

# 地上設置形変圧器塔

Pad-Mounted Transformer

石川 堅三\*

Kenzō Ishikawa

増田 一\*

Hajime Masuda

藪 克己\*

Katsumi Yabu

佐倉 藤吉\*\*

Tōkichi Sakura

池野 義徳\*\*

Yoshinori Ikeno

永田 徹\*\*\*

Tōru Nagata

## 1 まえがき

近時、大都市中心部において市街地の過密化、高層化に伴い、配電線や引込線の密度も高くなり、都市活動や美観上、配電線の地中化への要求の高まることが予想される。中部電力(株)においては、既に線的な無電柱化を実施した例はあるが、面的なものについては未経験であるため、現在、名古屋市中心部の一地域において試験施行を実施中である。これは、①地中化工事の地域社会に与える影響、②地中化方式のコストダウン方策、などについて検証することを目的としたものである。ここで使用する変圧器塔は、歩道上など公衆に近接する地上に設置されるもので計画されており、安全、コンパクトで都市景観にマッチするとともに耐久性、作業性にも応えることが必要である。

このたび、共同研究により上記条件を満たすとともに設置スペースへの対応も考慮して標準形、薄形の二機種を開発したので、その概要を紹介する。

## 2 経緯

昭和57年4月から地中配電用変圧器塔の収納機器や外箱について、仕様、構成、作業性等に関する検討、試作をすすめてきた。今回地上設置形変圧器塔は歩道上の車道寄りに設置することを想定し、極力小さなスペースに必要な機器を収めるとともに、公衆保安面はもとより、作業性についても十分配慮し開発をすすめた。

## 3 仕様

標準形と薄形は外形寸法は異なるが同一機能を有する。

### 3.1 使用状態及び種類

周囲温度  $-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$

形式 地上設置形油入自冷式

結線方式 V結線三相四線式

### 3.2 定格

定格電圧/

一次電圧 6600V

二次電圧 210、105V (u-v相間)

210V (v-w相間)

定格容量/

U-V相間 单相 75kVA

V-W相間 单相 50kVA

(V結線)

定格周波数/60Hz

定格力率/100%

絶縁階級/6号A

定格電流/

変圧器二次 357A (75kVA)

238A (50kVA)

一次引込開閉器 300A×2回路

高圧カットアウト 30A

限流ヒューズ 20A (遮断電流、12.5kA)

二次分岐盤 300A×2回路(幹線)

300A×1回路(連絡線)

真空ヒューズ 300A (幹線用)

外形寸法 (mm)

(標準形) 高さ1050、巾1700、

奥行750

(薄形) 高さ1450、巾1500、

奥行450

総重量 (kg)

(標準形) 1300

(薄形) 1200

### 3.3 構成概要

地上設置形変圧器塔の結線を図1に、外形を図2-a、bに、内部の配置を図3-a、bに示す。6.6kV側は $\pi$ 引込となっており、それぞれの引込口に一次引込開閉器を備えている。これと変圧器一次側への引出端子までをモールド化し一体としている。変圧器一次側は、デッドブレイクコネクタとし、開閉器との接続は、コネクタ付ケーブルとして、高圧カットアウトを変圧器に内蔵している。変圧器容量は、75kVA+50kVAで特に低損失、コン

バクトに設計されたものである。二次側は三相210V、単相105V、四線式で幹線2回路、連絡線1回路を引出している。これと変圧器との接続は、切換板を経て行い、電源切換が容易に行える構造となっている。また、変圧器の換気口としては、雨水や異物の侵入による悪影響がないようギャラリを二重にしている。

