

12. 雑音（誘導）

財鉄道総合技術研究所 輸送システム開発推進部

同

ふく だ みつ よし
福 田 光 芳
新 井 英 樹

1. 計測の目的

軌道回路、踏切制御子、ATS関連機器等の信号保安設備は、レールに接続していたり、レールの近傍に設置されており、レールを流れる電車電流や通過列車の直達磁界等の外乱にさらされている。これらの設備は従来より電源周波数の高調波を避けたり、高い周波数を使用するなどの対策により車両機器からの妨害を防いできた。しかし、車両機器に比べて非常に微弱な電流を使用していること、近年VVVF車の普及により電源に非同期的なノイズや高周波のノイズが発生する場合があることから、車両機器の既設信号設備に対する影響調査を行う必要がある。調査対象設備とその注意点は以下の通りである。

軌道回路については、電車電流の影響で誤動作しないことを確認する必要がある。電車電流に信号波に関連する成分が含まれていると、平常時（不平衡率10%以下）に信号現示があおったり（安定動作の支障）、レール破断時に誤現示（危険側誤動作）をする恐れがある。

踏切制御子も電車電流の影響を受けることがある。しかし、制御長が短いこと、高い周波数を用いていることから、特に車両からの直達磁界による誤動作で、踏切無警報等に陥る恐れがある。

ATS関連設備では、車両からの直達磁界によ

り分岐器進入速度制限装置の照査機能が誤動作したり、ATS-P形システムにおいて、地上-車上間で伝送されるデジタル情報が壊される恐れがある。また最近のIGBT素子を用いたVVVF制御車ではピーク性ノイズが頻発する傾向にあり、この点を考慮し、従来の評価方法（鉄道と電気技術1995.12 Vol.6 No.12 pp33-37参照）に対してピーク性ノイズの評価部分について改善することとした。

2. 軌道回路への影響調査

車上で電車電流の測定を行い、スペクトラムアナライザ等で周波数分析を行う。測定は、電車電流が流れるケーブルに空心コイル（ロゴスキーコイル）またはAC-CT（交流クランプセンサ）を取り付け、その出力をデータレコーダに記録する。図-1(a)に交流電の場合の機器構成、図-1(b)に直流電の場合の機器構成を示す。直流の場合には、DC-CT（直流クランプセンサ）の出力を同時に記録する。車両全体の電流を測定できる箇所にセンサを取り付ける。一部の電流しか測定できない場合は、全電流をその値から見積もる。

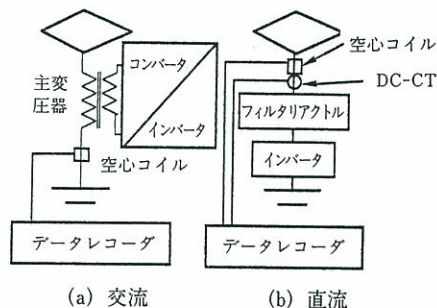


図-1 測定機器構成



福田 光芳



新井 英樹

写真-1に空心コイル、写真-2にDC-CTを示す。

測定及び解析は起動から最高速度までの力行を連続的に行う。また、回生ブレーキ採用車は、高速から低速まで回生ブレーキの状態を測定・解析する必要があり、発電ブレーキ採用車も発電ブレーキ作動開始時の測定・解析を行う必要がある。地上で測定する場合は、インピーダンスポンドの中性点にセンサを取り付け、車上と同様の測定を行う。

