多年の経験、実績と最新の技術をもって設計製作しているが、最近工場防爆構造通則が JIS 化されたのを機会に日立製作所の工場用防爆構造機器について紹介し、需要家各位が防爆機器を選定される際のご参考としたい。

2. 規格

工場防爆電気品に関しては、JIS-C-0903 「電気機器の一般用防爆構造通則」が 37 年 1 月 1 日付で制定されており、日立製作所ではすべて本規格に準拠して製作している。

これとは別に防爆電気品を使用する需要家に対し、昭和 36 年 9 月労働省告示第 42 号「電気機械器具防爆構造規格」が公布されている。これは法規としての拘束力を持つもので、需要家に対し、このような場所には工場防爆構造の機器を採用せねばならないという法規上の指定が行なわれるものである。

これら規格、告示の内容は、すべて労働省産業安全研究所が昭和 30 年に規定し、36 年に第 1 回改正を行なった「工場電気設備防爆指針(ガス蒸気防爆-1961)」に準拠している。この指針は、ドイツの防爆規定 VDE 0171/9.57 (Verband Deutscher Electro-techniker) ならびに国際電気標準会議 IEC (International Electrotechnical Commission) 規定を骨子とし、旧指針の施行実績に基づく諸改訂が盛り込まれたもので、その内容は国際水準にあるといっても決して過言ではない。

現在、工場防爆構造の試験法に関する審議が行なわれており、JIS-C-0904 として公布されることが予定されている。

炭坑防爆構造に関しては従前より JIS-C-0901 「電気機器の防爆構造(炭坑用)」, JIS-C-0902 「防爆形電気機器の試験方法」がある。JIS-C-0901 に関しては現在改正審議中で、JIS-C-0903 と略同一内容に変更される予定である。したがって JIS-C-0903 において対象ガスがメタンガスのものと一致することになるのであるが、あえて分けられているのは炭坑防爆に関して検定制度があるためであり、将来これが統一されることが予想される。

第 1 表 発火度の分類

発火度	発火点の範囲
G 1	450°C をこえるもの
G 2	300°C をこえ 450°C 以下
G 3	200°C をこえ 300°C 以下
G 4	135°C をこえ 200°C 以下
G 5	135°C 以下

第 2 表 爆発等級の分類

爆発等級	スキの奥行 25 mm において火炎逸走を生ずるスキの値
1	0.6mm をこえるもの
2	0.4mm をこえ 0.6mm 以下
3	0.4mm 以下

第 3 表 爆発性ガスの分類例

爆発等級 \ 発火度	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅
1	アセトン エタン 酢酸エチル アンモニア ベンゼン(純) 酢酸 一酸化炭素 メタン メチルアルコール プロパン トルオール	エチルアルコール 酢酸アミル(イソ) ブタン(正) ブチルアルコール(正) 酸化エチレン 無水酢酸	ガソリン ヘキサン(正)	アセトアルデヒド エチルエーテル	
2	エチレン 石炭ガス				
3	水性ガス 水素	アセチレン			二硫化炭素

3. 防爆電気品の分類とその選定

電気機器の選定に当たっては、使用条件、環境に応じて最適の構造、性能のものを採用する必要がある。特に爆発性ガスの存在する危険な場所に使用する場合は、どのようなものを選ぶかが安全上重要な問題となるので、慎重に検討されなければならない。

3.1 防爆構造の選定規準

防爆の目的を達するためには、可燃性ガスまたは蒸気(以下爆発性ガスと呼ぶ)の爆発特性、火炎逸走特性および設置場所の危険度などをよく知り、これらに適した防爆構造を選定しなければならない。これらの基準として、爆発性ガスは 15 種類に、設置場所の危険度は 2 種類に分類されている。

(1) 爆発性ガスの分類

工場内で発生する爆発性ガスは非常に多種類であり、またその

* 日立製作所日立工場

爆発特性がそれぞれ異なるので、発火点の温度および爆発強度により15種類に分類されている。第1表は発火点の温度より分類した発火度で、第2表は火炎逸走を生ずるすきまの値によって分類した爆発等級である。発火度および爆発等級による代表的な爆発性ガスの分類例を第3表に示す。

(2) 危険場所の分類

同一種類のガスを発生する工場においても、電気機器が設置される地点の状態により爆発の危険性が異なる。したがって第4表に示すごとく危険場所を2種に分類し、防爆形電気機器の選択をより経済的合理的なものとする。

第4表 爆発危険場所の分類

第1種場所	
(i)	爆発性ガスが通常の使用状態において集積して危険となるおそれのある場所
(ii)	修繕、保守または漏えいなどのため、しばしば爆発性ガスが集積して危険となるおそれのある場所
(iii)	機械、装置などの破壊または作業工程における誤操作の結果、危険な濃度の爆発性ガスを放出し、同時に電気機器にも故障を生ずるおそれのある場所
第2種場所	
(i)	可燃性ガスまたは可燃性液体を常時取り扱っているが、それらは密閉した容器または設備内に封じてあり、その容器または設備が事故のため破壊した場合、または操作を誤った場合にのみ上記ガスまたは液体が漏出して危険となる場所
(ii)	確実な機械的換気装置により、爆発性ガスが集積して危険となることはないようにはしてあるが、換気装置に異常または事故を生じた場合に危険となるおそれのある場所
(iii)	第1種場所の周辺または隣接する室内で、危険な濃度の爆発性ガスがときどき侵入するおそれのある場所

3.2 防爆構造の種類

防爆構造とはガス蒸気危険場所での使用に適するよう特に考慮された構造をいい、次の5種類に分類される。

(1) 耐圧防爆構造 記号 d

全閉構造で、電動機内部で爆発性ガスの爆発が起こってもその圧力に耐え、外部の爆発性ガスに引火する恐れのない構造をいう。この構造では、容器の強さおよび容器の接合部におけるすきまとその奥行寸法が重要な要素となる。

(2) 油入防爆構造 記号 o

火花、アークまたは点火源となりうる高温を発生する恐れのある部分を油中におさめ、油面上に存在する爆発性ガスに引火する恐れのない構造をいう。

(3) 内圧防爆構造 記号 f

電動機内部に保護気体、たとえば新鮮な空気または不燃性ガスを圧入することにより、運転開始前に容器内部に侵入した爆発性ガスを駆逐するとともに、引き続き運転中にこれらのガスが侵入するのを防止した構造をいう。

この構造は、保護気体による保護さえ確実であれば外気危険ガスの爆発等級にはまったく無関係に採用できる。したがって大形の場合や、爆発等級3に対する場合のように、耐圧防爆構造ではその安全性が期しがたいときに必然的に使用される構造である。この場合には送風装置および電動機内部の保護気体圧力監視装置が必ずもうけられねばならない。

(4) 安全増防爆構造 記号 e

常時運転中に火花、アークまたは過熱を生じてはならない部分にこれらの発生するのを防止するように構造上または温度上昇について特に安全度を増加した構造をいい、万一電動機内部において故障を生じた場合、外わくなどの防爆性は保証していない。ただし設置場所への適用が適切であれば、思ったより危険ではない。

(5) 特殊防爆構造 記号 s

(1)~(4)以外の方法によって外部の爆発性ガス

への引火を防止できることを試験その他によって確認された構造をいう。

3.3 防爆構造の適用範囲

電気機器の設置計画には、次の2項目を必ず考慮しなければならない。

- 電気機器はできる限り危険場所の外に設置すること。
- 電気機器を設置する場所は爆発性ガスの集積を抑制するよう換気を行ない、危険性を下げるよう考慮すること。

やむを得ず爆発性ガスのある所に設置する場合には、爆発性ガスの発火度、爆発等級および危険場所の種別に応じた防爆構造を選定しなければならない。

(1) 耐圧防爆構造

発火度 $G_1 \sim G_4$ 、爆発等級1~2級の範囲とし、使用場所は第1種および第2種に適用する。

なお回転機では中容量までとし、大容量機には経済の見地から内圧防爆構造を採用することになっている。

(2) 内圧防爆構造

耐圧防爆構造では製作できない場合に採用する構造で、発火度 $G_1 \sim G_5$ 、爆発等級3の範囲とし、第1種および第2種場所に適用する。

発火度 G_5 、爆発等級1~2の範囲は、電動機容量、爆発性ガスの種類、危険場所などを考慮し、耐圧防爆または内圧防爆構造とする。

(3) 安全増防爆構造

安全増防爆構造は主として発火度 $G_1 \sim G_3$ 、第2種危険場所に適用する。

安全増防爆構造は、構造上および温度上昇について安全度を増し、点火源となる機会、すなわち事故を起こす機会を少なくした構造であるので、設置場所の選定に考慮を払えば爆発等級には無関係に適用できる。

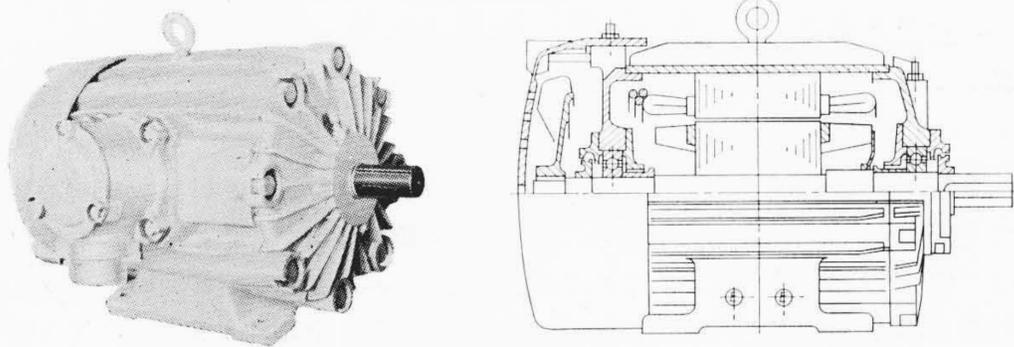
ただし、巻線形回転機のようにたえず火花の発生する集電環装置部には耐圧防爆構造を採用する。

4. 各種防爆形電動機の構造

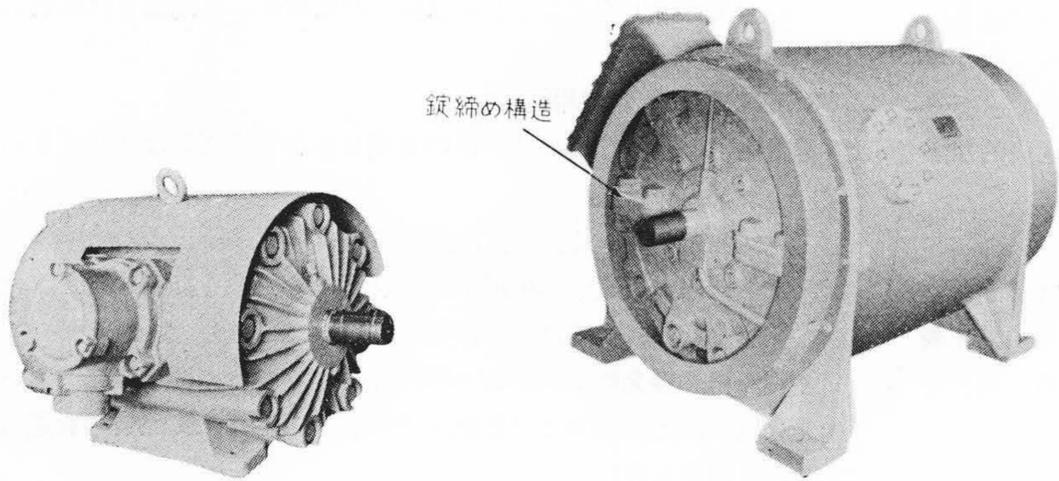
4.1 耐圧防爆形

第1~4図に代表的な耐圧防爆形電動機の外観および構造図を示す。耐圧防爆形は電動機内部で爆発してもフレームが破壊したり、火炎が外部にもれたりしてはならないと規定されており、爆発による内部圧力については第5表のように定められている。日立製作所では、鋳鉄製または鋼板溶接構造のフレームとして 10 kg/cm^2 以上の内部圧力に十分耐えることを確認して製作している。

