

デジタル式き電区分制御軌道回路装置の開発

○野口 哲也 [電] 田淵 学 北本 誉至雄 (東海旅客鉄道株式会社)

A development of a digitalized device for sectioning track circuits

○Tetsuya Noguchi, Manabu Tabuchi, Yoshio Kitamoto (Central Japan Railway Company)

Current sectioning track circuits which are located at feeder sections on the Tokaido-Shikansen line need to be replaced due to their aged deterioration. In order to improve reliability and maintainability, we developed a device for sectioning track circuits based on a phased shift keying technology which has been also employed for our digitalized ATC system.

キーワード：き電区分制御軌道回路，無絶縁軌道回路，列車検知特性

Key Words : sectioning track circuit, non-insulated track circuit, train detection characteristics

1. はじめに

東海道新幹線のき電区分を制御するために使用されているき電区分制御軌道回路装置は、経年により取替時期を迎える。

近年の電気技術はデジタル方式が主流になっているため、既存のデジタル ATC 装置の技術を活用したデジタル式き電区分制御軌道回路装置を開発し、機器を小型化するとともに、信頼度の向上、保全性の強化を図ることとした。

開発にあたっては、試作機により、軌道回路としての性能確認、既存のデジタル ATC 装置への影響確認及び符号伝送特性等をフィールド試験にて検証を行った。

2. き電区分制御軌道回路

2.1 き電区分制御軌道回路の概要

新幹線の変電所の境界には、き電区分所が設置されている。き電区分所を列車が力行して通過する際には、異なる電源間の短絡を防止するために電源を切り替える必要がある。そこで、軌道回路を用いて、き電区分所に列車の位置情報を送り、き電区分所のしゃ断器を動作させることで電源を切り替えている。その仕組みを図 1 に示す。

2.2 現在のき電区分制御軌道回路

き電区分制御を行う手段として、既設のデジタル ATC 軌道回路を用いる場合が多いが、き電区分制御に適していない場合は、き電区分制御軌道回路 (以下 MF 軌道回路)

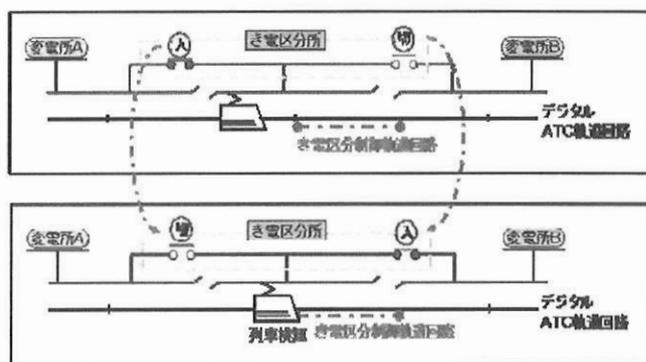


図 1 き電区分制御の仕組み

と呼ばれる専用の軌道回路を用いている。

この MF 軌道回路は、現在はアナログ方式であり、ATC 軌道回路とは独立した送受信器で構成されている。列車検知用の信号電流は、MF 軌道回路装置で作られ、デジタル ATC 軌道回路に重畳して流している。このため、ATC 軌道回路と MF 軌道回路の境界が同一の場合 (絶縁境界) はインピーダンスボンドの 2 次側の電流を、分波変成器によって ATC 信号とき電区分信号 (以下 MF 信号) に分けて受信している。また、MF 軌道回路と ATC 軌道回路の境界が異なる場合は、MF 軌道回路の境界に受信コイルを設置すること (受信コイル境界) により、MF 信号を受信する無絶縁軌道回路を構成する。機器構成図を図 2 に示す。

