

報告番号 ^{*} 甲 第 2388号

主論文の要旨

題名 極低温大容量送電線が導入
された大都市送電系統の
構成と運用に関する研究

氏名 早川直樹

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	早川直樹
<p>今後、コンピュータを中核とする高度情報化社会の進展に伴い、大都市地域には従来にも増して高機能が集中し、電力需要が大容量化とともに高密度化する傾向が強くなっている。これに対して、従来の電力供給システムは、送電線路の高電圧化および大電流化を繰り返して順次大容量化され、外輪系統と都心部の過密需要地域との間には、強固な送電網が形成されるに至っている。しかし、このような在来送電線路の拡充は、都市地域における土地の余裕や環境美観などの観点から、将来的には行き詰まる傾向にあり、従来方式に代わる画期的な高密度・大電力輸送技術の導入が要請されている。</p> <p>本研究では、21世紀を見越した長期的な展望に立ち、将来の大都市送電系統における基幹送電線路として、極低温ケーブル（超電導ケーブルと極低温低抵抗ケーブルとを総称）に着目している。極低温ケーブルには、①送電容量の飛躍的増大、②送電損失の低減、③線路占有幅の縮小、④地中ケーブルによる送電距離の増大、⑤作用インダクタンスの減少による電圧安定性の向上、⑥自然との隔離による事故要因の排除、などの特徴がある。これらの特徴により、極低温ケーブルは、高密度・高効率・高信頼という観点から、従来の送電方式にはない技術的優秀性を備えていると言える。</p> <p>このような極低温送電技術を将来の大都市送電系統に導入するについては、個々の極低温電力機器の技術開発とともに、電力系統全体からみたシステムの考察が必要である。すなわち、極低温送電には、大都市地域に数百万kWの大電力を、1ルートで一括して送電することができるという特徴がある反面、電力系統全体における通常の電力潮流制御、あるいは、極低温ケーブルの万一の事故時における電力供給力の維持などについて、従来の電力系統とは異なった新しい視点から</p>				

主論文の要旨

報告番号

※甲第

号

氏名

早川直樹

検討を行うことが必要となる。次世代の極低温送電の実現に向けて、ハードウェアの面からの技術開発が先行しているのに対して、本論文では、極低温ケーブルと既設在来送電系統との協調的な系統構成およびその運用方法というソフトウェアの面からのシステムの考察を行っている。特に、我が国の大都市送電系統の実情に即した将来送電システムモデルを構築し、導入される極低温ケーブルとその背景系統との総合的運用形態について検討を進めているという点に特徴がある。

本論文は7章からなり、各章の内容は以下の通りである。

第1章は緒論であり、大都市地域における将来の電力需給問題を抜本的に打開する将来技術として極低温送電の優位性を指摘し、本研究の目的と内容について述べている。

第2章では、将来の大都市送電系統における極低温ケーブルの導入方針について、以下に示すような考え方を述べている。

(1) 大電力が集中している外輪系統上の拠点変電所あるいは大都市近郊の大容量発電所と都心部の過密需要地域とを、1ルート1回線の極低温ケーブルで直結する。極低温ケーブルの送電容量としては、3,000~5,000MW/回線級を想定し、その送電容量に近い大電力を一括送電する。

(2) 極低温ケーブルによって都心部に一括送電された大電力を在来送電系統に分配する。このため、極低温ケーブルの受端となる都心部の変電所に、在来送電線のある程度集中させておく必要がある。その送電電力の大部分は都心部で消費されるが、一部は在来送電線を通じて都心部から周辺部へ逆送される。

(3) 我が国の大都市送電系統において従来から構成されている放射状形態を将来的にも維持する。すなわち、在来送電系統の適当な中間変電所において母線

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	早川直樹
------	-----	---	----	------

を分割しておき、外輪線側からと都心部側からとの両方向からの送電線をそれぞれ別々の母線に接続する。

(4) 極低温ケーブル事故時には、系統全体にわたる一連の広域系統切換により、在来送電線群からなる代替送電系統を構成する。この在来送電線群は、極低温ケーブル健全時の大電力を分散・分担することにより、重潮流状態ではあるが極低温ケーブルが復旧するまでの一時的な電力供給力を維持する。これにより、極低温ケーブルを1ルート1回線で運用する可能性を示している。

