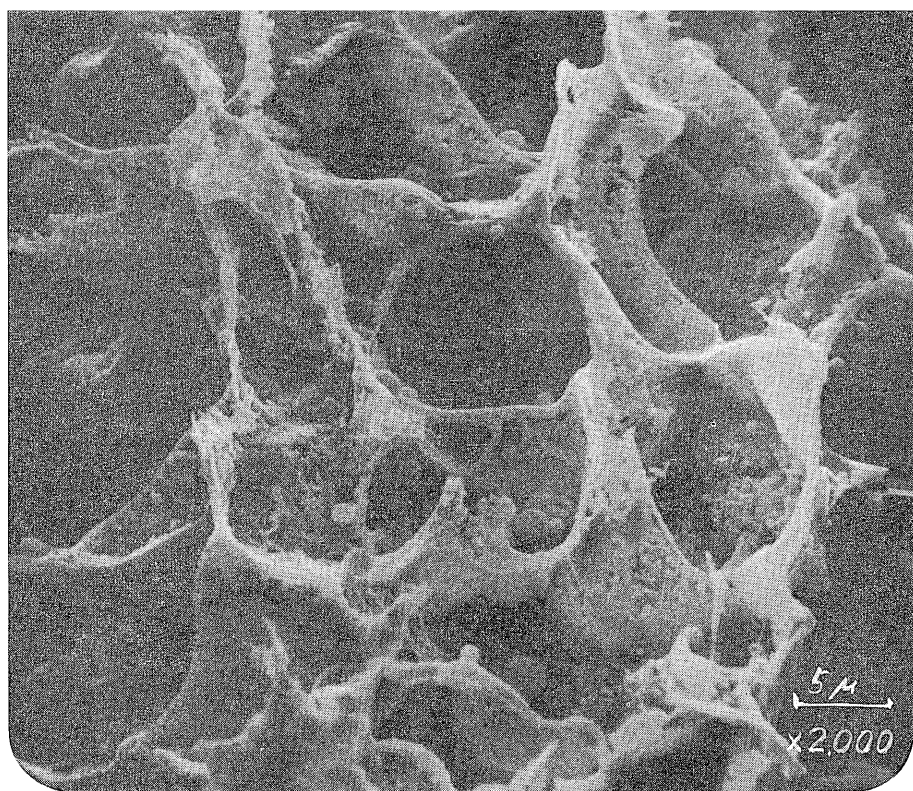




XXIII. 研 究 ・ 開 発

Research and Development

資本の自由化はいよいよ最終段階に入り、技術革新の急速な進展と厳しい国際的技術競争を予想される状態を迎え、1971年は、総合電機メーカーの当社にとって、きわめて重大な年である。

欧米先進メーカーの強大な技術開発力を背景にした東南アジアへの進出、今年から予定される特恵関税の適用、繊維輸出問題を契機に、対米輸出の低下、国内の諸問題など、困難な状態のなかで厳しい技術競争に対処するには、基礎技術の研究を積み重ね、これをもとに自主技術の開発体制を強化することが急務である。またここ数年間のわが国産業規模の拡大にともない、輸出先との間に生じる摩擦から、輸出抑制を余儀なくされ、国内景気に大きく影響する事情を考えると、今後、国際的視野から開発、製造、販売を見通してゆく配慮が、必要になると思う。

昨年の研究開発部門の活動のあとを顧みると、今後の技術開発には、開発、応用、製造、販売までの長期見通しと、時期的要請を入れた計画性が重要である。基礎材料、絶縁、半導体、電気応用技術など、各研究開発部門の、不撓の努力により、当社の技術開発力は一段と充実してきたと思われるが、今後の技術開発は、その対象が大形化、システム化するため、プロジェクト研究がさらに増加し、研究開発各部門の緊密な協調が必要である。

昨年の研究開発部門の活動はきわめて多方面におよび詳しく述べる余裕はないが、その成果として研究部門では、高導電性強力アルミニウム合金の開発、新接点材料の開発、合成樹脂の成形応用や発泡接着の技術、SF₆ガスの絶縁応用基礎技術などがあり、製品応用面でトランスの高圧絶縁技術、大容量高速サイリスタの開発、プレーナ基礎技術の向上、バラクタダイオードの開発、O₂-H₂燃料電池の開発などがあげられる。

また開発部門では、DCチョップによる車両運転技術、無整流子電動機の各種運転方式の開発などの制御技術の研究が進み、高電圧変換、超電導応用などの将来技術の開発も意欲的に継続され、磁気抵抗素子、サーボモータ、ナトリウム電磁ポンプなどの応用技術の開発にも見るべき成果があった。

次頁以下に、これら研究開発の成果のいくつかを紹介するが、これらはこの部門の活動の一部である。このほか研究開発の不断の努力は全社の設計、製造、試験技術の改善、信頼性の向上、価格の低減などに大きく貢献している。

中央研究所、開発部はもちろん、各部各工場の技術部門、開発部門は緊密な協力の下に、産業市場の情勢を見通し新技術の開発、現製品の性能向上に不断の努力を重ね 1970 年代の新たな発展を期している。

XXIII. 1 油中ガス分析による変圧器の 異常早期診断

(Early judgment on incipient faults in
transformers by dissolved gas analysis)

か動中の電力用変圧器を保守管理する場合、無停電で変圧器内部の異常が早期に発見され、これに対する適切な措置が速かにとり得るならば、異常が事故まで発展することを未然に防止できるという点で、これから述べる研究はきわめて重要なこととなる。

変圧器内の異常は一般に局部加熱（アークも含む）を伴い、これによりその周囲の絶縁油をはじめとする有機絶縁材料が、酸化分解あるいは熱分解を起こし、ガスを発生する。そして、発生するガスの種類あるいは量は、材料の化学構造と加熱温度（エネルギー）に依存する。

これらのガスは、泡となって一部絶縁油外に放出されるが、大部分は油に溶解する。これら油に溶解したガスを抽出分析すれば変圧器内部での異常の有無、あるいはその個所を推定でき、事故となる前に適切な処置がとれる。

以上のような原理で内部の異常の発見、あるいは推定をする場合、あらかじめ各材料からの発生ガスと、発生ガスの油中での挙動に関する詳細な研究を充分行なう必要があり、さもなくば不十分なデータであるために誤った診断をしてしまうことがある。

当社では十数年前からこれらに関する詳細な基礎研究を行ない、さらにモデル変圧器やか動中の変圧器などで応用研究を行ない、従来行なっていたブッフホルツリレーに集積されたガスからの異常診断より、より微弱なもの、あるいは初期段階での異常をも検出できること、また変圧器か動中においてもこの方法が実施できることを確認し、昭和 35 年「油中ガスによる変圧器の異常早期診断法」として他にさがけて発表した。その後、各電力会社、各電機メーカーではこの方法に注目しはじめたが、当社においては他社より一歩先んじ、あらゆるケースでのガス分析データを着実に集積することができ、現在ではほぼ完成された診断基準値ができた。すなわち、当社では、過去十数年の経験にもとづき、変圧器の診断を行なうためには、 O_2 、 N_2 、 H_2 、 CH_4 、 CO 、 CO_2 、 C_2H_2 のガスを対象ガスとすれば充分であり、それらのガスが変圧器内にどれ程溶解しているかを、絶対量 (liter 表示) で知ることが必要なことを確認し得たので、あらゆる場合について問題なく適切な診断を下すことに成功している。そして、現在では不燃油入り変圧器の異常診断まで可能な情勢になった。

これらの診断結果は、事故防止に役立つことはもちろん、変圧器の設計、あるいは工作面の改良に対する重要

な資料として、製品にフィードバックされている。

XXIII. 2 密閉開閉設備用 SF_6 避雷器

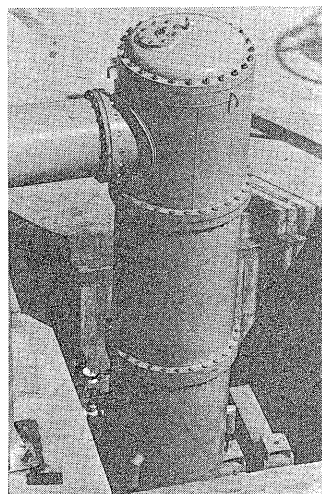
(SF_6 arrester for fully insulated
metalclad high voltage switchgears)