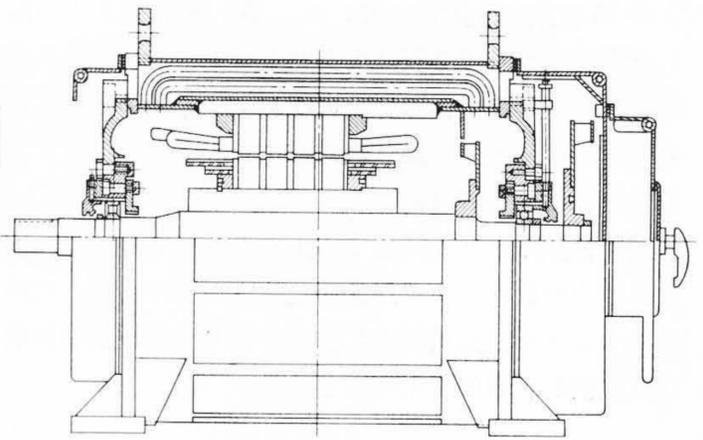
軸貫通部、フレームの接合面のスキおよびスキの奥行に関しては第6、7表に示すように爆発等級により規定されている。したがって接合面の数は少ないほど製作は容易になるのであるが、日立製作所では保守、点検を容易にすることに重点をおいて、あえて中容量以上に第5図のようにエンドブラケットの二つ割り構造およびカート



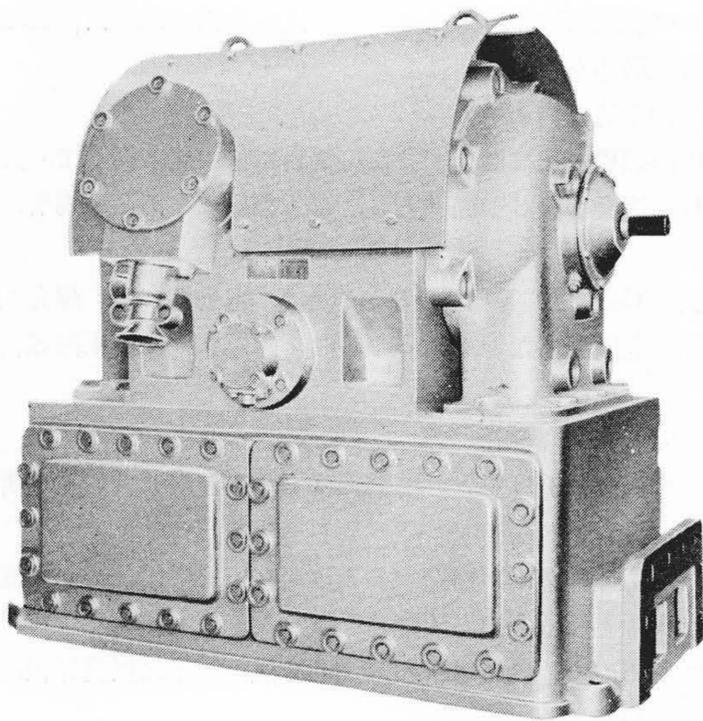
第1図 小容量耐圧防爆形かご形電動機



第 2 図 小容量耐圧防爆形
かご形屋外用電動機



第 3 図 大容量耐圧防爆形かご形電動機



第 4 図 大容量耐圧防爆形全閉水冷式かご形電動機

第 5 表 内部圧力 (ゲージ)

内 容 積	2 cm ³ 以下	2 cm ³ をこえ 1,000 cm ³ 以下	100 cm ³ をこえ るもの
爆発等級 1	製作上必要な強さ	8 kg/cm ² 以上	10 kg/cm ² 以上
爆発等級 2			
爆発等級 3			
		爆発試験により測定した爆発圧力の 1.5 倍ただし最小値は 8 kg/cm ² 100 kg/cm ²	

第 6 表 静止部分またはまれに動く部分の
スキおよびスキの奥行

内 容 積		2cm ³ 以下	2cm ³ をこえ 100cm ³ 以下	100cm ³ をこえ 2,000cm ³ 以下	2,000cm ³ をこえ るもの	
最大スキ (直径差) W	爆発等級 1	0.3	0.2	0.25	0.3	0.4
	爆発等級 2	0.2	0.1	0.15	0.2	0.25
	爆発等級 3	0.1	爆発試験において火炎逸走しない最大スキの 50%			
スキの最小奥行 L		5	10	15	25	40
ボルト穴までの最短距離 L1		5	6	8	10	15

リッジ形軸受を採用することにした。エンドブラケットを二つに割っても圧力に対し十分な強度を持ち、かつスキの値は規定を満足するよう特殊な構造としてある。これは 6 章に述べる爆発実験にてその性能を確認した上で、全面的に採用したものである。詳細は 4.5 項で述べる。

第 7 表 回転軸のスキおよびスキの奥行

内 容 積		2cm ³ 以下	2cm ³ をこえ 100cm ³ 以下	100cm ³ をこえ 500cm ³ 以下	500 cm ³ をこえるもの				
軸 受 の 種 類	ころがり軸受	最大スキ (直径差) W	爆発等級	1	0.45	0.3	0.45	0.45	0.6
				2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4
				3	0.15	◎	◎	◎	◎
	すべり軸受	スキの 最小 奥行 L	爆発等級	1					
				2	5	10	15	25	40
				3					
すべり軸受	最大スキ (直径差) W	爆発等級	1	0.3	0.2	0.3	0.5		
			2	0.2	0.1	許容し得ない			
			3	0.1	◎	許容し得ない			
	スキの 最小 奥行 L	爆発等級	1			25	40		
			2	5	15				
			3						

◎ 爆発試験において火炎逸走しない最大スキの 50% とする。

すべり軸受構造に対しては第 6 図に示すようにカーボンリングを使用し、軸受メタルが摩耗しても常にスキの値が規定以内になるよう設計してある。

フレームがじょうぶで、火炎逸走などのおこらない構造であっても、何人でも容易に機器を分解できる構造では危険である。したがって締付ボルト類はすべて錠締め構造としてある。錠締め構造とはドライバ、スパナなどの一般工具ではゆるめられない構造としたもので第 3 図に示すようなものである。

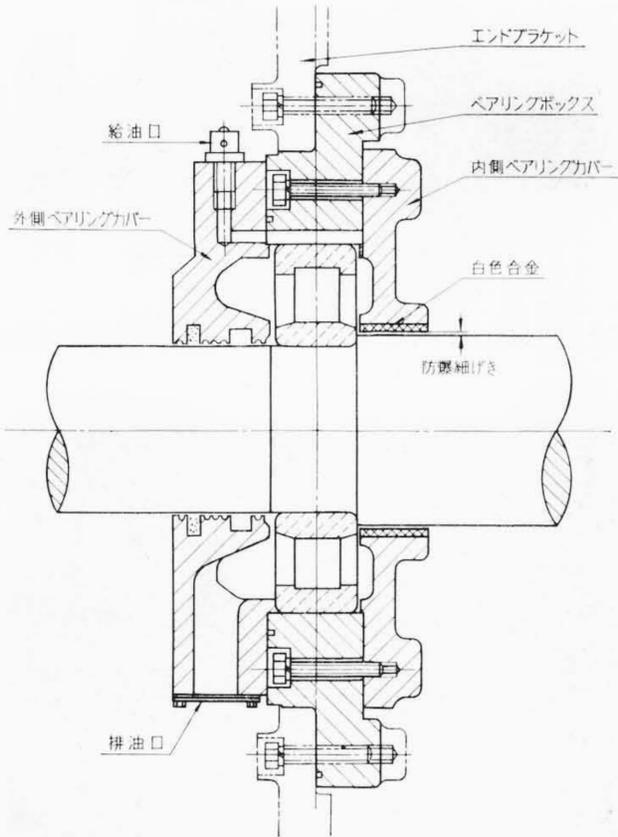
電動機外わくの表面など爆発性ガスに触れる部分の温度上昇は、対象となる爆発性ガスの発火度により限定されている。第 8 表にその値を示す。日立製作所ではこの値に対し十分余裕を取って製作している。

4.2 内圧防爆形

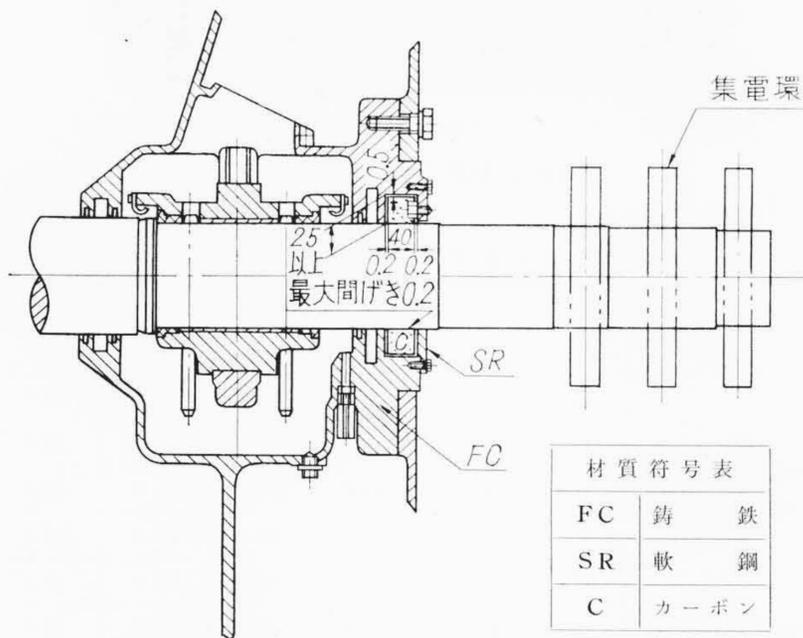
水素などの爆発力の強いガスは、機器内部で万一爆発を生じた場合、これに耐える安全な防爆構造を経済的に製作することができない場合がある。また、その他のガスに対しても大容量の機器については、その内容積が大となるため爆発の生じた場合、大きな力に耐える耐圧防爆構造をとることは経済的に不利となる。このような場合に内圧防爆形が採用される。第 7, 8 図に代表的な内圧防爆形電動機の外観および構造図を示す。

4.2.1 通気構造

内圧防爆形電動機は、運転開始前に電動機および集電環の内部より爆発性ガスを排除し、また運転中に爆発性ガスが内部に侵入しないよう通風昇圧装置を設ける。



第5図 中容量以上のころがり軸受部
(カートリッジ形軸受, 2つ割エンドブラケットを採用)



第6図 すべり軸受のカーボン環使用軸受部

第8表 爆発性ガスに触れるおそれのある部分の温度上昇限度 (deg)

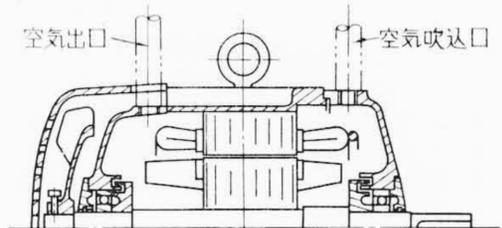
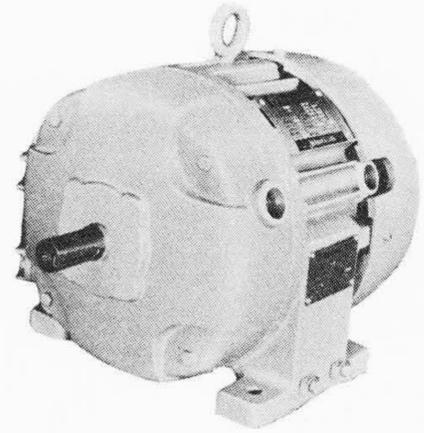
発火度	G1	G2	G3	G4	G5
温度上昇限度	320	200	120	70	40

