(昭和 37 年 11 月造船協会秋季講演会において講演)

浚渫船電動制御の実際と船舶電気推進

正員 柴 田 福 夫*

Test Results of Motor Control for Dredger and Its Application for
Electric Propulsion Vessels

By Fukuo Shibata, Member

Summary

In connection with Electric Propulsion Vessels, I introduced a method of the name of "Shibata Reducer" in the papers of "Journal of Zosen Kiokai" 109 and 110. Generally speaking, there are two types in this method, that is No.1 type and No.2 type.

I already introduced the test results of the No.2 type in the paper of "Journal of Zosen Kiokai" 110. Recently, we could experiment the No.1 type.

In this treatise, I have introduced the successful results of the experiments for No.1 type of this new method, and also considered the applications of the method of "Shibata Reducer" in Electric Propulsion Vessels and in Dredger of Diesel type, Turbin type or Electric type.

1 緒 言

船舶の自動化と云う問題が最近になつて急にとりあげられ、「米国における船舶の自動化」が関心のまとなつている、その中に「20,000 馬力可変ピッチプロペラの研究」と云う従来の考え方にとつてはかなりショッキングなニュースが発表されているが、このような記事を見ると「紆余曲折はあつたけれど、船舶の進展の一方は愈々最終的に電気推進方式、しかも従来筆者の提案してきた新形電気推進方式に向つていくような感じを強くする。

船舶の経済性と云う造船の重要な根本問題の中に「人間」というエレメントが急激にクローズアップされてきたために電気推進方式がそれにとりあつて脚光を浴びて来始めたのであるがもとより電気推進方式を考えるにおいても単に「人間」の点を考えるだけでは不可で「人間」を含めた広い意味の「船舶の経済性」を考えねばならない。そのためには大別して(1)電気推進方式を採用するために他の方式と比しイニシャルコストにおいてどの程度の差があるか。(2)船舶建造後これを運転し、維持し、保守して行く場合にどの程度の差があるかを考えねばならぬ。

しかしこのイニシャルコストという点を考えても、その中には(A)複数高速ディーゼル方式による電気推進の利用や、逆転なし一定速度タービン(発電機タービン)の使用による電気推進で機関室区割に余裕を生じ、居住区をセカンドデッキにおとせることや(B)軸系の節約その他種々の点が考えられるし、また船舶の運航、維持費に関連して(C)人数要員の減少(D)燃料費その他が考えられ、これらが相互に関連し、かなり問題が複雑となる。本小論においては電気推進方式一般の良否を論ずるのが目的ではなく、その目的は(a)電気推進方式で従来問題となつているイニシャルコストの問題が筆者の方式のためにいかに軽減されるかということと(b)船舶の運航、維持上筆者の方式がいかに秀れているかを論ずると共に、実際に今回ドレッジ用として製作された筆者の電動速度制御装置 200 馬力スイングインチの具体的な試験結果を紹介し、その船舶における利用を述べようとするのである。

2 電動制御 "Shibata Reducer" の形式一般と回路⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

Shibata Reducer 方式は大別して三形式に分れる。第 1 図、第 2 図、第 3 図にその三形式をそれぞれ示すが

原稿受付 昭和 37 年 6 月 10 日

* 川崎重工業造船設計部

いずれも負荷を駆動する主電動機には巻線形誘導電動機 IM を用いる。これに対し補助機器として第1図では主電動機と機械的に結合する補助直流電動機 DM 、第2図では主母線 B へ電力を返還する補助直流電動発電機 $DM-IG$ を用いる。

第 1 図

第 2 図

第 3 図

これら補助直流機や補助直流電動発電機と主誘導電動機との間に可変比変圧器 T と半導体整流器 R を挿入し、この可変比変圧器の変圧比調整と補助直流機の界磁調整によつて速度調整を行なう。

第3図では第2図の方式の変形として補助直流電動発電機を共通に使用し、誘導電動機 IM_1 IM_2 等を複数個使用し、補助直流電動機の直流側電圧をほぼ一定に保つたまま、各誘導電動機にそれぞれとりつけられた可変比変圧器の変圧比調整によつて速度制御できることを示すが、この方法は補助直流電動発電機の台数および容量を節約し得て、非常に経済的である。

3 特 性

Shibata Reducer 方式第1図および第2図の方式において速度制御をした場合の特性はそれぞれ第4図第5図の如き曲線となる。この特性はいずれも補助直流機の界磁調整と可変比変圧器の変圧比調整によつて造られた特

第 4 図

第 5 図

性曲線であり、その各特性曲線の最大トルク点を結ぶ軌跡はすでに述べた⁽¹⁾⁽²⁾如くであるが、この第4図第5図においてはいずれも補助直流機容量が主電動機容量の30%の場合を示し、それぞれ第1図第2図の方式に対応するものである。

