

電圧降下を小さくする交流き電システム

電車が走行する場合に、パンタ点電圧が標準電圧より大きく低下すると本来のパワーを出すことが出来なくなります。これにより速度が出せず列車遅延等が生じる場合があります。こうしたことを防止するため、交流電車線電圧の最低電圧は新幹線で20kV（瞬時最低）、在来線で16kVと決められています。

電車線電圧は列車負荷電流が大きいほど電圧降下が大きくなり、同じ列車負荷電流であっても変電所から遠方に位置するほど電圧降下が大きくなります。これは、電車線路の電線インピーダンスにより生じるものです。

今回の電圧降下を小さくする交流き電システムは、列車の位置および列車負荷電流が同じ場合でも、従来方式に比べて電圧降下が小さくなるものです。

これは、トロリ線の電圧に対してき電線の電圧を若干高くすることにより、き電線の電流が減少し、結果的に電圧降下が小さくなるからです。

き電線の電圧がトロリ線より高い状態でAT（単巻変圧器）に接続されるので、トロリ線電圧とき電線電圧の比は1:nになります。これにより、変電所からのき電電圧を高くする必要があります。き電距離を長距離にしたい時、大電流負荷による電圧降下を低減したい場合に有効なき電方式

になります（図1）。

このき電システムのき電用変圧器は超高圧受電を対象としています。き電回路のATが1:nの場合は従来と異なりき電用変圧器のA座とB座を絶縁する必要があります。これは、A座側とB座側の中性点電位が異なるため流れる循環電流を防止するためです。

以上のシステムは、き電用変圧器の条件として以下の条件が必要になります。

1. 三相二相変換
2. A座とB座が電氣的に絶縁
3. 巻線構造が出来るだけ簡素化
4. 一次巻線がスター結線で中性点を接地することが可能
5. 零相電流を吸収するため、デルタ結線を有する

この結果、従来の変形ウッドブリッジ結線変圧器が使用できないため新たに超高圧き電用変圧器としてルーフ・デルタ結線変圧器を採用しました（図2）。これにより、従来の超高圧き電用変圧器と比較して巻線が少なくなり、設置面積および重量等が小さくすることが出来ました。図1に電圧降下を小さくする交流き電システムのき電構成を示します。図2にルーフ・デルタ結線変圧器の特徴を示します。

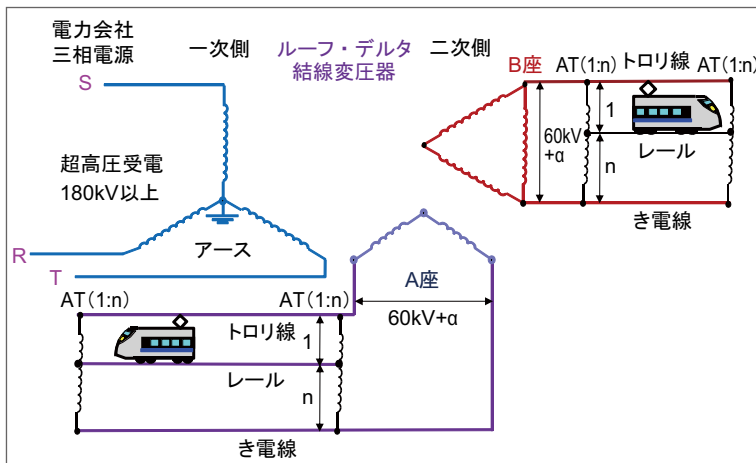


図1 電圧降下を小さくする交流き電システム

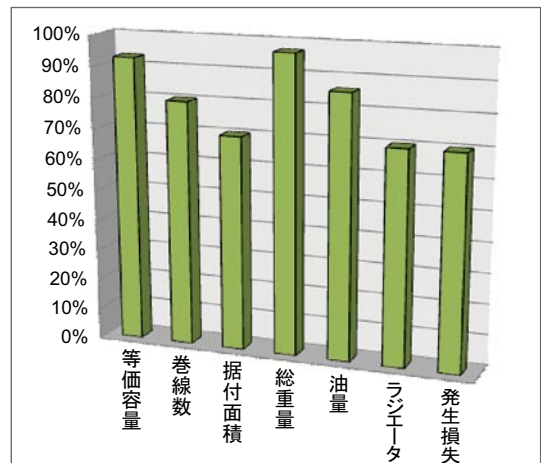


図2 ルーフ・デルタ結線変圧器の特徴

発明余話

この特許の正式名称は「ATき電システム」ですが今回は、わかりやすいように「電圧降下を小さくする交流き電システム」として説明をしました。

この特許で、予想外に注目されたき電用変圧器は、従来の変形ウッドブリッジ結線変圧器より面積および重量の面で有利となることがクローズアップされました。過去に、この変圧器は山陽新幹線開業時に採用することが検討されていましたが、インピーダンスのマッチングが容易である変形ウッドブリッジ結線変圧器が導入されました。