4.2.2 保護監視装置

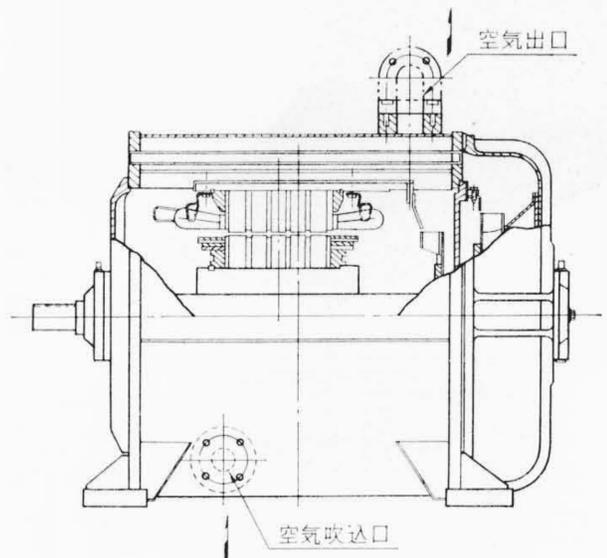
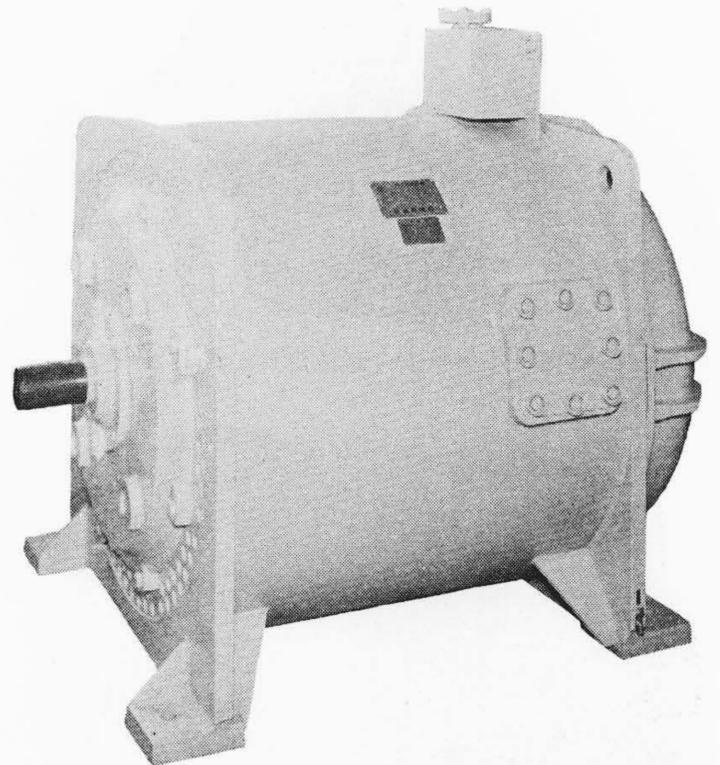
気体圧縮機が故障して圧縮気体が電動機の運転開始前に送られなかったり、運転中の圧縮気体の圧力が低下したりすると内圧防爆の機能が失われる。したがって起動に際しては機器内部がその内容積の5倍以上の清浄な空気で清掃されたあと、はじめて機器の運転を開始できるよう、また運転中には保護気体の圧力が5mm(水柱)以下に低下した場合は警報を出すか運転を停止させるよう保護監視装置(風圧リレー)を設ける必要がある。

第9図は保護気体が電動機自体の冷却を兼ねていない場合の配管図を示す。保護監視装置は保護気体の放出側に設置して保護の確実性を期している。

内圧防爆形電動機は、その容器外面および排気温度上昇限を前



第7図 小容量内圧防爆形かご形電動機

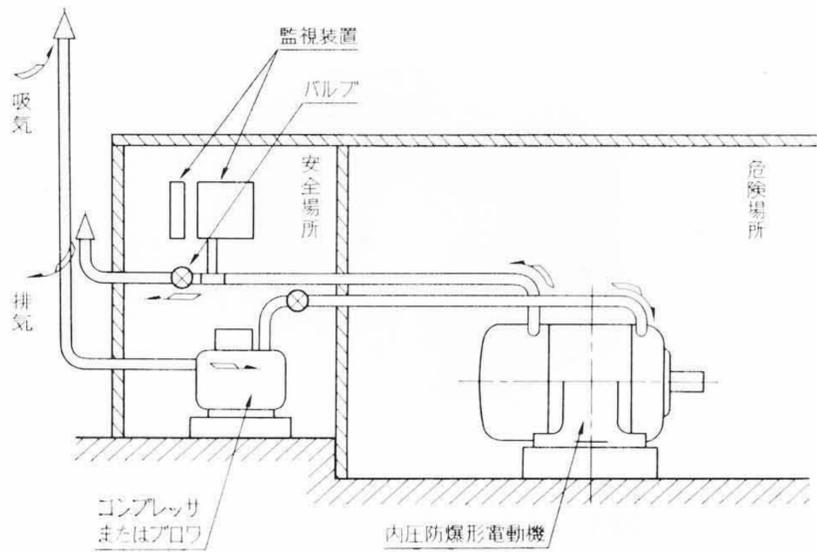


第8図 大容量内圧防爆形かご形電動機

述の第8表により制限されている以外は、普通の全閉外扇形とほぼ同一構造で製作している。

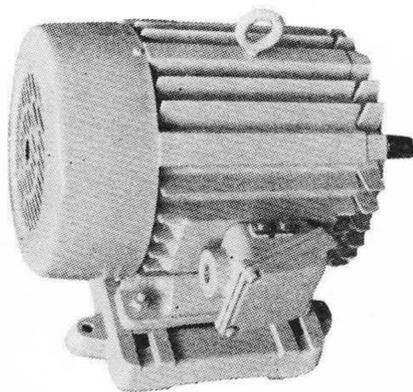
4.3 安全増防爆形

第10~13図に安全増防爆形のおもな製品の外観および構造図を示す。これら安全増防爆形には、特に温度上昇限度および許容拘束

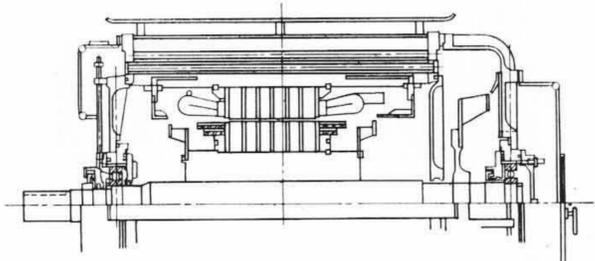
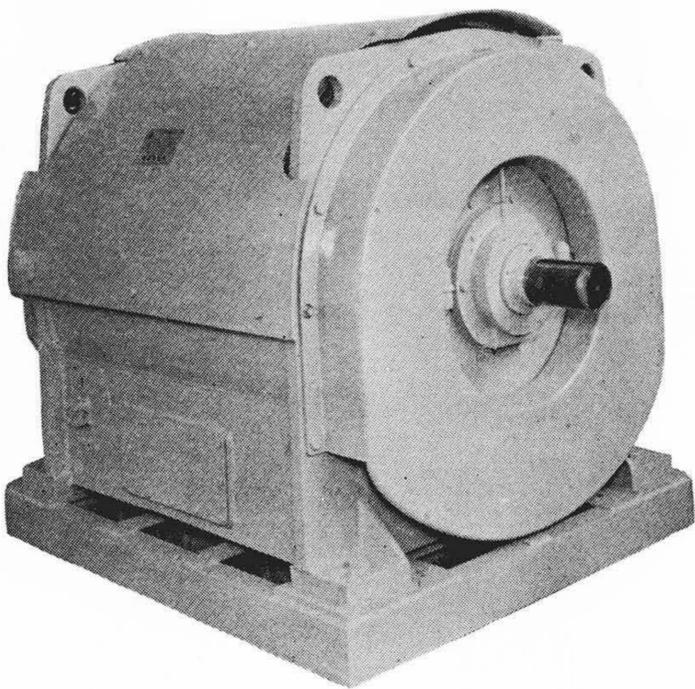


- 監視装置の構成
- 1 圧力開閉器
 - 2 モートルタイマ
 - 3 操作開閉器
 - 4 電磁開閉器
 - 5 ベルまたはブザ
 - 6 表示灯
 - 7 その他

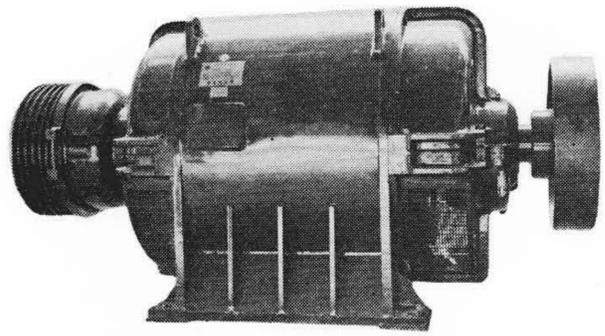
第9図 内圧防爆形電動機の配管図



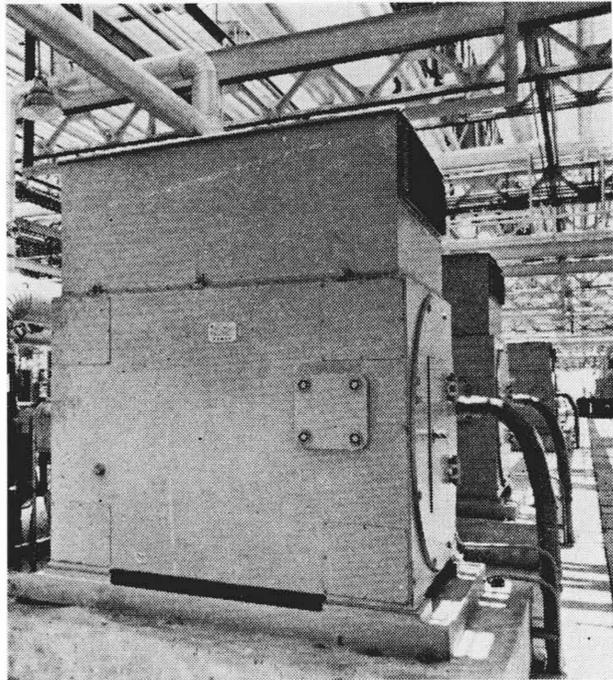
第10図 小容量安全増防爆形かご形電動機



第11図 大容量安全増防爆形屋外用かご形電動機



第12図 500 kW 600 rpm 安全増防爆形巻線形電動機



第13図 大容量安全増防爆形屋外用かご形電動機
(超低騒音電動機 騒音レベル 75 ホン)

第9表 許容拘束時間に対する温度上昇

	絶縁級	温度上昇限度				
		G 1	G 2	G 3	G 4	G 5
固定子および絶縁した回転子巻線	A	120-θ	120-θ	120-θ	85-θ	50-θ
	E	135-θ	135-θ	135-θ	85-θ	50-θ
	B	145-θ	145-θ	140-θ	85-θ	50-θ
	F	170-θ	170-θ	140-θ	85-θ	50-θ
	H	195-θ	195-θ	140-θ	85-θ	50-θ
絶縁しない回転子		360-θ	230-θ	140-θ	85-θ	50-θ

θは定格負荷連続運転時巻線温度上昇値

表以下であること(以上 JIS-C-0903による)。

- (3) 回転子拘束時の温度上昇限度は第9表以下であり、その温度に達するまでの許容拘束時間は10秒以上、いかなる場合も5秒以下であってはならない(防爆指針による)。

日立製作所では、これらの条件を満足させるため、電動機をすべて特殊設計しており、十分な安全度をとって製作している。しかし過負荷の状態で使用すれば安全度は低下するので、必ず過負荷保護装置を使用する必要がある。

4.4 端子箱の構造

機器本体が使用条件に合った防爆性を保持していても、外部導線と機器を接続する端子箱の構造や配線工事が十分でない場合、機器全体としては完全といえない。

端子箱はその構造により耐圧防爆形と安全増防爆形に分類され、その適用は第10表のとおりである。スタッド方式では、小容量機ではスタッドボルトを耐熱性絶縁性のすぐれた合成樹脂モールド絶縁物中に埋め込む(第14図)が、容量が大きくなると機械的強度の強いがいし中に埋め込む構造を採用する(第15図)。

配線に使用される外部導線にはいろいろの種類があるので、その

時間に対する安全度の向上が要求されており、次のように規定されている。

- (1) 定格負荷における巻線の温度上昇を各種絶縁階級に対して一般規程で定められている値より10℃低くすること。
- (2) 爆発性ガスに触れる可能性ある部分の温度上昇限度は第8

第10表 端子箱より電動機本体への引込み方式

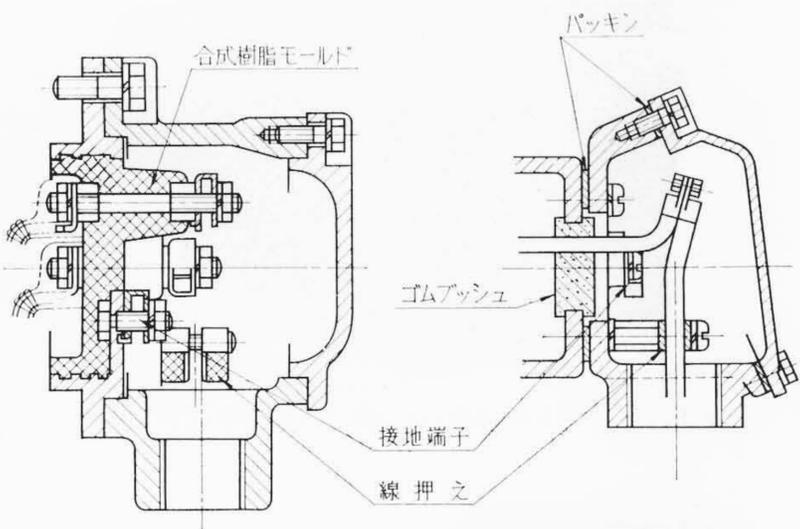
電動機本体の防爆構造	端子箱の防爆構造	
	耐 圧	安 全 増
耐 圧	スタッド式 耐圧パッキン式	—
内 圧	—	防塵パッキン式 防塵プッシング式
安 全 増	—	—

