

富士標準油入変圧変流器の新系列

New Standard Series of Oil Immersed, Combined Voltage Current Transformers

芦田 勝治* 桐谷 暉* 立野 幸一*
Katsuji Ashida Tōru Kiriya Koichi Tatenō

I. ま え が き

電力会社と大口需要家あるいは電力会社相互間で電力の取引が行なわれる際に、電力量計とともに使用される計器用変成器には、変流器 (CT)・計器用変圧器 (PT)・計器用変圧変流器 (PCT) がある。それぞれ特長をもっているが、PT・CTのおおの特性を調整して、合成誤差をもっとも都合のよい値にできること、価格が安く、据付面積が節約できることなどにより 70 号以下では PCT がもっとも一般的に使用されている。

最近の電力需要の増加と電力系統の特別高圧大容量化および新計量法制定による既設品の代替などにより、特別高圧電力需用用の変成器すなわち、PCT の需要が著しく高まってきている。当社では、新 JIS 規格 (JISC 1736, 1969 制定) による 10 号から 70 号の新系列 PCT を完成したのでここにその概要を紹介し、関係各位の参考に供することとする。

II. PCT に対する最近の要求事項

PCT に対する要求は各電力会社・一般需要家によってさまざまで、設置場所による要求や、構造および端子部形態に対する要求など時代とともに変わっている。特に最近は次の要求が出されている。

1. 小形軽量化

電力需要の大都市集中化の傾向が著しく特に最近都市近郊においては用地事情がひっ迫し、必然的に変電所用地の確保が困難となり、ここに設置される電気機器全般に対し据付面積の縮小が切望されている。また、大口需要家における 60, 70kV 級受電設備には、

- 1) 塩じん害のおそれがないこと
- 2) 保守点検が安全かつ容易であること
- 3) コンパクトな設計ができて据付面積が縮小されること

などの利点をもつ閉鎖配電盤方式が採用される傾向にある。これは 30kV 以下ではすでに常識化している。こ

に設置される電気機器に対しても、当然のことながら盤内所要空間を少なくするため小形化が強く要求される。

2. 塩害対策

台風や季節風により海から運ばれた塩分が、がい管表面に付着しせん絡を誘発することについては、従来から関心を持たれていたが、特に最近では用地難、原材料および製品の搬入搬出などの便宜上大口需要家が海岸埋立地に建設される傾向が強く、安定した運転を確保するために塩害対策が重要視されるようになった。

3. 納期の短縮

耐塩害などの特殊要求に伴って製作期間の長期化の傾向があったが、電気事業連合会統一形耐塩がい管の制定もあって PCT の短納期化を強く要望されている。

III. 構造

1. 基本構造

1) 60, 70kV 級

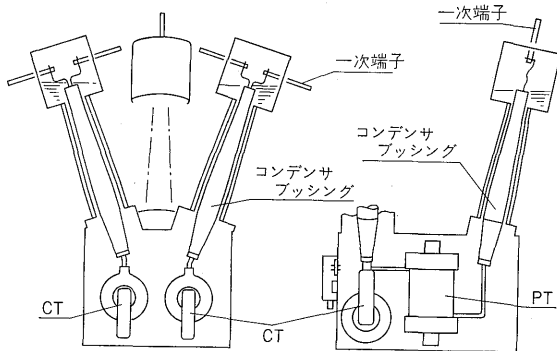
旧系列の構造は一次側ブッシングに油入密封形を使用して PCT 本体油槽とは絶縁油を別にし、単独で油密および気密を保持していた。したがって PCT 本体の油の膨張に対し油槽上部に膨張室空間を設ける必要があり、油面変動を含めた膨張室の高さを考慮してブッシングの下部寸法を決定しなければならなかった。ブッシングは大気中部分では大気と油密および気密に保持され、油槽内に入る部分も油槽内部と油密および気密に保持されていた。CT 側ブッシングでは特に 2 本ないし 4 本の導体を内装し、油密および気密を保持して引き出すため、その構造が複雑で高度の製作技術を要するとともに寸法が大きく PCT の寸法と重量増大の原因となっていた。

新系列品の構造はかかる不都合な問題点を解決したもので、本体油槽とブッシング内部の絶縁油を連通させ、ブッシング上部に空間を設け窒素を封じ込み膨張室としている。ブッシング内部を貫通する導体とアース部間との絶縁には、電氣的・機械的に信頼度の高いコンデンサコーン構造を応用したコンデンサブッシングが採用され

