

ATS-P 車上装置のノイズ対策

森本 栄一* (東海旅客鉄道株式会社) 真鍋 英聡 (株式会社東芝)
 國利 知寛 (日本信号株式会社)

Electromagnetic Noise Measures Applied to On-board ATS-PT Equipment
 Eiichi Morimoto*, (Central Japan Railway Company) Hidetoshi Manabe, (Toshiba Corporation)
 Kazuhiro Kunitoshi, (The Nippon Signal Co.,Ltd)

This paper describes electromagnetic noise measures we applied to on-board ATS-PT equipment. The noise generated by VVVF electric cars (the Series 383 and the Series 313) was a very high level. However, we suppressed the noise at a very low level by surveying the source and the propagation route of the noise, and combining various measures.

キーワード: ATS, トランスポンダ, 電磁ノイズ, 誘導障害
 (ATS, transponder, electromagnetic noise, inductive interference)

1. はじめに

JR 東海では、自動列車停止装置 ATS-ST が老朽取替時期を迎えるにあたり、在来線の安全性をより向上させるため、保安度の高い ATS-PT (ATS-P 形の JR 東海仕様) を在来線全線・全車両に導入することとした。ところが、VVVF 制御車である 383 系及び 313 系に ATS-PT 制御装置を搭載したところ、非常に高いレベルのノイズが確認された。

本稿では、ノイズ問題を克服するに至った様々な取り組みについて報告する。

2. ATS-P 形の情報伝送概要

ATS-P 形とは、トランスポンダを使用して地上から車上へ制御に必要な情報を伝送し、車上に搭載した制御装置により自列車のブレーキ性能に見合った速度照査パターンを発生させ、これと列車速度を連続的に比較して、パターンを超過した場合には自動的にブレーキをかける方式の ATS である。

トランスポンダによる情報伝送は、FSK 変調によるデジタル通信方式であり、地上から車上への伝送は 1.7MHz 帯の周波数を使用している。車上側はこの帯域の不正な信号を 2 秒以上継続して受信すると受信回路不良と判断し、送受信部の再立ち上げ処理を行う。この動作を繰り返すと最終的に制御装置故障となり、非常ブレーキを動作させる。

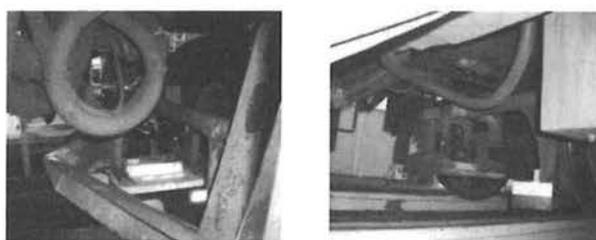
信号受信の最小動作レベルは -36dBv (約 12mV) だが、ノイズレベルの規格値としては安全率 2 を適用し、最小動作電圧を半分とした -42dBv (約 6mV) 以下とされている。

3. 車両諸元比較

〈3.1〉 車上子取付

383 系及び 313 系は、いずれも編成の最小構成単位が 1M1T であるため、VVVF インバータを搭載した Mc 車を持つ。ノイズが確認されたのは Mc 車である。

JR 東海では車上子位置を車端から 2m 以内とすることを基本としている。383 系は雪カキを搭載し、また振り車両であることから、車上子は雪カキ直後の台車に装荷した。313 系には雪カキの有無があるが、車体を共通設計としているため、いずれも車上子は雪カキ直後の台車に装荷した (図 1 参照)。



(a) 383 系 (b) 313 系雪カキ無
 図 1 車上子取付 (台車装荷)

〈3.2〉 主回路システム

383 系及び 313 系は、いずれも VVVF インバータにより三相誘導電動機を駆動しているが、車両製造時期の違いから主回路システムや誘導障害対策が異なる (表 1 参照)。

