

三相誘導電動機の新巻線方式

New Winding Method for 3-phase Induction Motors

園 山 裕*
Yutaka Sonoyama

要 旨

三相誘導電動機の固定子巻線には一般に二層重ね巻方式と単相同心巻方式が採用されているが、前者は巻組線の機械化作業が困難であり、後者は効率・トルクなどの諸特性が劣るなどの欠点がある。ここに独特の短節単相同心巻方式を考案したが、これによると諸特性を改善することができ、また自動巻線機による機械巻も可能となるため品質の安定と生産の合理化を得ることができる。単相同心巻なので層間絶縁物が不要で、絶縁構成に欠点なくなる点も大きい。自動巻線機による巻線と同時にわずかなコイル傷なども検出可能な自動検出装置を採用することにより、きわめて信頼性の高い電動機を生産できるようになった。この新しい巻線方式は、アメリカはじめ世界各国に特許を得ており、この方式を採用したモートルを大量に製作して市場に提出しているが、きわめて好評である。

1. 緒 言

三相誘導電動機の固定子巻線には種々の方式があるが、従来一般に二層重ね巻方式が採用されている。

近年、品質の安定と生産の合理化の点から巻組線の機械化の研究がとりあげられてきているが、従来の巻線方式では、全スロットの二層コイル間に絶縁物をそう入しなければならず、また機械の動作が複雑になるなど多くの好ましくない結果を生ずるため実現されていない。このため最近では以前から知られている単層同心巻方式が見直されつつある。しかしこの方式は従来の重ね巻方式に比較すると特性が著しく低下する欠点があり、これに対する解決がモートル業界の課題であった。

ここに述べる新しい巻線方式はこの命題を解決した独特の方式である。これを採用することにより機械巻が実現し、高い信頼性をもったモートルを製作することができるようになったばかりでなく、

効率・トルクなどの諸特性を従来の各方式によるものよりいっそう向上することができた。

この新しい巻線方式についてはアメリカをはじめ世界の主要各国に特許を得ており、すでに筆者らはこの方式を採用したモートルを大量に製作して市場に提供し、きわめて好評を得ている。

以下にこの巻線方式とこれを採用したモートルの特性、さらにこれに関連した巻線機械化の概要などについて述べる。

2. 新しい巻線方式

一般に用いられている巻線方式は基本的には一層巻と二層巻、また重ね巻と同心巻に分類される。このうち従来多く用いられている巻線は二層重ね巻である。この巻線方式の例を示したものが図1で、この場合のコアスロットの断面は図4のようになる。すなわちスロットの断面は図のように上下二層になり層間に上下を絶縁するための絶縁物が必要である。