* 千葉工場

た．この構造はすでに当社の 60～200kV 級油入変流器の一次リード導出部に採用し充分な実績をもっている．コンデンサコーンの構造によりがい管表面の電位分布およびがい管表面のせん絡電圧は大幅に左右される．したがって、コンデンサコーンはそれ自身の絶縁耐力を考慮すると同時に、これによる影響を受けるがい管表面の電位分布も考慮して設計されている．

このブッシングは、内部絶縁油が本体内部絶縁油と連通したいわゆる共油式であるため、相互間を油密および気密に保持する必要のないことはもちろんそれらを構成する部品および油中部がい管などが不要となっている．したがってブッシング構造の簡素化と寸法の縮小に伴い、CT・PTコイルの配置の合理化が容易になり、共油方式の利点を最大に利用してPCTの寸法、重量を大幅に軽減することができた．共油方式およびコンデンサコーン絶縁方法は油入形CTに類似した構造であるため、当社は安定した製作技術と豊富な経験を有しており、それらの実績をもとに行なった試作器の絶縁試験においてはきわめて良好な成績が得られ、適正な品質をもっていることが確認された．

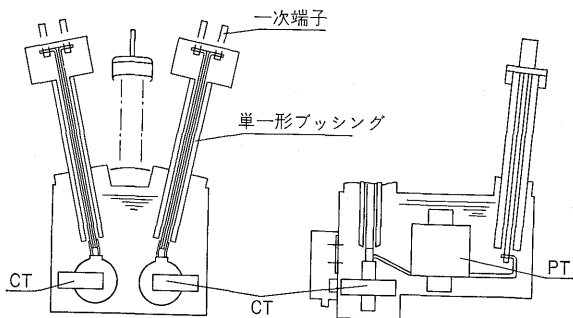


第1図 66kV, 77kV PCT断面図

Fig. 1. Section of the 66kV, 77kV oil immersed, combined voltage current transformers

2) 30kV 級以下

30kV 級以下PCTの構造はこれまでと基本的に変っていないが、コイルの構造と配置などに特に工夫をこらして外観スタイルを一新するとともに、中身配置に即



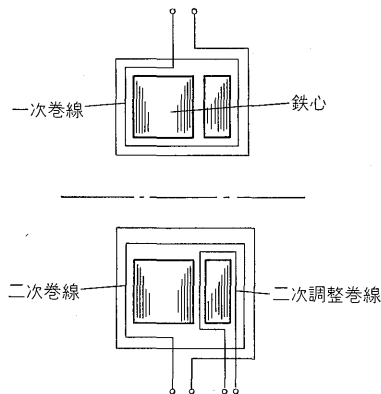
第2図 11kV, 33kV PCT断面図

Fig. 2. Section of the 11kV, 33kV oil immersed, combined voltage current transformers

したタンク構造を採用してデッドスペースのきわめて少ない節油形とし、寸法および重量に大幅な縮小がなされた．PT・CTコイルを同一タンク内に納め絶縁油を封入し、タンク上部の空間には窒素を封入して膨張室を形成する構造である．ブッシングは単一形ブッシングを採用している．

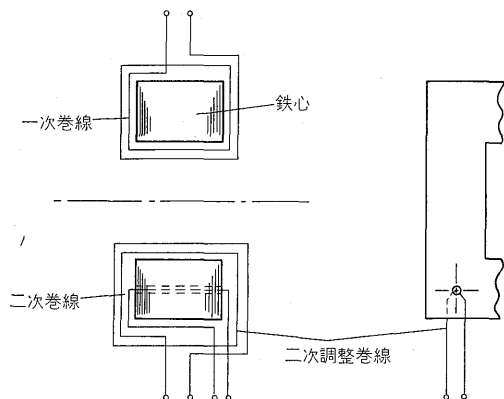
2. 誤差特性の向上

電力需給用PCTは厳しい誤差特性の要求があるため、誤差補償特に誤差の微調整には充分な配慮がなされている．誤差の微調整の一例としてCT側に採用している誤差補償法を第3図と第4図に示す．鉄心を分割して一次巻線および二次主巻線を巻き、分割された鉄心のみ二次調整巻線を巻く．鉄心材料には励磁電流の小さい方向性珪素鋼帯を使用し、60kV, 70kV 級はリング状とし第3図の調整方法を行なう．30kV 級以下については矩形状鉄心とし、第4図の方法で鉄心締付ボルトを利用して誤差調整を行なっている．



第3図 66kV, 77kV PCTの巻数比微調整方法

Fig. 3. Method for slight adjustment of turn-ratio of the 66kV, 77kV combined voltage current transformer



第4図 11kV, 33kV PCTの巻数比微調整方法

Fig. 4. Method for slight adjustment of turn-ratio of the 11kV, 33kV combined voltage current transformer

