

次世代直流送電における コンデンサの役割・性能

次世代直流送配電における
電力用コンデンサの役割・性能調査専門委員会編

目 次

1. まえがき	3	5. 洋上風力における直流送電と高調波フィルタについて	36
2. 電力系統の連系技術とコンデンサの役割変遷	4	5.1 MMCを用いた直流送電技術	36
2.1 直流送電における変換器方式	4	5.2 ダイオード整流器送電方式における集電系統	37
ー他励式変換方式と自励式変換方式ー		5.3 ダイオード整流器形洋上 HVDC 送電システムに	
2.2 日本の直流送電の計画	4	おける起動時の解析	38
2.3 コンデンサの性能の変遷	6	6. 複数の HVDC 設備が共存する場合の諸問題	39
2.4 構造・適用材料の変遷	8	6.1 系統との共振による高調波	39
2.5 直流コンデンサ	9	6.2 他励式変換器と自励式変換器の共存下での高調	
3. 他励式直流送電の特徴と交流フィルタ，直流フィル		波対策例	40
タの適用事例	11	7. 鉄道分野における電力変換装置の適用とコンデンサの	
3.1 他励式直流送電の設備構成	11	役割	44
3.2 高調波の影響と抑制の指標	12	7.1 交流電気鉄道の系統構成	44
3.3 交流フィルタの設計	14	7.2 電気車	45
3.4 交流フィルタの適用，開発事例	22	7.3 電圧変動と無効電力補償装置による対策	46
3.5 直流フィルタの設計，開発事例	25	7.4 50/60Hz 周波数変換装置	52
4. 自励式直流送電の原理と国内案件	29	8. あとがき	54
4.1 自励式直流送電の変遷	29	9. 参考資料) MMC の動作原理のイメージ	56
4.2 自励式直流送電の原理	30		
4.3 国内の自励式直流送電実施例と今後の計画	35		

次世代直流送配電における 電力用コンデンサの役割・性能調査専門委員会委員

委員長	桑田 稔	(日 新 電 機)	途中退任	井上 仁	(指 月 電 機 製 作 所)
幹 事	市川 路晴	(電 力 中 央 研 究 所)		岩根 裕典	(関 西 電 力)
	陰野 茂	(日 新 電 機)		大和久 吾朗	(日 本 電 機 工 業 会)
幹事補佐	川上 貴之	(日 新 電 機)		岡本 達希	(東 北 大 学)
委 員	青木 睦	(名 古 屋 工 業 大 学)		小倉 慎太郎	(日 新 電 機)
	石橋 一成	(東 京 電 力)		神谷 英志	(東 京 電 力)
	加藤 修治	(東 北 大 学)		渡辺 慶一	(東 京 電 力)
	川口 芙由加	(日 本 電 機 工 業 会)	主な参加者	浦野 修平	(関 西 電 力)
	徳田 憲昭	(エネルギー総合工学研究所)		小山 隆平	(指 月 電 機 製 作 所)
	長岡 直人	(同 志 社 大 学)		坂口 潤	(九 州 電 力)
	原田 英広	(中 部 電 力)		杉尾 隆行	(九 州 電 力)
	原田 茂	(ニ チ コ ン 草 津)		野口 恭史	(関 西 電 力)
	日上 卓	(九 州 電 力)		吉本 雅史	(九 州 電 力)
	前畑 安志	(指 月 電 機 製 作 所)			
	村岡 隆	(近畿産業技術クラスター協同組合)			
	持永 芳文	(J R 総 研 電 気 シ ス テ ム)			
	山本 友麻	(関 西 電 力)			

1. まえがき

日本における直流送電は、1965年の佐久間周波数変換所から始まり、現在に至るまで数多くの実績がある。近年、再生可能エネルギーの導入拡大に伴う電力融通の活性化、重大災害時の電力供給システムのレジリエンス強化を目的に、複数の直流連系プロジェクトが計画、建設されている。

- ・新北本連系設備 2019年3月運開^{(1), (2), (3)}
- ・飛騨信濃連系設備 2021年3月運開予定（建設中）⁽⁴⁾
- ・東京中部間連系設備 2028年3月運開予定（準備中）⁽⁴⁾
- ・新々北本連系設備 検討中⁽⁵⁾

更に、再生可能エネルギーとして注目されている洋上風力の電力輸送方法として直流送電が検討されている。

技術的には、新北本連系設備には自励式変換器(VSC:Voltage Sourced Converter)が、飛騨変換所では海外製高調波フィルタが、国内直流連系設備に初めて採用されている。このように今、日本の直流送電に新しい時代が始まりつつある。

他励式変換器(LCC:Line Commutated Converter)を適用した直流送電には、電力用コンデンサが不可欠である。他励式変換器は、その原理から大量の進相無効電力が必要であることと発生高調波吸収のために、大容量の高調波フィルタが必要となる。一方、自励式変換器を適用した直流送電には、大量の直流コンデンサが必要である。変換器の技術進歩と相まって、これらのコンデンサに要求される仕様、性能も変化してきている。

また、複数の他励式変換器、自励式変換器と他励式変換器が並列された系統での共振問題等、今までに経験のない課題も想定される。

以上の背景により、電気学会B部門静止器技術委員会の下に「次世代直流送配電における電力用コンデンサの役割・性能調査専門委員会」が、2017年4月に設置され、調査を開始した。直流送電に関しては、国内外で多くの論文が発表されており、活発に研究開発が実施されている。しかし、直流配電に関しては論文が殆どなく、時期尚早と思われるので、調査の対象外とした。一方、鉄道分野に関しては、多くの新技術が適用されており、調査対象に追加した。

2020年3月までの3年間の調査期間に、委員会を12回、見学会を3回、研究会を3回実施した。

第1回見学会は、2019年3月11日に、完成間もない三菱電機のHVDC検証設備⁽⁶⁾を見学させていただき、自励式変換器を間近に見ることができた。第2回は、2019年6月28日に、同年3月に運開した新北本連系設備の北海道電力・北斗変換所を見学させていただいた(図1.1.1)。運転中の設備を見学させていただくと共に、多くの質問にもお答えいただき大変有意義な見学会となった。第3回は、2019年10月2日に建設中の中部電力・飛騨変換所を見学させていただき、建設の大変さを実感することができた(図1.1.2)。関係者の御好意により、このように見学会を実施でき、文献調査では得られない多くの知見を得ることができた。見学を受け

入れて頂いた関係の皆様に感謝申し上げる。

研究会は、毎年12月に変圧器の調査専門委員会との共催で実施した。2017年4件、2018年3件、2019年3件の論文発表があり、電力用コンデンサに関する発表の場を提供することができた。これらの中より複数の論文を本技術報告に引用させていただいた。

本技術報告は、これらの調査結果をまとめたものである。



図1.1.1 新北本連系設備 北海道電力・北斗変換所の見学会
(直流送電線の第1鉄塔前で 2019年6月28日)

Figure 1.1.1 Hokuto Converter station of New Hokkaido-Honshu HVDC
Link:28th Jun. 2019



図1.1.2 飛騨信濃連系設備 中部電力・飛騨変換所見学会
(建設中の海外製高調波フィルタ 2019年10月2日)

Figure 1.1.2 Hida Converter station of Hida-Shinano HVDC
Link:2nd Oct. 2019