UDC 621.313.2.077.3：621.314.63.07：
621.864：621.124.72

極洋納入大形トロール船用サイリスタレオナード装置

Marine Use Thyristor Leonard Equipment for Large Stern Trawler Delivered to Kyokuyo Co., Ltd.

丹羽公一* 漆畑隆夫** 大野久夫**
Koichi Niwa Takao Urushibata Hisao Ōno

I. まえがき

ここ数年間におけるパワーエレクトロニクスの進歩，なかんづく，サイリスタ技術の進歩は著しいものがあり，陸上一般産業では広く適用され，大きな効果をあげている。

サイリスタは，船舶用として見た場合，信頼性，寿命，取扱，保守，寸法および重量などの点ですぐれた特長を有している．一方，近時船舶の省力化，自動化に対する要求はますます強くなりつつあり，各種装置はより高性能のものが望まれつつある．このため，最近船舶界でも各種動力装置に対するサイリスタ技術の適用が真剣に検討されつつある。

サイリスタ技術を船舶に適用する場合，船舶の持つ特殊条件のために，技術的にもまた経済的にも解決されなければならない困難な問題点が少なからず存在する．しかして，当社は，1966年に船舶用発電機の励磁装置として初めてパワーサイリスタを適用して以来，現在までに300台近くこの種装置の実績を納入したのを始め，鋭意研究・開発を進めて，これらの問題点の究明・解決に努めてきた。

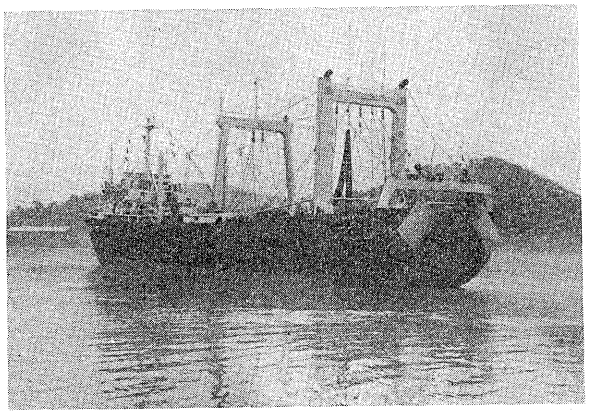
このたび㈱極洋向け大形トロール船“おおとり丸”用主ウインチ駆動設備として，本格的大容量のサイリスタレオナード装置を納入した．この装置の設計製作にあたっては，一般産業部門における豊富な経験と実績を基に，上記研究の成果が織り込まれている。

本船は本年3月初めに就航し，この装置は順調にか動中であり，性能は好評である．この機会にこの装置の概要と計画上の留意点を紹介して大方の参考に供したい。

II. トロール装置と要求性能

1. トロール装置の運転方法

最近のトロール漁業は，その操業海域が遠く北太平洋やアフリカ西海岸までに広がり，このため，船体はますます大形化し，また，トロールウインチもロープ繰出長が3,000mにも達する高性能のものが要求されてきている．第1図に“おおとり丸”の外観を示す。



第1図 艉トローラ“おおとり丸”4663DWT
Fig. 1. Stern trawler “Ōtori Maru” 4663 DWT

トロールウインチ運転は，第2図に示すトロール漁網の投網，曳網，および揚網の三つの基本作業からなるが，それぞれの詳細はつぎのとおりである。

1) 投　　網

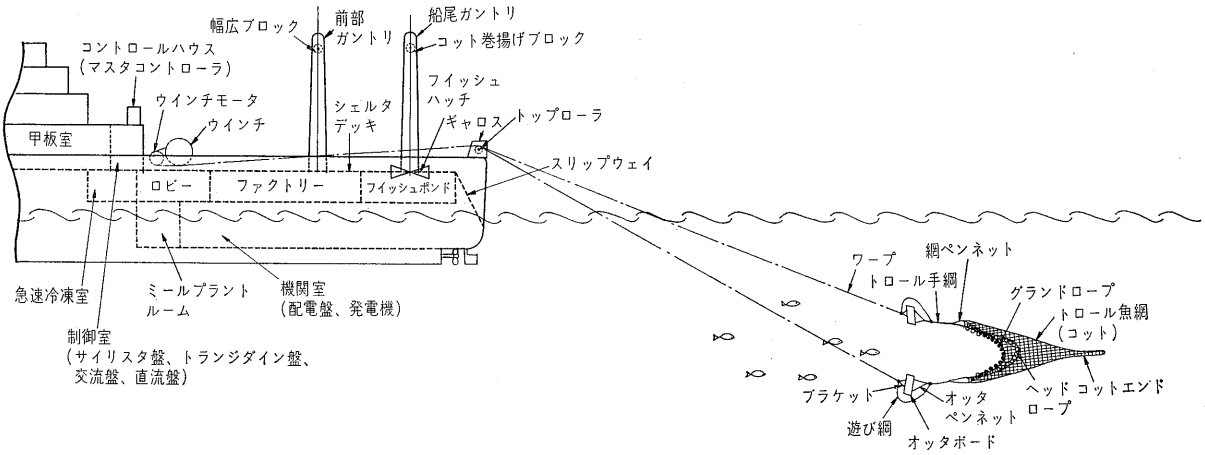
(1) コットエンドがスリップウェイ上を滑りながら海水に落ち込む（ウインチは停止しており，他の魚ろうウインチにより操作される)。

(2) コットの口の下側にあたるグランドロープに取りつけられたおもり，プロペラが発生する波，および船自身の微速前進動作によりコットは海水中船尾方向に引っ張られる（グランドロープが海水に落ち込む頃より，ワープを操出すためにウインチを逆転させる．しかし，ギヤーおよびメタルのフリクションロスがコットの張力より大きいため電動機は電動運転を行なう)。

(3) 手綱の端がギヤロスのトップローラを通過する時トロールを一旦，停止させ，手綱とワープの結合点にオッタボードを取りつける（ウインチは，電動機側の機械ブレーキにより停止させる)。

