

# 日立 400 kW 耐圧防爆型誘導電動機

山 本 正 雄\*

## Hitachi 400 kW Explosion-Proof Induction Motor

By Masao Yamamoto  
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

Explosion-proof induction motors had formerly been manufactured up to a rating of only about 200 kW. But recently we have completed a 400 kW Explosion-proof induction motor which will be used for operating a single drum hoisting machine in a shaft of the Shime coal mine of Japan National Railway Corporation.

The motor is of the totally enclosed fan-cooled, self-ventilated type. Being provided with many cooling pipes in its outer frame, its cooling effect is assured to a maximum. The temperature rise proved to be far below the limit set forth in the Standards. Its dimensions and weight were reduced as much as possible so that it might be transported into the shaft through the limited space.

A thorough explosion-proof test was conducted on the motor. For this purpose, a specially large explosion-proof testing apparatus was prepared. Putting this motor in the apparatus and charging a methane gas of such a mixture as to have the largest explosion pressure, ignition of the gas was made by electric arc to test whether the flame ignites the gas surrounding the motor, and this test was repeated 50 times. But throughout the tests there was observed not a sign of ignition, and the inspection after the tests showed that the motor received not a little damage.

### [I] 緒 言

従来炭坑に於ては嚴重な耐爆構造を有する耐圧防爆型誘導電動機は切羽附近にのみ用いられ、坑内に於ても切羽より遠い個所には安全増防爆型程度のものが用いられたため、100 kW 以上の耐圧防爆型は殆ど必要がないとされていた。

最近になつて坑内の保安が益々重要視されるに伴い従来安全増防爆型を用いた個所にも完全な防爆構造を有する電動機を設置する様になり、耐圧防爆型の大型電動機が必要になつて来た。

耐圧防爆型は全閉構造にする必要があり、又外枠も爆圧に耐えられる構造にしなければならないが、全閉構造にし

\* 日立製作所日立工場

たための温度上昇の問題坑内設置のため寸法制限があること、及び外枠の耐爆構造の点より製作至難とされ従来 250kW 程度までしか製作されていなかった。

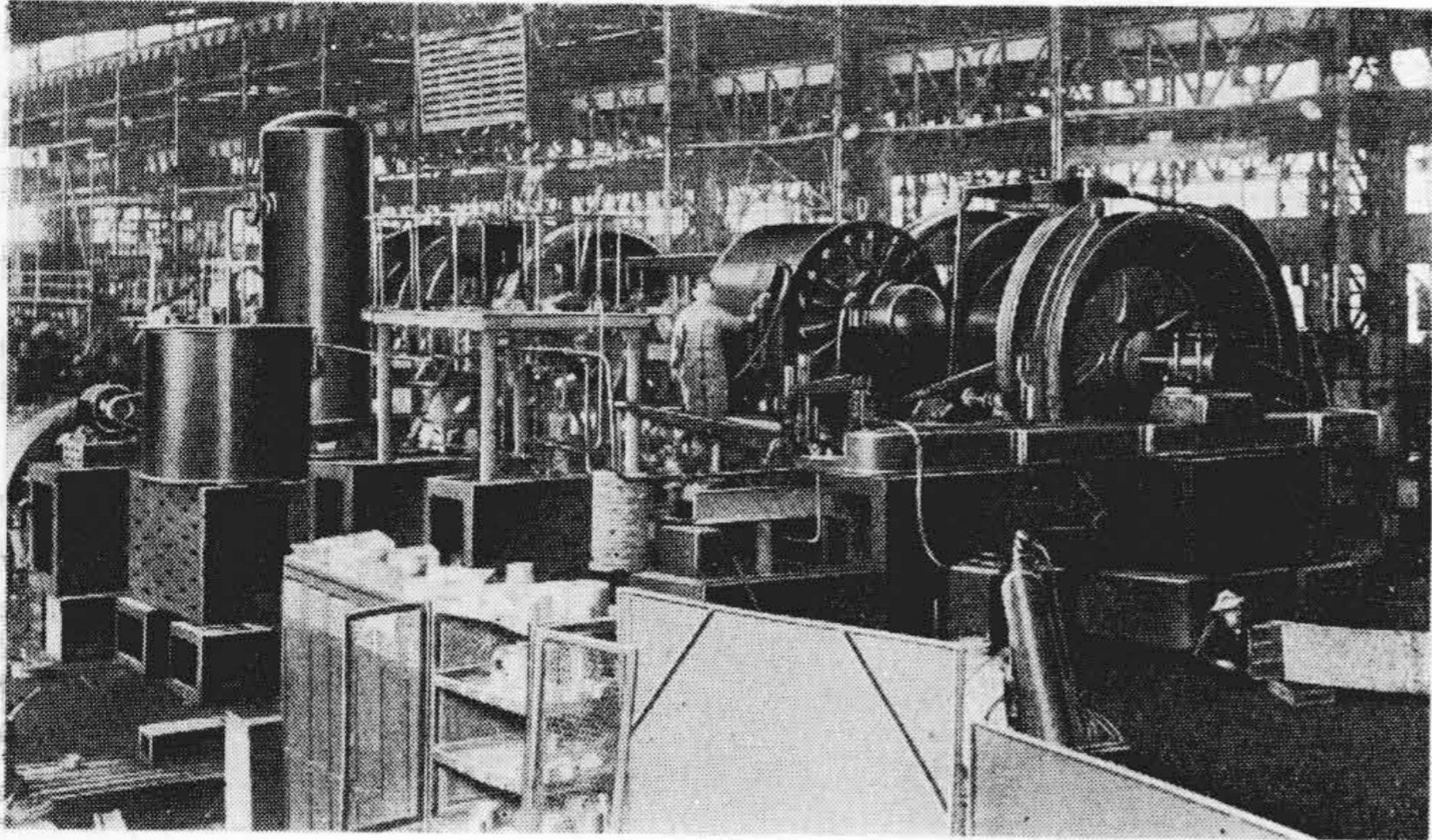
今回国鉄志免鉱業所へ坑内斜坑巻上機用 400kW 耐圧防爆型誘導電動機を納入したのでその概要を述べる。