このAT(1:n)のき電回路の電圧降下はシミュレーションで検証しましたが、ルーフ・デルタ結線変圧器の特性を確認するためミニモデルを作成し、各種の試験を実施しました。この変圧器は巻線構造の形から、A座が屋根(ルーフ)、B座がΔ(デルタ)の形をしていることから、ルーフ・デルタ結線変圧器としました。

変圧器には、外鉄形と内鉄形があり、外鉄形は鉄心が巻線より外側にあり、内鉄形は反対に巻線が鉄心の内側にある構造をしています(図3)。両者とも機能等は同じですが、ミニモデルは外鉄形で製作をしました。表1にミニモデルの仕様、図4にミニモデルの外観を示します。確認した事項として、変圧器の巻線間のインピーダンスのマッチングがあります。マッチングがとれない場合、三相電源の中性点電流が大きくなり受電側保護および誘導に対して、影響

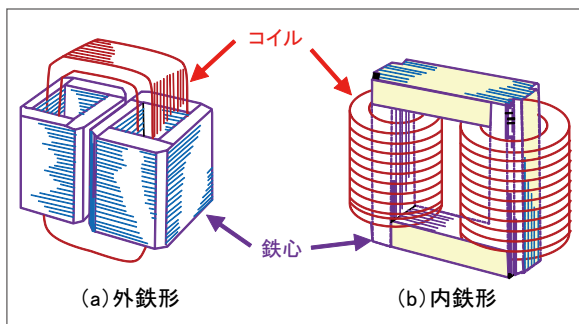


図3 変圧器鉄心構造

表1 ルーフ・デルタ結線変圧器試作の仕様

形式	屋内用 外鉄形
相数	3/2相(単相器3台)
定格周波数	50Hz
定格容量	一次:5kVA, 二次:2.5-2.5kVA
定格電圧	一次:210V, 二次:210-210V
一次側電圧調整範囲	220V-210V-200V
冷却方式	乾式自冷式
短絡インピーダンス	A座, B座とも定格タップにて3.5% (2.5kVA基準, 裕度±10/100)

《権利メモ》

発明の名称: ATき電システム

概要: 超高压受電箇所ではルーフ・デルタ結線変圧器を用いて、き電側のATにより、き電線電圧を高くするAT(1:n)方式のATき電システム。

出願番号: 特願2001-284893 (2001.9.19)

公開番号: 特開2003-94989 (2003.4.3)

登録番号: 特許第3825661号 (2006.7.7)

総発明者: 久水泰司, 安藤政人, 中道好信, 持永芳文

を与える可能性があります。中性点電流はA座負荷時にはほとんど影響しませんが、デルタ巻線のB座側の負荷が大きい時は大きくなります。

ルーフ・デルタ結線変圧器と変形ウッドブリッジ結線変圧器を等価容量で比較しますと、片座容量をPとした場合、変形ウッドブリッジ結線変圧器は昇圧変圧器の0.42Pを加えて2.42Pとなります。ルーフ・デルタ結線変圧器は2.25Pとなり変圧器等価容量を小さくできる特徴を持っています。さらに、一次側のU相, W相に対応したデルタ巻線をV相と比較して巻線容量を1/2にすることにより、さらに重量および設置面積を小さくすることが可能です。しかし、これによりインピーダンスのマッチングが難しくなるので、製作精度の高い技術が必要になります。

AT(1:n)のき電回路は電圧降下が小さいので、従来のAT間隔をより広げることが出来るようになります。

これにより、き電用変圧器を含めたき電回路を簡素化することも可能です。

(電力技術研究部 き電 久水泰司)

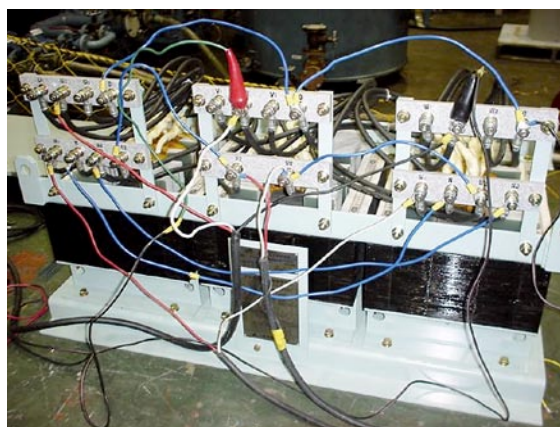


図4 ルーフ・デルタ結線変圧器ミニモデル

※記事に関するお問合せ先 情報管理部(知的財産)

NTT: 042-573-7220 J R: 053-7220