

スマート終端接続部

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。本論文では、66 kV ~ 275 kV までのスマート終端接続部のラインナップについて報告する。

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, opening the equipment case and filling the insulation medium (insulating oil or gas) after assembly are required 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

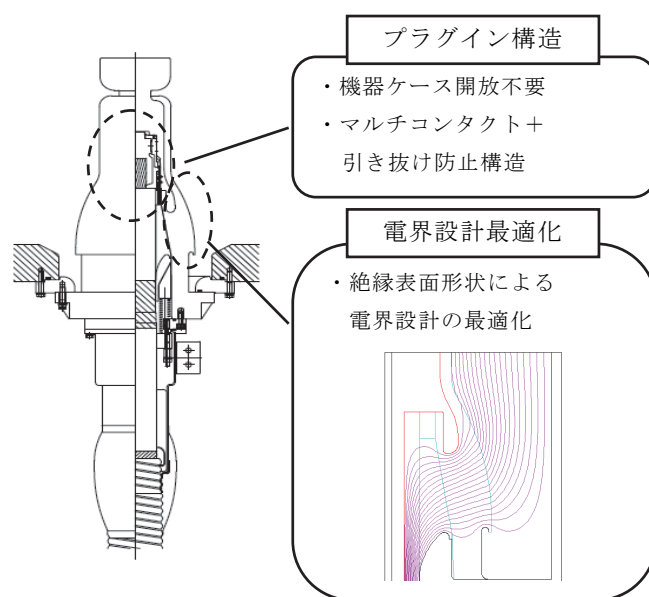


図1 スマート終端接続部のキーテクノロジー

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。

一例として、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。

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 120kg	約 250kg
全長	約 1160mm	約 2015mm

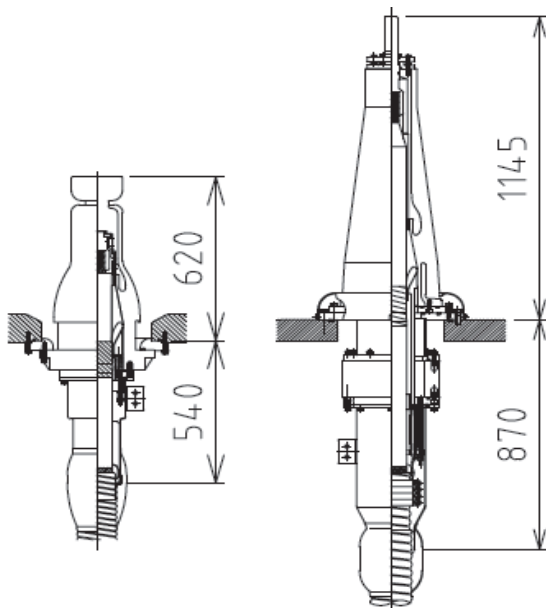


図2 275 kV ガス中終端接続部の従来製品との比較

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)。

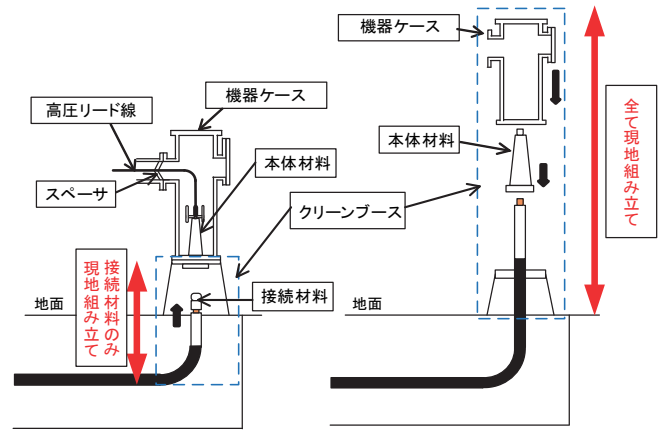


図3 275 kV ガス中終端接続部の組立比較概略図

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

↑ 短期化、省力化

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。Type I, IIIはそれぞれ66/77 kV 小サイズ, 154 kV 大サ

