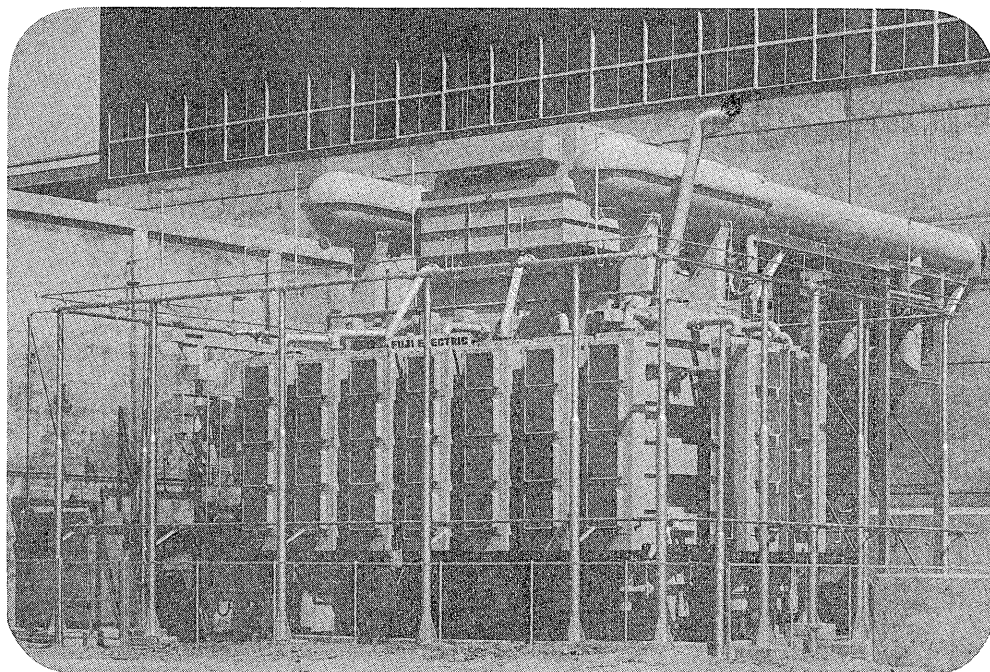




IX. 変 圧 器

Transformers

昭和 45 年は、昭和 43 年 および 昭和 44 年に引続いて変圧器の生産規模が一層拡大され、電力用変圧器の分野でも、整流器用変圧器・S フォーマの分野でも、また小形変圧器あるいは変成器の分野でも多数の記録品および技術的に特色のある製品が完成した。生産規模の拡大に対処するため、すでに完了した製缶工場の拡張にひきつづき組立工場の増築が計画され昭和 45 年末に完成した。建屋面積の増加のみならず、生産手段・設備の改良と新設が積極的に行なわれ、生産能力の向上・合理化とともに、製品の信頼性の向上を目的とする各種の施策を強力に推進しつつある。

電力用変圧器の分野では、昭和 44 年に引続いて新鋭火力発電所向けの大容量の昇圧用主変圧器の生産が活発であった。特に東北電力・秋田火力発電所に納入された 390MVA 主変圧器は、容量の大であることのみならず直接式負荷時タップ切換器内蔵形であること、高効率であること、騒音レベルが普通形であるにもかかわらず低いこと、などの点で技術的に非常に高度な特色を有している。これは、この数年間における地道な技術的向上の努力と、すぐれた着想に基づく合理的な製品構造の採用がもたらした集約的成果である。本器の実績を基盤として今後さらに大容量・高電圧の変圧器の製作を推進すべく努力している。

整流器用変圧器（S フォーマ）の分野は当社の技術的特色を十分に発揮し、昭和 44 年に引続いて著しい活況

を呈した。この分野における単器当りの容量・電流は増大の一路をたどり、アルミニウム精錬および食塩水電解の方面でこの傾向が大である。電流値でいえば、前者では 160kA、後者では 300~450kA の域におよんでいることが特筆される。