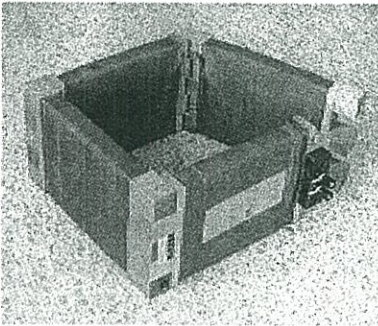


写真-1 空心コイル



写真-2 DC-CT

表-1 主な軌道回路の許容値

軌道回路種別	周波数(Hz)	安定動作確保		危険側誤動作防止	
分周・分倍周	25Hz/30Hz	信号波成分	18A	信号波成分	1.8A
長大	25Hz/30Hz	信号波成分	3A	信号波成分	0.3A
商用	50Hz/60Hz	信号波成分	7A	信号波成分	0.7A
MG	83.3Hz/100Hz	信号波成分	9A/8A	信号波成分	0.9A/0.8A
倍周	100Hz/120Hz	信号波成分	6A	信号波成分	0.6A
AF3位1重	AM720~1200Hz	高調波成分	0.6A	ビート波成分	21mA
AF3位2重	AM700,900,1150,1500Hz	高調波成分	1.2A	ビート波成分	43mA
AF2周波	電源非同期570~920	高調波成分	18A	非同期成分同時2波 36mA(600Hz帯) 23mA(900Hz帯)	
MTD	525,575,635,675Hz	信号波成分	2.1A	該当モードなし	
本四/青函	電源同期SSB 1440,1560,1550,1700	高調波成分	20A	非同期成分	27mA
3線式	1475~1825Hz	高調波成分	6A	非同期成分	100mA
新幹線ATC	電源同期SSB 730~1238.5	高調波成分	20A	非同期成分同時2波 (車上)	100mA
在来ATC	AM2850,3150, 3450,3750Hz	高調波成分 山手0.86A 常磐0.43A		ビート波成分	43mA 26mA
ATC-W	AM6750,7100, 7300,7600,8000	高調波成分	0.36A	ビート波成分	18mA
き電区分制御	3925,4225(東北上越) 7825~9325(北陸)	高調波成分	0.57A 0.33A	ビート波成分	80mA 46mA
踏切制御子旧型	無変調14,20kHz 30,40kHz	信号波成分	60mA 170mA	信号波成分	6mA 17mA
踏切制御子H型	無変調8.5~10.5kHz	信号波成分	1A	信号波成分	100mA

3. 踏切制御子への影響調査

電車電流からの影響調査は図-1及び表-1に従い、軌道回路と同様に行うことができる。直達磁界の影響調査は、踏切制御子を用いて測定することが望ましいが、個々の感度のばらつきが大きく適切な制御子を用意できないことが多い。この場合の測定方法を図-2に示す。測定線を2Ωの抵抗で終端し、測定区間外方の影響を無くするため、測定線からそれぞれ10m程度離れた地点を短絡する。測定区間上で力行や回生・発電ブレーキ作動状態で通過し、その時の抵抗端に発生する電圧をスペクトラムアナライザ等で分析する。

H形の制御子は耐妨害性に優れているため、旧型を代表として12~16、18~22kHzの周波数成分が4mV以上無いことを確認する。直達磁界はぎ装状態に影響されるため、最終的なぎ装状態を確認する必要がある。

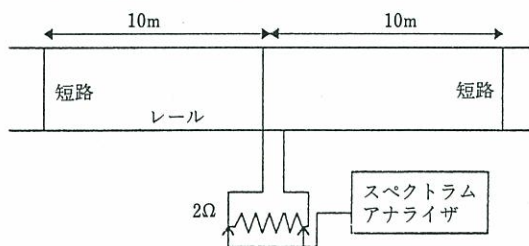


図-2 踏切制御子への影響調査測定法

4. ATS関連機器への影響

4.1 ATS受信器(速度照査用)

ATS受信器(速度照査用)はループコイルとともに分岐器速度制限装置を構成しており、列車の分岐器への進入速度を照査し、速度超過している列車に対して警報を与える機能を有している。

新製車両の本線出場前には、力行や回生ブレーキなどの走行条件のもとで当該車両から発生する直達ノイズにより速度照査機能が損なわれることがないかを調査する必要がある。

測定方法としては、2mm²のフラットケーブルを用いて4500mm×630mm、2ターンの模擬ループコイルを仮設し、それにATS受信器(速度照査用)を接続する。新製車両の主回路装置等から発生するノイズによりループコイルに誘起する電圧レベルを、ATS受信器(速度照査用)の入力周波数帯域である100~110kHzに対してスペクトラムアナライザを用いて測定する。スペクトラムアナライザの出力およびATS受信器(速度照査用)のMRリレー(ループコイルが105kHz信号を受信したときに動作するリレー)、TMRリレー(照査速度により定まるタイマ時間を経過した後に動作するリレー)の動作をデジタルレコーダ(以降DATと称す)およびメモリハイコーダに記録する。測定概要図を図-3に示す。

