

新 型 遮 蔽 變 壓 器

首 藤 清* 木 澤 修**

A New Type Shielded Transformer

By Kiyoshi Shudo and Osamu Kizawa
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

A 33,000 kVA transformer of up to date design for the Higashiniigata Sub-Station of Nihonhassoden K.K. was manufactured by Hitachi, Ltd. recently. In this paper several distinctive features of the 33,000 kVA transformer are described. Both high and medium voltage windings are shielded, and the voltage gradient along the windings against an impulse voltage is reduced to one half in the former and one seventh in the latter as compared with non-shielded windings, and the reliability of insulation is much raised. The shielding of the medium voltage winding which we have heard no example with core type transformer, is made feasible by a special design. As the cooling system a forced-oil, forced-air cooler of compact type is provided.

For the purpose of preventing the deterioration of transformer oil, deoxydizer is sealed in the nitrogen filled oil conservator, which absorbs the oxygen separated from the oil automatically.

[I] 緒 言

變壓器に衝撃電圧が印加された場合、印加端に近い層間に異常に大きな電位傾度を生ずる事實は古くから確認され、この対策としてエンドコイルの絶縁を強化する方式がとられて居たが、1915年 K. W. Wagner が理論的にこの現象を解明⁽¹⁾して以來、多くの人達により研究され、その後、衝撃電圧発生装置、測定装置等の發達により、衝撃電圧に對する變壓器の特性研究は長足の進歩を遂げ、遮蔽變壓器⁽²⁾⁽³⁾が考案されるに至つた。理論的に遮蔽變壓器は衝撃電圧に對し良好な特性を示すことは明かであるが、實用上は種々の問題があり、經濟的效果的な實施はなかなか困難なことが多い。日立製作所に於ては多年の研究の結果、經濟的に實質的效果のある遮蔽方式を考案し、最近日本發送電株式會社東新潟變電所に納入した 33,000 kVA 三相變壓器に實施して好成績を納め、衝撃電圧試験に異常なく合格した。この變壓器は遮蔽のほか冷却装置、油劣化防止装置についても最新の設

* ** 日立製作所日立工場

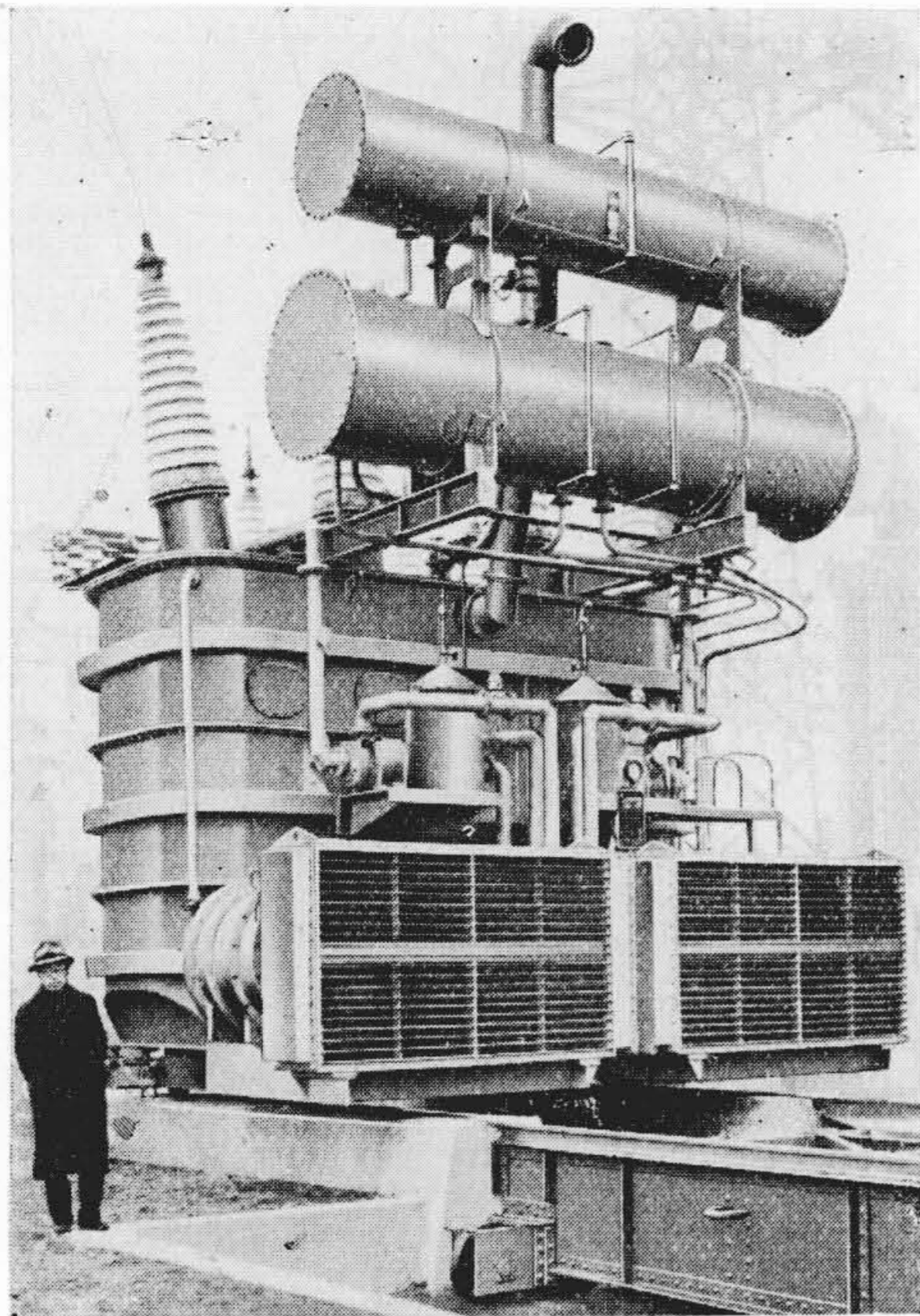
計を行つてあるので、以下これ等について説明したいと思う。この變壓器の仕様は下記の通りである。

一次	F 147—F 140—R 133 kV	30,000 kVA	人
二次	66 kV	33,000 kVA	人
三次	10.5 kV	15,000 kVA	△
三相	50 ^{Hz} 送油風冷式		
總重量	101,000 kg	油量	33,500 l
床面積	4.7 m × 5.8 m		
效率	147 kV/66 kV 30,000 kVA 基準で 99.10%		

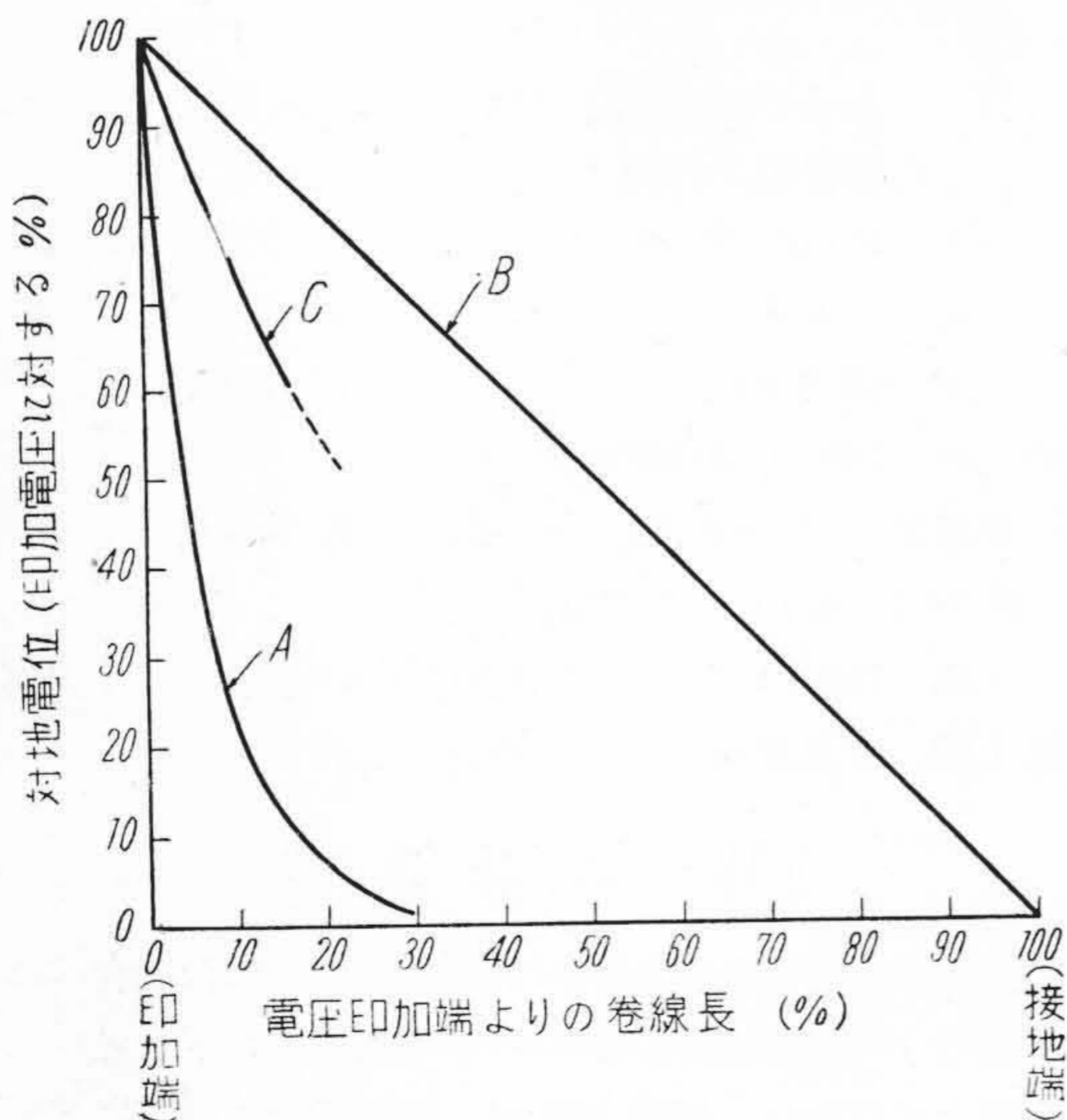
第1圖(次頁参照)はその外觀の寫眞である。

[II] 遮 蔽 方 式

變壓器に外雷等に依り衝撃電圧が印加された場合には第2圖の A (次頁参照) 曲線に示す様にエンドコイルに電位集中が見られ、電圧印加端の巻回間及び層間に異常に大きな電位差を生じて絶縁破壊を生ずる原因となる。之を緩和する方法として遮蔽方式が考案されたのは凡そ30年前である。理論的には中性點直接接地系統に使用される變壓器に於ては、適當な靜電容量を添加すれば、



第1圖 33,000 kVA 變壓器 147/66/10.5 kV
 30,000/33,000/15,000 kVA 三相送油風冷式
 Fig. 1 33,000 kVA Transformer
 147/66/10.5 kV 30,000/33,000/15,000 kVA
 Three Phase Forced Oil, Forced-Air-Cooled.