154kV 密閉開閉設備用 196kV SF_6 避雷器を開発した。本器は大容量器にもかかわらず比較的小形で当社の 154kV 密閉開閉設備とよくマッチしている。特性を第 XXIII・1 表に外観を第 XXIII・1 図に示す。特長として、①直列ギャップはイメージコンバータカメラによる続流アーク観測結果に基づき最適設計され、14kV 換算線路静電容量 120 μF のギャップが 14kV 当たり 1 点で構成された。これより部品数が減り小形・低廉化が進み、金属カプセルへの浮遊静電容量による各ギャップの電位分布の乱れも容易に補正できた。②内部要素と金属カプセルとは同心配置であるがコロナの発生は SF_6 ガスのコロナ開始電界強度がとくに高いことおよび高電位側に特殊同心状静電シールドを設けたことにより 93kV でも 10PC 以下におさえられた。③ SF_6 ガス中での放電開始電圧のばらつきは充分なイオン照射によって、標準偏差 2% 以下となった。④分解ガスの影響が実用上無視できる。（これは、 SF_6 ガスの分解量はしゃ断器とことなり、避雷器続流ではきわめて少ないこと、本器の場合ギャップ点数が 14 個と少ないこと、フィールドでの避雷器動作回数が少ないこと、また、たとえ分解ガスが発生したとしても充分な吸着剤が設置されていること。使用材料の耐分解ガス性がすぐれていることおよび充分

第 XXIII・1 表 試作器の特性値

Table XXIII・1. Characteristics of trial
 SF_6 -arrester

定格電圧 (kV)	公称放電 電流 (kA)	放電開始電圧 (kV)		制限電圧(kV) at 10kA
		商用周波	衝撃波	
196	10	308	458	490以下



第 XXIII・1 図
VMH 用 SF_6 避雷器
HF 466/196 EG
Fig. XXIII・1.
 SF_6 -arrester HF 466/
196 EG for VMH

な水分管理を行なっていることによる)。などがあげられる。

XXIII. 3 回転機絶縁方式 (低圧 F・H 種, 高圧 F 種)

(Insulation for rotary machine)

最近の回転機の動向は高信頼性と小形軽量化, 高出力化にあり, 使用条件の過酷化とあいまって電動機の耐熱階級も上る一方であり, したがってより一層高い耐熱性を有する絶縁方式の確立が強く要望されている。

特に低圧機器に関しては電車用主電動機, 船用, クレーン用電動機, 電動工具用電動機などに F 種化が進み, H 種も車両用主電動機, 圧延用中容量電動機を中心とした直流機に今後一層の進展が予想される。

この分野での研究に関しては, 最近の新しい耐熱性材料の進歩, 発展によって電線, ワニス, 溝絶縁材料にこれらを組み合わせた新しい耐熱性絶縁方式の確立に関する研究が積極的に進められた。すなわち各種電線, ワニス溝絶縁材料の材料単独による耐熱寿命評価試験はもちろんであるが, これら諸材料の組み合わせ試験〔たとえば電線とワニスの組み合わせによる IEEE No. 57 (ツイストペア) 試験, IEEE No. 117 (モータレット) 試験など〕によって絶縁組織としての耐熱寿命評価がシステムティックに行なわれた。その結果, エナメル線の拾い込みによる低圧 F・H 種絶縁方式としては, 電線に熱的, 機械的特性のすぐれた特殊耐熱電線を, 溝絶縁材料にノーマックスなどを主体とする特殊耐熱薄葉材料を使用し, ワニスとしては F 種にはエポキシ系または無溶剤ポリエステルワニス, H 種には非シリコン系耐熱ワニスを用いることによって, 特性的にも経済的にもすぐれた耐熱絶縁方式を開発し実用化するに至った。

また高圧に関しても, 最近国内外において F 種化の機運が高まりつつあるが, 当社においても 3~6kV 級の高圧 F 種絶縁方式としては, 現用スタビラスティック絶縁について, 電線の改良, コイルエンド処理方法の改良を行ない, 一連の耐熱寿命評価試験の結果, F 種の耐熱性を有する高信頼性絶縁としての評価を確立し, 実用化を進めている。

引続き開放屋外 F 種シリーズ化, 小形化を目標とする新しい絶縁方式の確立に対する研究が続けられ, 近々耐熱寿命評価試験を終了し, 実用化の態勢に移行中である。

XXIII. 4 半 導 体 素 子 (Semiconductor elements)

XXIII. 4-1 電力用サイリスタ

一昨年度末, 開発を進めてきた全拡散形電力用サイリスタ KGP04-25 は, 試作結果も良好に開発を完了

第 XXIII・2 表 主 要 特 性

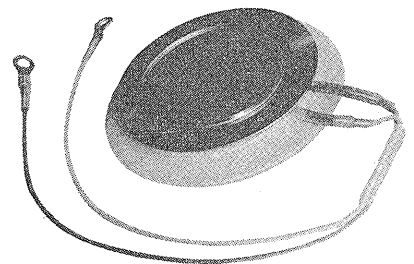
Table XXIII・2. Ratings and characteristics
of KGP04 and KGP22

項 目	KGP04-25	KGP22-13
平均順電流	485A	400A
せん頭逆耐圧	2,500V	1,300V
せん頭順耐圧	2,500V	1,300V
平均順電圧降下	2.0V	2V
臨界電圧上昇率	2,000 V/ μ s	100 V/ μ s
臨界電流上昇率	100 A/ μ s	100 A/ μ s
ターンオン電流	200A	200A
最大ターンオフタイム	400 μ s	50 μ s
許容接合部温度	125°C	115°C

し, 工場移管もほぼ終了した。本素子は, 従来同級品 KGP02-25 の拡散合金法にかえて, 全拡散法が用いられており, 歩どまり向上と一部動特性の改良がなされた。全拡散形高速度サイリスタ KGP22-13 は, ライフタイムキラ導入工程を中心に検討され, 歩どまり良く素子を製造する各工程を確立した。第 XXIII・2 表に KGP04-25 および KGP22-13 の主要特性を示す。

これら電力用素子のケース構造についての検討も加え, 在来の凹形平形ケースにあわせて, 凸形平形ケース構造を開発し, KGP04, KGP22 に適用した外形を第 XXIII・2 図に示す。高速度サイリスタに対しては, ほぼ実用運転に近い, パルス性電流を流し, ターンオフタイム, 電流定格の測定を行なっている。

また, 車両用チョップ回路などに対しては, 逆導通サイリスタの要求が強くなっており, 1,300V 400A 30 μ s 級素子の製造工程の基本的実験を終了し, 試作段階に入った。



第 XXIII・2 図 KGP04 形および KGP22 形外観
Fig. XXIII・2. Outerview of KGP04 and KGP22

XXIII. 4-2 バラクタダイオードの開発

テレビジョン, ラジオ等の自動制御用としてバラクタダイオードが多く使用されるようになった。バラクタダイオードとはダイオードに逆バイアスを加えると静電容量が非直線的に大きく変化し, かつ容量素子として損失の小さいものである。当社でも各種のバラクタダイオードを開発しており, そのなかにはすでに開発を完了して

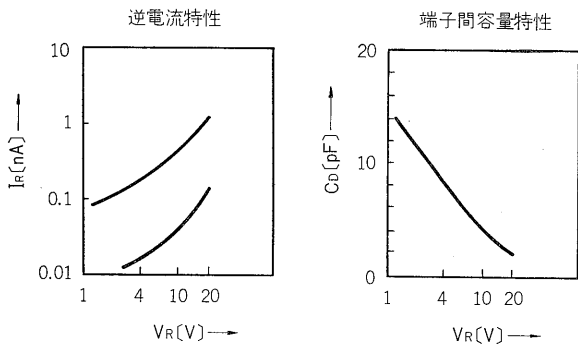
いるものがある．一例としてテレビジョン色回路の自動位相制御につかわれる，いわゆるAPCダイオードの特性を第XXIII・3表と第XXIII・3図に示す．このほかに自動周波数制御用（AFC），自動利得制御用，自動周波数変調用バラクタダイオードも製造方法としてはいずれも類似のもので，開発を完了した．

第 XXIII・3 表 バラクタダイオードの定格特性
Table XXIII.3. Characteristics of APC varactor diode

- (1) 絶対最大定格 (Ta……………-25℃)
- 周囲温度 Ta……………-55～+100℃
- 保存温度 Tstg……………<100℃
- 直流逆電圧 V_R ……………25V
- (2) 電気的特性 (とくに指定のない限り Ta=25℃ とする)

