

柱上変圧器製造ラインの自動化

Automation of Polemounted Transformers Production

奥村 顕治^{*}
Kenji Okumura
瀬尾 直司^{*}
Naoshi Seo
河内 敏紀^{*}
Toshinori Kawachi
星野 芳彦^{**}
Yoshihiko Hoshino
佐藤 英夫^{**}
Hideo Satō

As user's demand for transformers of high reliability, save-energy, compact size, etc. becomes wide and deep, the more flexible manufacturing system of higher quality comes to be necessary. We have recently renewed whole manufacturing facilities and have totally reviewed their layout to build up the most reliable and effective production line of pole-mounted transformers. This paper introduces some main features of the line, such as computer-controlled winding machines, computer-controlled frame strages, impedance watts drying and vacuum treatment system, and automatic measurement and data processing system.

1 まえがき

当社は、昭和22年に柱上変圧器の生産を開始して以来、今日まで、常に業界のトップメーカーとして、高性能の製品を世に送り出してきた。この間、社会の高度化に伴い、高信頼性、省エネルギー、小形化など、需要家各位のニーズも多様化し、メーカーへの期待が高まってきた。

これに応えるべく新材料の採用、製品構造の改良を積重ねるとともに、新製造設備の開発などを行い、高性能、高品質の製品の製作に努めてきた。

このたび、1ターンカット巻鉄心及びワニスレスコイルの全面的採用を機に、柱上変圧器製造体制の見直しを行い、多様化への強いニーズに対処しうる、柔軟かつ生産性の高い、合理的な製造ラインを完成させた。