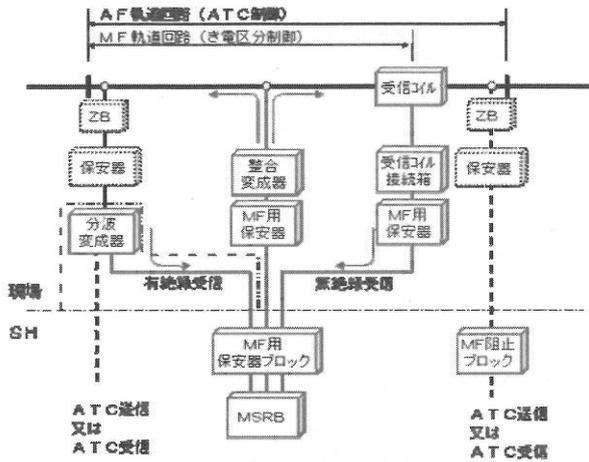


図 2 機器構成図

2.3 開発したき電区分制御軌道回路の概要

開発したデジタル MF 軌道回路装置は、現行のアナログ MF 軌道回路で実績のある周波数を用いた MSK デジタル信号方式とした。MSK デジタル信号方式は、FSK 変調方式の一種で高い周波数利用効率、耐ノイズ特性を実現することが可能である。

また、現行のアナログ MF 軌道回路装置は、き電区分所に設置されているが、今回開発したデジタル MF 軌道回路装置は信号機器室に設置することとし、図 3 のようにデジタル ATC のシステムを構成する監視装置である ATC-W に接続することにした。ATC-W に接続することによりデジタル ATC 装置と一体的に結合し、信号通信所内にあるモニターで、故障監視やレベル監視等が可能となり、保安度・信頼度が向上する。

3. 現地フィールド試験

3.1 試験構成

既設のデジタル ATC 軌道回路の ATC 信号にデジタル

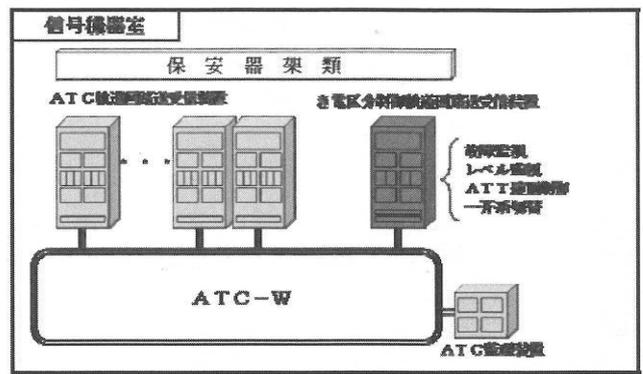


図 3 システム構成図

MF 信号を重畳して、フィールド試験を実施した。なお、現用 MF 軌道回路に影響のない場所で、試験用装置を仮設した。

フィールド試験の機器構成は、以下の通りである。

- き電区分制御軌道回路送受信架 (MSRB : 1 架) とき電区分用保安器架 (MF 保安器架 : 1 架) は、信号機器室 (MSH) に設置する。
 - 上下線 1 軌道回路ずつ計 2 軌道回路の構成とする。
 - 2 軌道回路のうち一方を 2.2 項で示した絶縁境界側からの進入「絶縁進入」とし、一方を受信コイル境界側からの進入「受信コイル進入」とする。
- また、試験場所を選定するにあたり、以下の点を考慮した。
- 現地フィールド試験構成図を図 4 に示す。
 - 2 軌道回路分の回線 (6 対) を確保する。
 - 2 軌道回路のうち「絶縁進入」とする軌道回路長は、既設の最大 MF 軌道回路長以上確保する。また、「受信コイル進入」とする軌道回路長は、既設の箇所と同程度確保する。