項 目	記 号	最小値	標準値	最大値	単 位	条 件
降伏電圧	$V_{(BR)R}$	20			V	$I_R=100\mu A$
逆 電 流	I_R			50	nA	$V_R=15V$
逆 電 流	I_R			0.5	μA	$V_R=15V$ $T_a=60^\circ C$
端子間容量	C_D	7	8.5	9.5	pF	$V_R=4V$ $f=1MHz$
Q	Q	200				$V_R=4V$ *注 $f=50MHz$
容量変化率	$\frac{C_D 1V}{C_D 5V}$	1.5				$f=1MHz$

注：Q特性はアドミタンスブリッジ BOONTON 33 B 相当品にて測定



第 XXIII・3 図 APCダイオードの逆電流容量特性
Fig. XXIII.3. Reverse current and capacity of APC diodes

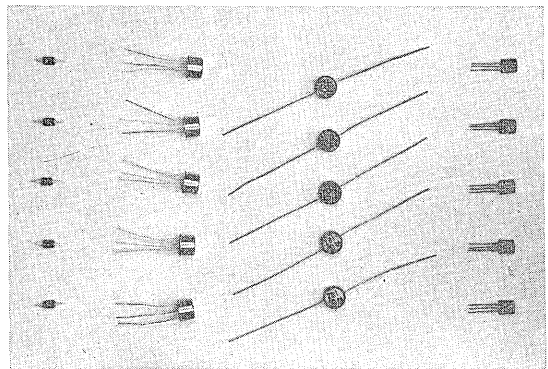
XXIII. 4-3 プレーナ形素子の開発

開発したプレーナ形素子としては，さらにツェナダイオードとハイブリッド IC 用素子がある．

ツェナダイオードは容量を 250mW 級と 750mW 級の 2 系列として，5V から 30V までのあらゆるツェナ電圧についての製造条件を確立した．特に 5～6V 低圧品は従来にない逆もれ電流の少ない安定な特性が得られている．また，大量処理を可能にする工程を採用して安

価に量産する技術を確立したので，今後は充分需要に応じられる見通しである．外形は，250mW 級はピンヘッド形，750mW 級は ZB-1 に合わせて同じ樹脂注型形とした．このツェナダイオードはまた封じ前のペレット段階でハイブリッド IC 用につかうことも可能である．

ハイブリッド IC（混成集積回路）用素子として開発したものには，その他にトランジスタ，ダイオード，ユニジャンクショントランジスタ（UJT）などがある．トランジスタは低周波電圧増幅用として npn と pnp の両方のタイプを開発した．IC は 100mA と 1A の 2 種類であるが，ともにコンプリメンタリ増幅を考慮して相補特性も持つようにした．ダイオードは p ベースと n ベースの 2 種類を用意したが，PIV 300V（n 形），200V（p 形）， $I_R 1\mu A$ 以下で，電流容量は 1A まで各種得られている．UJT は $V_{BB} 60V$ ， $I_E 50mA$ ， $R_{BB} 4\sim 10k\Omega$ ， $\eta 0.4\sim 0.8$ ， $V_v 1.2\sim 2.0V$ の特性が得られており，これは現在市販されているディスクリート素子と同等の特性である．



第 XXIII・4 図 プレーナ形素子の外観
Fig. XXIII.4. Outview of silicon planar diodes and transistors

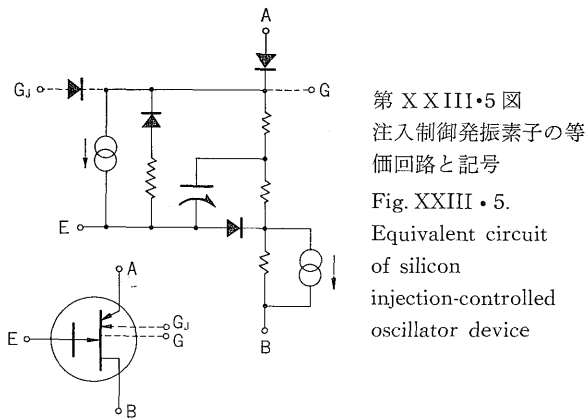
XXIII. 4-4 プレーナ形注入制御発振素子の開発

新素子として プレーナ 形注入制御発振素子（ICO）を開発した．

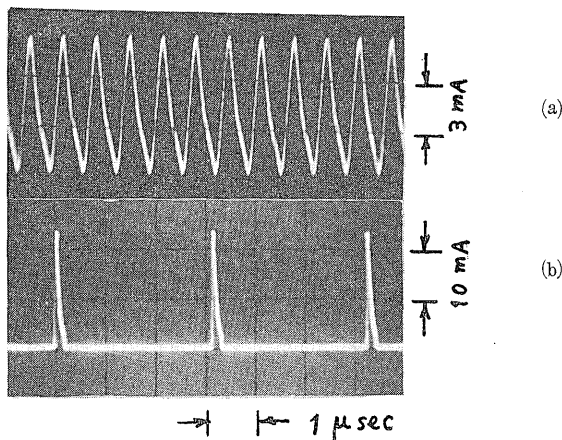
p⁺基板上に高抵抗 n 形成長層をもつシリコンエピタキシャルウエハの表面上の点接触 2 点間に，一定値以上の電圧を印加すると電流の自励発振を生じ，その周波数が受光変調を受ける現象を見出した．この現象を実用化するために，プレーナ技術を用いて試作したのがプレーナ形 ICO である．プレーナ形 ICO は，n 形シリコンウエハにりん拡散とボロン拡散をすることにより点接触電極を p 形低抵抗の駆動エミッタ（Actuating Emitter；A）と，拡がり抵抗をもつオーム接触のベース（B）とに置き換え，さらに両者間の 高抵抗母体上に p 形低抵抗

XXIII. 5 変 換 装 置

(Power converters)



第 XXIII・5 図
注入制御発振素子の等
価回路と記号
Fig. XXIII・5.
Equivalent circuit
of silicon
injection-controlled
oscillator device



(a) $V_{AB}=20V$: 2 端子発振 (E, G : 開放)
(b) $V_{AB}=5V$: E に付加量 $0.1\mu F$

第 XXIII・6 図 電流発振波形

Fig. XXIII. 6. Current oscillating wave

のエミッタ (E) を形成して作られる。この方法を用いることによって安定な実用性能を有する素子とすることができた。その等価回路と発振波形を第 XXIII・5 図、第 XXIII・6 図に示す。

本素子の発振を支配する負性抵抗は UJT と同じ機構であって、エミッタ電流によるエミッターベース間の電導度変調に基づいている。しかし ICO はエミッタ接合容量が大きく、駆動エミッタから少数キャリアの注入があるため二端子持続発振を行なうのが特長である。発振振幅は駆動エミッターベース間電圧によるが、発振の始動・停止と発振周波数とは駆動エミッタから注入される少数キャリアの量とそれの輸送効率に依存する。そこで、両エミッタ間にオーム接触ゲート (G) や pn 接合ゲート (G_J) を設ければ、発振とその周波数をゲートバイアス電圧により制御することができる。この原理を応用したのが同時に試作したゲート付 ICO である。

XXIII. 5-1 サイリスタ DC チョップパ

サイリスタ DC チョップパによる電気車の駆動は、実用期を迎え、チョップパ駆動のバッテリーフォークリフト、電気自動車、鉄道電気車などの需要は増大しつつある。サイリスタチョップパは、周知のように電気車駆動装置として多くの特長をもたらしたが、従来のガソリンエンジン搭載の自動車や、抵抗制御の電気車に比べて、重量、容積、設備費の増大は避けられず、また、通信、信号障害の除去対策もきわめて慎重にすすめられ、実用上支障のない程度にまで架線の高調波電流を低減していることが理論的、実験的に確認されているとはいえ、なおさまざまな適用の条件において、通信、信号障害を避けるための検討を必要としていることも事実である。

当社では、これらの問題を細大漏らさず取上げて検討を行っており、チョップパの小形化、価格低減、安定運転、通信・信号障害の除去に関し、多くの成果を得た。

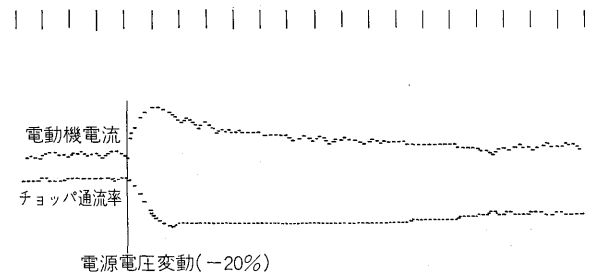
以下にその代表的なものを二三紹介する。

XXIII. 5-1-1 高調波軽減用フィルタ

チョップパ、電動機を含む自動制御系の応答速度、外来サージ、電源しゃ断、負荷しゃ断などとフィルタ電圧変動の関係を、高調波軽減用フィルタ L-C の定数、チョップパ相数、通流率などと架線の高調波電流分布、等価妨害電流との関連において、従来明らかにされている各素子チョップパの通流率が平衡している場合のほか、各素子チョップパの通流率が不平衡な場合、および 1 個または複数個のチョップパが欠相した場合についても明らかにした。

