日立巻線形交流ウインチ

Hitachi Wound Rotor Motor Powered A. C. Winch

本 間 政 Masaji Homma 高

治*

根

Gen Takane

元*

内 容 梗 概

日立製作所においては、かねてから舶用交流電動ウインチの研究を進めていたが、今回国内で初めて極数変換巻線形誘導電動機駆動による交流ウインチを完成し、このほど山下汽船株式会社の新造船に約40台を納入した。

実際の製作にあたっては試作機につき種々の改良を加え、従来の直流ウインチに遜色のないものを完成することができた。電動機の加速最大電流は、定格電流の約200%以下で、しかも力率が高く加速トルクが大きいので回転部分の GD^2 を極力小さくしたことと相まって加速特性がすぐれ、制御方式としてもサーボリフタを利用したCF制御を用いて広範囲の速度制御を円滑に行うことができるので従来の直流ウインチと同等の高い荷役能率をあげることができる。

1. 緒 言

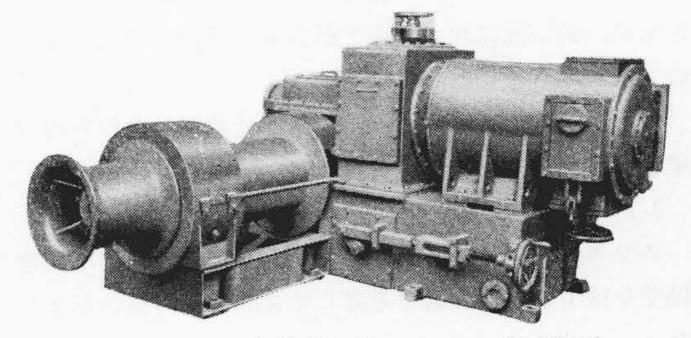
立て数年来、船価低減策の一環として補機類、特に電動ウインチの価格の低減が強く要望されており、この要望に沿うべく直流ウインチについては種々の検討がなされた(1)。しかし誘導電動機駆動の交流ウインチが採用されるならばウインチ自身が安価になるほか、ほかの補機類も交流化されることにより貨物船の電気設備費全体が直流船に比して低廉となる。これに対し日立製作所においては極数変換巻線形誘導電動機駆動による突入電流が少なく、性能も直流ウインチに劣らない、すぐれた交流ウインチを試作完成したが(2)、引続き今回、第1表に示す仕様のもの約40台を製作納入した。以下本交流ウインチについての概略を述べ、大方の御批判と御指導を仰ぎたい。

2. 構 造 概 略

減速装置としてはいずれもウオーム歯車を採用しウオームをウオームホイールの上に設けた構造とした。制動機にはサーボリフタ・ブレーキを使用し、ブレーキ・ドラムは電動機とウオームとの直結カップリングを利用し、GD²を小さくすると同時に電動機軸方向長さを短縮した。主幹制御器以外の制御装置は機械部分から切離してウインチハウス内に別設置する構造(第1,2図)と機械部分と同一台盤内にまとめた一体構造(第3図)との2種を製作した。前者は天候に左右されずに制御装置を容易に点検することができ、後者はまとまりがよくウインチハウスを設けられぬ船に適し、艤装にも便利である。しかし点検は前者に比しやや困難であることは否めない。なお第13次船用として製作したもの(第1,2図)には、ドラム軸と爪クラッチにより直結、駆動されるトッピング装置をもっており荷役作業能率を一段と高めることが

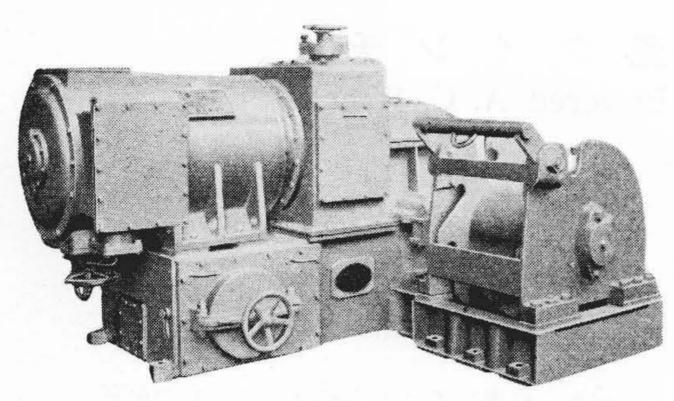
第1表 日立巻線形交流ウインチの製作仕様

船	船主		È	171	下 汽	金			
納			先	日立造船株式会社	日立造船株式会社 佐野安ドック株式会				
定棒	各卷	上荷	重	3 t	3 t	5 t			
定村	各卷	上速	度	30 m/min	40 m/min	24 m/min			
主	卷脈	可直	径	400 mm	380 mm	450 mm			
減	速	装	置	ウオーム歯車	ウオーム歯車	ウオーム歯車			
制	動	装	置	サーボリフターブレーキ	サーボリフター ブレーキ	サーホリフター ブレーキ			
	出		カ	18 kW (24 HP)	25 kW (33 HP)	25 kW (33 HP)			
電	極		数	4P/12P					
	電		圧	440 V					
	周	波	数	$60\sim$					
動	定		格	30 min					
	種		類	極数	動機				
機	冷		却	他冷式					
1004	冷	却フ	7.ン	30 m³/min 50 mmWG (0.4 kW誘導電動機)					
制	御	方	太	主幹制御器による間接遠隔制御					
製	作	台	数	14 台× 2	6台	4 台			
備			考	ほかに 5 t × 30 m/min のレ オナードウイン チ (4台×2) お よび 7 t × 18 m/min のレ オナード繋船機 (1台×2) も製	も製作	0 m/min 繫船機			

