

クレーンの遠隔操作装置

Remote Control System for Crane

渡 辺 由 光* 原 政 次* 佐 々 木 一 彦**
Yoshimitsu Watanabe Masatsugu Hara Kazuhiko Sasaki

内 容 梗 概

遠隔操作装置、いわゆるリモートコントロールは、これまでクレーン用としては一部のものを除き顧みられなかったが、最近のエレクトロニクスの進歩により十分実用になる見通しがついた。クレーン用としては送信部を小形軽量でポータブルなものとし、最も操縦しやすい場所から操縦できることが一般に要求されている。このように送信部を小形化したものは必然的に送信出力も小さくなり、雑音によって妨害され誤動作を起す危険性が増す点に困難な問題があるが、今回試作した日立無線遠隔操作装置は自己チェック回路を設けた二波組合せ方式によって実用上まったく誤動作をなくすることができたが、さらにまた長期にわたる実用試験においても故障皆無で、十分実用に耐えることが明らかになった。

1. 緒 言

最近のエレクトロニクスの進歩には著しいものがあり、日常のラジオ、テレビを始め各方面にその応用分野が急速に広がりつつあることは周知のとおりである。

クレーンに対する応用面も種々開発されつつあり、たとえば、製品を管理するためまたは過負荷を防止するための電子管式荷重計、通話用としてのインターホン、搬送電話などはすでに実用化されている。今回はエレクトロニクスの新しい応用分野として、将来の発展が期待されるクレーンの遠隔操作を取り上げる。

従来クレーンの巻上げ、横行、走行などの操作を行う場合、一操作に一本の操作線を使用するので複雑な操作を行う場合、多数の操作線を必要とした。これに対し、エレクトロニクスを応用すれば、多数の信号を一つの伝送路にのせることができるので、一操作一信号とすれば少数の電線または無線電波により多くの操作を行わせることができる。この場合使用電線として動力線の利用も可能であることはいうまでもない。

エレクトロニクスを応用した遠隔操作装置については、外国では二、三の試作例が文献⁽¹⁾に報告され、国内でもその要求がたかまりつつあり、今後その応用範囲は急速に広がっていくものと考えられる。

以下エレクトロニクスを応用した遠隔操作装置の応用例とその概要について述べ、次に今回試作した無線遠隔操作装置についてその内容を紹介する。

2. 遠隔操作装置の応用例

2.1 天井クレーン

扛重電磁石付天井クレーンで鋼板を運ぶ場合、地上の指令者と運転員とが必要であるが、ポータブルの無線遠隔操作装置を使えば、指令者が直接クレーンを操作できるので、作業の能率が上り運転員も不要となって有利である。また大荷重をつる場合、2台の天井クレーンの並行運転が必要となるが、動力線を利用した遠隔操作装置によれば、一方から他方を操作する場合、操作回路用の多数の接続ケーブルまたはトロリー線が不要となって有利である。また発電所用天井クレーンなどで、一階から搬入口を通して別の階床へ取扱物を運ぶ場合、各階に動力線を利用した遠隔操作装置を置けば能率よく作業ができる。

2.2 鍛造またはプレス用クレーン⁽²⁾

鍛造またはプレス用クレーンは、鍛造またはプレス作業に合わせて取扱物を自在に動かす必要がある。この作業は元来困難な作業で

あるが、特に最近の鍛造機またはプレス機の大容量かつ高速化に伴いこの共同作業はますます困難になりつつある。この場合鍛造またはプレス機の操作場所から動力線を利用した遠隔操作装置によってクレーンを操作すれば、能率が大幅に向上するばかりでなく、クレーンに過負荷のかかる危険性もなくなる。

2.3 製鋼クレーン

製鋼工場の均熱炉用鋼塊クレーンは均熱炉にインゴットを装入しまたは取り出す作業に従事するのであるが、この際均熱炉のカバーをそのつど開閉する必要がある。均熱炉のカバーは多数あるので、炉の配置によっては、多数の操作線を張ることが困難な場合があり、特に炉を増設する場合不可能のこともある。この場合動力線を利用した遠隔操作装置があれば問題は簡単に解決する。このほか均熱炉用鋼塊クレーンからインゴットバギーを、インゴット抽出用鋼塊クレーンからインゴットカーを、装入クレーンから平炉のとびらを、スラブ装入クレーンからバッチ炉のふたを操作する場合にも、同様の方法が活用できる。