本機は耐圧防爆型電動機として世界的記録品と云えるものであろう。第1図は 400 kW 斜坑巻上機、第2図は 400 kW 耐圧防爆型誘導電動機の外觀を示す。

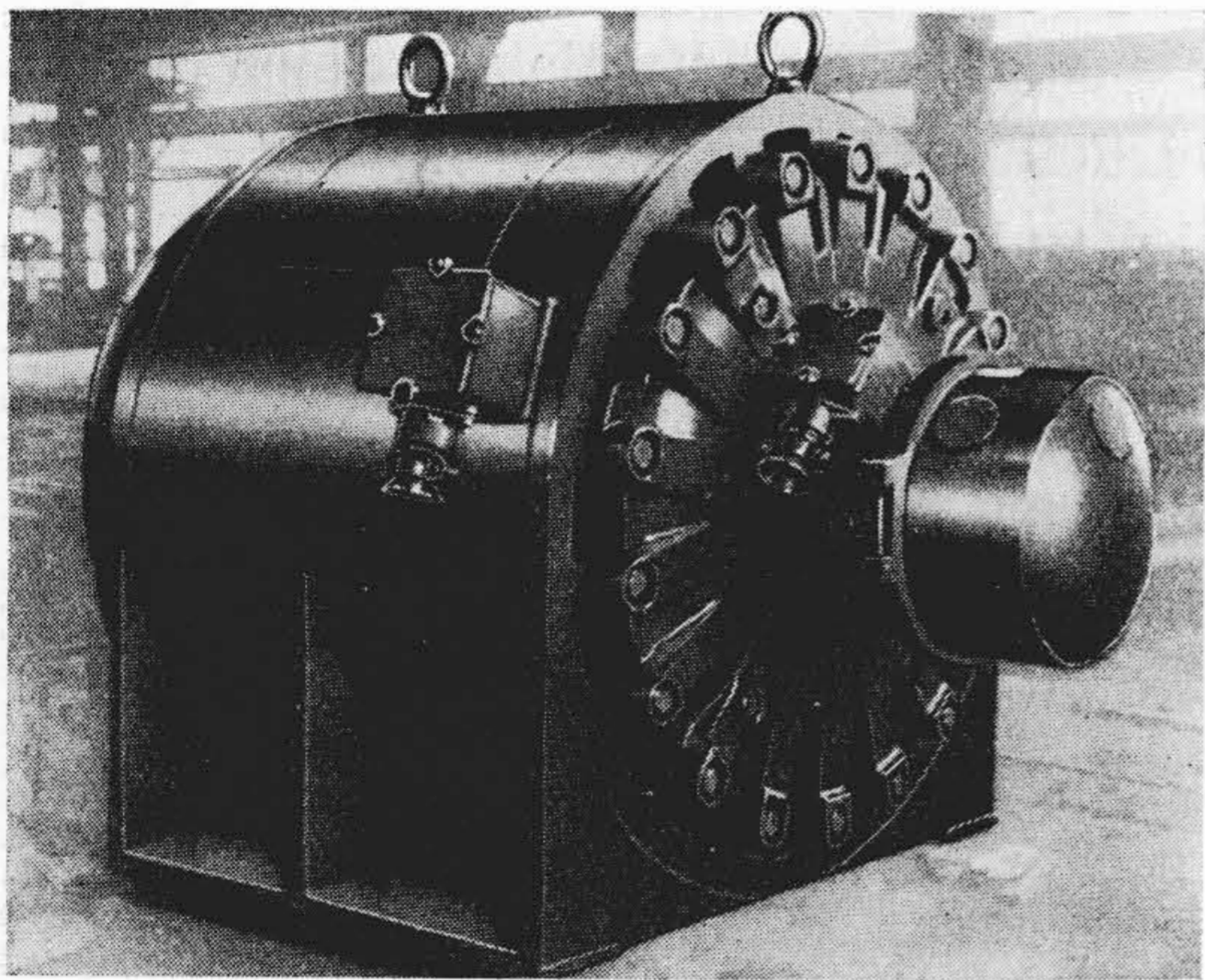
### [II] 仕様性能概要

本機の仕様は次の通りである。

出力	400 kW (550HP)		
電圧	3,300V	周波数	60 $\omega$
極数	12	回転数	600r. p. m.



第 1 図 国鉄志免鉱業所納 400kW 巻上機  
Fig. 1. 400 kW Electric Hoist for Sime Coal Mine of Japan Notional Railways



第 2 図 400 kW 耐圧防爆型誘導電動機  
Fig. 2. 400 kW Explosion-Proof Induction Motor

定格 連続

型式 耐圧防爆型巻線回転子式

(TFOXX-DXX)