XXIII. 5-1-2 チョップパによる直巻電動機制御系のデジタルシミュレーション

チョップパによる直巻電動機の制御系の特性解析と、最適調整のための制御調節器の調整要素の定数を算出するために、デジタルシミュレーションを行ない、さまざま



第 XXIII・7 図 チョップパによる直巻電動機の回生制動中の電源電圧外乱に対する過渡特性

Fig. XXIII. 7. Transient response at braking

まな条件における運転状態を検討する手法を確立した。第 XXIII・7 図は、チョップによる回生制動中に電源電圧外乱を受けた場合の電動機電流とチョップ通流率の様相を、デジタルシミュレータで算出した結果を示している。この計算結果は実験結果とよく一致し、シミュレーションの良さを示している。

XXIII. 5-1-3 クランピングダイオードの効用検討

直巻電動機の回生制動に際して従来常識的にそう入されていた電流逸走防止用の、いわゆるクランピングダイオードの効果を明らかにするとともに、チョップならびにその制御装置、過電流保護用高速度しゃ断器と組み合わせた場合には、その効力を発揮する機会がなく、実質的にはこのダイオードは無用であることを計算および実験で明らかにした。

XXIII. 5-2 サイリスタ変換装置による交流電動機の制御

最近、交流機の可変速制御が注目されているが、当社ではすでに紡績プラントを中心にして自励インバータによる電動機群運転装置を多数納入している。さらに数年前から直流機に代る機能をもった無整流子電動機（サイリスタモータ）について、サイリスタ変換装置、電動機本体、制御システムなどの基礎技術を検討しており、現在では諸運転方式を確立して実用化の段階にはいっているので開発した諸方式と問題点を簡単に述べる。

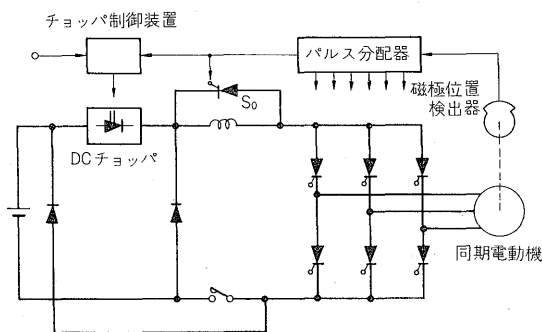
XXIII. 5-2-1 無整流子電動機

本機は同期電動機の電機子巻線と電源との間にサイリスタ整流子を接続し、界磁極と電機子巻線の相対位置に応じて各サイリスタを点弧、消弧してトルクを発生する電動機系であるが、これは電源の種類、およびサイリスタ整流子の転流方式により次のように分類される。

XXIII. 5-2-1-1 電動機転流式直流無整流子電動機

直流電源から電力を供給され、サイリスタ整流子の転流は電動機の逆起電力によって行なわれる方式である。

自動車や電車など直流電源しか得られない場合の 4 象限運転可能な接続図の一例を第 XXIII・8 図に示す。交



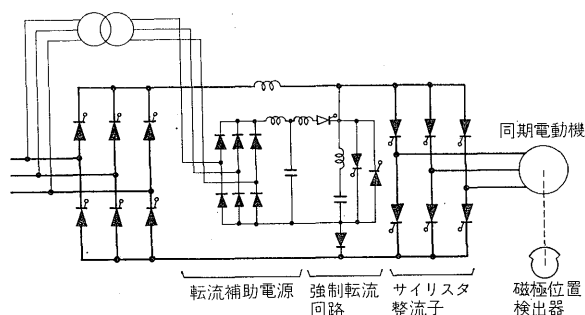
第 XXIII・8 図 DC チョップによる無整流子電動機の制御系統図

Fig. XXIII・8. System diagram of commutatorless motor

流電源がある一般工業用途ではチョップの代りに整流器が用いられる。なお S_0 は低速時の転流補助用であり、これによって本方式の実用化が可能となった（特許出願中）。本方式は回路部品が少ないのが特長で、急速な可逆転運転を行なわない用途に適している。

XXIII. 5-2-1-2 強制転流回路付直流無整流子電動機

第 XXIII・9 図に主回路構成を示す。強制転流回路には種々の方式があるが、いずれもサイリスタ整流子の転流を逆起電力に頼らず、転流補助電源によるのでどのような場合にも転流が可能であり、急速連続可逆運転を必要とする用途に用いられる。主回路部品点数はやや多くなるが制御むだ時間も短く DC レオナードなみのすぐれた制御機能を有している。

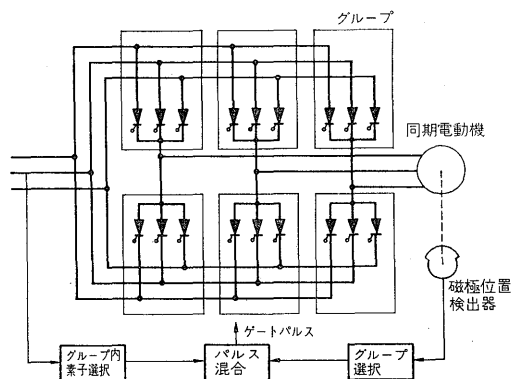


第 XXIII・9 図 強制転流回路付直流無整流子電動機の主回路接続図

Fig. XXIII・9. Main circuit of DC input commutatorless motor with forced commutating circuit

XXIII. 5-2-1-3 交流無整流子電動機（AC サイリスタモータ）

交流電源をいったん直流に変換せずにサイクロコンバータにより同期機に供給する方式で第 XXIII・10 図は電源、電動機とも三相の例である。電動機の一相は三相整流のサイクロコンバータで構成されており（これをグループと呼ぶ）、グループは界磁極の位置に応じて選択



第 XXIII・10 図 交流無整流子電動機の回路構成

Fig. XXIII・10. Main circuit of AC input commutatorless motor

され、グループ内サイリスタは電源電圧位相によって選択される。したがってサイリスタの転流モードは電動機転流と電源転流に分けられるが、常に電源転流によってバックアップされているので低速時にも転流補助回路は不要である。出力周波数は低周波から電源周波数以上まで自由に変更でき、4 象限運転も可能である。

XXIII. 5-2-2 その他、大形低速機駆動用のサイクロコンバータ

本項に関しても実用化を進めている。これは定周波電源の電圧波形をサイリスタ整流器で切り出し、次々に継ぎ合わせて低周波の出力電圧を得るものであるが、電動機の逆起電力が正弦波であり、有効トルクも正弦波電流で与えられるので出力電圧を正弦化して用いている。実用上の周波数限界は電源周波数の約 $\frac{1}{3}$ である。

以上述べた無整流子電動機の各方式について電動機の界磁構造、インピーダンス特性、変換装置部分のサイリスタの責務なども検討し、位置検出の方法、始動方式を確立して各用途への実用化の段階に至った。

XXIII. 6 オゾナイザ、オゾンメータ (Ozonizer, Ozonemeter)

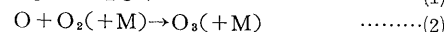
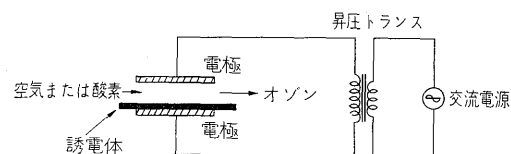
近年、産業廃水などによって著しく河川が汚染され、上水用原水の水質が悪化してきているため、従来の塩素法などによる水処理だけでは充分浄化しきれなくなりつつある。このようなことから、ふっ素に次いで強い酸化力を持つオゾン (O_3) による水処理法が注目され、現在各所で研究開発が行なわれている。

このような背景から当社ではオゾン濃度を自動的に計測するオゾンメータをそなえた工業的規模のオゾン発生装置 (オゾナイザ) を開発している。

オゾンの発生原理は古くから知られている無声放電を利用したもので、その原理図を第 XXIII・11 図に示す。放電している空間に原料の空気あるいは酸素をとおすと式(1)~(4)のような反応が起こりオゾンが生成する。