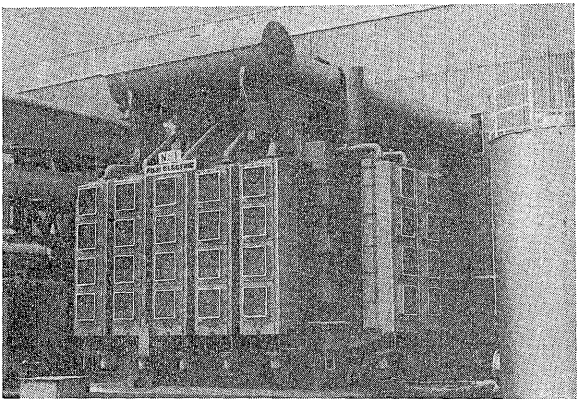
アルミニウム精錬用 S フォーマにあつては、電解槽（炉）の運転上の要求として直流電圧を 0 から最高電圧までかなり広い範囲にステップレスに変化させる必要がある。これに対処するため、当社の特色ある技術方式として、直列変圧器利用による間接式負荷時タップ切換えと電圧調整リアクトルの組み合わせによる方式が注目されている。カイザー 経由ニュー ジーランド・アルミニウム・スメルターズ社納入 33kV 直流 940V 50kA 47MW (53.8MVA) 器 4 台および日本軽金属（苫小牧）納入 22kV 直流 840V 52kA 43.68 MW (50 MVA) 器 4 台は上記の方式により製作された記録的な製品である。特に前者は、当社の方式の優秀性がアメリカの需要家に認識され採用されたものであって、その意義はきわめて高いものである。

上記のほか、技術上特記すべき製品として、新日本製鉄（君津）向け サイリスタレオナード用直流リアクトル 45kW-sec 5,210 A 器 16 台（国内最大級）；日本軽金属（苫小牧）向け ホール 形直流変成器 200kA（国内記録品）；モールド形式配電用変圧器 20kV 200kVA（試作品）などがあり、それぞれの分野での注目を集めている。

IX. 1 大形電力用変圧器
(Large power transformers)

昨年における大形電力用変圧器（50MVA 以上）の製作台数は 25 台，製作容量は約 3,600MVA で，中形電力用変圧器（5MVA 以上 50MVA 未満）は 70 台，約 1,000MVA と高水準であった。昭和 45 年中に製作された 120MVA 以上の電力用変圧器を第 IX・1 表に示す。

新鋭火力発電所向けの昇圧用主変圧器としては東北電力・秋田火力発電所納入 390MVA（第 IX・1 図），苫小牧共同火力発電納入 267MVA（第 IX・2 図），四国電力・坂出火力発電所納入 210MVA がある。これら変圧器には最近の設計製作面における技術革新が集約的に盛り込まれており，特に寸法重量が大形化した際の製作過程における作業方法の改善，大電流に適する低压巻線構造，各部漂遊負荷損低減対策についてきめの細かい検討を行ない品質の安定と信頼性の向上を図っている。その特長は次のとおりである。鉄心はセンタクランプ方式と



第 IX・2 図 苫小牧共同火力発電所納入
14.8/187kV 267MVA 変圧器

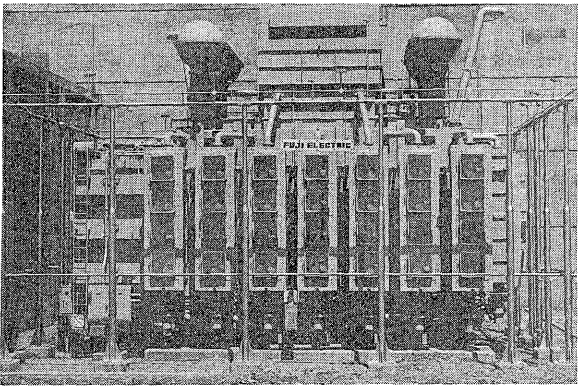
Fig. IX.2. 14.8/187 kV 267 MVA power transformer delivered to Tomakomai Joint Thermal Power Station

