

スマート終端接続部のラインナップ化

Making the Line-up of Smart Type Sealing End

住本 勉
Tsutomu SUMIMOTO

田渡 未沙
Misa TAWATARI

松澤 俊輔
Shunsuke MATSUZAWA

丸山 英之
Hideyuki MARUYAMA

スマート終端接続部は、ガス絶縁開閉装置又は変圧器と CV ケーブルを接続するための終端製品である。プラグイン構造を適用することにより、現地接続作業において機器ケースの開放や絶縁媒体（絶縁ガス・油）の充填作業等が省略でき、工期短縮が可能となる。今回 66 kV ~ 275 kV までのスマート終端接続部ラインナップ化が完了したことから、本論文にて報告する。

Smart type sealing end is a termination for connecting XLPE cable to the gas insulation switchgear and/or transformer. When we use the conventional (non-plug-in type) sealing end, we have to open the equipment case and fill up the equipment case with insulation fluid/gas during the on-site assembly work. However, using of the plug-in type sealing end makes it possible to omit those kinds of procedure, so that we can reduce the assembly time. We finished to make the line-up of Smart type sealing end for 66 - 275 kV XLPE cable. In this paper, we have reviewed Smart products line-up.

1. はじめに

スマート終端接続部はガス絶縁開閉装置又は変圧器と CV ケーブルを接続するための製品である。当社では以前より終端接続部の小型化・軽量化、接続作業の簡素化・短縮化を目標に製品開発を行ってきた。2019 年には 275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部^{1)~3)}の納入・運転を開始したので、66/77 kV, 110 kV, 154 kV, 275 kV の全電圧階級のスマート終端接続部ラインナップ化が完了した。本論文では、スマート終端接続部の設計コンセプト、ラインナップレビューを行う。

2. スマート終端接続部の特長

2.1 スマート終端接続部の特長

スマート終端接続部は電界設計の最適化により従来製品と比較して小型化・軽量化を図っており、以下のような特長を有する。

- ①従来製品（電力用規格品）と比較し、小型・軽量
- ②従来製品と同等以上の電気絶縁性能
- ③プラグイン構造採用
- ④マルチコンタクト接続採用（日本国内向け）
- ⑤ブッシングと絶縁筒の一体化による部品点数削減
- ⑥油中・ガス中終端接続部本体材料の共通化
- ⑦機器のサイズや設置スペースの最適化

2.2 キーテクノロジー

スマート終端接続部ラインナップに共通するキーテクノ

ロジーとして、プラグイン構造の適用と電界設計の最適化が挙げられる。

プラグイン構造とすることのメリットとしては、接続材料の挿入作業が容易になること、現地で機器ケースを開放することなく作業が可能となることである。また、日本国内向け製品では、マルチコンタクト+引き抜け防止構造とすることで、更に信頼性を向上した。

電界設計については、ケーブル終端部はストレスコーン部、エポキシブッシング部、機器絶縁媒体との各々の界面

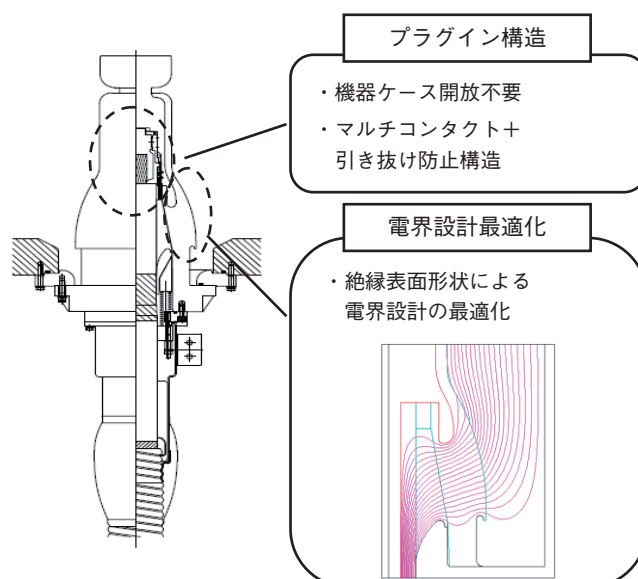


図1 スマート終端接続部のキーテクノロジー

に等電位線が集中するが、ブッシング表面の形状を等電位分布に合わせた設計とすることにより、ブッシング表面の電界分布を最適化した。これにより全長の縮小化を実現した。

1例として、275 kV ガス中終端接続部のスマート製品と従来製品との比較を表1および図2に示す。本体内部の電界設計の最適化により、電気絶縁性能を従来製品と同等以上に保持したまま、重量、全長ともに従来製品の約2分の1とすることができた。

