

タグボートを対象としたハイブリッド推進システムにおける 電動発電機定格の最適化

東京海洋大学 ◎浅田悠右 木船弘康
西尾尚晃

1. はじめに

ハーバータグボートは大型船の押し引きを行うために、高出力のエンジンと 360 度旋回可能なアジマススラストを 2 基搭載している(図 1)。それぞれの主機(M/E-1,2)はスリップクラッチ(SC-1,2)を介してそれぞれの旋回式推進器(ATD-1,2)を駆動している。発電機(D/G-1,2)は船内負荷(Load)へ電力を給電する。図 2 は実測により得た推進器入力動力の積算時間をまとめたものである。作業時(On service)では低出力から高出力まで幅広い出力が要求されている。一方で、作業海域までの移動時や作業前の待機時といった作業外(Out of service)では高出力が要求されることはほとんどない。この特徴に注目して、著者らはタグボートを対象としたハイブリッド推進システムを検討してきた^①。また、検討した推進システムを SFC(Specific Fuel oil Consumption)の面で評価するため、SFC を算出できるシミュレーションプログラムを独自に開発してきた^②。

前論文^①までは、ハイブリッド推進システムにおける電動発電機の定格出力を考慮する最大出力(750[kW])に設定してきた。しかし、SFC 改善を目的として最適化された値ではなかった。そこで本論文では、開発したシミュレーションを用いて電動発電機定格と SFC 特性の関係について検証を行った。

2. 作業外におけるハイブリッド推進システム

図 3 に示すのは、検討してきたハイブリッド推進システムである。これは従来の推進システム(図 1)に加えて乾式クラッチ(C-3,4)、電動発電機(M/G-1,2)、電力変換器(EPC-1,2,3)、切り替えギア(GEAR)が接続され、DC bus により主機系統と発電機系統が連結されている。すべての電力変換器は双方向変換が可能であり、M/G により主機をアシストしたり、軸発電機として利用することができる。本論文では、図 3 に示す右舷主機のみを運転した場合に注目する。

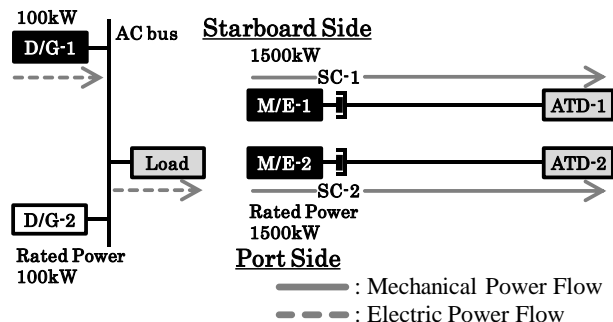


図 1 国内における一般的なタグボートのシステム

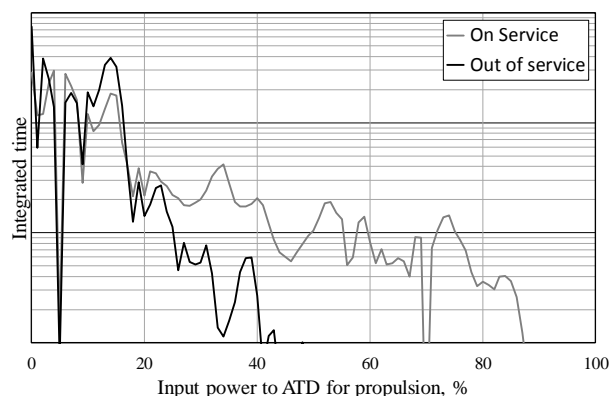


図 2 推進器入力動力の積算使用時間の傾向

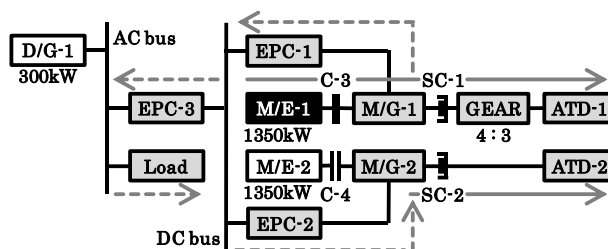


図 3 ハイブリッド推進システムとエネルギーフロー例

3. 電動発電機の定格出力を変更すること による燃料節減効果

M/G の定格出力が SFC に与える影響を明らかにするため、シミュレーションを行った(図 4)。SFC 比は一般的なシステムの SFC を 100[%]とした時のハイブリッドシステムの SFC の傾向を示している。