3. 短納期化

最近特に短納期の要求が多くなっている．従来納期短縮の障害の一つにブッシングの納期の長いことがあげられていた．すなわちPCTの納期の大部分はブッシングの製作期間であった．当社ではこの点に鑑み構造上の問

題点の解決も合わせ考え、ブッシングの社内製作に踏み切り納期短縮を図った。これまでは耐塩仕様の場合はその都度がいしメーカーでがい管を設計・製作し、組立・試験の上受け入れ PCT 本体に組み立てるやり方であった。昭和 43 年 6 月から電気事業連合会によって統一耐塩害がい管が制定された (電力用規格 B-301) ことにより、この耐塩害がい管 2 号 (重汚損)・1 号 (軽汚損) および一般標準がい管を在庫品とし、内部主要絶縁部その他の機構部品の社内製によって工程の短縮を図り PCT の本体と並行して製作可能とした。また製作に多くの時間を要する PT コイル・CT 二次コイル・タンクなどを仕込み生産することにより PCT の短納期への即応化を図り、受注後短納期で納入できる体制をとっている。

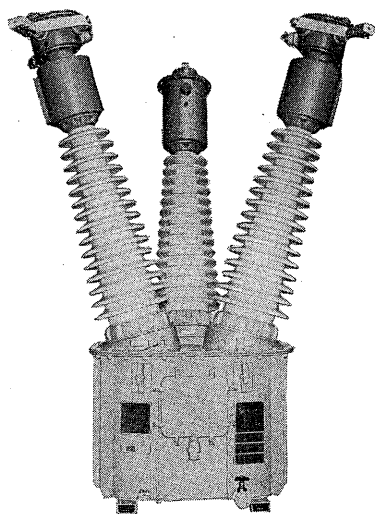
4. 輸 送

60kV, 70kV 級で特にブッシングが耐塩仕様となる場合は、これまで低床車使用ないしは分解輸送のうえ現地にて再組立を行なう方法をとってきたが、この系列による PCT では、大幅な小形化によって耐塩仕様の場合でも一般貨車を使用して全装輸送が可能となり、信頼性の

第 1 表 寸法、重量諸元表
Table 1. Weight and dimensions

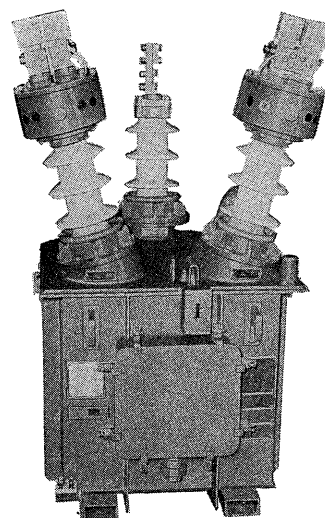
一次電圧	11kV	22kV	33kV	66kV	77kV	
形 名	MT2-11	MT2-22	MT2-33	MT2-66	MT2-77	
寸 法 (mm)	幅	740	890	955	1,580	1,715
	奥行	760	865	970	1,600	1,695
	高さ	1,240	1,365	1,475	2,095	2,710
油 量(ℓ)	70	140	190	575	720	
旧形に対する割合				64%	63%	
重 量 (kg)	400	630	770	1,435	1,800	
旧形に対する割合				60%	59%	

注) 77kV 級は耐塩害形



第 5 図 新形 77kV PCT の外観

Fig. 5. View of the new type 77kV oil immersed combined voltage current transformer



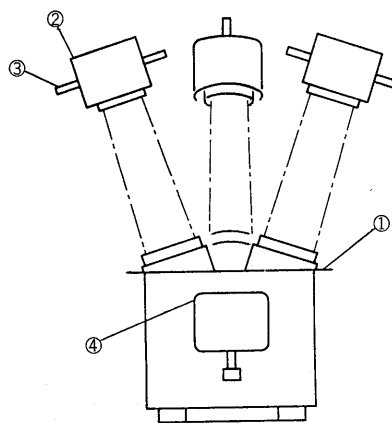
第 6 図 新形 22kV PCT の外観

Fig. 6. View of the new type 22kV oil immersed combined voltage current transformer

向上とともに運転開始までの期間が短縮されるなど、需要家にとっても当社としても好結果が得られた (寸法、重量は第 1 表による)。

5. 封印装置

電力需給用 PCT には、取り去らなければ特性を変更できないような個所に施す通産省電器計器検定所による検定封印と、取り去らなければ使用状態を変更できないような部分に施す需給者間封印がある。