第11表 外部導線の端子箱への引込み方式

外部導線の引込み方式	端子箱の防爆構造		使用する外部導線の種類
	耐 圧	安 全 増	
電線管ねじ結合方式	○	○	ゴム絶縁電線などの単心線
耐圧パッキン式	○	—	ポリエチレン、ブチルゴムなどのプラスチック電力ケーブル
防塵パッキン式	—	○	
防塵固着式	—	○	
耐圧固直式	○	—	鋼帯外装紙ケーブル

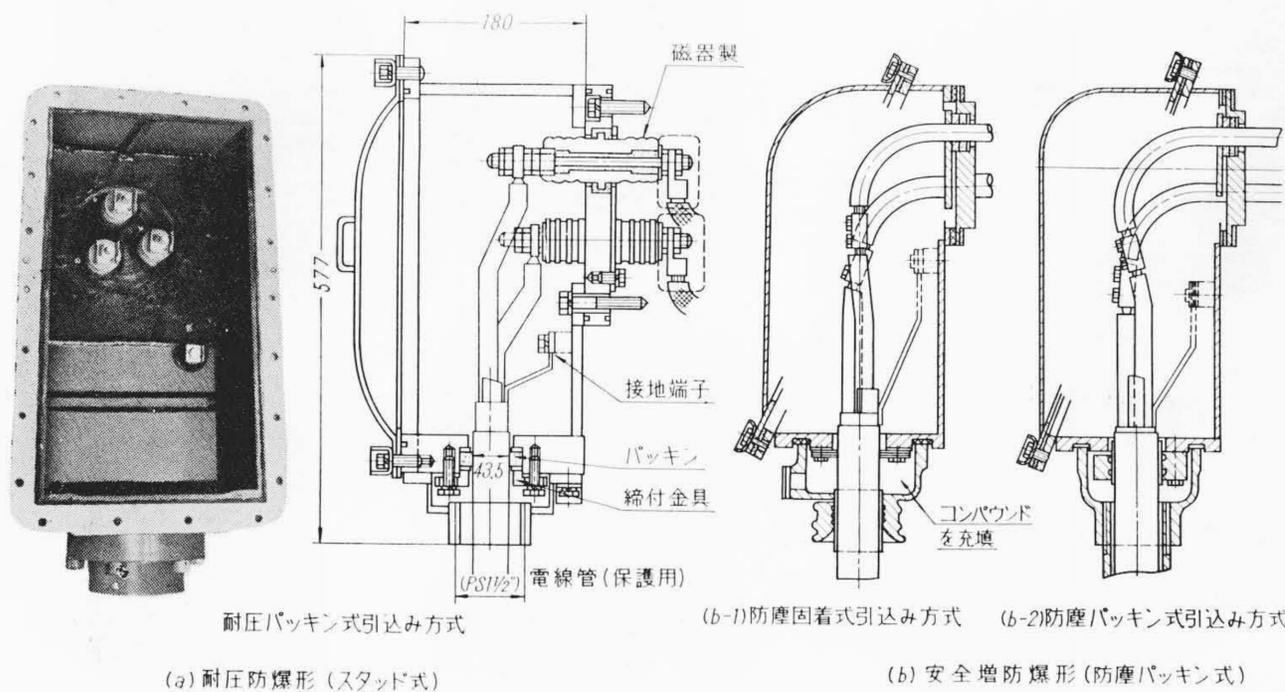
おののに適した引込み構造としなければならない。その適用を第11表に示す。低圧電線では、ゴム絶縁電線などの単心線により配線する厚鋼電線管ネジ結合方式(第14図)が標準とされている。

高圧配線では、ケーブル工事によることが標準とされている。ケーブルは大別して鋼帯外装紙ケーブルとポリエチレン、ブチルゴムなどのプラスチックケーブルに分けられ、それぞれ固着式およびパ



(a) 耐圧防爆形 (スタッド式) (b) 安全増防爆形 (防じんプッシング式)

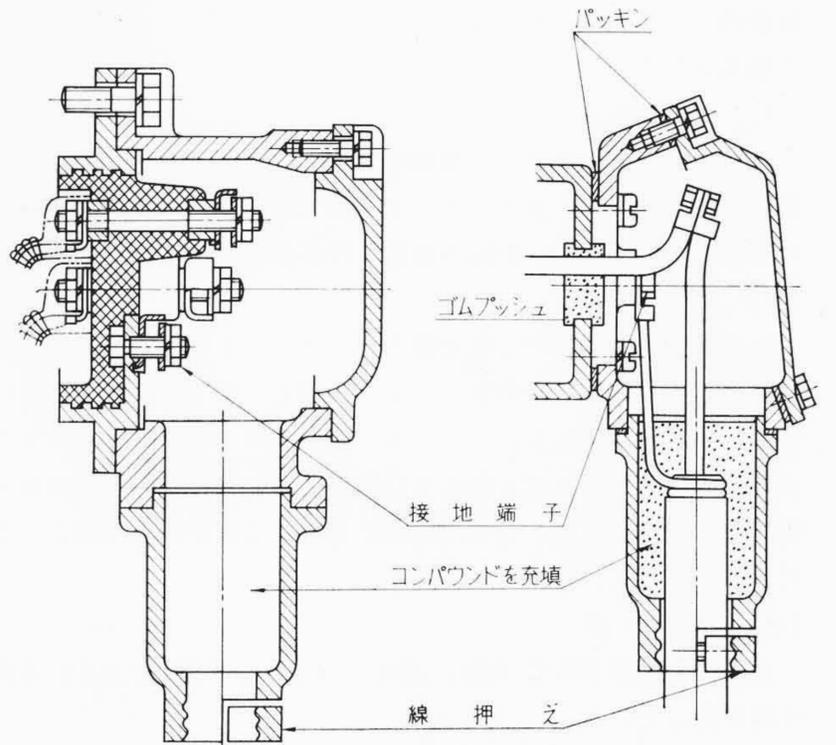
第14図 低圧端子箱(電線管ねじ結合方式)



耐圧パッキン式引込み方式 (b-1)防塵固着式引込み方式 (b-2)防塵パッキン式引込み方式

(a) 耐圧防爆形(スタッド式) (b) 安全増防爆形(防塵パッキン式)

第15図 高圧端子箱(プラスチックケーブル用)



(a) 耐圧防爆形 (スタッド式) (b) 安全増防爆形 (防じんプッシング式)

第16図 高圧端子箱 (鋼帯外装紙ケーブル用固着式引込み方式)

ッキン式引込み構造が採用されている。第15, 16図にそれらの構造図を示す。

端子箱寸法は、絶縁距離などのほかに配管工事の難易を考慮して決定されなければならない。日立製作所ではケーブルの端末処理が端子箱内部で十分行なえるよう、実験検討して各寸法を決定している。一例として第15図に3kV級80mm²3心ケーブルに使用する端子箱の寸法を示しておいた。現在、工場防爆委員会端子箱小委員会においては、電線製造メーカー、工業者、需要者などを交えて防爆形端子箱の標準寸法に関する検討が行なわれており、近い将来防爆形端子箱標準寸法が発表される予定である。

4.5 日立電動機の特長

以上述べたごとく日立製作所の防爆電動機は完全に規格に合格した製品として納入されているが、このほかに次のような多くの特長をそなえている。

4.5.1 小容量電動機

(1) 取付寸法

取付寸法はJIS-C-4209およびJEM-1110に準拠しているため、

普通品と互換性がある。また端子箱は標準として反負荷側より見て右側としているが、ハウジングを反転することにより簡単に逆にすることもできる。また外部導線引込口は上下左右いずれの方向にも簡単に向けかえることができるので据え付けも容易になる。

(2) 軸受部

3.7kW 4極相当以下の電動機には、グリース交換の可能な特殊シールド玉軸受を使用し、潤滑性能の高いグリースを採用しているため長時間の連続運転に十分耐え、しかも分解点検の容易な簡単な構造としている。これをこえる

電動機では開放形玉軸受を採用し、外部よりグリース交換の可能な構造としている。

(3) 電気部分

コイルにはポリエステル電線を使用し、ポリエステルフィルム絶縁物、ポリエステルワニスなど一環したポリエステル系絶縁処理を施しているため、耐湿性耐薬品性が非常にすぐれている。

(4) 冷却方式

反負荷側に取り付けられた強力なファンにより外わく外周に冷却風を送り、放熱効果のよいフレーム構造(第1図)をとっているので小形軽量であり、フレームの温度上昇も低い。またコアなどの電磁気部分が外気と触れていないので若干の改造により屋外使用または腐食性ガス中での使用にも耐える電動機とすることができる。

(5) 特性

低圧電動機は JIS-C-4201、高圧では JIS-C-4202 を上まわる高性能を持っている。

4.6.2 大容量電動機

小容量機と異なり構造が複雑となることはさげられない。特に全閉構造であるので、従来のは分解点検に相当の時間と労力が必要であった。日立製作所ではこの分解点検がごく短時間に簡単に行なえるよう数々の考慮を払っている。

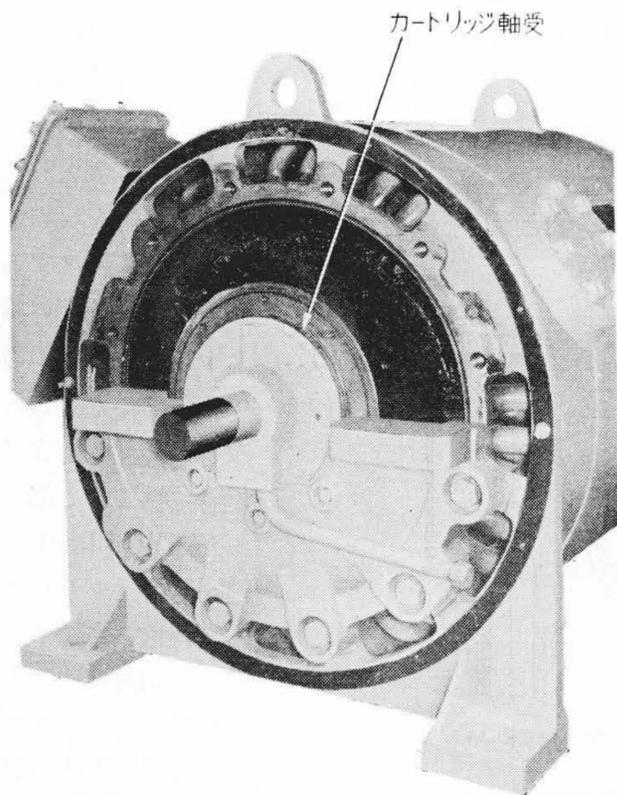
(1) 取付寸法

取付寸法は普通形全閉電動機と同一としているので互換性がある。端子箱は小容量機と同様、上下左右いずれの方向にも外部導線引入口を変更することができるので配線が容易である。

(2) 軸受部

軸受としては負荷側にコロ軸受反負荷側に玉軸受を採用している。これは運転中の温度上昇により軸が伸びるので、それが推力となるのを防止するためである。

軸受をささえるエンドブラケットは二つ割りとし、カートリッジ構造の軸受を全面的に採用している(構造は第5図参照)。この構造では分解点検の際負荷との連結をはずすことなく、簡単に行なえるとともに、分解ごとに軸受のはめあいが甘くなるという従来の欠点がなくなり、軸受にゴミがはいることがない。第17図に耐圧防爆形電動機の分解写真を示す。



第17図 2つ割エンドブラケットの上部を取はずした所 (耐圧防爆形かご形電動機)

