

# 最近のクレーン用電気設備

## Recent Electric Apparatus for Cranes

近年、クレーンは大形化、高速化、自動化、無人化、メンテナンスフリー化などの時代の要請にこたえ、その改良、進歩は目覚ましいものがある。これに伴い制御方式についても進歩、発展は著しいものがある。

本稿は現在採用されているクレーン制御方式について、その特性、選定基準を示すと同時に、最近の制御技術、低騒音化、メンテナンスフリー化の動向などについて述べる。

島田孝一\* Shimada Kôichi  
木暮宏政\*\* Kogure Hiromasa  
藤沢奎二\*\*\* Fujisawa Keiji

### 1 緒言

社会機構の複雑化に伴い物の流通(以下、物流と略す)についても大量化、高速化及び効率化の要求が高まってきて、物流の一端を担うクレーンについても大形化、高速化、自動化、無人化などが推進されてきた。また一方で、低騒音化、メンテナンスフリー化という需要家側の要望があり、これらに関する対策も徐々にではあるが進められている。

本稿では、上述のような背景を考慮し、まず最近採用されているクレーンの標準的な制御方式について適用規準などをも含めて整理し、読者の参考に供すると同時に最近の制御技術の動向などについても触れる。なお、レードルクレーン、コンテナクレーン、アンローダなどの電気品については、本号の関連論文に述べられているのでそれらも合わせ参照されたい。

### 2 クレーンの標準制御方式とその選定

最近の標準的なクレーンの制御方式について巻上用と横行・走行用とに分類し、原理を示す簡単なスケルトン、それぞれの方式での電動機出力の適用範囲、速度-トルク特性などを表1、2に示す。次に、クレーンの用途を構築用、製鉄用、荷役用などに分類し、それらに対する代表的な制御方式の適否について表3にまとめて示す。

### 3 最近の制御技術

#### 3.1 概要

電動機制御として最近特に発展の著しいのは、サイリスタによる可変速制御である。直流電動機の制御では、増幅器のIC化と相まってサイリスタレオナード方式が広く採用されているが、クレーンでも給電方式の改善など、電源関係にくふうを加えながら適用範囲を広げている。交流電動機の制御としては、Silicon Controlled Rectifier(以下、SCRと略す)一次電圧制御方式が実用化の段階にある。これは主として安定した低速運転、全無接点化によるメンテナンスフリーの点で採用されるものである。更に、可変周波数制御方式、すなわちサイリスタモータを採用する方式があるが、これもメンテナンスフリーの点で大きな利点を持っており、コスト面での改良が進んでいるので今後有望な制御方式といえる。

クレーンの電子計算機制御としては、地上に設置された電子計算機により運転指令が出される、あるいは生産管理されるケースは自動倉庫のスタッカクレーンなどで既に実用化さ

れているが、機上に電子計算機を設けることも実用化が進められている。

クレーンの電気品は、設置環境の悪さ、高所でしかも狭い場所での保守、かつダウンタイムによる影響の大きさから考えてもメンテナンスフリーが非常に大きなポイントを占める。また公害防止の面から低騒音化に対する改良も進めているが、これらをどのようにして制御技術と組み合わせていくかが今後の課題であろう。

#### 3.2 SCR一次電圧制御(全無接点方式)

現在のクレーン制御装置は、制御器や電磁接触器などを使用した有接点制御が主流であるが、使用頻度が極めて過酷な用途の場合には、それらの保守点検にかなりの時間と費用を必要としている。また、自動化、省力化及び高速化を推進していくうえで、速度変動率や低速特性に関して、従来のIB(Induction Break)制御やダイナミックブレーキ制御よりも更に良いものに対する需要も多くなり、この傾向は今後更に強くなるものと考えられる。

これらの要求を満足し、経済性の面でも運搬機にマッチする制御装置として全無接点式SCR一次電圧制御がある。これはサイリスタを用いて、電動機の一次電圧を制御することにより速度制御を行なうものであるが、日立製作所は更に正逆転及び二次抵抗制御まですべてサイリスタで行なうことにより、全無接点化を図っている。そのため、速度変動率が小さく、速応性、安定性に優れており、消耗部分は極めて少ない。したがって、過酷な使用条件及び高い停止精度を要求される運搬機の制御装置として最適である。