本稿では、特に、製造ラインに導入した主要な自動化設備について、その概要を紹介する。

2 製造ラインの概要

各製造工程に於けるレイアウト及び主要自動機械は図1の通りである。

3 主要設備の概要

3.1 コンピュータ制御高圧用自動巻線機

本装置は、柱上変圧器の高圧コイル製作工程に於ける巻線作業から段取り替えまでの一連の作業を、すべてマイクロコンピュータにより制御する自動機械である。

本装置の外観を図2に示す。

本装置は、巻線機と制御装置から構成されており、その特長・構成について次に述べる。

3.1.1 特長

本装置は、外部記憶装置に99種類のコイル仕様を記憶

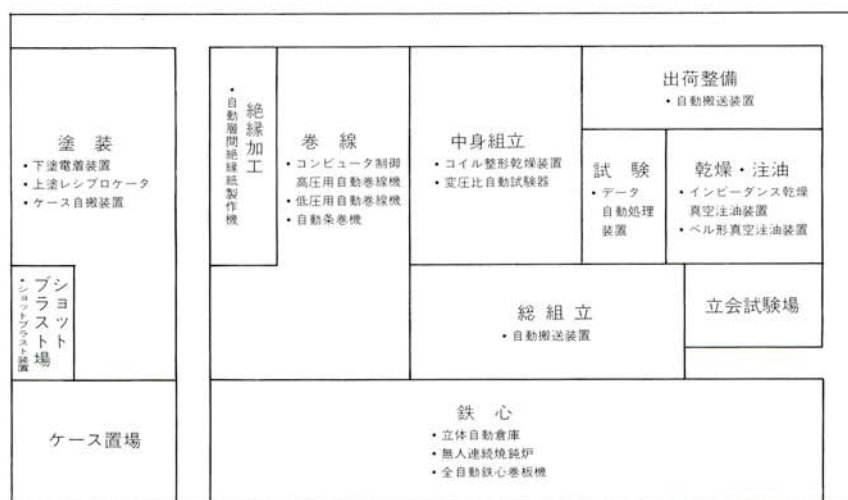


図1 / 柱上変圧器工場レイアウト
Fig. 1 / Layout of pole-mounted transformer factory

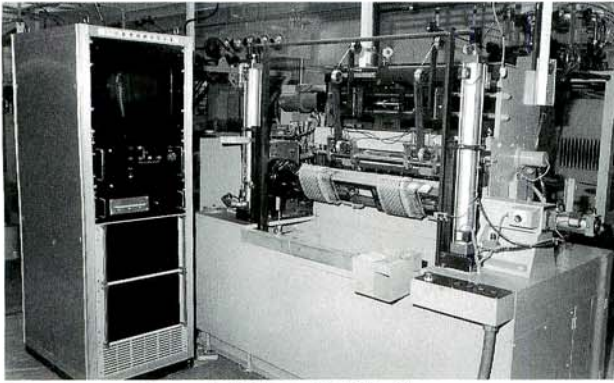


図2 / コンピュータ制御自動巻線機
Fig. 2 / Computer controlled automatic winding machine

できるシステムであり、器種の選定は、カードの挿入により行われる。選定されたコイル仕様はマイクロコンピュータに読み込まれ、カラーディスプレイに表示される。また同時に、主軸の回転数、電線送りピッチ、一層当りの巻数、トップ引出し位置までの巻数などの巻線仕様、及びブレーキ力、絶縁紙巾ガイド、電線送り装置の巻始め位置などが自動的にセットされる。

さらに、カラーディスプレイにはコイル仕様、自動運転中の巻数及び層数、停止時の作業指示事項などの巻線作業に必要なすべての内容を表示するほか、異常発生により、万一非常停止した場合は、その原因を瞬時に表示する。

本装置の導入により、変圧器製作の主要工程の一つである巻線工程において、下記の利点が得られた。

- (1) 品質の安定
- (2) 能率の向上
- (3) 総合自動化
- (4) 自動化によるスキル技術からの脱皮

3.1.2 巻線機本体

巻線機本体は電線の巻取部、送り部、テンション部、供給部、及び絶縁紙の巻込部、切断部、供給部などから構成されている。

巻線機の基本仕様を表1に示す。

表1 / 巻線機の仕様

Tab. 1 / Specification of winding machine

項目	仕様
連数	2連
駆動方式	DCサーボモータ
回転速度	自動設定
制御軸数	同時2軸(主軸、電線送り)、1軸(絶縁紙ガイド)
制御方式	マイクロコンピュータオンライン
テンション	機械式、自動設定
カウンタ	機械式1連4桁(自動リセット)
電線送り幅	自動設定
絶縁紙巾ガイド	自動設定
巻芯	自動拡張
異常検出	電動機過熱、断線、絶縁紙不足 エア-圧低下

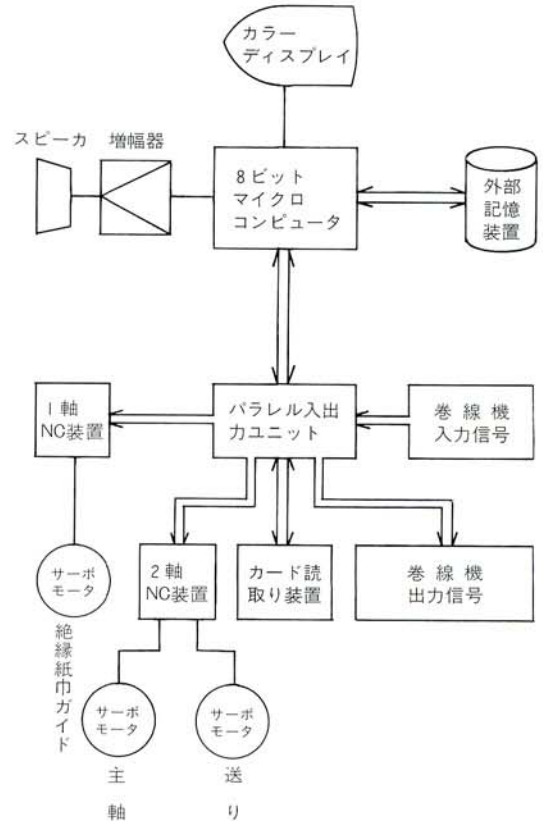


図3 / 巻線制御システムブロック図

Fig. 3 Block diagram of winding control system

3.1.3 制御装置

本装置は、すべてマイクロコンピュータ制御により、巻線機の運転管理を行っている。制御システムのブロック図を図3に示す。

本装置は、パラレル入出力ユニットにより押ボタンによる信号及び巻線機本体に設置されているセンサの信号を読み込み、プログラムにしたがって2軸NC装置、1軸NC装置及び巻線機本体の各部に信号を送り、自動運転を行う。また本装置は、高精度の整列巻きを行うため、主軸及び電線送り機構の駆動部にサーボモータを使用し、その制御に2軸NC装置を採用している。