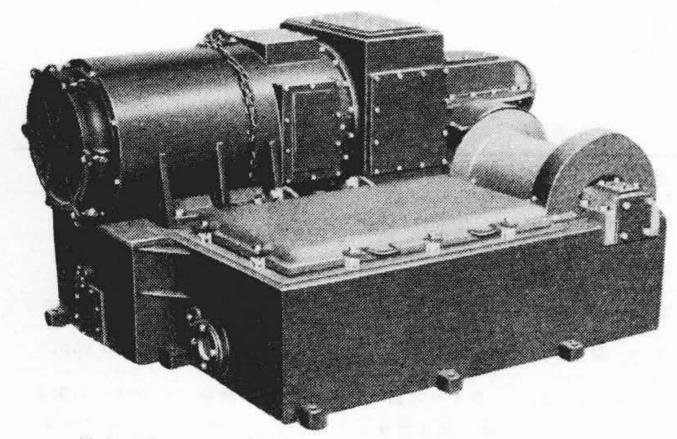


第1図 日立巻線形交流ウインチ (別置形) トッピング装置付

^{*} 日立製作所日立工場



第2図 日立巻線形交流ウインチ (別置形) トッピング装置付



第3図 日立巻線形交流ウインチ (一体形)

できる。第2図はトッピング装置を示す。

電動機,制動機および抵抗器は電動機下部の台盤内に 設けられた冷却用ファンによって荷役作業中は常時通風 冷却するようにして機器全体として小形軽量にすること ができた。

3. 機 械 部 分

3.1 ウオーム歯車および歯車箱

ウオームには調質した Ni-Cr 鋼または Ni-Cr-Mo 鋼を使用し、歯切を行った後、歯面を表面焼入してさらに精密研削仕上を行っている。ウオームホイールの本体は十分な剛性をもった鋳鉄製で歯の部分は摩擦抵抗が小さく、耐摩耗性のよい特殊燐青銅を使用し、本体とはリーマボルトで締付けて一体とする構造にしている。歯面には適当なクラウニングを施し歯面の潤滑を向上させるとともに、歯切後はウオームと組合せて摺合せを行い噛合の完全を期している。

歯車箱は鋼板熔接構造で内面は十分清掃したのち耐油 塗料を塗布している。

3.2 軸 受

スラストベアリングにはアンギュラ・コンタクト形球 軸受を採用し逆転駆動を考慮して背面合せの複合形とし た。

ウオーム軸, ドラム軸のプレン・ベアリングには鉛青

銅を使用し給油はスプラッシュ式でウオーム噛合歯面より飛散した油による自己給油式とした。

3.3 ドラム

鋳鋼または硬質鋳鉄を使用し、十分な摩耗代をもたせているから永年の使用に耐え得る。トッピング用ドラムは鋼板熔接構造とした。いずれもロープ巻き重ねの際ロープ止金が邪魔にならぬよう留意した。

3.4 トッピング装置

従来は手回し、または副巻胴を利用して駆動していたが、13次船用として製作したものは前述のとおり爪クラッチにより着脱しウインチにより直接ドラム軸を駆動する方式でこのために作業時間を著しく短縮できる長所がある。主要部分は鋼板全熔接構造とし錆付の懸念されるピン類はすべて不銹鋼を使用した。

3.5 ブレーキ

サーボリフター・ブレーキを採用して、巻下1ノッチの低速運転にも利用した。ポスト形であるため GD² をあまり増さずにドラムの大きさを適当に定められ、熱的信頼度が高められるという利点は船用電動ウインチにおいては特に重要である。

4. 電 動 機

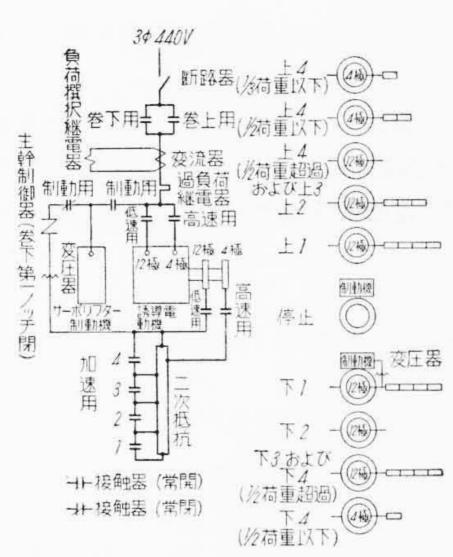
本機は4極,12極の極数変換による2段速度とし,機械的に堅牢な構造とするとともに次の点を特に考慮した。絶縁はB種とし非吸湿性の高級な材料を使用し,サーモセット系ワニスの真空注入により完全に内部まで含浸させ,コイル表面には防かび処理を施して耐熱,耐湿性を向上した。激しい起動,停止,逆転を容易にかつ急速に行えるように回転子は GD² を極度に小さくするとともに,熱放散をよくして温度上昇も低くなるよう留意した。