表 1 主回路システム比較

	383 系	313 系
制御方式	2 レベル PWM VVVF インバータ	3 レベル PWM VVVF インバータ
パルス切換	非同期・15P・9P・5P・3P・1P	非同期・過変調・1P
使用素子	GTO	IGBT
制御単位	個別制御 (1C1M)	台車制御 (1C2M)
モータフレーム アース線接続	接地装置	(1・2 次車) 接地装置 及び VVVF 箱枠 (3 次車) 接地装置 及び VVVF 箱内主回路アース
フェライトコア	無	VVVF 箱内モータ三相線

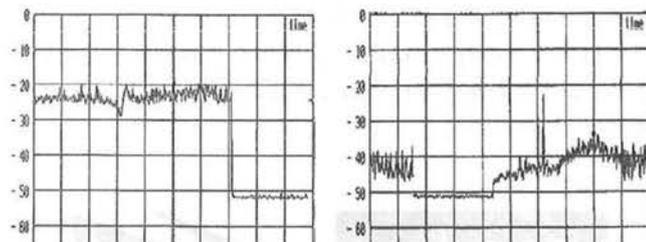
4. ノイズ発生状況調査

〈4.1〉 現状ノイズレベル調査

定置試験及び構内・本線走行試験にてノイズレベルを測定した。測定にはスペアナとハイコーダを使用した。

定置試験では、起動状態で 383 系に高いレベルのノイズが確認されたのに対し、313 系では上昇はするもの問題ないレベルであった。

一方、走行試験では、力行及びブレーキ中に 383 系及び 313 系とも高いレベルのノイズが確認された。313 系は雪カキ付の方が雪カキ無に比べノイズレベルが高かった (図 2 参照)。



(a) 313 系雪カキ付 (b) 313 系雪カキ無
図 2 313 系現状ノイズレベル (スペアナ)

なお、383 系及び 313 系ともノイズが確認されたのは低速域の非同期～多パルスモードの間で、1パルスモードでは問題ないレベルとなった (図 3 参照)。

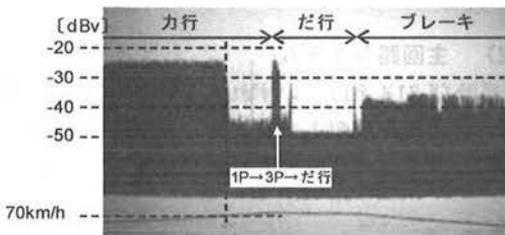


図 3 383 系現状ノイズレベル (ハイコーダ)

〈4.2〉 ノイズ侵入経路調査

ノイズの侵入経路を特定するため、車上子をダミー負荷に変更し、383 系は定置、313 系は構内走行でノイズレベルを測定した (図 4 参照)。383 系では大幅に低減したものの、問題ないレベルには至らなかった。一方、313 系では問題ないレベルとなった。

以上より、383 系ではノイズは主に車上子から侵入しているのに加え、一部車上子ケーブルからも侵入していることが判明した。また、313 系では主に車上子から侵入していることが判明した。

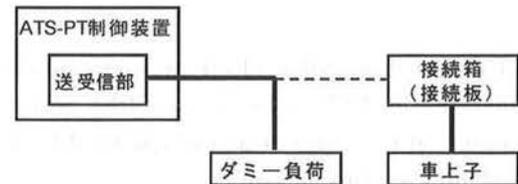


図 4 ダミー負荷接続

〈4.3〉 ノイズ発生箇所調査

ノイズの発生箇所を特定するため、車上子位置を変化させた場合のノイズレベルの増減を定置にて確認した (図 5 参照)。383 系及び 313 系とも雪カキ内や台車枠内でノイズレベルが高く、モータや三相線付近で特に高かった。雪カキよりも前方に移動させるとノイズレベルが低くなった。