#### 3.3 サイリスタモータの応用

交流電動機は整流子がないので、保守の面で極めて有利であるからクレーンのように様々な環境のもとで使用される用途には極めて有用な電動機である。交流電動機の速度制御方式としては、従来、ダイナミックブレーキ制御、IB制御などが採用されてきたが、最近では、交流電動機の回転磁界の速度を制御する(いわゆる可変周波制御方式)すなわちサイリスタモータ方式が各種設備で盛んに実用に供されるようになってきている。

周波数を制御する方式として、直流から交流に変換するインバータ方式と、交流から他の周波数の異なる交流に直接変換するサイクロコンバータ方式がある。インバータ方式では任意の周波数が得られるため、広範囲の速度を得られる利点

\* 日立製作所機電事業本部 \*\* 日立製作所大みか工場 \*\*\* 日立製作所習志野工場

表1 巻上用標準制御方式 標準制御方式中、主として巻上用に使用されるものを示す。

制 御 方 式		C F 制 御		I B 制 御			ダイナミック ブレーキ制御			
原 理	スケルトン									
		負荷時間率 (%ED)		25	40	40	60	100	40	60
電 動 機 出 力 (kW)	1	■		■	■	■	■	■	■	■
	50	■		■	■	■	■	■	■	■
	100	■		■	■	■	■	■	■	■
	500	■		■	■	■	■	■	■	■
1,000	■		■	■	■	■	■	■	■	
速度-トルク特性										
速度制御範囲		定格速度の約30~50%		10~60% (巻上げ20%)			15~65%			
速度変動率 0~100% 負荷変動		約20%		約7~15%(可調整)			高速側で大きい			
最大始動トルク		250%		250%			250%			
ブレーキ		交流電磁ブレーキ		90kW 以上及び60%ED 以上は直流電磁ブレーキ (その他交流ブレーキ)			同 左			
適応負荷		負 負 荷		正負負荷			負負荷(軽負荷巻下げは不可)			
用 途		巻上, 起伏(引込)		巻上, 起伏(引込)横走行			巻上, 起伏, 横走行			

注: IB=インダクション ブレーキ M-G=電動発電機 MB=電磁制動機 IM=誘導電動機 SVL=サーボリフタ CF-Tr=CF制御トランス PG=パイロット発電機

があるが、クレーンの場合では、割合に低速で運転されることと直流電源を必要としないことからサイクロ コンバータ方式が有利であろう。

サイリスタ モータ方式は、従来方式に比べ価格的に問題があったが、サイリスタ応用面での技術の進歩の結果、kVA 当たりの価格も下がり、無保守化、制御精度向上の面から今後クレーン用として大いに期待される制御方式である。

### 3.4 クレーン制御の電子計算機化

クレーン制御をフローに従って分解してみると、次のようである。

- (1) 自動運転部、信号伝送、駆動順序プログラム、予測制御、パターン認識、異常内容判別及び処理プログラムデータ処理、自動検査
- (2) 手動操作部

リアクトル制御		サイリスタ一次電圧制御		M-Gレオナード制御	サイリスタレオナード制御
40	60	60	100	100	100
10~100%		10~100%		5~100%(トルク一定) 100~200%(馬力一定)	5~100%(トルク一定) 100~200%(馬力一定)
10%以下		5%以下		5%以下	5%以下
250%		200%		200%	200%
同 左		同 左		同 左	同 左
正負負荷		正負負荷		正負負荷	正負負荷
巻上, 起伏(引込)横走行		巻上, 起伏(引込)横走行		巻上, 起伏(引込)横走行	巻上, 起伏(引込)横走行

CTL=制御装置

- (3) 各種検出器, 位置検出, 速度検出など
- (4) 駆動制御部
- (5) 保護部, 極限停止, 電源インターロック, 過電流保護, 回路短絡保護
- (6) 電力変換部
- (7) 駆動部

このうち(3), (4), (6), (7)は本質的に電子計算機の介入する

分野ではない。また、クレーンに対する保護の信頼性を考えてみると、保護回路はハードウェアで構成すべきものとする。したがって、現時点で電子計算機を導入するとすれば(1)の分野である。更にコストの面から考え、無人化で特殊な運転制御が要求される陸上コンテナクレーン(自動つかみ, 自動荷卸し, 異常処理判断など), あるいは自動倉庫に対するスタッカクレーンの群管理制御などに電子計算機の導入が実用

