

S1-1-2. 鉄道車両における車体サージ抑制のための諸方策

[電] ○廿日出 悟, [電] 前田 孝, [電] 渡邊 朝紀 (鉄道総合技術研究所)

Some Methods for Reducing Surges on Rolling Stock's Body
 Satoru Hatsukade, Member, Takashi Maeda, Member, Tomoki Watanabe, Member
 (Railway Technical Research Institute)

A surge on a rolling stock's body will occur during raising its pantograph. This surge causes damages or malfunction to on-board equipment. This paper describes firstly some methods for reducing surges, and current problems of grounding circuits of rolling stock, and evaluation of the methods for reducing surges in the point of grounding circuits.

キーワード: 車体サージ, 接地

Keywords: Surge, Car body, Grounding, Earth

1. はじめに

パンタグラフの上昇時など特高回路の電圧が急変する場合は車体にサージが発生する。本来、車体は接地されるべき物体であるが、鉄道車両は走行するために良好な接地を取ることができず、サージは大きなものでは数 kV に達するものもある。サージは機器の損傷・誤動作を招くほか、号車間の車体電位差が発生して機器間伝送不良などを発生させる可能性がある。

筆者らはこれまで実際の新幹線車両を使用した試験を通じて、車体サージそのものを低減する研究を行い、低減策をいくつか得た⁽¹⁾⁽²⁾。本論文では、サージ対策として有効な接地方法を提示するとともに、接地回路にまつわる問題点を踏まえながら提示した対策を考察する。

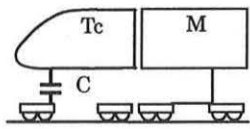
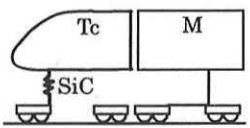
2. 各種サージ対策手法

ここではサージそのものを減少させることに焦点を置き、車体に施すべき対策を述べる。特高圧側、接地回路側の 2 箇所対策する方法が考えられるがここでは効果のあった接地回路への対策について表 1 に示している。実験の結果先頭車について両方式とも現状比 50% の低減が見られた。主な考え方は「インピーダンスを下げる」ことである。模型実験においては 2 号車の接地が不完全だった場合に 1 号車に大きなサージが発生し、サージ電圧は接地インダクタンスで表現されることも理論的に分かっている⁽³⁾。

これに加え実車の試験でわかったことは「レールに発生する電位勾配を下げる」ことが有効なことである。前記のように先頭非接地車の場合、中間車の接地インダクタンスのみを低減した場合、先頭車のサージはむしろ増大する。逆に先頭車を充分低いインピーダンスで接地すると無対策

である中間車のサージも減少する結果となった。

表 1 車体サージ対策手法(効果のあったもの)

方式	図 (先頭非接地車 に対策した場合)	備考
コンデンサ ($1\mu\text{F}$) で車 体一台車間 を接続		低圧試験の 結果 $0.1\mu\text{F}$ では効果無 し。
炭化珪素 (SiC) 接地抵 抗器で車体 一台車間を 接続		現用接地抵 抗器: 重量 16kg で高周 波特性悪い

※新幹線 M 車の台車-車体間には接地抵抗器(0.5Ω)あり

※対策素子の重量: コンデンサ, SiC とも約 1kg

その他の注意としては 1) 接地する台車は先頭台車にする
と効果が上がる(もちろん両方とも接地してもよい)、2) 接
地線は可能な限り短くする、といったことが挙げられる。

3. 車体サージ対策に関する考察

<3.1> 車両を流れる各種電流の性質

表 2 に鉄道車両で流れている電流の種類と特徴を示す。
これら電流の性質をうまく利用することはサージのみなら
ず軸受等の電食対策においても大事である。各種サージ対
策はサージを速やかにレールへと流すといったイメージで
ある。

平成 16 年 鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL'04)

表 2 車両に流れる電流の種類と性質

カテゴリ		サージ	主回路	信号
電流の性質	周波数	高 (100kHz～)	低(50/60Hz)	中(～数 kHz)
	エネルギー	小 (極短時間)	大(数千 A)	小(A オーダー)
電流が流れることによる	長所	サージ抑制	特になし	特になし(誘導障害対策になった例もあり)
	短所 (可能性も含む)	特になし	・接地ブラシが必要 ・軸受電食の心配	・誘導障害の心配
車体に対する望ましい選択		流す (車体に発生するため)	流さない	流さない