本装置の主な仕様を表2に示す。

表2 / 巻線制御装置の仕様

Tab. 2 / Specification of winding control equipment

項目	仕様
処理部	8ビットマイクロコンピュータ
カラーディスプレイ	40桁×20行
インタフェース	パラレル入出力ユニット
運転方法	オンライン
駆動部制御方式	2軸NC装置(直線補間機能) 1軸NC装置

3.2 立体自動保管装置

鉄心の焼鈍工程がほぼ年間無休運転であるのに対し、鉄心製造ラインは週5日稼働であるので、両工程間の統制管理を行うため本装置を導入した。本装置は、柱上変圧器の鉄心、ジグ、クランプ(鉄心締付用金具)などを、

コンピュータ制御により、自動的に保管棚へ入庫し、後工程の要求する器種の部材を、先入れ先出しの自己管理により、必要な時に必要量を自動搬出するものである。

一方、この保管庫には、クランプを一定量まとめて洗浄できるクランプ自動洗浄装置が、付帯設備として組込まれており、洗浄後のクランプは速やかに自動搬送保管される。図4に立体自動保管装置を、図5にクランプ自動洗浄装置を示す。

本装置は、立体自動倉庫、周辺機器及び自動制御システムから構成されており、特長、構成は次の通りである。



図4/立体自動保管装置

Fig. 4/ Automatically controlled frame storage

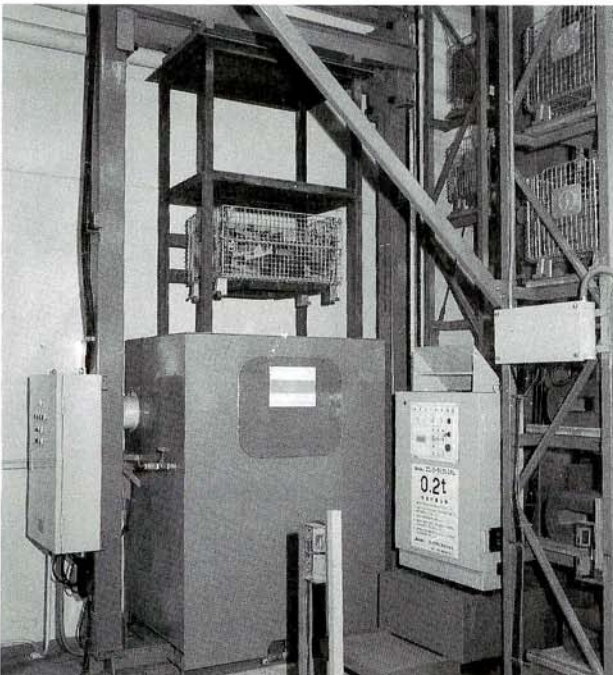


図5/クランプ自動洗浄装置

Fig. 5/ Automatic core-clamp washer

3.2.1 特長

本装置の主な特長は次の通りである。

- (1) 立体化による所要床面積の縮小
- (2) 鉄心、ジグ、クランプなどの一括管理
- (3) 無人化運転による運搬工数削減
- (4) クランプ洗浄の自動化による作業環境の改善
- (5) 混流生産ラインに於ける先入れ先出しの自己管理
- (6) 月末、期末棚卸し作業の省人化

3.2.2 立体自動倉庫

この自動倉庫は、鉄心、ジグ及びクランプを、それぞれ格納できるラックのほか、各部品の自動積み込み、積み出し、搬送を行うモノレールスタッカ及びクランプ自動洗浄装置とから構成されている。

これらの設備仕様を表3に示す。

表3/立体自動倉庫の仕様

Tab. 3/ Specification of automatically controlled frame storage

設備名	項目	仕様
ラック	形式	据置形
	格納物	鉄心、ジグ、クランプ
	棚寸法 (mm)	巾1020×奥行650×高さ545
	棚数	468棚
モノレールスタッカ	型式	床上走行形
	定格荷重	200kg
	走行速度	5～50m/分
	昇降速度	6m/分
	フォーク速度	10m/分
	操作方法	在庫管理装置によるオンライン運転
周辺機器	給電方法	トロリール
		入出庫ステーション、クランプ洗浄装置 チェーンコンベヤ