2.4 建築用クレーン

高層建築用にタワークレーンを使用する場合、地上の操作者は見通しのよい場所からクレーンを操縦し、必要あれば高所の操作者に引き継ぐ操作が行えればきわめて好都合である。この場合、地上の操作者、高所の操作者は最も見通しのよい場所に移動することを必要とするので、ポータブルの無線式遠隔操作装置が便利である。第1図⁽³⁾はドイツの一例である。

2.5 建設用掘削機械

転落の危険性のある場所で稼働するブルドーザ、上方から岩石が落ちてくる危険な場所で作業をするショベルなどにおいて、操作者が離れた安全な地点からポータブルの無線式遠隔操作装置により操作できれば都合がよい。

2.6 港湾用クレーン

船の狭いハッチ内からばら物をバケツでつかむ場合などにハッチ内を見通しのできる場所からポータブルの無線遠隔操作装置によって操作すれば、作業能率が上り、バケツをハッチに引かける危険もなくなる。

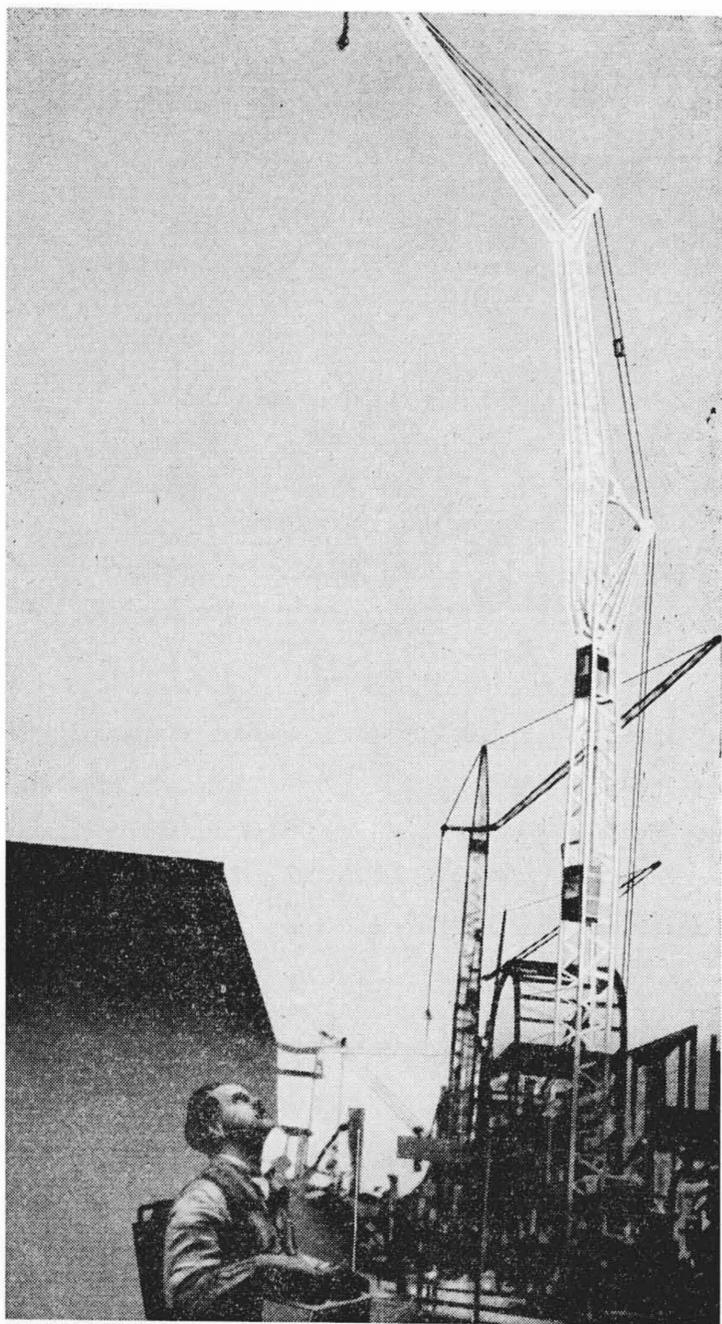
以上遠隔操作装置の応用例をいくつかあげたが、今後各方面の用途がそれぞれの有識者によって開発されていくものと考えられる。

