

# 全自動運転式コークス消火車けん引用 20 t 電気機関車

Automatic Program Controlled 20 t Electric Locomotive for Coke Quenching Car

田 村 和 彦\* 秋 浜 雄 一\*\*  
 Kazuhiko Tamura Yūichi Akihama  
 高 山 雅 幸\*\* 安 波 政 弘\*\*  
 Masayuki Takayama Masahiro Yasunami

## 要 旨

昭和41年8月、大阪瓦斯株式会社堺工場に納入したコークス消火車けん引用電気機関車、ならびにコークワーフ制御装置は、消火車けん引用電気機関車の全自動運転とコークワーフの自動化を組み合わせたのが特長で、わが国で初めての試みである。その運転結果も良好な成績を示した。

コークス消火車けん引用電気機関車の全自動運転方式としては、ガイド車を中心とした自動運転システムを採用し、またバックアップ装置として、ガイド車から遠隔操作できるよう微弱電界FM無線機を設けて、作業にたいする信頼度を高めている。

## 1. 緒 言

最近、製鉄所、ガス会社などにおいては、合理化の一環としてコークス製造設備における車両の自動化が計画されている。大阪瓦斯株式会社堺工場第2コークス炉用として納入した消火車と、これをけん引する20 t 3相交流電気機関車、およびコークワーフ制御装置は、この目的に沿って製作されたものである。

消火車けん引用機関車は、コークス炉で使用されるもので、消火車をけん引してコークスを消火しコークワーフに排出するという反復運転をする。すなわち、赤熱コークスの積込みから、消火塔での停止、消火塔内の散水を均等にするためのゆすり運転、コークワーフのあき場所選択停止、ならびにワーフ上へのコークス排出、排出後次の押出コークスを受けるべき位置にあるガイド車前の停止までの一連の作業を自動化し、人力の節減ならびに作業環境の改善を試みたものである。以下本機関車の概要と試験結果について述べる。

## 2. 機関車概要

図1に消火車けん引中の機関車を示す。

本機関車は、コークス製造時の作業に適するよう、運転室を高い位置に設け四方の見通しができる構造となっている。

運転室下部には機械室を設け、内部には主電動機、空気圧縮機、主抵抗器、接触器箱、自動運転制御盤、無接点近接スイッチ（メタローチスイッチ）<sup>(1)</sup>の信号受信器、無線受信器などを点検に便するよう配置している。走行用電動機には極数変換式3相誘導電動機を使用し、駆動装置を歯車3段減速、直角カルダン、ロッド駆動方式としている。

この機関車の一般仕様は表1に示すとおりである。

## 3. ブレーキ装置

この機関車の定位置停止精度は±200 mmを目標としたので、図2に示すように、機関車速度を2段階に切り換えて停止する方式とした。すなわち近接スイッチによる最初の地点検出で、機関車に回生ブレーキと空気ブレーキ、消火車に空気ブレーキをかけて減速させる。次に機関車速度が所定の低速度まで減速したことを速度検出器で検知して空気ブレーキをゆるめ、かつノッチを最終段まで進めて低速力行運転に移る。次の地点検出で電磁ブレーキをかけて停止