(1) ラック

本装置は溶接構造フレームに水平ブレース、背面ブレースなどをボルト接合した据置タイプである。

ラックの棚寸法は、格納する鉄心、ジグ、クランプの荷姿及び収納数量を規定することにより、表3に示すように2種類とすることができ、その結果、倉庫の格納効率は大巾に向上した。

(2) モノレールスタッカ

本装置は、走行装置、昇降装置、走行マスト及びマストに沿って昇降するキャレージなどから構成されている。そのキャレージは、予約設定された棚番へ最短搬送できるように、コンピュータ制御される。またキャレージに装備されたフォークは、モノレールスタッカの左右いずれの棚へも、突出することができる機能的な構造になっており、これによりワークの搬入、搬出を迅速に行うことができる。

更に本装置は、上昇、下降、前進、後退の各動作に対するオーバーラン及び2重格納、異常荷姿などの各種異常防止用保護回路を有しており、十分な安全対策が施さ

れている。

(3) クランプ自動洗浄装置

立体自動倉庫に併設されているクランプ自動洗浄装置は、エレベータ塔、有機溶剤洗浄槽などから構成されている。

本装置は、指定数量のクランプの納まったパレットを、モノレールスタッカによりエレベータに移載した後、自動的に洗浄槽に浸漬してクランプ洗浄を行うもので、パレットを洗浄槽から引上げると同時に、安全衛生のための局所排気を行いながら乾燥する熱風乾燥装置を附属している。乾燥されたパレットは、再びモノレールスタッカによりラックに自動的に保管される。

3.2.3 自動制御システム

本システムは、コンピュータ制御による在庫管理、入出庫管理、各種帳票作成などの管理機能を備えた本格的なオンラインシステムである。

システムの構成は、在庫管理装置、モノレールスタッカ地上設定盤、モノレールスタッカ搭載制御盤、入出庫設定盤などから成っている。

なお、立体自動倉庫の構成図、及び制御システムのブロック図を図6、図7に示す。

(1) 在庫管理装置

本装置は、コンピュータにより、立体自動倉庫の棚管理、及び、先入れ先出しの在庫管理のほか、入庫状況、各種管理に必要なデータの把握ができるなど、充実した内容になっている。

したがって、必要な時、タイマーにデータをアウトプットできるので、実績データの集計及び稼働率の分析などにも活用でき、効率的な運用を図ることができる。

なお、日常の入出庫指令は、3ヵ所に設置された入出庫設定盤により行い、ラインの円滑化を図っている。

本装置の仕様を表4に示す。

表4 / 在庫管理装置の仕様

Tab. 4/ Specification of stock control equipment

項目	仕様
処 理 部	16ビットマイクロコンピュータ
デ ィ ス プ レ イ	80桁×24行
イ ン タ フ ェ ー ス	パラレル入出力ユニット(モノレールスタッカ地上設定盤)
プ リ ン タ	80桁ドットマトリックス
運 転 方 式	オンライン
管 理 機 能	在庫管理、棚管理、入出庫実績集計、クレーン稼働実績、品種別在庫集計