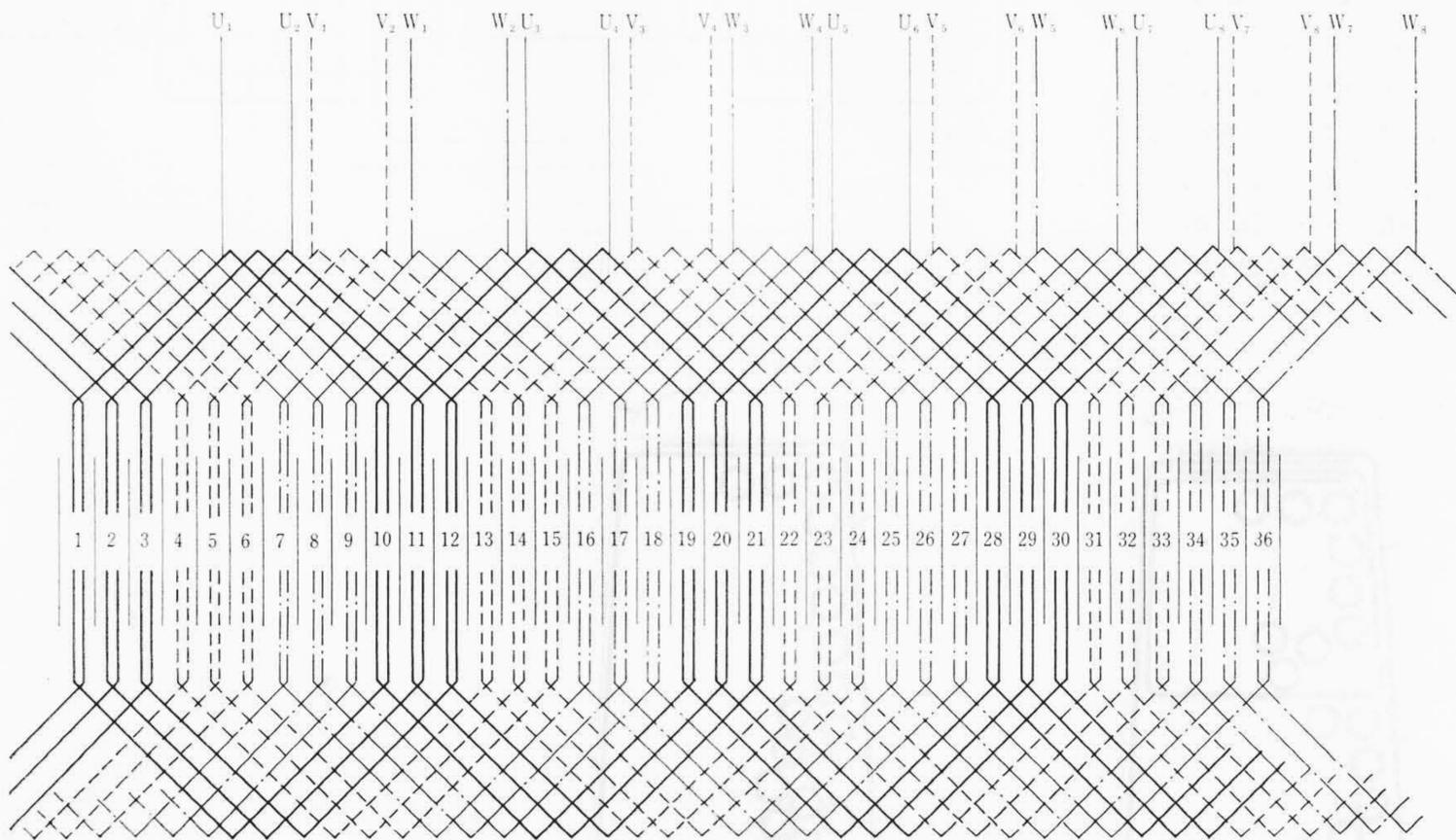


図1 従来の二層重ね巻方式の巻線展開図例

* 日立製作所習志野工場 工学博士

近年自動巻線により安定した品質の巻線を提供することが検討されつつあるが、上記の巻線方式では巻線がきわめてむずかしい。このため最近図2のような単層同心巻が採用されつつある。図の U_{na}, U_{nb}, U_{nc} は一極一相のコイルで同心的に配列されており、それぞれ直列に接続されている。またこの場合のスロットの断面は図5のように単層になる。

しかし、この図2の巻線ではコイルのリアクタンス、抵抗が図1に比較すると大きくなり特性の低下が免れない。その理由は、図2のような一層同心巻では U_{na}, U_{nb}, U_{nc} で一極分の磁束を生ずるわけであるが、図の U_{nb} は(2)~(11)の跨(またがり)でちょうど全節巻に相当している。したがって、コイル U_{na} (1)~(12) は一極の極ピッチより跨りが大きく、有効な Power を生ずべき基本波磁束に対しては跨り、(3)~(10)の巻線 U_{nc} と同等の効果しかない。このためコイルの寸法が大きくなり、したがって、その抵抗やリアクタンスが大きくなり、これが特性低下の原因になる。このような特性低下は、この種の巻線方式にはさけられない欠点である。これらに対して新しい巻線方式は上記の種々の欠点を改良したもので、その巻線例を示したものが図3である。その特長を図2の単層同心巻と比較して述べよう。

図3は三相4極36スロットの誘導電動機に適用した巻線の展開図である。図6はその接続図を示し、図5はコアスロットの断面を示すものである。図3のコイル U_{na}, U_{nb} は三相の一極分を構成する巻線を形成し、 U_{na}, U_{nb} はそれぞれ同心的に配置され、かつ直列に接続されて一極の磁界を生ずるも