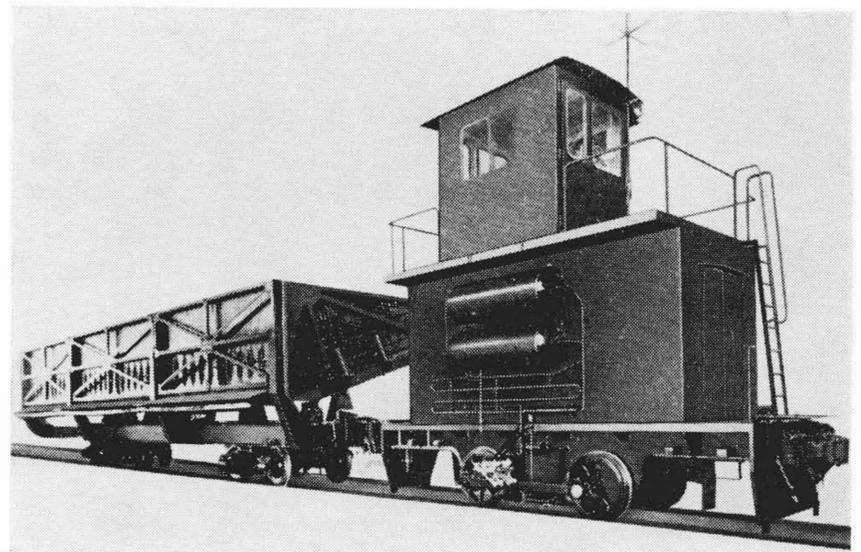


図1 消火車けん引中の電気機関車

表1 コークス消火車けん引用電気機関車主要仕様

項 目	仕 様
機関車公称重量	20 t
軌 間	1,435 mm
動 輪 径	860 mm
固 定 軸 距 離	2,000 mm
車 体 最 大 寸 法	7,150 mm (長さ) × 4,235 mm (幅) × 5,505 mm (高さ)
電 気 方 式	3 相 交 流 440 V 60 c/s
主 電 動 機	3 相 交 流 誘 導 電 動 機 1 台
機 関 車 1 時 間 定 格	
出 力	高 速 60 kW (4P) 低 速 12 kW (24P)
速 度	高 速 169 m/min, 低 速 25 m/min
けん 引 力	高 速 1,970 kg 低 速 2,610 kg
集 電 方 式	ガーダートロリホイール式
動 力 伝 達 方 式	歯 車 3 段 減 速 直 角 カ ル ダ ン ロ ッ ド 駆 動 方 式
ブ レ ー キ 方 式	直 通 空 気 ブ レ ー キ, 回 生 ブ レ ー キ, 電 磁 ブ レ ー キ
速 度 制 御 方 式	主 電 動 機 極 数 変 換 式, 間 接 抵 抗 制 御 (自 動 ノ ッ チ 進 め)
自 動 運 転 方 式	ガ イ ド 車 方 向 判 別 式 全 プ ロ グ ラ ム 制 御 方 式
無 線 方 式	位 相 変 調 に よ る 微 弱 電 界 方 式
周 波 数	146.25 Mc
送 信 出 力	電 界 強 度 100 m 離 れ て 15 μV/m 以 下
信 号 周 波 数	637.5~847.5 c/s
変 調 方 式	周 波 数 変 調 (等 価 位 相 変 調)
発 信 ユ ニ ッ ト	圧 電 音 さ 発 振 器
受 信 方 式	水 晶 制 御 二 重 ス ー パ ー ヘ テ ロ ダ イ ン 方 式
受 信 感 度	20 dB 雑 音 抑 圧 に て 空 中 線 入 力 6 dB μ 以 下
空 中 線	無 指 向 性 150 Mc 用 ブ ラ ウ ン ア ン テ ナ
検 出 ユ ニ ッ ト	圧 電 音 さ ろ 波 器

させる構造としている。

停止精度は、現地試験の結果 ±100 mm にはいることが確認された。

\* 大阪瓦斯株式会社技術部

\*\* 日立製作所水戸工場

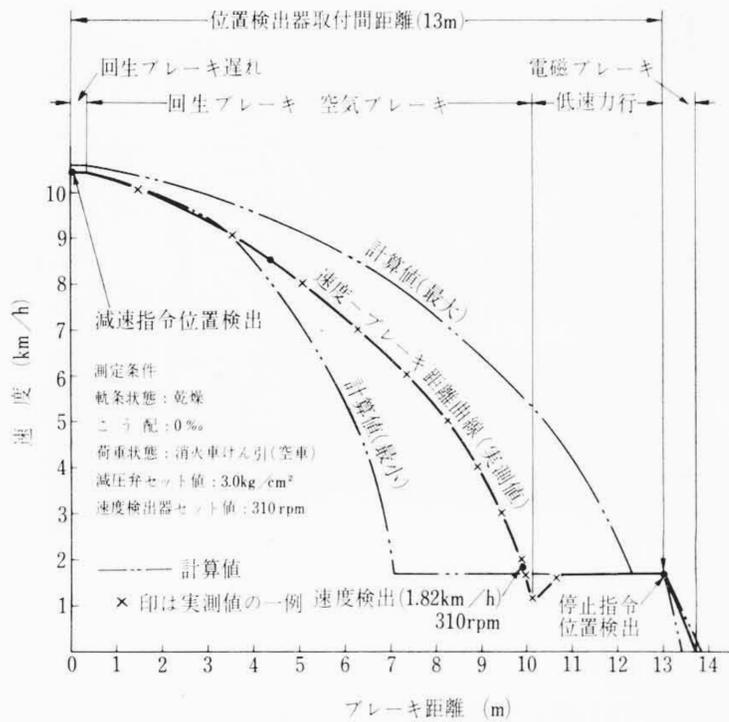


図2 空車時のブレーキ特性

なおこの種の機関車では駆動用回転体の慣性が非常に大きく、回転体の加減速に要するエネルギーは機関車、消火車をあわせた総合負荷の直線加減速に要するエネルギーにほぼ近い値となるので、駆動系の慣性を極力小さくするよう考慮した。

4. けん引回路方式

高速運転および低速運転の速度制御は走行用誘導電動機の極数変換により行なわれ、起動制御は二次巻線に直列に接続した二次抵抗を順次短絡することによって行なわれている。これらはすべて電磁接触器による間接制御である。二次抵抗の短絡は限流継電器により一次側電流の変化を検知して順次抵抗短絡用の電磁接触器を動作させる方式で、高速、低速とも同じ限流継電器が使用され、高速、低速の電流値セットの切換は高速用変流器と低速用変流器を切り換えることによって行なわれている。ノッチ数は高低速とも7ノッチで

ある。

手動運転の際は、これらの制御は運転室の主幹制御器によって総合的に制御されるが、自動運転の場合は、自動運転装置の指令によって制御される。なお回生ブレーキは自動運転の場合だけ用いられる。