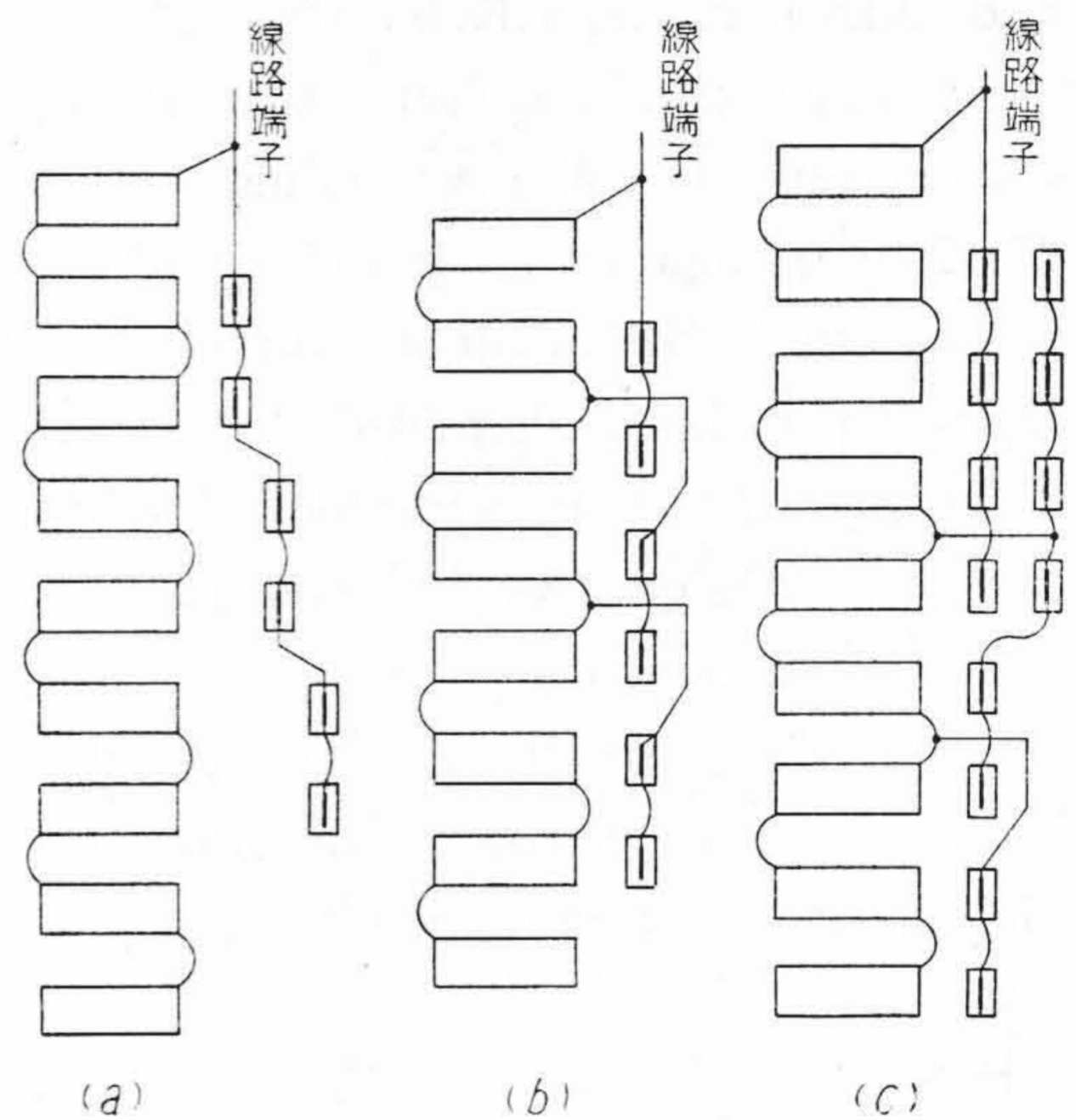


第2圖 變壓器巻線の初期電位分布
 Fig. 2 Initial Voltage Distribution of Transformer Oil.

第2圖のBの如く巻線全長に亘り電位傾度を理想的な

均等分布となし得るのであるが、實際問題としては、添加すべき静電容量が大となり、經濟的に實現困難である。尙又中性點直接接地方式が殆ど採用されて居ない我國に於ては、理論的にも完全遮蔽は實現不可能である。併し甚しい電位集中は線路端に極く近い部分に限られるので、第2圖のCの如く、この部分の電位集中を緩和すれば、十分目的を達し得る。この程度にも經濟的に限度があり、同一信頼度の變壓器で遮蔽を施したものと然らざるものとの優劣は、専ら經濟的見地から比較されるべきものであつて、遮蔽は經濟的に且つ效果的に施さねば意味がない。

遮蔽の方法として從來一般に行われて居るのは第3圖の方法であつて、何れもコイルの外側に絶縁電線を巻い

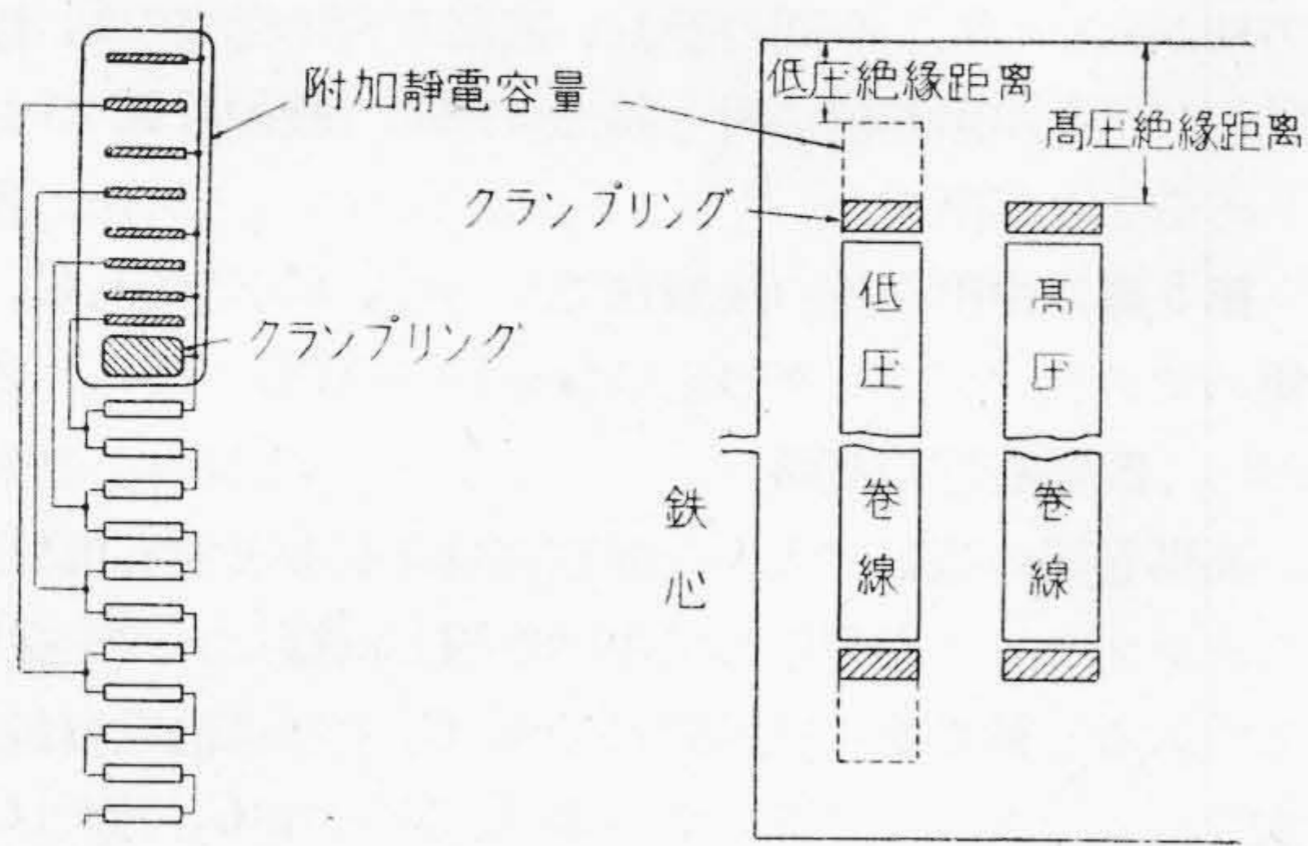


第3圖 遮蔽の方法
 Fig. 3 Methods of Shield.

て、之とコイルとの間の静電容量を利用するものである。併し 33,000 kVA 變壓器では從來の觀念を脱却して新しい遮蔽方式を實施した。

(1) 中壓巻線の遮蔽

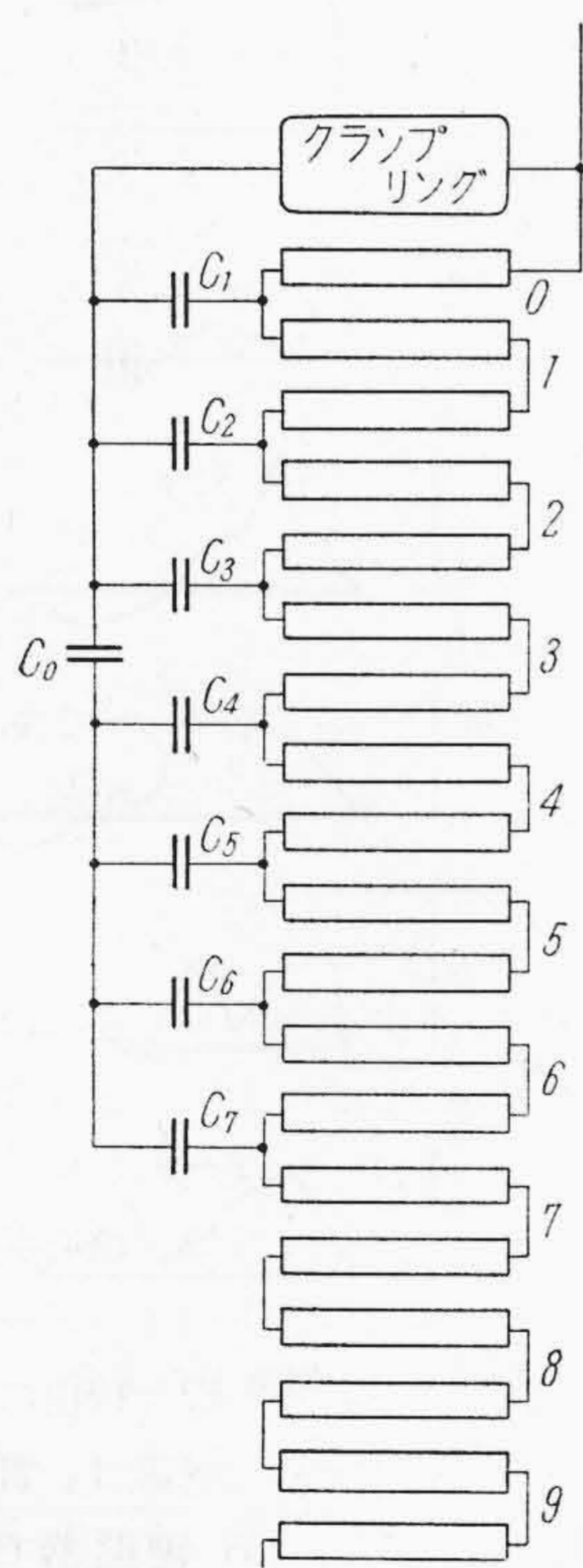
從來の一般の方法で中壓巻線に遮蔽を施そうとすれば附加静電容量を、外側の高壓巻線との間におくこととなり、それだけ、中、高壓間の間隙を擴げねばならない。此のために高壓巻線の直徑が大きくなり、電線、鐵心共に余分の資材を必要とし、損失も増加し、且つインピーダンスが過大となり、性能が低下する。此の様な理由により、内鐵型變壓器の、中壓又は低壓巻線の遮蔽は、實施された例を聞かない。今度の 33,000 kVA 變壓器では第4圖に示す通り巻線上下のクランプリングと鐵心との間を利用して静電容量を附加した。(特許出願中) (b)に示す通り中壓又は低壓巻線のクランプリングと鐵心と



第4圖 新しい 遮 蔽 法
Fig. 4 New Method of Shield.