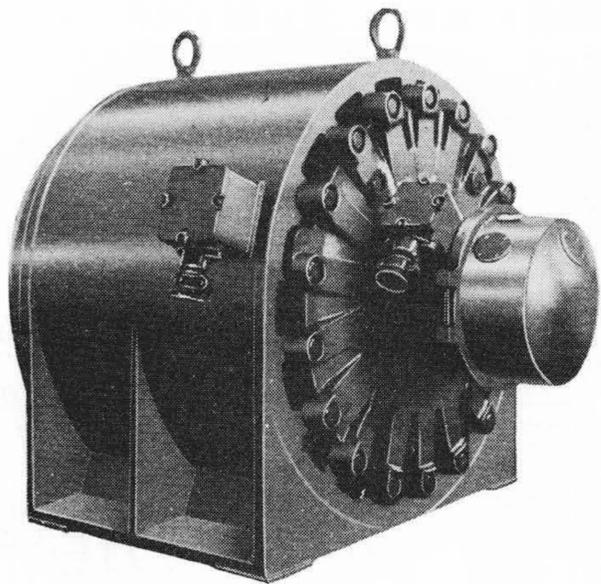
なお、負荷との連結を分解することなく、軸受の点検やグリースの取り替えができるよう、ベアリングカバーを二つ割りとするを計画中である。この方式はすでに開放形各形式電動機に採用しているもの(実用新案出願中)である。

(3) 冷却方式

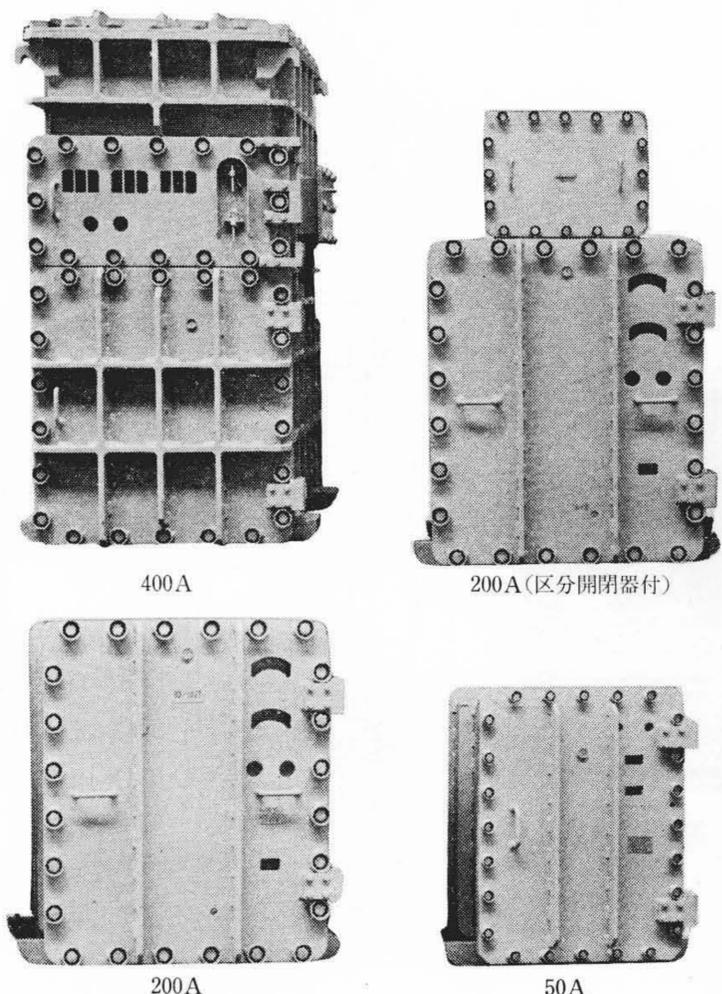
耐圧防爆形電動機では、爆発の際の発生エネルギーはその内容積に略比例すると考えられているので、その寸法が大きくなるにしたがいハウジング、エンドブラケットなどの肉厚が増大する。したがって通風方式のいかんが耐圧防爆形の経済的製作限界に大きな影響を及ぼすことは明白である。日立製作所では第3図に示すような優秀な通風方式を採用しているので、数百kWのものまで十分経済的に全閉外扇耐圧防爆形とすることができる。第18図は400kW 12極全閉外扇耐圧防爆形の外観を示す。

5. 防爆形制御機器

JIS-C-0903 に準拠して製作される防爆形制御機器の種類はきわめて多く、それらのすべてをここに尽すことは困難であるから、こ



第18図 400kW 600rpm 耐圧防爆形巻線形電動機

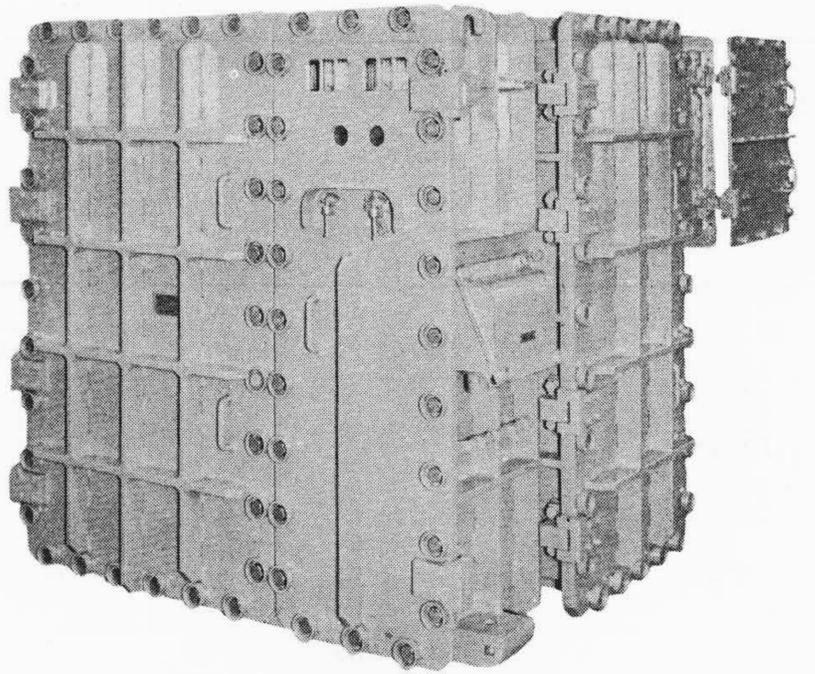


第19図 3.45kV 気中電磁配電箱外観

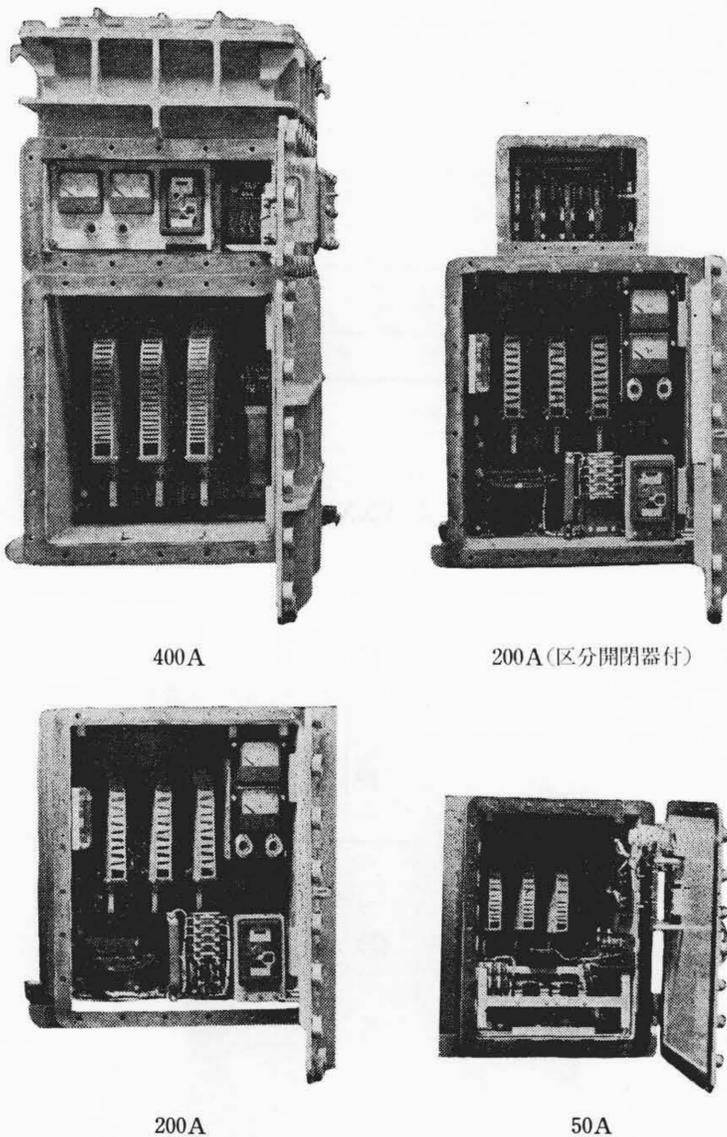
第12表 3.45 kV 気中電磁配电箱 (Hマクス) 定格表

形式	定格電圧 (kV)	定格電流 (A)	遮断容量 (MVA at 3.45 kV)	最大適用電動機容量 (kW)	最大適用変圧器容量 (kVA at 3φ)	付属計器
SUXX-WHP ₁₂ h	3.45	50	12.5	190	250	Ⓐ
SUXX-WHP ₂₂ h	3.45	50	12.5	190	250	Ⓐ Ⅴ
SUXX-WHP ₁₂ h	3.45	200	25	750	1,000	Ⓐ
SUXX-WHP ₂₂ h	3.45	200	25	750	1,000	Ⓐ Ⅴ
SUXX-WHP ₃₂ h	3.45	200	25	750	1,000	Ⓐ (WH)
SUXX-WHP ₄₂ h	3.45	200	25	750	1,000	Ⓐ Ⅴ (WH)
SUXX-WHP ₁₂ h	3.45	400	50	1,500	2,000	Ⓐ
SUXX-WHP ₂₂ h	3.45	400	50	1,500	2,000	Ⓐ Ⅴ
SUXX-WHP ₃₂ h	3.45	400	50	1,500	2,000	Ⓐ (WH)
SUXX-WHP ₄₂ h	3.45	400	50	1,500	2,000	Ⓐ Ⅴ (WH)
SUXX-WHPK ₁₂ h	3.45	200	25	750	1,000	Ⓐ
SUXX-WHPK ₂₂ h	3.45	200	25	750	1,000	Ⓐ Ⅴ
SUXX-WHPK ₃₂ h	3.45	200	25	750	1,000	Ⓐ (WH)
SUXX-WHPK ₄₂ h	3.45	200	25	750	1,000	Ⓐ Ⅴ (WH)

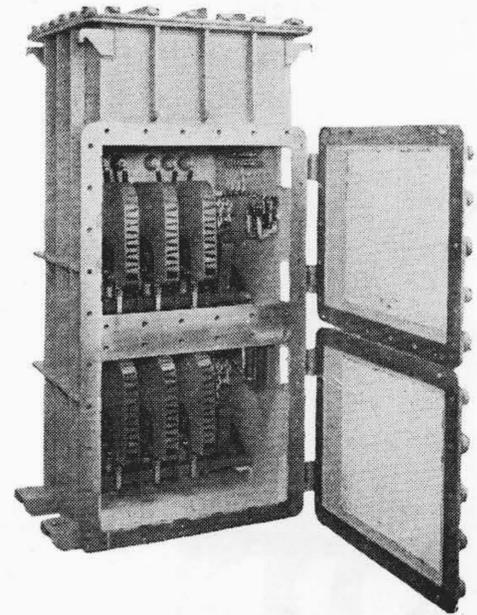
注：(1) 式のKは区分閉器付を示す。



第21図 6.9 kV 200 A 気中電磁配电箱 (形式 SUXX-GHP22h)



第20図 3.45 kV 気中電磁配电箱内部



第22図 3.45 kV 200 A 可逆電磁接触器 (形式 WFHRXX-3S)

第13表 6.9 kV 気中電磁配电箱 (Hマクス) 定格表

形式	定格電圧 (kV)	定格電流 (A)	遮断容量 (MVA at 6.9 kV)	最大適用電動機容量 (kW)	最大適用変圧器容量 (kVA at 3φ)	付属計器
SUXX-GHP ₁₂ h	6.9	200	50	1,500	2,000	Ⓐ
SUXX-GHP ₂₂ h	6.9	200	50	1,500	2,000	Ⓐ Ⅴ
SUXX-GHP ₃₂ h	6.9	200	50	1,500	2,000	Ⓐ (WH)
SUXX-GHP ₄₂ h	6.9	200	50	1,500	2,000	Ⓐ Ⅴ (WH)