一方、コンパクト化に伴う作業性の低下をきたさないよう作業時のみ蓋を取外す作業窓、ケーブル挿入部分の

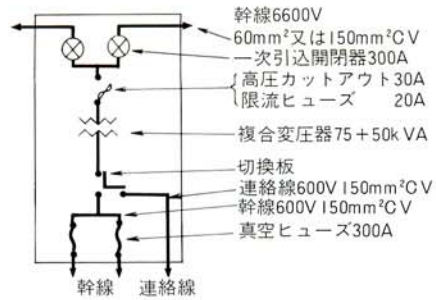


図1 / 地上設置形変圧器塔結線図

Fig. 1/Single line diagram of pad-mounted transformer

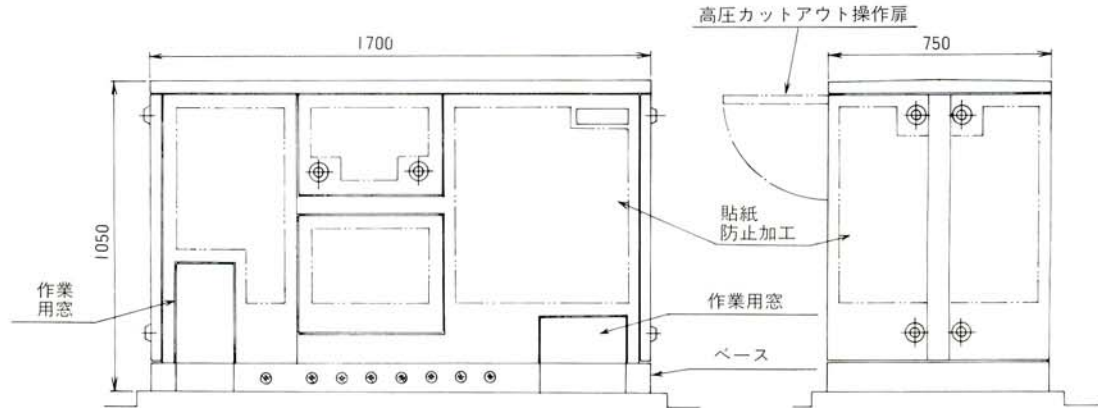


図2-a / 地上設置形変圧器塔(標準形)外形図

Fig. 2-a/Outlines of standard type pad-mounted transformer

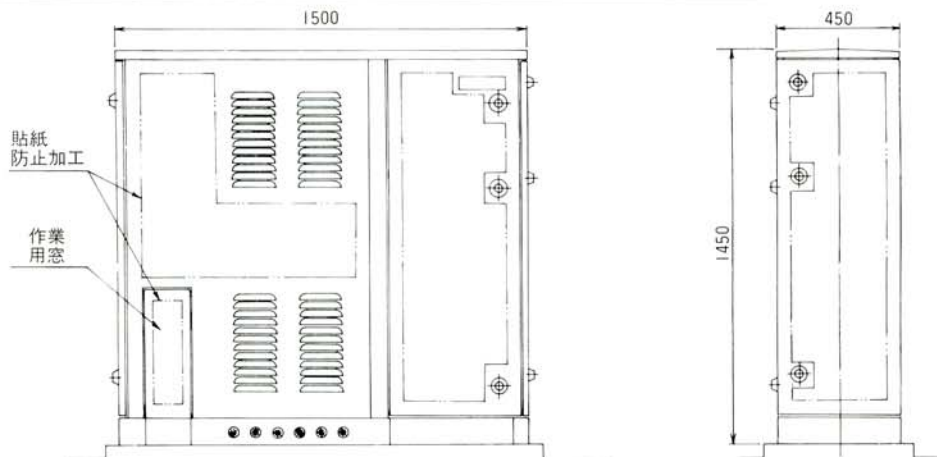


図2-b / 地上設置形変圧器塔(薄形)外形図

Fig. 2-b/Outlines of slim type pad-mounted transformer

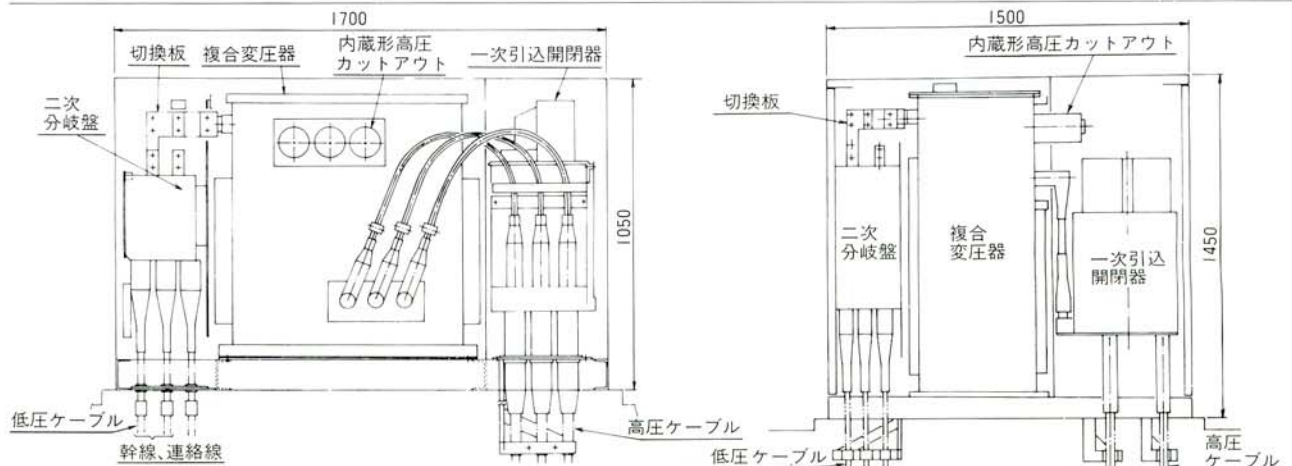


図3-a / 地上設置形変圧器塔(標準形)構造図

Fig. 3-a/Construction of standard type pad-mounted transformer

図3-b / 地上設置形変圧器塔(薄形)構造図

Fig. 3-b/Construction of slim type pad-mounted transformer

切離しができるベースなどを備えている。完成品（標準形）の写真を図4に示す。

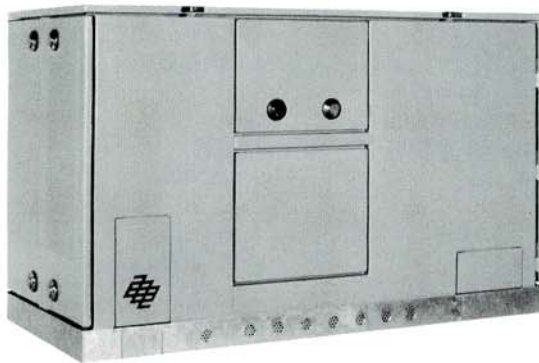


図4 / 地上設置形変圧器塔(標準形)  
Fig. 4/Standard type pad-mounted transformer