したがって、甲板機として高湿、高温などの悪条件下 の苛酷な使用にも機械的および電気的に高い信頼度と長 い寿命を保つことができる。

5. 制御装置および特性

制御装置は貨物船におけるウインチの重要性にかんが み次のような考慮を払って製作した。

- (1) 速度特性,加減速特性ともに従来使用され一般になれている直流ウインチに匹敵するものとした。
- (2) 電磁間接制御とし、両舷2台のウインチを1人で操作する、いわゆるワンマンコントロール方式とした。
- (3) 加減速時の突入電流を制御し、電源発電機の電 圧降下に及ぼす悪影響を除いた。
- (4) 各制御器具は電気的にも機械的にも十分信頼性 のあるものを使用した。



第4図 日立巻線形交流ウインチ簡略接続図

第4回は電動機主回路の簡略接続図,ならびに各ノッチにおける接続を示し、各ノッチで電動機は次のように制御される。

5.1 巻上運転

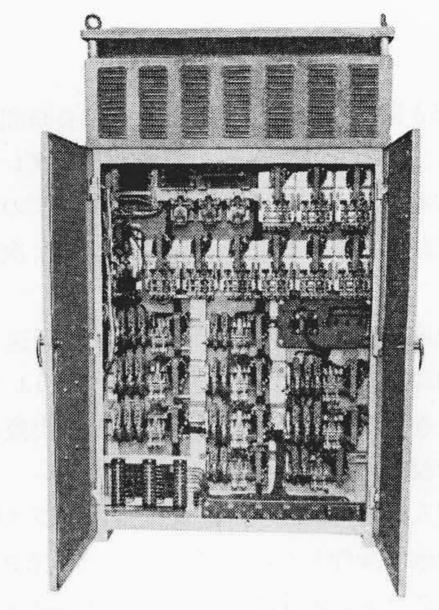
- (1) 第1ノッチ: 二次全抵抗挿入の状態で12極接続となり,同時にサーボリフター制動機を電源に接続し制動をゆるめる。したがって軽負荷を低速で巻上げ,重負荷の場合は荷を保持したままとなる。
- (2) 第2ノッチ: 二次抵抗を1段短絡し, 定格荷 重を定格の½の速度で巻上げる。
- (3) 第3ノッチ: 突入電流を制限しながら, 二次 抵抗を順次短絡し, 12極全速運転となり定格荷重を定 格速度で巻上げる。
- (4) 第4ノッチ: 定格荷重の½以下の場合二次全抵抗挿入の状態で電動機を4極接続とし,順次二次抵抗を短絡し,½荷重で定格の2倍の速度となる。⅓荷重以下の場合はさらに二次抵抗を短絡して4極の全速運転となり,定格の約3倍の高速となる。

5.2 巻下運転

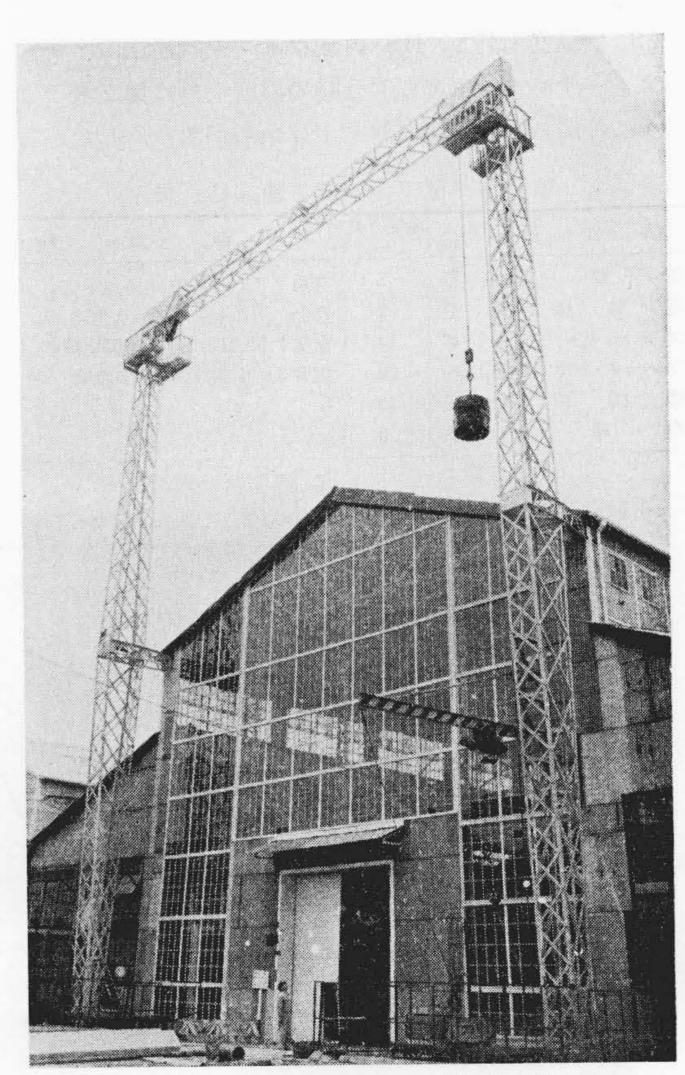
- (1) 第1ノッチ: 12極接続,二次全抵抗挿入とし, サーボリフターを電動機の二次側に接続し,サーボリフター制動機の制動力と電動機の回転力により定格速 度の約1/3の安定な低速運転をする。
- (2) 第2ノッチ: 二次抵抗を順次短絡し, 同時にサーボリフターは電源を接続して, 12極同期速度付近で運転する。
- (3) 第3ノッチ: 12極接続,二次全抵抗挿入となり, 定格荷重を定格の約2倍の速度で巻下げる。
- (4) 第4ノッチ: ½ 荷重以下の場合のみ 4 極接続 に切り換え,二次抵抗を順次短絡して,4 極全速運転 となり定格の3倍以上の高速となる。