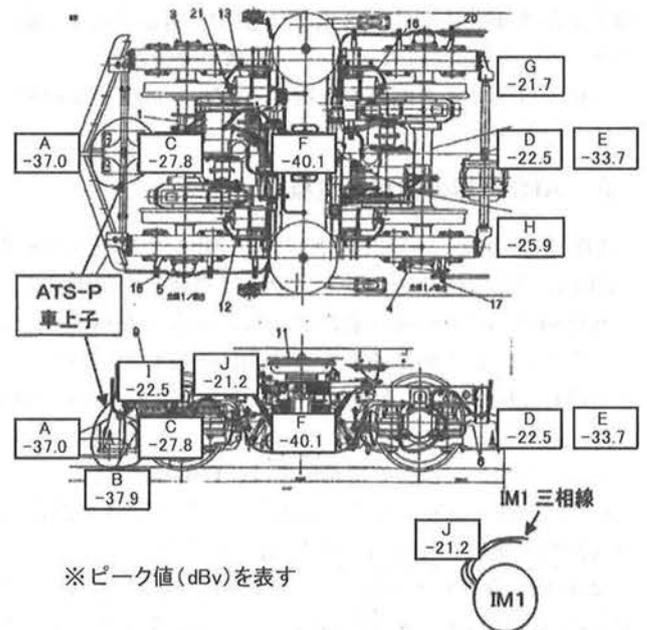


図 5 383 系車上子位置によるノイズレベル

〈4.4〉 ノイズ伝達経路調査

ノイズの伝わり方は、ノイズ電流自体が導体を媒体として侵入する伝導性の場合と、ノイズ電流が周りの空間に発生させる電磁界により妨害を与える誘導・放射性的場合がある。特に、コモンモードノイズ電流は車体、台車、レール、主回路アースを迷走する。

ノイズ電流の伝達経路を特定するため、接地系の追設、配線変更等を実施し、383 系は定置、313 系は構内走行でノイズレベルを測定した (図 6 参照)。しかし、383 系及び 313 系とも、いずれの条件でもノイズレベルに変化は見られず、伝達経路を特定することはできなかった。

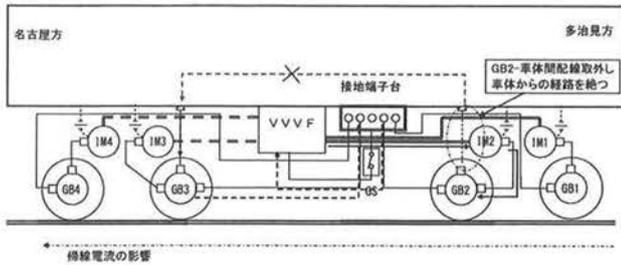


図 6 接地系の変更例

5. 対策の検討

ノイズ電流の伝達経路は特定できなかったものの、ノイズは主に車上子から侵入していること、また、雪カキ・台車枠内に車上子を置くとノイズレベルが高いことから、台車内をノイズ電流が迷走し、直達ノイズになっていると考えられた。

ノイズ対策として、「ノイズ源の抑制」、「ノイズ発生箇所との離隔」、「ノイズ伝達経路の変更」、「ノイズの遮蔽」を検討し、構内走行試験にてノイズ低減効果を確認することとした。

〈5・1〉 フェライトコアの設置

ノイズ源の VVVF インバータからぎ装側にノイズ電流が流れるのを抑制するため、フェライトコアを設置した。設置箇所は、モータ三相線、インバータ入力側、主回路接地線の 3 箇所とし、それぞれフェライトコア数を増減させて試験した (図 7 参照)。

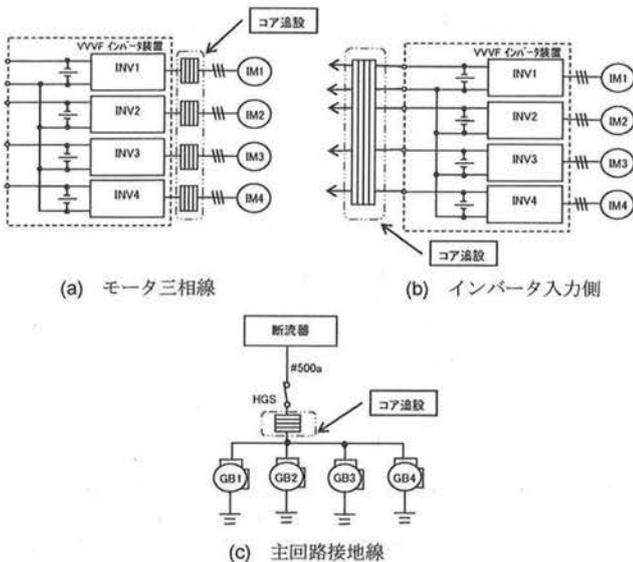


図 7 フェライトコア設置箇所

その結果、383 系では 1 位・2 位それぞれのモータ三相線に設置した場合に数 dB の効果があり、3 個以上で飽和することが分かった。一方、313 系では効果がなかった。