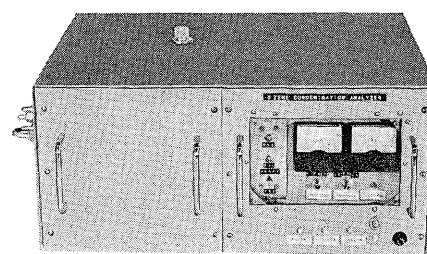
このような原理を応用した、工業的な規模の水処理用オゾナイザとしては、オゾンの発生収率の向上のための研究、装置の信頼性を高めるための研究、オゾナイザの設備のコスト、ランニングコストを下げるための研究などが必要で、これらについて種々の検討を行なった。

また、発生したオゾンの濃度を自動的に計測し、オゾナイザを自動制御するためのオゾンメータを開発した (北海道工業開発試験所式)。このオゾンメータは非分散形紫外線吸収法に基づく連続分析計で、応答速度が速く高精度であり、他のガスの影響がないようになっている。オゾン濃度の測定範囲はレンジを切換えることにより、0~4%、0~1%、0~0.1%のものが測定できる。第 XXIII・12 図は開発したオゾンメータの外観である。



第 XXIII・11 図 放電管原理図

Fig. XXIII・11. Principle of discharge tube



第 XXIII・12 図 オゾンメータ

Fig. XXIII・12. Ozonemeter

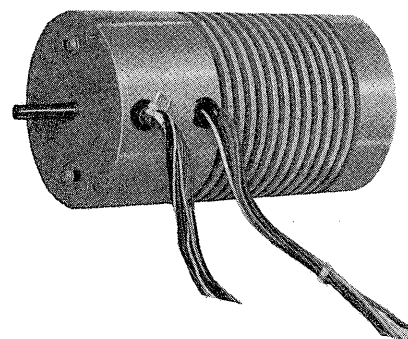
XXIII. 7 機 器 (Machinery)

XXIII. 7-1 ブラシなし直流サーボモータ

一般に直流サーボモータは、高効率、高始動トルク、回転速度の選択度が大きいなどの利点があり、制御電動機用としてよく使用されている。しかし整流子とブラシを持つので、それらの摩損が避けられぬことによる保守および信頼性の点、ならびにブラシの摩擦トルクによる電流不感帯が有ることが欠点とされている。

当社では制御用電動機の研究の一環として、整流子とブラシをなくし、代りにトランジスタを順次スイッチオンさせて整流作用を行なわせ、従来の欠点を除いた高性能なブラシなし直流サーボモータの開発を行なっている。その外観を第 XXIII・13 図に示す。

本電動機は、電動機本体、ならびにスイッチングトランジスタその前置トランジスタなどよりなる電子制御回



第 XXIII・13 図 ブラシなし直流サーボモータ外観

Fig. XXIII・13. Outview of brushless DC servomotor

路部とから構成されている．さらに電動機本体は，高性能永久磁石回転子，積層鉄心とその鉄心溝中に巻込まれ電機子巻線群よりなる固定子，および回転子の位置に応じた出力信号を電子制御回路に与える回転子位置検出部とから成立っている．回転子位置検出素子としては，当社製の磁気抵抗素子あるいはホール素子を使用している．磁気抵抗素子ならびにホール素子は，磁界が加わるとその電気抵抗が増加，あるいは起電力が発生する半導体素子である．これらは，いずれも小形であり，回転子位置を非接触で検出しうる．

本サーボモータの主な特長は次のとおりである．

- 1) 磁気抵抗素子あるいはホール素子を使用した回転子位置検出装置とトランジスタの組み合わせからなる半導体化によりブランナしとした．これにより従来のサーボモータの欠点を除き，信頼性が高く，長寿命であり，電流不感帯の点も解決しうる．
- 2) 永久磁石回転子は軸方向に長く，直径の小さい円筒形状とし，慣性性能率が小さく制御特性が良い．
- 3) 本電動機の損失の大部分は固定子巻線で生ずる．巻線で生じた損失は，直接熱伝導により固定子フレームに伝わるので冷却が効果的に行なえ，小形で大出力が得られる．

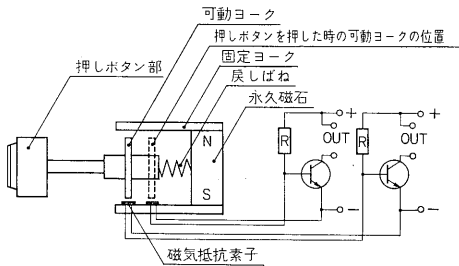
XXIII. 7-2 磁気抵抗素子の応用

電子制御装置の急速な発達とともに，この入力要素としての検出装置に対しても，無接触化，無接点化による信頼性の向上ならびにメンテナンスフリー化が強く要求されている．

磁気抵抗素子は磁界の強さに応じて抵抗が変化する素子であり，小形で耐振性に富んでいる上に，湿気，ごみなどに影響されない特長があり，無接触，無接点機器の検出素子として適している．この素子を使用して，スイッチ類あるいは DC モータなどの無接触化あるいは無接点化を対象として研究開発を行なっている．

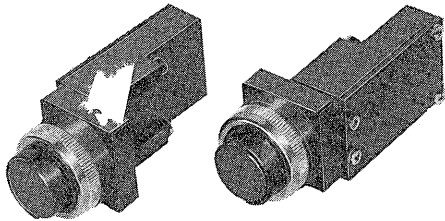
XXIII. 7-2-1 押しボタン形無接点スイッチ

第 XXIII・14 図に押しボタン形無接点スイッチの原理構成図を示す．磁気抵抗素子は固定ヨークに固着されており，押しボタンが押されると可動ヨークの位置が移動し，磁気抵抗素子に加わる磁束量が変わること



第 XXIII・14 図 押しボタン形無接点スイッチ原理構成図

Fig. XXIII・14. Principal structure of contactless push button switch



第 XXIII・15 図 押しボタン形無接点スイッチの外観

Fig. XXIII・15. Outview of contactless push button switch

素子の抵抗が変化する．一方磁気抵抗素子のリード線は電子スイッチ回路のトランジスタのベース—エミッタ間に接続されているので，この素子の抵抗変化は電圧変化に変換されトランジスタをオン，オフ動作させる．

仕 様

- (1) 電 源 電 圧：DC 12V ±10%
- (2) 出 力：オン時 80mA，0.4V 以下
オフ時 0.1mA 以下，12V
- (3) 使用温度範囲：-20℃～+70℃

XXIII. 7-2-2 無接触カムスイッチ

鉄道車両用制御装置のカム位置検出器として開発された無接触カムスイッチであるが，カム位置検出だけでなく，磁性体を対象とした近接スイッチとしても使用できる．

この構成は検出ヘッドと電子回路からなり，検出ヘッドは永久磁石を内蔵し，その磁極に磁気抵抗素子を取付けてある．電子回路は IC 化された増幅回路と波形整形

第 XXIII・4 表 水 銀 リ レ ー 仕 様
Table XXIII・4. Specifications of mercury relay

形 式	動作コイル		接 点				動作時間	絶縁耐力	温度範囲
	定格電圧	消費電力	構 成	連続容量	投入容量	開閉容量			
HA24P	DC 24V	5VA	3C	3A	DC 100V 5A	200VA 100万回	6~8ms	AC 2,000V 1分間	-10~40℃
	DC 48V					20VA			
	DC 100V					10,000万回			
	DC 200V					(DC 100V) (L/R=20ms)			

回路とからなっており、カム側の磁性体の近接を検出ヘッドで検出し、この出力を増幅、波形整形している。

特に本装置では検出精度を高めるために、磁気抵抗素子と直列に同材質の温度補償用抵抗素子をそう入して磁気抵抗素子の温度ドリフトを補償した。

仕 様

(1) 電 源 電 圧 : DC $\pm 15V \pm 10\%$

近接体と検出ヘッドのギャップ : $2.0 \pm 0.5\text{mm}$

検 出 精 度 : $\pm 30'$ (atカムダイヤ 200 ϕ)