### 3.4 構造及び性能

#### (1) 変圧器

(i) 構造 容量75kVA+50kVAの複合変圧器で、鉄心は特性の優れた方向性けい素鋼帯 (G 6 H、厚さ0.27 mm)を使用した上、劣化率の小さいダブルステップラップジョイントコアを採用している。巻線は電流密度を低減し、絶縁に耐熱絶縁紙 (ダイヤモンドパターン紙) を使用している。放熱器は冷却効率が良くCOSMシリーズ (愛知電機工作所の標準機種) で実績のあるコルゲートリブを採用している。

高圧ブッシングは、テッドブレイクコネクタと嵌合できるエポキシブッシングを採用しており、コネクタ付ケーブルと直接結合できる。高圧カットアウトは変圧器に内蔵し、空間スペースの有効活用を図っている。

外箱及び蓋は、厚さ1.6~4.5mmの鋼板製で、空気密閉構造である。また、安全対策として変圧器内部異常圧力に対し、0.4kgf/cm<sup>2</sup> (静圧) で動作する放圧弁を有している。

(ii) 性能 複合変圧器の性能を表1に示す。

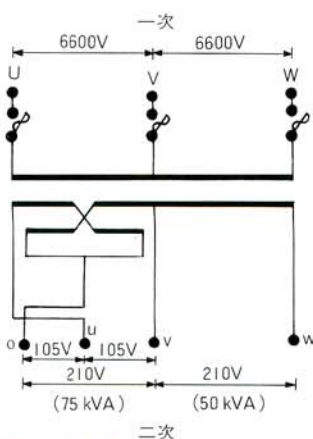


図5 / 複合変圧器結線図  
Fig. 5/Connection diagram of transformer

表1 / 複合変圧器の性能

Tab. 1/Performance of transformer

項目	性能	
	75 kVA	50 kVA
無負荷電流 (%)	2.3以下	2.3以下
無負荷損 (W)	190以下	138以下
インピーダンス電圧 (V)	127~172	127~172
効 率 (%)	98.6以上	98.4以上
電 圧 変 動 率 (%)	1.3以下	1.4以下
温 度 上 昇	油 60℃以下 巻線 65℃以下	
商用周波耐電圧	一次巻線~二次巻線及び鉄心 22kV/1分 二次巻線~鉄心 2kV/1分	
雷インパルス耐電圧	(非接地) 全波 (+)60kV (一端接地) 全波 (+)60kV (一端接地) さい断波 (+)65kV	
騒 音	50ホン以下	