本機は堅坑のケージに登載して坑内へ搬入するので、ケージ寸法（高 2,000, 幅 1,450, 長 3,450）に入る様に計画されてある。

### [III] 特 長

(1) 本機は全閉外扇通風方式で、自己通風方式のもので特別に冷却器等を設けず簡単な構造であるので坑内用として適している。

(2) 外枠に冷却パイプを多数設けた効果ある冷却構造を有しているので、温度上昇は規格の温度上昇限度より遙に低いこと。

(3) 坑内への運搬の時の狭い輸送制限に納めるため各部寸法重量は極力切詰めてあること。

(4) 日本工業規格 JIS-C-901「電気機器の防爆構造」に規定されている事項を完全に適用してあること。

(5) 本機用として特に超大型爆発試験装置を製作しこれで爆発試験を 50 回行い、火焰逸走せざるは勿論その後各部点検を行つたが微動だにしてなかつたこと。

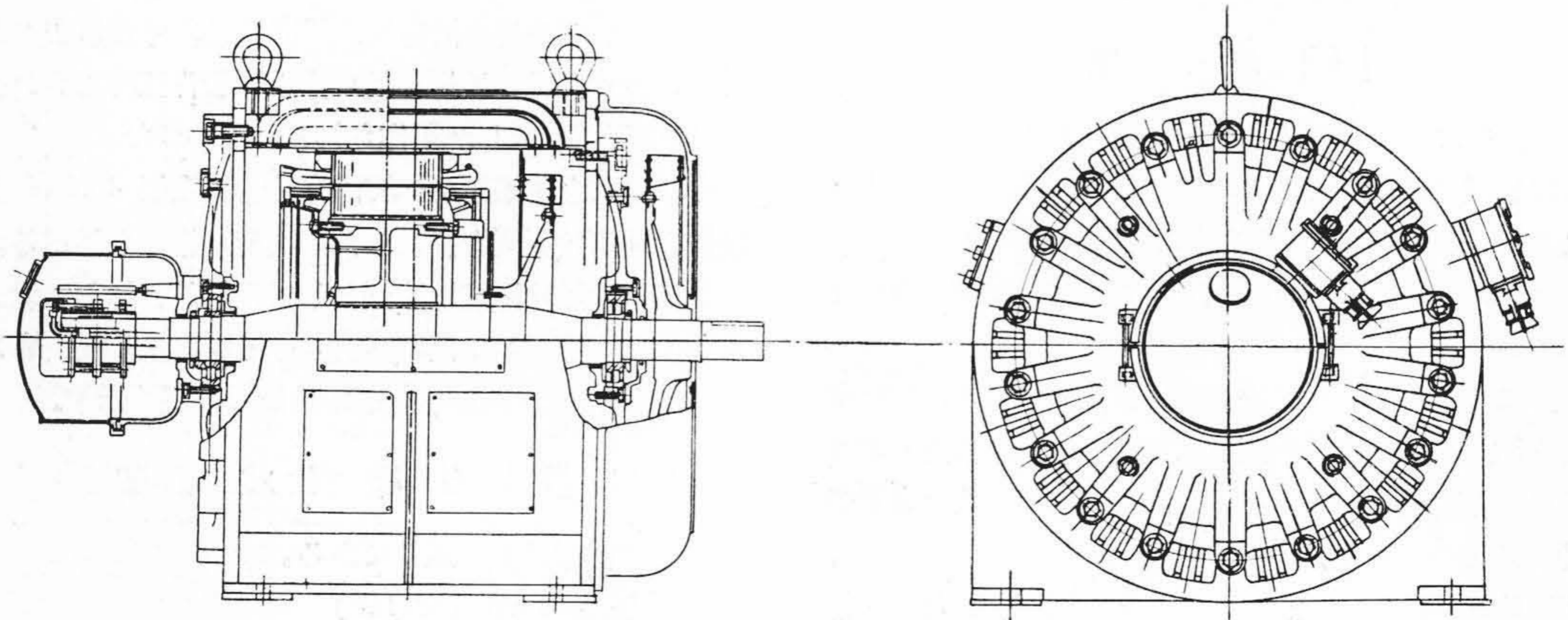
(6) 坑内の狭い場所で容易に分解組立が出来る様に考慮されてあること。

(7) 軸受はローラーベアリングを用い、軸の貫通部の間隙を常に規定値に保たしてあること。

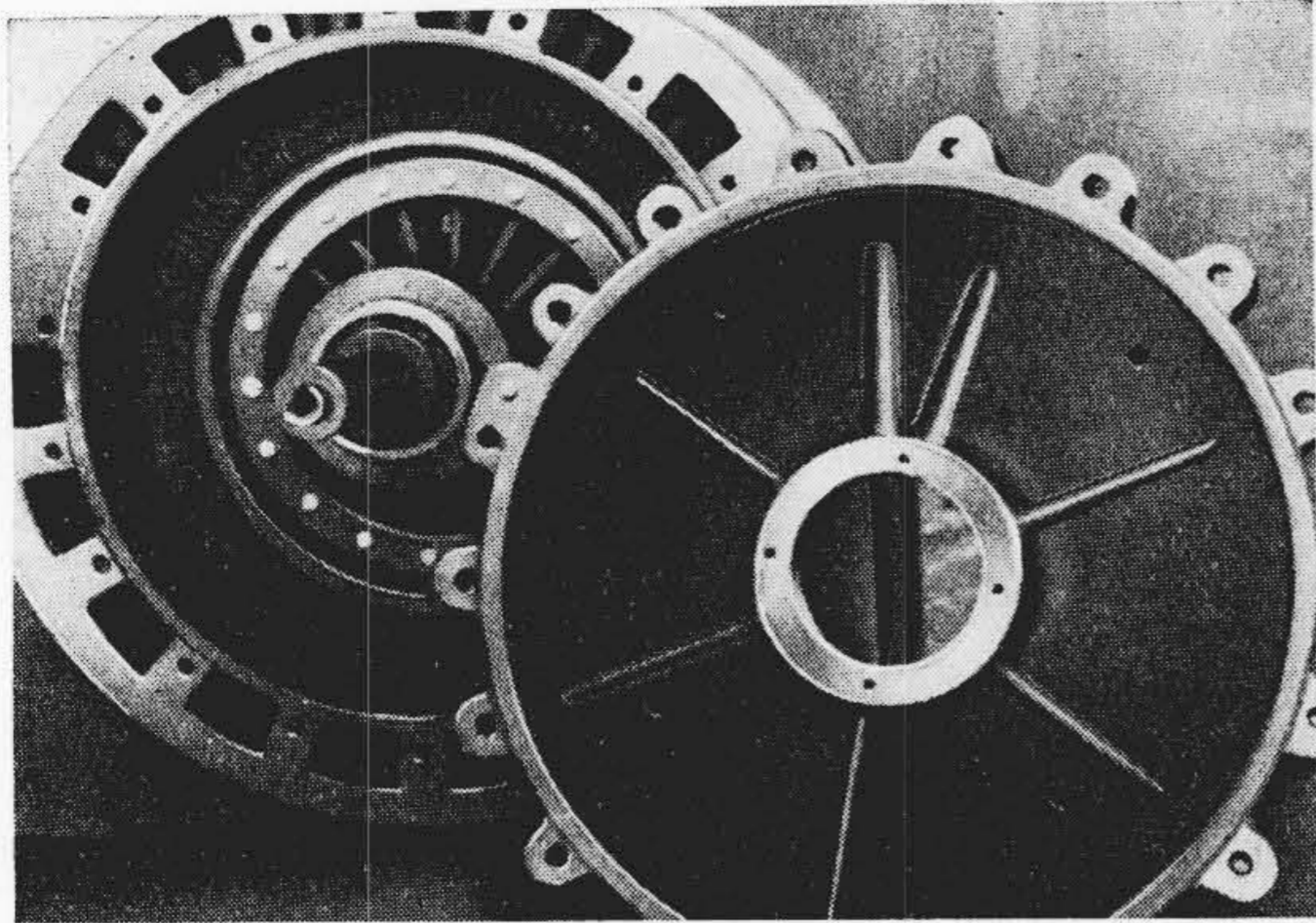
### [IV] 構 造

(1) 内容積は約 13,000 cm<sup>3</sup> あり、各部は 8kg/cm<sup>2</sup> の圧力に充分耐えられる構造になつている。

(2) 通風方式は日立標準全閉外扇型と同一方式で、



第 3 図 耐圧防爆型誘導電機構造図  
Fig. 3. Construction of Explosion-Proof Induction Motor



第 4 図 400 kW 耐圧防爆型電動機分解状況  
Fig. 4. Decomposed 400 kW Explosion Proof Induction Motor

固定子枠の外側円筒と内側円筒の間に多数の冷却管を設け、この冷却管の内部に内部ファンにより内部冷却風を通し、冷却管の外側を外側ファンにより外気冷却風を通して冷却する方式である。