5.3 停 止

高速より停止の場合制動機の不動時間(約0.3)秒)中



第5図 日立巻線形交流ウインチ用電 磁接触器箱(別置形)



第6図 ウインチ試験塔

も減速させるよう制動機が完全に動作し始めるまで、 電動機を 12 極側に接続し、停止時の滑りおよび制動 機の摩耗を少なくしている。

第5図は別置形の電磁接触器箱を示し、上部に二次抵抗を収納してある。

冷

空

6. 試 験 結 果

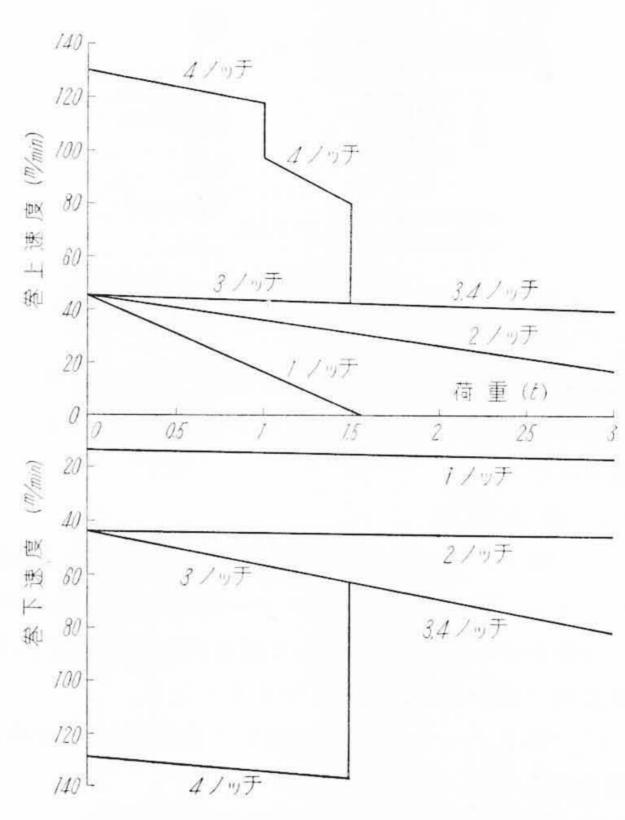
試験は第6図に示す試験塔により連続長時間運転を行い速度特性,突入電流,各部の温度上昇,ブレーキの摩耗量,制御器の動作,防水構造そのほか各部の構造につき詳細に試験した。試験結果の主なるものは次のとおりである。

- (1) 速度特性: 第7図に示すように低速より高速まで自由に運転することができ、特に 1.5 t 付近は巻上2倍, 巻下3倍の高速になっており、実際荷役する場合の荷役能率が高いことを示している。
- (2) 突入電流: ウインチ起動時および主幹制御器 把手を急激に操作した場合の突入電源は 第8,9,10 図 のオシログラムに示すように,いかなる場合にも定格 電流の 210% 以内に制限し,急速に最終速度に達している。
- (3) 温度上昇: JIS 直流ウインチ試験法のデューティーサイクルで運転した時の温度上昇は第2表のように各部とも規格値に対し十分余裕があり、したがっ

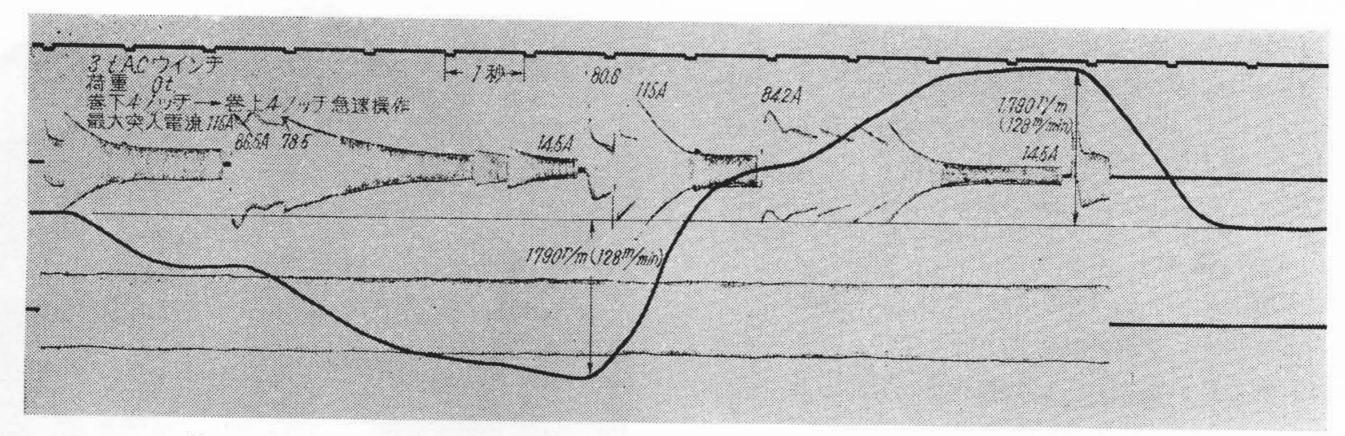
		第 2 3	長 温	温 度	試 験	結	果	
測	定	筃	所	温度上昇 (°C)	試	験	条	件
電	動	機	框	5	有効リス	フト=10r	n	
電	動	幾 軸	受	2	650.		レノッチ使	用
		ライニ		14			分 1 時間引	A
ウォー	ーム・ギー	ヤ(外部	より)	26			5分 2時	
機	械	部 軸	4	19		200 200		PATON,