バンド締付方式を併用した 3 脚鉄心とし，国産最高級品のけい素鋼帯を使用している。高压巻線は無振動形円筒成層巻線とし，外周側に渡りリードの出ない U 接続方式としている。低压巻線は低压大電流に最適な多並列円筒 U 接続巻線としている。連続巻が可能で作業性にすぐれた転位導体をすべての巻線に適用している。

特に 390MVA 器は負荷時タップ切換器付であり，そのタップ巻線は 1 ステップ当たりのターン数の関係から多並列円板コイルから構成されており，中身最外周側に配置されている。本器の負荷時タップ切換装置は，1,800A 用 D S F 1 形を各相 1 筒ずつ計 3 個組合せ 1 個の電動操作機により駆動せしめる方式とし，高压巻線の中性点側のタップで切換を行なうものである。

漂遊負荷損低減対策としては，転位導体の採用，巻線プレスリングおよび鉄心締付板の巻線端対向部の非金属化，もれ磁束にさらされる金属構造部の適切な分割，けい素鋼帯タンクシールドによるもれ磁束の吸収などを採用して十分な効果を上げている。

変電所向け大形電力用変圧器は低騒音形が相変わらず多



第 IX・1 図 東北電力・秋田火力発電所納入
19.4/154kV 390MVA 変圧器

Fig. IX.1. 19.4/154 kV power transformer delivered to Akita Thermal Power Station, Tohoku Electric Power Co. Ltd. Inc.

第 IX・1 表 大形電力用変圧器（120 MVA 以上）納入表（昭和 45 年）
Table IX.1. Supply list of large power transformers (above 120 MVA)

納入先	設置場所	相数	周波数 (Hz)	容量 (MVA)	電 圧 (kV)	冷却方式	負荷時 タップ切換	ファール バルブ形	低騒音	台 数
東北電力	秋 田	3	50	390	19.4/154	送油風冷	○			1
電源開発	名古屋	3	60	300/300/90	262.5/154/11	送油風冷	○	○		1
苫小牧共同火力	苫 小 牧	3	50	267	14.8/187	送油風冷				1
関西電力	御 幣 島	3	60	200/200/60	147/ 77/22	送油風冷	○	○	○	1
四国電力	坂 出	3	60	210	16.6/66	送油風冷			○	1
新日本製鉄	君 津	3	50	200	154/66	送油風冷	○			2
東京電力	新 岩 槻	3	50	150/150/45	147/66/21	送油風冷	○	○	○	1
日本軽金属	苫 小 牧	3	50	150	187/22	送油風冷	○			1
中部電力	知 多	3	60	150	154/77	送油風冷	○	○		1
台湾電力	霧峰, 蘆洲	3	60	120/120/40	154/69-34.5/11	送油風冷	○			2

数を占め、いずれも当社の標準的設計によって騒音保証値を満足する製品を納入することができた。

台湾電力納入の三相 60Hz 154/69-34.5/11kV 120/120/40 MVA 変圧器 6 台を受注製作中であるが、そのうち 2 台を完成出荷した。本器は現地の輸送重量限界が 35 t であるため、三分割輸送を行なう特殊三相形とした。各相鉄心は 2 脚とし各脚に巻線を巻き極力軽量化を図った。高圧巻線中性点側に負荷時切換タップと無電圧切換タップを設け、タップリードは共通カバー内に配線し、一端の別タンク内に置かれた負荷時タップ切換装置と接続した。共通カバーと各相下部タンクは相間接続中間フランジを介してボルト締結とした。

配電用変圧器としては各電力会社および一般需要家に 10~30 MVA 級器を多数納入した。前年度に引き続き、日本鋼管・福山製鉄所に 双子式断路器付エレファントヘッドを設けた三相 60Hz 110/11kV 60-60 MVA 変圧器を納入し、当社独自の本方式が高く評価されている。