5. 自動運転

5.1 自動運転システム

本システムはガイド車を中心とした自動運転システムで機関車はガイド車からの無線により自動運転指令を与えられた後、所定のプログラムにしたがって運転され、コークワーフでコークス排出完了後、ガイド車と機関車の相互位置を判別してガイド車に接近した後定位置に停止する。またコークワーフへの停止位置選択は5.3に詳述するような、コークワーフ制御装置のあき場所選択によって定まる停止指令にしたがっている。

このシステムを図3によって説明する。

(1) コークス積込

ガイド車より無線による自動運転指令を受けた後低速で前進し、一定距離走行後、ガイド車の金属子P<sub>1</sub>を検知して停止する。

(2) コークス積込後、消火車停止まで

所定時間停止後、前進高速で消火車に向かい、消火車手前の金属子P<sub>2</sub>、P<sub>3</sub>を検知して、3に述べたブレーキ方式で消火車定位置に停止する。

(3) 消火車内での散水およびゆすり運転

消火車が消火車にはいると同時に散水が開始され、この散水中に低速で前後進をくり返して、消火車に水が均等にふりかかるようにする。

(4) 消火車発車からワーフ停止まで

散水完了によりコークワーフ制御装置から発車指令が出ると、機関車は水切完了後この信号を受けて後進高速でワーフに向かい、地上の近接スイッチの停止指令を受信して、指令された位置に停止する<sup>(2)</sup>。

