

通信用電源の話 ～直流給電系の発振現象～

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

もう20年以上前になるが、NTTの通信ビルにおいて、直流48V給電系に起因する大規模な通信トラブルが発生した。専用線がダウンし、金融機関、航空管制、警察・消防、JR西日本、株式市場、関西に拠点を置く多くの有力企業が影響を受け、大きく報道された。しかし当初はこのトラブルの原因が分からず、直流48V給電系の発振現象だと特定されるまでには、しばらく時間を要した。それというのも、専用線ダウンの直接の原因が直流48Vの電圧変動であることは当初から確認できたが、専用線設備の停止後に電源電圧は通常の状態を回復し、給電設備そのものはまったく故障していなかったためである。

事故が発生した直接のきっかけは一部の通信ネットワーク設備の更改であった。当該通信ビルの直流48V給電系は、1階に定格出力3,000Aの整流装置と蓄電池、昇圧コンバータが設置され、アルミ導体によって2階から6階までの各種通信ネットワーク設備に供給する集中給電方式である。この通信ビルにおいて、5階に設置され、すでに動作を停止していた設備を撤去しようとして電源入力側のコンデンサを切り離れた瞬間に、6階の専用線設備の電源電圧が大きく変動して装置がダウンした。すなわち直流48V給電系の負荷側に接続されているコンデンサが外された瞬間に、直流48Vの電圧が大きく変動して専用線設備がダウンしたのである。

通信ネットワーク設備に接続されていたコンデンサが給電系を安定させる役割を果たしていたことになるが、このコンデンサにそのような役割があることは、当時は認識されていなかった。もともと通信用の直流48Vは加入者宅の電話機や交換機のリレーなどに電力を供給することからスタートした。その後交換機は電子回路で構成される電子交換機になり、同様に電子回路で構成される伝送装置や無線装置などにも直流48Vが供給されるようになった。

初期に電力が供給された電話機や主にリレーで構成されていた交換機はいわゆる抵抗負荷であり、給電電圧が高くなれば流れる電流が増加し、電圧が低下すれば電流も減少するという特性である。ところが電子回路で構成される電子交換機や伝送装置・無線装置などは、直流48VをDC-DCコンバータで3V、5V、12Vなどの電圧に変換してから使用している。DC-DCコンバータは、給電系の直流48Vが変動しても、出力電圧を一定電圧に制御(安定化)

しているため、給電電圧が高くなれば、DC-DC コンバータの入力電流は減少し、給電電圧が低下すれば電流は逆に増加する。このような負荷は定電力負荷といて、給電系側から見た場合、先に述べた抵抗負荷と比べて動作が不安定となる原因になる。具体的には整流装置や蓄電池などの直流電圧源から、インダクタンス成分を含む給電ケーブル経由で定電力負荷に給電すると、給電ケーブルのインダクタンスが大きいほど、また給電電流が大きいほど給電系が不安定となって発振現象（給電電圧の振動）が発生するという条件が成立する。ちょうどこの時期は、給電系の動作が安定な抵抗負荷の比率が減少し、給電系の動作が不安定になる定電力負荷の比率が増加していく流れにあった。

定電力負荷による給電系の不安定化を抑制する要素として、負荷である通信ネットワーク設備に接続されているコンデンサがある。具体的には、各通信ネットワーク設備に安定電圧を供給するために内蔵されている DC-DC コンバータの入力部（直流 48V 給電側）のコンデンサである。DC-DC コンバータは高周波スイッチング回路で構成されているが、入力部のコンデンサは、その高周波電流を供給し入力側の直流 48V 給電系の高周波リップル^{*1}を吸収する役割を果たしている。DC-DC コンバータはスイッチング周波数を高くするほど小形化でき、同時にコンデンサ容量も小さくできるが、ある程度容量が小さくなるとセラミックコンデンサを使用することができる。セラミックコンデンサは電解コンデンサに比べて相対的に容量は小さいが、電解コンデンサと比べて長寿命という特徴があったため、当時の技術動向としては、DC-DC コンバータを小形化するためにスイッチング周波数を高周波化し、入力部のコンデンサを電解コンデンサから容量の小さいセラミックコンデンサに置き換えていくという流れであった。これは定電力負荷における不安定化を抑制するコンデンサ容量が低減するため、給電系が不安定な方向に向かう流れでもあった。

以上のように当時の状況は、原理的に給電系が安定な抵抗負荷の時代から、不安定になる可能性がある定電力負荷の時代になり、しかも給電系に接続される負荷装置のコンデンサ容量が小さくなって不安定条件に近づいていく時代であったといえる。このような状況で、当該通信ビルで発生した現象は、給電系に接続されているコンデンサの多くが容量の小さいセラミックコンデンサに置き換わってきたタイミングで、古い設備に接続されていた大容量の電解コンデンサが給電系から切り離されて給電系全体の不安定条件が成立し、発振現象が起きたのである。

このような現象が発生することを事前に予測できなかったのだろうか。実は、電圧源からケーブルによるインダクタンス経由で定電力負荷に給電すると動作が不安定になるということは、原理的には分かっており、論文等での類似の解析例も報告されていた。この通信ビルでの給電系発振現象の原因は、最終的に新聞にも単純化した回路図が掲載されたが、それを見て「こんなことは当然ではないか」という声もあった。確かに単純化した回路を

見ればそうなのだが、実際の通信ネットワーク設備に給電している給電系はそう単純ではなく、数10のラックに搭載された合計数100台以上の通信装置パッケージが接続されており、そこに搭載されるDC-DCコンバータの入力部に多種多様のコンデンサが直接あるいはノイズフィルタ経由で接続されているなど、発振条件を正確に求めるには現実的には困難な状況であった。結局、給電系全体をかなり単純化（分布定数を集中定数化）することで、やっと不安定化する条件を確認することができた。通信ネットワーク設備内のコンデンサの種類と容量については、大きな流れとしては大容量の電解コンデンサから小容量のセラミックコンデンサに置き換わっていくとの理解はあったが、具体的にどのタイミングでどれだけの設備が置き換わっていたのかということが把握されていなかったのである。

給電系の発振原因の解明後、最終的には通信用給電系のガイドラインが策定され、通信ネットワーク設備側に必要なコンデンサ容量を定めることによって、その後の給電系の発振現象を防ぐようルール化された。給電系を設計する立場として、負荷である通信ネットワーク設備の仕様が具体的にどのように変化しているかを知っておくことは、現実的には難しいが、非常に重要なことであると認識した事故であった。

*1 直流48V給電系へ流出する高周波電流変動、及び直流48Vに重畳する高周波電圧変動

(2020年10月5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、「お問合わせ」ページよりご連絡・ご相談ください。