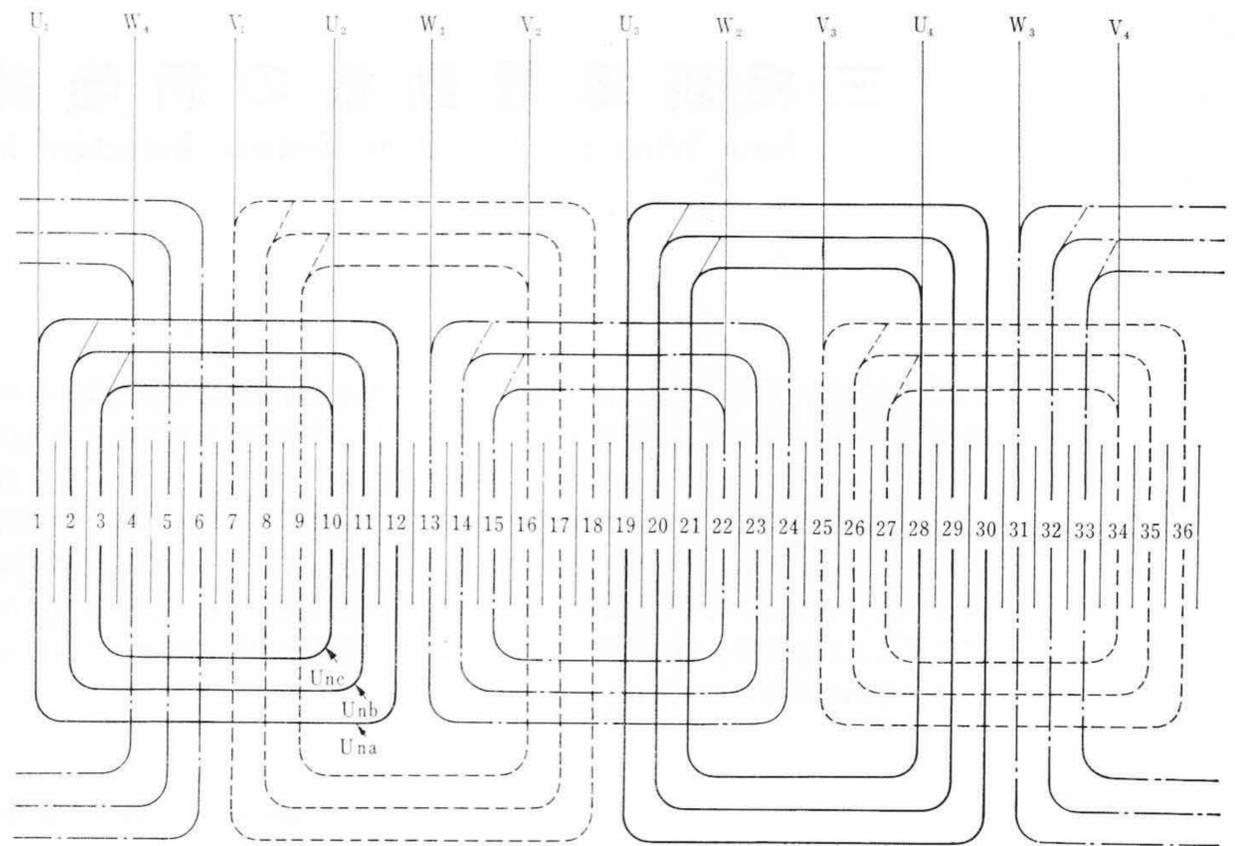


図2 従来の単層同心巻方式の巻線展開図例

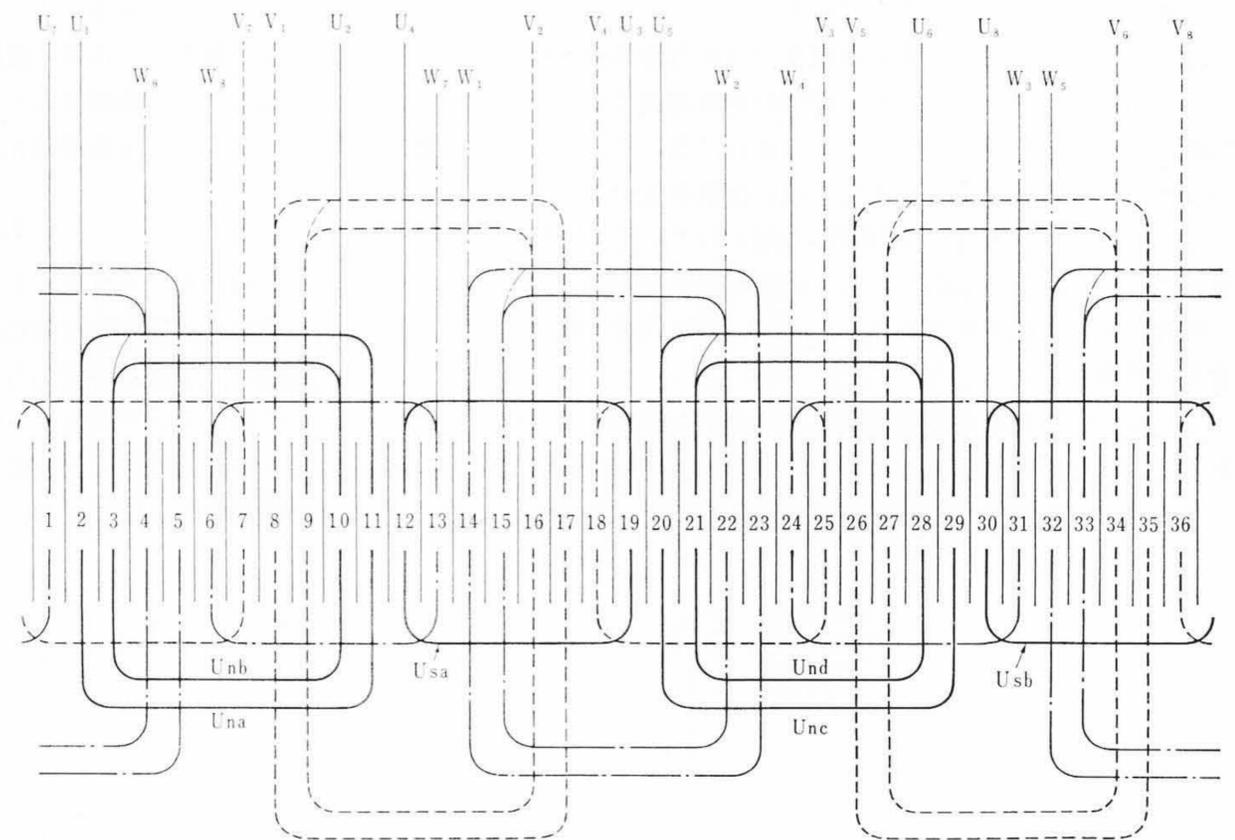


図3 新単層同心巻方式の巻線展開図例

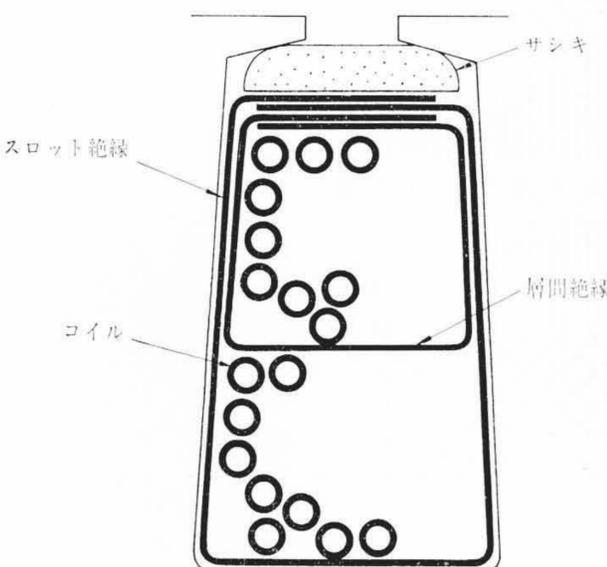


図4 二層重ね巻方式の場合のコアスロットの断面図

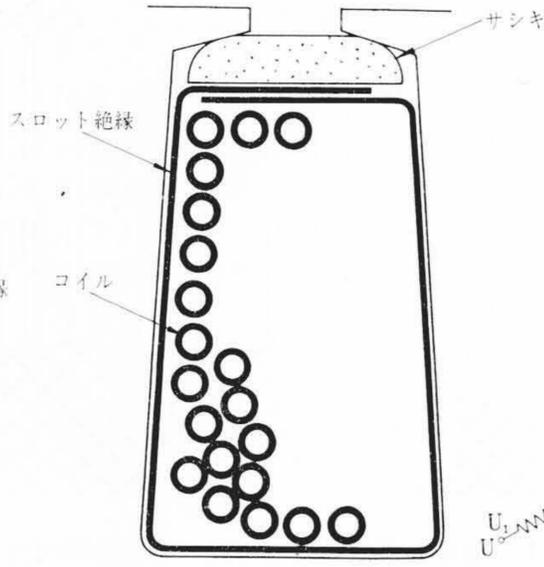


図5 単層同心巻方式の場合のスロット断面図

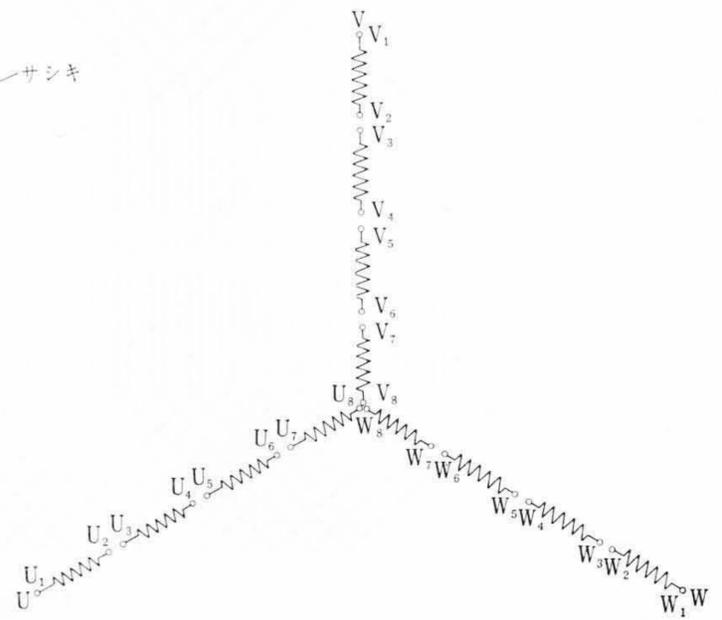


図6 新巻線方式の巻線接続図例

表1 各巻線方式に対する電動機の特長比較表
三相 0.75 kW 4極 200 V 50 Hz

巻線方式		二層重ね巻方式	一般単相同心巻方式	新単層同心巻方式
項目	コイル跨り	(1) ~ (7)	(1) ~ (12) (2) ~ (11) (3) ~ (10)	(2) ~ (11) (3) ~ (10) (12) ~ (19)
	設計内容			
	巻線係数	0.833	0.946	0.946
	巻数 / 溝	48×2	84	84
	導体径(mm)	0.95φ	0.95φ	0.95φ