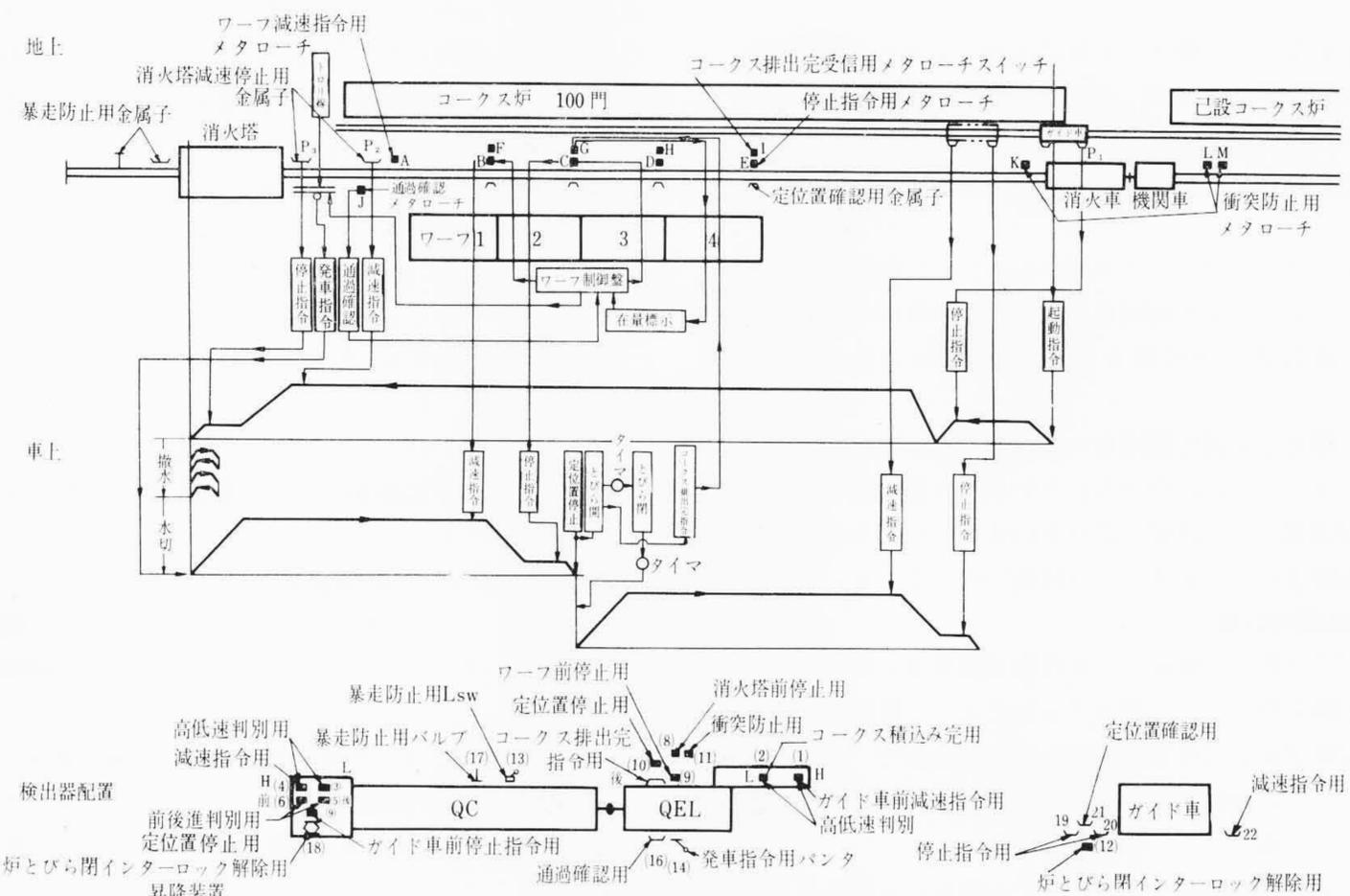


図3 自動運転システム

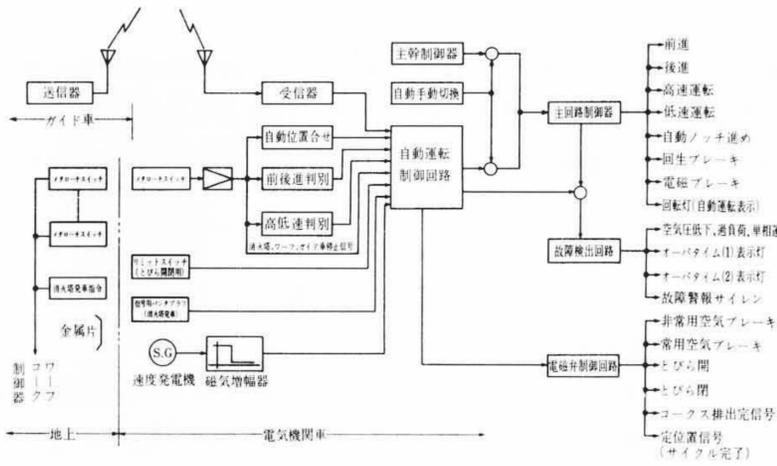


図4 自動運転制御装置系統図

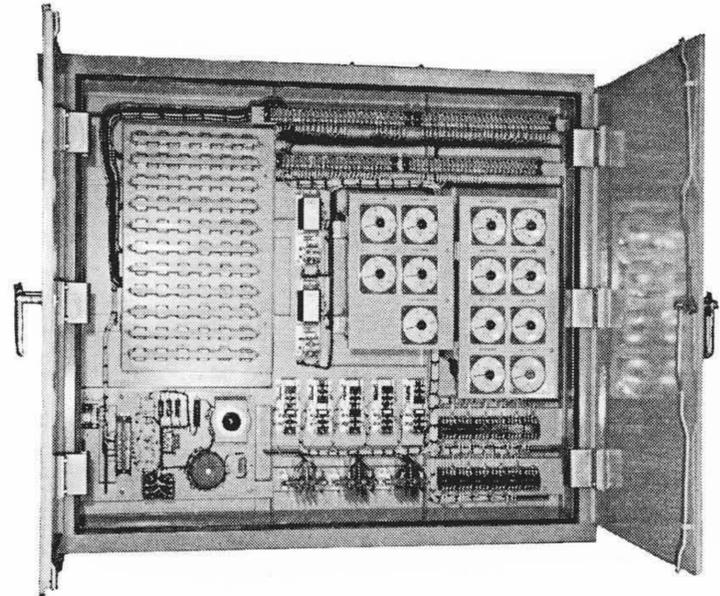


図6 自動運転制御盤

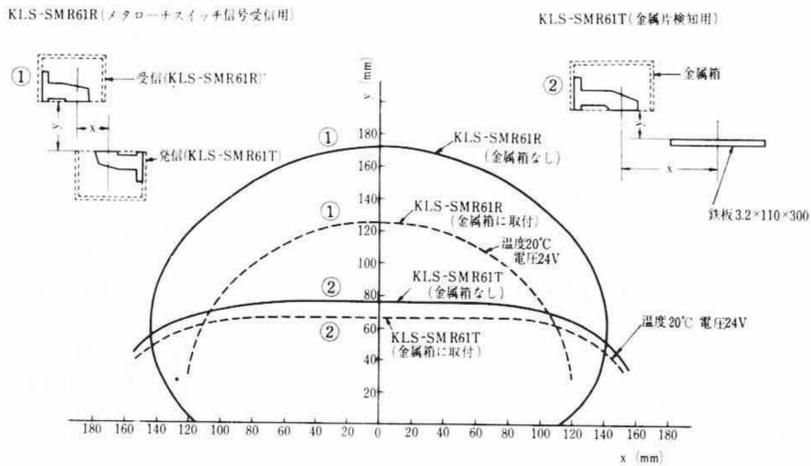


図5 近接スイッチ特性曲線

このスイッチは自動踏切装置に列車の車輪検知用として使用されている近接スイッチを一部改造したもので、過酷な振動、衝撃、温度、雨水に耐えしかも検出感度も高い。このスイッチの特性を示したのが図5である。

なお近接スイッチの信号はトランジスタで構成された増幅器で増幅され、小形継電器を動作させている。

また自動運転を行なうのに重要な前後進判別、高低速判別および自動位置合せは、機関車とガイド車との相互位置を近接スイッチで検知し、継電器で構成された論理回路で判別している。

減速時の空気ブレーキ、回生ブレーキを低速力行運転に切り換える速度検出は、速度発電機と磁気増幅器とで構成した比較回路部で行なわれ、最終的には補助継電器により低速力行運転回路に切り換えられる。自動運転は各構成要素の故障が重大事故につながる危険があるので、シーケンス作成にあたってはスイッチなどの故障があった場合、安全側に動作するよう十分考慮されている。