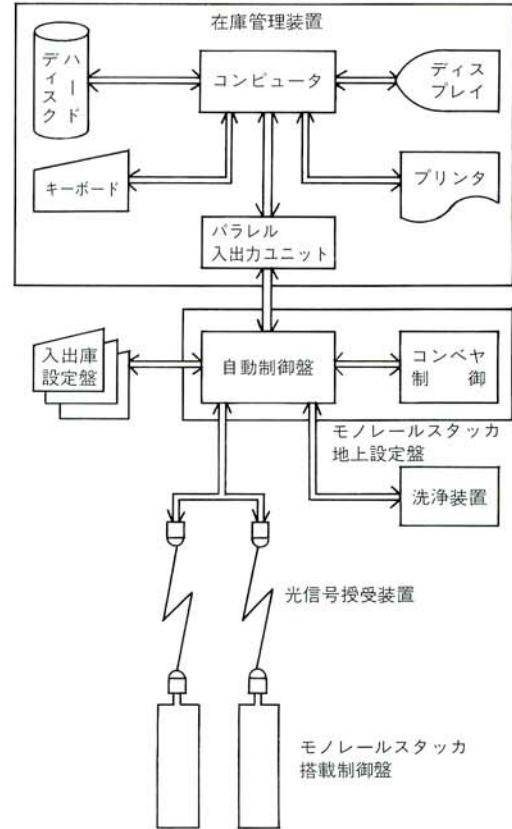


図7 / 制御システムブロック図

Fig. 7/Block diagram of stock control system

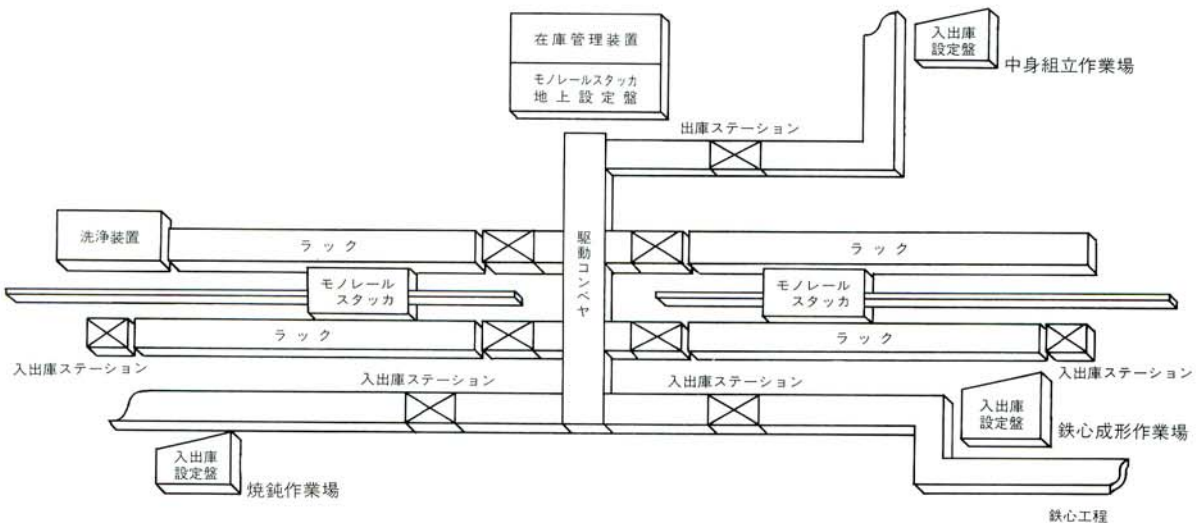


図6 / 立体自動倉庫構成図

Fig. 6/ Layout of automatically controlled frame storage

(2) モノレールスタッカ地上設定盤

本地上設定盤は、モノレールスタッカ搭載制御盤と、光信号授受装置により接続されており、本設定盤から棚番及び、モードを指定すれば、内蔵のマイクロコンピュータ制御により、モノレールスタッカをリモート運転させるほか、在庫管理装置からの指令によりオンライン運転も行わせることができる。

この設定盤の仕様を表5に示す。

表5/モノレールスタッカ地上設定盤の仕様

項目	仕様
処理部	8ビットマイクロコンピュータ
インタフェース	パラレル入出力ユニット(在庫管理装置) 光信号授受装置(モノレールスタッカ搭載制御盤)
運転方式	オンライン及びリモート運転
設定	デジタルスイッチ(棚番地)、ロータリースイッチ(モード指令)
表示	設定データ、クレーンの状態

(3) モノレールスタッカ搭載制御盤

本搭載制御盤は、前記のモノレールスタッカ地上設定盤、あるいは本搭載盤自身から棚番を指定することにより、モノレールスタッカを自動運転させることができる。

また、特別指定の入庫を行うときには、モノレールスタッカ搭載制御盤パネルのデジタルスイッチを、直接操作することにより、手動運転も行えるように、半自動運転(インテグレス)システム機能も組込まれている。

この制御盤の仕様を表6に示す。

表6/モノレールスタッカ搭載制御盤の仕様

項目	仕様
処理部	8ビットマイクロコンピュータ
インタフェース	光信号授受装置(モノレールスタッカ地上設定盤)
運転方式	オンライン、単独自動運転、手動運転
設定	デジタルスイッチ(棚番地)、押ボタンスイッチ(モード指令)
表示	設定データ、クレーン状態