2.3 施工面のメリット

スマート終端接続部にプラグイン構造を適用したことによる施工面のメリットとして、下記の2つが挙げられる。

(メリット1)

従来品の構造は現地組立方式であり、接続工事のために機器ケースを一度現地で取り外して終端を組み立てる必要があった(図3(b))。スマート終端接続部を適用すると、機器ケースを現地で開放する必要がなくなり(図3(a))、機器ケース内への異物混入リスクの低減が可能となった。

(メリット2)

従来は機器ケースを開放するために機器メーカーとケーブルメーカーが交代で作業に当たっていた複雑な施工区分を明確に分けることができ、現地施工の工期短縮化、省力化、両メーカー間の工程調整の簡略化が可能となった(表2参照)。

表1 275 kV ガス中終端接続部の従来製品との比較

項目	スマート終端接続部	従来製品
概算重量	約 120 kg	約 250 kg
全長	約 1160 mm	約 2015 mm

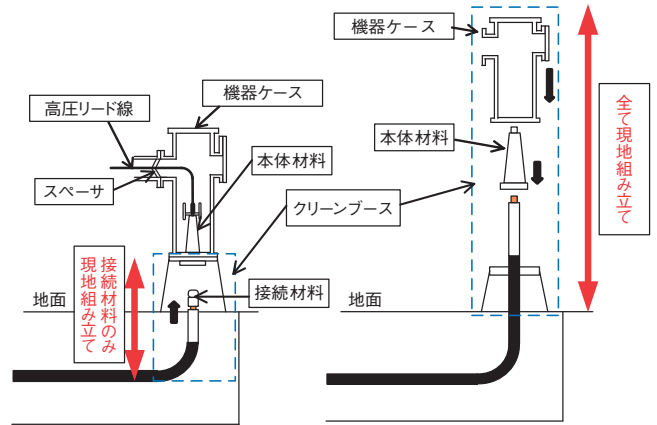


図3 275 kV ガス中終端接続部の組立比較概略図

表2 275 kV スマート終端接続部の施工区分

開発品(例)	施工区分	従来品	施工区分
仮設、足場組立	両社	仮設、足場組立	両社
防油堤設置	機器メーカー	防油堤設置	機器メーカー
エレファントケース据付	機器メーカー	エレファントケース据付	
ケーブル延線	ケーブルメーカー	エレファントケース内油抜き	ケーブルメーカー
クリーンルーム設置		エレファントケース取り外し	
EB-O (ケーブル処理)	ケーブルメーカー	ケーブル延線	ケーブルメーカー
EB-O 組立		クリーンルーム設置	
試充電	両社	EB-O (ケーブル処理)	両社
		底板、Oリング取り合い	
		EB-O 組立	機器メーカー
		エレファントケース取付	
		シールドリング取付 (EB-O 側)	ケーブルメーカー
		リード線圧縮 (EB-O 側) 取付	
		シールドリング (機器側) 取付	機器メーカー
		リード線圧縮 (機器側) 取付	
		ハンドホール閉	両社
		真空、油埋	
		試充電	

↑ 短期化, 省力化

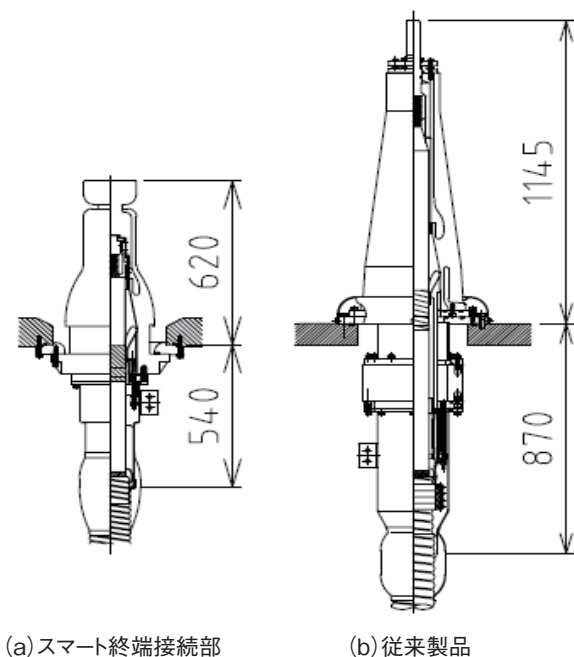


図2 275 kV ガス中終端接続部の従来製品との比較

3. スマート終端接続部の製品ラインナップ

日本国内と海外では電圧階級、寸法仕様の異なる部分があるため、日本国内向けと海外向けに区分してラインナップした。

3.1 日本国内向け製品ラインナップ

日本国内では66/77 kV から275 kV の電圧階級で、終端本体材料は4種類をラインナップした。66/77 kV ~ 154 kV 製品 (Type I ~ III), 275 kV 製品 (Type IV) の概略図を図4に、本体材料の電圧階級・ケーブルサイズ適用範囲を図5に示す。