さらに、特長ある製品としては昭和電工・千葉工場納入三相 50Hz 66/59.15kV 66MVA 負荷時電圧調整器 2 台がある。本器は負荷時電圧調整器としては記録的な大容量器であり、15度の移相巻線を有し、二次側で $\pm 13 \times 0.75$ kV 27 タップの電圧調整を行なうもので、1 台は一次側に 53.9-36.9-19.9 kV の無電圧タップを設けるといふ複雑な構造のものである。これらは同工場のアルミ電解用整流設備として納入された S フォーマの前段に使用されるものである。

昭和45年も品質の安定化と信頼性の向上を目的として品質管理態勢の改善と強化に種々の施策がとられたが、特筆すべきものとして空調室の設置と部分放電試験の実施がある。空調室は変圧器の中身の真空乾燥、油含浸終了後、乾燥炉から本体タンク内への吊込み作業を行なうに先立って、中身各部の増し締めと点検を行なう際、吸湿またはじん埃の付着を防止しながら作業を行なう部屋で高真空乾燥炉に隣接して 2 基設置されており、いずれも超大容量変圧器の中身を充分収容できる大きさを有している。

部分放電試験は 500kV 級変圧器の絶縁信頼性検証のため研究され、すでに充分確立した技術となっている。現在では大容量高電圧器に対しても社内的な品質管理の一環として自主的に実施するに至っている。

変圧器の短絡時電磁力に対する強度の検討に関しては前年の 10MVA 実器による短絡試験に引き続き、1,000 kVA 相当の円板巻線および 1,550kVA 相当の円筒成層巻線を有する 2 種の変圧器モデルを製作し、主として半径方向力に着目する場合と、タップおよびずれによる軸方向力に着目する場合について、それぞれ短絡破壊試験を行なった。この結果、もれ磁界分布、磁気中心ずれの電

氣的検出、電磁力について計算値と測定値が精度良く一致すること、特に軸方向電磁力に関しては静的のみならず動的解析の必要性を確め、この点についての製品の信頼性を裏付ける貴重な知見を得ることができた。

IX. 2 整流器用変圧器・S フォーマ (Rectifier transformers・S-Formers)

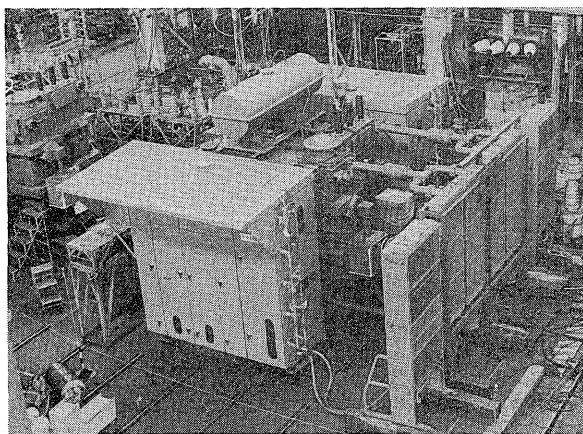
整流器用変圧器は 44 年に引続き活況を呈し、単器当たりの大電流化、大容量化はますます増大の傾向にある。特に、アルミニウム精錬および食塩水電解にこの傾向は著しく、前者では 160 kA、後者では 300~450 kA に及んでいる。

アルミニウム精錬用 S フォーマの最近の特長として、1 pot-line 当たりの電解槽 (炉) 数の増大に伴う直流電圧の上昇があり、高いものでは 1 kV 近くにも及んでいる。このため、整流方式としては三相ブリッジ結線を採用している。また電解槽 (炉) 作業の特異性から、直流電圧を 0 (V) から最高電圧までステップ・レスで調整することが必要である。このため、S フォーマとしては直列変圧器利用による間接式負荷時電圧調整 (タップ切換方式) と電圧調整リアクトル (VCR) の組み合わせによるか、または別置電圧調整変圧器と VCR の組み合わせによりその機能を持たせている。いずれの場合にも VCR は S フォーマに内蔵され、かつ当社独特の同相逆並列方式を採用し、装置全体としてコンパクトにまとめ上げている。

