

通信用電源の話 ～給電系の電圧安定化技術～

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

整流装置で蓄電池を充電しながら負荷の通信設備に給電する全浮動充電方式が導入されてから（1954年～）は、蓄電池が給電主体であったそれまでの時代と比べて蓄電池自体の容量が小さくなったため、商用電源停電時の蓄電池放電による電圧低下幅が大きくなった。直流48V給電系の電圧変動範囲は53～43V（定格電圧48Vに対して約±10%）と定められているが、蓄電池1個当たりの電圧は浮動充電時から放電終止時まで2.15～1.7V（液式鉛蓄電池で3時間放電の場合）程度と変化するため、組電池（通常は23個組）では49.45（＝2.15×23）～39.1（＝1.7×23）Vの変化範囲となる*1。この電圧は定格電圧48Vに対して+3%、-19%であり、蓄電池から負荷設備までの配線による電圧降下を考慮すると、蓄電池の放電末期にはさらに低い電圧となる。従って、蓄電池のエネルギーを有効に利用しようとすると、何らかの方法で放電時の電圧を昇圧する（電圧補償する）必要がある。

全浮動充電方式が導入された初期の頃は、通信ビルで使用する全ての直流48V電源を電力室に設置された整流装置で商用電源から変換し、蓄電池も同じ電力室に設置して、異なるフロアの機械室には銅またはアルミ製の板状導体で給電していた。これをのちの分散給電方式と比較して集中給電方式という。停電による蓄電池放電時には、低下する電圧を補償するために、主に端電池方式とシリコンドロップ方式が用いられていた。

端電池方式は1954年から導入され、主に大容量領域（電流800～10,000A）に適用された。この方式では、停電直後には23個組の蓄電池から放電し、放電電圧が低下してくると直列に2個の蓄電池を追加、さらに電圧が低下してくると同様に2個の蓄電池を直列に追加することで電圧の低下を補償した。放電終期には最大27個の蓄電池で放電することにより、電池1個当たりで1.7V近い電圧まで放電した。端電池方式は蓄電池のエネルギーを有効に利用でき、損失も少ない方式であったため、大容量の集中給電方式の標準的な方式として広く導入された。しかし、停電時や端電池を追加するときなどに瞬時的に電圧低下が発生するため、電圧変動の影響を受けやすいデジタル交換機の本格導入に合わせて分散給電方式に置き換わっていった。

端電池方式は、高価な端電池切替機構と端電池用の整流装置も必要なことから、1965年頃から中小容量（電流 800A 以下）領域には構成が簡単なシリコンドロップ方式が導入開始された。この方式では、組電池を 25 個組として、商用電源供給時と停電直後にはシリコンダイオード 2 段で電圧を下げて負荷設備に給電し、蓄電池放電に伴って電圧が低下してくると、シリコンダイオード 1 段分をスイッチで短絡、さらに電圧が低下してくるとシリコンダイオード 2 段分を短絡して電圧低下を補償した^{*2}。シリコンドロップ方式は構成が簡単でシステムコストが安いですが、商用電源供給時に常にシリコンダイオードから損失が発生するため、その損失が比較的問題とならない中小容量に限定された。本方式も、分散給電方式の登場によって姿を消していく。

集中給電方式時代の電圧安定化方式は、上記の端電池方式とシリコンドロップ方式が主流であったが、後期には端電池方式の瞬時的な電圧変動を抑制するためにブースタ方式が導入された。本方式は半導体による DC-DC コンバータ（ブースタコンバータ）によって最大 7V 程度の電圧を発生し、蓄電池の放電によって低下した電圧にこの電圧を積み上げることによって電圧を補償した。ちょうど端電池方式における電池 4 個分程度の電圧を追加できるが、端電池方式と異なり電圧の急変が発生しないという特徴がある。本方式も分散給電方式の登場によって姿を消すが、この電圧補償の原理は分散給電方式にも引き継がれている。

