

鉄道車両用抵抗器について

1. はじめに

鉄道車両(電気車等)を走らせる、速度を制御する、そして止めることを目的として抵抗器は使用されています。以下に、使用される代表的な鉄道車両用抵抗器を紹介します。

2. 要求される性能

過酷な環境で使用される鉄道車両用の抵抗器に要求される性能を下記に記載します。

- ・車両走行時の振動に耐えること
- ・降雨時や塵埃付着時でも指定された性能が確保されていること
- ・使用条件から設定された温度上昇限度を越えないこと
- ・点検作業が容易であること

3. 起動抵抗器

直流電動機で走行する電車に使用しており、架線電圧を起動抵抗器の電圧降下と直流電動機の逆起電力で分担し、ノッチング曲線から必要な加速度を得られるように抵抗値や通電時間を設定します。

図1の抵抗R1～R3を順次短絡することで電動機Mに掛かる電圧を順次増加させることにより回転数を上昇させることができます。

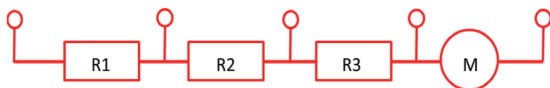


図1 起動抵抗器回路ツナギ

4. ブレーキ抵抗器

鉄道車両の走行中に持つ運動エネルギーや位置エネルギーを、電動機の直流・交流に関わらず、発電機として利用することで電気エネルギーに変換後、抵抗器に通電して熱エネルギーとして消費することでブレーキ力を得るものです。

図2の簡易ツナギにあるスイッチを、車両が力行中はSW1をON、SW2をOFFに、惰行中は両スイッチをOFFに、制動時は力行時とは逆にSW1をOFF、SW2をONとすることでブレーキ抵抗器BReに発電機からの電気を流すことができます。

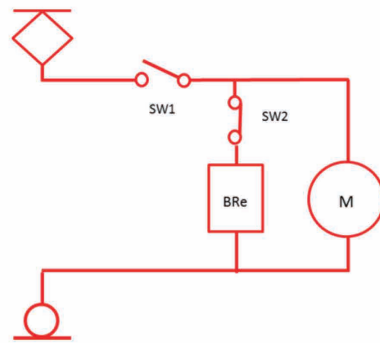


図2 ブレーキ抵抗器回路ツナギ

5. 接地抵抗器

鉄道車両では、架線から取り込んだ電気はインバータ装置や補助電源装置に供給後、車軸を通してレールへ返していますが、編成を組んでいる車両間の電位差によってレールへ返した筈の電気が車体へ逆流することがあり電流集中による軸受け損傷などに繋がります。

これを防止するため、交流電車を主に接地抵抗器が用いられています。

6. 抵抗器の構成

鉄道車両用抵抗器を写真1、2に示します。

抵抗器は写真1のように構成されています。基本の構成は、吊りボルト、カバー、枠板、スタッドボルト、支持碍子、抵抗体、艀装用端子となっています。各々の機能は、①カバーは飛来物からの抵抗器内部の保護、②枠板は複数の抵抗体保持、③スタッドボルトは支持碍子の保持、④支持碍子は抵抗体保持および抵抗体とスタッドボルト、枠板との電

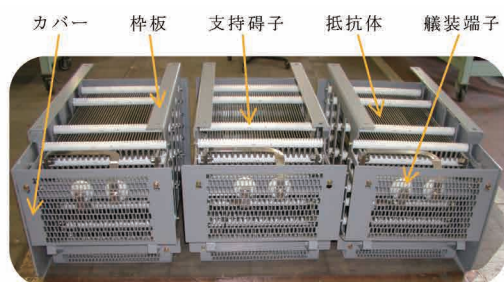


写真1 抵抗器外形写真

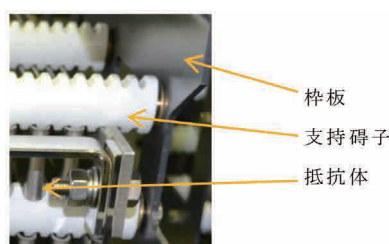


写真2 抵抗器構成写真

気絶縁、熱絶縁、⑤抵抗体は電気エネルギーを熱エネルギーに変換し大気中に放散、⑥艦装用端子は車体から接続される電線の繋ぎ込みです。車体への抵抗器取り付けは吊ボルトを用いて車体と抵抗器間の電気絶縁を行なっています。従って、抵抗器は電気エネルギーを車体側の電線から艦装用端子を経て、抵抗体へ導きエネルギー変換をします。そのために必要な電気絶縁は、車体と枠板、さらに枠板と抵抗体間の二重絶縁構造としています。

支持碍子は、常時高温と外気温度の繰り返しに晒されることから、耐熱材料のアルミナ磁器またはジルコンコージライト磁器を適宜使用しており、車両振動に耐えられるよう機械強度も兼ね備えています。

主機能を受け持つ抵抗体は、鋳物製グリッド抵抗体と圧延金属材料製抵抗体に大別されています。鋳物製抵抗体は小型・軽量化に難があるため製造はしていますが、現在はあまり鉄道車両搭載用としては使用しておりません。主流は、圧延金属材料製抵抗体(当社呼称C P抵抗体)であり、体積抵抗率が $70 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ から $140 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ のものを使用しています。また、近年半導体動作時のキャリア周波数が高周波化しているため、表皮効果の影響の低減や磁歪音の発生を抑制するため抵抗体厚みや組織の最適化を行なっています。

7. 抵抗体の温度上昇

抵抗体の温度上昇限度は、通常450Kで設計しますが、特殊仕様として600Kで設計します。海外メーカーの製品ではメーカー保証として更に温度を上げた設計をしているものもあります。

抵抗体の温度上昇値計算は、通電される電流波形と電流が流れて発熱している

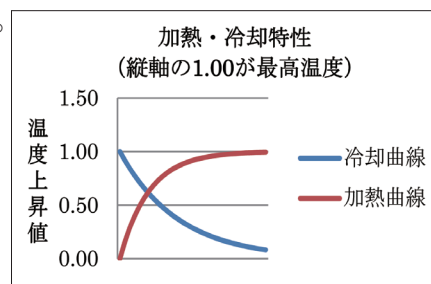


図3 加熱・冷却特性

る時間と流れていない時間を設定します。

加熱時は加熱時定数を、冷却時は冷却時定数を用いて複合的計算を行います。

各時定数は、抵抗体の大きさや表面積によって定まり長年蓄積してきたデータベースから設定されます。以上は、電気車で使用される自然冷却方式で説明しましたが、電気機関車に使用されるブレーキ抵抗器は一度に投入される電気エネルギーが非常に大きいため、自然冷却方式でも設計は可能ですが現実的ではありません。従って、積極的に空気で冷却する強制風冷方式として小型、軽量化を図っています。この強制風冷方式の場合、抵抗体間に流れる空気の量を均一化しなければならず、送風機と整風機能および抵抗体構成を最適化することが重要となります。

8. おわりに

鉄道車両用抵抗器は、搭載される車両や走行線区、走行・停止パターンに合わせて各々の仕様で製作しています。近年の高速化に伴い軽量化を図りながら、高い信頼性を保持した製品を製作し、鉄道事業の発展に寄与してまいります。

本稿に記載できませんでしたが、車両搭載用以外にも地上設備用の抵抗器も製作しております。

鈴木合金株式会社 営業本部 春井 眞二