3. 遠隔操作装置の概要

ここで取り上げた遠隔操作装置においては、各操作に対応する信号が送信部から受信部に伝送されればよい。したがって如何にして多数の信号を得るかということ、および各信号が確実に誤りなく伝送されるためには、雑音に対していかなる考慮を払うべきかという

* 日立製作所亀有工場

** 日立製作所戸塚工場



第1図 建築用クレーンの無線遠隔操作装置

ことが基本的な問題であって、以下この二つの問題につき検討を加える。

3.1 多操作をうるための信号回路方式

信号波形としては時間に対する電圧波形の異なるものは、すべて異種の信号として利用できるわけであるが、一般に使用されるものは正弦波およびパルス波⁽⁴⁾⁽⁵⁾である。回路方式としては種々のものが使用され、また開発されつつあるが、次に普通に使われる方式をあげる。

3.1.1 一操作一波、一伝送路方式

これは送信側は必要操作数の信号用発振器を備え、各波を単独または同時に送信し、受信側はそれぞれの発振周波数に対応するろ波器を備えて、送信された信号周波数を弁別する最も基本的な方式である。この方式で専用の電線を使用し可聴周波数をいくつか送る直送式は、最も簡単ではあるが、伝送の方法に制限があり操作数の多い場合に適用することはむずかしい。

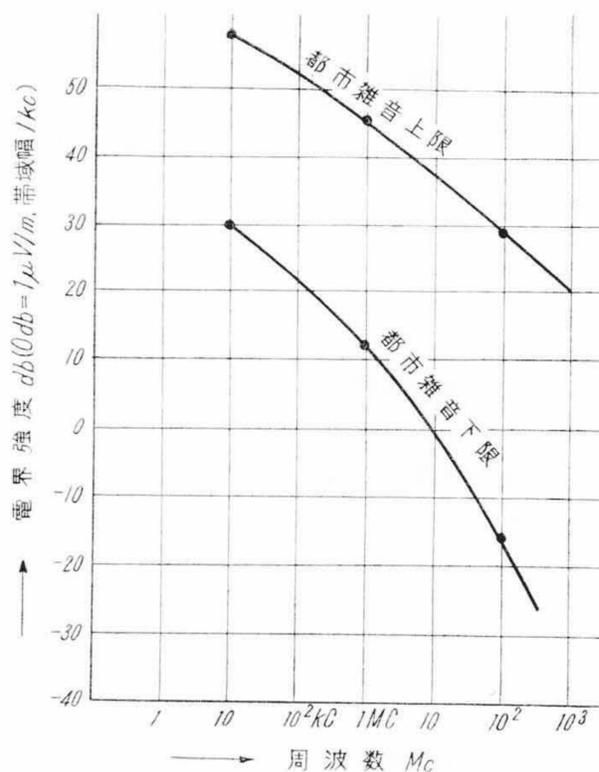
つぎに各操作に相当する信号用可聴周波で、搬送波を変調する搬送式は一つの通信周波数により多数の操作を行わせることができるので、無線方式では全面的に使用され、有線方式でも操作数の多い場合には賞用される。

3.1.2 一操作多波、一伝送路方式

3.1.1 においては一操作を一波としたが、一操作を二波以上の組合せとすることにより、少数の信号波により多数の操作を得ることができる。この方式は直送式にも搬送式にも応用できる一般的な方法である。