第 7 図 封印位置図

Fig. 7. Parts of sealing

1) 検定所封印箇所

- (1) タンク、カバー間の締付ボルト①
対角線上に 2 箇所 (内 1 箇所は検定合格票収納筒付)
- (2) 上部ケースとふたとの締付ボルト②
対角線上に 2 箇所

2) 需給者間封印箇所

- (1) 一次端子電流比切換板③
- (2) 二次端子箱カバー締付ボルト④

第2表 計器用変圧変流器の標準仕様
Table 2. Standard specifications of the oil immersed combined voltage current transformers

形 名	MT2-11	MT2-22	MT2-33	NT2-66	MT2-77
相・線 式	三相3線式	三相3線式	三相3線式	三相3線式	三相3線式
階 級 (級)	0.3W	0.3W	0.3W	0.3W	0.3W
絶 縁 階 級 (号)	10号A	20号A	30	60	70
定 格 一 次 電 圧 (kV)	11	22	33	66	77
定 格 二 次 電 圧 (V)	110	110	110	110	110
定 格 負 担 (PT) (VA)	2×100	2×100	2×100	2×100	2×100
定 格 一 次 電 流 (A)	50～1,200	50～1,200	50～1,200	30～1,200	30～1,200
定 格 二 次 電 流 (A)	5	5	5	5	5
定 格 負 担 (CT) (VA)	2×40	2×40	2×40	2×40	2×40
定 格 過 電 流 強 度 (倍)	40	40	40	40	40
定 格 周 波 数 (Hz)	50,60	50,60	60	50,60	60

IV. 標準仕様と寸法諸元

1. 標準仕様

従来の実績と将来の見通しおよび経済性などを考慮し JISC-1736 (1969) に準拠した。屋外用油入密封構造の第2表の仕様を標準とした。

第2表のほか、要求があれば次のものも製作する。

相別および形式	三相4線式
階 級	0.5W 級 1.0W 級
定格一次電流	
10, 20, 30号	20A以下 1,500A以上
60, 70号	40A以下 1,500A以上
定格過電流強度	75倍以上
PTの定格負担	50VA

なお絶縁階級 10, 20, 30 号のものは不燃性油入形を標準としているが、もちろん要求があれば普通鉱油形も製作する。

V. 試 験

JISC-1736 (1969) に規定されている形式試験を行ないこれに合格することを確認し、また旧規格JISC-1713 (1966) にも合格することを確認した。

試験順序は第3表に示す。ここでは JISC-1736(1969) の誤差試験、電流特性試験、電圧特性試験および相互干渉試験の試験結果を記す。

なお、供試品の定格は次のとおりである。

三相3線式油入密封形	絶縁階級 70号
電圧 77,000/110V	負担 2×100VA
電流 100/5A	負担 2×40VA
過電流強度 40倍	階級 0.3W級
周波数 60Hz	

1. 誤差試験

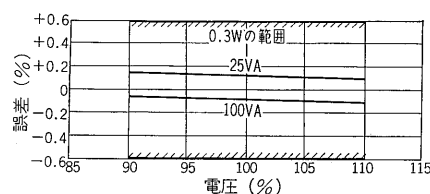
定格周波数において、定格負担とその25%の負担

(変流器は力率0.8遅れ電流・計器用変圧器は力率0.2遅れ電流)を接続し、変流器は定格電流の5, 10, 20, 50, 100, 120%の電流・計器用変圧器は定格電圧の90, 100, 110%の電圧で試験した。

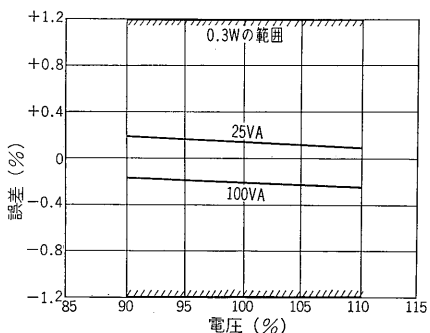
試験結果は第8図に計器用変圧器の合成誤差、第9図に変流器の合成誤差、第10図に計器用変圧変流器の合成誤差を示す。

第3表 試験順序
Table 3. Test items

順序	試 験 項 目
1	構 造 検 査
2	極 性 検 査
3	過電流強度試験 (計器用変圧器を除く)
4	温 度 上 昇 試 験
5	二次開路試験 (計器用変圧器を除く)
6	衝 撃 耐 電 圧 試 験
7	交 流 耐 電 圧 試 験
8	誘 導 耐 電 圧 試 験
9	誤 差 試 験
10	電流特性試験 (計器用変圧器を除く)
11	電圧特性試験 (変流器を除く)
12	相 互 干 渉 試 験



