

直流送電システム関連規格 の状況

平成21年電気学会産業応用部門大会 シンポジウム S10

2009年9月2日

田辺 茂, 西村正志, 石田優一
(津山高専) (日立) (電源開発)

HVDCの適用状況

- 1954年, スウェーデンGotland島が世界最初
- 世界中で100箇所余り
- 最大容量: 3150MW, イタイプ(ブラジル)
- 最高電圧: ± 600 kV, イタイプ(ブラジル)
- 最長架空送電線: 1700 km, インガ - シャバ (コンゴ)
- 最長海底ケーブル: 560 km ノルネッド (ノルウェー、オランダ)

HVDCの建設ラッシュ

- 中国: 2009 ~ 2013年 $3 \times \pm 500 \text{ kV}$
 $4 \times \pm 600 \text{ kV}$ $5 \times \pm 800 \text{ kV}$
 シャンジャバ - 上海 6400 MW , $\pm 800 \text{ kV}$
 - 4 kA dc , 2071 km , 2010/2011年
- ロシア: ~ 2020年 $3 \times \pm 500 \text{ kV}$
 $6 \times \pm 750 \text{ kV}$ $4 \times 220 \sim 500 \text{ MW BTB}$
- 南米: $2 \times \pm 600 \text{ kV}$, 3600 MW 建設中
- 北米: 多端子HVDC計画
- 韓国, マレーシア, インドネシアなど

VSC適用HVDC

- 1997年, Hellsjon (スウェーデン), 3MW - 10 kVdcが世界最初
- 12箇所で運転中
- Caprivi Link(ナミビア): ± 350 kV
- Trans Bay Cable PJ(アメリカ): 400MW

IEC SC22Fの成り立ち

- ・TC22の中で直流送電用の変換器を扱う作業会(WG5)の作業内容を引き継ぎ、**1970年**に“Converters for High-Voltage D.C. Power Transmission”として設立
- ・**1995年**のダーバン会議で、組織名を“Power Electronics For Electrical Transmission and Distribution Systems”に改名

現在のSC 22Fの活動範囲

送配電系統用の電力変換器や半導体スイッチおよびそれらの適用に関する制御、保護、計測を含めた国際規格を準備すること。
代表的な例として、

- ・ 直流送電 (HVDC)
- ・ 静止形無効電力補償装置 (SVC)
- ・ サイリスタ制御直列コンデンサ (TCSC)

IEC SC22Fの組織

Austria, China, Germany, India, Italy,
Japan Korea (Rep.of), Portugal, Russia,
Spain, Sweden, Switzerland,
United Kingdom

P member 13カ国

赤字は活発国

これまで発行した文書

- ・国際規格 (IS) 4
- ・技術仕様書 (TS) 1
- ・技術報告書 (TR) 2
- ・公開仕様書 (PAS) 5

IEC 60633

Terminology for HVDC Transmission

- **直流送電に関する用語集**，1978年にSC22Fの最初の規格として制定
- 初版の審議には，日本から西村（電発），尾形（日立）の両名が参加
- 扱われている用語としては，**バルブ**，**変換器の動作状態**，**直流送電構成**，**変換所機器**，**制御方法**など。他励HVDCのみを対象
- IEC60050 IEV Part551にこの規格の内容を組み込む予定あり，TC1との協調が必要

IEC 60700-1 (経緯)

Thyristor Valves for HVDC Transmission-Part 1: Electrical Testing

- 内容: 直流送電用サイリスタバルブの電気試験
- 1981年初版発行, 規格原案作成作業会 (WG3)には, 日本から小林(東芝)が参加
- 1998年改正版発行, CIGREの技術報告が基礎
- CIGREの作業会 (CIGRE-SC14 WG01 TF01)には専田(電発), 今井(東芝)が参加。IEC規格改訂作業会(WG6)には小林(東芝)が参加。

IEC 60700-1 (保守)

