

## 通信用電源の話 ～直流給電と交流給電の決定的な違い～

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

前回のコラムで、通信用電源に採用されている直流 48V 給電がいかに高信頼かという話をした。一方、近年 IoT 化やデジタルトランスフォーメーション (DX) の進展で増設されているデータセンターも高信頼給電が必要とされているが、こちらは交流給電が主体である。そこで、これまで何度も述べられてきたことであるが、直流給電と交流給電それぞれの特徴について改めて整理してみる。

一般的な特徴として、直流給電は高信頼・高効率、交流給電は変圧器で容易に電圧が変えられることがあげられる。直流給電が高信頼・高効率である要因は、通信ビルにおいて、商用電源を受電して通信ネットワーク機器へ給電するために、交流無停電電源装置 (UPS) による交流給電と比較して述べられることが多い。これらの直流給電・交流給電を比較する上で考慮しなければならないことは、いずれの方式でも、負荷の ICT 機器 (サーバー、通信ネットワーク機器など) が最終的に動作する電圧が直流の低電圧 (1~5V 程度) であることと、停電時に備えて蓄電池を保有しなければならないことである。

まず、各給電方式において、商用電源を受電してから ICT 機器で電力を消費するまでの電圧変換段数の違いと変換効率について考えてみる。

直流給電では、①特別高圧・高圧の高電圧交流から整流装置入力の低電圧 (200V) 交流へ変換、②整流装置で低電圧交流から直流 48V へ変換、③ICT 機器内部で直流 48V を直流低電圧に変換となる。一方交流給電では、①特別高圧・高圧の高電圧交流から UPS 入力の低電圧 (400V または 200V) 交流へ変換、②UPS 内部では停電時に蓄電池でバックアップするため、一旦交流を直流に変換して蓄電池を接続し、その直流を交流 (200V または 100V) に変換、③ICT 機器内部では交流 200V または 100V を直流低電圧に変換となる。

これらの電圧変換過程のうち、半導体 (IGBT、MOSFET、ダイオード等) を用いた変換回路 (DC-DC コンバータや DC-AC インバータ等) で変換する部分を数えると、直流給電の場合は整流装置と ICT 機器内部の 2 段、交流給電の場合は UPS 内部の 2 段と ICT 機器内部の 1 段で合計 3 段である。このため非常に単純な言い方をすれば、変換段数の少ない直流給電の給電効率が、場合によっては信頼度も高いという説明がされる。これは、半導体を用いた変換回路は、DC-DC コンバータにせよ DC-AC インバータにせよ多くの素子を使用しており、

複数の半導体素子を經由して電力を伝達するため、変換損失が大きく故障の可能性も高くなるという考え方に基づくものである。

この考え方は、非常に大雑把な解釈として間違っているわけではないが、実際はそのように単純な話ではない。

変換段数について、直流給電では先に整流装置内部が1段としたが、実際は、①交流を直流（一定電圧の直流ではなく正弦波を片側に折り返した形の電圧変動成分を持つ直流）に整流、②力率改善回路で一定電圧の直流（300V程度）に変換、③この直流電圧を直流48Vに変換の3段であるとも言える。交流給電では、UPSで交流を一定電圧の直流に変換する部分を同じように考えると3段ということになる。ICT機器内部の変換段数も1段としたが、直流給電では、直流48Vを1～5V程度の低電圧に変換するために、通常は12V程度の中間電圧に一旦変換するため2段となる。交流給電のICT機器では、直流電圧に変換するのに2段、さらに低電圧に変換するため2段の合計4段が必要となる。このように考えると、変換段数は直流給電で5段、交流給電では7段ということになり、先の解釈と比べて変換段数は大きく異なる。

一方、効率についてであるが、半導体素子を用いた変換回路は、大電力になればなるほど、同じ電力を変換する場合、高電圧・小電流の方が低電圧・大電流の場合に比べて変換損失を少なくできる傾向がある。整流装置とUPSを比較した場合、変換段数は整流装置の方が同等か少ないので、UPSに比べて効率が高くなるはずであるが、実際の装置効率では必ずしもそうはなっていない。例えば数100kVAクラスの大容量のUPS（常時インバータ方式のUPS）は、50kWクラスの大容量整流装置と比較して同等以上の効率となっている場合もある。これはUPSの出力電圧が高く、電力容量も比較的大きいため、現在主流の半導体素子であるIGBTを低損失で動作させられることが要因と考えられる。最近の新しい高速・低損失半導体であるSiC-MOSFETの適用も、その電圧・電流容量から、整流装置よりもUPSの効率を高める傾向にある。