(3) 集電環は軸受の外部に設け、本体と別の耐圧防爆構造の集電環カバーの中にある。

(4) 回転部分を一切分解することなく、固定子と回転子の分解組立が出来る様な構造となつている。

### [V] 分解方法

本機は坑内に運搬する際、最小限に分解して堅坑のケージの制限寸法に入る様にしてある。

分解順序は次の如く行う。この方法では回転部分は全然分解せずに行うことが出来る。

(1) 集電環カバーを取除く。これと同時に刷子保持装置も集電環カバーに取付けたまま取除く。これ等は集電環を軸に残したまま取除くことが出来る。

(2) 集電環側の外部軸受蓋を二つ割にして取除く。

(3) 集電環側エンドブラケットを固定子枠より外し、内部軸受蓋をブラケットより取外し、ローラー軸受、内部軸受蓋に軸を残したままブラケットを取除く。

この場合ブラケットの内径は集電環外径より大きいので集電環を軸に残したままブラケットを取除くことが出来る。

(4) 負荷側通風用カバーに取付けてある保護金網を二つ割りにして取除く。

(5) 通風用カバーを固定子枠より取外す。この場合カップリング、外部ファンは軸に残したまま取外すことが出来る。

(6) 負荷側ブラケットを固定子枠より外せば、回転子はカップリング、外部ファン、負荷側ブラケットを付けたまま負荷側に固定子より抜くことが出来る。

(7) 以上分解した結果、次の部分となり全部制限寸法内に充分入るものである。

- 固定子
- 回転子
- 集電環側ブラケット
- 集電環カバー
- 外部軸受蓋

### [VI] 爆発試験装置

本機を入れて爆発試験をなすには超大型爆発試験装置を要した。

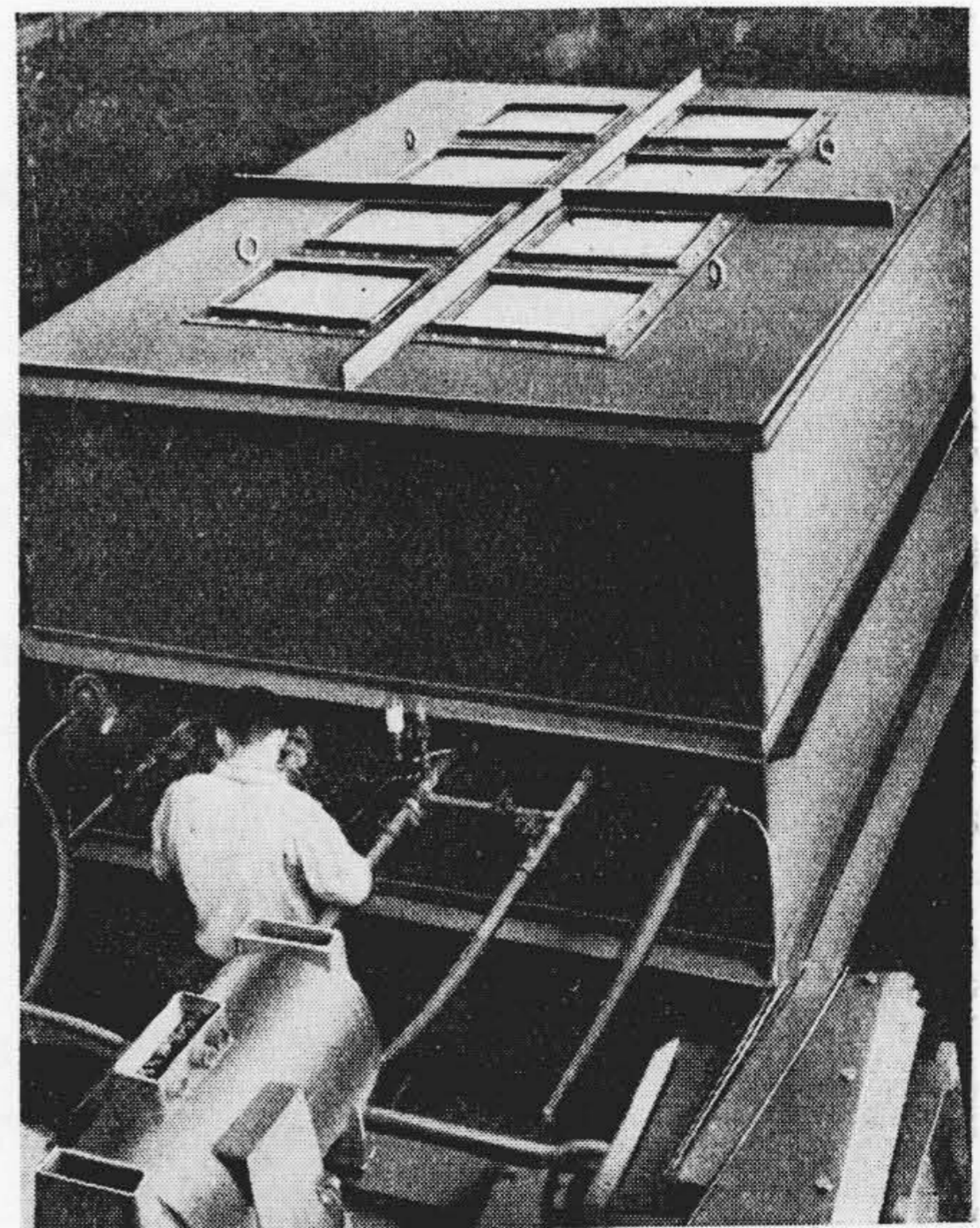
爆発試験装置は  $2,075 \times 2,330 \times 3,100$  の角形の鋼板製のものをを用いた。

電動機の爆発試験は電動機の内部と外部を爆発圧力が最も高く発生する濃度のメタンガス中に保ち、電動機の内部で電気点火によりメタンガスを爆発させ電動機がその爆発圧力に耐えるか否かを調べ、又電動機外部のメタンガスに火焰逸走するか否かを検べるのである。