Type II は66 ~ 154 kV 共通の製品であり、接続するケーブルの電圧階級、導体サイズにより、適切なストレスコーンを選定して使用する。電圧階級にまたがり製品を共通設計とすることで、ラインナップのスリム化を図った。

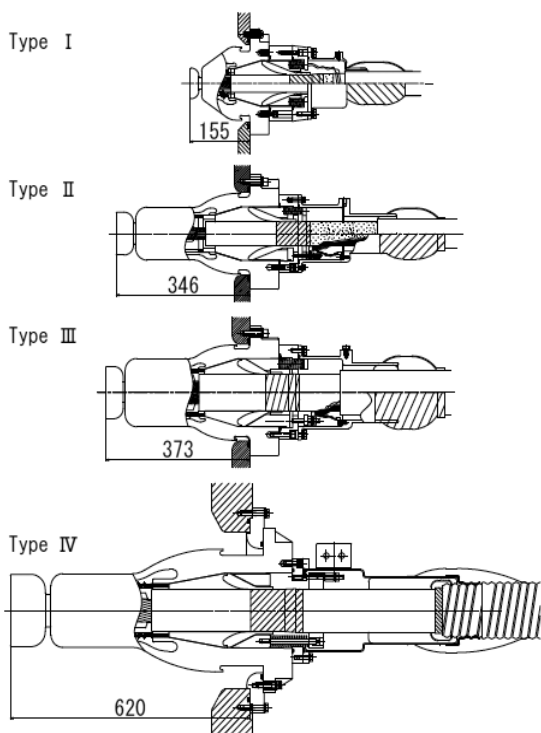


図4 日本国内向けガス／油中終端接続部

電圧階級	66/77 kV	110 kV (14 mm 絶縁)	154 kV (17 mm 絶縁)	275 kV
ケーブル巻体サイズ (mm ²)	200	Type I	Type II	市場動向により計画
	250			
	325			
	400			
	500			
	600	Type II	Type III	Type IV
	800			
	1000			
	1200			
	1400			
1600	Type III	Type IV	Type IV	
1800				
2000				

注) 上記製品区分は代表的なものであり、詳細仕様により変動あり。

図5 日本国内向けガス／油中終端接続部適用範囲

表3 日本国内向けガス／油中終端接続部の電気特性

項目	規格値 (参照規格: JEC-3408:2015)			
	Type I	Type II	Type III	Type IV
製品	Type I	Type II	Type III	Type IV
公称電圧 (kV)	66	66/154	154	275
ケーブル最高電圧 (kV)	72	168	168	300
商用周波耐電圧 (kV) 試験時間: 60分	130	295	295	525
雷インパルス耐電圧 (kV) 極性・回数: 正負各3回	485	1035	1035	1445
長期課通電試験 (kV)	65	145	145	260

注) 製品は上記規格の他に、JEC-2350:2016, JEC-2200:2014の電気特性も満足している。

Type I, IIIはそれぞれ66/77 kV小サイズ, 154 kV大サイズケーブル用の製品である。Type IVは、275 kV 800～

2000 mm²に対応する終端接続部である(110 kV 2500 mm²大サイズケーブルへの適用実績あり)。いずれの製品も従来製品に比較して機器内寸法を小型化しており、これにより機器の縮小化設計が可能となる。Type IVの本体フランジと機器内寸法は、海外向け製品 Type D と共通設計とし、IEC規格に準拠した取り合い寸法とした。

表3に国内向け製品の主要な電気特性を示す。製品は規格 JEC-3408:2015 (CV ケーブルおよび接続部), JEC-2350:2016 (ガス絶縁開閉装置), JEC-2200:2014 (変圧器)の各試験項目を満足している。

3.2 海外向け製品ラインナップ

海外の電圧階級, ケーブルサイズは各国各様であるため, 代表的な区分を取り上げる。ラインナップとしては, 66 kV ~ 220 kV の電圧階級で, 海外規格 IEC62271-209:2019 に従い, Dry-type と Fluid-filled type の全製品をラインナップしている^{4)~6)}。いずれも乾式タイプであり, Dry-type は全てプラグインタイプとなっている。Dry-type の製品外観図を図6に示す。また, 製品の代表的な製品区分を図7に示す。

海外向けのガス中終端接続部の機器内寸法および機器フランジ部取り合い寸法は, 海外規格 IEC62271-209 の中で, 電圧階級 (Rated Voltage) 毎に細かく定められている。当社製品も規格に沿ってラインナップ化した。