だが、コンデンサと接地抵抗器では周波数に対するインピーダンスが異なる。表 3 に各対策を施した場合に予想される、車体へ流れる電流を示す。

表 3 車体サージ対策適用時に車体へ流れる電流

カテゴリ	サージ電流	主回路電流	信号電流	備考
コンデンサ	流れる	ほとんど流れない	ほとんど流れない	インピーダンスは周波数に反比例
接地抵抗器 (SiC)	流れる	流れる	流れる	インピーダンスは周波数に無関係(一定値)

<3.2>レール電流の吸い上げによる影響(軸受電食等)

表 3 において注意すべきことに車体は極めてインピーダンスが小さく、レール電流が容易に車体へと吸い上がってしまうことである。鉄道車両の接地に関するトラブルについては軸受電食など別の問題が従来から存在し、対策として「車体と台車を絶縁する」方向に向かってきた。

これは主回路電流が車体または台車枠など予期せぬ部位を流れたためである。新幹線で車体と台車を短絡する方式を採用していないのはこのためである。従って、軸受電食対策についての考慮も必要である。軸受など電食に関する問題はほとんどがこの吸い上げ電流によるものである。軸受電食は主回路電流によるものを疑うべきである。これまで主回路電流で発生した主電動機軸受の電食とその対策については文献(4)を参照されたい。ころ軸受の場合 1Arms/mm^2 未満ならば全く問題ないというデータ⁽⁴⁾が存在する。特定の新幹線軸受について真実接触面積を計算した結果、 4.6mm^2 (1 軸受)であった。これらのことと、信号電流は左右のレールを流れる差動電流であることを考えると、信号電流やサージ電流が車体へ吸い上がることによる軸受

に及ぼす影響は小さいと考えられる。

<3.3>各対策の長所・短所の比較評価

以上の事柄を踏まえて 2 種類のサージ対策について現時点での評価は表 4 のようになる。既存車には接地ブラシを設けることが困難なためコンデンサ、新規設計ではコンデンサ、SiC のいずれも可能である。コンデンサの走行時の振る舞い(接地ブラシが無くてもサージ低減動作をするか?)は今後の検証待ちであるが、サージが多く発生する停車時(パンタグラフ上昇時)の対策だけでよい場合はコンデンサの方が最も簡単である。また、架線垂下等の地絡時に関する考察からは車体-レール間のインピーダンスをある値以下に下げる必要があるがこの点は今後の課題である。

表 4 車体サージ対策の長所・短所比較

対策	接地ブラシ	電食の可能性	誘導障害の可能性	故障モード
コンデンサ	不要 (走行時については要検証)	現状維持	現状維持	開放
接地抵抗器 (SiC)	必要	ほぼ現状維持	確認が必要	開放
車体-台車短絡	必要	可能性大	確認が必要	開放

4. まとめ

鉄道車両に発生する車体サージについてその対策手法を提示し、配慮すべき問題点を概説した。現時点での最良の方法は車体-台車間を緊密に接地することである。しかしながら車体の接地のあり方については絶縁すべき問題も混在しているため、現時点での一般解は存在しない。

車両に搭載する電子機器や測定器などは高機能化、低消費電力化のために高速動作・低電圧動作を求められているため、今後このサージ問題が顕在化する場合もあろう。本論文は未然に問題を防ぐ場合の、あるいは不幸にして問題が顕在化した場合の一助となれば幸いである。

参考文献

- (1) 特開 2004-032852,「高速鉄道車両の車体異常電圧低減装置」,特許公開公報(2004)
- (2) 廿日出悟, 前田孝, 渡邊朝紀, 藤野謙司,「新幹線車両における車体サージとその対策について」, 電気学会 交通・電気鉄道研究会 TER-04-58 (2004-10)
- (3) S. Hatsukade and T. Maeda, "Model experiment and basic analysis of the surge on the rolling stock's body," The Fourth International Workshop on High Voltage Engineering (IWHV 2004), 電気学会研究会資料 ED-04-127 (2004-10)
- (4) 渡邊朝紀,「主電動機軸受の電食とその対策」, 鉄道総研報告, No.7-4, (1993-4)