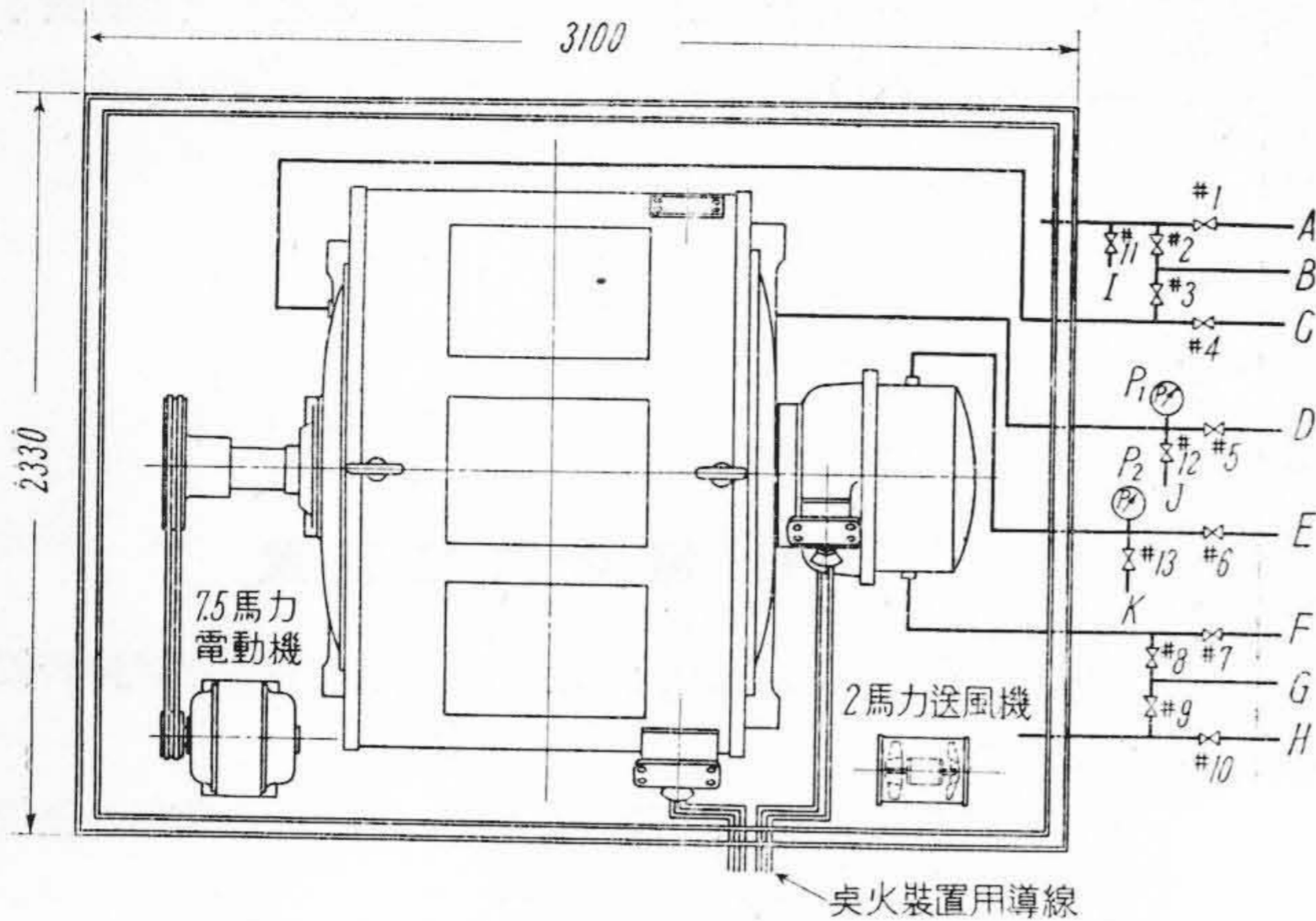
この場合の濃度は約 10% である。その上各部を一樣の濃度にする必要がある。このため外部のガスを攪拌するには電動送風機を用い、内部のガスを攪拌するには電動機回転子をベルトにて回転させて行うことにした。

本機は電動機本体と集電環とは別の筐体となつているので電動機本体と集電環とは別々に爆発試験出来る様にした。

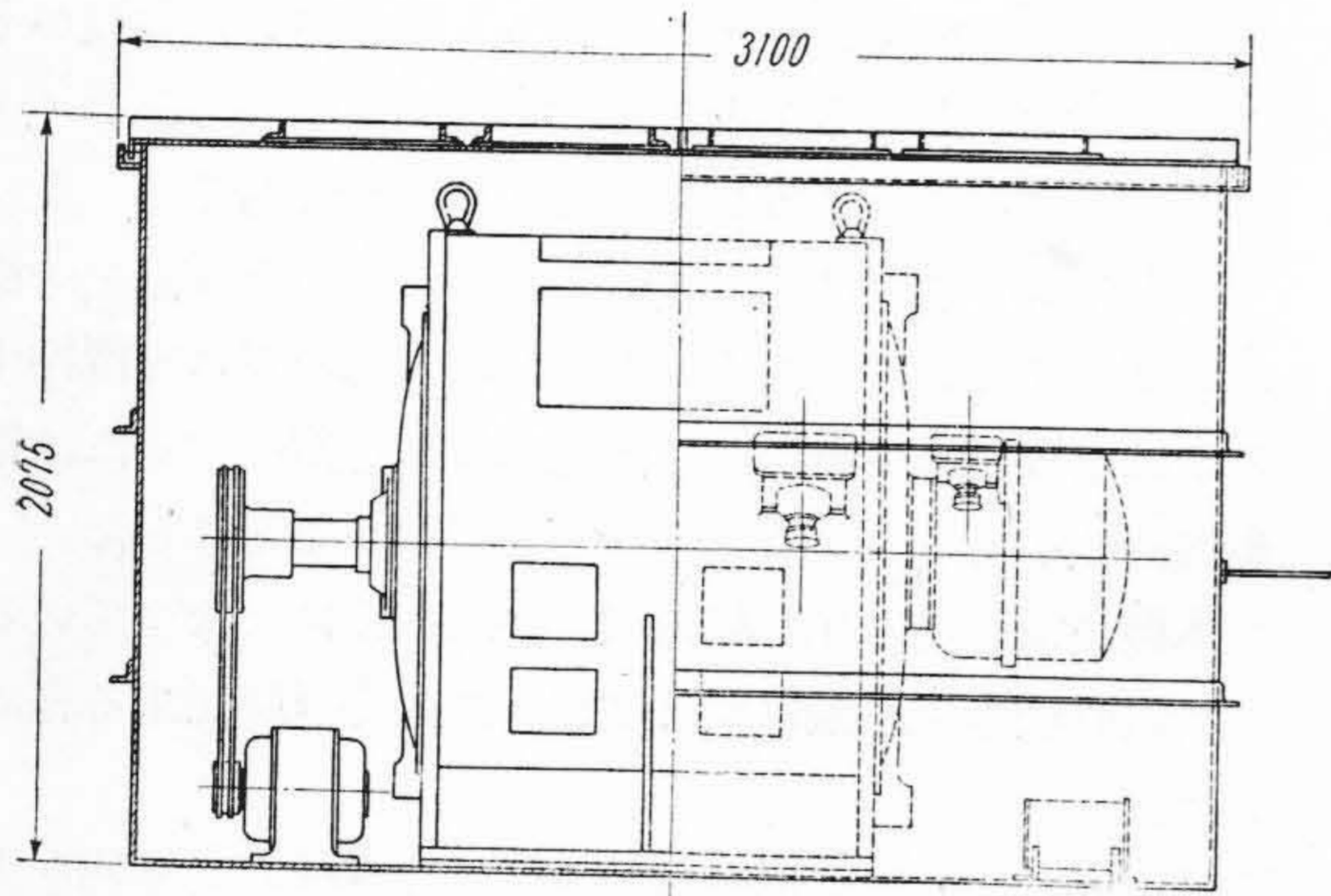
電動機は 50 回も爆発試験させると巻線の絶縁物を害するので巻線を入れないで鉄心溝には木製のスペーサーを入れて試験した。