3.1.3 一操作一波、多伝送路方式

3.1.1 においては、一つの伝送路（電線または搬送波）を考え



第2図 雑音レベルの一例

たが、多数の伝送路を設け、各信号波と各伝送路とを選択接続する選択スイッチを備えることにより操作数=(信号波数×伝送路数)とすることができる。

この方式は有線直送式ではいくつかの電線を簡単に増設できるので利用価値があるが、搬送式においては搬送波の数を増やすことが一般に不経済であるため利用されない。

3.1.4 一操作多波、多伝送路方式

3.1.2 および 3.1.3 の組合せ方式で非常に多数の操作を必要とする場合に利用される。

3.2 雑音による誤操作の防止

回路方式の決定に当り問題となるのは雑音であって、雑音を拾わない回路方式を採用しなければならない。雑音によってクレーンが誤操作を起せば、取扱物を破損し人命にも危害を及ぼし、きわめて危険である。

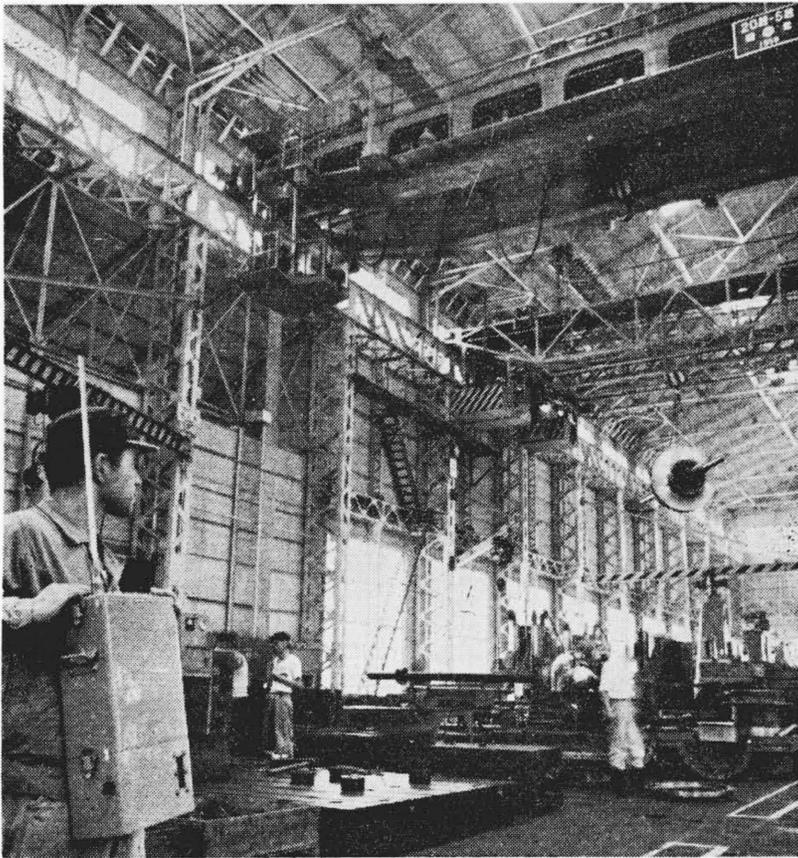
雑音源としては、空電などの自然雑音からモータ、電車、自動車の点火栓、高周波焼入機などの人工雑音まで種々雑多なものがあり、その周波数はほとんどすべての範囲にわたり、規則的にあるいは不規則的に存在している。この雑音は専用線を使う方式ではあまり問題にならない。また動力線を利用するものにおいても、その利用する線路の雑音のみを考えればよいので、雑音は特定の周波数を示し、これを避けて使用することができることおよび、定置式として送信出力を大きくできるために、雑音はあまり問題にならない場合が多い。これに対し無線方式のものでは、空間を通して来る雑多な外来雑音を考える必要があり、送信側をポータブルにする必要があるため電源は電池式となり送信出力も少ないため外来雑音が重要な問題となる。雑音対策としては次に述べるような方法が考えられる。