(4) オッタボードが海水に落ち込むと船は全速にてトロールを引き始める．これと同時にウインチはワープを

* 輸送機技術部　** システム技術第二部



第2図　船尾トローラ主要部
Fig. 2.　Main parts of stern trawler

操出す．この時オッタボードに船速，ワープ操出し速度，および潮流により決定される速度の海水が激突することになり，タコのようにコットに作用し，コットの口の開き具合，および水中での深さを調整する．（オッタボードによりワープに作用する力は，ウインチの操出し速度が一定ならば，船速が大きくなるにつれて増加するため，船の加速段階にてウインチの機械損を上廻り，電動機を回転方向に引っぱることになり，電動機は電動運転より回生運転に移る)。

2)　曳　　網

投網の(4)動作によって希望の水深までコットを沈めると，ウインチは運転を停止し，メインドラムをバンドブレーキにて固定した後，ギヤーとドラムの結合を切る．ワープはメインドラムに固定されているため，トロール網は船速と同一速度にて，海中を走ることとなる．なお海底の障害物などにコットが引っかかった場合，トロール網の損傷をできるだけ小さくするため，バンドブレーキのトルクは調整可能となっている。

3)　揚　　網

(1)　曳網終了後，ギヤーとドラムを給合させ，バンドブレーキをゆるめると同時に，メインドラムによってワープを巻き始め，オッターボードを取りつけているブラケットがトップローラ付近に到着すると停止する．つぎにオッタボードをトロール網より解き船尾に固定する（第1図参照)．なおワープを巻き込む時は，トロール網の速度は海水中での潮流に対し，船速と巻き込み速度が加算された速度とほぼ等しくなるため，船速を大きくすると，ウインチは過負荷となり，自動的にワープ巻き込み速度が落ちる．このため，一般には船速を落とし，ワープ巻き込み速度を上げ，作業能率を向上させる。

(2)　手網，網ペンネット，そで網，およびグランドロープなどのトロール網前方部分がスリップウェイ上をとおり，シェルターデッキに引き上げられる．網ペンネット部がメインドラムに到達するまでこの運転が行なわれる。

(3)　魚の入っているコットエンドは海中よりスリップウェイに引き上げられるが，この際スリップウェイ先端部でのひっかかり，および魚，コットの浮力減少による重力の増加をきたすため，この時は，前部ガントリに取りつけられた幅広ブロックをとおし，引き上げ角度を変え，かつ，けん引力の大きなセンタドラムが使用される。

(4)　つぎにコットエンドを船尾ガントリのコット巻上げブロックを通じ，魚ろうウインチにて，フイッシュハッチの真上につり上げ，コットエンド結び綱を解くことにより全トロール作業を完了する。

2.　トロールウインチの要求特性

1)　ロープ繰し出し長さが長いため，ウインチドラムでの巻き取り径の変化は1対3以上にも及ぶ．この状態でも常に一定のロープ速度が得られるよう幅広い回転速度範囲にわたって定出力特性が望まれる。

2)　投網時には網およびオッタボード側からウインチドラムが回転させられ，パワーが返還される．これを有効的に処理させ得るよう返還パワーを吸収させる方式が望ましい。

3)　巻胴クラッチの嵌脱，曳網中のロープ速度の微調整オッタボードの格納，取はずしなどには容易に極低速が得られることが望ましく，一方作業能率向上の観点から約 200%程度の高速も得られることが望まれる。

4)　収獲物の入ったコットエンドがスリップウェイ上を引き揚げられる時，また網やロープが海底の岩や障害物に引っ掛った際，これをはずすためなどに定格トルクの 150～180%程度のトルクが必要である。

3. 駆動方式の選択

従来，トロールウインチの駆動機としては，電動モータと油圧モータの２種類が採用されてきた．しかしながらトロールウインチ出力の増大に伴ない油圧モータは特に上記 1) と 4)の要求を満足させることが困難となり，電動モータが大幅に採用され，特に直流ワードレオナード制御方式はトロールウインチの要求特性を完全に満足させ得ることより，現在の電動トロールウインチの大半を占めているといっても過言ではない．しかしこの方式を採用してもつぎの２点は，さけることができない。

1) 直流ウインチモータの駆動用直流電力は，船内の交流電源によって駆動される電動発電機により供給される．このため，装置全体の効率が悪い。

2) 直流発電機，直流ウインチモータをも整流子，ブラシを必要とするため，日常の保守点検時間が多くかかる。

この２点を緩和させるため，古くから陸上設備では，電動発電機のかわりに水銀整流器による静止形変換器が使用されてきたが，現在サイリスタに置きかえられている．近時サイリスタの信頼性が格段に向上するとともに，量産化によりコストダウンが図られるに及んで，もはや環境に左右されることがなく，船舶においても急速に採用される機運にある．以上を総合的に検討の結果，本船ではサイリスタレオナード方式を採用し，トロールウインチの要求する諸特性，特に加減速性，ストール特性などを大幅に改良することができる。