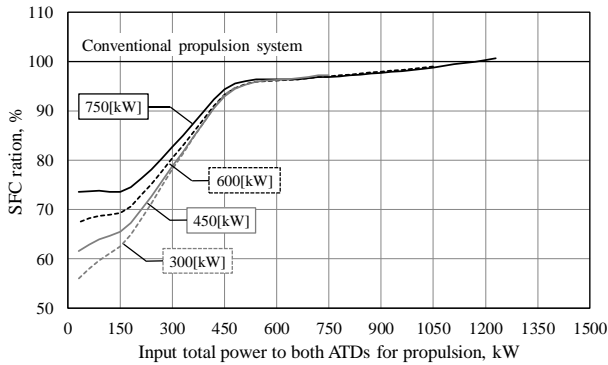


図 4 主機 1 基のみを運転する場合の SFC 特性

大出力が要求されない状況下において、ハイブリッドシステムの場合、図 3 のように主機 1 基の出力が両舷推進器及び Load を賄うことができる。このため SFC が改善される傾向にあることが確認できる。特に、合計推進器入力動力が 450[kW](15[%])以下の範囲において SFC が大きく改善される傾向にある。一般的なシステムにおいて、合計推進器入力動力が 450[kW](15[%])以下の範囲では SC を滑らせて運転する。これに対し、提案するハイブリッド推進システムでは、SC-2 を滑らせる必要がない。このため、動力伝達損失が減り、SFC が改善されたと考えられる。ただし、M/G は低負荷域ほど効率が低下するため定格値が大きいと低負荷時のエネルギー損失が増加しやすい。以上のことから M/G の定格値を可能な範囲で小さくする方が、SFC の改善という点で期待できる。

4. 電動発電機の定格出力の最適化

図 3 に示すように前論文では、M/E 定格を 1,350[kW]、D/G 定格を 300[kW]、そして M/G の定格出力は考えうる最大出力として 750[kW] に設定してきた。主機 1 基のみを運転した場合において、Load を賄いつつ推進器を駆動した時、推進器に入力できる最大動力は 1,230[kW] である。一般的なシステムにおける推進器入力動力の最大値 3,000[kW] を 100[%] とすると、1,230[kW] は 41[%] となる。M/G の定格出力をパラメータとして 150[kW] ずつ変化させた場合、主機 1 基のみを運転した状態での推進器入力動力の最大値は表 1 のように制限される。

作業外において推進器入力動力の制限が及ぼす影

表 1 電動発電機の定格出力と推進器入力動力の最大値

	Rated power of M/G			
	750[kW]	600[kW]	450[kW]	300[kW]
Maximum input power of ATD	41[%]	35[%]	25[%]	15[%]

響の一つに、移動時における船速の低下が挙げられる。ハイブリッドシステムを導入した際、出力制限により船速が制限されるため、これを考慮に入れた航海計画を立てる必要がある。

次に、図 2 に示す推進器入力動力の積算使用時間の傾向をふまえた検討を行う。作業外では高出力が要求されることはほとんどない。また、約 20[%]までの動力で運転している時間が長く、作業外全体の約 95.9[%]の時間を占めることが明らかとなった。そこで、比較的使用頻度の高い約 20[%]までの動力をカバーし、同時に Load を賄うことを条件として、M/G の定格を決定することとした。表 1 に示す推進器入力動力の最大値をふまえると、M/G の定格は大よそ 370[kW] 前後以上必要であることが明らかとなった。

定格出力が 370[kW] 前後の M/G を採用することで、作業外において燃料消費を節減しつつ一般的なタグボートと同等の運航がこなせると考える。

5. おわりに

本論文では実測により得た合計推進器入力動力の積算時間に基づき、電動発電機の定格出力の最適化を行った。また、定格出力の最適値における SFC を示した。作業外において考察したが、最適化した電動発電機の定格出力を用いて作業を行った際の SFC を評価する必要がある。

参考文献

- (1)Takaaki Nishio, Hiroyasu Kifune, "A Study on Control Method and Fuel Saving Effect of Hybrid Propulsion System for Tugboat", 第 86 回マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集, pp.119-122 (2016)
- (2)Hiroyasu Kifune, Takaaki Nishio, "A Study of Fuel Consumption Model Using Tugboat's Propulsion System", 日本マリンエンジニアリング学会誌 Vol.50, No.4, pp.129-136(2015)