表2 横行・走行用クレーン標準制御方式 クレーンの標準制御方式中、主として横行・走行用に使用されるものを示す。

制 御 方 式		二 次 抵 抗 制 御	一 次 リ ア ク ト ル 制 御	ク ッ シ ョ ン ス タ ー タ 制 御	P C モ ー ト ル 制 御
原 理 スケルトン					
	電 動 機 出 力 (kW 40%ED)	1 10 50 100			
速度制御範囲, 変動率		(低速で大きい)	—	—	7~80% 2%以下
速度-トルク特性					
用 途		横行, 走行(巻上)	横行, 走行	同 左	同 左

表3 用途別クレーンとその代表的制御方式 代表的制御方式の用途別適用のガイドラインを示す。

用 途		制 御 方 式	巻 上 , 起 伏						
			C F 制 御	I B 制 御	ダイ ナ ミ ック ブ レ ー キ 制 御	リ ア ク ト ル 制 御	サイ リ ス タ 一 次 電 圧 制 御	M - G レ オ ナ ー ド 制 御	サイ リ ス タ レ オ ナ ー ド 制 御
構 築 用	据 付, 修 理	(原子炉, ボイラ, タービン, 発電機室)	◎	◎	○	○	○	◎	◎
	建 築 用		×	×	○	○	○	◎	◎
	工 場 用	(組立, 機械, 製罐, 鋳鍛, 車両工場)	◎	◎	◎	○	○	◎	◎
	造 船 用	ガントリー クレーン	○	◎	◎	○	○	◎	◎
	高 炉 構 築 用	—	△	○	◎	○	○	◎	◎
	ダ ム	ケーブル クレーン	×	◎	○	○	○	◎	◎
製 鉄 用	原料ヤード	スタッカ リクレーマ	△	△	△	◎	○	◎	○
	製 鋼 製 鉄	スクラップ, レードル, スラブ チャージャ	△	○	◎	◎	◎	○	○
	"	ソーキング, ストリッパ	×	○	◎	○	◎	○	○
	製品ヤード	製品積込機	×	◎	◎	○	○	◎	◎
	ミ ル 用	—	×	△	○	○	△	◎	◎
荷 役 用	海上コンテナ	クレーン	×	○	△	○	◎	◎	◎
	陸上コンテナ	クレーン	×	○	△	○	◎	◎	◎
	アンローダ	—	×	◎	○	○	◎	◎	◎
	ロ ー ダ	鉱石, チップ, 製品	×	◎	○	○	◎	◎	◎
	倉 庫 用	天井走行クレーン	◎	◎	○	○	○	◎	◎

注: ◎=最適, ○=適, △=可, ×=不可 IB=インダクション ブレーキ M-G=電動発電機

インバータ制御	R T 制御	M-Gレオナード制御	サイリスタレオナード制御
20~100% 2%以下	20~100% 5%以下	5~100% 2%以下	5~100% 2%以下
同 左	巻上, 横走行	巻上起伏(引込)横走行	同 左

注: IM=誘導電動機  
 SB=サーボリフタ ブレーキ  
 PG=パイロット発電機  
 G=直流発電機  
 M=直流電動機  
 CTL=制御装置  
 MB=電磁制動機

横 行, 走 行								備 考
二次抵抗制御	一次リアクトル制御	クッションスタータ制御	PCモートル制御	インバータ制御	R T 制御	M-Gレオナード制御	サイリスタレオナード制御	
◎	○	○	○	×	◎	◎	◎	安 全 性
◎	○	○	○	×	◎	○	○	空荷高速, 着床時の微速
◎	○	○	○	×	◎	○	○	安 全 性
◎	○	○	○	×	◎	◎	◎	位置合せ, 走行揃速
○	○	○	△	×	—	—	—	空荷高速, 分解組立容易
△	×	×	×	×	○	◎	◎	高速, 半自動
◎	○	△	○	×	○	○	○	プログラム運転
◎	△	△	△	×	○	○	○	高信頼度, 耐振, 非常運転
◎	△	△	△	×	○	○	○	高信頼度, 耐振
◎	△	×	△	×	△	◎	◎	停電対策
○	×	×	◎	△	×	◎	◎	無線制御
△	×	△	○	△	△	◎	◎	空荷高速, 着床時の微速, 自動振れ止め
△	×	△	○	△	△	◎	◎	自動荷役, 群管理
○	×	△	△	△	○	◎	◎	自動振れ止め自動運転
○	×	△	△	△	○	◎	◎	連続処理
◎	△	○	○	△	◎	◎	◎	—