III. 装置の概要

1. 機器仕様

1) トロールウインチ主要目

メインドラム定格張力：30,000kg

メインドラム最大張力：1.8×定格張力

ワープ巻き込み定格速度：90 m/min

ワープ巻き込み最大速度：約２×定格速度

電動機定格出力：550kW

電動機定格回転速度：630rpm

第３図にウインチ本体を装備した作業甲板を示す。

2) 主交流発電機

防滴保護三相自励複巻交流発電機

台　　数：４台（内，常用２ないし３台，予備２ないし１台）

形　　式：ＣＶＦ 386/21-10

出　　力：950kVA

電　　圧：AC 450V，60Hz，3ϕ

励磁方式：ＴＲ方式

付 属 品：自励電圧調整装置

横流補償装置

3) ウインチ駆動用直流電動機

防水管通風形他励分巻直流電動機

台　　数：１台

形　　式：ahVG 334/40-6

出　　力：550kW

回転速度：0～630rpm（レオナード制御範囲）

630rpm～1,330rpm（定出力界磁弱め範囲）

電　　圧：電機子回路-440V，界磁回路-40V

付 属 品：直流電磁ブレーキ

直流回転発電機

4) サイリスタ盤

防滴保護強制風冷自立盤

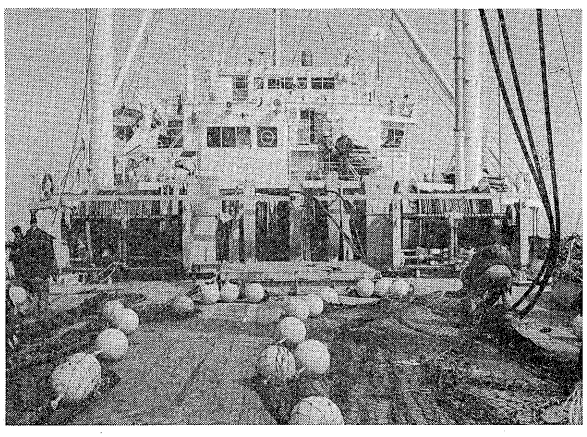
面　　数：２面

主回路要目：

結線方式，三相全波グレーシ結線，1S6P6A

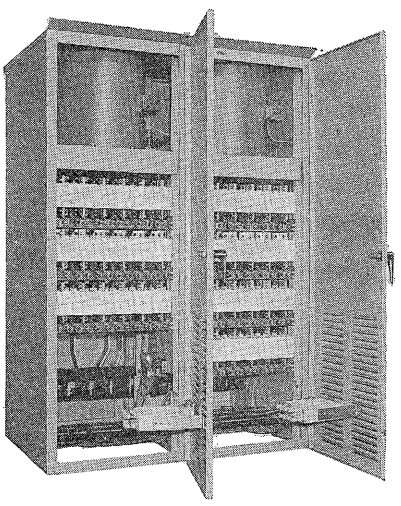
入力電圧，AC 440V（線間）3ϕ

出力電圧，DC 440V



第３図　トロールウインチ前面外観

Fig. 3. General front view of trawl winch

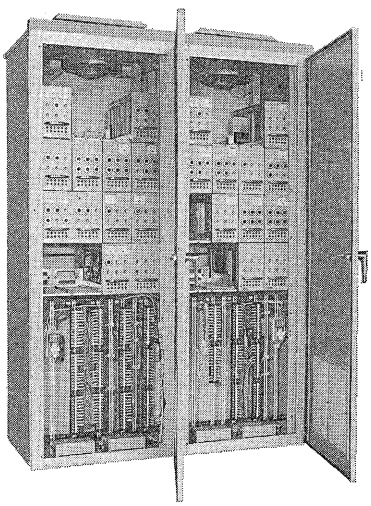


第４図　サイリスタ盤前面外観

Fig. 4. General front view of thyristor panel

素子形式，ＢＡＳ-ＧＮＯ216ＡＢ
保護ヒューズ形式，ＲＦＡ1244-3-350
界磁回路要目
結線方式，三相半波逆並列結線 2 set×1Ｓ1Ｐ3Ａ
入力電圧，AC 490V（線間）3 ϕ
出力電圧，DC 280V/40V
電流容量，1,200A
付属品：ファンおよびモータ
フローリレー（風圧リレー）
第4図にサイリスタ盤前面扉を開放した外観を示す。

5) トランジダイン盤
防滴保護強制風冷自立形
面数：2面
制御ユニット：当社トランジダイン制御理論により組織化され，ＩＣ化を大幅におし進め，小形化されたトランジダイン制御ユニットを採用。
構成：
(1) 電機子回路用
速度調節器，電機子電流調節器，点弧角調節器パルス増幅器，パルス増幅器電源，電流制限演算器
(2) 界磁回路用
界磁電流調節器，界磁調節器，絶縁変換器，界磁設定切替演算器，逆電力演算器，逆電力極性切替演算器，点弧角調整器
(3) 両回路用
運転指令演算器，直流電源，リレーユニット
(4) 船舶電源の容量上特別に設けられたもの
Ｆ/Ｖ変換器，フィルタ
付属品：ファンおよびモータ



第5図　トランジダイン盤前面外観
Fig. 5. General front view of TRANSIDYN panel

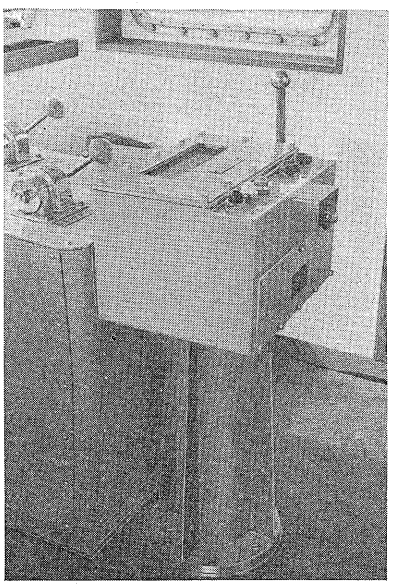
第5図にトランジダイン盤前面扉を開放した外観を示す。

6) 交　流　盤
防滴保護自立形
面数：1面
主要取付部品：断路器，交流リアクトル，トランス，有接点リレー，サイリスタ保護用サージアブゾーバ，および指示器。

7) 直流リアクトル盤
防滴保護自立形
面数：1面
主要取付部品：断続防止リアクトル，循環電流阻止リアクトル，および保護リレー。

8) 制　御　卓
全閉防水自立形
台数：1台
主要取付部品：電動機速度設定ハンドル，運転準備押しボタンスイッチ,非常停止スイッチ，および指示計，

上記のうち 1.4～1.7 の各装置は第2図に示す制御室内に装備されており，ウインチ操作の大部分はコントロールハウス内の操作卓上の制御卓（第6図）にてワンマンコントロールされる。