(4) 入出庫設定盤

本設定盤は、鉄心、焼鈍及び中身組立の各作業場に設置されており、それぞれの設定盤からは、同時に3種類まで品名、容量及び納入先を自由に予約設定することができる。設定された各データは、在庫管理装置にバックされ、コンピュータ処理された後、モノレールスタッカ地上設定盤に伝達される。

3.3 インピーダンス乾燥真空注油装置

変圧器製造工程の中で、乾燥及び注油工程は、品質及び信頼性を左右する重要な工程である。

本装置は、図8、図9に示すように、総組立場から自動搬送された組立完了後の製品を、ロット単位ごとにそれぞれこのラインにセットして、インピーダンス乾燥と真空注油を同時に行うもので、注油処理後、完成試験場から出荷整備に至る製品の搬送も、すべて自動搬送装置

で行う画期的な一貫生産ラインである。

本装置の特長、構成について次に述べる。

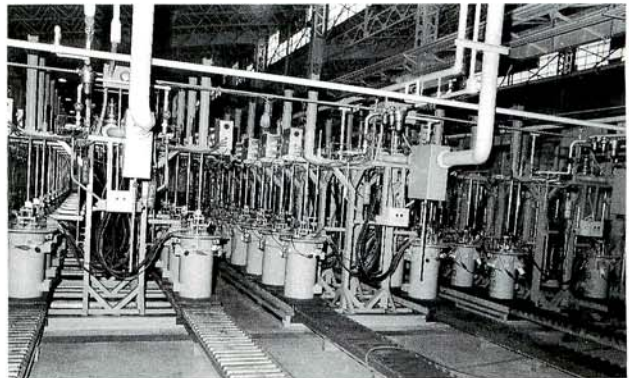


図8/インピーダンス乾燥真空注油装置

Fig. 8/Impedance watts drying and vacuum treatment equipment

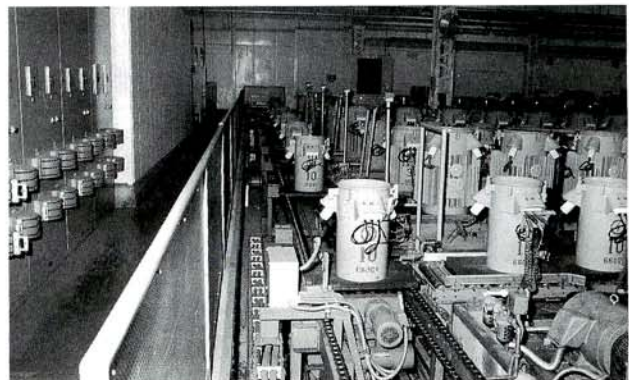


図9/自動搬送装置

Fig. 9/Automatic conveyer

3.3.1 特長

本装置の主な特長は次の通りである。

- (1) 多器種少量生産の効率的自動ライン
- (2) 乾燥及び真空注油プロセスの全自動化
- (3) 合理的な乾燥、注油による絶縁性能の向上
- (4) インピーダンス試験の同時実施による省力化
- (5) 乾燥エネルギーコストの低減

3.3.2 構成

本装置は、インピーダンス試験用電源、乾燥用電源、油タンク、浄油機、サージタンク、真空ポンプ、メカカルブースタ、シールカバー、制御装置などから構成されている。

各構成部品について次に述べる。なお、本装置の構成系統図を図10に示す。

(1) インピーダンス試験用電源

試験用電源は、単相、50/60Hz、電圧0~440Vであり、インピーダンス乾燥真空注油装置にセットされた柱上変圧器のインピーダンス電圧及び負荷損は、すべて乾燥時に同時測定される。