てひんぱんに起動を行う苛酷な荷役を行っても過熱の 心配はない。

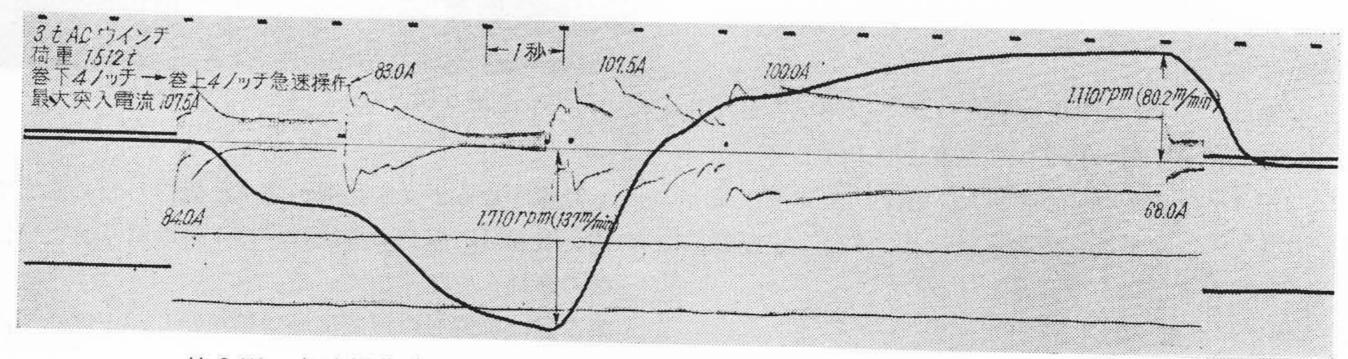
(4) 制御器具:制御器具は各器具につき電気的に50万回,機械的に500万回以上の寿命試験を行った。特に重要な電磁接触器はJISの最高規格A級1号1種



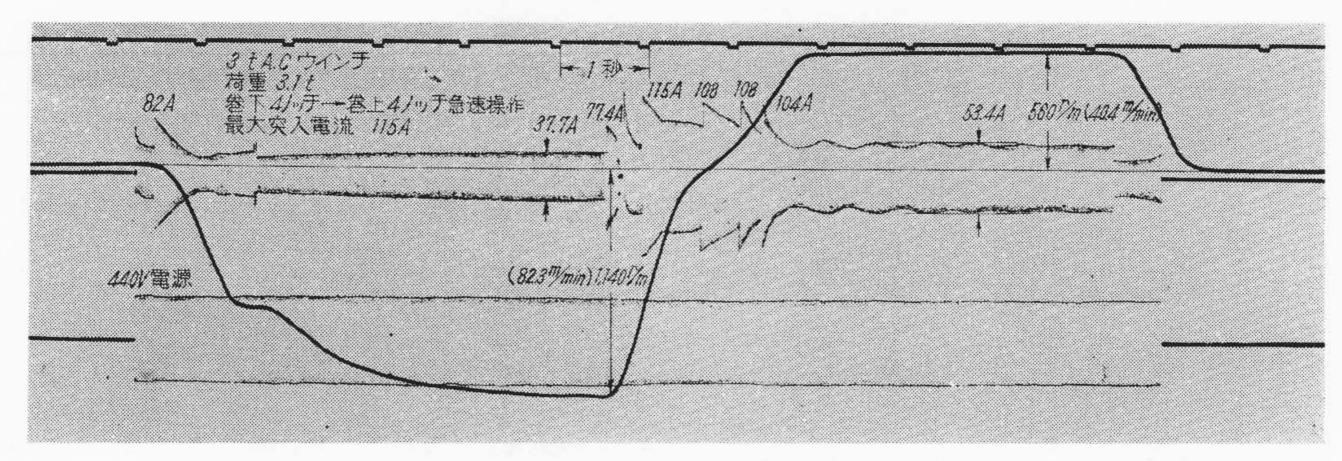
第7図 3t×40 m/min 巻線形交流ウインチ速 度特性曲線 (実測値)