ここではそのうちのおもなものについてのみ紹介する。

5.1 3.45 kV 気中電磁配电箱 (防爆構造 d2 G3)

3kV級電動機または動力用変圧器回路の開閉に用いられる乾式の耐圧防爆形開閉器で、3.45 kV 気中電磁接触器を主体とし、過負荷保護および短絡保護リレー、付属計器類などを備えている。(1)油なしのため引火の危険がなく保守も容易である、(2)ひん繁な起動停止の繰り返しに耐える、(3)変圧器の励磁電流のような遅れ力率の小電流をも確実に遮断できる、(4)遠方操作、自動運転も可能、(5)短絡発生時の機械的熱的衝撃に十分耐える、などの特長をもっている。

なお、上述の配电箱の上部に区分閉器箱を取り付けた構造の区分閉器付配电箱がある。区分閉器は配电箱を無負荷時に電源から切り離すためのもので、別に断路器を設けなくても配电箱の点検を安全に行なうことができる。誤って負荷時に区分閉器を開こうとしても、これより先に配电箱内の電磁接触器が開くようなインターロックを設けている。

5.2 6.9 kV 気中電磁配电箱 (防爆構造 d2 G3)

6kV級電動機または動力用変圧器回路の開閉に用いられる乾式の耐圧防爆形開閉器で、6.9 kV 気中電磁接触器を主体とし、5.1に記載の3.45 kV 配电箱と同様の特長をもっている。構造上異なる点は電磁接触器室、その他の高圧機器室および低圧器具室がそれぞれ分離した耐圧防爆構造を形成することであり、この分離方式は十分な防爆強度を確保しつつ防爆容器の軽量化の目的をも達している。

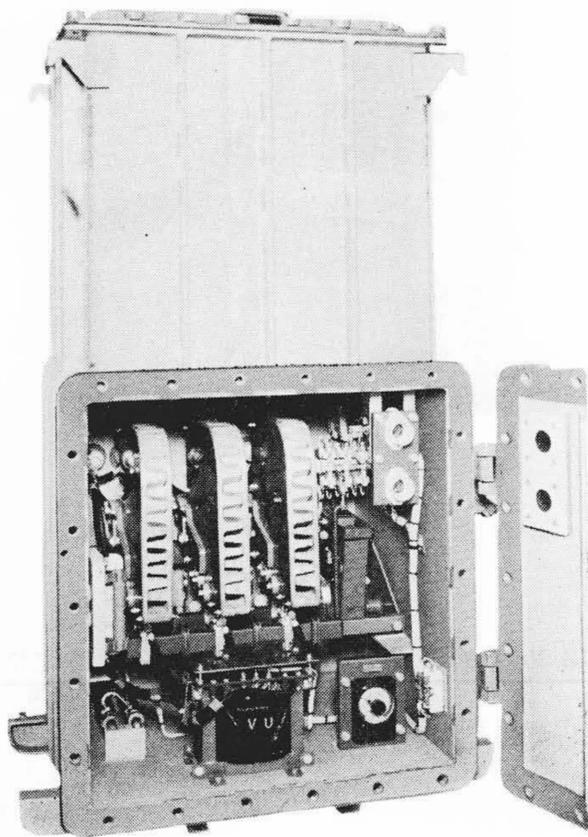
第14表 3.45 kV 可逆気中電磁接触器定格表

形 式	定 格 電 圧 (kV)	定 格 電 流 (A)	最大適用電動機容量 (kW)
WFHRXX-3S	3.45	200	750

第15表 高圧リアクトル起動器定格表

形 式	定 格 電 圧 (kV)	電動機容量 (kW)	起動リアクトル	
			容量 (kVA)	定格 (s) ⁽¹⁾
LVXX ₁₁ -A	3.45	40	65	60
		50	80	
		60	95	
		75	120	
LVXX ₁₂ -A	3.45	100	150	60
		125	190	
		150	230	
LVXX ₁₃ -A	3.45	175	270	80
		200	310	
		225	350	
		250	390	
		300	460	

注：(1) 連続起動回数の限度は2回とし、1回の起動時間はこの値の半分以下とする。

第23図 3.45 kV リアクトル起動器
(形式 LVXX-A)

5.3 3.45 kV 可逆電磁接触器 (防爆構造 d2 G3)

電磁接触器2台を1個の耐圧防爆容器に収納したもので、(1)誘導電動機の可逆運転、(2)かご形誘導電動機の極数変換、(3)電源または負荷の切り換え(たとえば買電と自家発電との切り換え)、など種々の用途に使用される。可逆接触器として、機械的、電気的およびアーキインタロックをとり、安全に運転可能となっている。

5.4 高圧リアクトル起動器 (防爆構造 d2 G3)

かご形誘導電動機の限流起動用で、主としてポンプまたはファンなどのように所要起動トルクの小さい負荷の自動起動用として適合する。耐圧防爆容器は起動リアクトルとそれ以外の一切の器具とを上下各室に2分割して収納し、床面積の節約をはかっている。

5.5 高圧自動起動補償器 (防爆構造 d2 G3)

前項のリアクトル起動器と同じくかご形誘導電動機の限流起動用であるが、主として圧縮機または冷凍機などのように比較的大きい

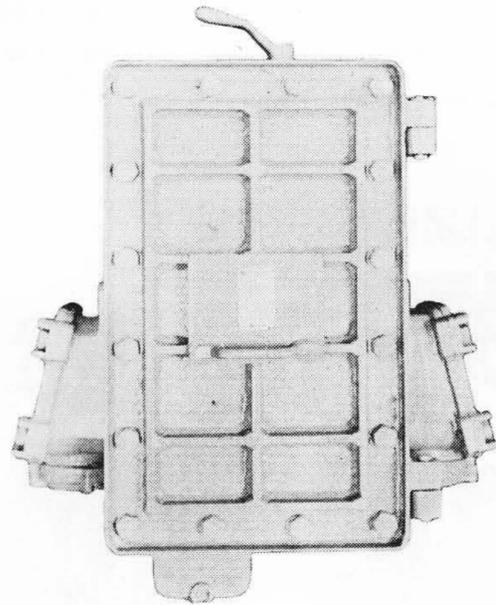
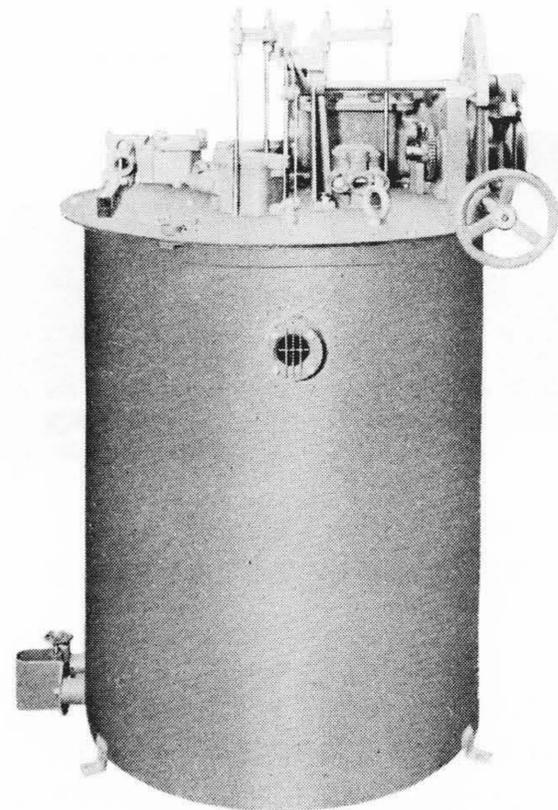
第16表 高圧自動起動補償器定格表

形 式	定 格 電 圧 (kV)	電動機容量 (kW)	起 動 変 圧 器	
			容量 (kVA)	定格 (s) ⁽¹⁾
GVXX ₁₁ -A	3.45	75	300	45
GVXX ₁₂ -A	3.45	150	600	60
GVXX ₁₃ -A	3.45	300	1,200	80

注：(1) 連続起動回数の限度は2回とし、1回の起動時間はこの値の半分以下とする。

第17表 低圧 Y-Δ 起動器標準表

形 式	定 格 電 圧 (V)	最大適用電動機 (kW)
YXX ₇ -TJ	220/440	7.5/15
YXX ₁₅ -TJ	220/440	15/22
YXX ₂₂ -TJ	220/440	22/37
YXX ₃₇ -TJ I	220/440	37/55
YXX ₅₅ -KJ I	220/440	55/75

第24図 低圧 Y-Δ 起動器
(形式 YXX-TJ)第25図 液 体 抵 抗 器
(形式 SXX-SI)

起動トルクを必要とする場合に適合する。コンドルファ起動法を用いているので、起動用単巻変圧器および中性点開放用接触器を収納する耐圧防爆形容器と、運転用接触器およびその他の付属器具を収納する耐圧防爆形容器との二つより構成されている。

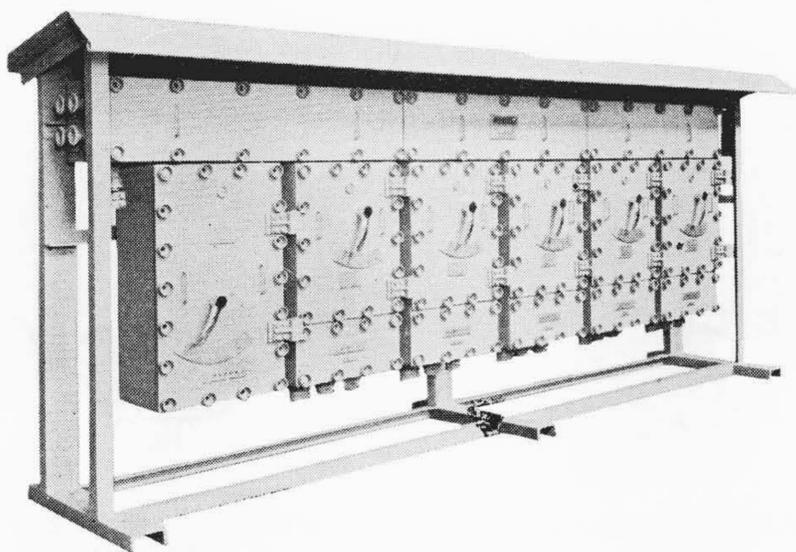
第18表 液体抵抗器標準表

形式	電動機容量 (kW)			二次最大		摘要
	軽負荷起動 (50%)	全負荷起動 (100%)	重負荷起動 (125%)	電圧 (V)	電流 (A)	
SXX ₄ -SI	1,000	500	350	1,000	400	起動用手動自冷形
SXX ₆ -SI	1,500	750	600	2,000	700	起動用手動自冷形
MSXX ₇ -SI	3,000	1,500	1,200	2,000	1,000	起動用電動自冷形
MWXX ₈ -SI	5,000	2,500	—	2,000	1,200	起動用電動水冷形
MSXX ₉ -SI	7,000	4,000	—	3,000	1,500	起動用電動自冷形
MWXX ₆ -CI	750 (速度調整 50%)			2,000	600	速度調整用電動水冷形

第19表 低圧コントロールセンターの起動ユニット例

起動ユニット形式	定格電圧 (V)	内蔵器具					その他
		配線用遮断器のフレーム	電磁接触器のサイズ	サーマルリレー組数	補助接触器員数	ランプ員数	
HXX-FW	600	50A	50A	1	2	1	押ボタン開閉器
HXX-FW	600	100A	100A	1	1	1	操作回路用変圧器
HXX-FW	600	225A	200A	1	1		変流器
HXX-FWM	600	400A					
HXX-WM	600		400A	1	1		変流器
HXX-FWM	600	50A×2					
HXX-WM	600		50A×2	2			
HXX-FWM	600	50A	10A×2	2			時間継電器

注：(1) 必要に応じて各種組み合わせのユニットを作る。各ユニットを組み合わせてコントロールセンターとしてまとまっている。



第26図 低圧コントロールセンター

5.6 Y-Δ起動器 (防爆構造 d2 G3)

容量の比較的小さいかご形低圧誘導電動機の限流起動用に多く使用される。耐圧防爆形容器の上部についている起動器操作ハンドルを回して、容器内部のカムコントローラを切り換える。

5.7 液体抵抗器 (防爆構造 oed 2 G3)