の距離は高圧側の絶縁距離と等しくとつてあるから、不要な空間を遮蔽のために有効に利用した事になつて、鐵心、タンク等を大きくしなくとも十分効果的に遮蔽を行う事が出来る。

この方式ではクランプリングとの間の大きな對向面積を利用するので、コイルの外側に附加する従來の方法の數倍以上の静電容量を容易に利用し得るので、後述するような有効な遮蔽効果をあげる事が出来る。又コイルと



第5圖 中 壓 巻 線 結 線 圖
Fig. 5 Connection Diagram of 66 kV Winding.

別個に置かれて居るので絶縁上も甚だ安全であるばかりでなく、従來の方式の様にコイル間の油の流通を阻害するおそれもない。

中壓巻線又は低壓巻線（即ち内側巻線）は高壓巻線（外側巻線）に比べエンドコイルの電位集中が甚だしい。衝撃電壓が印加された時の最大電位傾度を表わすものとして、一般に α という値が使われて居る。即ち

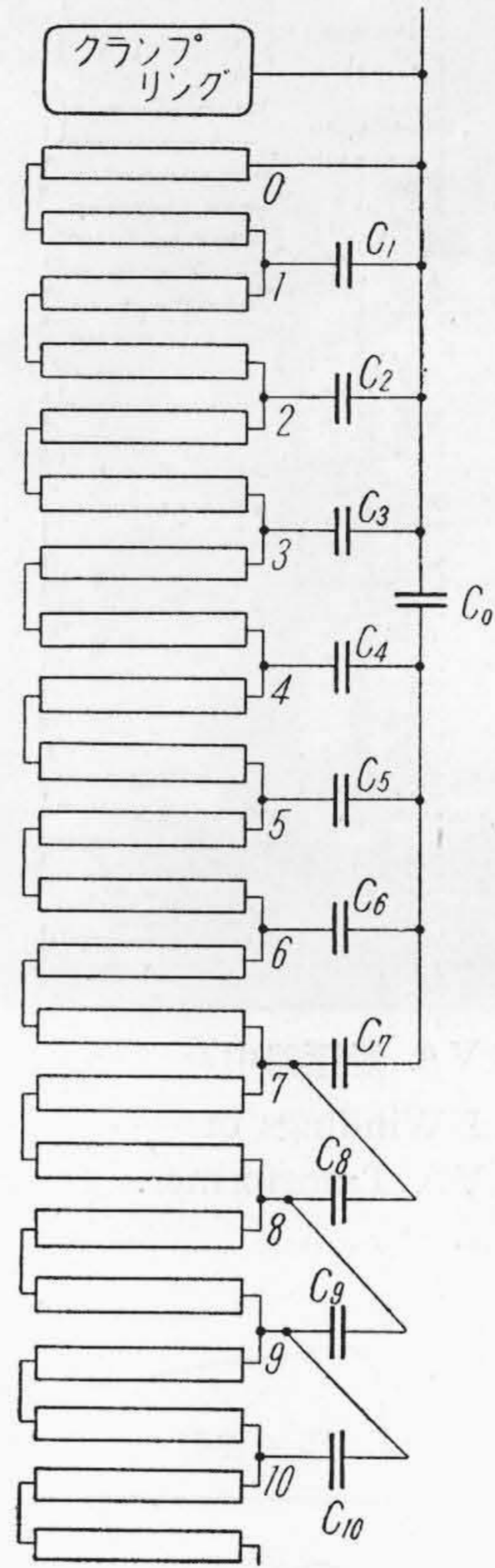
C = 巻線の全對地静電容量

K = 巻線兩端間の直列静電容量

とすれば

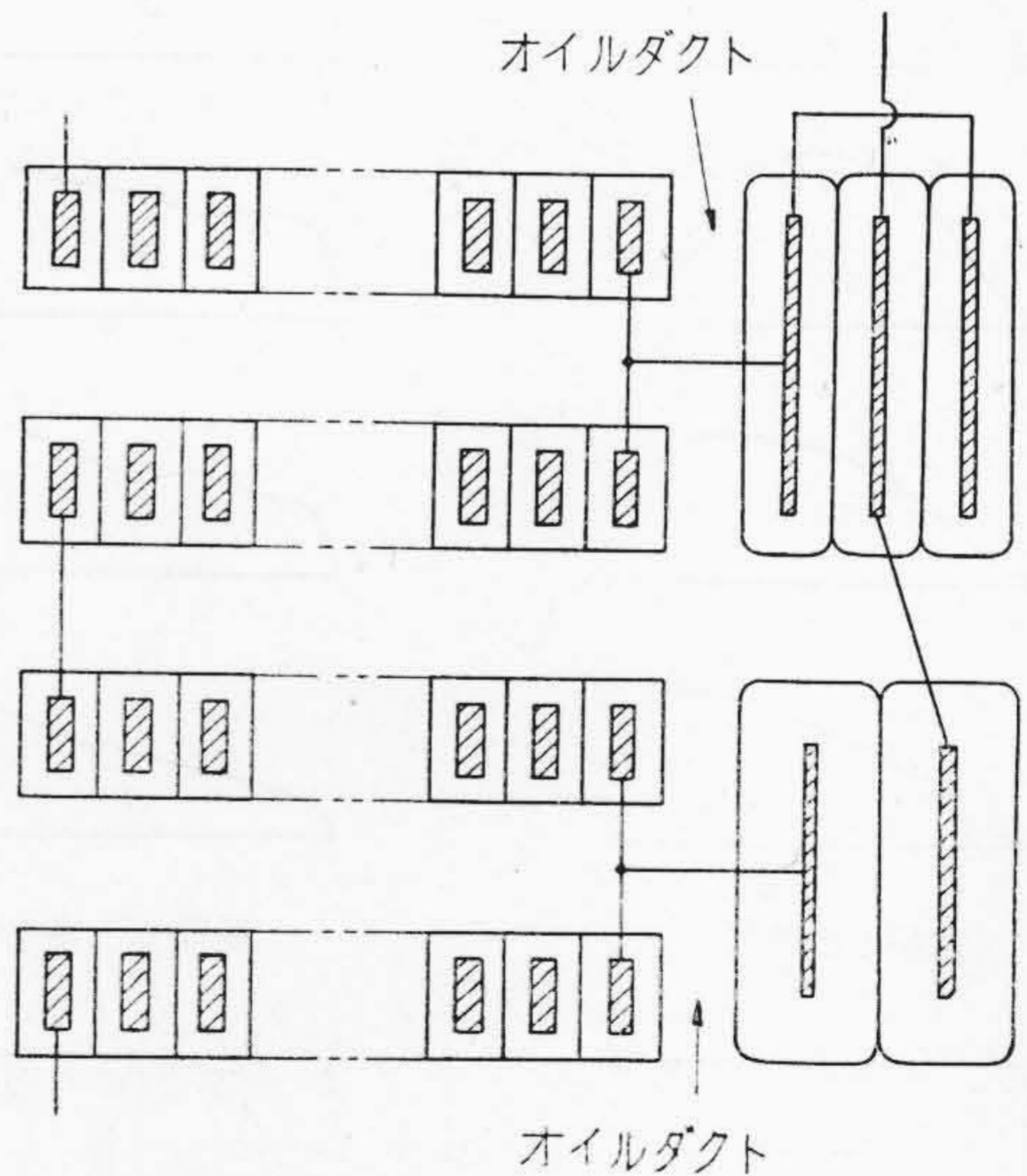
$$\alpha = \sqrt{\frac{C}{K}}$$

である。33,000 kVA

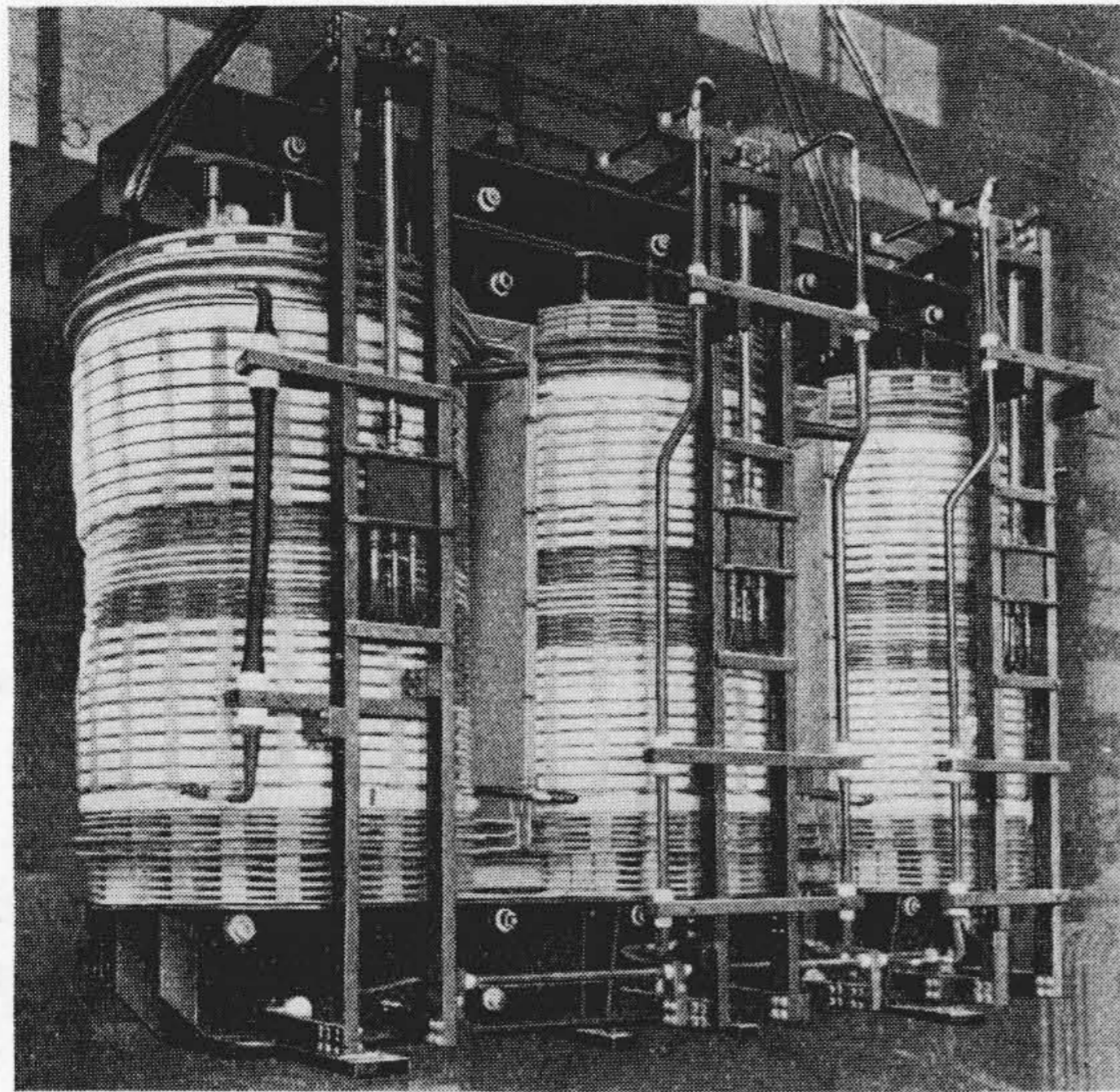


第6圖 高 壓 巻 線 結 線 圖
Fig. 6 Connection Diagram of 147 kV Winding.