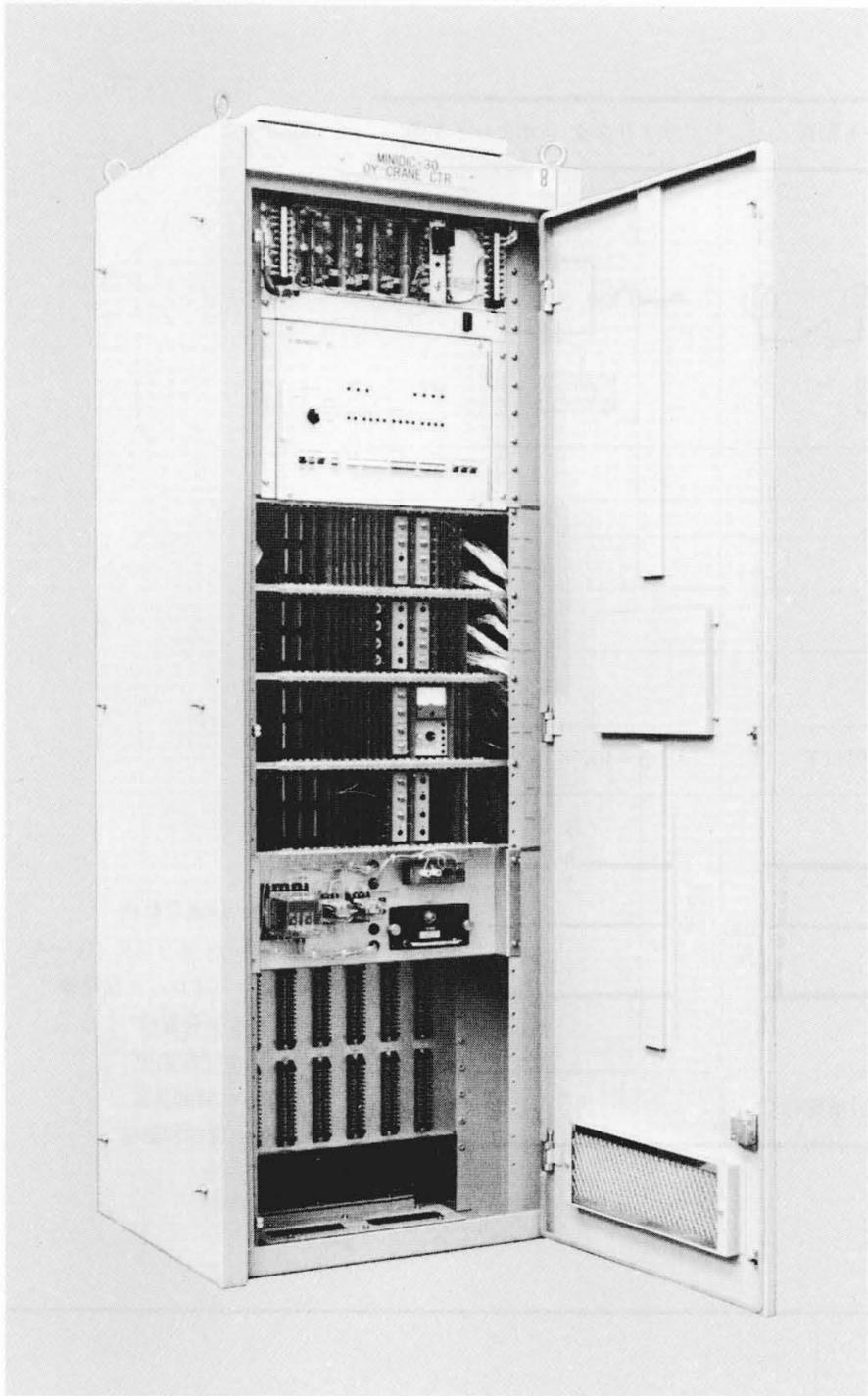


図1 クレーン制御用電子計算機 機上搭載用の一例を示す。

化されている。図1はクレーンの制御に使用された電子計算機の一部を示す。

#### 4 クレーン電気品の低騒音化

機械の発生する騒音については近年特に環境改善の面から問題視され、機械の性能の中でも大きなファクタを占めるようになってきている。クレーンでも特に屋内で使用される天井クレーンなどについて、この種の要求が出される例が散見され、今後より多くなることは間違いない。日立製作所は以前からこの点に着目し、発生騒音の低下をねらったクレーンとして加減速時80dB以下、定速時75dB以下のクレーンを多数納入してきた。

一般中・小天井クレーン及びそれに準ずるクレーン用電気品の騒音値の一例を表4に示す。

#### 5 クレーン用電気品のメンテナンスフリー化

荷役機械として、今後の最大の課題はメンテナンスフリー及びトラブルフリーである。これらを解決する項目としては次のことが考えられる。

- (1) 操作器具を制御回路のIC化にマッチさせること、及び主幹制御器を高寿命化すること。
- (2) 検出器の耐振性、防塵性、耐水性、耐熱性、耐環境の向

表4 クレーン用電気品の騒音値 中形天井クレーンにおける代表例を示す。

使用電気品 (形式)	騒音	摘要
電動機 形式(TFON-DR) (TO-DR)	55kW 8P 40%ED以下 65dB(A):無負荷時 75dB(A):全負荷時 いずれも運転時	加速時(短時間)の騒音については、電流リレー加速方式の採用によりある程度抑制できるが負荷条件によって異なるので一概には表わせない。
ブレーキ	サーボリフタ ブレーキ 形式(LS-TY <sub>2</sub> )	70dB(A) 巻上・巻下用ブレーキとして電磁ブレーキを使用するのが一般的であるが、ON、OFF時の音が問題となるので操作性をある程度犠牲にして選定する。
	CFブレーキ 形式(LS-HY <sub>3</sub> )	70dB(A) CF制御時の摩擦音はあまり問題はない。
