

特 集 論 文

100kVA電源用PVTの開発

The Development of 100kVA Power Voltage Transformer

川 瀨 芳 樹 芝 崎 将 之
Y. Kawabuchi M. Shibazaki
施 頻 波 李 健 華
P.B.Shi J.H.Li

概要

当社では、ガス絶縁計器用変圧器（ガス絶縁VT）の製作・納入を1978年から開始し、日本国内では22～500kV、海外では22～1000kVのガス絶縁VTを多数納入してきた。ガス絶縁VTは、メータ用、リレー用として使用されるため、二次側に接続できる負担は数百VAが限度であった。近年、変電所の所内電源に適した数十～100kVA程度の簡便でコンパクトな電源用変圧器（Tr）が求められるようになった。そのため、ガスVTの技術を応用し2012年に25kVAの電源用ガス絶縁PVTを開発し、2016年より日本国内に納入してきた。海外では、変電所の所内電源だけでなく無電化地域の簡便な電源として、より大きな容量のガスPVT（Power Voltage Transformer）の需要が高くなっていることから、それに適した100kVAのガスPVTの開発を行ったのでその概要を述べる。

Synopsis

We started manufacturing and delivering gas-insulated VTs in 1978, and have delivered many gas-insulated VTs of 22kV to 550kV in Japan and 22kV to 1000kV overseas. The gas-insulated VTs are used for meters and relays, so the load of VTs that can be connected to the secondary winding is limited to several hundred VA. In recent years, simple and compact power supply transformers of several tens kVA to 100kVA suitable for a substation power supply has been required. Therefore, we applied the technology of gas VTs to develop a gas-insulated PVT for power supply of 25kVA in 2012, and have delivered them to Japan since 2016. Overseas, there are growing requirements for larger capacity gas PVT not only as a power source for substations but also as power sources for non-electrified areas. Therefore, we have developed a 100kVA gas PVT suitable for it. We will describe it in this paper.

1. はじめに

変電所の所内電源及び無電化地域の簡便な電源として、高圧送電線から電源を取り出す装置として大容量のVTが使用されるようになってきた。当社では、25kVAのガスPVTを既に開発し、変電所の所内電源として供給してきた。近年、電源用VT（PVT）の規格化がIEC及びIEEEで議論されており、本格的な需要が世界的に広まることを考え、更に大容量である100kVAのガスPVTの開発を行ったので、その概要を述べる。

2. 定格

ガスPVTの定格を表1に示す。

表1 ガスPVTの定格

		132kV・ガスPVT	220kV・ガスPVT
定格一次電圧 (kV)		$132/\sqrt{3}$	$220/\sqrt{3}$
二次巻線① (電源用)	電圧 (V)	120	120
	負担 (kVA)	100	100
二次巻線② (計測用)	電圧 (V)	120	120
	負担 (VA)	100	100
	誤差階級	3P ^{注1}	3P ^{注1}

^{注1} 誤差階級3P：全負担範囲での誤差保証ではない

3. 特徴

電源用VTの特徴は、数十～数百kVで送電されている送電線に直接接続して、変電所の所内電圧や家庭で使用される数百V電圧に直接変換できる機器である。従来のように変圧器を使い送電線電圧から使用電圧にするために、数回に分けて電圧を落とす方式に比べ、機器の小型化、機器の構成の簡素化、据え付け面積の最小化を図れる等の特徴を持っている。また機器の小型化により、輸送などが容易になり、僻地での電源としても期待できる（図1）。



図1 132kVガス絶縁PVT

4. コイル

4.1 構造の概要

ガスPVTは、40年以上製作実績のあるガスVTと同じ構造で、金属製（鉄又はアルミ）の容器に鉄心とコイルからなるVTを収納し、各気密部の保持をリングガスケットにより行っている。また、ガス絶縁開閉装置（GIS）に直接据え付ける場合は、絶縁スペーサを介して接続し、気中絶縁で送電線に接続する場合は、PVTに取り付けたブッシングを介して接続できる構造となっている。以下に主要各部の詳細について説明する。また、ガス絶縁PVTの構造図を図2に示す。