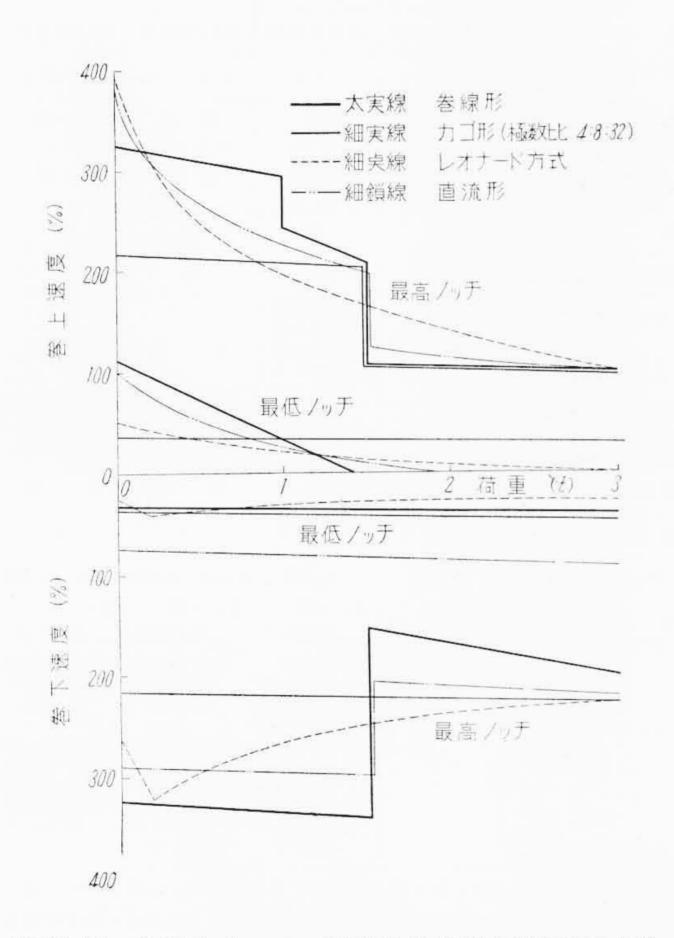
第8図 急速操作時のオシログラム空フック (0→巻下4→巻上4→0ノッチ)



第9図 急速操作時のオシログラム荷重 1.5 t (0→巻下 4→巻上 4→0 ノッチ)



第10図 急速操作時のオシログラム荷重3 t (0→巻下4→巻上4→0ノッチ)



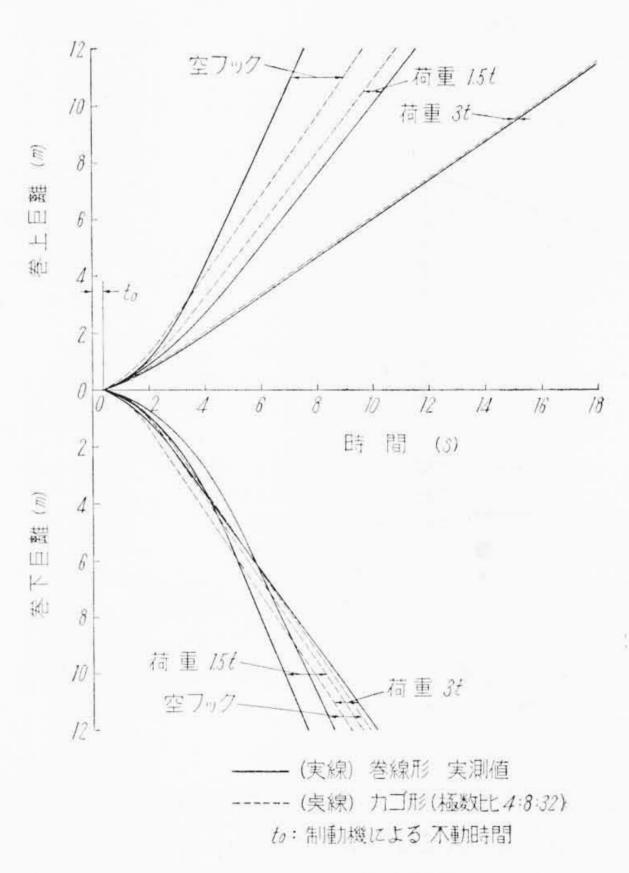
第11図 各種ウインチの速度特性比較(定格荷重3t)

の試験に合格したものを用いた。さらに電動機突入電流を制限したことおよび二次抵抗挿入により高力率電流であることと相まって100万回以上の開閉にも接触子の交換は不要と考えられる。

(5) その他: 注水試験, ブレーキ作動試験など細部にわたって甲板機としての機能を十分果しうることが確認された。

7. 各種ウインチとの比較

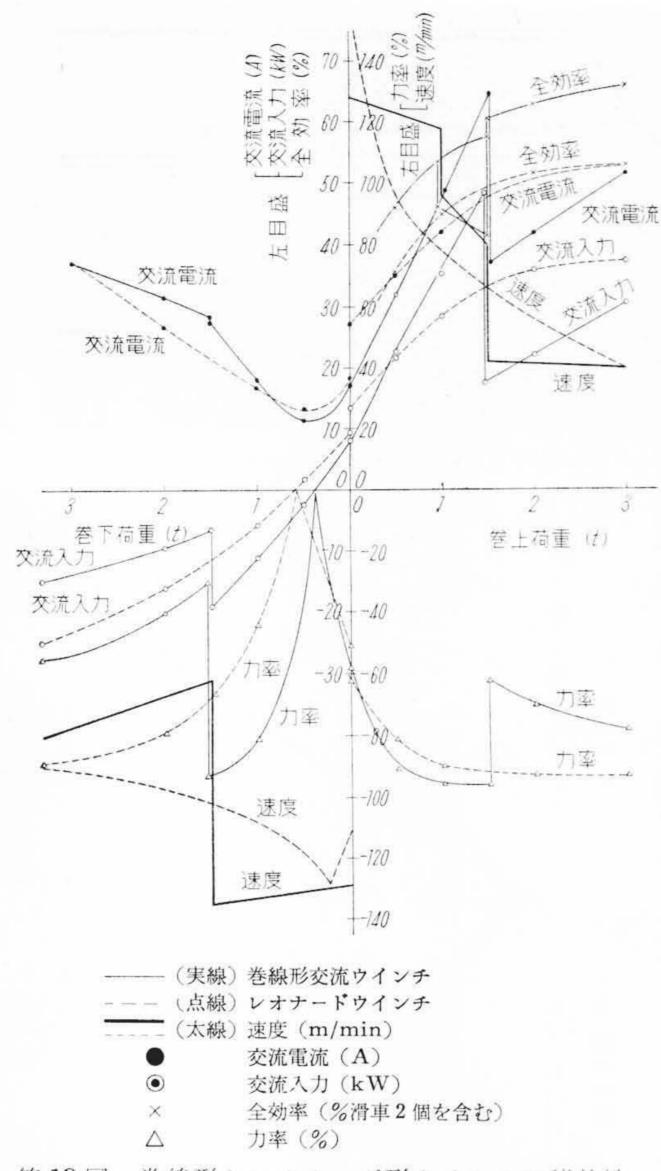
従来交流船には主としてレオナード制御のウインチが 使用され特性は良好であるが専用の電動発電機を要し、 価格の点で難があった。また近時瞬時電圧降下の少ない 自励交流発電機の採用とともに突入電流は大きいが、安