(2) インピーダンス乾燥用電源

本装置の全ラインが稼働するのに必要な最大容量を有し

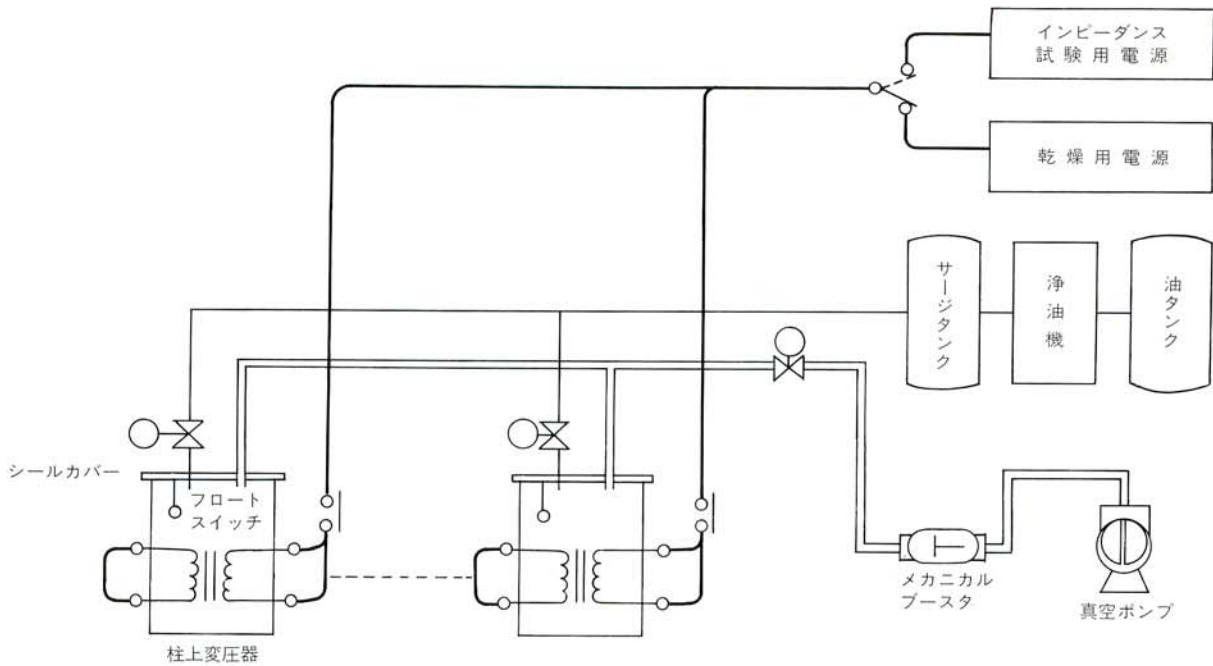


図10/インピーダンス乾燥真空注油装置系統図
Fig. 10/Diagram of impedance watts drying and vacuum treatment process

ている。

(3) 油タンク・浄油機・サージタンク

本浄油機により製品に注油される絶縁油は、水分量15 ppm以下、空気溶解量2.0%以下、浮遊固形不純物0.1 μ以下及び絶縁破壊電圧50kV以上(2.5mmギャップ)の高品位に浄油される。

これらの設備容量は次の通りである。

- (a) 油タンク…………… 3基、容量 30kl/基
- (b) 浄油機…………… 2基、処理能力 3 kl/時
真空度 1トル以下
油加熱温度 室温+15°C
- (c) サージタンク……… 2基、容量 3 kl/基
2 kl/基

(4) 真空ポンプ・メカニカルブースタ

本装置の真空排気は、真空ポンプとメカニカルブースタの組合せにより行われ、セットされた柱上変圧器のケース内は、真空度0.05トル以下に排気され、高真空下で脱気油を注油することができる。

これらの設備能力は次の通りである。

- (a) 真空ポンプ排気速度 1.5kl/分
- (b) メカニカルブースタ排気速度 600m³/時

(5) シールカバー

本カバーは前記の浄油装置及び真空排気装置とフレキシブルホースで接続され、総組立場から自動搬送されてきたすべての器種の変圧器ケースに自動的に着脱できる真空脱気、注油用シールカバーである。

また本シールカバーにはフロートスイッチが取り付けられており、絶縁油を指定油面まで、正確に注油することができる。

(6) 制御装置

本装置は、柱上変圧器のケースにセットされたサーチ

コイルにより、乾燥温度及び真空度を自動記録するほか、乾燥温度に追従してその供給電源容量を自動調整するなど、乾燥プロセス全体を自動コントロールするものである。

3.4 特性試験システム

本システムは、パーソナルコンピュータとデジタル計測器とを GPIB インターフェースで結び、変圧器の特性を正確に、かつ短時間に測定するものである。なお、本システムのブロック図を図11に示す。