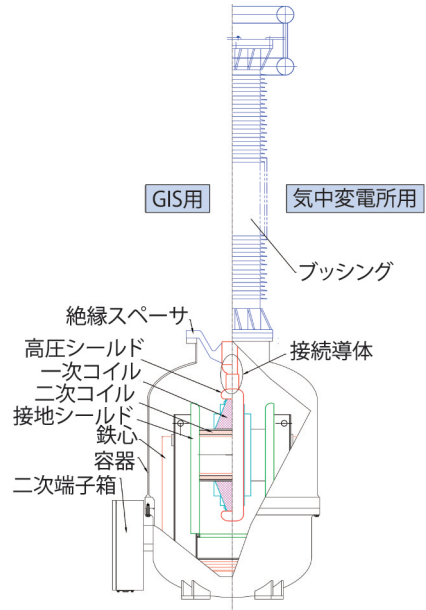


図2 100kVAガス絶縁PVTの構造図

4.2 コイル

4.2.1 二次コイル

二次コイルは絶縁円筒上に、耐熱性の高い被覆電線を巻いた構造で、高圧巻線を巻き付けた絶縁円筒内部に一次コイルと同心となるように収納されている。

4.2.2 一次コイル

一次コイルは、巻線に耐熱性の高い被覆電線を使用し、コイルのレイヤー間にはガス絶縁VTで実績のあるポリエチレンフィルムを使用し、信頼性の高いものとなっている。また、一次コイルの最内層には、二次コイルへのサージ電圧移行を低減するためにシールドを設けて二次電圧移行サージの低減を図っている。

4.3 シールド

PVTの高圧側と鉄心、容器との間の空間絶縁はSF₆ガス又は混合ガス（SF₆ガス+N₂ガス）により行っているため、一次コイルの高圧側には電界緩和シールドを設けるとともに、高圧シールドと対向する低圧側にもシールドを設け、電界集中が生じない構造となっている。電界緩和シールドについては、電界計算により最適形状となるように設計されており、コイルの層間絶縁、沿面絶縁と協調を図った設計としている。

4. 4 絶縁ガス

絶縁ガスは、SF₆ガスで行うことを基本としているが、-50℃の極低温の僻地でも使用できるように、SF₆ガスとN₂ガスの混合ガスで使用しSF₆ガスが液化しないことを考慮した設計となっている。

4. 5 容器

容器は、SF₆ガス又は混合ガスを封入するため圧力容器規格に基づいたものとなっており、材質は鉄又はアルミで製作している。特に極低温地域に使われる場合は、鉄では強度上問題があり、アルミで製作している。

4. 6 取り合い構造

ガスPVTは、GISに据え付けて所内電源として使われる場合と気中変電所等で送電線に接続されて使われる場合が考えられる。このため、GISに接続される場合は、PVTに絶縁スペーサを取り付けてGISとの取り合いを行い、気中変電所等で送電線に直接接続する場合は、ガスPVTにブッシングを取り付けて、送電線に直接接続することが可能な構造となっている。

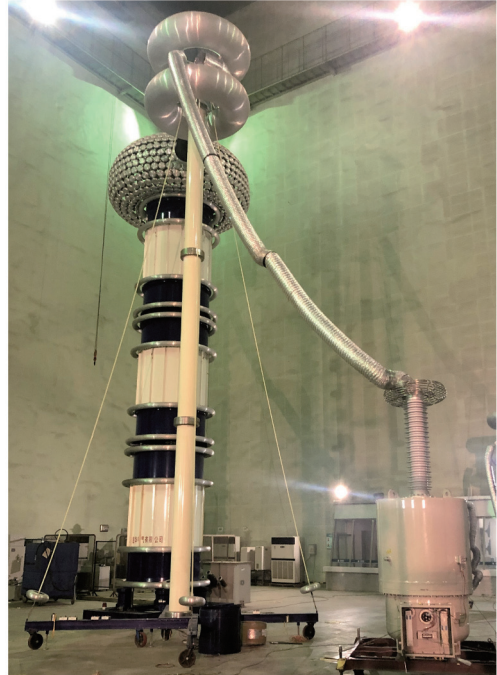


図3 耐電圧試験状況

5. 性能及び検証

各種試験により、電気的性能及び機械的性能で問題ないことを確認した。

5. 1 耐電圧性能

耐電圧性能は、IEC 61869及びIEEE C57.13で規定された表2の耐電圧性能を満足していることを確認している。耐電圧試験の状況を図3に示す。

表2 132kV/220kVガスPVTの耐電圧性能

		132kV	220kV
適用規格		- IEC 61869 - IEEE C57.13	
誘導耐電圧 (kV)		275	460
誘導耐電圧(注水) (kV)		275	445
雷Imp耐電圧 (kV)	全波	650	1050
	裁断波	750	1210
AC耐電圧 (kV)	一次中性点~アース間	19	19
	二次巻線~アース間	3	3
部分放電試験 (kV)	5pC以下 at 1.2Um/√3	100.5	169.7
	10pC以下 at Um	145	245