巻線形誘導電動機の起動用または速度制御用として電動機の回転子 (二次) 回路にそう入され、一般のグリッド抵抗器に比べて

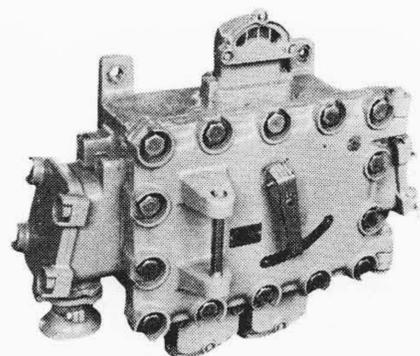
- (1) 抵抗値を無段連続的に変化できるので、電源に与えるじょう乱が小さく、円滑な起動または速度制御ができる。
- (2) 熱容量が大きく、小形で床面積が小さい。
- (3) 抵抗値の変更が電解液 (Na₂CO₃ 溶液) 濃度の加減により容易にできるので回転子電圧の異なる電動機に使用できる融通性がある。

などの一般的特長をもっている。

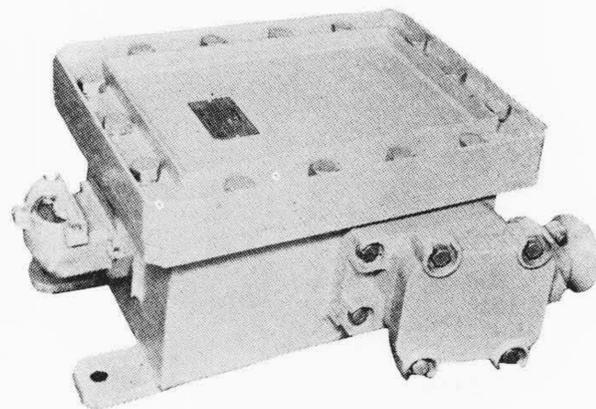
防爆構造については、電極部分を含む液槽本体は油入防爆構造 (o), 端子箱は安全増防爆構造 (e), その他の操作機構 (操作電動機を含む) は耐圧防爆構造 (d2) となっている。

5.8 低圧コントロールセンター (防爆構造 d2 G3)

低圧コントロールセンターは低圧誘導電動機群の集合運転監視盤とも称すべきもので、被運転電動機台数と同数の起動器ユニットの



第27図 配線用遮断器 (形式 CKXX-TFM)



第28図 電磁開閉器 (形式 CKXX-DP₂M)

第20表 配線用遮断器標準表

形式	フレームの大きさ (A)	定格電圧 (V)	定格電流 (A)
CKXX-TF CKXX-TFM	50	AC 550	15, 20, 30, 40, 50
	100		50, 75, 100
CKXX-TF CKXX-TFM	225	AC 600	70, 100, 125, 150, 175, 200, 225
SKXX TF SKXX-TFM	400	AC 600	125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400
	600		200, 225, 250, 300, 350, 400, 500, 600
	800		700, 800

注：(1) Mは電流計付を示す。

第21表 電磁開閉器標準表

形式	わく番	定格電圧 (V)	最大適用電動機 (kW)	
			200/220V	400/440V
CKXX ₁₅ -DP ₂ (M)	15	AC 600	3.7	5.5
CKXX ₃₀ -DP ₂ (M)	30		7.5	11
CKXX ₆₀ -DP ₂ (M)	60		15	22
CKXX ₇₅ -DP ₂ (M)	75		19	22
SKXX ₁₂₀ -DP ₂ (M)	120	AC 600	30	45
SKXX ₁₅₀ -DP ₂ (M)	150		37	45
SKXX ₂₅₀ -DP ₂ (M)	250		55	75

注：(1) Mは電流計付を示す。

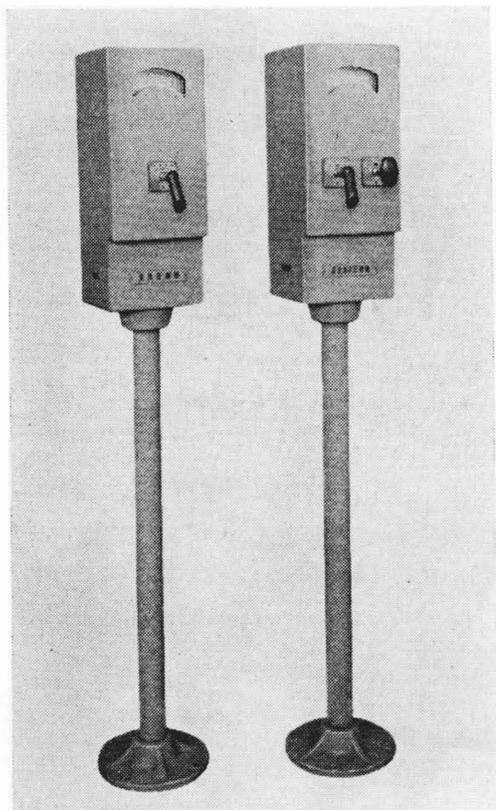
集合および1個の母線箱とわく組よりなる。各起動器ユニットは耐圧防爆形容器内に配線用遮断器 (ヒューズフリー遮断器) と低圧交流電磁接触器および付属器具 (過電流継電器のほか各種補助継電器, 表示灯, 操作開閉器などを含む) を収納し、電動機回路の短絡は前者により、電動機の過負荷は後者と熱動形過電流継電器との組み合わせによって保護する。配線用遮断器はハンドルによって各ユニットの外側より手動操作される。

なお、本器に付随して、耐圧防爆形配線用遮断器および耐圧防爆形電磁開閉器も標準化されている。

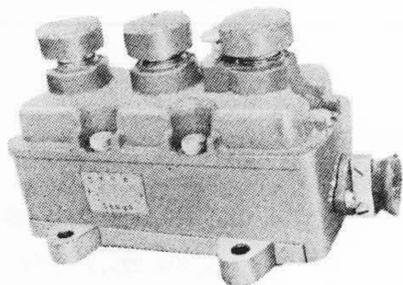
5.9 操作スタンド (防爆構造 d2 G3)

高圧あるいは低圧電動機の運転操作で、普通被運転電動機の近傍に設置され、屋内形と屋外形とに大別される。

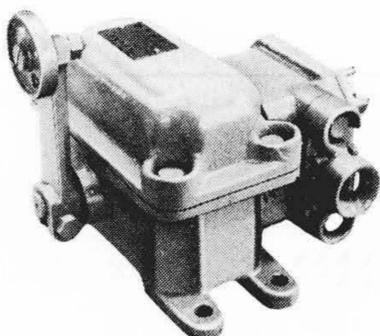
電動機主回路電流計、電動機起動停止用操作スイッチ、電動機の



第 29 図 操作スタンドの一例
(形式 SDXX-WM)



第 30 図 押ボタン開閉器
(形式 BXX₁-3H)



第 31 図 制限開閉器
(ZRXX₁ 形)

運転、停止および過負荷表示灯などを内蔵している。このほか制御方式に応じた各種制御器具を取り付ける場合もあり、多くの種類の操作スタンドが標準化されている。

5.10 制御用開閉器 (防爆構造 d2 G3)

開閉器本体および端子箱は耐圧防爆構造、外部導線引込方式は電線管ネジ結合式または耐圧パッキン式で、特に指定なき場合は前者を標準とする。

5.10.1 押ボタン開閉器

作業手袋をつけたままでも操作できるようにボタンを大きくし、また足先で操作する足踏式としても使用できるように、ボタンのしゅう動部は完全防塵(じん)の考慮が払われている。

5.10.2 制限開閉器

各種機械装置における運動行程の極限位置の保護、または運動行程と関連する各種操作に使用されるもので、機械運動の種類に対応して選択できるように各種の形がある。

5.10.3 圧力開閉器

液体および気体などの圧力により開閉動作を行なうスイッチで、各種油圧装置あるいは空気圧縮機などの圧力制御用に使用される。各形の概略構造および用途は次のとおりである。

PSXX₁ 形.....受圧感応部は銅合金製ベローズで、圧力の変化により伸縮してスイッチを開閉せしめるようになっており、10 kg/cm² 以下の圧力制御用に適する。

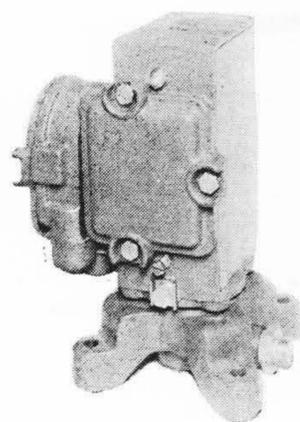
PTXX₁ 形.....受圧感応部は銅合金またはステンレス鋼製ブルドン管で、圧力の変化により伸縮して水銀スイッチを開閉せしめ

第 22 表 制限開閉器標準表

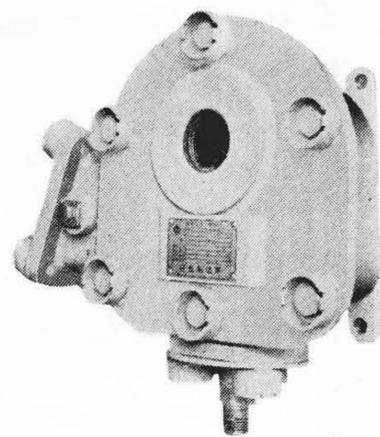
駆動部	形	式	接点構成	定 格
V 字アーム形	ZVXX ₁	SD	SPDT	AC 600V 3A DC 250V 0.5A
		DS	DPST	
単一アーム形	ZSXX ₁	SS	SPST(常時開路式)	AC 600V 3A DC 250V 0.5A
		SSC	SPST(常時閉路式)	
		DS	DPST(常時開路式)	
ローラ付アーム形	ZRXX ₁	DSC	DPST(常時閉路式)	AC 600V 3A DC 250V 0.5A
		SD	SPDT	
歯車連結形	ZNXX ₃₁₁	T	5接点付	AC 250V 5A DC 250V 1A
	ZNXX ₃₂₁	T	10接点付	

第 23 表 圧力開閉器標準表

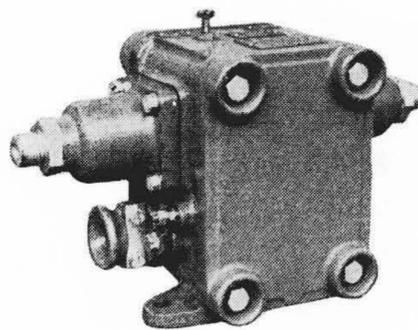
形	式	圧力体種別	適用圧力範囲	開一閉最小圧力差	接点定格
PSXX ₁	C ₁ , O ₁	水, 油	0.5~10kg/cm ²	0.3~1.5kg/cm ²	AC 250V 3A DC 250V 0.2A
PT ₂₀ XX ₁	OC ₁	油	10~20kg/cm ²	5 kg/cm ²	
PT ₄₀ XX ₁	OC ₁		21~40kg/cm ²	10 kg/cm ²	
PT ₈₀ XX ₁	OC ₁		41~80kg/cm ²	20 kg/cm ²	
PT ₂₀₀ XX ₁	OC ₁		80~200kg/cm ²	50 kg/cm ²	
PSDXX ₁	OC ₁	空 気	0.5~5kg/cm ²	約 0.5 kg/cm ²	AC 110V 1A
PS ₀₁ XX ₁	OC ₁	水, 油	20~60mm水柱	約 20 mm 水柱	



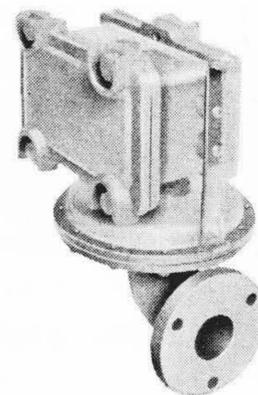
第 32 図 圧力開閉器
(PSXX₁ 形)



第 33 図 圧力開閉器
(形式 PTXX₁-OC₁)



第 34 図 圧力開閉器
(形式 PSDXX₁-OC₁)



第 35 図 圧力開閉器
(形式 PS₀₁XX₁-OC₁)

るようになっており、200 kg/cm² 以下の高圧力制御用に適する。目盛に合わせることで希望の圧力で開閉動作をさせることができ、かつ外部から動作状態を見ることができる。

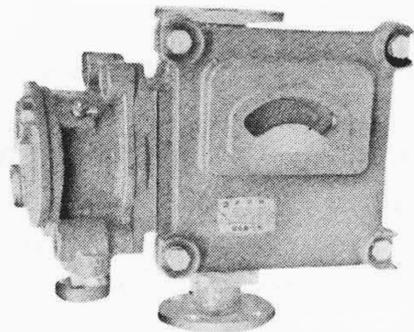
PSDXX₁ 形.....受圧感応部は銅合金製ベローズで、2種の圧力の差により伸縮してスイッチを開閉せしめるようになっており、5 kg/cm² 以下の圧力差制御用に適する。