第 5 図 爆発試験装置外観  
Fig. 5. Explosion Test Apparatus



第 6 図 爆 発 試 験 装 置 平 面 図  
 Fig. 6. Plan of Explosion Test Apparatus



第 7 図 爆 発 試 験 装 置 側 面 図  
 Fig. 7. Elevation of Explosion Test Apparatus

第 5 図は爆発試験装置の外観で第 6 図、第 7 図は内部配置を示す。

内部へのガスの吸気栓と排気栓はブラケットの空隙測定孔のプラグを利用した。

点火装置は電磁開閉器を用い接点に適当なリアクタンスを入れ常時電流を流しておき、電磁コイルにて接点を切ることにより火花を発生せしめた。この口出導線は電動機の端子箱を利用して接続した。

メタンガスの濃度測定はガスを充分攪拌した後ガスの導入管の出口でガス検定器により測定した。爆発圧力は指示圧力計と記録圧力計で測定し之は充分更正されたものを用いた。

試験装置は前述の如く角形の鋼板製のものを用い筐体と蓋よりなり、筐体の上部に蓋をのせたまま締付は行わず筐体と蓋の間に水パッキングを設けて完全な気密構造にし爆発に対しては水を吹きとばす様にして筐体には圧力がかからぬ様にした。

尙万一電動機外部のガスが点火され筐体に圧力がかか

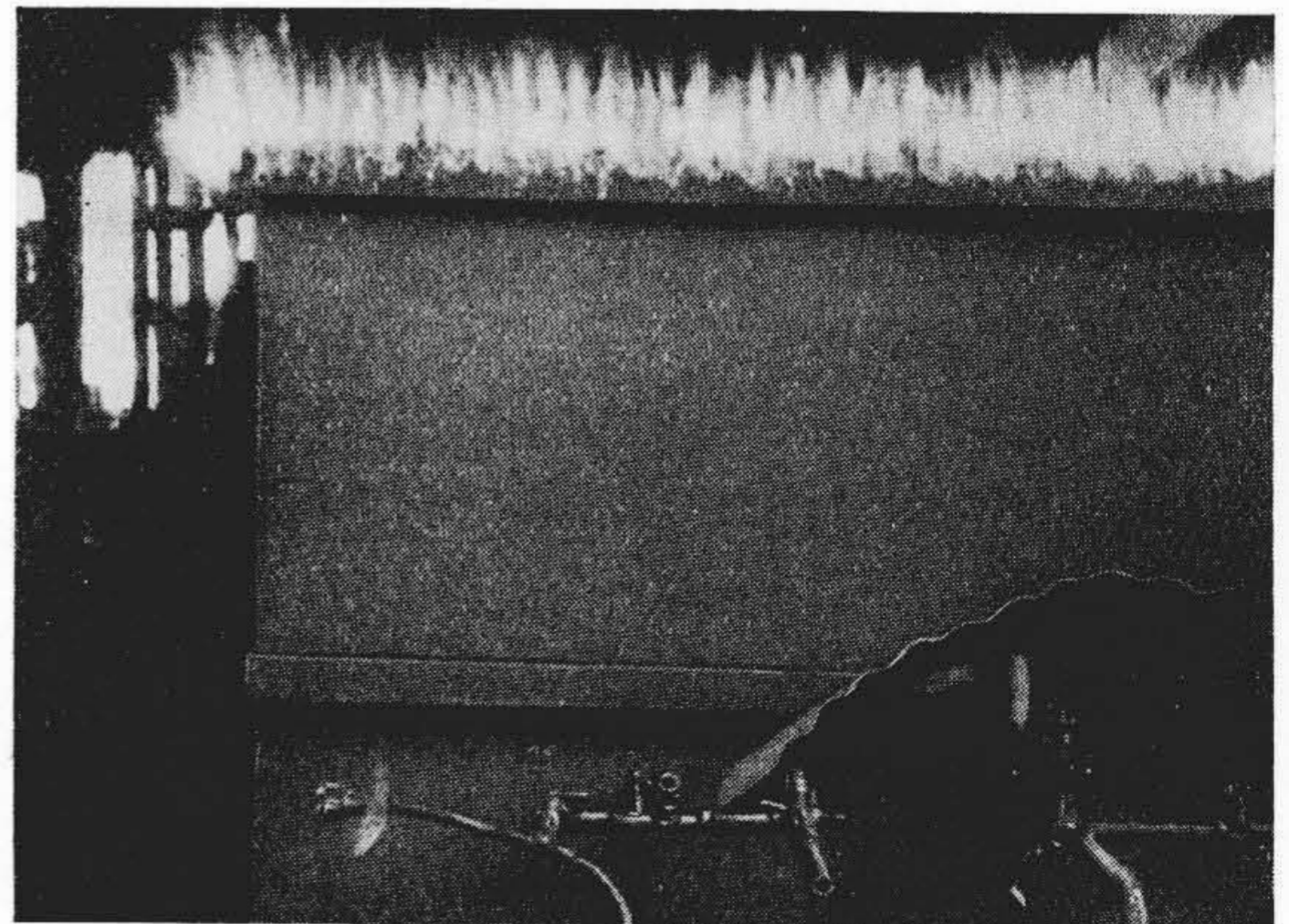
る場合を考慮し、蓋には面積の大きい孔を設け、その孔をワニスクロスにて覆つて気密にした構造にし、筐体に圧力がかかった場合にクロスを破らせる様にした。

実際爆発試験の際電動機内部ガスのみ爆発した場合は水パッキングの水が約 200 mm 高く吹きとぶだけで、蓋は殆ど動かなかつた。第 8 図はその状況を示す。

試験的に外部ガスを爆発させた場合は、蓋が多少持ち上つてワニスクロスが一部破れる程度であつた。

ガスを機内機外に押入れ、内部を充分攪拌しガスの濃度を一樣に保つことが最も重要なことであるが、この試験装置はこれを行うに便のため電動機本体内部と機外を直列に導通させたり、集電環内と機械を直列にしたり又は本体内部と集電環内と機外とを直列にしたりしてガスを送ることが出来る様にした。

ガスポンプより機内機外へガスを押込むには小型真空ポンプを利用して行つた。



第 8 図 爆 発 試 験 状 況  
 Fig. 8. Explosion Test Scene

[VII] 爆 発 試 験 結 果

爆発試験は 50 回行い大体 1 回 30 分乃至 50 分程度で完了した。1 回爆発試験を行う毎に機内機外のガスを掃除し改めて新しいガスを送りガス濃度が所定値になる様調整して行つた。この結果は次の通りである。

集電環も同様に 50 回行つた。これは容積も小さいので内部ガスを爆発させても外部ガスの濃度は殆ど変化なく 1 回 5 乃至 10 分程度で完了出来た。この試験結果は省略する。