	溝占積率 (%)	57	48	48
特性	全負荷電流 (A)	3.2	3.4	3.15
	効率 (%)	82	80.5	83.5
	最大出力 (%)	230	210	240
	起動トルク (%)	290	235	300
	起動電流 (A)	17	16	17.5

のである。これらの巻線とちょうど 360 度(電気角)離れた跨り(20)~(29), (21)~(28)に U_{nc}, U_{nd} が同心的に配置され、それぞれ直列に接続されて上記と同極を構成している。これらの二組のコイル間に、スロット跨り(2)~(19)のコイル U_{sa} が配置され、これらは U_{na}, U_{nb} から電氣的に 180 度ずれている。これらは U_{na}, U_{nb} または U_{nc}, U_{nd} とは反対の極を構成するように接続される。

また、図3からわかるように、この場合は1スロットに1グループの巻線がはいり層間絶縁の必要はない。

次にこの新方式の巻線が従来の巻線方式と比較してどのように異なるか、またどのような理由で特性がすぐれているかについて述べる。

図3の中間の一コイル U_{sa} と U_{sb} をとり除き、これを U_{na}, U_{nc} の外側に同心的に配置し、かつこれと同方向に巻線したと仮定すると、ちょうど図2と同じ同心巻になることは容易に理解されよう。この場合全節は跨り(2)~(11)であるので跨り(1)~(12)と(3)~(10)の巻線は基本波に対しては磁氣的に同等の作用をすることになる。いま(1)~(12)と(3)~(10)の巻線を比較してみると、(3)~(10)は(1)~(12)に対して跨りが小さく(短節で)巻線の長さは短い。したがって、新巻線方式は従来の同心巻に比較すると巻線の抵抗および漏えいリアクタンスは著しく減少し、トルク・効率などの諸特性が改善されることになる。このような新巻線方式は換言すれば従来の単層同心巻の全節より大きな跨りを有するコイルまたはその一部を電氣的に 180 度移し、極性が逆になるように接続したことを特長とするもので、本例のように NS、必ずしも巻線は対照にならないのが従来の全く考え方の異なるところである。これは一見奇異に感じられるが、本例のような配置にすれば NS、各巻線がそれぞれイメージポールを形成し、両者を加え合わせたものが全体としてバランスを保つことになる。したがって、短いピッチの巻線のみで大きなピッチと同等の効果を発揮し得るものである。0.75 kW 36 スロット 4 極の同一寸法のものについて特性の比較例を示すと表1のようになる。この表から上記の巻線方式の優位性ならびに特性の優位性がうかがえる。