これらの特性は第1図の方式に対しては⁽¹⁾

$$n_1 = \frac{\{1 - (0.753 I_a R_a + 2q \Delta E) \frac{u}{E_2}\} n_0}{0.753 K \Phi u n_0 / E_2 + 1} \quad (1)$$

第2図の方式に対しては

$$n_1 = \left\{ 1 - (0.753 E_m + 2q \Delta E) \frac{u}{E_2} \right\} n_0 \quad (2)$$

によつて決定される。

ただし、

n_0 : 主電動機同期回転数

n_1 : 主電動機回転数

E_m : 直流機電圧

ΔE : 整流器電圧降下

q : 整流器直列枚数

u : 可変比変圧器の変圧比

E_2 : 主電動機静止二次誘起電圧

Φ : 直流機磁束

$I_a R_a$: 電機子電圧降下

K : 定数

4 浚渫船への実際適用一例結果

筆者はすでに第2図方式の実際適用を示したことがあるが⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾、今回は130kW、440V、1200RPMの誘導電動機と43kW、220V、800RPM直流複捲電動機の機械的結合による第1図方式の実際運転を行なつた。

第6図はその試験の構成を示したものである。その負荷として直流発電機を用いて試験し、第7図の如き試験結果を得た。

第7図の特性は横軸に直流機電流をとり、縦軸にその回転数をとつた。これにより第4図の如き特性を予想できる。

第8図はコントロールノッチを進める毎に種々変化する回転数、直流機電流、直流分捲界磁線輪にかかる電圧等の過渡値を示す。

以上の試験結果より直流機電圧、変圧器の変圧比を変えて主電動機を速度を大幅に変更せしめることが

第6図

第7図

第 8 図

判り、第1図方式の総合試験結果が良好であつたといふのである。

5 電気推進船への応用

第1図方式、第2図方式のいずれの方式も船舶電気推進に使用しうる。しかし特に第2図の方式は次のような利点があるので推奨したい。

(1) 推進電動機の装備位置が船端になるため、第1図のように2個の電動機を結合してこの位置に設けることは配置し難い場合があり、第2図の如き単独の電動機の方が装備しやすい。

(2) 第2図の電動発電機は航行中は推進機に用い、停泊荷役中はタンカーの場合には荷油ポンプを Shibata Reducer 式電動とし、その補助機器に転用し、その広範囲速度制御を可能ならしめる。また貨物船の場合には荷役ウインチを Shibata Reducer 電動とし、その補助機器に転用し、その広範囲速度制御を可能ならしめうる。これらは第2図の方法で実施しうるのであつて、非常に経済的である。

(3) 航行中においても、機関室補機のうち大型電動機は速度制御をこの電動発電機を共用することによつて可能ならしめる。従つて経済的である。

(4) 逆転時再生制動を行ない得るので逆転操作が容易である。

第2図方式は第1図方式に比し、上記の如き利点もあるも、第1図第2図方式を総合し全般的に考えた場合、この Shibata Reducer の電気推進への利用には以下の如き共通利点がある。

(a) 推進機系と船内電力系に対する電源発電機系統を共用できる。このことは第9図に示すような系統となし得て、船内発電機を別個に必要としない。第9図は主要な電気系統であつて、 G_1, G_2, G_3 は例えばディーゼル駆動の発電機であり、並列運転する。 IM は推進機用電動機を示し、可変比変圧器 T_1 、半導体整流器 R を経て電動発電機 $DM-IG$ に接続されるが、 M_1 は例えば荷油ポンプの電動機を示し、電動発電機 $DM-IG$ が航行時には IM に、また荷役時には M_1 によつて共通使用されることを示し

第 9 図

ている。 M_2 は電動機群, L は電灯負荷群, C は通信負荷群を示し, AG は停泊用発電機であり, これらすべては共通電力母線 B に接続されるのである。

(b) 全系の能率が高い。

6 本方式の問題点

Shibata Reducer は第1図方式も第2図方式もすでに今回の実験によつて機器としては全く問題のないことが判つた。そこで本方式を船舶に利用する場合, 現在どのような問題点があるかを述べよう。

(1) Rule の解説

Lloyd, NK, AB 等いずれの Rule を見ても船内発電機は1台予備を設けることが示されている。この規則のよつて来たることは主機系と分離された船内発電機系を考えると, そのトラブルの危険性の確率の点からこのように規定されたと考えられる。すなわち従来の船舶において推進軸を安全に駆動せしめ, 船舶の航行を続行せしめようとするれば単に主機関の安全運転のみならず, その補機系をも同時に安全駆動せしめねばならない。この補機系を受け持つのが船内発電機であつた。従つて従来, 船内発電機の故障が起こつたとしても推進系は直ちに停止せしめねばならなかつたのであり, その点から主機関ではないけれども船内発電機に予備を設備せしめるようにしたと考えられる。この点主機系と補機系を同一系とする本方式に対しては従来の考え方に立つていえばかような予備発電機の必要性はないであろう。この点を各協会に確認して頂く必要がある。