表4に海外向け製品の主要な電気特性を示す。製品は規格 IEC60840:2011 (Type A ~ C), 62067:2011 (Type D) の各試験項目を満足している。

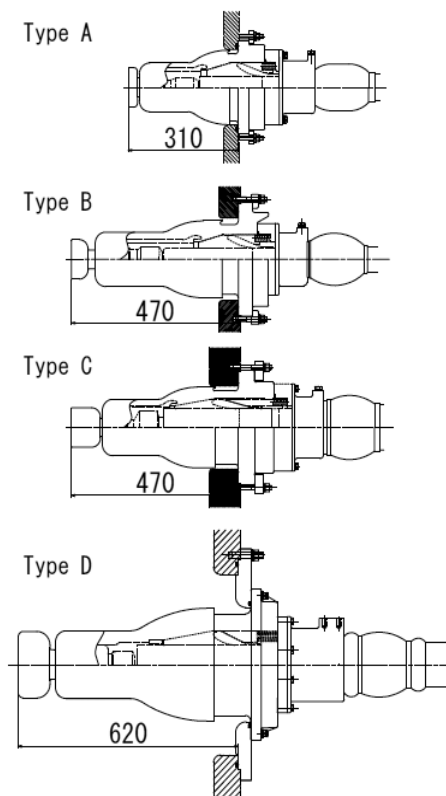


図6 海外向けガス／油中終端接続部

電圧階級	66 kV	110/132 kV	154/161 kV	220 kV
ケーブル導体サイズ (mm ²)	300	Type B		Type D
	400			
	500			
	630			
	800			
	1000	Type A		
	1200			
	1400			
	1600			
	1800			
2000	Type C			

注1) 上記および図6の製品群は IEC62271-209:2019 の Dry-type cable connection に適合したラインナップであり、この他に Fluid-filled cable connection に適合したラインナップもあり。

注2) 接続材料はケーブル導体サイズに応じて更に細かくラインナップあり。

注3) 上記製品区分は代表的なものであり、詳細仕様により変動あり。

図7 海外向けガス/油中終端接続部適用範囲

表4 海外向けガス/油中終端接続部の電気特性

項目	規格値			
	Type A	Type B	Type C	Type D
製品				
Rated voltage (kV)	66	132	161	220
Highest voltage (kV)	72.5	145	170	245
Voltage test (kV) 試験時間：30分	90	190	218	318
Partial discharge test (kV)	54	114	131	190
Heating cycle voltage test (kV)	72	152	174	254
Impulse lightning voltage test (kV) 極性・回数：正負各10回	325	650	750	1050
参照規格 (IEC)	60840			62067

4. まとめ

当社スマート終端接続部は、2019年に製品リリースした日本国内向け 275 kV 製品を加え、66/77 kV ~ 275 kV までのスマート終端接続部ラインナップ化を完了した。

スマート終端接続部を適用することにより得られる施工面のメリットとして、①機器ケースを現地で開放する必要がなくなり、機器への異物混入リスクの低減が可能となること、②施工区分を簡素化することにより、機器メーカーとケーブルメーカー間の工程調整の簡略化が実現することで、工期短縮につながる。

今後、電力会社の変電所内機器およびケーブルシステム的全電圧階級におけるトータル建設コストの大幅な削減に寄与できることが期待されている。

参考文献

- 1) 伊藤康介, 他:「275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部の開発」, 昭和電線レビュー, Vol.63, pp.14-17 (2017)
- 2) 田渡未沙, 他:「275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部の開発」, 平成 31 年電気学会全国大会, No.5-165 (2019)
- 3) 田渡未沙, 他:「275 kV CV ケーブル用スマート終端接続部の実用化」, 令和元年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.256 (2019)
- 4) 高安央也, 他:「IEC 規格準拠 123/170 kV スマート終端接続部の開発」, 平成 19 年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.129 (2007)
- 5) 李鋒, 他:「220/345 kV ガス中終端接続部の開発」, 昭和電線レビュー, Vol.58, No.1, pp.25-28 (2008)
- 6) 李鋒, 他:「IEC 規格準拠 220/345 kV スマート終端接続部の開発」, 平成 20 年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.329 (2008)

昭和電線ケーブルシステム(株)
住本 勉 (すみもと つとむ)
電力システム部 電力機器技術課
電力機器製品の研究・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
田渡 未沙 (たわたり みさ)
電力システム部 電力機器技術課
電力機器製品の研究・開発に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
松澤 俊輔 (まつざわ しゅんすけ)
電力事業企画推進室
電力機器製品の拡販に従事

昭和電線ケーブルシステム(株)
丸山 英之 (まるやま ひでゆき)
電力システム部 電力機器技術課
電力機器製品の設計・技術に従事