變壓器に於ては高壓巻線の α に對し中壓巻線の α は約 1.5 倍となる。 α の値は衝撃電壓印加端子のエンドコイルの電位傾度が高くなる程度を示すものであつて理論的にはエンドコイルの最大電位傾度が、巻線全長に亘り均等に電位が分布した場合の α 倍になる。 α の大きいことはエンドコイルの電位傾度が大きいことを示すことになる。中壓巻線の α が大きい理由は内側巻線は對地容量が大きい爲であつて、同じ 66kV 巻線でもそれが高壓巻線（外側巻線）になる場合と中壓巻線（内側巻線）になる場合とでは α の値が異なるために、雷撃の與える苛酷度は中壓巻線として使われる場合の方が著しく高い。従つて中壓巻線となる場合には特に遮蔽を必要とするのであるが、これが困難なため単に絶縁強化をする以外に



第7圖 高 壓 巻 線 の 附 加 静 電 容 量
Fig. 7 Static Capacity Added to 147 kV Winding.



第 8 圖 33,000 kVA 變壓器中身
Fig. 8 Core and Windings of 33,000 kVA Transformer.

方法がなかつた。今回の新しい遮蔽方式は従来の觀念を脱却して、中壓巻線に對し甚だ合理的な絶縁設計を行わしめることが出來た。

第 5 圖は中壓巻線の接續法であつて、 C_0 、 $C_1 \sim C_7$ は集めてクランプリングの上におかれている。

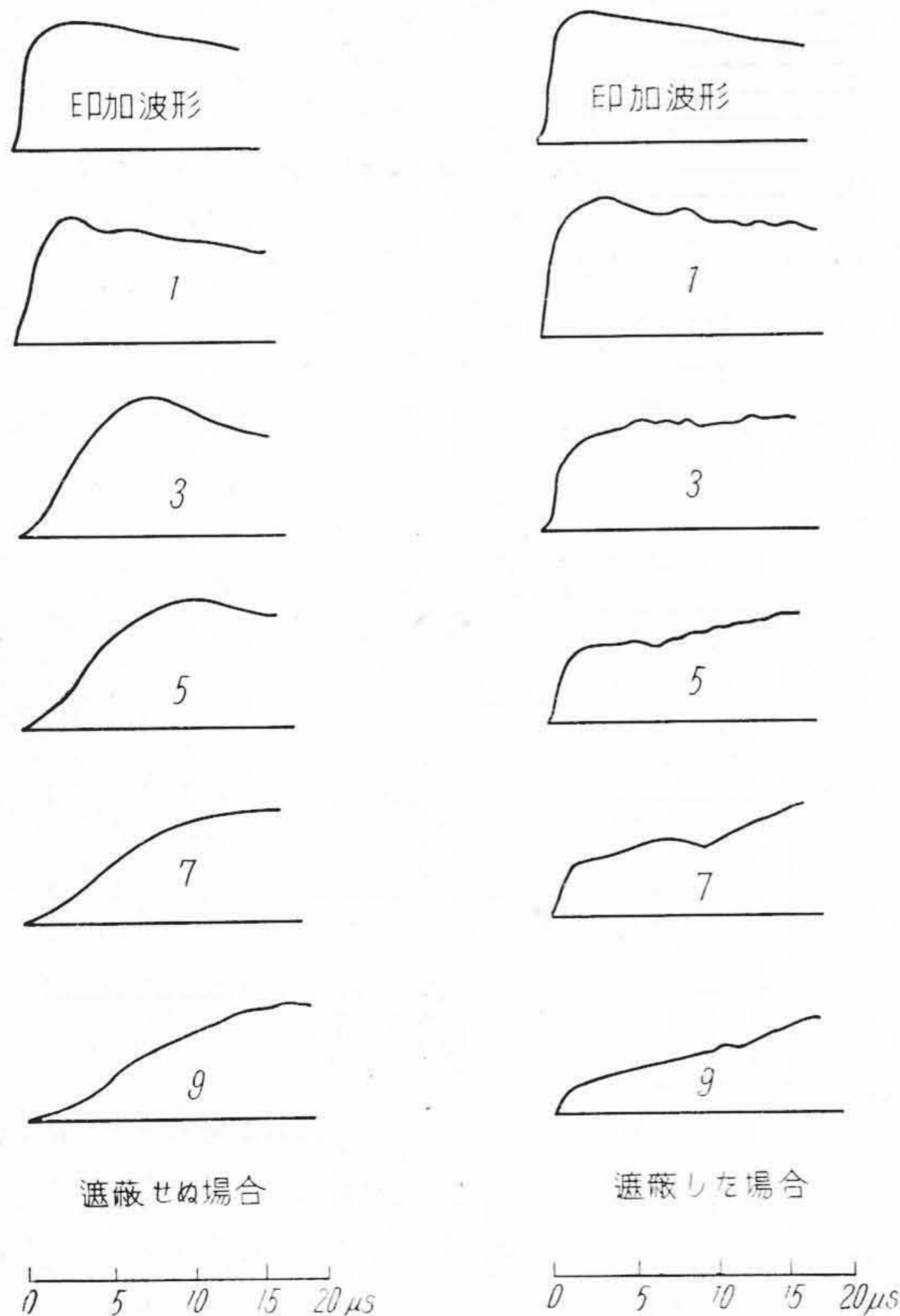
(2) 高壓巻線の遮蔽

高壓巻線の遮蔽は大きな静電容量を必要とする部分はクランプリングを利用して中壓巻線と同様な方式を採用してある。第 6 圖の結線圖に示す C_0 は特に静電容量が大きいのでクランプリングを利用したが、 C_1 乃至 C_{10} はコイルの外周に巻いた。併し單にコイルの外側に導體をおきコイルとの間の静電容量を利用しようとするれば附加し得る容量は甚だ小で、十分な遮蔽とはならず、且つコイル間の油の流通を阻害する。