3.2 試験項目

今回、新しい軌道回路を開発するに当たり、総合的な機

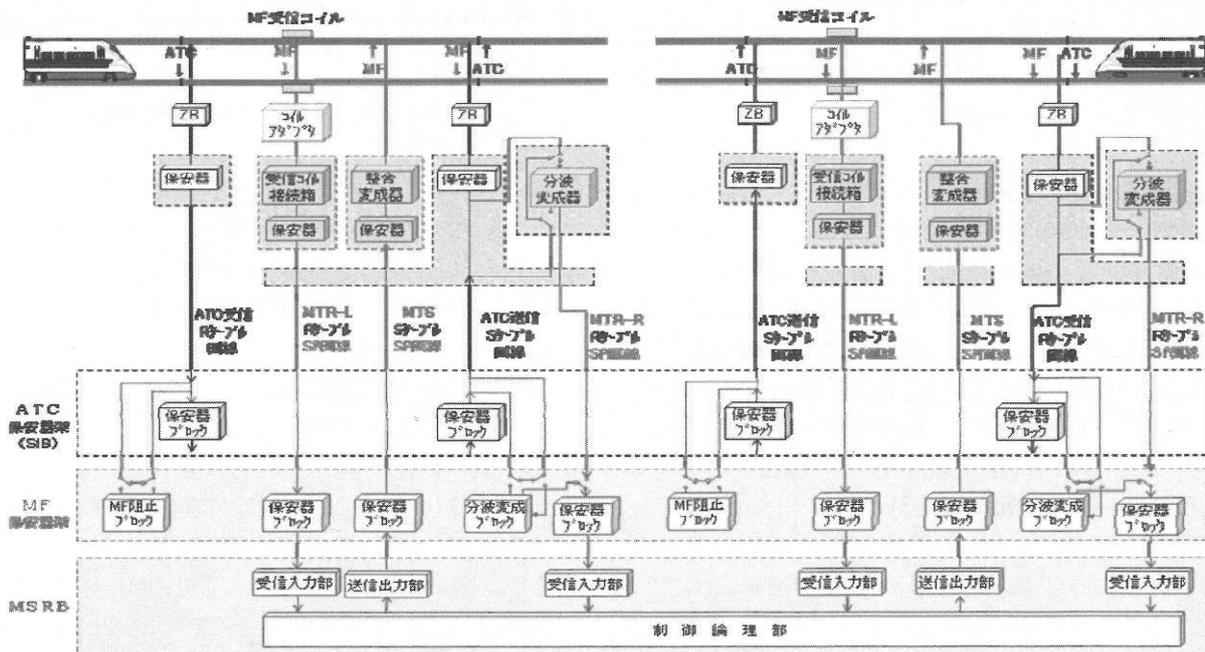


図 4 現地フィールド試験構成図

能動作や列車検知特性について把握するために、以下に示す(1)～(3)の試験を行った。さらに、一部の現場機器については、設置位置等を製品化の際に反映させるために(4)の試験を行った。

なお、(1)(2)(4)は夜間の作業時間帯で、(3)は列車走行時間帯に試験を行った。

(1) 性能確認試験

軌道回路の性能確認として、有絶縁受信・無絶縁受信箇所における、ATC 信号重畳時の MF 信号の受信レベルおよび短絡特性の測定を行った。

また、無絶縁受信箇所の列車検知特性を確認するため、列車の進入・進出時の軌道回路の境界特性を把握し評価した。

(2) ATC 装置への影響確認試験

MF 信号の挿入前後で ATC 装置の性能・機能に影響がないことを確認した。

(3) 符号伝送特性試験

周辺環境などからのノイズによる、S/N への影響と符合伝送誤り率を長期的に測定した。

(4) 各機器の設置位置等の検討

保全性等を考慮するために、一部の現場機器の設置位置等を、試験を通じて検討し、製品化の際に反映させた。

3.3 試験結果

(1) 性能確認試験

軌道回路の性能確認のために、デジタル ATC 信号とデジタル MF 信号を重畳させた時の MF の受信レベル・短絡減衰量・短絡感度を測定した。無絶縁側の平常時の受信レベルを図 5 に、有絶縁側の平常時の受信レベルを図 6 に示す。

今回測定した受信レベルは、両者とも標準レベルダイヤより高い値となっている。これは、実測値では、保安器ブロックや整合変成器等の機器の損失が、想定値よりも小さくなっていたためである。