第12図 巻線形およびカゴ形交流ウインチの 揚程―時間特性(定格 3 t×40 m/min)

価な極数変換カゴ形電動機を使用したウインチがクローズアップされてきた。これらと本巻線形交流ウインチにつき特性そのほか問題となる事項を比較すると第3表のとおりである。参考までに直流船に使用される直流ウインチも記した。各ウインチの最低および最高ノッチの速度特性を第11図に示したが、直流電動機を使用したものは巻上運転時直巻特性とする関係上無負荷では高速であるが、空フック乃至は少量の荷をつった場合急激に速度が低下するのが目だっている。またカゴ形電動機を使用したものは普通高速ノッチ側極数を定格ノッチ時の極数の½、すなわち約2倍の速度としているが、突入電流を大きく高起動トルク形に設計することにより加速が速いので、実際荷役の場合は軽負荷高速の劣性を償って

昭和34年4月



第 13 図 巻線形とレオナード形ウインチの諸特性

あまりあると称されているが、第12図に示す時間一揚 程曲線からもわかるように揚程 3~5 m 以上では最終速 度の高いものが運転時間は短くなっている。第13回は 最終ノッチにおける諸特性を同一定格の巻線形ウインチ とレオナードウインチについて比較したものである。各 荷重に対する速度が同一でないので一概に比較すること は困難であるが,全効率は電動発電機を必要としないだ けに巻線形がよく, また軽負荷において低力率となるの はいずれの方式も交流電動機として誘導電動機を使用す る以上避けられぬ問題である。

以上より交流電源を使用するウインチにつき問題点を 要約すると次のことがいえる。

(1) 荷役能率: 荷役能率の向上のため急速な加減 速を必要とすることはもちろんであるが、良く設計さ れたものはいずれの方式も大差なく, 1回の移動距離 が約5m以上になる荷役の現状から考えて可能な限り 軽負荷高速にすることが必要で第3表の荷役1サイク ルに必要な正味時間の比較からもわかるようにカゴ形

各種雷動ウインチ比較実 **第3**某

項目	形	巻 線 形	カゴ形	レオナード形	直流形		
電源の	種類	変 流	交 流	交 流	直 流		
滅 速 歯 車		ウオーム	スパーまたはヘリカル	ウオーム	ウオーム		
制 動	機	交流サーボ リフタード ラム形	直流電磁 円板形	直流電磁円板形	直流電磁 円板形		
全 効 率 (シーブ 2個	(%) を含む)	66	67	47~53	62~68		
力 率 定 格	(%)	79	85	85~93	-		
回 生 電 定格荷重巻 (定格荷重 に対する)	了 下時	50	90~95	70	60~70 180~200		
最大突入電池	Line because of	210	450~500	100~120			
同上時力率	(%)	80~95	35~40	80~90	-		
速度報	生	第11図参照	第11図参照	第11図参照	第11図参照		
全負荷加速時	時間 (s)	1.5	1.4	1.2~2.0	1.5~2.2		
1サイクル に要する正	定格	47	52	42~44	44~49		
味時間(s) (備考横) (1)参照)	1/2荷重	36	44.5	32~34	34~36		
整 流	子	無	無	付	付		
制御装置の袖	复雜度	複	簡	簡	複		
突入電流の (発電機に する考慮	572-1-3	多少要	自励複巻 形または容 場に大容 量にする 要あり	不 要	多少要		
回転慣性を見るために必要失の消費場所	要な損	主として二 次外部抵抗	回転子	主として外 部直列抵抗			
他冷却の	要否	普通は要	要 不 要		不 要		
価 格(高価	iな順)	3	4 1		2		
1台分全重量	t(kg)	3,770	3,475	3,720~4,080	4,390~4,69		
同 上 5	E 格	$\begin{array}{c} 3 \text{ t} \times 40 \\ \text{m/min} \end{array}$	$3 t \times 39$ m/min	3 t ×36 m/min	$3 t \times 36$ m/min		
		(1)日立製数 字は実測 値		による			
備			は 3 t ×40 m/min 定格に対 するよす	(2) 重量以外 は 3 t ×40 m/min	(2) スパー形 その他あ るが従来 の標準した		
考		距離12mの 船内に降し)経路で,喧巻 , 空荷で船ケ	三味時間とは揚 きにより船外よ トの元の位置ま つ合計で,詳し	りある荷重を でもどす間の		