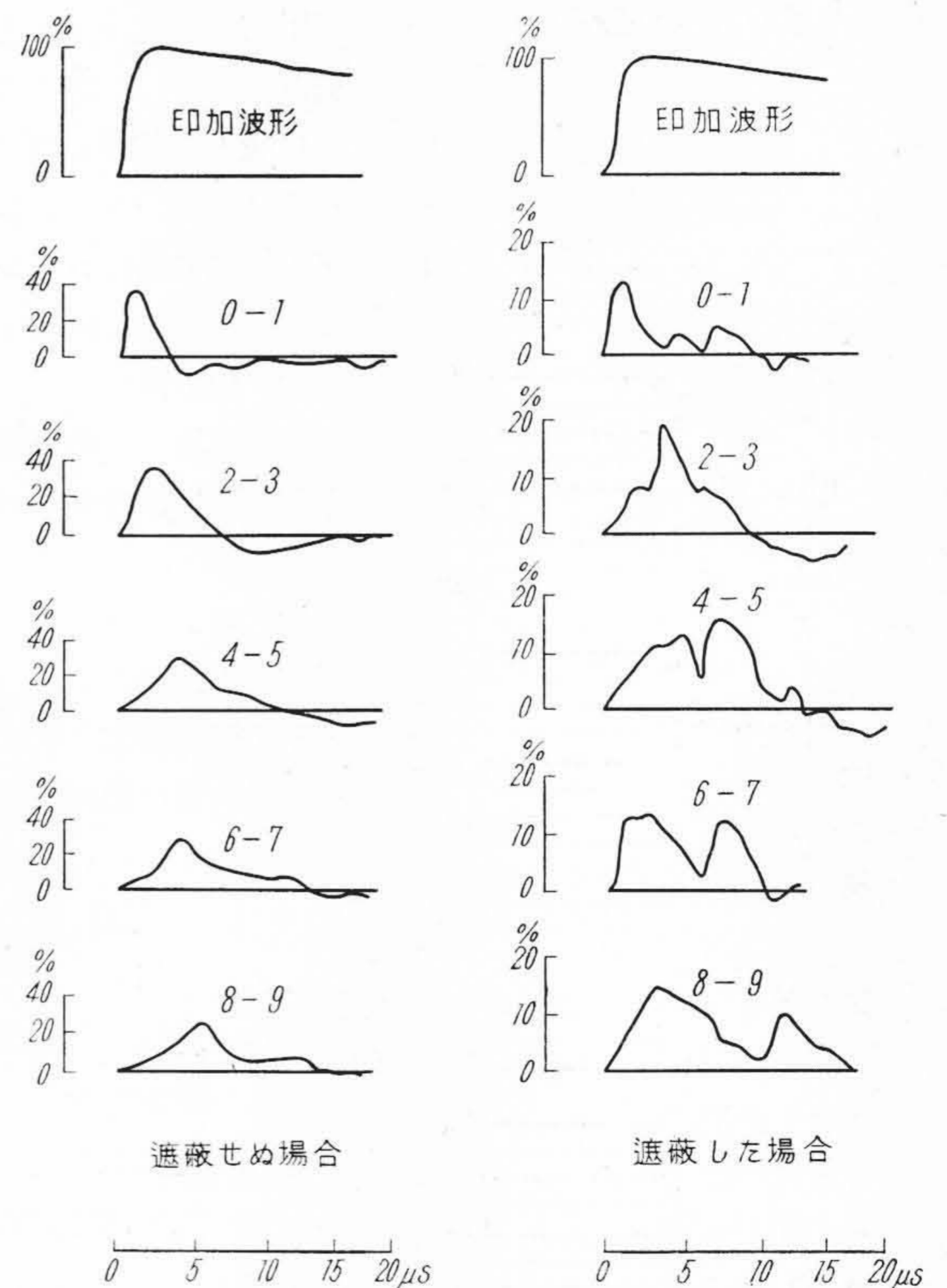
そこで第 7 圖に示す方法で電静容量を附加した。

第 8 圖は中身の寫眞であつて巻線上下に白く見えるのが、高壓巻線に附加した静電容量である。

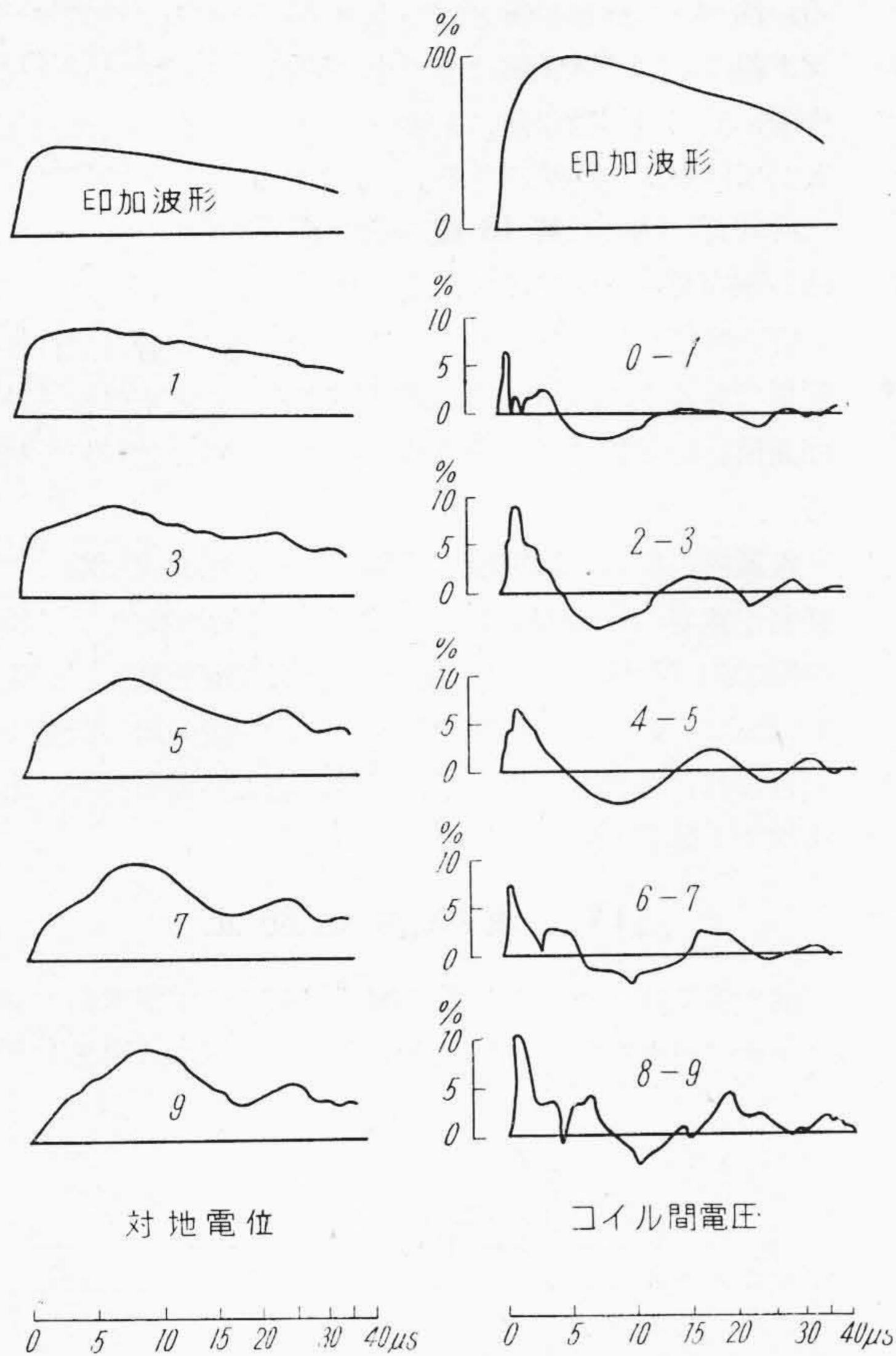
(3) 低壓巻線 低壓巻線の最大電位は、ヘリカルコイルであるため高壓或は、中壓巻線に比し甚だ小さい。従つて絶縁に對する安全度が高く遮蔽する必要は全然な



第 9 圖 高壓巻線の對地電位
Fig. 9 Voltage to Earth in 147 kV Winding.



第 10 圖 高壓巻線のコイル間電壓
Fig. 10 Voltage between Coil of 147 kV Winding.



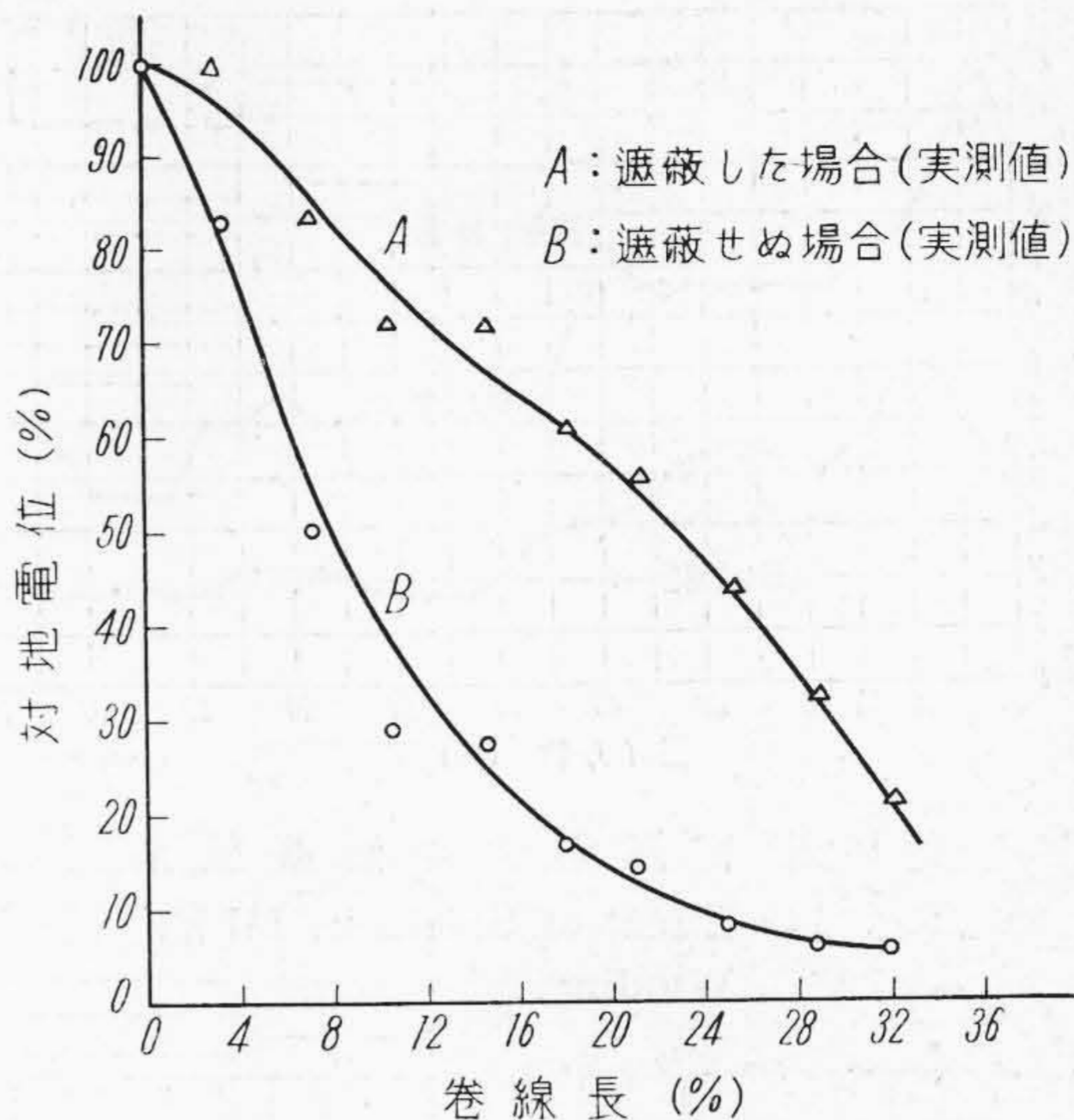
第 11 圖 中壓巻線の対地及びコイル間電圧
(遮蔽した場合)
Fig. 11 Voltage to Earth and between
Coil in 66 kV Winding. (with Shield)