3. 自動巻線機と自動検出器の採用

前述の新同心巻線方式の考案により三相誘導機の機械巻がはじめて実現でき、すぐれた特性を得ることができるようになったわけであるが、自動巻線機の採用と同時に巻線のピンホールや傷を自動的に検出する検出器を開発し、この種の不良を皆無にし、一段と信頼性を高めている。

3.1 自動巻線機

図7は主力の自動巻線機の外観を示したものである。自動巻線機は油圧ポンプ、マグネットバルブ、油圧タンクで構成される油圧装置

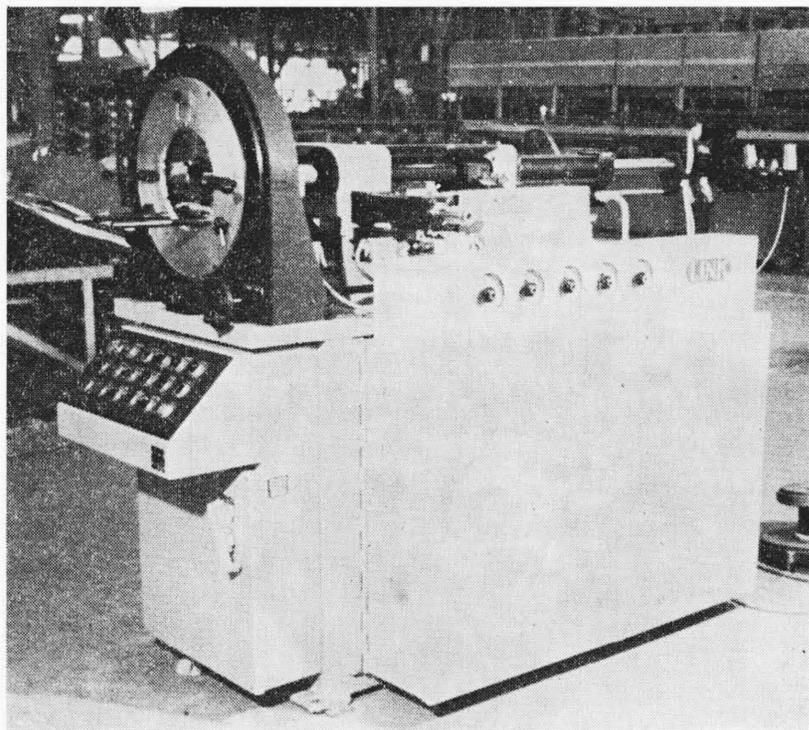


図7 自動巻線機

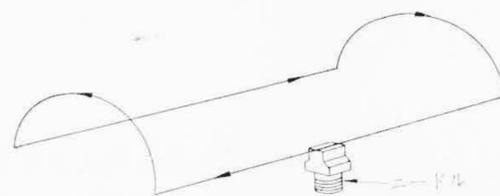
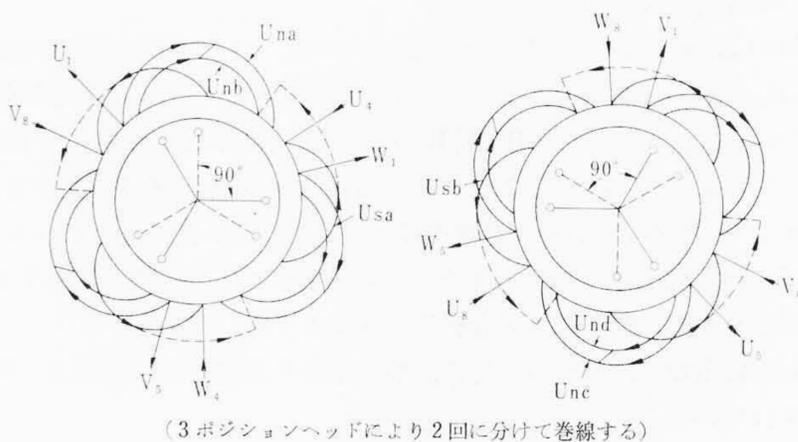