#### (2) 一次引込開閉器

(i) 定格 一次引込開閉器の定格仕様を表2に示す。

表2 / 一次引込開閉器の定格・仕様

Tab. 2/Specification of primary load interrupter switch

項目	仕 様
定 格 電 圧	7200 V
定 格 電 流	300 A × 2、30 A × 1
極 数	3 極
回 路 数	開閉器 2 回路 変圧器用端子 1 回路
定 格 短 時 間 電 流	12.5kA (実効値)
定 格 投 入 電 流	31.5kA (波高値)

(ii) 構造 手動操作方式の開閉機構は、スプリングを用いた速入、速切機構となっている。開閉器は各相独立した構造となっており、絶縁体表面には汚損対策、電撃予防のため接地層を設けている。幹線用端子は150mm<sup>2</sup>以下のCVケーブル2回路の接続が可能であり、変圧器引込用端子はコネクタ付ケーブルとの接続ができる。導電部と接地層間の絶縁設計は地絡優先とし、短絡故障発生前に故障除去を図るよう配慮してある。

(iii) 性能 一次引込開閉器の性能を表3に示す。

表3 / 一次引込開閉器の性能

Tab. 3/Performance of primary load interrupter switch

項目	性能		
	場所及び材料	温度上昇限度 (℃)	最高許容温度 (℃)
温度上昇	主 接 触 部 (銀接触)	45	105
	端 子 部 (銀接触)	45	105
	絶 縁 体 表 面	30	90
	基準周囲温度の限度	40℃	
短時間電流	注) 温度上昇限度は箱内温度を基準とし、最高許容温度とは箱内最高温度60℃の時の温度をいう。 定格短時間電流、通電時間1秒を3回通電後、引きつづき定格電流の開閉及び連続通電ができる。		
投入性能	定格投入電流、通電時間0.4秒を3回投入後、引きつづき定格電流の開閉及び連続通電ができる。		
負荷開閉	定格電流を200回 (「入」、「切」を1回とする) 連続開閉後、引きつづき定格電流を通電できる。 また、定格電圧の1.1倍の電圧で10Aの充電電流を10回開閉できる。		

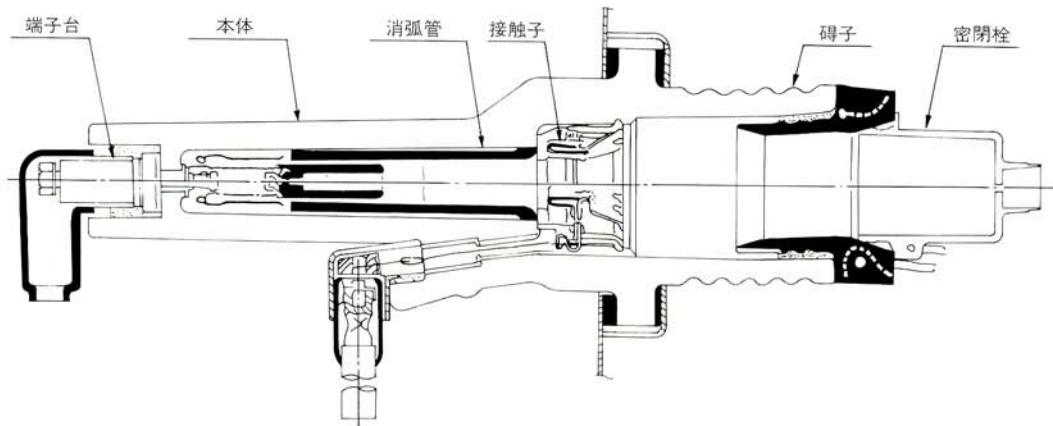


図6/限流ヒューズ付内蔵形高圧カットアウト構造図  
Fig. 6/Construction of enclosed type fuse cutout

(3) 限流ヒューズ付内蔵形高圧カットアウト

限流ヒューズ付内蔵形高圧カットアウトの定格を表4に、構造を図6に、また性能を表5に示す。

表4/限流ヒューズ付内蔵形高圧カットアウトの定格・仕様  
Tab. 4/Specification of enclosed type fuse cutout with current limiting fuse