い。

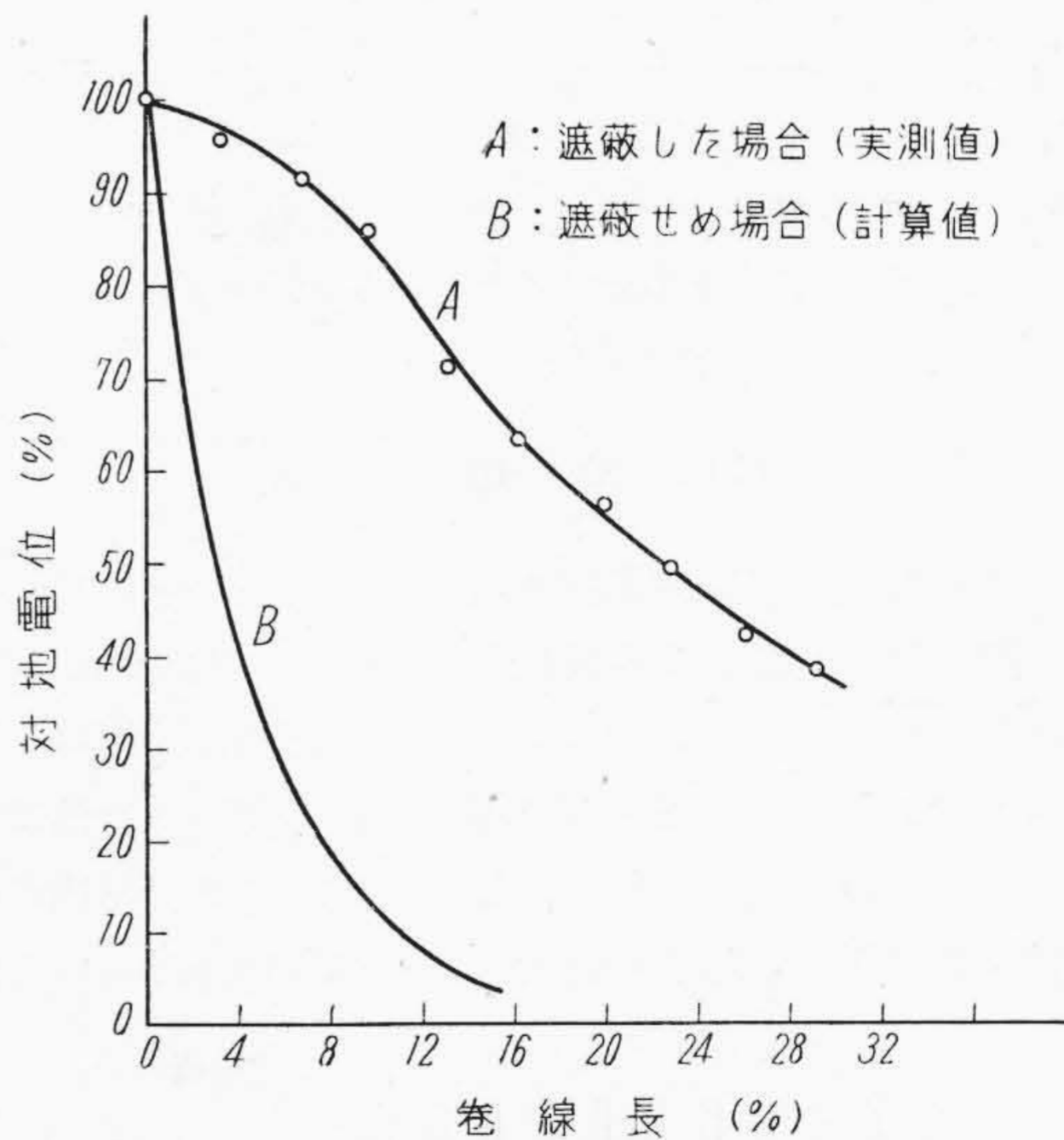
(4) 遮蔽効果の測定

衝撃電圧試験に先立つて約 10 kV の衝撃電圧発生装置を使用して、高圧巻線及び中圧巻線の各コイルの対地電位及びコイル間の誘起電圧等を測定した。第 9 圖乃至第 11 圖はそのオシログラムの数列を示して居る。各オシログラムに附記してある数字は測定点で、第 5 圖及び第 6 圖に示したものである。高圧巻線は遮蔽した場合と遮蔽を取り外した場合と測定したが、中圧巻線は作業の都合上遮蔽のある時のみ測定した。

波頭時間後の電位分布を初期電位分布と考えて、これ等のオシログラムから求め図示したものが第 12 圖及び第 13 圖である。第 14 圖及び第 15 圖はコイル間電圧の最大値をオシログラムより求め、均等分布の倍數を以て表わしたものであつて遮蔽の効果が明瞭に示されて居る。高圧巻線では遮蔽により最大電位傾度は、遮蔽のな

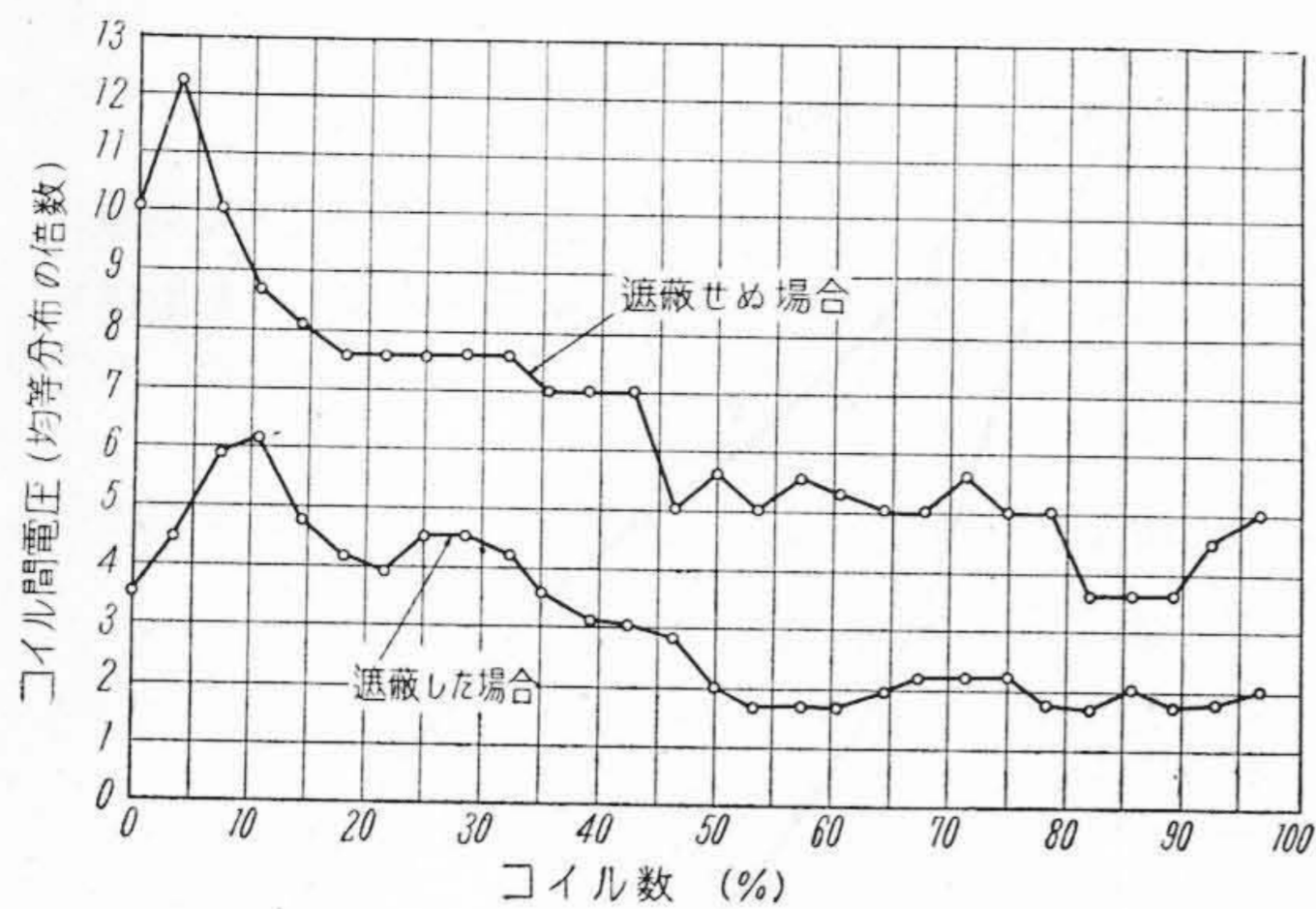


第 12 圖 高圧巻線の初期電位分布
Fig. 12 Initial Voltage Distribution of
140 kV Winding.

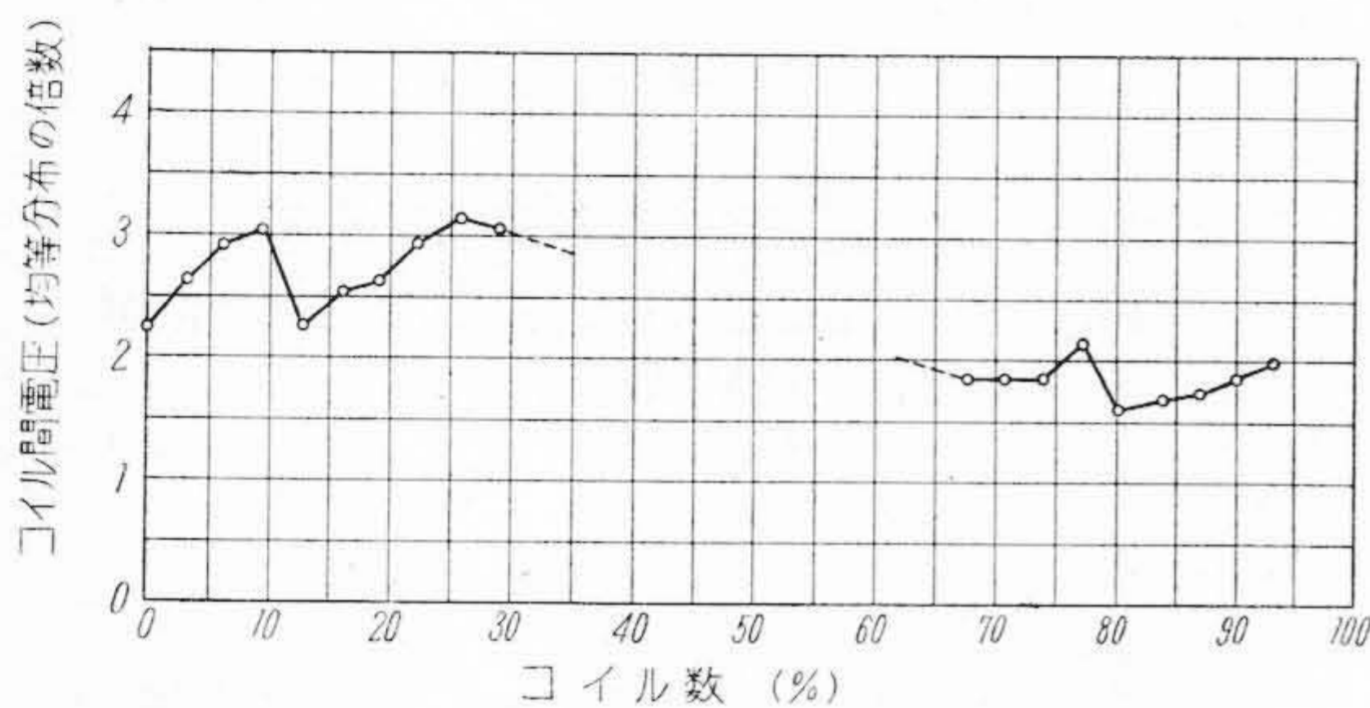


第 13 圖 中圧巻線の初期電位分布
Fig. 13 Initial Voltage Distribution of
66 kV Winding.