間接電圧調整方式の例としてカイザ經由ニュージーランド・アルミニウム・スメルターズ (略称 NZAS) 社納入 33kV DC 940V 50kA 47MW (53.8MVA) 器 4 台と日本軽金属 (苫小牧) 納入 22kV DC 840V 52kA 43.68 MW (50 MVA) 器 4 台がある。前者は世界的なアルミニウム精錬メーカーであるカイザ社に、当社の間接電圧調整方式が認められたものとして注目に値する (第 IX・3 図)。なぜならば諸外国、特にアメリカにおいてはほとんどの設備は別置電圧調整方式を採用しておりカイザ社の原案もこの別置式であったからである。なお、このカイザ經由 NZAS 向けの第 2 期分として同様のものを受注製作中であり、第 1 期分と合わせて 48 相整流となっている。

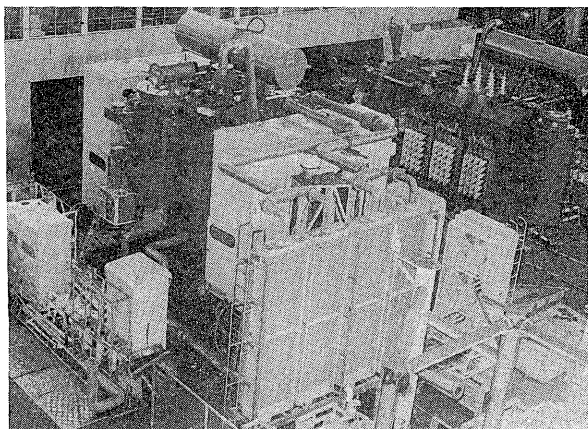
日本軽金属納入のものは 44 年度納入した第 1 期分に継ぐ第 2 期分であり、第 1 期分と合わせてやはり 48 相整流となっている (第 IX・4 図)。

この間接電圧調整方式として現在製作中のものとして、前記 NZAS 社向けの第 2 期分のほか、日本軽金属 (新潟) 向け 33kV DC 680V 42kA 28.56kW (32.64 MVA) 4 台および DC 650V 42kA 27.3MW (31.36 MVA) 4 台などがある。



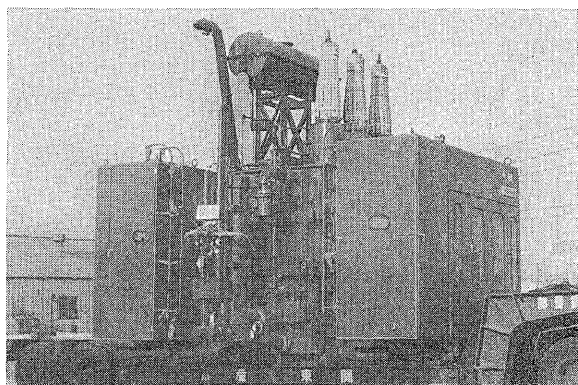
第 IX・3 図 アルミニウム電解用屋外形 S フォーマ
入力側：三相 50Hz 33kV 53.8MVA
出力側：DC 940V 50kA 47MW

Fig. IX-3. Outdoor type 53.8 MVA/47 MW S-Former (transformer-rectifier unit) for aluminum electrolysis plant



第 IX・4 図 アルミニウム電解用 S フォーマ
入力側：三相 50Hz 22kV 50MVA
出力側：DC 840V 52kA 43.68MW

Fig. IX-4. 50 MVA/43.68 MW S-Former (transformer-rectifier unit) for aluminum electrolysis plant



第 IX・5 図 アルミニウム電解用 S フォーマの輸送荷姿
入力側：三相 50Hz 59.15kV 21.3MVA
出力側：DC 530V 35kA 18.55MW