5. 2 温度上昇試験

ガスPVTの温度上昇試験は、実負荷での試験が難しいため、変圧器の規格IEC 60076-11,IEEE C57.12及びJEC-2200で定められている模擬負荷試験法に基づき、無負荷温度上昇試験と短絡温度上昇試験によりそれぞれの温度上昇値を求め、式①により最終温度上昇値を求めた。試験結果を図4(a)及び(b)、表3-1、表3-2に示す。

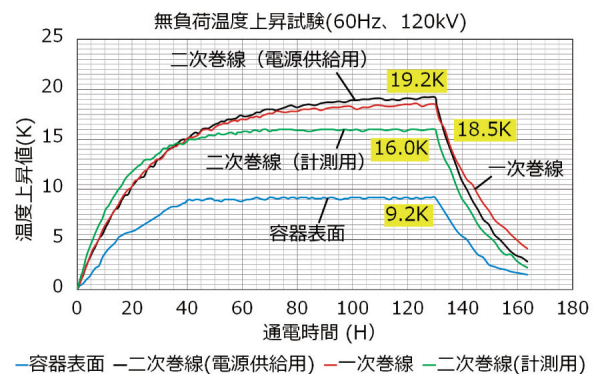


図4 (a) 無負荷温度上昇試験結果

短絡温度上昇試験 (60Hz、高圧巻線通電電流1.44A(=100kVA/120/√3kV))

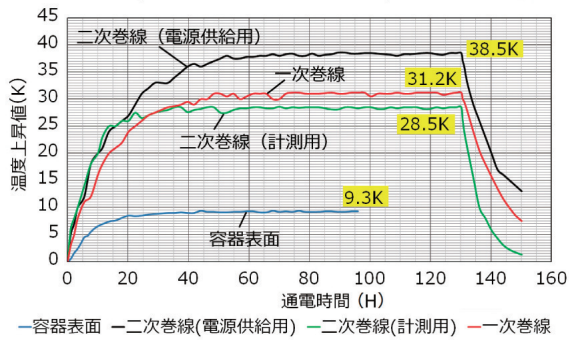


図4 (b) 短絡温度上昇試験結果

$$\Delta \theta c' = \Delta \theta wc \left[1 + \left(\frac{\Delta \theta we}{\Delta \theta wc} \right)^{1/k1} \right]^{k1} \dots \dots \dots \text{式①}$$

ここで

- $\Delta \theta c'$: 最終温度上昇値 [K]
- $\Delta \theta we$: 無負荷温度上昇試験による温度上昇値 [K]
- $\Delta \theta wc$: 短絡温度上昇試験による温度上昇値 [K]
- k1 : 冷却係数 (=0.8、自然冷却)

表3-1 132kVガスPVTの温度上昇試験結果

	$\Delta \theta we$ (K)	$\Delta \theta wc$ (K)	$\Delta \theta c'$ (K)	許容値 (K)
一次巻線	18.5	31.2	43.6	75 (E種)
二次巻線	19.2	38.5	50.9	
容器表面	9.2	9.3	16.1	40

表3-2 220kVガスPVTの温度上昇試験結果

	$\Delta \theta we$ (K)	$\Delta \theta wc$ (K)	$\Delta \theta c'$ (K)	許容値 (K)
一次巻線	17.0	28.6	40.0	75 (E種)
二次巻線	21.9	32.2	47.3	
容器表面	6.7	9.3	14.0	40

5. 3 二次短絡試験

二次短絡試験は、熱的試験と機械的試験を行い、試験前後で誤差試験、部分放電試験を行い、内部に損傷が生じていないことを確認している。

試験結果を表4に、試験波形を図5(a)(b)に示す。

表4 二次短絡試験結果

	132kVガスPVT		220kVガスPVT	
	電流値	継続時間	電流値	継続時間
熱的	20.02 (kArms)	2.03 (秒)	20.2 (kArms)	2.04 (秒)
機械的	50.75 (kApeak)	0.286 (秒)	50.56 (kApeak)	0.266 (秒)