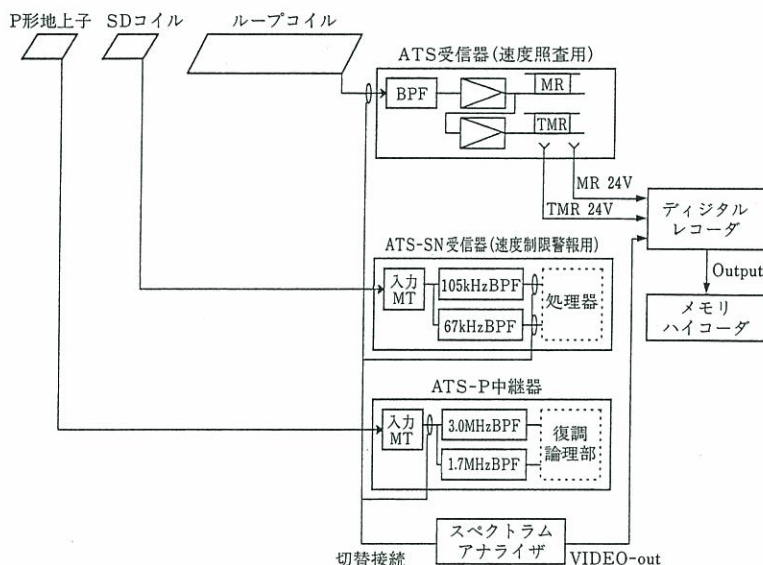


図-3 測定回路構成図

ATS受信器（速度照査用）の最小動作レベルは入力端において11mVと規定されている。よって、安全率50%として、新製車両の主回路装置等から連続的に発せられるノイズによりループコイルに誘起する電圧レベルが6mV未満であるならば、影響なしと評価できる。また、パルス的に発せられるピーク性ノイズに対しては、11mV未満かつMRリレーの誤動作が見られなければ、影響なしと評価できる。さらに、11mV以上誘起するもののその継続時間が極めて短いためにMRリレーを動作させるエネルギーを有していないピーク性ノイズが車両から発せられている場合には、MRリレーの動作時素が8msec以下、復旧時素が2msec以下と規定されていることを考慮し、ピーク性ノイズの継続時間が4msec以下かつ発生間隔が4msec以上あるならば影響なしと評価できる。

4.2 ATS-SN受信器（速度制限警報用）

ATS-SN受信器（速度制限警報用）は新しい分岐器速度制限装置の一部として使用されており、前述のATS受信器（速度照査用）の改良型である。ループコイルを用いる代わりに、SDコイルと呼ばれる地上子を用いている。また、車上ATS-SN受信器では高減速性能車両識別用の67kHz信号を105kHz常時発振信号に重畳できるようになっており、ATS-SN受信器（速度制限警報用）においてはSDコイルで67kHz信号を受信した場合には、照査速度を高い速度に切替える機能を有している。よって、車両から発生している67kHz帯域ノイズがSDコイルに受かると、低減速性能車両を高い速度で照査する恐れがある。以上より、新製車両から発生する105kHz帯域および67kHz帯域ノイズによりSDコイルに誘起する電圧レベルが許容値以下であるかを測定する必要がある。

測定方法としては、新製車両の主回路装置等から発生するノイズによりSDコイルに誘起する電圧レベルを、ATS-SN受信器（速度制限警報用）の105kHz用BPFおよび67kHz用BPF出力端においてスペクトラムアナライザを用いて測定する。スペクトラムアナライザの出力をDATおよびメモリハイコーダに記録する。測定概要図を図-3に示す。

ATS-SN受信器（速度制限警報用）の最小動作レベルは105kHz用BPFおよび67kHz用BPF出

力端において25mVと規定されている。よって、安全率50%として、新製車両の主回路装置等から連続的に発せられるノイズによる出力レベルが13mV未満であるならば、影響なしと評価できる。また、ATS-SN受信器（速度制限警報用）は入力信号をマイコン処理しており、25mVを超える信号であっても、最小動作入力時間である5msec以上継続しなければ、処理を行わない。よって、車両から発せられるピーク性ノイズに対しては、25mVを超過していてもその継続時間が2.5msec以下であるならば影響なしと評価できる。

4.3 ATS-P形地上装置

ATS-P形システムはトランスポンダを用いることにより車上-地上間の双方向デジタル情報伝送を可能としている。地上から車上へは 1708 ± 32 kHzのFSK変調信号で停止信号機までの距離情報等を伝送し、車上から地上へは 3000 ± 32 kHzのFSK変調信号で列車番号等を伝送している。

ATS-P中継器においてキャリア検知レベル（CDレベル）である12mVを超えるような3.0MHz帯域ノイズが2sec以上継続して印加されると中継器故障と判定される。また、車上電文受信中に4mVを超えるような3.0MHz帯域ノイズが車両から発せられると、正常受信できない恐れがある。また、ATS-P地上装置は自己診断機能を有しており、自己診断時に4mVを超えるような1.7MHz帯域ノイズが印加されると照査電文が壊される可能性がある。以上より、車両から発せられる1.7MHzおよび3.0MHz帯域のノイズレベルが許容値以下であるかを測定する必要がある。

測定方法としては、新製車両の主回路装置等から発せられるノイズによりATS-P用有電源地上子に誘起する電圧レベルを、中継器の入力マッチングトランス（MT）2次側においてスペクトラムアナライザを用いて測定する。スペクトラムアナライザの出力をDATおよびメモリハイコーダに記録する。測定概要図を図-3に示す。

中継器の入力MT 2次側において、新製車両から連続的に発せられる1.7MHzおよび3.0MHz帯域ノイズによる出力レベルが4mV未満であるならば、影響なしと評価できる。また、車両から発せられるピーク性ノイズに対しては、12mV未満であるならば影響なしと評価できる。