一般論文

倒立形変流器の再開発

Re-Development of Inverted Type Current Transformer

塩　尻　　　健　　中　條　翔　太
K. Shiojiri　　S. Nakajo
糜　　　峰　偉
F. W. Mi

概要

当社の変成器事業は、1952年にコンデンサ形計器用変圧器（CVT）を商品化したのを最初に1954年に油絶縁変流器（CT）、1978年にGIS用のガス絶縁計器用変圧器（ガスVT）の商品化を行い、この3機種が変成器事業の3本柱になっている。国内での需要が減少したことで、海外生産を目指し、1995年中国でCVTの生産を開始、その後2002年に中国でガスVT、2004年にCTの生産を行い、現在に至っている。

ASEANの変成器市場は、2020年の規模が2016年対比で約20％増となる成長が期待できる。

日新（無錫）機電有限公司は、当該市場を中心に競争力のある製品を投入するため、日新電機株式会社電力機器事業部と協業で倒立形変流器を再開発した。本稿では開発した倒立形変流器についてその概要を紹介する。

Synopsis

Nissin Electric Co.（Nissin）started its instrument transformer business in 1952, with the commercialization of capacitor voltage transformers（CVT）. We subsequently commoditized oil-insulated current transformers（CT）in 1954 and gas-insulated voltage transformers（gas VT）for GIS in 1978. These three types of instrument transformers comprise the mainstream of current transformers business.

In accordance with the decrease of domestic instrument market in Japan, we shifted to overseas manufacture. At first CVTs joint venture business more started in China in 1995. Next Gas-VTs business for GIS more established as independent capital in 2002. Finally CTs business more established in 2004.

The ASEAN instrument transformer market is expected to grow by about 20% in 2020 compared to 2016.

Nissin Electric Wuxi Co., Ltd. developed the inverted current transformer in collaboration with the Power System Equipment Division of Nissin Electric Co., Ltd. to launch competitive products in this market.

This paper describes the overview of this products.

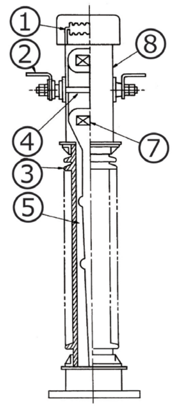
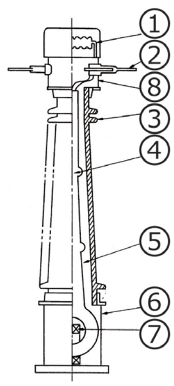
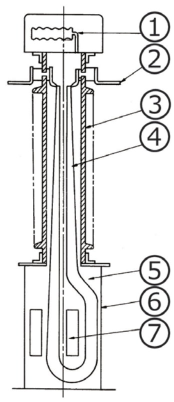
1．はじめに

油絶縁変流器（CT）の構造は3種類に大別され、電圧、電流の定格において信頼性と経済性を考慮して、適用を区分している。**表１**に変流器の構造区分を示す。

日新（無錫）機電有限公司（以下NEW）は2004年より中国国内向けに500kVのヘアピン形CTを生産開始して以来、当社のもつ技術およびノウハウを継承し、ヘアピン形を中心にCTを国内外へ納入してきた。

ヘアピン形CTは、生産設備の自動化が図りやすく量産効果の高い機種といえるが、一次導体はヘアピン形状で長尺となるため、製品容積が大きくなり、重量が重くなる。また一次電流仕様が2000A以上になると温度上昇性能を確保するため、CT上部に放熱タンク等のオプション対応が必要となり、構造が複雑となる。

表1　従来CTの構造区分による適用・構造比較

項目＼構造区分	倒立形CT	アイボルト形CT	ヘアピン形CT
電圧階級	66～550kV	66～800kV	66～550kV
一次電流範囲	大電流域に適す(2,000～5,000A)	全電流域に適す（50～5,000A）	中電流域に適す（300～3,000A）
構造図 構造図説明 ①金属ベロー (油量調整装置) ②一次端子台 ③碍管 ④一次導体 ⑤絶縁油 ⑥下部タンク ⑦鉄心・二次 コイル ⑧上部タンク			

一方、倒立形CTは3機種の中で、一次導体は貫通形と短いため、軽量かつ一次電流仕様によるオプションは不要と構造的にシンプルである。ただ現行器では生産設備の自動化が困難であり量産効果が得られにくい。

今回の倒立形CT開発の特徴は、新たな絶縁方式の採用により、主絶縁部のシンプルかつ細径化を図るとともに、適用電流範囲も中電流領域まで拡大させたことである（**図1**）。