Fig. IX-5. Transportation style (wholly assembled) of 21.3 MVA/18.55 MW S-Former (transformer-rectifier unit) for aluminum electrolysis plant

別置電圧調整方式の例としては昭和電工（千葉）納入 59.15kV DC 530V 35kA 18.55MW (21.3MVA) 4 台がある。これには 66/59.15kV 66MVA の電圧調整変圧器が別置されている。なお、この S フォーマは納入場所が当千葉工場に隣接しているので、第 IX・5 図に示すようにシリコン・キュービクルも取付けたままの全装でもってトレーラ輸送された。この電圧調整変圧器別置式の S フォーマの現在製作中のものとしてアフリカ・ガーナのボルタ・アルミニウム社向け 14.92kV DC 490V 30kA 14.7MW (16.68MVA) 6 台がある。

食塩水電解用 S フォーマの特長はアルミニウム精錬の場合に比し低電圧、大電流であることであり、アルミ電解に次いで電力を必要とするものである。このため一般に二重星形結線による整流方式が採用されている。また直流電圧を無段階で調整可能なことを要求されるのもアルミ精錬の場合と同じであり、これには電圧が比較的低電圧である関係からサイリスタが利用される。すなわちサイリスタ S フォーマとなる。

44 年度この食塩水電解用サイリスタ S フォーマとして呉羽化学向け 330kA 器（3 台構成）、千葉塩素向け 297kA 器（3 台構成）を納入した。45 年度受注し、現在製作中のものとして昭和電工（川崎）向け 31.5kV DC 120V 100kA 12MW 3 台、鐘淵化学（高砂）向け 77kV DC 215V 110kA 23.65MW 2 台、住友化学（菊本）向け 11kV DC 150V 100kA 15 MW 3 台などがある。特に鐘淵化学向けのは低電圧時の無効電力の上昇を防止し、効率の向上を期して中間に無電圧タップを設けてあるが、これは呉羽化学納入 330kA 器と同様な使い方である。

この食塩水電解用サイリスタ S フォーマの場合も相間リアクトルを内蔵させ、かつ同相逆並列技術を応用してコンパクトな構成に仕上げている。

サイリスタ S フォーマの特殊なものとして三井金属（竹原）納入 3.3kV DC +120/-100V +18/-14kA 2.16/1.4MW がある。これは銅電解用として二つのサイリスタを逆並列接続して二方向に電流を流し得るようにしたもので、電流方向を反転させることにより電解能力を倍増させることにある。この場合（+）要素と（-）要素のサイリスタを並列に設けいずれか一方を通電させるようにしてある。

IX. 3 特殊変圧器・リアクトル (Special transformers, reactors)

特殊変圧器・リアクトルの納入リストを第 IX・2 表に示す。国鉄（新高塚、新菊川）向けスコット変圧器は既設器の増設用として納入したものである。主座、M 座鉄心は別個に構成（2 脚）し、インピーダンスのバランス

第 IX・2 表 特殊変圧器・リアクトル (1MVA 以上) 納入表 (昭和 45 年)

Table IX・2. Supply list of special transformers and reactors (above 1MVA)

納 入 先	相 数	周波数 (Hz)	容 量 (MVA)	電 圧 (kV)	冷却方式	台 数	種 別	備 考
国 鉄 (新高塚)	3/2	60	30/2×15	77/2×30	油 入 自 冷	1	ス コ ッ ト	
国 鉄 (新菊川)	3/2	60	30/2×15	77/2×30	油 入 自 冷	1	ス コ ッ ト	
君 津 共 同 火 力	1	50	13.34	154/√3	油 入 自 冷	2	中性点リアクトル	30秒定格
国 鉄 (小 岩)	1	50	10	66/√3	油 入 自 冷	1	中性点リアクトル	10秒定格
日新電機経由埼玉製鋼	1	50	3.5	4.61	油 入 自 冷	1	限流リアクトル	電気炉用三次 (別置)