い時に比し約 1/2 に低下して居る。中圧巻線は直接測定値による比較は出来ないが、遮蔽のない場合の計算値に比較して約 1/7 以下に低下して居る。絶縁設計上最も難點であつた中圧巻線の電位傾度がかくの如く緩和されたのは、本變壓器ではじめて達成されたものであつて、今後の中壓或は低圧巻線はこの方式により信頼度の高い設計を行うことが出来る。



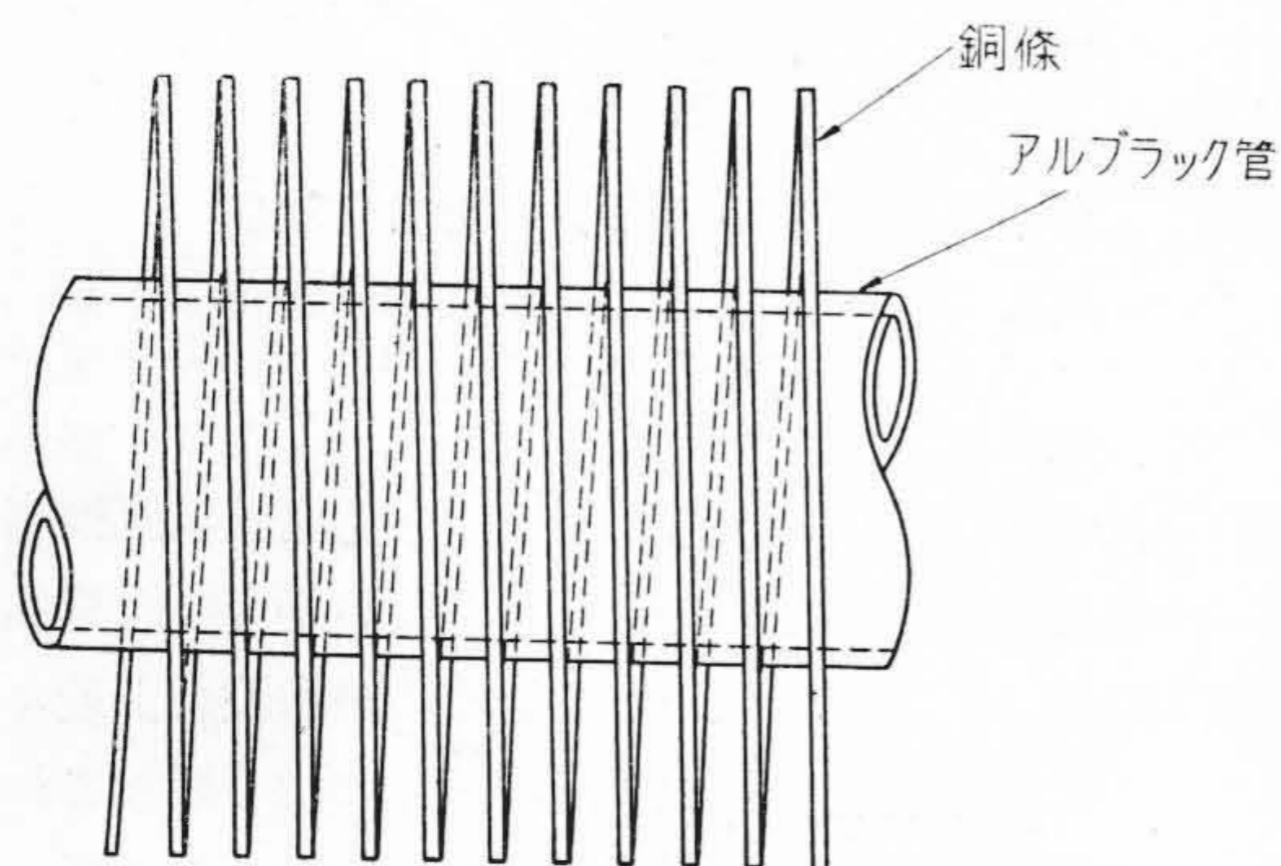
第 14 圖 高 壓 巻 線 の 遮 蔽 效 果
Fig. 14 Effect of Shield in 147 kV Winding.



第 15 圖 中 壓 巻 線 の 遮 蔽 效 果
Fig. 15 Effect of Shield in 66 kV Winding.

[III] 冷 却 方 式

冷却装置としては變壓器本體と同一ベース上に集約化した送油風冷装置を 2 組設置した。タンク内の油が局部的過熱を起さぬよう、油はカバー上數箇所の油出口より油ポンプに依つて冷却装置に導かれ、冷却された油はタンク下部外周に設けられた油道より均等にタンク内に押し込まれるよう、細心の洋意を以て設計製作されて居



第 16 圖 冷 却 管
Fig. 16 Cooling Pipe.

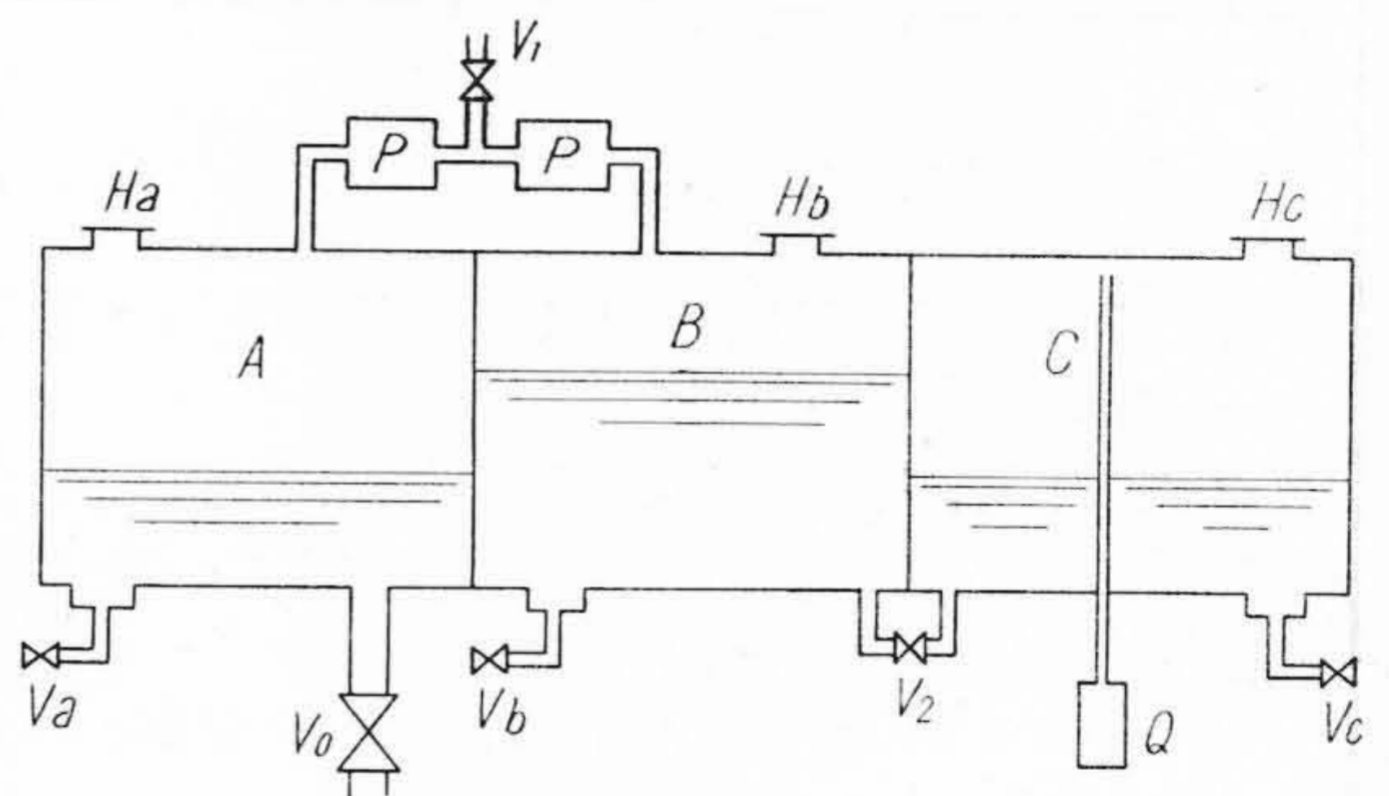
る。油ポンプは電動機と同一のケーシング内に納めグラウンド構造が無く電動機は油の中で回轉する。之は日立製作所に於て 10 數年前に先鞭をつけた型であつて油密型としては最良の構造である。

冷却管の構造は第 16 圖に示す通りアルブラック管に薄い銅條をエッジワイズに巻き付けたもので、エロフィン管と呼ばれて居るものである。エロフィン管は工作が簡単である上に油の流速、熱貫流率等から要求される冷却面積、冷却管の長さその他の構造が容易に設計し得る。

送風機の騒音は從來屢々問題にされ、相當遠距離から騒音が感ぜられる例もある。本冷却装置の騒音は 5 m の點で約 75 db であつて、簡単な防音装置を施して測定したところ、約 5 db 減少した。防音装置の無い状態でも苦にならぬ程度であつて、適當な防音装置を施せば市街地でも使用し得られるものと考えられる。

[IV] 油 の 劣 化 防 止

油の劣化防止をはかる爲に第 17 圖に示す窒素封入型コンサベータを採用した。AB 兩室の上部には窒素ガス



- | | | | |
|------------|------------|------------|-------------|
| Ha, Hb, Hc | 注油口 | Va, Vb, Vc | 油瀧過及排油口 |
| V1 | ガス封入口バルブ | V2 | B, C 室連結バルブ |
| V0 | 本体連結管バルブ | P | 酸素吸収剤 |
| Q | カルシウムブリーザー | | |

第 17 圖 窒 素 封 入 型 コ ン サ ベ ー タ
Fig. 17 N₂ Gas Filled Oil Conservator.