また過走防止に対してはリミットスイッチにより、電気回路を遮断して非常ブレーキをかける装置と、機械的に非常ブレーキ弁を開いて非常ブレーキをかける装置とが二重に設けられている。保安装置としては下記のような故障検出を行ない、故障があった場合には直ちに回路を遮断して、非常ブレーキをかけると同時に故障表示灯を点灯し、さらに警報サイレンを鳴らして事故の発生を知らせるようになっている。

- (1) 過 負 荷
- (2) 単相運転防止
- (3) 空 気 圧 低 下
- (4) オーバタイム(1)  
オーバタイム(2)
- (5) 衝 突 防 止
- (6) 過 走 防 止

図6は本装置の制御を行なう自動運転制御盤を示したものである。

### 5.3 コークワーク制御装置

コークワークには、排出されたコークスを所定時間乾燥させた後、ゲートを開いてコンベヤに移して運搬するゲート開閉装置を備えている。

この制御装置はコークワークの4個所の停止個所のうち最適ワークを選択する。この選択にあたっては、コークスがコンベヤに移されたばかりのあき場所に停止指令を出すようにしてある。このようにすればコークスのさらし時間を平均して長くすることができる。このあき場所の検出はゲート開閉用カム位置をリミットスイッチで

### (5) コークス排出

機関車が指令された位置に停止したことを確かめてから、消火車のコークス槽を傾斜してコークスを排出する。排出後、地上の近接スイッチを介して、排出完了の信号をワーク制御盤に送る。

### (6) コークス排出後ガイド車前停止

コークス排出完了の信号を送った後、前後進判別、および高低速判別装置の指令にしたがいガイド車に接近する。ガイド車が遠い位置にある場合は、サイクルタイムが長くなるように高速で接近する。高速で接近した場合は、消火塔に停止した場合と同様なブレーキ方式で停止する。

定位置停止しなかった場合、または停止中にガイド車が移動した場合は、自動位置合せ装置により停止位置が修正される。

以上で機関車の全作業工程が完了となる。この後ガイド車の無線指令により自動運転をリセットした後、再び自動運転指令により作業が続行される。

このように本システムは、ガイド車を中心とした自動運転方式をとっているため、ガイド車と機関車の相互位置を判別する前後進判別装置、および高低速判別装置を備えているのが特長となっている<sup>(3)</sup>。

この方式は、簡単な装置で機関車の全自動運転が達成できるばかりでなく、将来コークス炉に使用される全車両の自動化をはかる場合でも、この機関車の自動運転方式をそのままにしておいて、他の車両について考慮すれば自動化できる特長を備えている。

### 5.2 自動運転制御装置

この装置はガイド車より無線による自動運転指令を受信すると、自動運転制御回路が動作し、近接スイッチによる位置検出、速度検出器による速度検出をして所定の制御を行なうもので、図4に示す構成になっている。この制御回路は継電器および限時継電器を主体として構成されている。

特に本装置の場合、地上と車上の金属子の検出および地上と車上相互間の信号の送受信用として、近接スイッチを多く使用している。

表2 周波数割当

制御信号種別	記号	信号周波数	摘要
電源投入	—	$f_0 = 146.25 \text{ Mc}$	QEL電磁ブレーキ作用
作業開始	$f_1$	$f_0 + 847.5 \text{ c/s}$	電磁ブレーキ緩解, 惰行となる。
自動(1)	$f_2$	$f_0 + 817.5 \text{ c/s}$	自動(1) 運転開始
自動(全)	$f_3$	$f_0 + 787.5 \text{ c/s}$	自動(全) 運転開始
自動リセット	$f_4$	$f_0 + 757.5 \text{ c/s}$	
前進低速	$f_5$	$f_0 + 727.5 \text{ c/s}$	
後進低速	$f_6$	$f_0 + 697.5 \text{ c/s}$	
惰行	—	$f_0$	
停止	$f_7$	$f_0 + 667.5 \text{ c/s}$	運転停止させる
作業終了	$f_8$	$f_0 + 637.5 \text{ c/s}$	電磁ブレーキ作用
非常信号	—	—	非常ブレーキ作用