3.2.1 通信周波数を高く選定して雑音の影響をのがれること

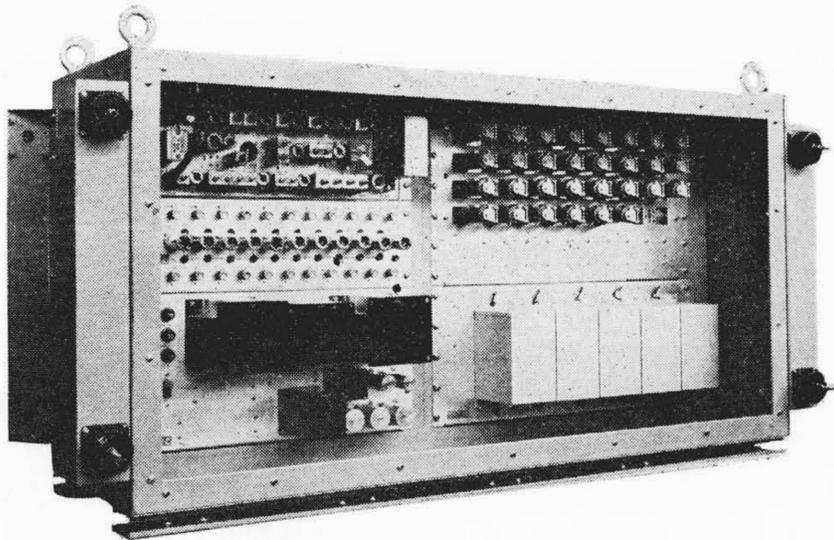
雑音は地域、時刻によって大幅に変動し、一概に雑音レベルをうんぬんすることはできないが、大体の傾向として周波数が高くなるほど雑音レベルが低くなることは確認されている。雑音レベルは多くの人々により種々の実験測定が行われているが、その一例を第2図⁽⁶⁾に示す。

3.2.2 通信周波数の帯域幅および弁別時間を大にすること

これは雑音が一般に時間的にも周波数的にも、不規則に分布していることを利用するもので、帯域幅および弁別時間を大にすれば、局部的に高レベルの雑音の影響を軽減し平均雑音レベルに近づけることができる。広帯域通信方式としては周波数変調および



第3図 20 t 天井クレーンの無線操作実況



第4図 固定受信部

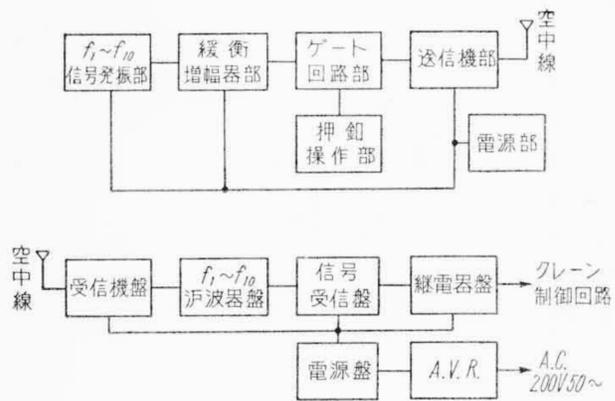
パルス変調方式が一般に用いられ、この場合リミッタにより高レベルの雑音の頭を切り取ることができて有利である。

弁別時間は遠隔操作をすることから考えると、操作遅れ時間であるからあまり長くできない。クレーンでは精密な合わせ作業を行うために、微小な動きいわゆるインチャング作業を必要とし、操作遅れ時間が長びいて、操作の感が狂って作業困難となるので、遠隔操作装置としての操作遅れ時間は 0.1 秒を限度とする必要がある。

3.2.3 雑音を受信した場合は不動作とすること

3.2.1 および 3.2.2 は雑音を減らす積極的な方法であるが、消極的なものとして、雑音を取り除くことのできない場合は不動作にもっていく方法がある。電力制御装置などで、信号が伝えられたことを折り返して回答するフィードバック回路は、最もよい方法であるが、クレーン用遠隔操作装置としては、このように二系統を置くと、装置が大きくなり不適当と考えられる。