図8 ニードルの運動状態



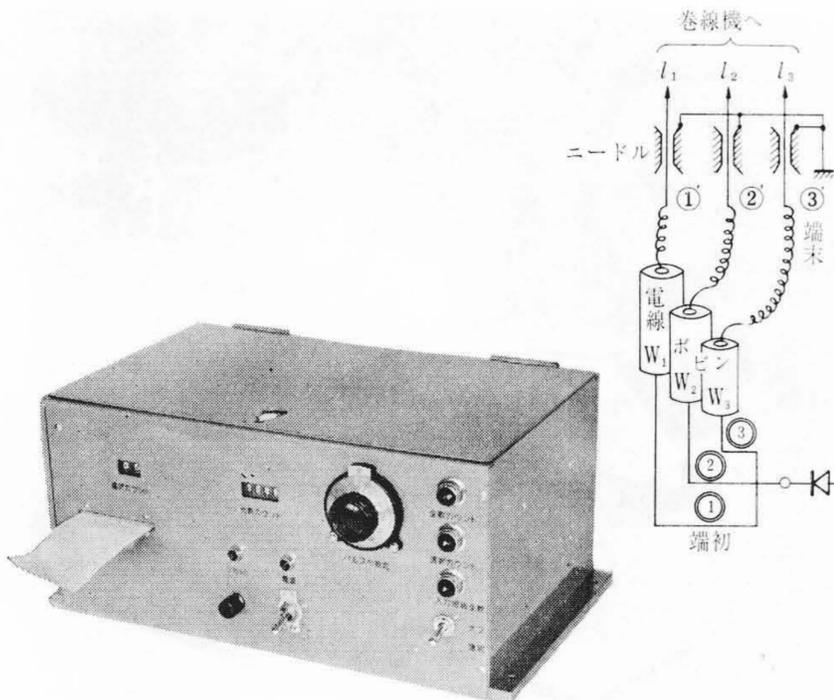


図11 傷自動検出装置

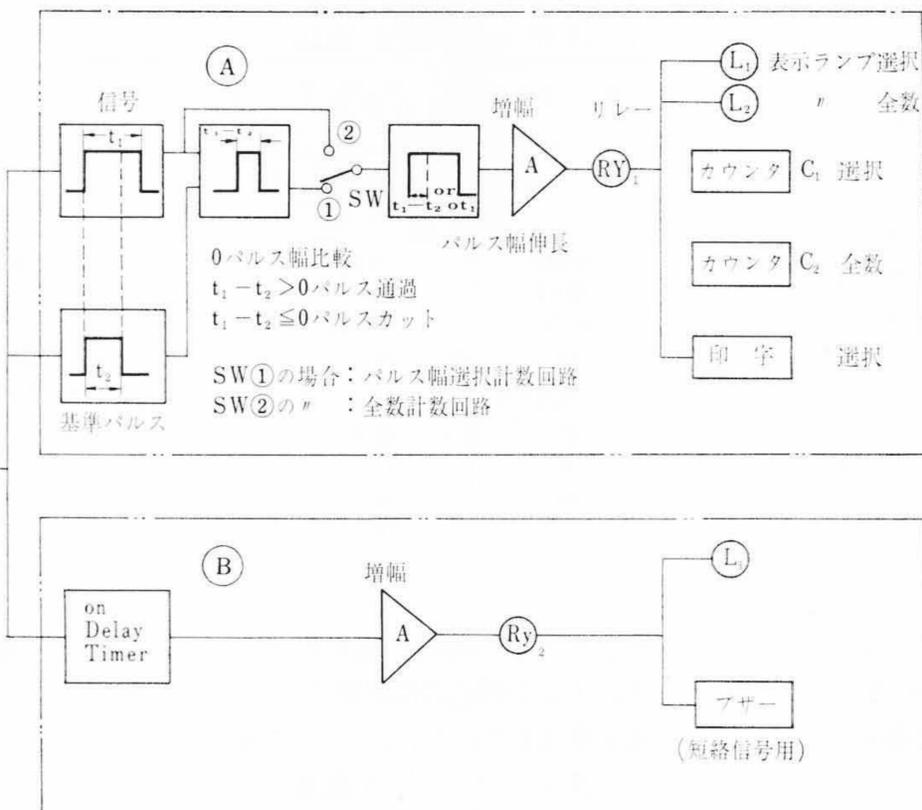


図12 傷自動検出器原理図

などの心配は全くなくなり、信頼性は一段と向上されるが、さらに自動巻線機械採用に伴い、わずかなコイル傷やピンホールなどの弱点部分を自動的に検出し除去する装置を設置して品質の向上と信頼性の高度化を図ることができる。