使用温度範囲 : $-10^\circ\text{C} \sim +65^\circ\text{C}$

注) $\pm 30' = \pm 0.5^\circ$

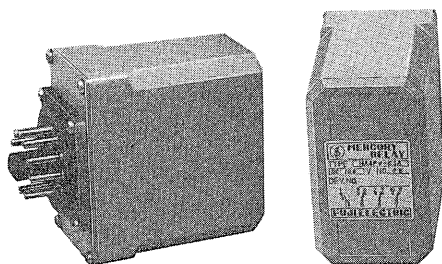
XXIII. 7-2-3 ブラシなし DC サーボモータ

本装置については XXIII. 7-1 項参照のこと。

XXIII. 7-3 水 銀 リ レ ー

各種産業機器の高度化にともなって、補助継電器に対する接触信頼性の要求はますます高まる傾向にある。水銀湿潤接点リレーは密閉構造で、かつ接点が液体であるために従来のリレーに比べて接触信頼性が著しくすぐれている。弱電用リレーはすでに開発され市販されているが、今回当社独自の技術により、一般用リレーとして使用可能な水銀リレーを開発した。

本リレーの外観および仕様を第 XXIII・16 図および第 XXIII・4 表に示すが、主な特長は、



第 XXIII・16 図 水銀リレー外観

Fig. XXIII-16. Outview of mercury relay

- 1) 接点構成要素とガラスとの封入が一方である。
 - 2) 絶縁耐圧が高い。
 - 3) 従来のリレーとの互換性を考慮した構造である。
 - 4) 従来の水銀リレーに比べて安価である。
 - 5) 高誘導負荷でのしゃ断性能が安定している。
- などである。

なお、現在は接点構成が 3c のみであるが、今後は a, b 接点も含めて、各種の接点構成リレーをシリーズ化する予定である。

XXIII. 8 燃 料 電 池

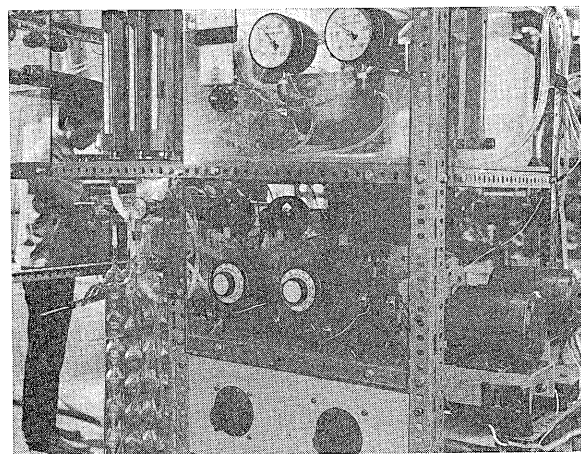
(Fuel cell)

常温形水素-酸素燃料電池については電極およびセルの改良を進めるとともに、発電セルを効率よく連続的に

作動させるために必要な諸条件、すなわち生成水や派生する熱の除去などについて、6V 30A, 6V 170A などのモデルセルを用い詳細な検討を加えた。

その結果、派生する熱は電池の分極分にはほぼ等しいこと、1kW 放電時に生成する水の除去に必要な潜熱は約 300W であること、ガス側から除去される水分量は主としてガスの循環量と電解液温度との関係で決まり、水素、酸素いずれのガス側からでも水分は除去できることなどを確認し、ガス、液循環、供給系の資料を固めた。

一方、液体燃料電池についてもモデルセルを試作し、実験、検討を進めている。



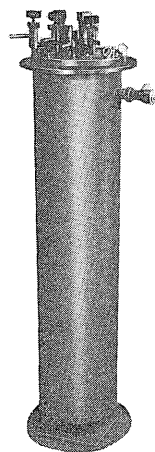
第 XXIII・17 図 水素-酸素燃料電池系統の実験装置

Fig. XXIII-17. Experimental apparatus of $\text{H}_2\text{-O}_2$ fuel cell system

XXIII. 9 超 電 導

(Superconductivity)

超電導の応用に関して、特にこの一二年、送電、回転機、超高速列車などへの応用の可能性が大きくクローズアップされてきた。大形の超電導コイルには、多量の銅に超電導線を埋込んだ安定化線材が用いられるが、超電導の芯線に比べて銅の量が多いため電流密度が大きできないのが難点であった。線材が一部常電導になったときに発生するジュール熱と、液体ヘリウムへの伝達熱の



第 XXIII・18 図

試作クライオスタット外観

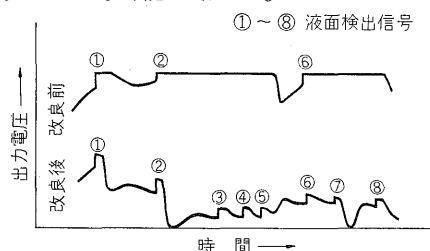
Fig. XXIII-18.

Outview of cryostat

バランスによって安定化をはかるといふ考え方が一般的であるが、絶縁被覆やスペーサがある場合は十分な熱伝達が期待できない。安定化の必要条件を求めため、銅部を通じての熱伝導も考慮に入れて再検討をして、実験結果と定性的に一致する結果を得た。

液体ヘリウムを使用する機器においては外気からの熱侵入をできるだけ少なくすべきである。ヘリウムは気化熱に比べてガスのエンタルピーが大きいので、気化したヘリウムガスを容器壁やリード線の冷却に利用するのが有効である。当社中央研究所で試作した内径 12~13cm、高さ 70~90cm のクライオスタットでは、ヘリウムの気化量を 0.1 l/h 程度にすることができた。この値は気化ガスによる冷却を充分考慮しなかった場合の数分の 1 から 1/10 程度の気化量である。リード線についても気化ガスによる冷却を利用する構造にすることによって、侵入熱量を数分の 1 にすることができた。

液体ヘリウム、液体窒素の液面検出も確実にできるようになった。特に、液体窒素に対しては熱電対部分の構造を改良して、液面確認の信頼性が高くなり、自動補給に使用することも可能になった。



第 XXIII-19 図 熱電対による窒素液面検出
Fig. XXIII-19. Level detection of liquid nitrogen by means of thermo-couple

XXIII. 10 材 料 (Materials)

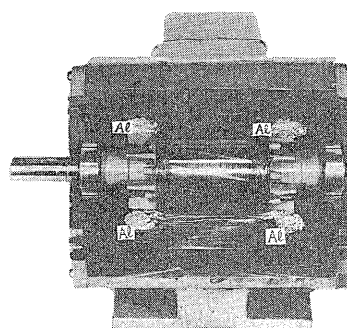
XXIII. 10-1 新導電性アルミ合金

アルミニウムは導電率が銅の約 62% 程度ではあるが、導電性を等しくするために断面積を増加させても、重量は半分ですむ利点がある。また銅価の変動に対処する上からも、電気用導体としてアルミを採用すれば種々の利点が考えられる。従来このような電気用アルミとしては、純アルミ中で特に導電率を低下させる不純物元素 Mn, Ti, V などの量を制限した EC アルミ (Electrical Conductor Grade Aluminum) が用いられている。EC アルミは純度が良いために、導電率がすぐれたものであるが、機械的強度、耐熱性などの点で劣り、銅に比較して不満足な点が多い。このような観点から当社において鋭意実験・開発を推進した結果、今回まったく新しい導電用アルミ合金の発明・開発に成功したものである。

本合金は強度・耐熱性・導電性を兼備したもので、電

気機器のマグネット・ワイヤとして最適の性能を有しているものであり、さらに送配電線用としてもその利用が非常に期待されているものである。現在特許出願中であり、量産化についても関係各社の協力を得て、すでに充分な見通しがえられている。本合金は従来のアルドライなどの熱処理形合金に比較すると、加工硬化形合金であるために製造が容易であり、基本となるマグネシウム・鉄などの合金元素のほかまったく新しい元素を添加したものである。また本合金は、最近盛んに注目されている Zr 系耐熱合金に比べても劣らぬ耐熱性を発揮させることも可能なものである。

本合金は、すでに当社の変圧器巻線、一部の誘導電動機巻線に適用されており、非常にすぐれた特性と、巻線作業に充分な強度と可とう性の組合わせを有することが確認されている。本合金を変圧器に適用することにより、従来の EC アルミでは不可能であった容量のものまでアルミ化が可能となり、設計応力基準も大幅に上げることが可能となった。また回転機界磁巻線として適用することにより、EC アルミでは難しいとされる自動巻線機による作業が容易となっており、導電率も 61% 以上の高導電率を得ている。さらに耐熱性の向上により、H 種クラスの電気機器巻線までもアルミ化が可能となっている。



第 XXIII-20 図
富士新導電用アルミ合金を巻線に使用した誘導電動機の断面外観
Fig. XXIII-20.
Induction motor
using new aluminum
alloy for electrical
conductor