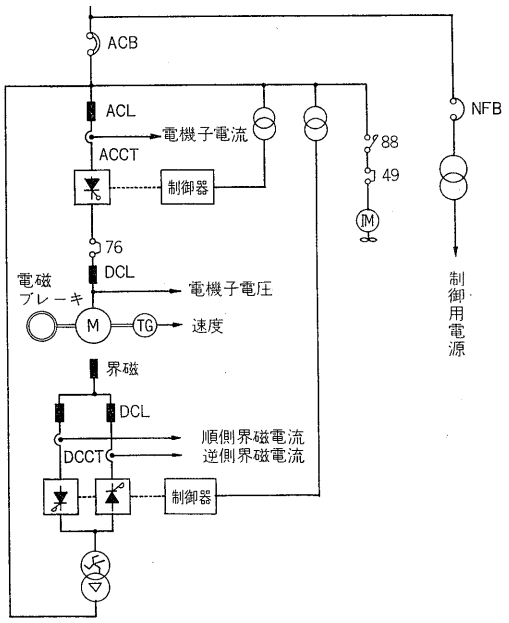


第6図　操作卓外観
Fig. 6. General view of master controller

2. 主回路構成と制御の概要

1) 主回路構成

トロールウインチでは負荷時定数が大きいこと，および経済的，スペース的な配慮から制御方式を界磁反転制御とした．第7図に主要回路を記す．主電源は4台の中の2ないし3台の925kVA自励複巻三相交流発電機より，



第 7 図　主要回路単線結線図

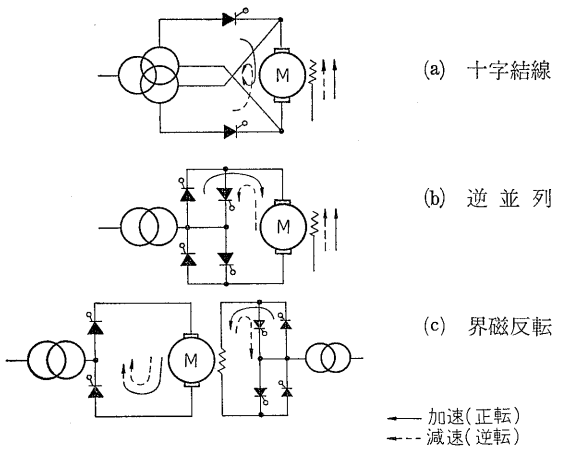
Fig. 7. Skeleton diagram of main circuit

機関室に装備された，トロールウインチ専用気中しゃ断器をとおして給電されており，主回路はトランスを介さず，直接交流リアクトルに接続され，三相全波グレーツ，サイリスタブリッジにて整流し，直流平滑リアクトルを介し，直流電動機の電機子巻線に印加される．一方，界磁回路は三相千鳥形トランスを介し，三相半波逆並列サイリスタブリッジにて整流し，循環電流制限リアクトルをとおし界磁巻線に印加される。

2) 制 御 の 概 要

(1) フィードバック制御

電機子，界磁回路とも，電流系にＡＣＲマイナーループを採用，速度系には，タコゼネレータによるＡＳＲフィードバック制御を採用している．このため，応答性，安定性においてすぐれており，特に加減速時の突入電流は必要最小限におさえられる。



第 8 図　サイリスタレオナード制御方式原理図

Fig. 8. Principle of thyristor Leonard Control system

(2) 界磁弱め運転における定出力特性

回転速度 630rpm より 1,330rpm までは界磁弱め運転を行なっているが，応答性のよい電流制限特性により，当制御範囲において定格限界出力まで導出することができる。

(3) 界磁反転制御

サイリスタレオナード制御方式は，サイリスタ素子の通電方向がアノードよりカソードの一方向であるため，電源から整流器へ加速電流および負荷電流を流すための順変換器と電動機から電源へ減速電流を流すための逆変換器とを必要とする．このため第 8 図(a)(b)のように順逆変換器を十字結線，あるいは逆並列結線に接続する方式が一般に用いられているが，これらの結線方式は，主回路変換器を二組み持つため，スペース的，価格的に大きく，高価なものなるため，主回路変換器を一組だけ設け，加速時と減速時，あるいは正転時と逆転時に電動機の逆起電力の極性を反転させ，流すべき電流の極性と，変換器の通流し得る極性を合致させる界磁反転制御方式（図 8 (c) の方式）を採用，上記欠点を解消した。

(4) 効率およびスペース

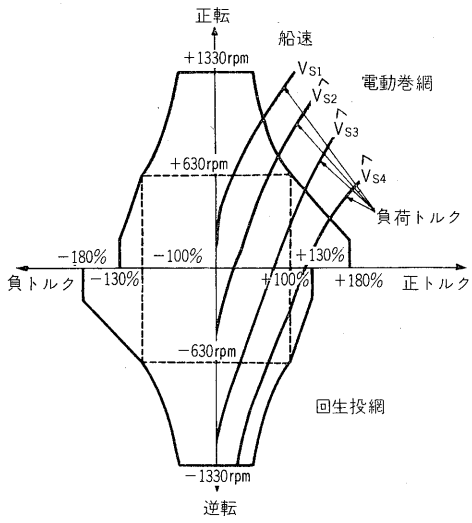
従来のワードレオナードに比較し，電動発電機が不要となるため，効率が改善され，また機器配置に融通性があるため，空間効率が良くなっている。

(5) 保　守，点　検

直流発電機がなくなったことにより，整流子ブラシの保守時間が短縮された．一方サイリスタ素子，トランジダインユニットはパネル前面より引き出し可能なるタイプとし，点検上の便宜が図られている。