を良くさせた。

君津共同火力および国鉄 (小岩) 納入中性点リアクトルはいずれも空心構成を採用し、騒音値を十分に低く抑えることができた。

日新電機経由埼玉製鋼納入の限流リアクトルは電気炉用変圧器の三次回路に配置し、フリッカ防止用として使用されるものである。

IX. 4 計器用変成器・小形変圧器

(Instrument transformers and small transformers)

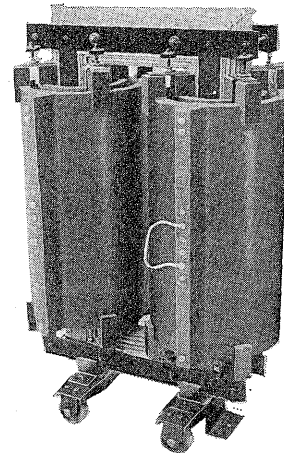
計器用変成器の分野における昨年の特記事項は、高電圧の耐塩形油入変流器の製作台数が急増したことで、電流の点で記録品となるホール DCCT を製作したことである。

高電圧の耐塩形油入変流器は、北陸電力・塚原変電所向けの 140 号 42 台をはじめ、電力・鉄鋼関係などに 100 号、140 号の耐塩形を百数十台納入した。

ホール形直流変成器 (DCCT) は、日本軽金属・苫小牧工場向けとして、定格一次電流 200kA のものを製作した。これは当社の記録品であるばかりでなく、国内における記録品でもある。

小形変圧器の分野でも 45 年も引続いて好況であった。昨年生産を開始した 500, 300kVA 標準配電用変圧器はすでに 150 台を越え、順調な伸びを見せている。H 種乾式変圧器は鉄鋼向けをはじめ多くの製作実績を得たが、100kVA 以上だけでも 180 台、延べ容量は 110MVA に達した。特に 20kV 級は京王プラザホテル向け 2,000 kVA 3 台をはじめ 18 台製作した。一昨年は船用の乾式変圧器を多数収納したが、昨年も 930kVA の防滴形をはじめ、コンテナ電源用の 80kVA 防滴形を 130 台納入した。サイリスタレオナード用の直流リアクトルも多数製作したが、なかでも新日本製鉄 (君津) 向けの容量 (エネルギー), 45kW sec, 電流 5,210A は国内では最大級のものであり、16 台製作した。

新形の乾式変圧器として、モールド形式の配電用変圧器、単相 200kVA 20kV/210V を試作した。このモールド変圧器は保守点検がほとんど不要で、絶縁上の信頼性がきわめて高く、今後ビルなどの配電用としてそのすぐ



第 IX・6 図 20/0.21kV 200kVA (単相) モールド変圧器

Fig. IX.6. 20/0.21 kV (single phase)
distribution transformer to
molding type

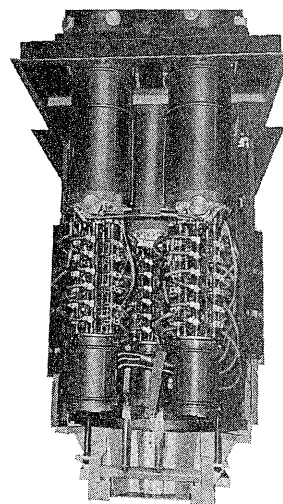
れた性能で期待されるものである (第 IX・6 図)。

IX. 5 負荷時タップ切換装置・電算機利用技術

(On-load tap-changing equipment
and computer control technique)

IX. 5-1 負荷時タップ切換器

送電用負荷時タップ切換器が年々大容量化するのに伴って、負荷時タップ切換装置も大電流のものが開発されてきたが、第 IX・7 図は昭和 45 年に東北および関西電



第 IX・7 図

3×(DSF 1) 形負荷
時タップ切換器

Fig. IX.7.
3×(DSF 1) type
on-load tap-changer

力の形式試験を終了した3×DSF1形(3×1,800A)負荷時タップ切換器を示す。この負荷時タップ切換器は東北電力・秋田火力発電所向け390MVA 154kV変圧器に取付けられ現在好調に運転されている。