(2) 推進機の逆転時の問題

Shibata Reducer 第2図方式では再生制動方式⁽⁷⁾⁽¹²⁾によつて逆転時のエネルギーを回収しようとしている。この点船舶において運航エネルギーを吸収する電気負荷があるかどうか, 若干非常用吸収抵抗を設ける必要があると思う。

(3) 静止逆変換装置の利用

第2図方式中の電動発電機の代りに水銀整流器など静止型の逆変換装置を使うことも考えられるが, 現状ではやはり電動発電機が最も確実な方法と思われる。

(4) 複数電動機制御方式⁽¹¹⁾

第3図の方法は非常に経済的な方法であることが判つた。これは理論的に可能であり, 共用される電動発電機の補助直流機電圧も実際の結果においては過渡的に瞬時変化するのみで全く問題ないと考えられる。これは具体的に遠からず実験結果を出し, その優秀性を確かめるつもりである。

(5) その他

Shibata Reducer の可変比変圧器において, その一次側捲線を変更した方が良いか, 二次側を変更した方が良いか, またスライダックと抵抗器の結合あるいは, また単相変圧器のデルタスター結線の比較など, 種々の比較が考えられるが, これらの論議は別の機会にゆずることとする。

7 渡瀬船への本方式の利用価値

本論文においては主として渡瀬船のウインチに適用した Shibata Reducer の結果を眺めながら本方式の今後の船舶電気推進への適用を考えて来たが, 本方式は渡瀬船そのものにおいても今後さらに発展適用が予想される。

既述の如く, 第3図の方式によつてカッターモーターとウインチのみならず, 主ポンプも共に共通使用の電動発電機を利用して広範囲速度制御できる。これによつて全装置が経済的に装備できるのであるが, このような方法をとると, 電気船として関東関西の50~60変換によつて両地方で使う渡瀬船においては特にその価値があると思われる。またディーゼル船やタービン船の場合には通常船舶の電気推進船と同様ディーゼルやタービンの装置価格の経済性が考えられる。

一方本方式では再生制動が自由にできるが, これを利用して渡瀬船のスイングウインチに利用するとき, 捲とり側のみならず, 捲き出し側においても本方式を利用でき, その制御が非常に容易となるのである。

8 結 言

上今回は Shibata Reducer^{(8)~(10)}の第1図方式のドレツジャーでの実用設験を始めて行ない, その成功をおさめたのでこの機会に Shibata Reducer を船舶電気推進に利用した場合の問題点や渡瀬船への今後の利用を考

えてみた。この方法が大型船舶の実際に電気推進方式として利用されるようになることは今や単に時間の問題と思う。

本論文がいくらかでも利用者の御参考となれば幸いである。終りに臨み本方式⁽¹³⁾の実験に協力された黒田君の労に感謝するものである。

参 考 文 献

- (1) 電気学会雑誌 昭和 37 年 3 月号 柴田 巻線形誘導機速度制御の一方式
 - (2) 造船協会論文集第 109 号 柴田 推進器をふくむ大型船用電動機の新方式実験
 - (3) 造船協会論文集第 110 号 柴田 交流電動機新速度制御方式の船用ウインチにおける実際適用
 - (4) 関西造船協会誌第 101 号 柴田 船舶電気推進の一方式
 - (5) 電気雑誌 オーム 昭和 37 年 1 月号 柴田 交流電動機の新速度制御装置の理論と応用
 - (6) 関西造船協会会誌 第 105 号 柴田 甲板機械や浚渫船の電動制御
 - (7) 造船三協会 昭和 37 年 5 月春季連合大会論文梗概 柴田 船舶電動制御における回生制動
 - (8) 電気学会連合大会 昭和 35 年夏連合大会 6.13 柴田 クレーマー・シェルビウス方式の一変形
 - (9) 電気学会連合大会 昭和 35 年 11 月東海支部大会 柴田 クレーマー方式の一変形
 - (10) 電気学会連合大会 昭和 36 年春 柴田 シェルビウス方式の一変形の実験結果
 - (11) 電気学会関西支部連合大会 昭和36年秋 柴田 シバタレジウサーの応用(船用ウインチ等の電動制御)
 - (12) 電気学会連合大会 昭和 37 年春 柴田 シバタレジウサーの応用例(交流電動機新速度制御方式と回生制動)
 - (13) 特許並びに特許出願 日本 34-36835 以下 20 件 米国 4 件, 英国 3 件, 独国 1 件
-