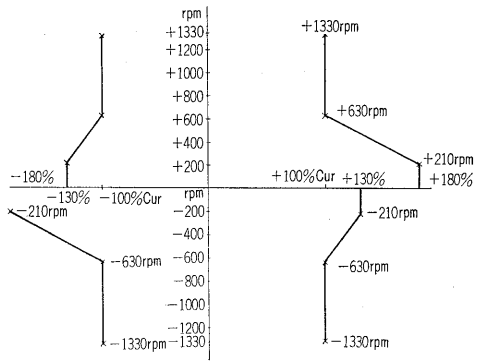
3. 特　性　曲　線

第 9 図に負荷およびウインチのトルク特性曲線を示



第 9 図　トルク負荷およびウインチ特性曲線

Fig. 9. Trawl load and winch torque curve



第 10 図　電流制限カーブ
Fig. 10.　Current limiting curve

す．負荷のトルクカーブは船速をパラメータとして記述してある．揚網時，オッタボードの海水中での速度は“船速＋ワープ巻き込み速度”であるため，巻き込み速度または船速が増加するにつれて，負荷のトルクは大きくなり，投網時のそれは，“船速－ワープ操り出し速度”であるため，巻き込み速度の減少または船速の増加につれて，負荷トルクは大きくなることを示している。

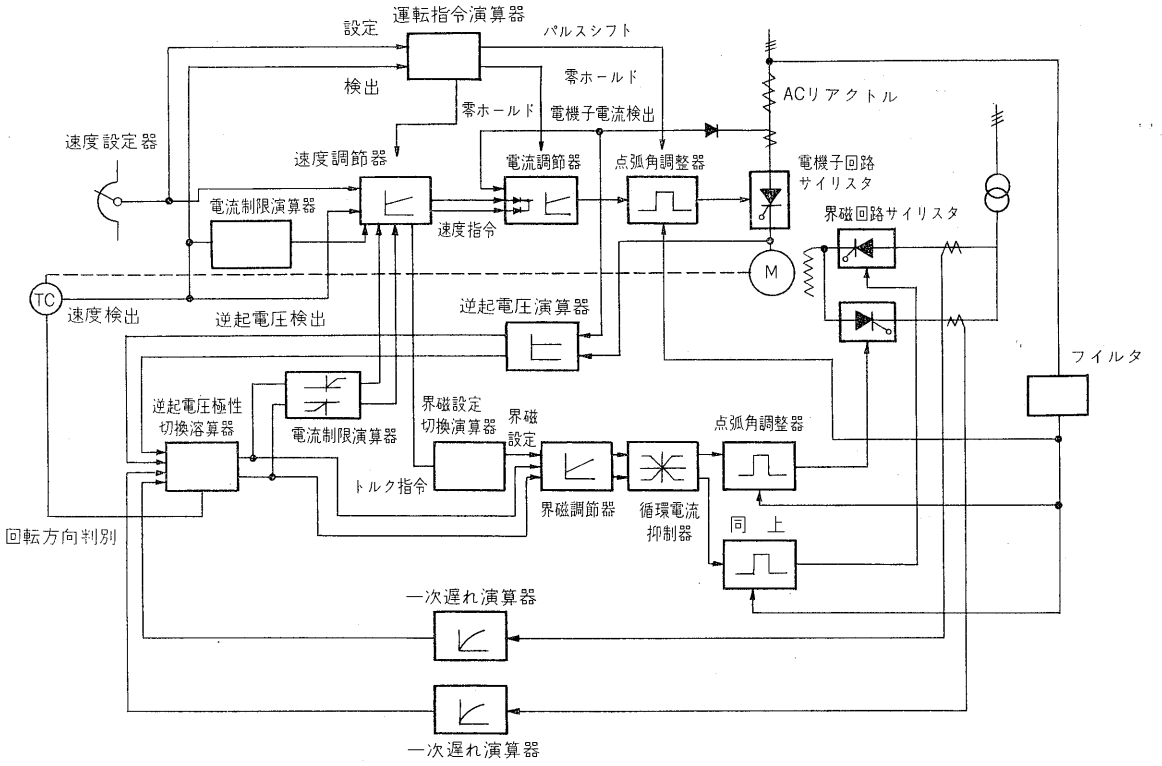
一方，ウインチのトルク特性曲線は第一象現，第三象現また，第二象現，第四象現を同一とするトルク制限特性を持たせた．第 10 図にこのトルク制限特性を出すための電流制限特性を記述する．全現象とも 0～630rpm 間は電機子電圧，および電機子電流を調整するレオナード制御，630～1,330rpm 間は界磁電流，および電機子電流を調整する定出力制御を行なっている。

IV. 界磁反転制御

この装置で採用した界磁反転制御方式は，すでに他の産業部門において実績のある回路方式であり，これに一部必要回路を付け加えることにより構成されている．第 11 図に制御系統のブロック図を示す．これに対する詳細説明はすでに発表済み[(1)]であるため，以下主要点を記す。

1)　速度系はモータ軸に直結されたタコゼネレータによりＡＳＲフィードバック制御を行ない，この装置の負荷変動，外乱に対する応答性，および安定性を高めている．なおこの系の主要因子である速度調節器に出力制限をかけることにより第 10 図および 2) 項のような電流制限を行なっている。

2)　界磁反転制御は，正転・逆転および電動運転，回生運転の切り換えは界磁電流の通電方向を反転することにより行なわれる．今，電動機の発生すべきトルク指令の極性が反転するとすぐに界磁電流の極性を反転させる指令がでるが，実界磁電流が反転する間に電機子電流を流すと，この電流は加速効果をもち，トルク指令とは逆の運転を行なうことになる．したがってトルク反転指令がでるとすぐに電機子電流を零に減少せしめ，界磁電流の実際値が反転した後，この電流制限を

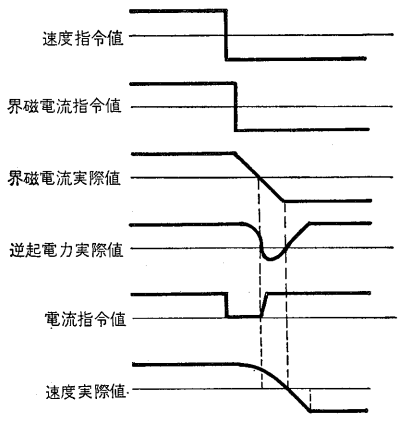


第 11 図　界磁反転可逆サイリスタレオナード方式による速度制御装置
Fig. 11.　Block diagram of switch of field type Leonard drive system