項目	仕様
定格電圧	7200 V
定格電流	30 A
定格遮断電流	12.5kA
高圧限流ヒューズ定格電流	T-20A

表5/限流ヒューズ付内蔵形高圧カットアウトの性能  
Tab. 5/Performance of enclosed type fuse cutout with current limiting fuse

項目	性能	
保持力	5～15kgf	
温度上昇	接触部(銀接触)	限流ヒューズ使用 30℃以下 導体片使用 35℃以下
	端子部(銀接触)	30℃以下 35℃以下
	ヒューズリンク絶縁部	140℃以下
	基準周囲温度	75℃ 40℃
無電圧開閉	水平方向1000回連続開閉できる	
短時間電流	1500 A 1秒間3回通電できる	
負荷開閉	定格電流	30 A 50回(力率70～80%)
	励磁電流	1.5 A 10回 連続開閉できる
遮断電流	12.5kA 2回遮断できる(力率0.15以下)	

(4) 二次分岐盤

- (i) 定格 定格電圧 AC250V  
定格電流 300A×2

(ii) 構造及び性能 変圧器二次側ブッシングと配電用低圧ケーブルとの間であって幹線2回路、連絡線1回路への分岐、真空ヒューズによる保護及び電源切換板による電源の接続変更などを司る。各回路は巾40×厚さ6mmの銅帯で構成され、導体相互間及び導体と大地間は空間25mm、浴面45mm以上を有するよう相間セパレータを効果的に挿入し、合理的に構成されている。ヒューズ取付用各端子のボルトはすべてM12を使用している。表6に性能を示す。

表6/二次分岐盤の性能  
Tab. 6/Performance of secondary distribution board

項目	性能	
温度上昇	母線及び接続導体(銀めっき相互)	55℃以下
	端子及び接続部(銀めっき相互)	65℃以下
	絶縁物表面	30℃以下
	基準周囲温度の限度	40℃
商用周波耐電圧	2kV/1分	
雷インパルス耐電圧	(+)4kV	
耐荷重	導体端子部 30kgf/1分	
耐トラッキング	滴下数101回未満で破壊せず、試料面最大浸食深さ1mm以下	
汚損	等価霧中 5% せん絡電圧 250V以上	

(5) 外箱

(i) 外箱は厚さ2.3mmの鋼板製で外面の人の触れる角部は3mm以上の曲率をもっている。換気用ギャラリ打抜部も突出部両端に丸味をもたせ鉄板打抜面も返りをとり丸味をもたせた。

(ii) 扉は、操作、点検、ケーブル接続などに適した箇所に備えられている。標準形は両側面に観音開き扉と正面に高圧カットアウト操作窓扉を有している。また、薄形は両側面及び正面右に扉を有しており何れも堅牢な蝶番により取付けられている。施錠装置は中部電力(株)指定の特殊仕様のもを各扉に2～3個備えている。なお、扉の内側に専用工具や開路蓋(薄形)を取付けている。

(iii) ケーブル接続作業を容易にするため作業用窓を設けており歩道側作業用窓の下側部分のベースも容易に着脱できる構造となっている。

(iv) パッキングは復元性のすぐれた中空クロロプレングムを使用している。パッキングが外部からの自然現象やいたずらに直接さらされないよう防護枠を設けるなど外部から直接見えないような構造とした。

(v) 屋根は前後にわずかな傾斜をもち、内面にリップを入れ十分な強度をもたせた。吊ボルトは4本取付けており、これは現地据付後、化粧ボルトに取替えるものとした。

(vi) 一次側、二次側それぞれに接地母線を備え、外箱、ケーブル端末、変圧器外箱などの各接地線はいったん接地母線に接続し整理された上、一括接地している。点検や作業に使用する箇所は専用の端子を設け蝶ねじを使用した。