爆発試験後電動機を装置より取出し各部締付ボルトの弛み等を調べ、分解して各部の変形を調べたが全然異常

回数	室温 (°C)	気圧 (mm)	湿度 (%)	ガス濃度(%)		爆 圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	外部ガ ス点 火の 有無
				機 外	機 内		
1	21	760	55	10.2	9.2	6	無
2	19	762	53	10.5	10.0	5.8	//
3	//	//	//	8.9	9.5	5.5	//
4	18	//	//	9.8	10.0	6.0	//
5	//	//	//	9.0	10.0	5.5	//
6	//	//	//	10.1	10.3	6.0	//
7	//	//	//	9.3	9.8	4.5	//
8	//	761	60	9.8	10.5	4.5	//
9	21	758	65	9.7	9.7	4.0	//
10	//	//	//	9.5	9.3	4.5	//
11	19	760	68	9.1	9.1	4.0	//
12	17	758	66	10.5	10.5	5.0	//
13	//	//	//	10.1	9.9	5.2	//
14	//	//	//	10.5	10.3	4.6	//
15	//	//	//	10.1	9.7	4.5	//
16	//	//	//	10.5	10.6	4.7	//
17	//	//	//	10.7	10.7	5.0	//
18	//	//	//	10.0	10.4	5.6	//
19	16	//	68	10.7	10.6	6.8	//
20	//	//	//	10.3	10.0	7.0	//
21	//	760	62	10.5	10.5	7.5	//
22	//	//	//	10.0	10.3	4.5	//
23	//	//	//	10.7	10.4	7.0	//
24	17	//	//	10.1	10.3	6.5	//
25	//	//	//	10.2	10.4	//	//
26	//	//	//	9.9	10.3	//	//
27	//	//	//	10.0	10.1	7.0	//
28	//	//	//	10.1	10.1	6.0	//
29	//	761	60	9.7	10.0	6.3	//
30	//	//	//	9.5	9.4	6.0	//
31	19	762	54	10.6	10.1	7.7	//
32	21	//	//	9.9	9.9	5.8	//
33	22	//	//	9.8	9.9	6.0	//
34	//	//	//	10.1	10.3	7.0	//
35	23	//	//	10.2	10.3	7.6	//
36	19	//	50	10.0	10.0	7.3	//
37	20	//	//	10.1	10.2	6.2	//
38	21	//	//	9.8	9.8	7.6	//
39	22	//	//	9.4	9.5	//	//
40	//	//	//	10.2	9.6	//	//
41	24	//	//	9.7	9.7	//	//
42	23	//	//	9.9	9.7	7.5	//
43	//	760	53	9.7	9.7	//	//
44	22	//	//	9.7	9.7	7.6	//
45	21	//	//	10.2	9.6	5.0	//
46	20	//	50	9.8	10.2	7.5	//
47	//	//	//	10.0	9.7	6.7	//
48	//	//	//	10.3	10.0	7.5	//
49	19	//	//	10.1	10.0	6.5	//
50	//	//	//	10.4	10.4	7.3	//

はなく微動だにしていなかつた。只変つた点は巻線の代りに入れた木製スペーサーの表面が黒くこげていたこれは数回の爆発試験ではこげることがないが、50回も行つたためであつて爆発の烈しさを物語つていた。

[VIII] 性能試験結果

本機の性能試験結果は次の通りで、極めて優秀な成績で立会試験を行つた。

無負荷電流 23.8 A (28.3%)  
 短絡電流 393 A (470%)  
 最大回転力 255%  
 効 率 94.1%  
 力 率 88.3%  
 滑 り 1.1%

温度上昇試験の結果は次の通りで、保証値に対し余裕のあるものであつた。

運 転 状 況	温 度 上 昇
電 圧 3,300 V	固定子枠 18°C
電 流 84 A	固定子鉄心 45°C
周波数 60~	固定子巻線 43°C(抵抗法)
回転数 593r. p. m.	回転子鉄心 38°C
周囲温度 13°C	回転子巻線 55°C(抵抗法)
時間 6 時間	集電環 35°C 軸受 21°C

[IX] 結 言

以上世界的記録品 400kW 耐圧防爆誘導電動機の概要を述べたが、本機の完成に当つては永年防爆機構に関する基礎研究結果を取入れ、又全閉外扇型として冷却方法の他の追従を許さない方式を採用したものであり、爆発試験装置も他所で見られない超大型のものが製作されて完全な爆発試験が行われ、又性能試験の結果も極めて優秀なものであつた。

今後炭坑の保安の嚴重化に伴い、大容量耐圧防爆型の採用はどしどし行われるものと考えるが、本機はその記録的のものである。又本機の設計製作の経験によりこれ以上の大容量のものを製作可能の目安が十分ついたと考える。

最後に本機製作に種々教示せられた国鉄燃料課倉田氏及び爆発試験を指導せられた工業技術庁鋳業試験所九州支所渡辺氏、又本機試験を担当されて山手検査課の諸氏に対して厚く感謝する次第である。

参 考 文 献

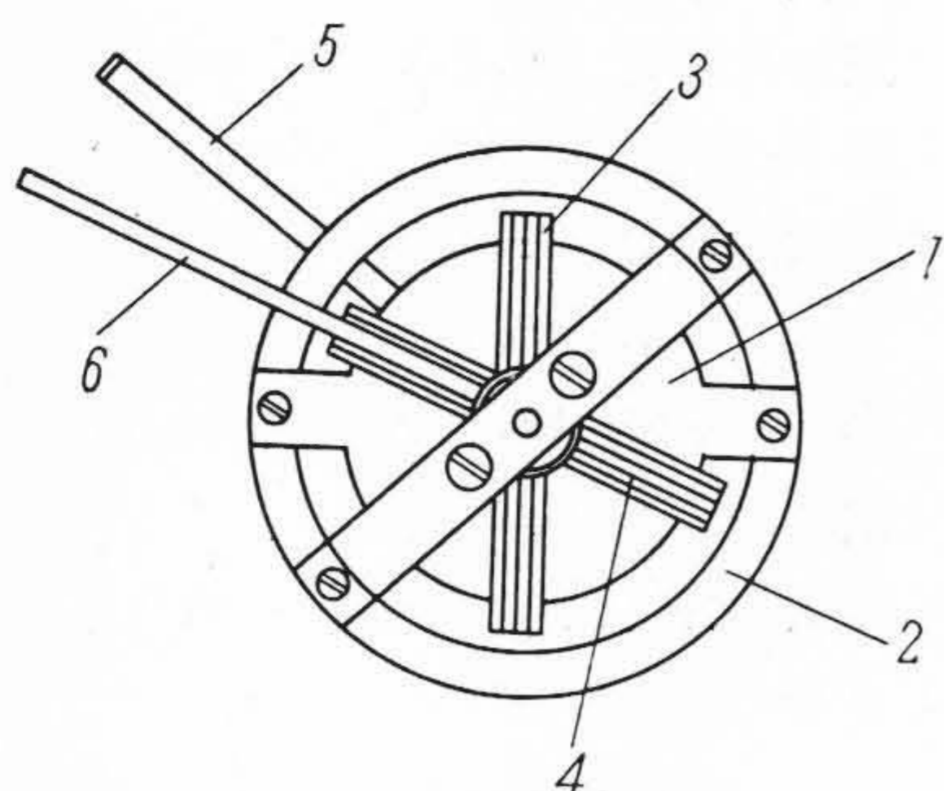
(1) 山本：日立評論 32 卷 825 (昭25年)