PS₀₁XX₁ 形.....受圧感応部は合成ゴム製ダイヤフラムで、各種内圧防爆形機器(たとえば内圧防爆形電動機)における内圧監視

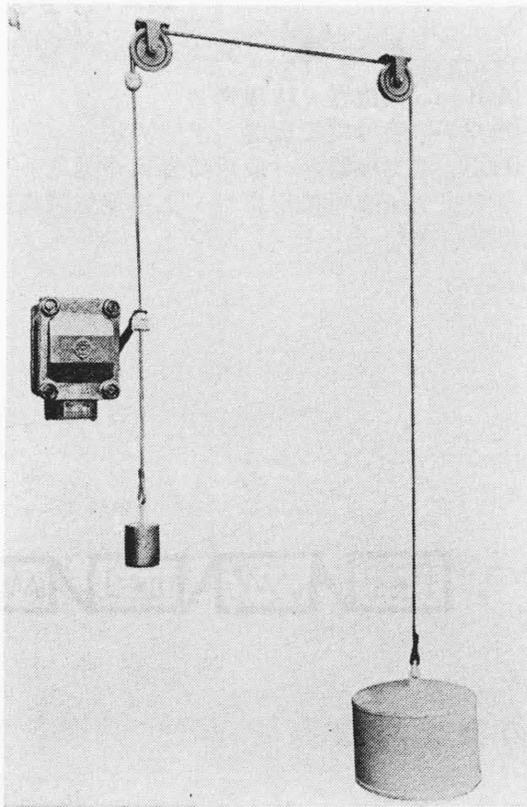
第24表 液流開閉器標準表

形式	呼称口径	寸法 (mm)				限界流量 (l/min)	水流仕様 (l/min)			油流仕様 (l/min)		
		A	B	φ	重量 (kg)		最小動作	最小復帰	復帰/動作	最小動作	最小復帰	復帰/動作
FD ₅ XX ₁ -OC ₁	35φ (1¼)	300	225	115	22	250	30	50	170% 以上	15	30	200% 以上
FD ₅ XX ₁ -OC ₁	40φ (1½)	300	225	120	23	250	30	50	170% 以上	15	30	200% 以上
FD ₅ XX ₁ -OC ₁	50φ (2 B)	300	231	130	26	700	40	70	170% 以上	15	30	200% 以上
FD ₅ XX ₁ -OC ₁	80φ (3 B)	340	246	180	32	1,000	50	85	170% 以上	25	50	140% 以上

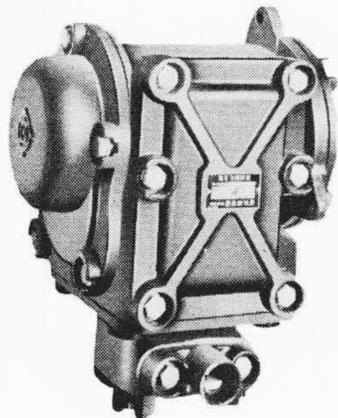
注：(1) 接点定格は AC 250V 3A, DC 250V 0.2A。
 (2) フランジは JIS B-221 5 kg/cm² に準拠している。



第36図 液流開閉器 (形式 FD₅XX₁-OC₁)

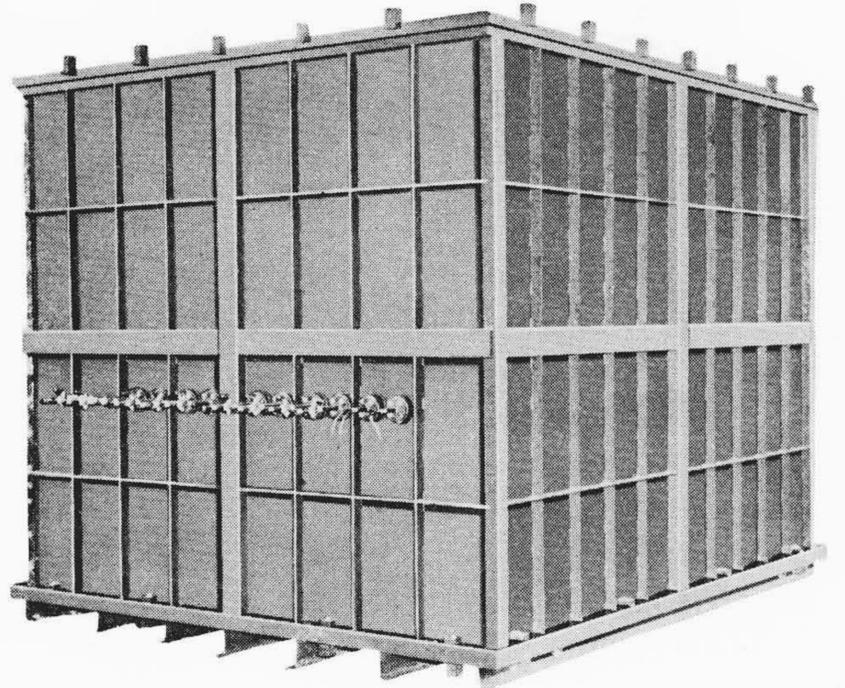


第37図 浮動開閉器 (FSXX₁形)



第38図 遠心力開閉器 (FBXX₁形)

用として、機器内に送り込まれた清浄空気による内圧を検出し、安全な運転を行なう目的に使用される。最低 2 g/cm² の微圧力でも開閉動作をする高感度のものである。接点は単極単投の水



第39図 爆発試験装置外観

銀スイッチを2組備えている。

5.10.4 液流開閉器

油、水などの液体の流量の変化により開閉動作を行なうスイッチで、軸受油の断流、通流の検出あるいは冷却水の断水の検出などに用いられ、各種機械装置を保護する。

5.10.5 浮動開閉器

水、油などの液面位の変化により開閉動作を行なうスイッチで揚水または排水設備におけるポンプ電動機の自動運転、あるいは油槽の自動油面制御などの用途に用いられる。

5.10.6 遠心力開閉器

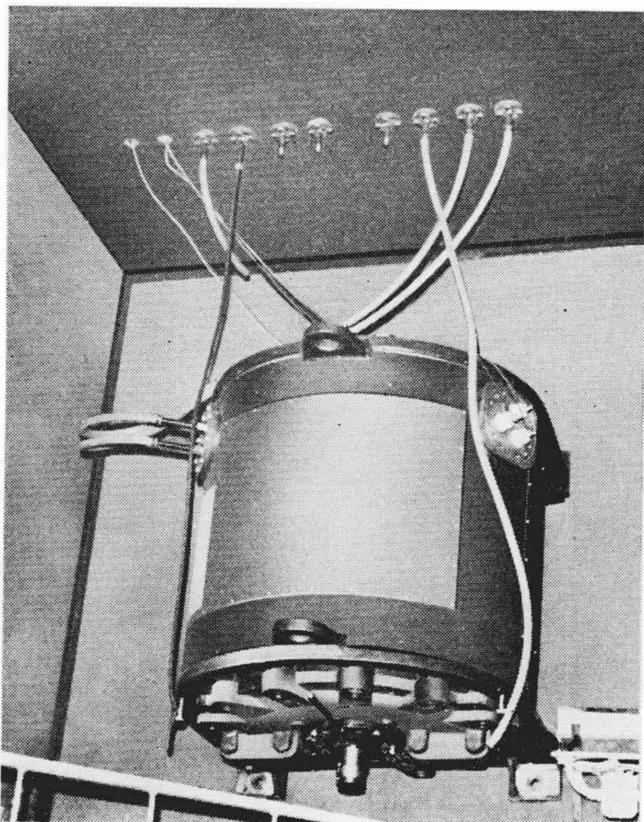
電動機またはそのほかの回転機の過速、同期速度、制動速度などの所定速度を検出するスイッチで、回転機の過速保護または円滑な回転数制御を行なうために使用される。

6. 防爆試験設備

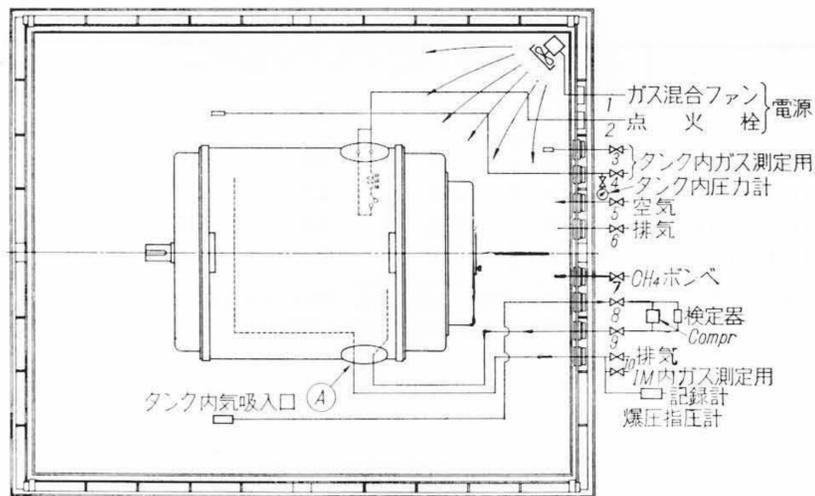
炭坑防爆構造に関する試験規格としては JIS-C-0902 「防爆形電気機器の試験方法」があり、工場防爆構造に関しては現在規格原案が審議中であることは前に述べたとおりである。日立製作所においては、これらの状態を考慮して第39図に示す防爆試験装置を37年に完成し、各種防爆形電動機の爆発試験を実施している。

試験装置の内容積は約 18 m³ あり、数百 kW 電動機の爆発試験ができる。その構造は底板部、壁部、上蓋(うわぶた)部の3部分より成り、各部は水パッキンにより密封接続されている。上蓋はビニール張りとし、万一電動機外部に火炎が逸走して装置内部に爆発が起こっても、このビニールが破れ内部圧力を上げず大事にいたらないよう考慮されている。設置場所は装置内爆発が起きてもよいような所に選定されている。

第40図は爆発試験準備中の装置内部を示す。爆発ガスのそう入、混合の方法は第41図爆発装置系統図のとおりで、スタッド端子を



第40図 爆発試験準備中の耐圧防爆形かご形電動機



第41図 爆発試験装置系統図

動機ならびに防爆形制御器具につき述べたが、防爆機器の選定に際し何らかの参考になれば幸である。

最近石油化学をはじめとし、爆発性ガスを取り扱う産業が急速に発展し、防爆機器の生産台数が急激に増加している。日立製作所では従来の炭坑防爆構造における技術と経験を十分生かし、今後とも製品の向上にあらゆる努力を払い需要家各位のご要望に応じたいと考えている。

使って電動機内部に通電引火せしめる。

試験方法は JIS-C-0902 に準じて行なわれ、各部の安全性が確認されているので、安心して製品を送り出すことができる。

7. 結 言

以上、工場防爆構造の概要と日立製作所で製作している防爆形電

参 考 文 献

- (1) JIS-C-0901 電気機器の防爆構造
- (2) JIS-C-0902 防爆型電気機器の試験方法
- (3) JIS-C-0903 電気機器の一般用防爆構造通則
- (4) 労働省産業安全研究所技術指針 工場電気設備防爆指針 (ガス蒸気防爆-1961)



特 許 の 紹 介



特許第300506号 (特公昭36-18907)

中村孔治

エレクトロルミネセンス発光板の発光体層

従来のエレクトロルミネセンス発光板は、誘電体層内の蛍光体粒子の大きさが5~10 μ の範囲にあり、その粒度が一定でないこと、発光は粒子の一点から発生すること、および蛍光体粒子そのものが不均一に分布していることなどの原因によって一様でソフトトーンな発光面を得ることはできなかった。

この発明はこれを改良するために、図に示すように蛍光体粒子1を埋入した誘電体層2内に、さらに無色透明でかつ上記誘電体と屈折率を異にする物質の微粒子3を均一に分散せしめたものである。例えばポリエステル誘電体に対してチタン酸バリウムの微粉末を分散せしめた場合蛍光体粒子より発生した発光は誘電体層中で屈折、反射などを繰返し、拡散しながら透過するため、従来の発光板に比して著しく均一でかつソフトトーンな発光面を得ることができる。

(市川)