図11は傷の自動検出装置の主要部の外観、図12はその原理回路を示したものである。図のように、検出器へのコイル傷入力信号(パルス)は、電線ボビン $W_1 W_2 W_3$ の底部より各ボビンの巻初め(端初) ①②③を引き出し、これを検出器④⑤の入力端子に接続する。ボビン $W_1 W_2 W_3$ の端末は巻線機のニードルに導かれて巻線される。ボビンから検出機への入力とはモートル固定子コアに同時に巻線するそれぞれの線に傷がある場合検出できるようにしてある。

上記検出器は、パルス幅選択計数回路④と短絡計数回路⑤より構成されている。

④は、コイルにわずかの傷が発生している場合、これを入力パルス信号(パルス幅 t_1)として入力回路に伝達され、これと基準パルス t_2 の大小比較によってリレーが動作し、直ちに警報として表示ランプを点灯させるようになっている。

また、⑤の短絡計数回路はなんらかの原因で万一電線がコアと直接接触したり、巻線ヘッド部に電氣的に接触されたまま巻かれたような場合、直ちに短絡表示用のランプが点灯し、ブザーが動作するもので、これらの危険を確実に発見できるようにしたものである。この検出器を図7に示す自動巻線機に組み込み、巻線している状態を示したのが図13である。

4. 結 言

以上新しい巻線方式の内容とこれによってはじめて達成された高性能三相モートルの自動巻線について述べたが、その特長を要約すると次のような諸点になる。

(1) 独特の短節単層同心巻方式で従来の巻線に比較して、効率・トルクなどの諸特性がすぐれている。

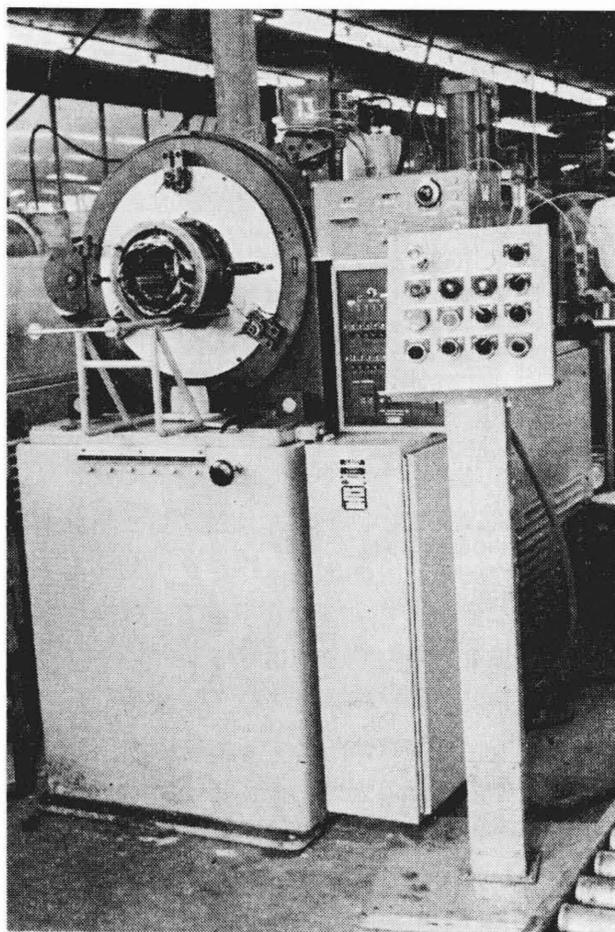


図13 自動巻線機による巻線作業状態

- (2) 層間絶縁物が不要で、絶縁物に対する欠点がなく、また、わずかなコイル傷なども検出可能な自動検出装置の採用と相まって、きわめて信頼性が高くなった。
- (3) 自動巻線機による機械巻ができ、いっそう安定した品質のモートルを提供できるようになった。

本巻線方式は現在すでに一般用モートルの主力製品に全面的に採用されており、市場の評判も良好である。