IX. 5-2 電 算 設 計

千葉工場への電算機の導入以来、設計業務の電算化を進めてきたが、45年は44年から進めてきたH種乾式変圧器の設計電算化システムの開発に成功した。これは新日本製鉄・君津製鉄所向け納入製番への適用を始めとして現在までに約40製番に適用された。このシステムの特長は乾式変圧器一製番全体を対象に顧客仕様値、新図面の図番などをインプットすることにより巻線仕様書、製作図面、外形図、図面仕様書、製品の材料費加工費な

ど一切を電算機で短時間で自動的にアウトプットする、いわゆる一貫自動設計にある。従来の設計者の手による設計時間の全面的なカット、最適設計によるコストダウン、構造の標準化によるQR向上、納期短縮への寄与などその効果の及ぶ所は非常に大きい。このシステムの完成による年間設計工数の減少は約数千時間に及んでいる。

適用範囲は変圧器容量200～2,000kVA、電圧一次側(高圧側)3kVまたは6kV、結線一次側△の範囲であるが、今後はこのシステムを他の変圧器機種にも適用させる予定であり、また将来は生産指令業務との一貫生産設計システムをも考えている。

(169ページからつづく)

技 術 論 文 社 外 公 表 一 覧

題 目	所 属	氏 名	発 表 機 関
超高速系統保護システムによる事故継続時間の短絡	川崎工場 東京工場	新田 義雄, 川崎 紀久雄 竹村 健	昭和46年電気学会全国大会 講演論文 3月29日～31日 電気学会
超高速系統保護システムによる設備保護時限の短縮	川崎工場 系統技術部	清国 宣明, 川崎 紀久雄 谷本 充	
単相200kVA20kV配電用モールド変圧器	千葉工場 中央研究所	芦田 勝治, 富島 和夫 寛 張 優	
乾式変圧器の設計電算化	千葉工場	片山 秀雄, 富島 和夫 才 善 信 吾, 高 萩 隆 司 男	
モデル変圧器による短絡強度の実験的検討	千葉工場	川島 弘, 坂本 友男 高萩 隆 司	
特殊合成変流器の諸特性	千葉工場 系統技術部	岡田 勇 四十万 稔	
多端子系統用表示線継電器	東京工場	片山 利男, 斎藤 満雄	
磁気抵抗素子応用の近接スイッチ	神戸工場	高田 朔郎, 杉山 修一 永沼 脩 二	
空転検知方式に対する一考案	神戸工場	松井 義一, 米沢 朗 杉 本 友 明	

題 目	所 属	氏 名	発 表 機 関
注型材料の耐トラッキング性の評価について	中央研究所	南松 太郎 寛 張 優 雄 嶋 田 富 雄	第172回電気絶縁材料技術懇談会(講演) 45年12月22日 電気絶縁材料技術懇談会
プラスチック歯車の成形	中央研究所	島崎 昭夫	プラスチックの機械部品への応用と精度設計に関する講演会(講演)1月26日 日本経営幹部協会
原子力発電工学	電力・原子力技術部	穴原 良司	原子力発電工学(単行本) 1月 東京電機大学局 出版
変圧運転方式による中間負荷火力発電	電力・技術第一	宮川 清	OHM誌 2月号 オーム社
高電圧モールド絶縁におけるトリイニング	中央研究所	井関 昇夫 夏目 文夫	OHM誌 2月号 オーム社
圧力・レベル検出器と送受量および選定方法と取付の実際	計測・技術部	中川 俊郎	図説電気誌 2月号 電気書院
ガスクロマトグラフ分析システムとそのアプリケーション	東京工場	渡辺 敦夫	計装誌 2月号 工業技術社
水車出口の強制うず芯とキャビテーション	川崎工場	久保田 喬弘 松 井 弘	第48期通常総会学術講演会(講演) 4月2日～4日 日本機械学会



＊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。