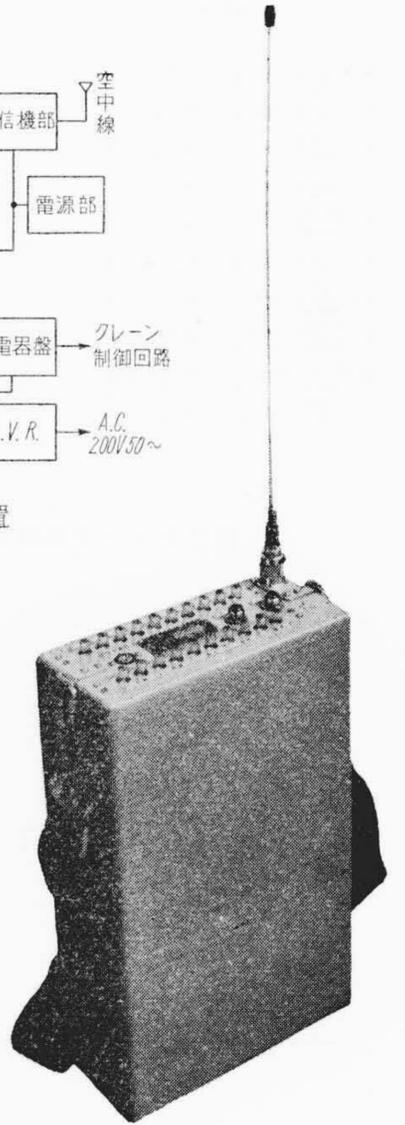
次に考えられるのは一操作を二波の合成とし、二波が伝えられた場合にのみ、一操作として確認する方法で、実用上二波の雑音が同時に起る可能性がないことを利用する。この方法は信号周波数の数が二倍になる欠点があるように見えるが、後述の日立無線遠隔装置で使用方法によれば、少ない周波数で多操作が得られる。クレーン用としては直接または間接に被制御体を監視しながら操作するので、この方法で十分である。



第6図 日立無線遠隔操作装置

4. 日立無線遠隔操作装置

2項の応用例からわかるように、無線方式で送信側をポータブルとした遠隔操作装置は、その応用範囲が最も広い。一方3項で述べたように無線方式は雑音の影響が大きいこと、送信部をポータブルとするため電池を使用するので、送信出力は最小にする必要があることなどの悪条件が重なっている。したがってこの方式のものが完成すれば、ほかの方式のものは容易に製作できることは明らかであるので、われわれはこの方式を採り上げて試作を行った。その結果ほぼ予想値を満足する結果を得たので以下その概略を述べる。(特許申請中)



第5図 携帯送信部

第3図は、本装置による天井クレーンの操作状況、第4図は、クレーンガード上に取り付けられている受信部、第5図は、携帯送信部、第6図は、ブロックダイアグラムを示す。

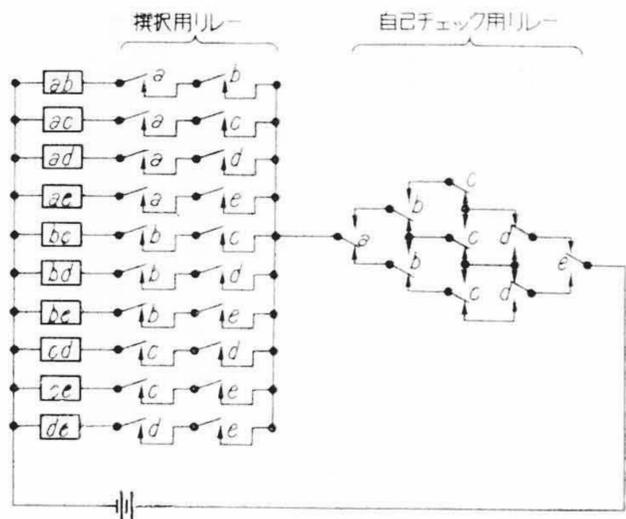
4.1 仕様

用途	天井クレーン 20/5 t × 20 m 用
操作数	主巻上下、補巻上下、横行左右、走行左右、高速、低速の10操作を行う押ボタンを有し、二操作までは、同時操作が可能である。高速、低速によりすべての動作が高速または低速となる。主回路入、切は送信部の電源スイッチの入、切により行う
携帯送信部	外形寸法 120 × 262 × 420mm* 電源 1.5V 乾電池 4 個および 2V 蓄電池 1 個にて連続4時間使用可能 送信出力 0.3W
固定受信部	外形寸法 400 × 600 × 1,200mm 電源 200V 50~ 受信感度入力 0 db(1μV)で SN/15 db 以上
送信周波数	151.89 Mc
信号周波数	425 c/s ~ 1955 c/s の間 170 c/s 間隔で 10 周波
変調方式	F ₀ (PM)