図1　170kV倒立形CT（開発品）

2．定格仕様

倒立形CTの開発仕様を**表2**に示す。市場性及び標準化の観点で3機種とした。

表2　倒立形CTの開発仕様

項　目		仕　様		
最高回路電圧		123/126kV	145/170kV	245/300kV
定格周波数		50/60Hz		
一次電流		250～4800A		
確度階級及び負担（最大）	計測用	0.2S級、15VA		
	保護用	5P30、30VA		
短時間耐電流(最大)		63kA、3秒		
定格耐電圧	AC	230kV	275/325kV	460kV
	Imp	550kV	650/750kV	1050kV

3．構造

今回開発した倒立形CTの構造を**図2**に示す。

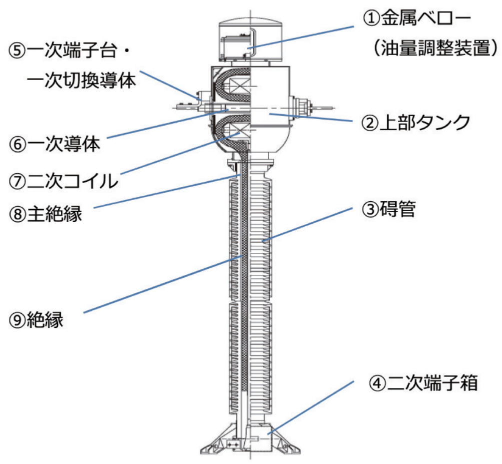


図2　倒立形CTの構造

3．1　主絶縁構成

倒立形CTの主絶縁部は、直線部とリング部に区分する。従来品と開発品の絶縁構造を**図3**、絶縁方式の相違を**表3**に示す。

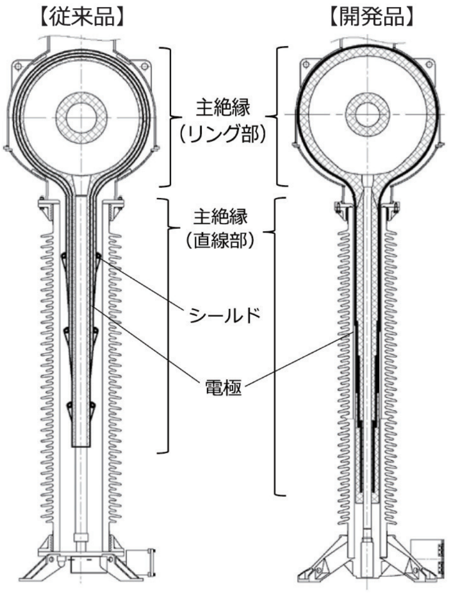


図3　従来品と開発品の絶縁構造図

表3　従来品と開発品の絶縁方式

主絶縁部位	従来品	開発品
直線部	コンデンサコーン絶縁	コンデンサコーン絶縁
リング部		充填絶縁

3．1．1　直線部絶縁

直線部絶縁は容量分圧による電界緩和（コンデンサコーン）という点で従来品と同じであるが、電極にラウンドエッジを施して、五月雨状に数十層配置した（**図4**）。これにより、電圧の分担数を増やすことで電極端部の電界集中を緩和し、従来のシールドをなくすことが可能となった。また、従来より絶縁強度の高い絶縁紙を使用することで、絶縁性能を確保しつつ、より細径化を図った。

容量計算は**図5**のようなモデルを考え、**図6**のモデル回路にて容量分圧の解析を実施し、絶縁性能確保に必要な電極層数を算出した。

以下、本方式を用いることによる利点を示す。

・シールドをなくすことで、広幅絶縁紙を適用することが可能となり、電極も含め、自動巻を実現した。

・直線部の細径化に伴い、碍管の細経化及び絶縁油量の低減ができる。

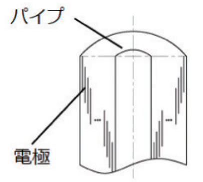


図4　五月雨状多層電極

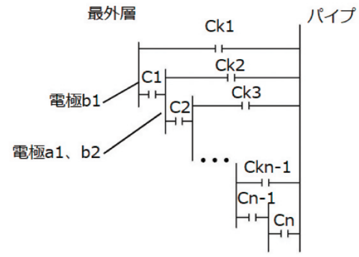


図5　容量計算モデル

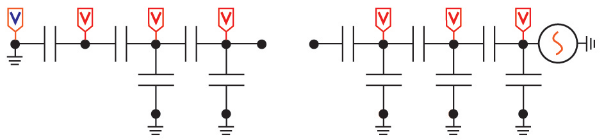


図6　ATP（注）モデル回路

3．1．2　リング部絶縁

リング部絶縁は従来品のコンデンサコーン絶縁ではなく、充填絶縁方式を採用した。直線部と異なりリング部は高電圧側の上部タンクに収納しているため、絶縁性能は接地側の二次コイルと高電圧側の最外層電極間の貫通方向のみの性能確保で良く、構造の簡素化を図った。