(vii) ケーブル支持枠はケーブル接続時のスペースを考慮してベースの内側に下向きに取付けた。

(viii) 基礎ボルトは中部電力(株)指定の寸法配置で、メーカーが異なっても同一基礎に設置可能である。

## 4 特徴

### 4.1 安全面への配慮

設置環境から特に公衆の安全面を配慮し下記のようにきめ細かい設計、製作を行った。

(1) 外面の折曲部、角部はすべて丸味をもつように仕上げた。

(2) 屋根上の化粧ボルト(4本)を外しても、屋根が外れたり雨水の浸入がなく変圧器塔の構造に影響のないものとした。

(3) 換気口は外部から直径1mm以上の針金を突込んでも内部の機器に直接届かない構造とした。

### 4.2 雨水・浸水・防錆対策

(1) 一次引込開閉器や二次分岐盤のように部分的にも充電部が露出せざるを得ないものを考慮し、雨水の浸入を十分防護する構造とした。

(2) 万一路面が冠水した場合でも路面上30cmまでの浸水には支障なく使用できる構造とした。

(3) ベースは溶融亜鉛メッキ、外箱外面は下地に亜鉛溶射をした上、指定の塗装を施し美しく仕上げた。

(4) ケーブル貫通部になる床板はステンレス製とし、貫通穴はゴムブッシュで密閉する構造として湿気の浸入を防止している。

(5) 扉の蝶番、主要なボルト、ナットなど要所はステンレス製とし防錆上見えない所にも細心の注意を払った。

### 4.3 コンパクト化

(1) 変圧器は一次側をデッドブレイクコネクタ、カットアウト内蔵とするとともに低損失コンパクト設計とした。

(2) 一次引込開閉器回り的高圧回路はモールド化して開閉器とともに一体化した。

(3) 二次側は3回路の分岐切換部、ヒューズ、ケーブル接続端子を一体化し、十分な離隔距離をとりながらコンパクトに収めた。

(4) 収納機器を合理的に配置し無駄な空間を極力減

小させた。

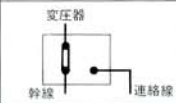
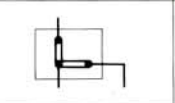
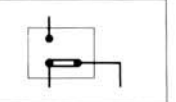

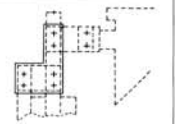
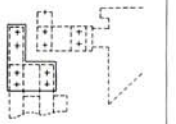
### 4.4 容易な切換機能

(1) 一次引込開閉器は操作機構付とし、 $\pi$ 引込の何れの回路にも安全迅速に切換が可能である。

(2) 二次側回路は変圧器と電源切換板にて接続され、この接続換により、変圧器、幹線、連絡線相互間の接続を、常時、共用、逆送の3ルートに容易に変更できる。表7にこれを示す。

表7/二次分岐盤の切換方法

Tab. 7/Operation method of secondary distribution board

	常 時	共 用 時	逆 送 時
供給 ルート	幹線に供給	幹線と連絡線 に供給	変圧器を切離し、 連絡線から幹線に供給
結 線			
切 換 方 法			

### 4.5 作業性への配慮

(1) 変圧器塔のコンパクト化に伴い、ケーブル接続作業に必要なスペースが比較的狭くなっている。これをカバーして作業性を向上するため、一次側、二次側とも外箱のケーブル接続端子側面の位置に作業用窓を設け、歩道側についてはその下部のベース枠も切離し着脱可能としている。ケーブル作業時にはこれらを取外すことにより、ケーブル端末部分を側面から挿入可能とするなど作業性が格段に向上した。

(2) ケーブル引込部の底板(シール板)は、ケーブル貫通穴を半割としたステンレス板数枚で構成し、この取付は、一方をはめ込み式、他方を大形ローレットネジによる締付とした。また、ケーブル貫通部のシールは切込付ゴムブッシュのはめこみ式とした。