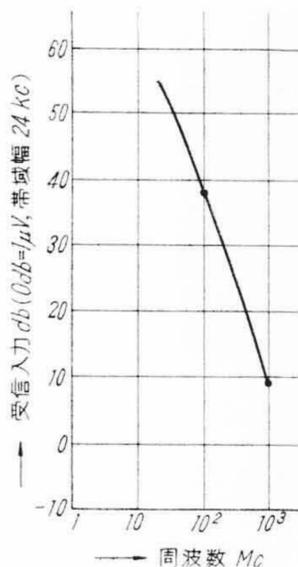
* この寸法は製作上の都合で一部分真空管が使用してあるのでこれをトランジスタ化することによって、さらに小形化が可能であり、電池の寿命も長くなる。

4.2 特長

4.2.1 普通の一操作を一波としたものでは、雑音によって停止中のクレーンが動き出したり、動作中のクレーンが停止しなかったりする誤動作の危険性がある。本機では一操作を2波の組合わせとし自己チェック回路を設けてあるので、所要信号周波数を少数とすることができるとともに、雑音によって誤動作を起すことを実用上皆無とすることができた。第7図は本機のリレー回路で、選択用リレーグループと自己チェック用リレーグループとよりなる。a, b, c, d, e は各信号周波数によって開閉するリレーの接点を示し、a b, a c, d e は各操作を行うリレーを示す。

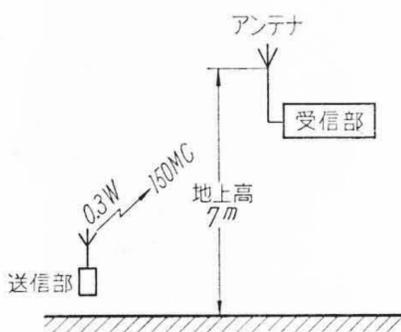


第 7 図 自己チェック回路を有するリレー回路

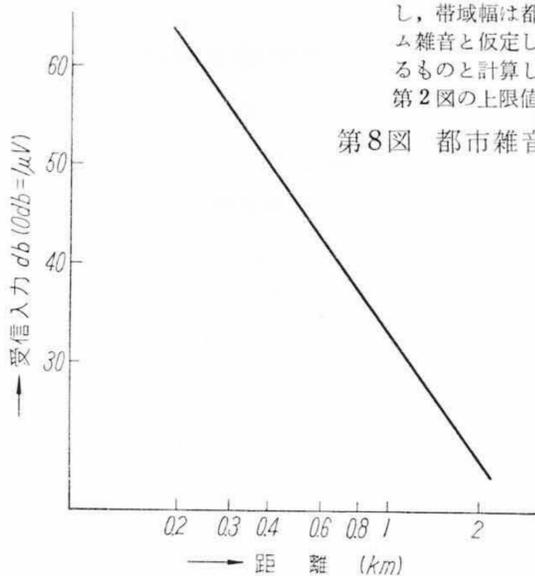


注：受信入力の計算は Bullington の方法により電界強度から換算し、帯域幅は都市雑音をランダム雑音と仮定して \sqrt{B} に比例するものと計算した。(都市雑音は第 2 図の上限值を採用)

第 8 図 都市雑音の受信入力



第 9 図 距離対受信入力



この回路においては所要の二波のみを受信したとき動作し、一波および三波以上を受信したときはすべて不動作となる。二波の雑音のみが同時に持続して混入することは普通の環境では起らないので、雑音によって不動作となることはあっても誤動作を起すことはない。

4.2.2 本機は通信周波数として比較的雑音の少ない 150 Mc 帯を使用し、周波数変調による広帯域通信方式とし、リミッタ、スケルチ回路によって雑音を抑圧しているため、十分な S/N をうる事ができる。したがって 4.2.1 の二波組合わせと相まって、誤操作がないことはもちろん、不操作もほとんどない。