する。

3) 2) に記したように界磁反転制御の欠点は界磁反転時に電機子電流を零に減少させるため，この間電動機は電気的に完全に無拘束となり，負荷には何の働きもできないことにある．この装置においてはこの欠点をできるだけ改善するために，界磁用正逆サイリスタには常に循環電流を流すとともに，界磁時定数を減少させるために 7 倍の突き上げ電圧および界磁電流マイナーループを設けた。

第 12 図に界磁反転時の各主要部のタイムチャートを記す。



第 12 図　界磁反転時の各部のタイムチャート
Fig. 12.　Time chart of during field invesion

V. 船舶用として検討されるべき問題点

船内にサイリスタ装置を採用するに当たり，特に注意しかつ対策を講じておかなければならない問題として，つぎの三項目がある。

1. 船内電源容量に対する考慮および対策

一般に船内電源容量は，陸上の諸設備に比較し，スペース，および経済的理由より，負荷容量に対して貧弱で，特にトロール船におけるトロールウインチは船内最大負荷であることより，電源容量とサイリスタ負荷（トロールウインチ負荷のこと，以後このように記す）容量の比は大変小さい．その上，一般船内負荷は起動容量の大きい誘動かご形電動機の直入れ，または減電圧起動を採用しているため，電源変動，（すなわち周波数，電圧変動）が大きい。

上記二つの短所に，サイリスタ装置である限り避けることのできない転流現象（**V.2.** 項参照）が作用し，下記の三つの問題を提起する。

1) γ_{min} 決定上の考慮および対策

回生領域を持つサイリスタ装置を正常運転させるためには，回生時の転流限界を決定する下記の式(1)にて与えられる γ_{min} 以下の電圧にて運転する必要がある。

$$\gamma_{min}=\cos^{-1}\left(\cos\delta-e_{XN}\cdot\frac{I_d}{I_{dN}}\cdot\frac{1}{\frac{E_{ac}}{E_{acN}}}\cdot\frac{f}{f_N}\right)+\beta \quad \cdots\cdots(1)$$

δ：サイリスタ素子のタンオフタイム（電気角）
e_{XN}：線路の％リアクタンス（負荷側換算値）
I_d：回生最大直流電流
I_{dN}：定格直流電流
E_{ac}：瞬時変動電源電圧
E_{acN}：定格電源電圧
f：瞬時変動周波数
f_N：定格周波数
β：周波数変動および転流時に発生する高調波電圧による，サイリスタ点弧信号の変動角．＋同一電源系統に接続された他のサイリスタ装置の重り角。

一方直流電動機電機子電圧は，回生時電流制限を行なうため，式(2)で決定される電圧より低くする必要がある．このためサイリスタ負荷容量は式(3)で与えられることを考えると，負荷容量を減少させる，すなわち船内電源容量を小さく（力率改善につながる）かつ容量比を改善させるためには，γ_{min} をできるかぎり小さくする必要がある。

$$E_d=E_{d0}\times\cos\gamma_{min} \quad \cdots\cdots(2)$$

$$E_{d0}=K\cdot E_{ac}$$

K：整流器結線方式にて決まる定数

$$P_{AC}\propto E_{acN}\cdot\frac{P_{DC}}{E_d}\propto\frac{1}{\cos\gamma_{min}} \quad \cdots\cdots(3)$$

P_{AC}：サイリスタ負荷容量
P_{DC}：モータ出力

式(1)において γ_{min} を小さくするためには，δ, e_{NX}, $\frac{I_d}{I_{dN}}$, $\frac{1}{\frac{E_{ac}}{E_{acN}}}$, $\frac{f}{f_N}$ および β を小さくすればよいが，本文においては e_{XN}, $\frac{1}{\frac{E_{ac}}{E_{acN}}}$, β に関して考える．e_{XN} は式(4)にて与えられるから，この値を小さくするためには

$$e_{XN}=X_{AC}+X_d''\times\frac{\text{サイリスタ負荷容量}}{\text{電源容量}} \quad \cdots\cdots(4)$$

X_{AC}：AC リアクタンス
X_d''：発電機二次過渡リアクタンス

X_{AC} または $X_d''\times\frac{\text{サイリスタ負荷容量}}{\text{電源容量}}=X_G$

を小さくしなければならない．X_{AC} の大きさは転流時の電源落ち込みによる他の同一電源系統に与える影響，および同期電源の波形歪の関係より，X_G との関連におい

て決定する必要があるため，結局のところ，X_G，すなわち X_d'' および$\frac{\text{サイリスタ負荷容量}}{\text{電源容量}}$を小さくしなければならない．このことは$\frac{1}{\frac{E_{ac}}{E_{acN}}}$が電源の瞬時ドロップそのものに関係することより，$e_{XN}$（他の負荷による影響を考え X_d''）を小さくすることは，この項の改善にもつながる。