このように効率については、給電系全体の変換段数で単純に決まるのではなく、動作電圧の違いや、高性能半導体の適用領域、さらに回路構成の工夫など、様々な要素が絡んでくるものであり、単純に直流給電が優れているとは言えないと考えられる。

次に給電信頼度であるが、これは交流給電と直流給電で明確な違いがある。給電信頼度を低下させる要因は主に商用電源の停電と給電系を構成する各装置の故障であり、逆にそれらをカバーするものは停電をバックアップする蓄電池と、装置故障の影響を回避する冗長構成である。

ICT機器の電源入力までを考慮した給電信頼度について、直流給電と交流給電について比

較してみる。

商用電源を受電して低圧交流（200V や 400V）に変換するまでは両方式とも差は無い。この後直流給電では整流装置で直流 48V に変換した後、蓄電池を充電しながら ICT 装置まで直流 48V で給電する。商用電源の停電に伴う電源断、あるいは停電時に非常用発電機に切り替わるまでの短時間（数分から 10 分程度）の電源断に対しては、蓄電池から給電を継続する。蓄電池は放電によって電圧が低下するため、その電圧を補償するための装置（昇圧装置）が入る場合もあるが、少なくとも放電初期は蓄電池が正常に動作すれば給電を継続できる。蓄電池は、蓄電池管理装置（BMU : Battery Management Unit）等で適切に保守していれば、停電のタイミングで故障するというような事態はほとんど回避できるため、非常に高信頼な給電が継続できる。

これに対して交流給電では、電源断に対して UPS に接続される蓄電池で給電を継続する。ただし直流給電で蓄電池の電圧をそのまま ICT 装置に給電していたのに対し、交流給電では蓄電池の直流を交流に変換する DC-AC インバータを経由して給電する。すなわち、蓄電池から正常に給電できたとしても、DC-AC インバータが故障すれば給電は遮断される。通常 DC-AC インバータは故障時の影響を回避するため、何台かの DC-AC インバータユニットを並列に接続して動作させている。例えば AC200V 100A の出力に対して、AC200V 50A のインバータユニットを 3 台並列に接続するなどの方法（インバータユニットの並列冗長構成）を採用。この場合は 3 台のうち 1 台が故障しても、残りの 2 台で給電を継続できる。故障した 1 台については、短時間のうちに正常なものと交換することで、高信頼な給電を維持するという考え方である。ただし問題は、このインバータユニットを並列運転するところにある。各インバータユニットは交流すなわち正弦波状の電圧を出力しているため、電圧だけでなく位相や周波数も一致させる必要がある。このため、各インバータユニットは交流出力電圧を検出して出力電圧波形を一致させるべく制御している。出力電圧を検出してその波形を制御するためには、複数の電子部品（半導体、抵抗器、コンデンサ等）が関わっており、これらの部品故障がインバータの停止につながる可能性がある。これが 1 台のインバータユニットの単独故障にとどまれば問題は無いが、実際には 1 台のインバータユニットの故障によって他のインバータユニットも停止してしまう“共倒れ”が発生してしまうことがあり、この場合は給電が停止する。直流給電の装置（整流装置、DC-DC コンバータ等）では、並列運転を行っても複雑な制御をする必要がなく、単に出力側を 1 個のダイオード経由で接続するだけで構成でき、複数のユニットの“共倒れ”が発生する確率は非常に小さい。

このように直流では信頼度の高い蓄電池で直接給電を継続できるのに対して、交流では蓄電池と給電先の ICT 機器との間に故障の可能性が大きい DC-AC インバータが入っていることが、給電系の信頼度において決定的な差になっている。直流給電は交流給電に比べて信頼度が 1 桁高い（給電断になる可能性が 1/10）と言われることがあるが、実際はそれ以上

の開きがあり、直流給電では人為ミスが無い限りほぼ給電断は発生しないという実感がある。もちろん、蓄電池のバックアップ時間を越えるような長時間停電の場合はこの限りではないが。

(2020年4月13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製・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。