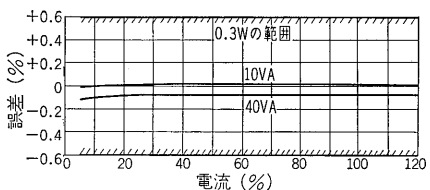
一次負荷力率 1



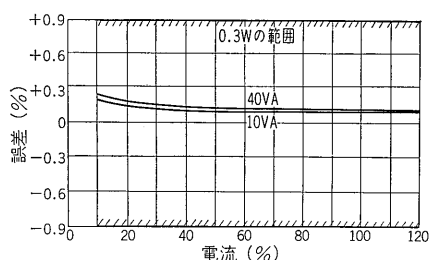
一次負荷力率 0.5

第 8 図 計器用変圧器の合成誤差

Fig. 8. Synthesis error of potential transformer



一次負荷力率 1



一次負荷力率 0.5

第 9 図 計器用変流器の合成誤差

Fig. 9. Synthesis error of current transformer

2. 電 流 特 性

上記誤差試験結果より誤差の変化を求めた。

一次負荷力率 1 の時 0.03% (規格値は 0.3%)

一次負荷力率 0.5 の時 0.15% (規格値は 0.45%)
(遅れ電流)

3. 電 圧 特 性

誤差試験結果より誤差の変化を求めた。

一次負荷力率 1 の時

0.9 V_n~1.0 V_n 0.03% (規格値は 0.15%)

1.0 V_n~1.1 V_n 0.04% (規格値は 0.15%)

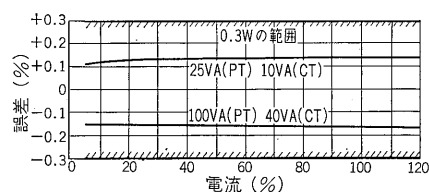
一次負荷力率 0.5 の時 (遅れ電流)

0.9 V_n~1.0 V_n 0.06% (規格値は 0.25%)

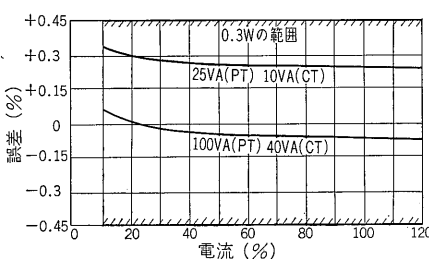
1.0 V_n~1.1 V_n 0.06% (規格値は 0.25%)

4. 相 互 干 渉

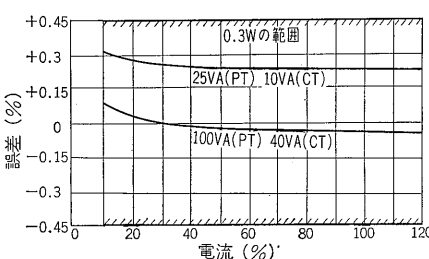
計器用変圧器に定格周波数の定格電圧を加え、変流器に定格負担とその25%の負担(力率0.8遅れ電流)のもとで、定格周波数の1/10 定格電流を流して変流器の誤



一次負荷力率 1



一次負荷力率 0.5 (正相順)



一次負荷力率 0.5 (逆相順)

第 10 図 計器用変圧変流器の合成誤差

Fig. 10. Synthesis error of combined voltage current transformer

差試験を行ない、ついで一次電流の方向を 180° 反転して同一条件で誤差試験を行なった。

上記試験結果より次の計算式で誤差の変化を求めた。

$$\Delta\delta = \sqrt{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)^2 + \{0.0291(\theta_1 + \theta_2)\}^2} \%$$

ε_1, θ_1 : 始めの試験のときの比誤差 (%)
位相角 (分)

ε_2, θ_2 : 一次電流の方向を 180° 反転して試験したときの比誤差 (%), 位相角 (分)

計算結果を第 4 表に示す。

第 4 表 相互干渉による誤差の変化

Table 4. Variation of error by mutual interference

U ₁ K-U ₂ L/ku-lu		W ₁ K-W ₂ L/kw-lw	
負 担 (VA)	誤差の変化 (%)	負 担 (VA)	誤差の変化 (%)
40	0.0454	40	0.0328
10	0.0506	10	0.0384

(規格値は 0.15%以内)

VI. む す び

最近開発完了した新系列の 10~70 号の油入 PCT の構造と特性について説明し、あわせて製品の一例を紹介した。本系列により当社の油入 PCT は面目を一新し、一段と需要家のご期待に添いうるものになったと信ずる。本新系列の完成にあたり内外各位から賜わったご指導とご協力に紙面を借りて厚く謝意を表する。



＊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。