	IB 形式(EF0UP-EB)	70dB(A) —
コントローラ 形式(DVC-BRなど)	75dB(A):間接制御	運転室内に設置されるので、その部屋の構造で考慮するのが通例である。また操作のやり方で発生する音のレベルは大幅に異なるので参考値(普通の操作)を示した。
抵抗器 形式(CA-K)	50dB(A)	平衡短絡方式とする。
リミットスイッチ	50dB(A)	特に高速クレーンなどでZW-SD <sub>402</sub> の重錘を動作させる際の音(75dB程度)はあるが、発生頻度が極めて少ないため、これを除いた。
制御盤 形式(SDD-ARS)	90dB(A):接触器動作時 70dB(A):通電時	使用電磁接触器は直流操作のものとし、盤は閉鎖形、防音機内張形とした。なお、電気室を設けて収納する方式など、総合的な経済性から選定する必要がある。

上及び機械系との取合を良くし、点検を容易にすること。

(3) 制御系は電子化によって通常の保守は不用になっているが、現在多く使用されているサイリスタレオナードなどで、ダウンタイムの短縮のためのチェック回路を充実し、故障ブロックの差し換えを容易にすること。

(4) 電動機をブラシレス方式へ移行すること。

(5) 制御器は荷役機械での最重要機器であるがどうしても摩耗部が存在する。したがって、ライニング摩耗量を容易に検知できるようにすると同時に、狭い場所でのライニング取替えを容易にする、またワンポイント調整が可能な構造とする。これらを解決する一方法として、サイリスタの小型、軽量、高効率、及び無接点という特長を生かすことが考えられる。これはまた、省資源、省力、省エネルギーの要請をも満たすものであり、今後ともサイリスタによる電動機制御が発展していくと考える。

#### 6 結 言

以上、最近の標準的な制御方式、制御技術の動向などについて述べたが、更によりいっそう需要家各位の要望に適した制御方式の開発、低騒音化、メンテナンスフリー化などを押し進めてゆく考えである。