一方 β は三種の要因によるものだが，まず周波数変動による点弧パルス電気角の変動は，サイリスタ点弧用パルス発生鋸歯状波発生装置を周波数に応じて自動調整可能な F/V 変換器にて補償し，転流時に発生する同期信号電源の波形歪みによる影響は波形歪みの大きさを示す重なり角，および落ち込みが式(5)で与えられるように，e_{XN} および$\frac{X_G}{X_G+X_{AC}}$を小さくすると同時に特殊フィルタにより波形改善を行なう。

$$\left.\begin{aligned} u&=-\alpha+\cos^{-1}(\cos\alpha-e_{NX}) \\ d&=\frac{X_G}{X_G+X_{AC}}\ (\%) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots(5)$$

u：重なり角

α：制御角

d：波形落ち込み率（100%にて 相間電圧が零まで落ち込む）

また，同一電源系統に接続された他のサイリスタ装置の重なり角による影響は，他の装置のそれを上記のような方法にて小さくする必要がある。

2) 高調波電流による発電機制動巻線の加熱

転流現象による波形のひずみは発電機に式(6)で与えられる次数の高調波電流を流すことになり，その大きさは

$$\nu=nP\pm1 \qquad \cdots\cdots(6)$$

ν：高調波次数，P：相数，n：1……n（整数）

電動機の基本波負荷電流に，負荷角および重なり角によって決まる各次数の高調波含有率を乗じた値となるため，負荷に比して，小容量の発電機は，式(7)により，高調波分を等価逆相電流値に換算して，許容の可否を判断しておく必要がある。

$$I=\sqrt{\Sigma\left(\sqrt{\frac{\nu}{Z}}\cdot I\nu^2\right)} \qquad \cdots\cdots(7)$$

ν：高調波次数

$I\nu$：ν 次の高調波電流（%）

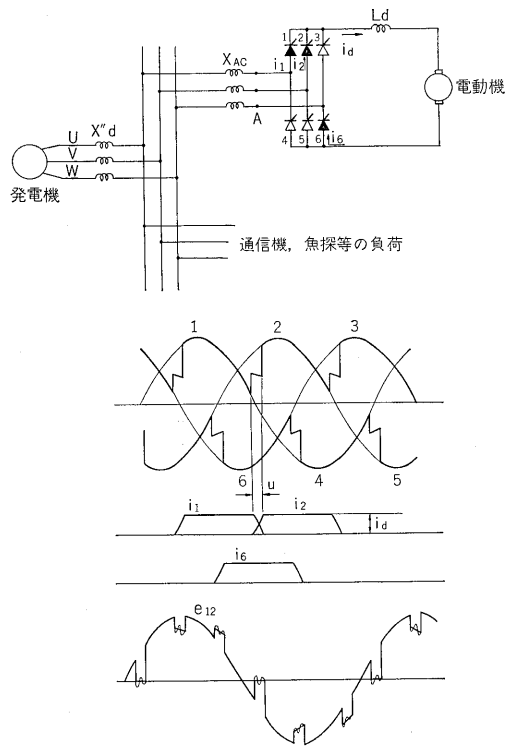
（基本波に対する比）

3) 船内通信機などへの影響

詳細は **V.2.** 項に記述するが，今回のトロール船のように，ウインチモータ運転時，魚群探知器（以後“魚探”とする），ソナー，ローラン，その他，受発信器などを運転する必要があるものは，サイリスタ装置より発生する，空間を伝達するラジオノイズ，および電源ケーブルを直接伝達する高調波に対して，初期計画段階より綿密な考慮と対策を講じておく必要がある。

2. 船内通信機等に対するノイズ対策

サイリスタ変換装置においては，交流電源に接続されるサイリスタ素子は電源電圧の相順にしたがって毎サイクル電流の受渡し（転流）を行なっている．その状態を第 13 図に示すが，ここで今通電を開始した素子の電流は重り期間を経て零から直流電流の値まで上昇し，一方通電を終えようとする素子１の電流は直流電流の値から零まで減少する．この重り期間の間は転流に関与した素子の接続される線間電圧 e_{UV} は素子１，２によって短絡され，交流回路のリアクタンスにその全電圧がかかる．したがって回路の A点の 線間電圧は e_{12} は図にみられるようにひずみを生じ，電源電圧もそれに応じてひずんだ波形となる。



第 13 図　サイリスタ変換装置転流時の各部電圧電流波形

Fig. 13. Voltage and current wave of the thyristor equipment at commutation time

またこの過程にあっては線間電圧が図のように跳躍的に変化するので，サイリスタ素子並列ＲＣや，回路の漂遊キャパシタンスすなわちサイリスタ装置やゲート制御装置さらに交流リアクトル，発電機の対地キャパシタンスなどに貯えられていた電荷が移動し高周波の寄性振動電圧を発生する。

またサイリスタ変換装置の交流電流も図にみられるように矩形波に近い高調波を含んだ電流である。

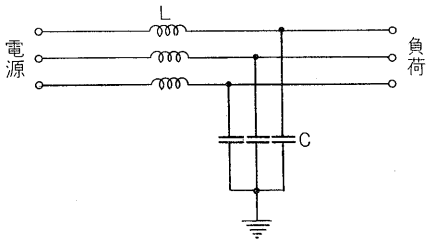
これら電圧，電流の高調波は電源回路を通じて，あるいは一部空間に副射されて船内の通信機器や魚探などに障害を生ずる可能性がある。

そこで一般にはサイリスタ変換装置と通信機器の設置場所は異なり，それぞれの設置される室の構造も鉄板で仕切られたり距離的に離れたりして減衰効果が大きく空間の副射波はほとんど問題にならない。

一方電源回路については前述のようにサイリスタ装置の容量に対する電源容量が比較的小さく，電源のリアクタンスにより船内の電圧は大きくひずむ．このひずんだ電源に通信機や魚探などが直接接続されている関係上その影響を受けやすい状態にある。

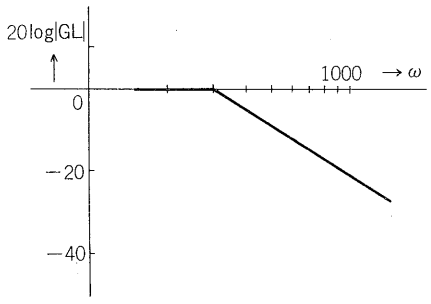
したがってこれに対しては第 14 図のようなフィルタを，影響を受ける機器の電源にそう入する。