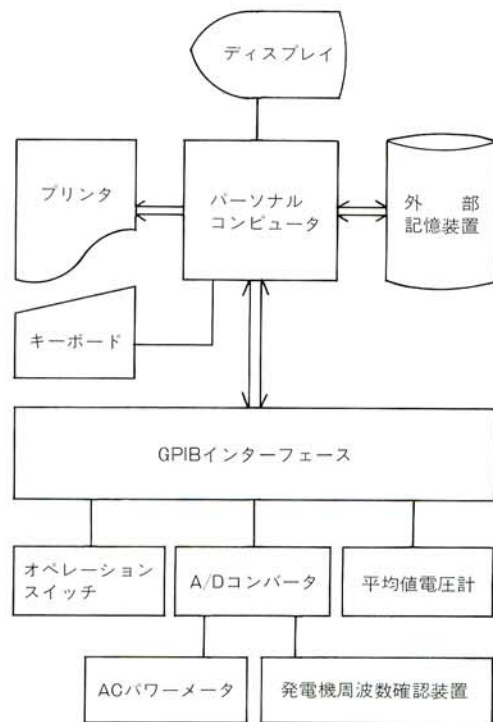


図11/特性試験システムブロック図
Fig. 11/Block diagram of measurement of performance tests



図12/コンピュータ計測装置
Fig. 12/Computer measurement device

キーボードからの入力を極力少なくするために、ディスプレイには操作項目をメニュー方式で表示させるとともに、GPIBコントロールによるオペレーションスイッチ方式を採用している。

計測器には単相から3相までを高精度に測定できるACパワーメータを採用し、プログラムによりA/Dコンバータを高速にスキャンさせて各相の実効値電圧、電流、損失を瞬時に取り込むことができる。また、無負荷試験専用の平均値電圧計にはGPIBインターフェース内蔵形を採用し、コンピュータコントロールを容易にしている。

外部記憶装置にはあらゆる器種の仕様データと管理値が書き込まれており、試験器種を選択することにより自動的に目的の器種だけのデータが読込まれ、コンピュータの記憶装置へと書込まれる。

さらに、発電機周波数確認装置を採用し、試験周波数と一致しているかを自動的にチェックすることができる。すなわち、もし周波数が一致していない場合にはディスプレイ上にメッセージがブリンクして表示され、発電機周波数と試験周波数が一致するのを待って次のステップへ進むシステムとなっている。

試験準備が完了した後は、オペレーションスイッチを操作するのみで順次測定データが取り込まれ、試験電圧のチェックから合否の判定まで1秒以内で行うことがで

きる。

取り込まれたデータは即座にデータ用フロッピーディスクに書き込まれる。

変圧器銘板の刻印事項発行もディスプレイのメニュー画面からの選択だけで自動的に行うことができ、それぞれの器種に応じたフォームでプリンタへ出力される。

以上が特性試験システムの概要であるが、本システムにて取り込まれたデータは別の8インチフロッピーディスクへ転送され、図13のコンピュータシステムにより「試験成績表」の発行、「データ集約」などのデータ処理システムへと引継がれる。



図13/データ処理装置
Fig. 13/Data processing equipment

4あとかき

このたびの柱上変圧器新製造ラインの完成により、製品の信頼性の向上、多品種生産への適合、リードタイムの短縮など多大の成果を納めることができた。

本稿では、特に主要な自動化設備関係を中心に述べたが、新塗装ライン設備については、第一号にて紹介した通りであり、また、フープ材から切断、巻板に至る全工程を完全自動で行う全自動鉄心巻板機、24時間無人運転の連続自動焼鈍炉などについては、別の機会に紹介する。

なお、今回の柱上変圧器製造体制を見直すにあたり、これら機械設備のほかにも、巻線、絶縁作業場を区画遮蔽し、絶縁性能上極めて重要な塵埃混入防止を図るなど、作業環境の点においても品質向上施策を積極的に推進した。

引続きこれまでに蓄積した技術をベースに、更に新しい製造設備の開発を推進することにより、今後、ますます多様化、高度化する需要家のニーズに応えていく所存である。