特 許 第 192184 号

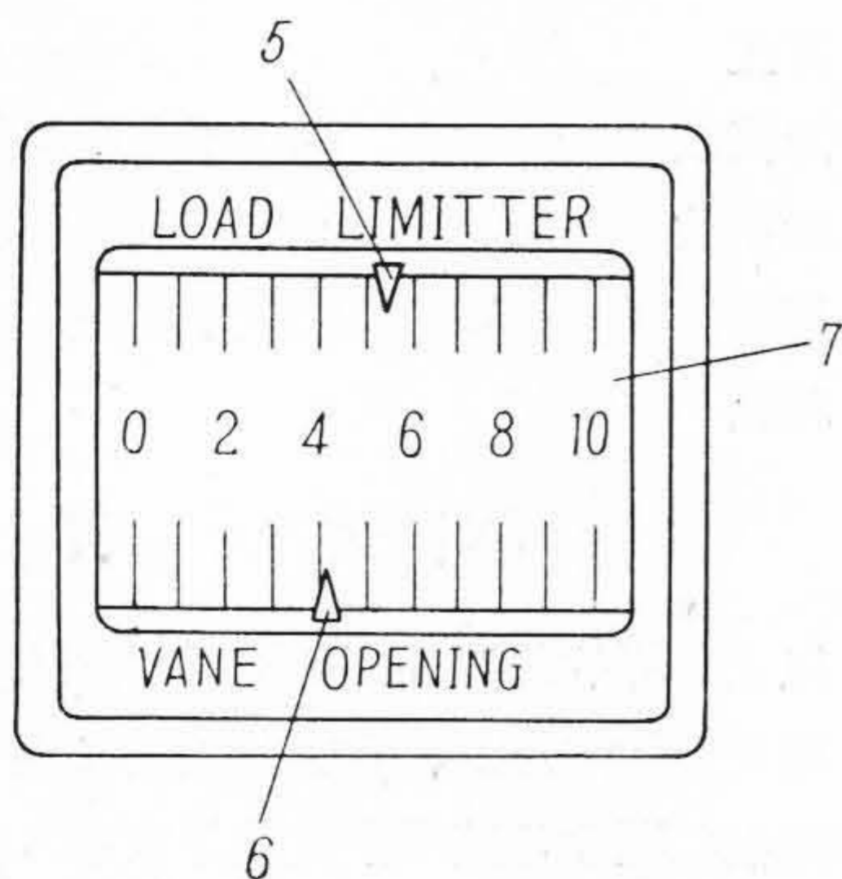
瀧 貞 夫

指 示 計 器

平 面 図



目 盛 正 面 図

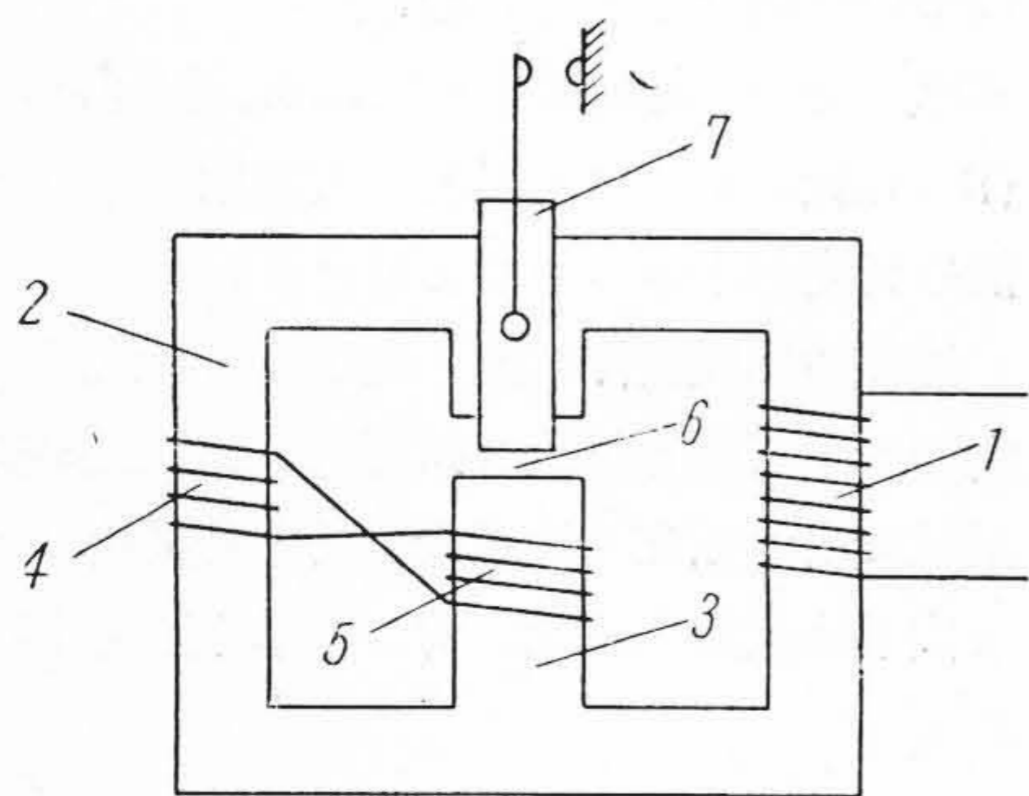


この発明は、円環状永久磁石1と円筒状ヨーク2との構成する、一つの磁界内に、それぞれ独立した2個の可動線輪3及び4を同心的に配置し、これら可動線輪にはそれぞれ指針5及び6を備えしめこれら指針をして、一個の目盛板7上の目盛を指示せしめるようになしたものであつて、例えば水力発電所のロードリミッターの位置と、導水弁開度等の如き二つの関連する量を同時に同一目盛板に指示せしめることができ、測定及び監視上極めて便利なものである。(田 中)

登 録 新 案 第 383023 号

猿 渡 房 吉 ・ 黒 澤 正 次

継 電 器



この新案は、誘導環型高速度継電器を改良したものであつて、附勢線輪1の他に鉄心外脚2と分岐脚3とに、それぞれ線輪4及び5を巻き且つこれらを和動的に接続したものである。従つて外脚2を通る磁束は、線輪4によつて制限せられて空隙磁界6を強化すると同時に、線輪4に発生した電流は分岐脚3を励磁することになり、これ又空隙磁界6を強化し兩者相俟つて、誘導環7の回転力を強大ならしめ、高速度に作動するものである。(田 中)