- MT (Maintenance Team)が5年毎に改定作業
- コンビナーは田辺 (津山高専)
- **2008年に2回目改正**を実施, 主な改正点は下記
 - a)バルブ端子間短時間交流試験電圧の試験安全係数を1.15から1.10へ
 - b)外部絶縁試験の高度の影響に対する補正の記述の見直し
 - c)異常状態での運転 (**Fault tolerance capability**) を考慮した試験の記述を本文へ移動

IEEEとの協調

- HVDCサイリスタバルブの試験規格は2つ
IEC60700-1
IEEE std857
- HarmonizeのためIEEE PESにWG結成
- 2007年、取り下げを会議で決定

有力者多数の反対で撤回

現状どおり

IEC 61803

Determination of Power Losses in HVDC Converter Stations

- 交直変換所の**損失の求め方**についての規格
- 1991年にIEEE Std 1158 “IEEE Recommended Practice for Determination of Power Losses in High-Voltage Direct-Current (HVDC) Converter Station”として**IEEEから発行されたものをベース**に1999年2月にIEC規格として制定
- 規格制定のWG8には日本から三瓶(電発)、加納(日立)が参加
- IEEE Std 1158は廃止

IEC 61803の主な内容

- HVDC変換所の損失の正確な実測は困難，また設計段階でメーカー間の比較の必要性あり，その求め方の基準を規定
- 変換所を構成する，バルブ，変圧器，フィルタ，DCリアクトル，調相設備，補機類などの損失の計算法を規定
- 他励HVDC変換所に適用

IEC 61954

Testing of Thyristor Valves for Static Var Compensators

- SVC (TCRおよびTSC)用サイリスタバルブの電気試験の規格
- 1994年にCIGRE Working Group 14.01 TF02 によってまとめられた“CIGRE Guidelines for Testing of Thyristor Valves for Static Var Compensators”をベースにIEC規格として1999年に制定
- IEC規格作成のためのWGは設置されず
- CIGREの審議には日本から専田，孫六(電発)，今井，小林(東芝)が参加

IEC 60919シリーズ

Performance of HVDC systems

- IEC 60919は3部構成
- Part1は定常特性(TR)
- Part2は開閉動作や事故時の過渡特性(TR)
- Part3は交流システムとの相互作用や高調波共振等を考慮したダイナミック特性(TS)
- 他励直流送電システムの仕様書を作成する際に考慮すべき事項を記載
- 原案作成には、専田、大井(電発)が参加

IEC 60919シリーズ 改正 状況

Part1 Steady state conditions

- 2005年に第2版発行

Part2 Faults and Switching

- 2008年に第2版発行

…CCC(コンデンサ転流形変換器)や運転
継続制御などを追加

Part3 Dynamic condition

- 1999年に初版発行, 現在改正審議中

PASの発行

- 公開仕様書 (Publicly Available Specification) …
緊急の市場ニーズに対応するため、外部組織の合意を得て発行
- SC22Fでは、CIGREのHVDC関連技術文書のうち、将来IEC規格にすべきと判断したものを、まずPASとして発行
- これまでのSC22Fの実績は5件

IEC PAS 61975-2004

System Test for HVDC Installations

- ・HVDC設備のシステム試験のガイド
- ・SC22Fとしては最初のPAS

従来の日本の実績とは異なる部分

- ・耐圧試験としてのDC端開放試験の実施
- ・DC端短絡試験 (ZPF試験) はオプション
- ・2010年には正式規格(IEC 61975)として発行予定

IEC PAS62001-2004

Guide to the Specification and Design Evaluation of a.c. Filters for HVDC Systems

HVDC変換所の交流フィルタの仕様作成および設計評価のためのガイド・・・2009年中にTRとして発行予定

- 仕様書概要
- 許容歪量
- 高調波の発生と変換所間の相互干渉
- フィルタ構成と性能計算法
- フィルタ開閉と無効電力制御
- 損失計算法
- その他

IEC PAS62344-2007

General Guidelines for the Design of Ground Electrodes for HVDC Links

HVDC用接地電極の設計ガイド

- 2003年から規格化が提案されている
- 日本は一環して反対
- 専門家が必要人数集まらない状況
- TC115へ移譲の予定

IEC PAS 62543-2008

DC Transmission Using Voltage Sourced Converters

VSC変換器を使用したHVDCシステムの全般を網羅したガイド

- 回路構成と運転特性
- VSCバルブとその他の機器
- 制御方法
- 事故と保護方式
- 高調波と障害
- 試験
- ライフサイクルコスト
- その他

IEC PAS 62544-2008

Active Filters for HVDC Applications

HVDCにおけるアクティブフィルタのガイド

- ・日本は時期尚早として**規格化に反対**
- ・専門家の人数が不足しておりWGを設置できない状況
- ・実際の設置状況としてはDC側には15程度のPJ、AC側には1箇所のみTjele (Eltra) in Denmark