4.2.3 本機は以上述べたように、誤操作のないよう考慮するとともに、送信部をポータブルとしその用途の万能化をはかった。すなわち 4.2.1 に述べたように、信号周波数の数を減らすとともに、信号発振部、緩衝増幅器部、ゲート回路部をすべてトランジスタ化してあるので、電源用電池も含め小形軽量化することができた。

4.2.4 消耗品である真空管の数を極力減らし、トランジスタ、ゲルマニウムダイオードを多使用しているため故障が少ない。また故障時のチェックポイントを各ユニットごとに設けてあるので、容易に故障の発見ができる。

4.3 有効通達距離の検討

本装置は送信機の出力を 0.3W に選んだが、これでどのくらいの距離から遠隔操作を行うことができるかを検討してみる。受信部は S/N 20 db 以上で良好に動作するから、外来雑音のないときは数 db の受信入力があれば十分であるが、実用時の外来雑音の尖頭値は第 8 図より約 40 db 程度を考慮しなければならないので、受信入力も 40 db 程度必要となる。第 8 図は第 2 図の都市雑音上限を本機の受信入力に換算したもので、計算は Bullington の方法により行

い、帯域幅は都市雑音をランダム雑音と仮定し帯域幅の平方根に比例するものとした。

本機の受信アンテナの地上高を 7 m、送信機を地上に置くものとして、受信入力と距離との関係を Bullington 計算図により求めると第 9 図のようになる。この図で受信入力 40 db となる距離は 700m であるから、本機は外来雑音の大きな場所でも見通し距離約 700 m まで使用可能である。ただし電波伝ば上の妨害物があるときは有効通達距離は短くなり、外来雑音の少ない場所では有効通達距離は長くなる。

4.4 試験結果

実用試験は亀有工場のポンプ組立工場用天井クレーンに取り付けて行った。ポンプ組立工場は、ケーシング、パイプなどの大きなしゃへい物が入り組んでいるため、電波の障害も相当あるはずであるが、工場内はもちろん工場外約 1 km までは確実に操作でき、雑音レベルの仮定の正しいことが立証された。このポンプ工場用クレーンは組立用であるため、インチングが多く、補巻用押ボタンは 1 日当たり平均約 1,000 回の操作が行われるが、本機はこの過酷な使用にも十分耐えることが確認された。

本機は雑音に対しては不操作となる回路方式であるが実用中では不操作で作業が中断されたことはなかった。これはこのポンプ工場程度の普通工場では、雑音が少ないことを示している。

雑音による本機の動作状態を確認するため、実用試験とは別に工場内で最も雑音発生率の高いと考えられる高周波溶接機、高周波焼入機および自動車の点火栓から 2~5 m の至近距離に受信機を近づけて試験を行った。この結果受信機の信号周波数リレーは時によりバタバタ動くが、二周波の組合わせである操作用リレーはまったく動くことがなく、二周波組合わせの効果が確認された。

本機は誤操作のない確実な回路方式を採用したので、これまでの半年にわたる実用試験の結果、一度も誤操作がなくきわめて良好な成績を示し、十分実用になることが判明した。

5. 結 言

以上遠隔操作装置についてその概要を述べ、試作した無線式遠隔操作装置が実用機として十分な信頼性があることを述べたが、今後の利用面について、いくらかでも関係者の参考になれば幸いである。クレーン用遠隔操作装置は、国内においては初めてのものであり、また文献も少なく、その試作に当っては種々の困難に遭遇したが、日立製作所戸塚工場今西課長および俣田課長を始め関係者のなみなみならぬご尽力によって、完成の運びとなったことに対し厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) John W. Bauer, Jr.: Iron and Steel Engineer, Sept. 1959
- (2) Hellmut Ernst & Karl Kleinschmidt: Stahl und Eisen Nr. 16, 1954
- (3) Fördern und Heben, Exportheft 1958/59
- (4) 電気通信学会: 最新のパルス技術
- (5) 早田保実: パルス電子工学
- (6) 関英男: 雑音