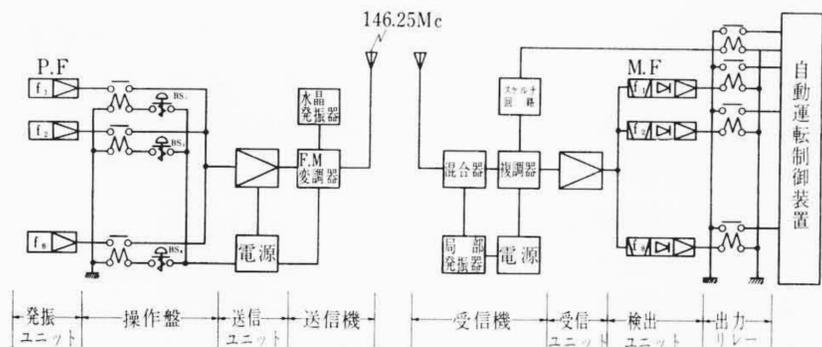


図7 信号伝送系システムブロック

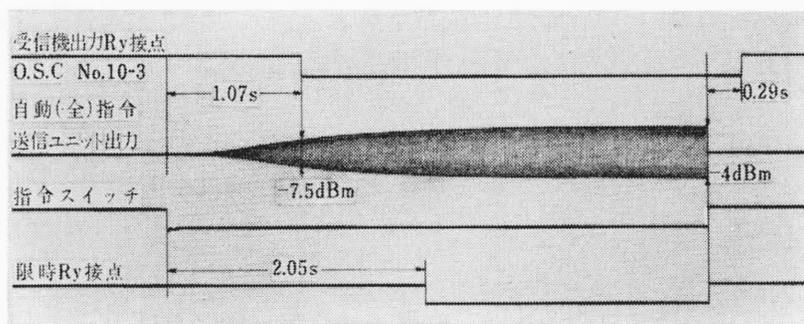


図8 送受信のタイムチャート

検出することによって行なわれる。

消火塔に停止している機関車に発車指令を与える場合は、コークワープにあき場所が存在することと、さらに散水が完了したことを条件としている。このようにした理由は、消火が完全に行なわれぬまま、コークワープにコークスを排出したり、コークワープにあき場所がないにもかかわらず消火塔から発車したりすることを防ぐためである。

消火車が指令された位置にコークスを排出したことを、機関車からのコークス排出完了の信号で確認して、この場所にコークスが在量することを表示する在量表示灯を点灯するとともにこの場所に停止指令が出ないようインターロックして、二重排出を防止している。

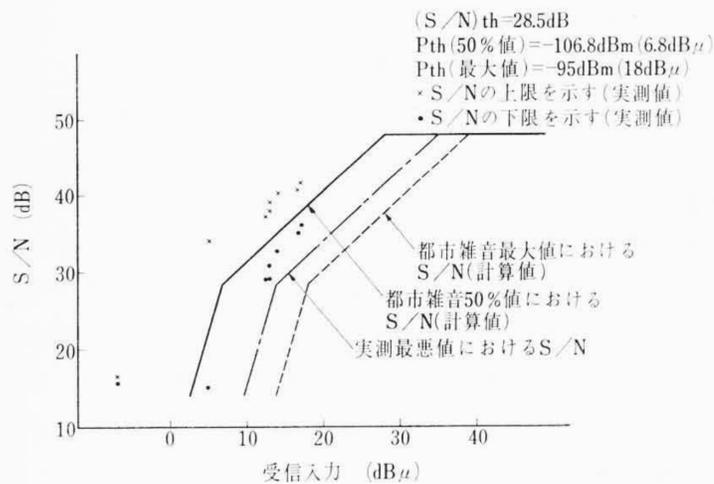


図9 受信入力対 S/N 特性

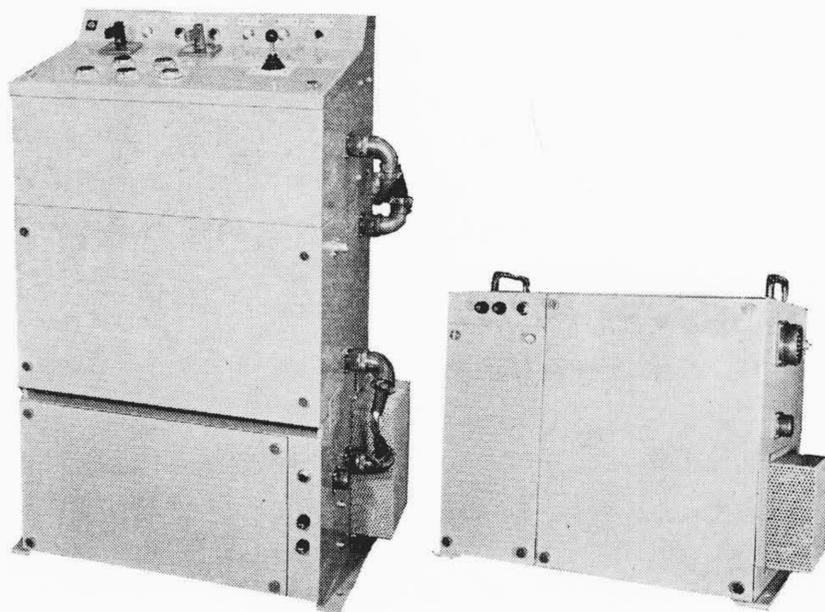


図10 送受信装置

### 6. 無線装置

この装置は、日立コンビナトンコントロール<sup>(4)</sup>式無線遠隔操縦装置として実用されている方式を採用している。

本方式は、周波数変調方式を採用しているので、外来雑音の影響が少なく、装置が簡単なことが特長である。また、今回このような機関車用として採用するにあたって、車両の振動や高い周囲温度にも耐えるよう、かつ防じん構造として十分な安全性と信頼性をもつよう考慮されている。

無線出力は 100 m の距離において電界の強さが  $15 \mu\text{V/m}$  以下になる電波法施行規則第 2 章第 6 条に定められた微弱な電波を用いているので、無免許で使用できるものである。搬送周波数は 146.25Mc で、制御信号周波数は音声帯域周波数の中から選び、その周波数は