本合金は上述の特性のほかに、耐食性・クリープ特性・疲労強度などもすぐれており、今後大容量送電を目指す送配電線の分野にも、ACSR (鋼心アルミより線) に替って ACAR (アルミ合金アルミより線), AAAC (アルミ合金より線) などとして利用が期待されているものであり、今後幅広く普及するものと考えられている。

XXIII. 10-2 プラスチックの成形技術および成形品

近年、都市電力需要の過密化、配電の近代化に伴って各種コンパクト形開閉設備が採用されつつあり、これらの機器に適用されるエポキシ樹脂注型品はますます大形化の傾向にある。大形注型品製作基礎技術としての応力緩衝材の研究開発ならびに適用技術については、かなりの成果を取めた。応用例として密閉開閉設備 PT, 6~20kV モールド変圧器などがあり、いずれも良好な試験結果を得て実用化されつつある。

屋内用がいし類のうち2~6kV用までは、すべて成形能率の高い圧縮成形法への切換えを完了し、量産態勢を確立するとともに、すぐれた成形性、材料特性を有する成形材料の開発を行なった。一方屋外がいし類についても7年間の屋外暴露実績をもとに、材料の耐候性および寿命評価方法に関する基礎的研究を実施している。特にすぐれた耐トラッキング性充てん材である第三物質の発見により、機械的強度が高く、耐トラッキング性が一段とすぐれたがいし、ブッシングの製作が可能になったことは大きな成果である。

ポリエステルプリミックスのオートブレーカ、モータシールドへの適用は軌道に乗り、順調に生産が続けられている。これら材料については、さらに成形性、寸法安定性、機械的強度の向上をめざすとともに価格の低減を加味して改質を行なうべく努力し、目標の材料を完成した。一方、自社製造による価格低減と品質安定化を目標としての検討も終え、製造技術を確立した。この材料および製造技術はオートブレーカおよびモータシールドの品質安定と価格低減に大いに貢献している。

半導体封止用の低圧トランスファ成形材料は、ピンヘッド形ダイオード用材料として成形性、耐湿性、耐ヒートサイクル性ともに良好な材料を完成し、工場でのダイオード生産に入った。現在さらに高度の性能、特に耐ヒートサイクル性を向上させた材料の検討を充てん材の種類、量などにつき行っており、ほぼ満足する材料が得られている。封止技術については、成形条件、金型構造などについての基本的な技術を確立した。この技術を実機金型、量産製造成形に応用し多大の成果を納めた。また従来のタブレット方式用材料についても新機種に適合する改質と性能の向上を行なった。

電磁開閉器の価格低減は、成形の合理化による成形品の価格低減を目標として、これに合う材料、すなわち速硬化フェノール射出成形材料の開発を行なった。この材料は、現在使用中の成形材料の約1/2程度の成形時間で部品の成形が可能であり、特性も現行材料と同等あるいはすぐれているなど特長を持った材料である。さらに硬化を早めた材料についても樹脂、基材、成形粉の形状などを検討すると同時に金型摩耗、成形品相互の摩擦摩耗などの改質も行ない、材料開発可能の見通しを得ている。

電力量計用材料は、候補材料(数種類)の屋外耐候、摩擦特性を調べ、さらに成形特性の改良も行ない、使用材料の選択も終え、金型構造、成形条件の検討も終了し実用化の段階に入っている。

XXIII. 11 電 算 機 応 用 (Computer applications)

XXIII. 11-1 自動設計関係

XXIII. 11-1-1 R T Cプリント板自動設計プログラム

当社計算機制御システムに用いられているR T Cのプリント板自動設計プログラムの開発をすすめてきたが、アルゴリズムも完成し、46年3月頃から設計ラインの一部に組み込まれる運びとなった。

当自動設計プログラムはR T C用70形プリント板のパターン設計を目的に開発された。入力データとしてI C実装情報と端子間接続情報を入れることにより、プリント板上の配線パターンを作成する。パターン作成の速さは人手で行なう場合の約100倍になる。またアートワーク自動作成(X Yプロッタ利用)および自動孔明(NC利用)のための出力をとりだすことができる。

このプログラムを設計・製造工程に導入することにより、工程の高速化および高信頼性を保証することができる。

第XXIII・21図はこのプログラムを用いて自動配線した結果をX Yプロッタで作図したものである。

XXIII. 11-1-2 計装シーケンス図面自動化プログラム

製造命令書および全体の計装系統図から設計される計装方式は、展開接続式形式で計算機に入力され、計算機は図面上に計器類を自動配置し、使用端子類を自動記入し、接続負荷計算により端子を選択し、端子間自動結線を行ない、さらに外線番号、AC電源、DC電源順番号、グループ番号を自動記入し、4系統を一括して1図面に収める。使用計器、端子間接続データは、盤設計に送られる。第XXIII・22図はこのプログラムによって作成されたテレパームシリーズのシーケンス図面である。

XXIII. 11-1-3 配電盤図面自動化プログラム

シーケンス自動化に続き行なわれているもので、シーケンスから盤外および盤外器具が分離され、盤外器具配置は、顧客および設計者の要望が加味された概略配置指定を基本として自動配置して盤図面を自動化する。盤内器具はすべて自動配置である。第XXIII・23図はこのプログラムにより作成された配電盤正面図である。