第 15 図はこのフィルタの周波数特性を示すが，これによって船内のすべての機器はサイリスタ変換装置の影響を受けることなく動作させることができる。



第 14 図　ノイズフィルタ

Fig. 14.　Noise filter



第 15 図　フィルタの周波数特性

Fig. 15.　Frequency characteristic of noise filter

3.　船内特殊環境に対する対策

船内環境においては

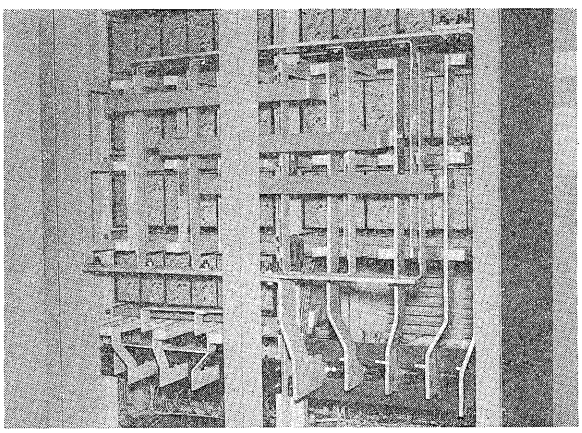
(1)　設置場所が狭い

(2)　湿度・塩分

(3)　船のゆれ，エンジンの振動

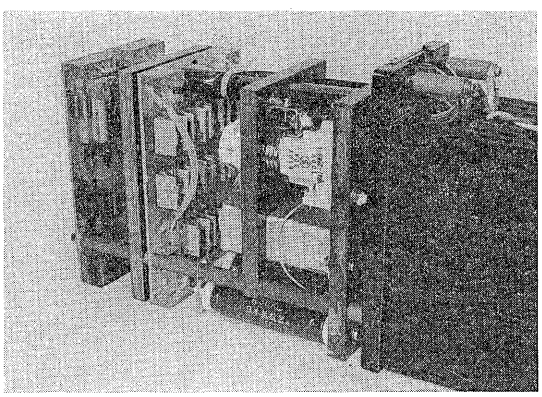
など一般の電気装置が設置される環境に比較し，厳しい条件が重なっているので，これを充分考慮して装置の設計，製作を行なう必要がある。

第 4 図にサイリスタ装置の外観を示したが，この装置は，スペースの関係から盤の高さは 1,800mmとした．さらに設置場所の問題では保守点検の容易さが要求されるが，当社のサイリスタ装置，トランジダイン装置はトレイ方式を採用しており前面操作が可能であるから，保守点検あるいは故障時の交換作業などはまったく問題がない．しかしながら，裏面にあって大電流を流すサイリスタ装置の導体は，その接続をねじ留方式とすると増締め作業が必要となるので，それを避けるために第 16 図のようにすべて銀ろう付で接続を行なうなどの考慮をはらってある。



第 16 図　サイリスタ盤裏面外観

Fig. 16.　General back view of thyristor panel



第 17 図　サイリスタユニットのプリント板外観

Fig. 17.　General view of print board of thyristor unit

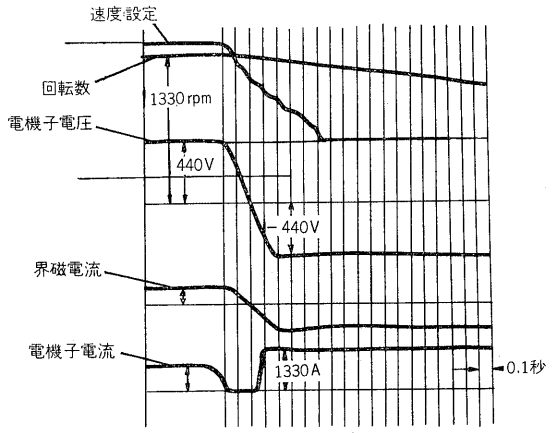
湿度・塩分の問題についてはサイリスタユニットやトランジダイン装置のプリント板において，部品の装荷密度が高く，沿面距離が短く，プリント配線あるいは接続コネクタの腐触や接触不良などの問題が考えられるがこれに対しては第 17 図のようにサイリスタユニットのプリント板をモールドし，トランジダイン装置のプリント板についてはすべて防湿，防食のためのコーティングを行なっている．また接続コネクタについてはすべて金メッキをほどこしたものを採用するなどの考慮をはらっている。

船のゆれやエンジンの振動に関してはサイリスタユニ

ットに対するモールド構造採用のほか，サイリスタ盤，トランジダイン盤とも盤フレームの下部および裏面のフレームを防振ゴムを介して固定し，特にエンジンからの振動に対する充分な減衰を考慮している。

VI. 試 験 結 果

社内試験，および試験操業時に各種設定がなされ，性能確認がなされたが，すべては満足すべき状態であった．特に電動運転より回生運転へ切り替る時のデッドタイムによる支障は全然見うけられなく，この種装置に対する界磁反転制御方式の選択の正しかったことが確認された．第 18 図に正転最高ノッチより，ストップ位置に操作した時のオシログラムを示す。



第 18 図　正転最高ノッチより 0 ノッチにしたときのオシログラム

Fig. 18. Oscillogram in case of control from max notch to zero notch

VII. む　す　び

船舶にこの装置のような大容量のサイリスタ装置を適用する場合，電源容量が限られていること，通信障害対策，厳しい環境条件に対する対策，など充分検討されなければならない。

この装置では，幸い船主殿の深いご理解とご指導を得て，充分なる検討と処置がなされ，これらはすべて解決された．現在，この装置が計画どおりの性能を発揮して活躍中であることは，今後の船舶重電装置のサイリスタ化に大きな前進を画したものといえる。

最後に，本装置の計画段階から種々ご指導，ご協力賜わった㈱極洋の岸野課長を初め関係各位に対して深く感謝致すとともに，新装置の艤装に関してご協力賜った日立造船・舞鶴造船所の関係各位に対して深く謝意を表する次第である。

参考文献

(1) 鈴木幹二・沢邦彦・元吉功：直流電動機駆動用他励変換器制御方式　富士時報 **42** No.7（昭 42）

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。