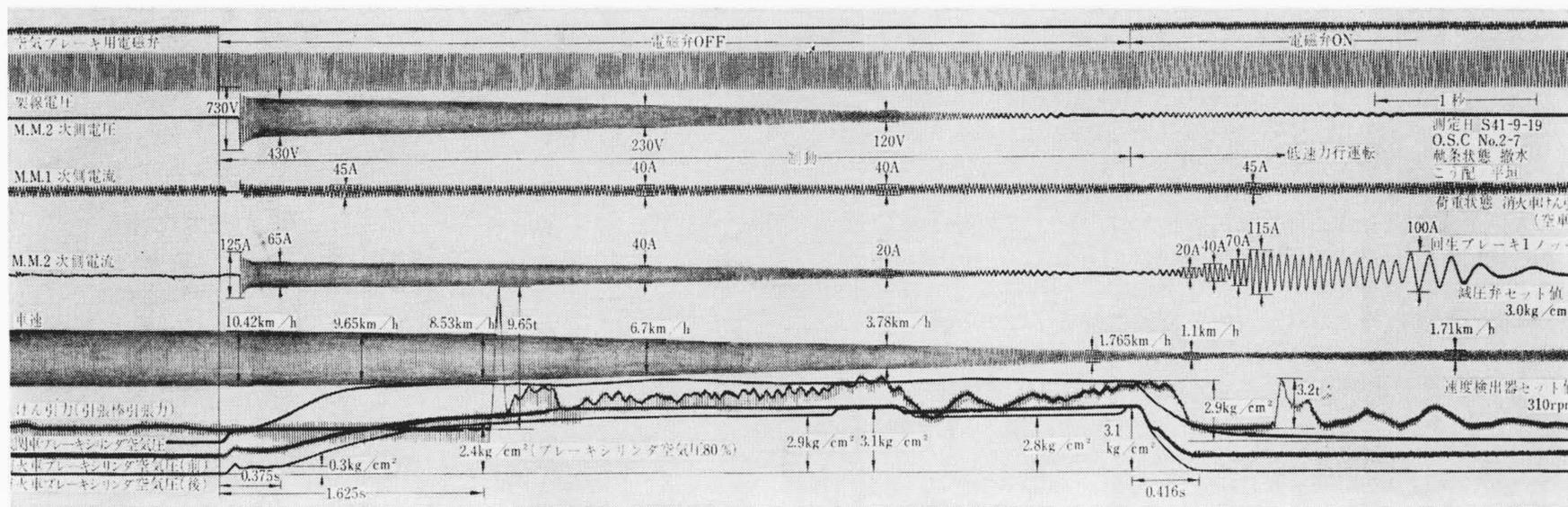


図11 ブレーキ特性

30 c/s 間隔で組み合わせて相互変調の影響のないものとしてある。制御信号種別と周波数の割当は表2のとおりである。

無線送受信器の信号伝送システムブロック図を図7に示す。

図においてPFは圧電音さ形発信器で、発振回路は、温度、電源電圧変動に対して安定した発振を行なうものである。制御信号( $f_1 \sim f_8$ )は操作盤上の押ボタンスイッチ(BS)により、制御信号周波数が送信ユニットに送られ、ここで増幅され、周波数変調器で変調されて、ヨークガイド車の空中線から送信される。機関車の受信器で、これを受信復調し、低周波メカニカルフィルタ(M・F)にて分離し、検波し、制御信号を取り出し、この出力に対応した継電器を動作させ、自動運転装置に指令を伝送するようになっている。また機関車受信器内の低周波メカニカルフィルタは圧電複合音さであるので、双峰特性であり、信号波に対しては十分な通過帯域幅を有し、かつ隣接波に対しては、大きな減衰を与える。また本フィルタ回路はパルス性雑音に感動しないような時定数を有し、一定時間以上継続する信号波に対してのみ動作するようにしてあるので、外来雑音の影響による誤動作は少ない。図8に送受信器のタイムチャートを、図9に現地におけるSN比測定結果を示す。

この結果より、単一周波数変調方式でSN比が十分にとれることがわかる。なお自動運転中は常に搬送波を送信し、非常の際は搬送波をとだえさせて非常ブレーキをかけるフェールセイフシステムを採用しているが、消火塔付近では定在波などの影響による受信入力レベルの低下が考えられるので、信頼性を向上するために、有線により搬送波相当の信号を伝送し、非常信号系統を無線有線の併用による二重系としてある。図10は送受信装置を示したものである。

### 7. 試験結果

現地試験では、ガイド車、ワープを含めた総合自動運転を行ない

良好な結果を取めた。測定試験としては起動試験、ブレーキ試験、電界測定、雑音測定を行なった。図11は制動初速約10 km/hからブレーキをかけた場合のオシログラムで、高速段10 km/hから低速段1.7 km/hまでの平均減速度は1.6 km/h/sを示している。