また、0.1Ω 短絡時に短絡減衰量は約 20dB 以上で、短絡感度は 0.5Ω 以上となった。

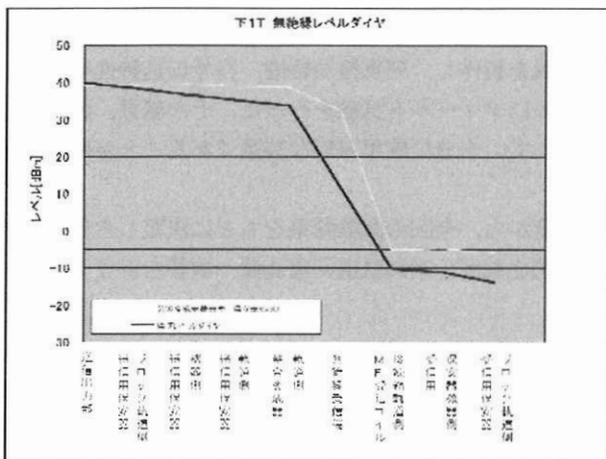


図 5 無絶縁軌道回路側の受信レベルダイヤ

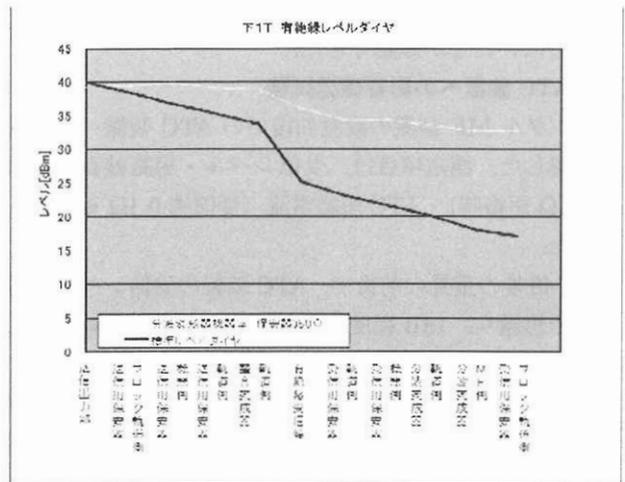


図 6 有絶縁軌道回路側の受信レベルダイヤ

次に、無絶縁受信箇所の列車検知特性や、列車の進入・進出時の境界特性を確認するために、以下に示す軌道の 1 点短絡および 2 点短絡の試験を行い、軌道回路の状態および受信レベルを測定した。

1 点短絡試験として、MF 受信コイル外方から MF 受信コイル内方に移動しながら短絡を行い、短絡減衰量を測定した。図 7 に 1 点短絡試験概要図を示す。

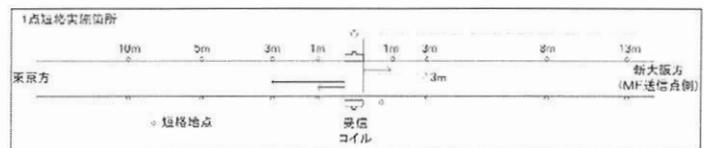


図 7 1 点短絡試験概要図

受信コイルの外方を短絡した時では軌道回路は落下せず、内方を短絡した時では軌道回路は落下した。また、受信コイルの内方側短絡時は減衰量が 25dB 程度あり、想定通りの結果が得られた。

続いて、MF 受信コイルをまたがった 2 点を短絡させた際に、内方の軌道回路が落下することを確認するために、MF 受信コイルの外方および内方の両方を同時に短絡し、軌道回路の状態と短絡減衰量を測定した。図 8 に 2 点短絡試験概要図を示す。

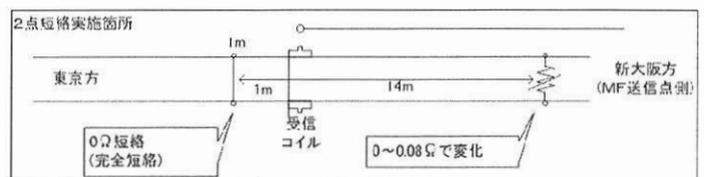


図 8 2 点短絡試験概要図

軌道回路は落下 (短絡減衰量 20dB 程度) し、想定通りの結果が得られた。

これらの試験より、今回開発した軌道回路の性能は、問題のないことが確認できた。

(2) ATC 装置への影響確認試験

デジタル MF 装置の設置前後での ATC 装置への影響を確認した。測定項目は、受信レベル・短絡減衰（受信端 0.1Ω 短絡時）・ATC 短絡電流（受信端 0.1Ω 短絡時）とした。

MF 信号の重畳の前後で、ATC 装置の受信レベルの差は予想通り、1dB 程度であった。また、短絡減衰および ATC 短絡電流は、ほとんど変化が見られなかった。

以上より、今回開発したデジタル MF 装置は、デジタル ATC 装置に重畳させても問題はない。

(3) 符号伝送特性試験

MSK 変調波を使用した MF 軌道回路の開発において、列車検知信号のフレーム誤り率を測定することで、伝送品質に問題がないことを確認する。

①列車検知機能の確認

符号伝送による列車検知が正しく行えることを確認するために、ATC 装置の TSRB における受信結果 THR（ATC 在線条件）と MF 送受信部で検知した受信結果 MTR（MF 在線条件）の列車検知回数が整合することを確認する。

