

変電所における端子接続部の保全

端子の過熱による様相

Maintenance of Terminal Connections in Substations

Conditions of Terminal Overheating

(送変電技術センター 技術G)

(Technical Section, Transmission Engineering Center)

変電機器や母線の端子接続部は、腐食等による過熱・溶損を防ぐため、巡視、点検や赤外線温度測定にて保全を実施してきた。しかし、端子接続部の過熱を放置した場合、どのような影響があるのか解明されていない。そこで、強制的に端子接続部を腐食させ接触抵抗を増加させた端子に電流を通電させることで、過熱による様相を確認した。

In order to prevent overheating and disconnection due to corrosion, etc., maintenance has been carried out on the terminal connection of equipment and buses by patrol, inspection, and infrared temperature measurement. However, what kind of effect there is when the terminal connection is left in an overheated state has not been grasped. This time, a terminal whose contact resistance was increased by forced corrosion was overheated by causing a current to flow, and the appearance of the overheating condition was confirmed.

1 背景

端子接続部の腐食等で有効接触面が減少し接触抵抗が増加すると、電流通電により局所的な過熱が発生する。端子接続部の過熱により、端子の溶損・脱落が起こると、地絡・短絡故障、停電につながる。

このため、特定の温度で変色する示温テープを端子に取り付け、巡視や点検による過熱監視や、運転中設備の温度を測定できる赤外線温度測定を行うことで端子接続部を保全してきた。

しかし、実際に端子接続部の過熱を放置した場合、どのような影響があるのか解明されていない。そこで、強制的に端子接続部を腐食させ接触抵抗を増加させた端子に電流を通電させることで、過熱による様相を確認した。

(1) 強制腐食

強制腐食により接触抵抗が増加した端子を模擬した。腐食方法は「JIS H 8502 めっきの耐食性試験方法」に規定される「中性塩水噴霧サイクル試験」を参考に実施した。

サイクル数(1サイクル: 塩水噴霧2h、乾燥4h、湿潤2h)として、JISの規定では3、6、10、30、60、120サイクルのいずれかで行うことを推奨しているため、適当なサイクル数の決定が必要である。よって、試料片を用いた予備試験によりサイクル数の決定を行った。第2表に示す試料片の状態よりサイクル数は10サイクルとした。

試験試料のボルトを締め付けて腐食させた場合、接断面まで腐食を進展させることは難しい。そこで、ボルトは手締め(強く手締めし1/4回転緩める)とし、水分が浸入しやすい状況で強制腐食させた。強制腐食後には、「JIS C 2804 圧縮端子」に規定される締付トルクで締め付けた。

第2表 中性塩水噴霧サイクル試験10サイクル時の試料片

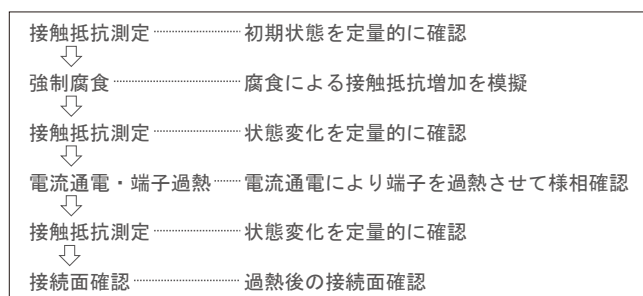
端子表面		ボルト	
銀めっき	すすめっき	アルミ	亜鉛めっき
			

2 試験条件

変電所で使用している銅端子、アルミ端子について過熱による様相確認を実施した。試験試料を第1表に、試験手順を第1図に示す。

第1表 試験試料

試料①	銅端子(銀めっき)	銅端子(すすめっき)
試料②	銅端子(銀めっき)	銅端子(銀めっき)
試料③	アルミ端子(無垢)	アルミ端子(無垢)
試料④	アルミ端子(銅厚銀めっき)	アルミ端子(銅厚銀めっき)
試料⑤	アルミ端子(銅張銀めっき)	アルミ端子(銅張銀めっき)



第1図 試験手順

(2) 電流通電・端子過熱

定格電流の3～6倍の電流通電により端子を過熱させ、様相を確認した。「JIS C 2804 圧縮端子」に規定される「温度試験」を参考に熱電対を用いて、端子部の温度確認および過熱による様相を確認した。試験系を第2図に示す。



第2図 電流通電時の試験系

(3) 接触抵抗測定

強制腐食前・後、過熱後の状態変化について定量的に評価するため接触抵抗測定を実施した。試験方法は「JIS C 2804 圧縮端子」に規定される「電気抵抗試験」を参考に直流電圧降下法を用い、試験電流は10Aとした。

3 銅端子の過熱による様相

電流通電により銅端子を500℃まで温度上昇させて、過熱による様相確認を実施した。今回、実使用状態に比べ過酷な温度上昇を模擬したが、端子部で溶損・脱落に至ることはなかった。