メンテナンス・改正作業状況(1)

(1)IEC 60633 (MT13)

2008年に改正審議済み

- ・コンデンサ転流形変換器(CCC)とコンデンサ直列制御形変換器(Controlled series capacitor converter)の定義を追加 その他表記上の変更
- ・正式な改正版の発行待ち

メンテナンス・改正作業状況 (2)

(2)IEC 60919 Part1 (MT11)

2009年3月にMTでの第2版の改正
審議済み

・現在、CDの投票が7月に終了した状況

・主要な改正内容は、**UHVDC(800kV超)**に関連した記述を追加

メンテナンス・改正作業状況 (3)

(3)IEC 60919 Part3 (MT11)

2007～2008年, MTでの改正審議済み, 今回は初版に対する最初の改正

・DTRの投票が5月に終了・・・承認、近日中に正式発行予定

・主要な改正内容

a)TSからTRに変更 b)日本の技術の反映(電力逆送、運転継続など)

メンテナンス・改正作業状況 (4)

(4)IEC 61954 (MT10) SVCサイリスタバルブの
試験

2009年3月にMTでの改正審議済み

・CDの発行済み(2009-7)

・主要な改正内容

a)絶縁試験における高度の影響の考慮

b)TSCバルブのDC+AC長時間電圧試験の削除

c)TCRバルブ端子間の長時間電圧試験における
試験安全係数の低減 1.20 1.15

作成中の新規格・技術報告 (1)

- 1) IEC 62501 自励HVDC用バルブの電気試験 規格作成WGに吉野(TMEIC)が参加
最終投票が終了, 日本は賛成投票
サイリスタバルブ試験規格をベースだが
事故電流ターンオフ試験など独自試験あり
試験安全係数も一部が異なる

作成中の新規格・技術報告 (2)

2) IEC 610975 HVDC設備のシステム試験
PASから国際規格への移行 CDVの投票
締切が9月, 日本は賛成投票
短絡試験 (ZPF試験) など日本独自の
試験も反映済み

3) IEC TR 62001 HVDC変換所の交流フィルタの
仕様作成および設計評価のためのガイド・・・PAS
からの移行 2009年中にTRとして発行予定

4) IEC TR 61973 HVDC変換所の騒音について
のガイド 2回目のCDが完成

今後の予定

- 自励HVDCの用語
- 自励HVDC変換所の損失算出
- HVDC変換所の火災対策
- HVDC変換所の保護システム
- HVDC制御・保護装置の工場試験法
- 工場におけるHVDCシステムスタディのガイド
- HVDCの制御・保護設備 - その1:オペレータ制御システム
- HVDC用DCフィルタ特性
- TCSCバルブに関する一連の標準一式

他のTC/SCとの連携

(1) TC115 (High Voltage Direct Current Transmission for DC Voltage Above 100kV)

TC115のScopeを明確にして、既存のHVDC関連のTC/SCとの分担，協調体制の確立が重要・・・

(2) TC28 (Insulation Co-ordination)

HVDC変換所の絶縁協調の保守チームにSC22F国内委員会推薦者(白石、日立)を派遣

(3) TC33 (Power Capacitor)

TCSCの規格作成中だが，CDへのコメントをTC33国内委員会へ提出

まとめ

- IEC SC22Fの活動はHVDCに限定されるものではないが、世界でのHVDCの活況状況からみて、**当面はHVDCが中心と予想**
- **今後UHVDCとVSC-HVDCの関連規格の作成が増加**
- **実績の少ない日本の存在感の維持が課題**