〈5・2〉 車上子ケーブルのシールド

車上子ケーブルへ伝播するノイズを遮蔽するため、車上子ケーブルにシールドジッパーチューブを取り付けた。

その結果、383 系だけでなく 313 系ともシールドジッパーチューブの接地線を車体に取り付けた場合に数 dB の効果があった。

〈5・3〉 車上子の車体装荷

車上子をノイズレベルの高い台車枠内から離すため、313 系雪カキ無については車体装荷に変更し、台車より前方に移設した。

その結果、数 dB の効果があった。

〈5・4〉 雪カキ形状の変更

(1) 雪カキ先端の分割

雪カキにノイズ電流が流れないようにするため、先端を分割した雪カキを試作した。(図 8 参照)。

その結果、10dB 程度的大幅な改善が図られた。

(2) 車上子吊梁の絶縁

車上子吊梁から車上子にノイズ電流が流れ込まないようにするため、車上子吊梁に絶縁板を挿入した (図 8 参照)。

その結果、数 dB の効果があった。

(3) 雪カキ先端部支え梁の撤去

雪カキ先端部を分割した場合、雪カキ機能の低下が懸念される。そのため、分割はしないものの先端部の支え梁をなくした雪カキを試作した (図 8 参照)。支え梁から直接車上子にノイズ電流が流れ込まないようにするためである。

その結果、雪カキ先端の分割ほどではないが、大幅な改善が図られた。



(a) 現状



(b) 先端の分割



(c) 支え梁撤去

図 8 雪カキ形状の変更

〈5・5〉 台車枠への接地線取付

台車枠内をノイズ電流が迷走しないようにするため、台車枠と車体を接地線で短絡し、ノイズ電流が車体を通してVVVFインバータに戻り易い経路をつくった。

その結果、接地線取付箇所により異なるが、数dBの効果があった。効果のあった取付箇所は、ノイズ電流がVVVFインバータへ最短経路で戻る箇所と推定される。

なお、これにより車上子吊梁の絶縁の効果はほとんどなくなった。また、シールドジッパーチューブの接地線取付箇所の違いによる影響もなくなった。

〈5・6〉 車上子カバーの取付

車上子へ伝播するノイズを遮蔽するため、車上子カバーを取り付けた。

その結果、383系、313系車上台車装荷及び車体装荷とも10dB程度の大幅な改善が図られた。

6. 対策の実施

以上の各種対策を、実際には幾通りにも組み合わせて試験した。試験結果を踏まえ、383系及び313系それぞれに最適と考えられる組み合わせを採用した(表2、図9参照)。

313系雪カキ無については、車上子を台車装荷のままでも対策可能であったかもしれないが、車体一台車の偏軌の繰り返しにより懸念される車上子ケーブルの断線を根絶するため、車体装荷へ変更した。また、313系については車体装荷及び台車装荷とも、シールドジッパーチューブの効果が薄れたため、採用しなかった。