第3章では、我が国の大都市送電系統の実情に即した将来送電系統モデルの構築を行っている。電力系統は、その地域の発展状況などによってそれぞれ異なった成長過程を経て、その地域に固有のシステムを構成している。そこで、本研究が我が国の大都市送電系統の実態から逸脱しないようにするために、日本の代表的三大都市（東京、大阪、名古屋）における最近の送電系統構成および負荷分布について実態調査を行い、既存の電力系統の形態を把握することから検討を始めている。その実態調査結果に基づいて、極低温ケーブル導入の背景系統として、各都市における2000年時点のモデル都市送電系統（GAMMA、BETA、ALPHA）を構築している。GAMMAおよびALPHA都市モデル系統では都心部過密需要地域への電圧系列が、500-275-154kVと段階的であるのに対して、BETA都市モデル系統では、500-154kVと中間電圧を持たず、電圧系列が簡素化されているという特徴がある。

第4章では、第3章で構築した3種類のモデル都市送電系統において、極低温ケーブル導入の可能性について、定量的に検討を行っている。まず、2010年時点の最大電力需要に対して、各都市モデル系統における極低温ケーブルの定格

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	早川直樹
------	-----	---	----	------

電圧・送電容量・導入経路を設定している。次に、極低温ケーブル健全時の平常システムにおける定常送電、さらに、極低温ケーブル事故時の在来送電システムにおける一時的な代替送電の可能性について検討している。その結果、ALPHAおよびGAMMA都市モデルシステムでは、2010年時点における極低温ケーブル健全時および事故時のシステム運用が可能であることを示している。しかし、BETA都市モデルシステムでは、極低温ケーブル事故時の代替送電システムにおいて、重潮流基幹送電ルート上の母線電圧低下が著しく、極低温ケーブル事故時のシステム運用が不可能となることを指摘している。

第5章では、極低温ケーブルを導入するにあたって、その背景となる在来送電システムに必要なシステム構成上の配慮について述べている。第4章で指摘したBETA都市モデルシステムにおける極低温ケーブル事故時の電圧低下は、GAMMAおよびALPHA都市モデルシステムとのシステム構成上の相違が顕在化したものである。すなわち、BETA都市モデルシステムにおいては、システム全体の電圧階級の簡素化を図るために、都心部への電力供給力の増強を154kV送電線路の増設を主体として行っている。これに対して、上述のような電圧低下を防止するためには、他の2都市と同様に、極低温ケーブルを導入する以前に275kV電圧階級の送電線路が必要であることを指摘している。その導入経路を検討することにより、極低温ケーブルの導入に適合したBETA都市改良型モデルシステムを新たに構築している。また、大都市送電システムに導入された極低温ケーブルのシステムとしての適正送電電力について検討している。ここでは、BETA都市改良型モデルシステムを対象として、システム全体の送電損失と極低温ケーブル事故時のシステム操作数との二つの相反する指標に着目して、両指標への重み配分をパラメータとした適正化問題として

主論文の要旨

報告番号

※甲第

号

氏名

早川直樹

定式化している。さらに、電力需要の昼夜間格差を考慮して、深夜軽負荷時（夜明け前の最低負荷時）における系統運用上の問題として、大都市ケーブル系統の進み無効電力過剰による母線電圧上昇について検討している。その結果、275 kV電圧階級の存在により、深夜軽負荷時における母線電圧上昇をも低減し得ることを示している。

第6章では、極低温ケーブル事故時における系統切換方法を想定し、それに伴う大都市送電系統の電力動揺をTNA（Transient Network Analyzer：系統シミュレータ）を用いて実験的に解析している。極低温ケーブル健全時の平常系統から事故時の代替送電系統への系統切換手順として、従来の系統切換操作の一つであるループ切換の考え方を適用した一連の広域系統切換方法を想定している。本系統切換には、系統状態の移行過程において、大規模な電力潮流の流路変更が伴うことから、TNAによる電力動揺解析を行っている。その結果、極低温ケーブルの事故および一連の系統切換に伴う電力動揺は、系統の安定度を損なうことなく収束に向かい、代替送電系統への移行が可能であることを検証している。さらに、その安定度は臨界的なものではないことを示している。

第7章は総括であり、本論文の各章の内容をまとめるとともに、極低温送電の今後の課題について述べている。