なお停止精度の測定結果は機関車側で±30 mmにはいつている。しかし消火車は連結器の伸縮の具合で機関車より停止誤差が当然大きいですが、±100 mmにはいる精度を有していることが確認された。

### 8. 結 言

製鉄所、ガス会社などで使用される産業車両は、合理化、作業能率の向上のため、今後ますます自動化が採用される情勢にある。

今回消火車の全自動運転の試みが完成したことは、この種産業車両の自動化に明るい見通しを与えたものと考えられる。

本装置で特に意を払った点は下記の諸点である。

- (1) ガイド車中心の制御システムとしたこと
- (2) ワープ制御も自動化したこと
- (3) 停止精度±200 mm以内を目標としたこと
- (4) 位置検出器は無接触方式としたこと
- (5) 保安装置を二重系にし安全を期したこと

最後にこの機関車の完成にあたって、ご指導とご協力をたまわった大阪瓦斯株式会社の関係各位、現地における無線の電界測定、雑音測定にご協力たまわった日立電子エンジニアリング株式会社および日立電子サービス株式会社の関係各位に深く感謝する。

### 参 考 文 献

- (1) 橋本, 中村ほか: 日立評論 45, 1436 (昭38-9)
- (2) 桐谷, 池田: 住友化学工業株式会社 特許第315272号
- (3) 特許申請中
- (4) 松尾: 電気計算 Vol. 34, p. 122



特許第479254号(特公昭41-3406号)

### 特 許 の 紹 介



北勝敏彦

### ひ ず み 波 交 流 発 生 装 置

従来交流で動作する継電器や計器においては、その電源ひずみ波形の影響を定量的に測定する必要がある。この発明は上記測定の際に必要な任意の周波数、波形をもつひずみ波交流を簡単に得る装置に係るもので、この発明の特長とするところは基本波および複数の高調波をそれぞれうなり周波で発生させるようにしたことである。

図においてOSC<sub>1</sub>は周波数F<sub>1</sub>なる基本波と、これと倍数関係にある基本波と同期づけられた高調波群2F<sub>1</sub>, 3F<sub>1</sub>...nF<sub>1</sub>を発生する高調正弦波群発生器、X<sub>1</sub>...X<sub>n</sub>はその高調波群のそれぞれの正弦波出力端子、OSC<sub>2</sub>は上記基本波F<sub>1</sub>と異なる周波数の第2の基本波F<sub>2</sub>とこれと倍数関係にある同期づけられた高調波群2F<sub>2</sub>, 3F<sub>2</sub>...nF<sub>2</sub>を発生する第2の高調正弦波群発生器、Y<sub>1</sub>...Y<sub>n</sub>はその高調波群のそれぞれの正弦波出力端子、D<sub>1</sub>...D<sub>n</sub>は検波器、Mは混合器である。各高調正弦波群発生器OSC<sub>1</sub>およびOSC<sub>2</sub>の出力である高調波群はF<sub>1</sub>とF<sub>2</sub>, 2F<sub>1</sub>と2F<sub>2</sub>...nF<sub>1</sub>とnF<sub>2</sub>のように互いに対応するものどうしでそれぞれ合成される。合成波は当然の結果としてうなり周波数成分を含み基本波に対しては|F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub>|=f、第2高調波に対しては|2F<sub>1</sub>-2F<sub>2</sub>|=2f、以下同様に第n高調波に対しては|nF<sub>1</sub>-nF<sub>2</sub>|=nfなるうなり周波成分がそれぞれ含まれる。この合成波はそれぞれ検波器D<sub>1</sub>...D<sub>n</sub>に供給され前記うなり周波数成分f, 2f...nfが検波出力として得られる。この検波出力うなり周波成分f, 2f...nfはさらに混合器Mに供給され、その振幅位相が適当に調整混合され

ば混合器Mの出力としてうなり周波数成分fを基本波とせるひずみ波交流が得られる。

この発明は基本波F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>に対し、あらかじめ3F<sub>1</sub>, 3F<sub>2</sub>...なる高調波群を得て、うなり周波数成分f=F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub>, 3f=3F<sub>1</sub>-3F<sub>2</sub>より所望の基本波、高調波を得ることを特長とするもので、F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>≫fとすることにより基本波F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>から高調波群3F<sub>1</sub>, 3F<sub>2</sub>...を得る場合も、基本波F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>の変化はきわめてわずかであるので、精度良く容易に製作でき、しかも製品の定量的ひずみ波交流の測定が容易となるなどの効果を奏するものである。(西宮)

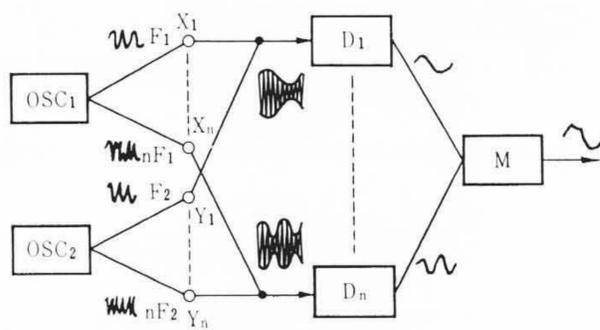


図 1