集中給電方式では、通信ビル内に設置された複数の通信システムに対して 1 つの電源設備（整流装置、蓄電池、給電用の板状導体）で直流 48V を給電する。直流 48V システムは非常に信頼度が高い給電システムであるが、それでも蓄電池故障や電源工事中の人為ミス等によって給電停止する可能性がゼロではないため、万一そのような事態が発生した場合には、影響が非常に広範囲に及ぶという欠点がある。また、電力室から機械室まで給電する板状導体は、機械室に設置される通信システムの最終的な電力容量を想定してあらかじめ設置しておく必要があった。上記のような集中給電方式の欠点を解消するため、整流装置や蓄電池等の電源設備を基本的に通信システム単位に設置する分散給電方式が 1987 年から導入開始された。

分散給電方式では、集中給電における最大 10,000A という給電容量に対して、交換機等の通信システムの電源容量から最大 1,000A 程度の給電容量とされた。これにより、整流装置はそれまでの大容量のものから、出力 100A 程度の整流装置ユニットによる並列冗長構成とした。容量が小さくなったことにより、それまでの整流装置が商用電源周波数 (50/60Hz) で動作するトランスとサイリスタ^{*3} で構成されていたのに対し、当時の最新技術の適用により 20kHz 以上の高周波トランスと高速動作のトランジスタ^{*4} で構成でき、整流装置は容量の低減効果以上に飛躍的に小形化することができた。

整流装置は通信システムと同一の機械室フロアに設置されるため、通信システムが設置されているフロアまでの配線は集中給電方式の直流 48V から交流 200V になり、整流装置から通信システムまでの配線も給電電流が減少したため、いずれもそれまでの板状導体からケーブル配線に変更できた。機械室の許容床加重が電力室に比べて小さいため、蓄電池はそれまで同様電力室に設置されることが多かったが、給電電流が減少したことと、ブースタコンバータの補償電圧を集中給電方式より大きく（最大 10V 程度）することにより、蓄電池からの配線にもケーブルを用いることができた。整流装置とブースタコンバータをセットにした分散給電方式は今日までの標準の方式として使用されている。この分散給電方式は、整流装置や蓄電池を通信システムと対で管理でき、通信システム故障の波及範囲が限定できるとともに、ケーブル配線と増設性の良いユニット構成により給電システムの設置・増設工事が容易などの特徴を有している。

初期の分散給電方式では、トランジスタを用いた 20kHz や 40kHz の高周波スイッチング整流装置が用いられ、集中給電方式において商用電源周波数 (50/60Hz) で動作していた変圧器やフィルタ (インダクタンス、キャパシタンス) の体積や重量が周波数に反比例して小形・軽量化できた。その後は分散給電方式の基本形態に変化はないが、整流装置やブースタコンバータを小形・軽量化していく流れとなった。1990 年にはトランジスタより高速動作が可能な IGBT と、直列共振形という回路の採用により整流装置の低損失化が図られた。1996 年には、さらに高速な IGBT や MOSFET、部分共振形という回路の採用によりいっそうの小形化と低損失化が図られた。その後も整流装置は高速・低損失化した最新のパワーデバイスや回路構成の工夫によって小形・低損失化の努力が続けられている。

- *1 長期間浮動充電を行っている液式鉛蓄電池は、個々の蓄電池電圧のばらつきを補正する目的で 6 ヶ月程度毎に均等充電を行う必要がある。均等充電時は蓄電池 1 個当たりの充電電圧を 2.3V 程度にする必要があるため、この時の 23 個組の蓄電池の上限電圧は 52.9V となる。ちなみに、シール鉛蓄電池の場合は均等充電の必要はないが、1 個当たりの浮動充電電圧が 2.23V 程度と高いため、上限電圧は 23 個組で約 51.3V となる。
- *2 シリコンドロップ方式には、蓄電池を 24 個組としてシリコンドロップ 1 段の方式もある。
- *3 ゲート端子を持つダイオード。ゲートに信号を入力することでオンし、電流がゼロになるとオフする。商用周波数の正弦波電圧の導通タイミングを制御することで、整流（交流を直流に変換すること）と電圧制御が行える。

*4 厳密にはバイポーラトランジスタ。サイリスタと異なりオン・オフの制御ができ、サイリスタより高速動作が可能。大容量領域は IGBT、高速動作領域では MOSFET に置き換わってきた。

(2020年6月4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。