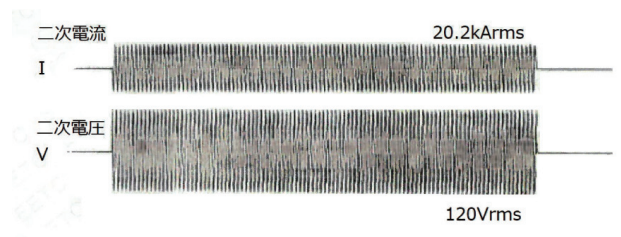


図5 (a) 二次短絡試験 (熱的) 波形

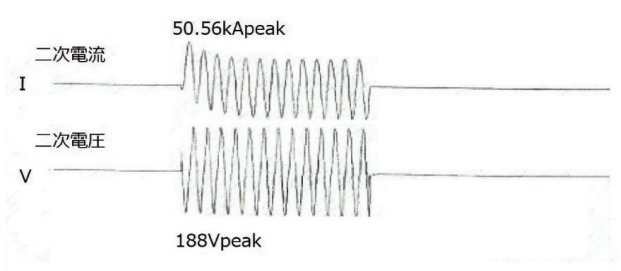


図5 (b) 二次短絡試験 (機械的) 波形

5. 4 二次移行電圧測定

一次コイルに侵入したサージが二次コイルに伝搬し、二次コイルに接続された機器に悪影響を及ぼさないように一次コイルと二次コイル間にシールドを設けて二次移行電圧の低減を行っている。IEC61869に規定されたサージ電圧を一次コイルに加え、二次に移行する電圧を測定し、IEC規格を満足していることを確認している。図6に印加電圧波形及び二次移行電圧波形、表5に試験結果を示す。

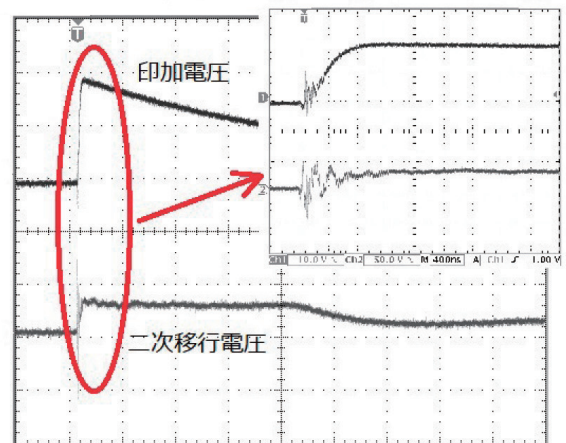


図6 二次移行電圧測定試験波形

表5 二次移行電圧測定試験結果

	一次印加電圧 (kVp)	二次移行電圧 (kVp)
132kVガスPVT	185(= $\sqrt{2} \times 145 / \sqrt{3}$)	0.9
220kVガスPVT	320(= $\sqrt{2} \times 245 / \sqrt{3}$)	0.4

表6 PVTの寸法及び重量

	66kV	132kV	220kV	500kV
D(mm)	1300			1520
H(mm)	2850	3550	4600	7400
重量(Kg)	3700	3700	3700	4200

5. 5 その他の試験

IEC61869及びIEEE C57.13に規定されているその他の電気試験及び輸送試験等の参考試験を行い、機器が適切な裕度を有し、実使用に対し問題ないことを確認している。

6. PVTの寸法・重量

PVTの代表的な寸法及び重量を図7及び表6に示す。

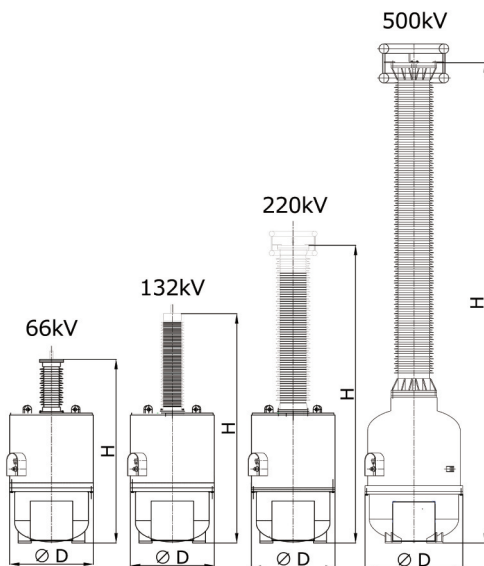


図7 PVTの寸法図（プッシング付きの例）

7. あとがき

試作を完了した132kV、220kVの100kVAのPVTの構造、性能について説明を行った。PVTは、送電線から直接に変電所の電源を取り出す装置としてや、また僻地の無電化地域での家庭用電源を取り出す簡便な装置として、需要が見込まれる製品である。

今回の開発により、僻地や無電化地域での電化に寄与できることを期待している。

今後は需要家各位の要望に応え、更に研究開発を進め、製品の性能・品質の向上・大容量化等に努めていく所存である。

執筆者紹介



川淵 芳樹 Yoshiki Kawabuchi
電力・環境システム事業本部
電力機器事業部 技監



芝崎 将之 Masayuki Shibazaki
電力・環境システム事業本部
電力機器事業部 開発部



施 頻波 Pin. Bo. Shi
日新(無錫)機電有限公司
技術部 課長



李 健華 Jian. Hua. Li
日新(無錫)機電有限公司
品質保証部 部長助理