を封入してあり、酸素吸収劑 P を介して兩室は通じて居る。酸素吸収劑は銅を活性物質とするものであつて、油面の變化に伴い窒素ガスが兩室を往來する間に、自動的に窒素中に混在する酸素を吸収する。特に變壓器の運轉開始當初は酸素が油中より分離するが、酸素吸収劑の作用により、窒素ガスの純度を常に殆んど 100% に保持する事が出来る。又窒素ガスが油中に溶解し飽和する迄は窒素ガスを補給する必要があるが、極く少量の補給で足りるので、バルブ V₁ より空氣を流入せしめると脱酸

されて所望の窒素ガスのみ補給することが出来る。

この酸素吸収剤は酸素を100%吸収し、化学實驗室に於て微量酸素の除去に使用し得られる程高性能のものである。酸素を吸収するに従つてココア色から青色に変化するので、酸素を吸収したか否かを明瞭に識別する事が出来る。

33,000 kVA 變壓器に於ては第1圖の如く床面積を極小にする爲に A 室と B, C 室とを分離したコンサベータとし、地上にて窒素ガスの封入、酸素吸収剤の點檢等をなし得るよう配管した。

[V] 結 言

33,000 kVA 變壓器は新しい型の遮蔽方式及び冷却方

式を採用し好成績を納めた。特に中壓巻線に遮蔽を施したことによつて、信頼性ある絶縁設計を經濟的且つ有効に行うことが出来た。

高壓側の遮蔽はまだ不十分であるが、更に完全なものとし度いと、研究しているので近々、更に効果的な遮蔽結果を發表出来る豫定である。

終りに終始鞭撻された谷崎變壓器部長、研究測定に當られた日立研究所笈川氏、靜止檢査課河合氏に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) K. W. Wagner : E u M. 33, 89 (1915—2)
- (2) 谷崎 : 日評 24, 119 (昭 16—3)
- (3) 宮本 : 電學誌 61, 243 (昭 16—5)

第 33 卷 日 立 評 論 「鐵 鋼 特 集 號」 第 9 號

○卷 頭 言	日立製作所	・ 常務取締役	・ 菊田多利男
○高炭素低クロム鋼の恒温變態圖について	日立製作所	・ 日立研究所	{ 小野 健二 根本 正
○高炭素低クロム鋼の Ar ¹¹ に於ける變態機構について	日立製作所	・ 日立研究所	{ 小野 健二 根本 正
○砂鐵系原料鐵の配合率を異にせる双物鋼の焼入性について	日立製作所	・ 安來工場	{ 小柴 定雄 菊田 光男
○珪素鋼帯の高温水素焼鈍に関する二三の基礎實驗	日立製作所	・ 日立研究所	{ 小野 健二 渡邊 勇司 佐々木良一
○Cr-Ni オーステナイト系耐熱鋼の熔接部の機械的性質について	日立製作所	{ 日立研究所 笠戸工場	・ 小野 健二 ・ 鈴木晋次郎
○熱間工具鋼 (HDC) 使用についての諸檢討	日立製作所	{ 電線工場 日立研究所	・ 栗本 暢夫 ・ 根本 正
○拔型用ダイス鋼の熱處理について	日立製作所	{ 安來工場 多賀工場	・ 小柴 定雄 ・ 大内 康司
○低タンゲステン高速度鋼に及ぼす硼素及びデルコニウムの影響に就て	日立製作所	・ 安來工場	・ 小柴 定雄
○鍛鋼品の機械的性質の方向性について	日立製作所	・ 日立工場	・ 泉 八郎
○型 用 鋼 の 製 造	日立製作所	・ 日立工場	泉 八郎 武市彦四郎 笠間 廣
○高力マレブルの研究	日立製作所	・ 戸畑工場	{ 鹽谷 勝喜夫 牧野 迪夫
○球状黒鉛鑄鐵の性質	日立製作所	・ 龜有工場	{ 西山太喜夫 谷口 實 南郷 忠勇
○焼鈍炭素の形狀について (第2報)	日立製作所	・ 中央研究所	・ 南波 榮吉
○水冷を行うロールの表面龜裂について	日立製作所	・ 若松工場	・ 河原 英麿
○大物鑄鋼品鑄造記録	日立製作所	・ 日立工場	・ 早川 巖
○鹽基性電氣爐鋼滓鹽基度迅速判定法	日立製作所	・ 安來工場	・ 新持喜一郎
○モリブデン酸—バナジン酸法による鐵鋼中の磷比色分析法	日立製作所	・ 日立研究所	{ 佐藤 信次 古渡 賢助

東京都品川区
大井坂下町 2717

日 立 評 論 社

特價 ¥ 100.00 円18.00



特許第186687號

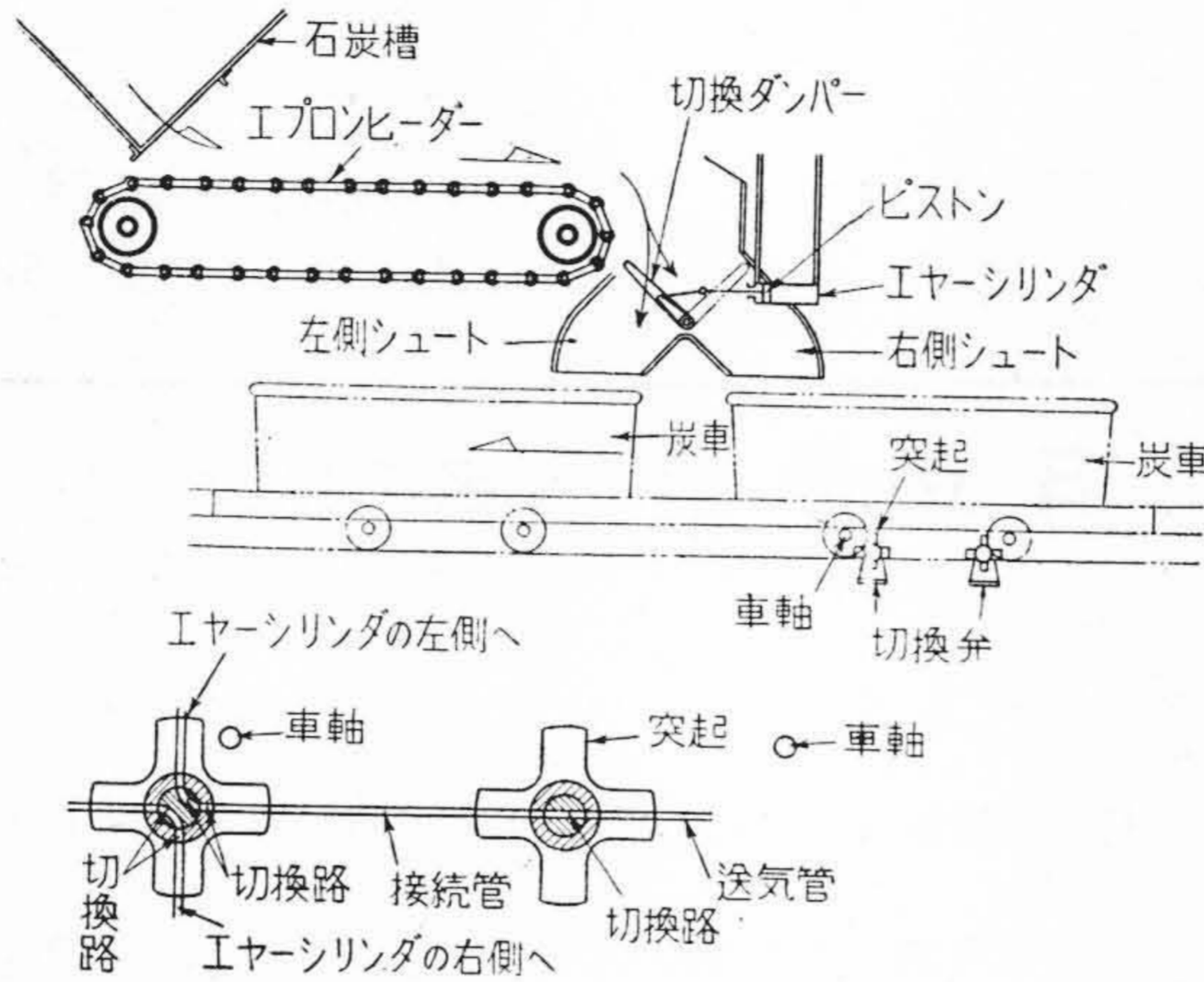
田中春雄

連続積込装置

この發明は左右兩シュー
トから石炭を炭車に連続的
に積込む場合、前後の炭車
間の間隙に石炭が落下する
のを自動的に防止し連続積
込作業を無駄なく行うよう
にしたものである。

軌條間に適宜の間隔をお
いて2個の切換弁を定置し
その突起を通過する炭車の

車軸により順次回動することにより切換弁の切換作動
右側シュートに切換えた。



を行うこの切換作動により
エアーシリンダのピストン
を摺動せしめ左右兩シュー
トの切換ダンパーを自動的
に操作し、左右のシュート
を開いたり閉めたりする。
すなわち炭車間隙が右側シ
ュート下部を通過する間は
石炭を左側シュートから落
下せしめ、通過後は直ちに
(富田)

特許第187283號

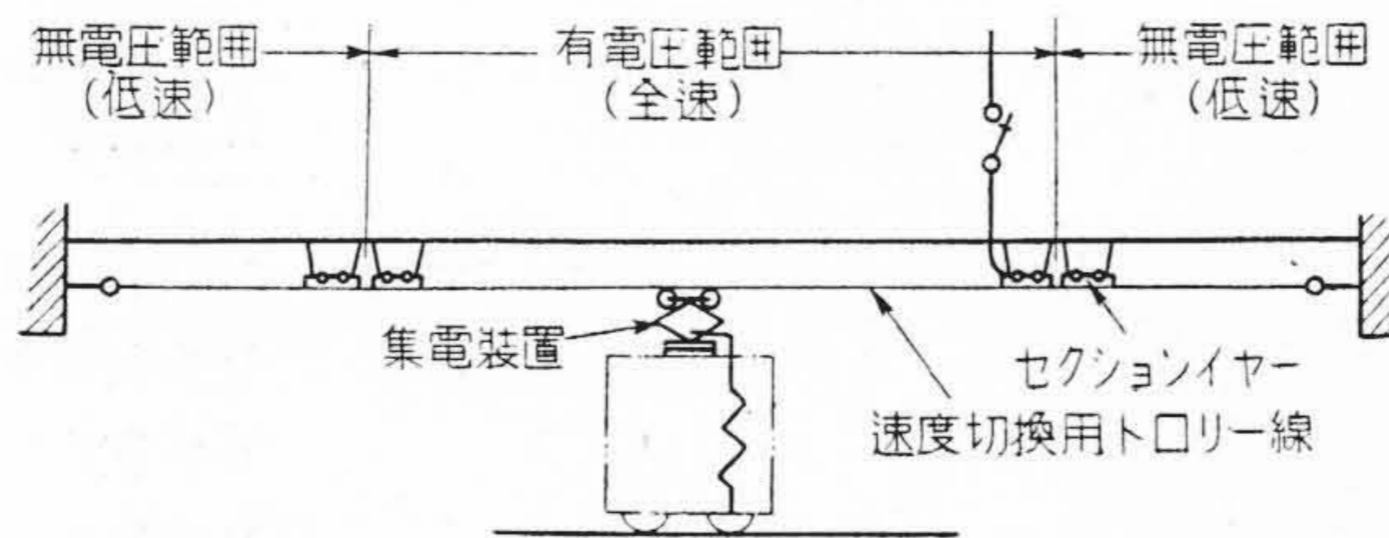
平栗保平
原政次

自動減速装置

この發明は電動トロリー装置において電動機用ト
ロリー線のほかに速度切換用のトロリー線を架設し
それに絶縁区分を設け電
圧の變化をさせることに
より被動機を速度を自動
的に低下させるようにし
たものである。

従來この種減速装置としては機械的開閉器を制限位
置におき走行車體から作動杆を出して機械的に動作
させるものを使用しているが、制限開閉器は動作部

分が機械的であるため衝撃が大きく特に速度が大き
い場合には適しない。



この發明では速度切換
用トロリー線に常に接觸
している集電装置に電圧
を加え、或は無電圧にす
ることによつて電氣的に
動作させる故衝撃をとま
なうようなことがなく作
動が確實である。
(富田)