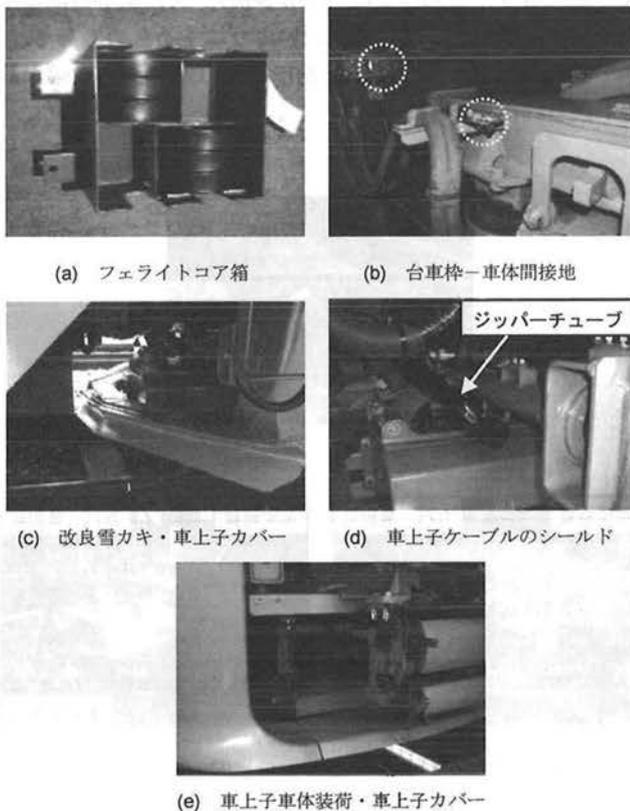


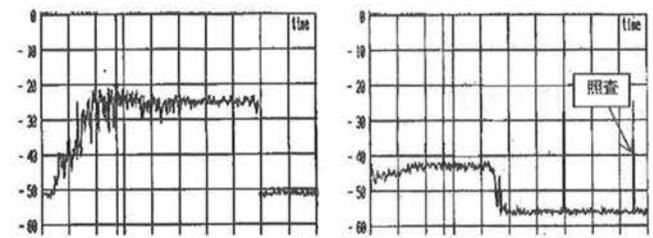
図9 ノイズ対策まとめ

表2 ノイズ対策まとめ

	383系	313系 (雪カキ付)	313系 (雪カキ無)
①フェライトコアの設置	○	-	-
②車上子ケーブルのシールド	○	-	-
③雪カキ形状の変更	○	○	-
④台車枠への接地線取付	○	○	-
⑤車上子カバーの取付	○	○	○
⑥車上子の車体装荷	-	-	○

(○:実施する、-:実施しない)

383系及び313系とも対策の本施工後に本線走行試験を実施し、ノイズレベルを測定して問題ないことを確認した(図10参照)。



(a) 対策前

(b) 対策後

図10 383系ノイズレベル

7. まとめ

本稿では、VVVF制御車である383系及び313系で発生したATS-PT車上装置のノイズ問題について、ノイズ発生状況を調査し、様々な対策を組み合わせることで解決に至った経緯について報告した。

同一車種でも車両ごとにノイズ発生状況に差があることも想定されるため、雪カキ付車両すべてを対象とし、現在もノイズレベル測定を継続している。また、ATS-PTの使用開始までの期間を利用して、雪カキの有無に関係なくすべての車両で異常検知がないか状態監視しているところである。

文 献

- (1) 渡辺郁夫・市川和男:「VVVF制御車の高調波が信号設備へ与える影響」, 鉄道と電気技術, Vol.6, No.12 pp.29-37 (1995)
- (2) 塩谷昌弘:「インバータ車と誘導ノイズ」, 鉄道車両と技術, Vol.4-5, No.34 pp.12-18 (1998)
- (3) 廿日出悟:「誘導障害(その1)・車両からみた信号との間の誘導障害」, JREA, Vol.50, No.9 pp.53-55 (2007)
- (4) 渡辺郁夫・市川和男:「VVVF制御車の高調波が信号設備へ与える影響」, 鉄道と電気技術, Vol.6, No.12 pp.29-37 (1995)
- (5) 中島健一・今井進太郎・金澤良太・橋本泰佑:「700系ATC故障に関する研究」, R&M, Vol.18, No.7 pp.29-32 (2010)
- (6) 高橋進一・川瀬正明・加藤吉紀・小沼真也:「383系ATS-PTノイズ対策に関する研究」, R&M, Vol.18, No.10 pp.38-41 (2010)