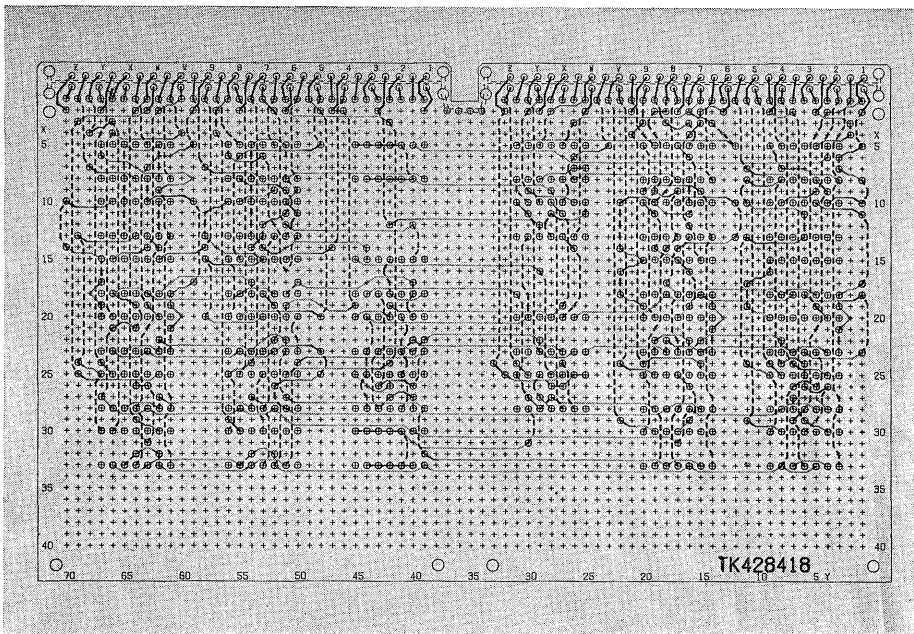
XXIII. 11-1-4 コントロールセンタパネル自動設計

設計部門と共同で、コントロールセンタのパネル表面の自動設計プログラムを完成、見積と配列のプログラムおよび自動製図からなる。

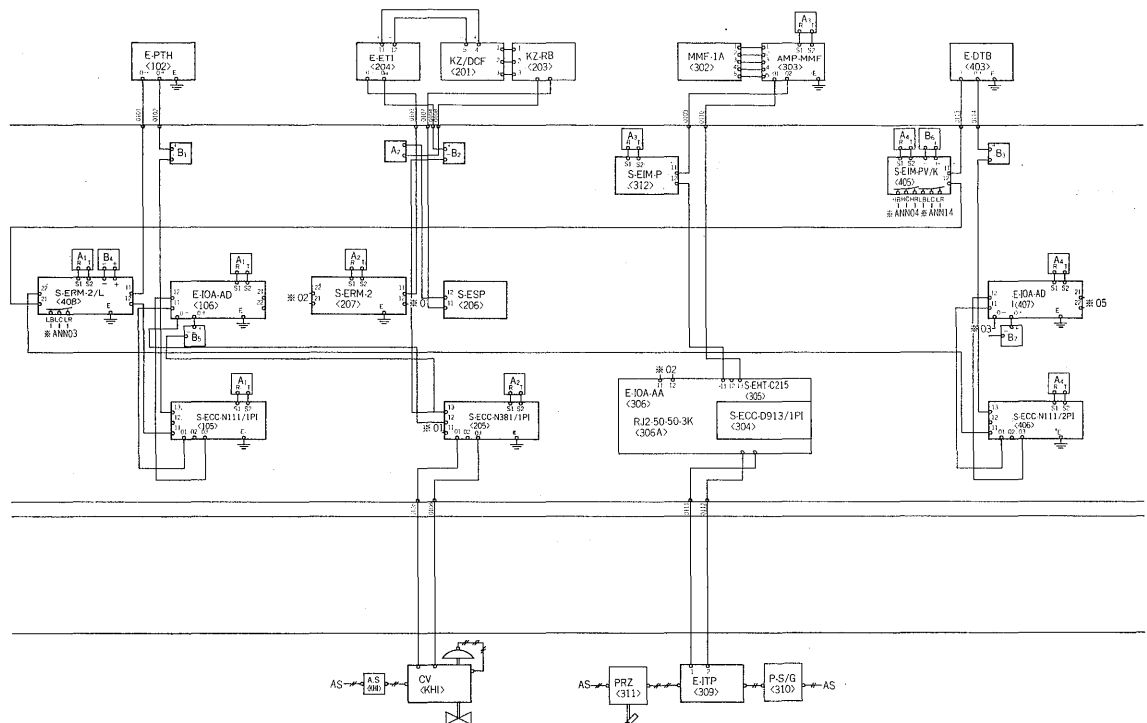
モータユニット・しゃ断器ユニットなどのマスターテープを作り、入力としてはモータkW、しゃ断電流および一般仕様を与えるようになっている。プログラムはマスターより段数、金額などを取り出し入力順を考慮しながら、面数最小、積数最小となるように配列し、その時の見積金額と配置図を出力する。

XXIII. 11-2 D D Cについて

これは千代田化工建設、富士通、富士電機3社共同の



第 XXIII・21 図
プリント板配線図
Fig. XXIII・21.
Wiring diagram of printed
panel



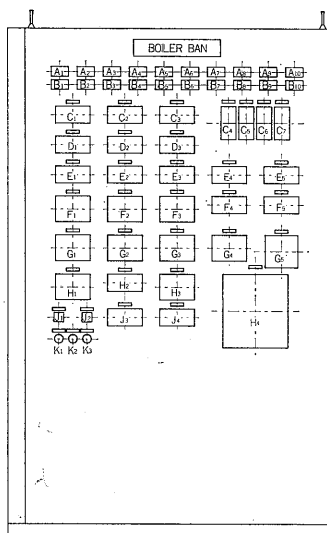
第 XXIII・22 図 テレパームシリーズのシーケンス図
Fig. XXIII・22. Sequence diagram of TELEPERM series

通産省補助金交付による，プロジェクト研究で，当室ではその中でプロセス制御技術開発を目的として，モデルプラント（蒸留塔，熱交換器など）を使って，その特性解析，コンベンショナルおよびアドバンスド制御方式の解析，およびそれらの現場実験などを行なっている．すなわち，蒸留塔については，静特性および動特性のデジタルシミュレーションプログラム開発，制御パラメータの最適調整，状態変数利用による最適制御方式検討などを行ない，熱交換器についても，動特性シミュレーションプログラム作成，フィードフォワード制御，MP

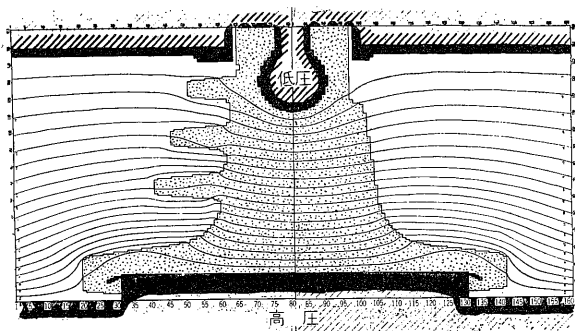
状態変数利用による制御方式の検討，DATAC（多チャネルデータ集録装置）利用による，統計的手法を使っての動特性解析，およびそれらに付随する，現場での制御実験を行なった．

XXIII. 11-3 軸対称三次元複合誘電体の電界解析

高速大容量の電算機を駆使することにより，これまでほとんど手をつけられなかった複雑な形状の電極間に複雑な形状の異種誘電体を有する軸対称の三次元電界が精密に解明されてきた．第 XXIII・24 図は下部が高圧電極（中心軸となっている），上部が低圧電極でその間



第 XXIII-23 図
配電盤正面図
Fig. XXIII-23.
Frontview of panel



第 XXIII-24 図 等電位線
Fig. XXIII-24. Equipotential line diagram

に片側ひだ付きのがい管がある密閉開閉設備用分岐管ブッシングの等電位線の一例である。図は 5% 間隔のものであるが、重要部分を拡大して 0.1% 間隔の線をひくことも簡単である。さらに等電位傾度分布を求め非常に有益な結果がえられた。

円柱座標の Laplace 方程式から導かれる計算の基本式は次のとおりである。

$$V_{r,z}^{(n+1)} = V_{r,z}^{(n)} + \alpha \cdot DV$$

$$DV = \frac{1}{C_0} (C_1 \cdot V_{r+1,z} + C_2 \cdot V_{r,z+1} + C_3 \cdot V_{r-1,z} + C_4 \cdot V_{r,z-1}) - V_0$$

ここに α は加速係数, C_n は座標値, 格子寸法, 誘電率などで定まる値。

プログラムは境界における差分式の処理方法, 収束を早めるための加速係数に工夫をこらし, 計算時間の短縮と記憶容量の節約をはかっている。また汎用を目的とし, 図形情報を適当にデジタル化して入力すればよいので, 広い用途があり, 支持がよいし, ケーブル端部, シャ断器極間部などの電界も解析中である。

XXIII. 11-4 バラクタダイオード用 C—V 特性自動選別機の開発

本機は UHF または VHF テレビの電子チューナ用ダ

イオード (バラクタダイオード) の C—V 特性を自動的に選別するもので同業他社に先がけて開発された。これはミニコンピュータ FACOM R をととして, 選別機を全自動でか動させるもので人手にくらべて約 30 倍の処理能力がある。本機は

- (1) 逆もれ電流の可否判定選別
- (2) C—V 特性をバイアス電圧数点でサンプリングして静電容量偏差 3% 以内の選別
- (3) 温度ドリフト, 配線などから発生する測定誤差の自動校正
- (4) 測定結果に応じて電算機が分類容量の個性を決める方式で, 約 1 万とおり相当の分類が可能
- (5) 付属のタイプライタで必要なときに必要な管理資料の作成

などの機能をもっている。電算機の導入により省力化のみならず測定精度の向上, 分類機構造の簡単化が比較的容易に達成された。プログラムはアセンブラ R-FASP で組まれ, 約 4kW である。

XXIII. 11-5 NC (数値制御装置) 用指令テープの作成

旋盤用に引続きフライス盤用のデータ入力方式の NC 用プログラムを開発した。これは形状の類似した部品類に対して, パートプログラムを組まず, 図面上の指定寸法を定められた形式で入力することにより, 一気に紙テープとプロセスシートを作成するもので, NC 装置の活用到大いに貢献している。また上記のような特定部品に対する専用プログラムとともに, APT, FAPT などの一部の機能を盛り込んだ汎用のプロセッサも開発した。これは一つ一つの部品に対してパートプログラムを書いて用いるものではあるが, 数値制御装置および電算機は専用のものを対象としているので効率が良い。

XXIII. 11-6 境界値問題に対する一つの解析方法

当社の技術計算のなかでも重要なウエイトを占めているものは二階線形偏微分方程式の境界値問題の計算である。この問題を従来方法である加速リープマン法, あるいはモンテカルロ法でも解ける。しかし, 加速リープマン法では, 加速係数, 初期値の選択が容易ではない。

また, モンテカルロ法では, 初期値には無関係であるが, チャップマン—コルモゴロフ方程式の極限において, 解が求まるため, 必要な精度を出すためには, 数多くの酔歩を行なわねばならない。しかも, 得られた解にばらつきが存在することも問題である。これらの方法に対して, 初期値は常に 1 をとり, モンテカルロ法の確率論的手法に, 解析方法の基礎を置きながらも, 酔歩の平均操作に対しては, 決定論的手法を導入した解析方法が報告されている。

この方法は, 爆発法の名で知られており, 現在, その有用性について, 検討を行なっている。



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。