(3) 作業者が取扱うヒューズ取付用など各端子部のボルト、ナット類はM12とし、大形堅牢で取扱を容易とした。

(4) 接地蓋用など点検、作業時に使用する接地端子は、大形とし、蝶ねじを効果的に配して使いやすくした。

(5) 操作や作業に必要な操作棒、開路蓋及び専用工具等も内部に収納した。

### 4.6 その他

(1) 変圧器はベースとの間に防振ゴムを介在させて振動、騒音の低減を図った。

(2) 箱の外側面は貼紙防止加工を行った。

(3) 扉の施錠は中部電力(株)指定の特殊な構造とし、市販の鍵は使用できないものとした。

## 5 試験

収納機器個々の試験及び地上設置形変圧器塔としての総合試験を、JIS、JEC、CES(中部用品規格)などに準拠して、表8に示す各項目について実施し性能を検証した。このうち、特徴ある試験を以下に示す。

表8/地上設置形変圧器塔主要試験項目

Tab. 8/Test items for pad-mounted transformer

試験項目	複合変圧器	総合試験
外観構造検査	●	●
変圧比試験	●	
極性試験	●	
無負荷試験	●	
短絡試験	●	
巻線抵抗、インピーダンス試験	●	
単三平衡度試験	●	
温度試験	●	●
絶縁抵抗試験	●	●
商用周波耐電圧試験	●	●
雷インパルス耐電圧試験	●	●
誘導耐電圧試験	●	
使用電圧の変化試験	●	
気密試験	●	
防水試験		●
作業性試験		●
騒音試験		●
メッキ試験		●
塗装厚さ試験	●	●
構造強度試験		●

### 5.1 作業性の検証・試験

#### (1) モデルによる作業性の検証

変圧器塔と同寸法のモデル品を模擬作業孔に設置して、低圧ケーブル(CV、150mm<sup>2</sup>、4心、3ルート)の接続、取外し作業を、実作業を実施する工事担当者が行い、その結果を検討し、作業用窓の配置、ベース枠の一部切り取り、接続端子の配列、ケーブルサドルの位置、構造などについて製品へ反映した。



図7/作業性試験

Fig. 7/Work efficiency test

#### (2) 製品による作業性の試験

全装備の製品を模擬作業孔に設置して使用状態を模擬し、高圧ケーブル及び低圧ケーブルの引込み接続を中心に、ヒューズ取替などの作業性の試験を行った。この結果、現地作業時に取扱うボルト、ナット類は機械的強度とは別に取扱いやすいよう極力大形化するとともに、蝶ナット、ローレットねじを採用し、ケーブル貫通部床板の改善などを行った。

### 5.2 防水試験

JIS C0920-1982、4.8項の耐水形に相当する試験を実施した。内径12.5mmのノズルを使用して水頭8mの水圧にて距離3mから連続して変圧器塔側面に注水した。注水時間は各側面合計6分間とし、一次引込開閉器及び二次分岐盤に水滴が付着しないことを確認した。

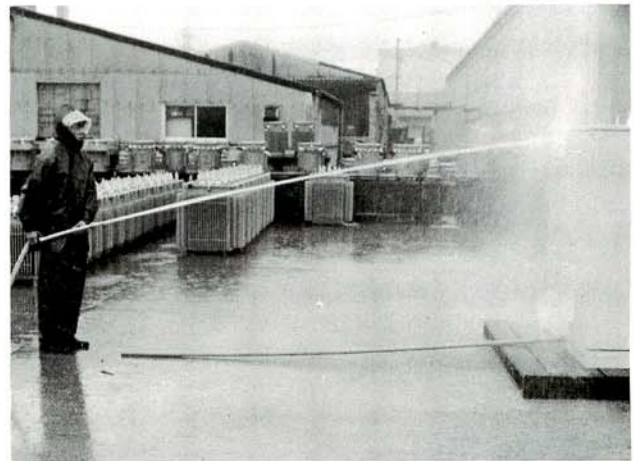


図8/防水試験

Fig. 8/Water-proof test

## 6 あとがき

地上設置形変圧器塔二機種について概要を紹介したが、今後ますます高まるであろう配電線地中化への要求に応じて、今回開発した製品が大いに普及していくことが期待される。今後は、よりコンパクト化、よりコストダウンを指向し一層の努力を重ねてゆきたい。

おわりに、開発にあたって御協力賜った日本碍子(株)はじめ関係各位に厚く謝意を表する。