MF 送受信部の論理部で MTR の落下中に THR の落下があった場合は整合、そうでない場合は不整合とした。

測定した結果、MTR の落下中に THR は落下しており、MF 軌道回路の列車検知特性は問題ない。

②フレーム誤り率の確認

送信照査フレーム、受信フレームのフレーム誤り率を求め、伝送品質に問題のないことを確認する。

送信照査フレームの誤り率を確認するために、送信照査フレームの受信異常回数を測定した結果、下り線軌道回路上り線軌道回路とも、送信異常回数は 0 回であった。

受信フレーム誤り率を確認するために、受信フレームの受信異常回数を測定した結果、下り線軌道回路上り線軌道回路の有絶縁側では受信異常回数はなかったが、上り線軌道回路の無絶縁側での受信異常回数が 3 回あった。総受信回数は 23 百万回程度であり、フレーム誤り率は 1.3×10^{-7} となるが、実用上問題のない範囲である。

受信フレーム異常の発生時はすべて、列車進出時であった。列車進出時は最小動作レベル近くの受信レベルになるため S/N 比が悪く、電文異常が発生しているものと推定される。

(4) 各機器の設置位置等の検討

保全性等を考慮するために、以下に示す現場機器について、試験を通じて検討し、製品化の際に反映させる。

①分波変成器

現在使用しているアナログ MF は、分波変成器を現地に設置している。今回、保全性等を考慮して、信号機器室に設置することが可能であるかを検証した。

設置位置の違いによる平常時の受信レベルの差は、無絶縁側受信端及び有絶縁側受信端とも 1dB 未満であった。また、短絡減衰量の差は、無絶縁側受信端で最大 2dB、有絶縁側受信端で最大 4dB であるものの、20dB 以上の減衰量が確保できた。以上の結果より、分波変成器は、信号機器室に設置することにした。

②MF 受信コイル接続箱・MF 受信コイルアダプタ

無絶縁側の受信端では、保安器箱の中に MF 受信コイル接続箱を設置している。無絶縁側受信端がトンネル内となる場合、保安器箱を設置するスペースが制約される。そこで、スペースに制約させずに設置するために開発した、受信コイルアダプタでの対応が可能であるかを検証した。

平常時の受信レベルは 1dB 未満の差であり、短絡減衰量は 1dB 未満の差で 20dB 以上の減衰量が確保できた。

以上の結果より、トンネルなどスペースが少ない場所では MF 受信コイルアダプタを採用することとした。

③保安器

ATC 及び MF の送受信回路では、機器のインピーダンス整合を取り、回路の伝送損失を極力少なくなるようにしている。保安器のケーブル側のインピーダンスは、ケーブル側の特性インピーダンスにあわせて、ATC は 350Ω 、MF は 200Ω としている。今回、機器の共通化を目指し、MF 側も 350Ω で対応可能であるかを検証した。

MF 側も 350Ω とした場合は、受信レベルは有絶縁側無絶縁側とも 200Ω と比べて 1dB 未満の差であり、 0.1Ω 短絡時の短絡減衰量が約 20dB 以上で、短絡感度が 0.5Ω 以上となった。

以上の結果より、インピーダンスは 200Ω でも 350Ω でも問題ないことが確認できた。したがって、MF の保安器と ATC の保安器の共通化は可能であり、MF の保安器は ATC の保安器と合わせることにした。

4. おわりに

取替時期を迎えているき電区分制御軌道回路装置に関して、信頼性、保全性等の向上を図るため、既存のデジタル ATC 装置の技術を活用した符号変調方式の軌道回路装置の試作機を製作し、列車検知特性、符号伝送特性等を検証するためにフィールド試験を行った。その結果、軌道回路装置として、十分に使用可能な装置であることが確認できた。

来年度から、今回の試験結果をもとに決定した仕様のデジタル式き電区分制御軌道回路装置へ取替を行う予定である。