3．2　一次導体及び一次切換構造

一次電流仕様は250～4800Aと幅広い電流域とするため、一次導体は一次切換方式を標準とし、250～1000A未満を直列接続、1000A以上を並列接続で対応する。一次切換方式の結線図を**図7**に示す。

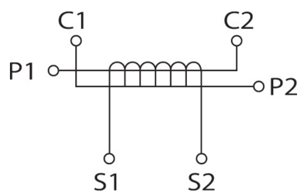


図7　一次切換方式の結線図

一次切換方式は、一次端子台と一次導体間で、直列及び並列に切換えられる構造とした。通電による温度上昇を規格値以下に抑えることと、局部過熱が発生しない様、設計的に配慮する必要があり、構造が複雑となる。

一次導体及び一次切換構造を**図8**に示す。開発品ではアルミ製上部タンクを一次切換導体として機能統合を図り、端子C1、C2を設け、内側の一次導体（P1､C2）を水平方向にスライドさせることで切換えが行えるという特徴をもつ。

一次導体、一次端子台等の通電回路部品の材質とし

（注）ATP：Alternative Transients Program

てアルミを採用し、部品間の接合に溶接構造を用いることで、構造の簡素化を図った。

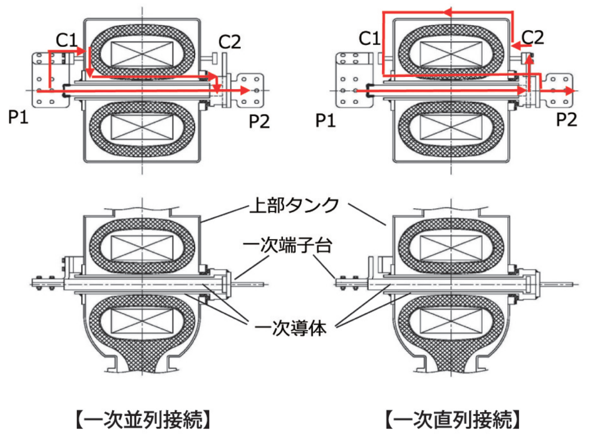


図８　一次導体及び一次切換構造

4．性能及び検証

CTの規格規定事項及び顧客の要求仕様に対して、全てを網羅した検証を行い、十分な性能を有していることを確認した。特に主絶縁部の絶縁性能及び一次導体及び一次切換部の温度上昇性能に対しては、要素技術開発としてモデル検証器による製作・検証のステップを踏み、十分な性能検証を行った。

4．1　絶縁性能試験

規格に定められた耐電圧値に対して、交流耐電圧試験、部分放電試験及び雷インパルス試験を実施し、良好な結果が得られた（**図９**）。これに加えて、規定値を越える耐電圧値に対しても試験を実施し、良好な結果を得られたことから、高い絶縁性能も有していることを確認した。

また、主絶縁部の絶縁作業に対して、作業のバラつきによる影響を最小限とするため、電極部の処理方法、絶縁部の寸法管理等に対して基準を整備した。

図９　交流耐電圧試験及び部分放電試験

4．2　温度上昇性能

温度上昇試験において、抵抗法及び熱電対法により各部の温度上昇値を測定し、局部過熱もなく規定値以内であることを確認した。

5．まとめ

本開発では、倒立形CTに新しい絶縁構造を採用し、絶縁の簡素化、細径化を図るとともに、高い絶縁性能を有していることを確認した。

また、一次導体及び一次切換構造の簡素化を図り、一次電流の適用範囲を250～4800Aまで拡大した。

上記のとおり倒立形CTの開発は完了し、競争力のあるCTとして市場投入していく。

✎執筆者紹介

塩尻　健　Ken Shiojiri
日新(無錫)機電有限公司
総工程師

中條　翔太　Shota　Nakajo
電力･環境システム事業本部
電力機器事業部　開発部

糜　峰伟　Fengwei Mi
日新(無錫)機電有限公司
技術部 開発課長