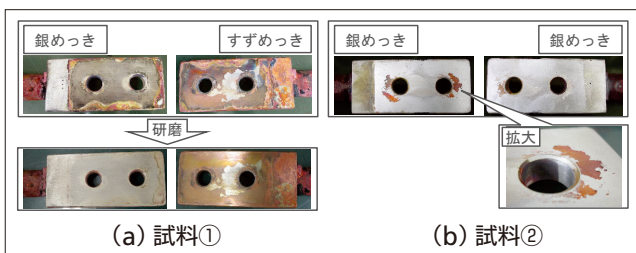
接触抵抗の変化を第3表に示す。強制腐食により試料①において接触抵抗が増加した。これは、銀と比較してイオン化傾向の大きいすずにおいて、接続面の腐食が顕著となったためである。また、接触抵抗の増加した端子では過熱による接触抵抗減少が確認された。

過熱後の接続面の状態を第3図に示す。過熱後の接続面確認のためボルトを外したが、接続面が外れず、ハンマーでの打撃により外したところ、すずめっきや銀めっきの溶着が確認された。試料①の接触抵抗の減少は、この接続面の溶着に起因していると考えられる。すずの溶解温度は232℃であり、過熱により溶解して接続面を溶着させる。一方、銀の溶解温度は915℃であり、溶解に至らないが高温により金属が軟化し、熱圧着する。

過熱時の様相を第4図に示す。銅端子は過熱による温度上昇に従い赤紫色→銀色→黒色と色が変化した。このように、端子過熱について巡視等で目視可能な様相を確認した。

第3表 接触抵抗の変化(銅端子)

	強制腐食前	強制腐食後	過熱後
試料①(銀めっき-すずめっき)	3μΩ	181μΩ	4μΩ
試料②(銀めっき-銀めっき)	3μΩ	3μΩ	3μΩ



第3図 過熱後の接触面(銅端子)



第4図 過熱時の様相(銅端子)

4 アルミ端子の過熱による様相

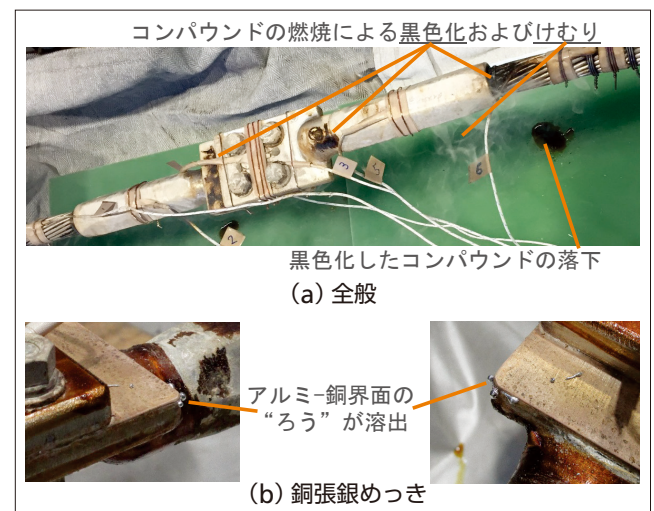
電流通電によりアルミ端子を200～300℃まで温度

上昇させて、過熱時の様相確認を実施した。銅端子と同様に、実使用状態に比べ過酷な温度上昇を模擬したが、端子部で溶損・脱落に至ることはなかった。

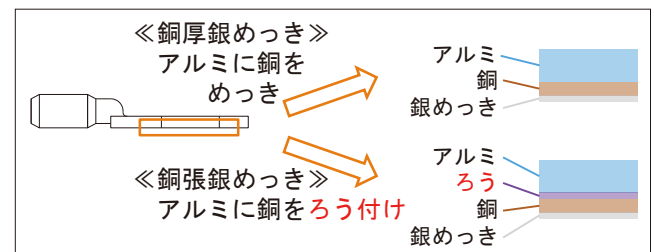
過熱時の様相を第5図に示す。アルミ端子では、圧縮部や接続面に注入・塗布されるコンパウンドの燃焼による黒色化が確認された。

また、銅張銀めっき端子においては、“ろう”の溶出が確認された。アルミ端子の表面にめっき処理を行う方法として、アルミ端子へ銅をめっきさせる「銅厚銀めっき」と、アルミ端子へ銅板をろう付けする「銅張銀めっき」が存在し(第6図)、この“ろう”が過熱により溶出した。なお、「銅張銀めっき」は、架線に加わる風圧等の外力により銅板が剥離することがあるため、現在では“ろう”を使用しない「銅厚銀めっき」が標準使用されている。

以上のように、コンパウンドの黒色化や“ろう”の溶出という、端子過熱について巡視等で目視可能な様相を確認した。アルミ端子では、第5図の様相が確認されたため、200～300℃にて試験を中断したことから、銅端子で確認された溶着や接触抵抗の減少は確認できなかった。



第5図 過熱時の様相(アルミ端子)



第6図 アルミ端子断面図

5 まとめ

過酷な温度上昇を模擬した通電試験において、端子は溶損・脱落に至らないことがわかった。また、過熱により端子に目視可能な様相変化が発生するため、巡視や点検で異常状態を発見可能であることを確認した。



執筆者/若生海王