

直流給電系の可能性について

株式会社NTTファシリティーズ総合研究所
EHS&S研究センター 上級研究員
山下 隆司

これまでのコラムでは、通信ビル内で用いられる通信用直流給電系（加入者端末への給電を含む）について述べてきた。今回は通信ビル以外での直流給電の適用可能性について検討するため、直流給電と交流給電それぞれの特徴について整理してみる。

通信ビルの直流給電は、もともと蓄電池を電源として給電していたことから始まっており、48Vという人体に安全な電圧で、加入者回路経由で電話機の電源や、通信ビルにおける交換機のリレー用の電源などとしてそのまま利用されていた。その後、通信ビル内の交換機、伝送装置、無線装置など、通信装置が電子化されて48Vという電圧をそのまま使用しなくなっても、通信ビル内の給電においては、十分な電力を供給できていた。また、商用電源を直流48Vに変換する整流装置の冗長構成と、停電時のバックアップ用として蓄電池を用いることで、給電信頼度を容易に高くすることができた。最近では通信装置の消費電力が増大したことから、電圧を400V程度にして給電する方式も追加されたが、いずれにしても直流給電方式は、通信ビル内での給電に限れば、非常に効率よく高信頼の電力を供給できる給電方式である。

一方で電力会社による一般的な給配電事業では交流給電が用いられており、発電所から需要地までの長距離は500kVや275kVという高電圧で送電し、その後変電所を何段か経由して電圧を下げ、大規模工場・ビル等の大規模需要家に対しては66kVや22kV、中規模工場・ビル等へは6.6kV、一般の住宅や商店等には200Vや100Vで給電している。これは、大電力を長距離送電する場合に有利な高電圧を、消費地に近づくに従って段階的に電圧を下げていく場合、変圧器で電圧を容易に変換できる交流が優位だからである。実際、エジソンによって開始された給電事業が直流でスタートしたにもかかわらず、給電容量や給電範囲が拡大していくと、変圧器で容易に電圧を変換できる交流給電に席卷されることになった。直流給電では、高電圧で送電して直列接続の蓄電池を充電し、その蓄電池を並列接続に切り換えて需要家に低電圧を給電するような工夫も行われたが、やはり交流給電に対抗できなかった。このように、給電事業における交流給電のメリットは、送電や配電などの用途に応じて、変圧器で電圧を容易に変換できるという点である。

また、多くの需要家に対して広範囲に給電するネットワークでは、過電流や短絡事故が発生した場合に、その部分を切り離して他の需要家への給電を継続する必要があるが、直流

に比べて交流の方が切り離しが容易というメリットもある。直流で大電流が流れている回路を切り離そうとすると、電流が連続して流れているため、切り離すタイミングで過電圧が発生したり、アーク放電が継続して電流を遮断しにくい。それに対して交流では電圧がゼロになるタイミングがあるため、遮断しやすいのである。

電力会社から独立したネットワークで給電している方式では、電車へ給電する「き電」がある。き電方式では、電車が使用する直流 1.5kV という電圧を直接給電する直流方式と、交流 20kV～25kV で給電し、電車内において変圧器で降圧後、直流に変換して使用する交流方式がある。き電方式で交流を使用する理由も、大電力・長距離送電に適した高電圧を、変圧器を用いて電車で使用する低電圧へ容易に変換できるという点である。

電力会社の給電ネットワークでも、例外的に直流を使用している部分がある。それは異なる交流系統同士を接続するため、交流→直流→交流と変換する連系設備である。特に、北海道・本州間連系設備や紀伊水道連系設備では、直流 125kV～250kV という直流高電圧で海底ケーブルによる長距離送電を行っている。交流で長距離送電する場合、ケーブルのインダクタンス成分と、複数のケーブル間やケーブルと大地間のキャパシタンス成分によって有効送電電力が減少するが、直流ではほとんど影響しない。また電圧の実効値が同じ場合、直流では交流に比べて電圧のピーク値が小さいため、ケーブルの絶縁や耐電圧の点で有利となる。交流と直流を変換するには半導体素子を用いたコンバータ回路やインバータ回路が必要で、特に高電圧・大容量の変換は容易でなく、コスト・体積も大きなものとなるが、一般の給配電ネットワークと異なり変換する設備を一カ所に集中設置できるので、システム全体としては直流送電のメリットが出せるのである。

以上のように交流給電と直流給電の適用事例を見てくると、直流給電のメリットとしては、給電設備の構成上給電信頼度を高くできること（通信用電源）、大電力・長距離送電の場合に給電効率が高いこと（直流高電圧連系）であり、逆にデメリットとしては電圧変換が容易でないことや、短絡・過電流発生時の切り離しが困難なことである。

ここまでは交流と直流を給電側の条件で比較してきたが、需要家側からも考えてみる。工場やオフィス・家庭等で使用される電気機器はほぼ全て交流入力であるが、実際は交流である必要はなくなっている。昔は交流で直接電動機を回すというような使い方もあったが、現在では機器内部で交流をまず整流して直流に変換し、その後 DC-DC コンバータで必要な直流低電圧に変換して電子回路（AV 機器、パソコン等）で使用したり、インバータ回路を経由して電動機（エアコン、洗濯機、冷蔵庫等）を制御したりしている。交流である必要がない以上に、直流入力の方が合理的というのが実態である。

分散型の発電設備等ではどうだろうか。最近は太陽光発電設備が数多く導入され、変動する発電量を平準化するために蓄電池設備も導入され始めている。これらの設備も、現状の商用給電とのインターフェースを意識して交流接続であるが、太陽電池や蓄電池はもともと直流なので、これらも直流インターフェースの方が合理的である。

以上のように現状では交流給電が広く普及しているが、需要家側から考えると直流インターフェースの方が合理的とも考えられる。給電側から考えると、電圧変換が変圧器で容易にできるのは交流給電であるが、直流給電でも現在では DC-DC コンバータを用いれば変換でき、コストの優劣はともかく、体積では変圧器より小型化できる可能性がある。直流給電と交流給電のどちらが優位かについては、給電電圧や給電容量によって一律には断言できないが、DC-DC コンバータのような電力変換技術の進歩を踏まえて検討すれば、現状の適用領域以上に直流給電の可能性が広がる余地があると考えている。

(2021年8月3日 山下 隆司)

※掲載された論文・コラムなどの著作権は株式会社 NTT ファシリティーズ総合研究所にあります。これらの情報を無断で複写・転載することを禁止いたします。また、論文・コラムなどの内容を根拠として、自社事業や研究・実験等へ適用・展開を行った場合の結果・影響に対しては、いかなる責任を負うものでもありません。

ご利用になりたい場合は、「お問い合わせ」ページよりご連絡・ご相談ください。