で軽負荷速度 200% の特性に設計されたものが荷役能 率は最も悪い。この場合はギヤチェンジなどを考慮す る必要がある。

(1)53~55 頁参照

- (2) 全効率: 専用電動発電機を要するレオナード 方式が最も悪くほかは大同小異でこれは減速歯車の種 類によっても変ってくる。
- (3) 電源発電機に対する影響: 突入電流が電圧降 下に及ぼす影響はレオナード方式が最も少なく、カゴ 形は電流値 450~500%, 力率 35~40% となるので自 励交流発電機と組合せる以外に実用性はない。巻線形 は電流値約200%程度となるが、力率は二次抵抗挿入

の関係上 80~95% と高く,したがって電圧降下を同一におさえた場合必要な発電機容量はカゴ形に比し格段に小さくてすむ。

巻下運転時の回生電力についてはレオナード方式は 電動発電機を介するため、また巻線形は二次抵抗挿入 の関係上いずれも巻上時入力のそれぞれ 70% および 50%程度であるのに対し、カゴ形では極数変換のみに より巻下時の速度を高くしている関係で巻上時入力の 90~95%となり電源発電機出力が急減し、さらに逆電 力継電器の動作などを引起す可能性がありこの点十分 な検討を必要とする。

- (4) 保守取り扱い: レオナード方式がウインチ1 台につき2台以上の整流子をもった直流機を有するの に対し,ほかはいずれも誘導電動機のみで保守は楽で ある。制御装置についてみれば巻線形は極数変換と限 流起動のためやや複雑になるのが難点であるが、カゴ 形は大きな突入電流を開閉するため主回路用接触器に 十分な考慮を払わないと接触子損傷が特にはげしくな るおそれがある。
- (5) 価格: 一般にカゴ形, 巻線形, レオナード方 式の順で高価となる。

8. 結 言

以上、今回完成した日立巻線形交流ウインチについて概略を述べたが、巻線形交流ウインチは直流ウインチに匹敵する速度特性を有し、かつ、すぐれた加速特性を示し、効率もよく使いやすいウインチであることが実際荷役において確められた。今後さらに性能改善をはかり大方の御批判と御指導を期待している次第である。交流ウインチについては諸外国およびわが国において、種々の試みがなされており、特に最近自励交流発電機を採用する傾向になり、それに伴いカゴ形交流ウインチが脚光を浴びてきた。日立製作所においてももちろん試作中である。終りに種々御指導を賜わった山下汽船、日立造船、佐野安ドック株式会社の各位に厚く謝意を表するものである。

参考文献

- (1) 日本造船研究協会編: 船舶用直流電動ウインチの性能改善およびコスト引下げに関する研究
- (2) 本間,立石,橋本,大和,田中: 日立評論 別冊 14号 71 (昭 31)
- (3) A. S. Brown: Inst' of Marine Engineers Vol. LXVIII (1956)

日立製作所社員社外講演一覧

(その2)

(第52頁より続く)

(昭和33年11月受付分)

講演	寅月	日	主催	演	題	所	属	講	演	į	者
33.	11.	26	神奈川県工業試所	験 超硬バイトによる特 果について	殊材料の切削と切削油の効	亀 有	工場	中	Щ	紀	之
33.	11.	25	通産省鉱山保安		ン の 保 守 管 理 ープに加わる制動時の衝撃	亀 有	工場	石	橋	重	遠
33.	11.	28	通産省鉱山保安	局 最近の巻上機の速度 ついて	制御方式および安全装置に	亀 有	工場	大	島	昭	
33.	12.	5	仙台通産局鉱山 安監督部	保巻上機の保守	管理および運転基準	亀 有	工場	石	橋	重	遠
33.	10.	29	高圧ガス協	会 「圧 縮 機」	に っ い て	川崎	工場	伊	藤		茂
33.	10.	31	日本油圧機器工 会	業 油 圧 装 置	の保守と計画	川崎	工場	ह्म	部	芳	朗
33.	11.	26	近畿熱管理協	会 空 気 作 動 式 自	動燃焼制御装置	多賀	工場	松	井	伸	晴
33.	12.	10	コンサルタント ービスクラブ	サ 動作時間研	究結集の活用法	多賀	工場	小	野		茂
33.	11.	22	北九州計装研究	会ラジオアイソト	ープ応用計器について	多賀	工場	鷲	見	哲	雄
33.	11.	24	北九州計装研究	会ラジオアイソト	ープ応用計器について	多賀	工場	鷲	見	哲	雄
34.	4/1	二旬	Table 1 Committee		レータ積分器の誤差	戸塚	工場	小	倉	正	美
34.	4/1	二旬	電 気 四 学	Will 17 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	電の抑制について		工場	田三	島谷		平太
34.	4/1	二旬	電気四学	会 同期式トランジス	タフリップフロップ回路	戸塚	工場	中	111		登
34.	4/1	二旬	電 気 四 学	100000000000000000000000000000000000000	レー(その3作動時間)イ	戸塚	工場	田鈴		25.00	平太 也
34.	4/1	: 旬	電 気 四 学	会有極リレー接	点に関する一考察	戸塚	工場	田森			平太 美

(第76頁へ続く)