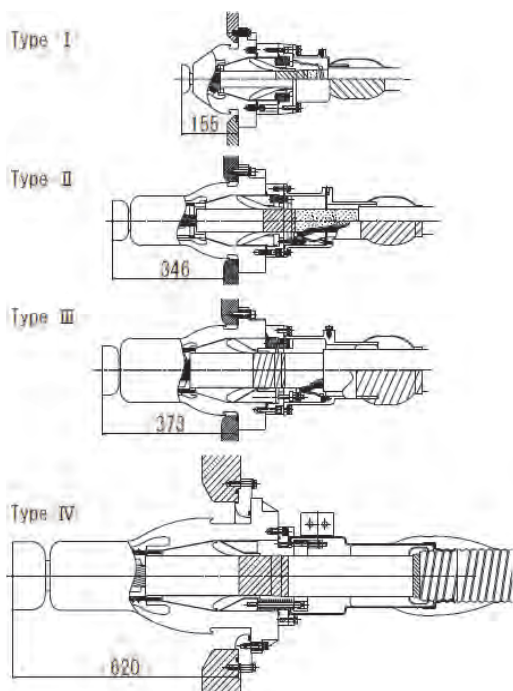


図4 日本国内向けガス/油中終端接続部

電圧階級	66/77kV	110kV (14mm絶縁)	154kV (17mm絶縁)	275kV
ケーブル導体サイズ (mm ²)	200	Type I (※)	Type II	-
	250			
	325			
	400			
	500			
	600	Type III	Type IV	
	800			
	1000			
	1200			
	1400			
1600	-			
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。
 (※) Type I はガス中終端のみのラインナップであり、66/77 kV 200 ~ 500 mm² 用油中終端はコンパクト T 形終端の適用となる。

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
公称電圧 (kV)	66/77	66/77/154	154	275
ケーブル最高電圧 (kV)	84	168	168	300
商用周波耐電圧 (kV) 試験時間: 60分	150	295	295	525
雷インパルス耐電圧 (kV) 極性・回数: 正負各3回	550	1035	1035	1445
長期課通電試験 (kV)	75	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。

イズケーブル用の製品である (ただし、Type I はガス中終端のみのラインナップであり、66/77 kV 200 ~ 500 mm² 用油中終端はコンパクト T 形終端の適用となる)。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 「特別高圧 (11 kV ~ 500 kV) 架橋ポリエチレンケーブル及び接続部の高電圧試験法」、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。

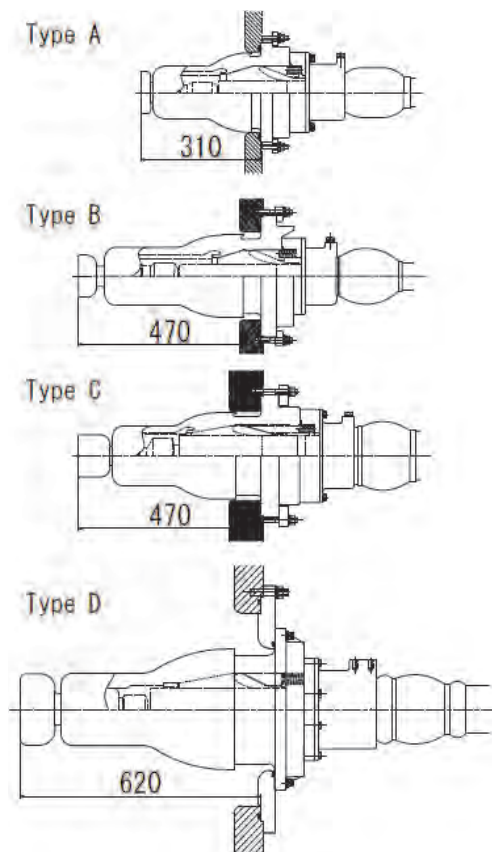


図6 海外向けガス/油中終端接続部

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レ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。

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

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る。

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されている。

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

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)

SWCC (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

博士 (工学)

電力機器製品の研究・開発に従事

SWCC (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

SWCC (株)

松澤 俊輔 (まつざわ しゅんすけ)

電力システム部 電力事業企画推進室

電力機器製品の拡販に従事

SWCC (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

課長

電力機器製品の設計・技術に従事