小型漁船用 主機驅動 油壓式 定周波數 發電裝置에 관한 硏究(1)*

—油壓펌프 制御方式—

李一永**· 朴相吉** · 鄭容吉***
**釜山水産大學 ***統營水産專門大學
(1988년 1월 30일 접수)

Hydraulic Constant Frequency Generation System Driven by Main Engine for Small Fishing Boat

—Hydraulic Pump Control type—

Ill Yeong LEE, Sang Gil PARK
National Fisheries University of Pusan
and Yong Gil JUNG
Tong-Yeong Fisheries Junior College
(Received January 30, 1988)

An electrical power generation system driven by main engine shaft, briefly SG system for middle or small size fishing boat is studied experimently. In the SG system, power transmission is performed by a variable displacement hydraulic pump driven by the main engine and a constant displacement hydraulic motor. It was verified that the SG system enabled the generation of electrical power with constant frequency regardless main engine speed. In the SG system, setting reference frequency, sensing generator output frequency and setting controller parameters are performed by programming in a microcomputer, so a countermeasure for physical situations of control object is very easy. Futhermore, the SG system has following features; low initial installation cost, wide freedom of installation in engine room, advantage of application in existing ships, especially fishing boat with hydraulic fishing equipments.

緖 論

最近 船舶用 交流發電機를 독립된 補助機關으로 驅動하는 대신에 主機에 의하여 驅動하는 方式이 많이 검토되고 있다. 그 이유는 交流發電機를 主機로 驅動하는 경우 動力源을 하나로 집약시킴으로써 燃料의 節減이 가능하고, 維持 管理의 용이, 運轉騷音의 低減, 機關室 空間의 有效活用 等이 가능하기 때문이다. 이러한 主機驅動 發電裝置를 통상 SG(Shaft Generator) 시스템이라 부른다.

SG 시스템 가운데서 가장 간단한 形式의 것으로는 直結式이 있다. 이것은 發電機와 主機關을 增速機를 거쳐서 直結하기 때문에 傳動效率은 매우 높지만 主機關 回轉數 변화에 따라 發電周波數가 변화하는 문제점이 있다. 集魚燈과 같은 抵抗만의 負荷에서는 周波數가 變動하여도 문제가 없으나 각종 補機驅動

* 본 硏究는 月海財團의 硏究費 지원에 의하여 이루어졌음.

用 電動機類, 螢光燈 따위의 照明器具, 航海用 計器, 魚群探知器, 無線設備 等을 正常으로 동작시키려면 周波數變化가 적은 良質의 交流電力이 필요하다. 따라서 直結式의 경우 良質의 電力을 얻기 위해서는 主機關回轉數는 항시 일정으로 維持되어야 하므로 一定速度 航海時 혹은 可變피치 프로펠러 採用時 等으로 發電機의 사용이 제한된다.

直結式 이외의 方式으로는 (1) 流體 클러치식, (2) 渦電流 커플링식, (3) 電動發電方式, (4) 差動遊星齒車方式, (5) 사이리스터 인버터(thirister inverter)方式 등이 있다[1]. 이 가운데서 (3),(4),(5)의 方式은 電動效率이 비교적 우수하여 最近 大型船에서 採用이 증가하고 있다. 그러나 (3),(4),(5)의 方式은 初期 設備費가 高價인 결점이 있으므로 현재까지로는 中,小型漁船의 SG 시스템으로는 거의 採用되지 않고 있다. 따라서 中,小型漁船에서 採用되는 SG 시스템에서는 直結式 혹은 定波波가 아닌 矩形波를 사용하는 경우가 많으며, 간혹은 (1),(2)의 方式도 採用되고 있다. 그런데 (1),(2)의 方式은 主機關의 常用 最低回轉數에 맞추어서 發電機側 回轉數를 설정하고 主機側 入力回轉數의 變動을 機械的 혹은 電氣的으로 슬립(slip)시킴으로써 速度를 制御하게 되며 슬립분은 熱로서 방출된다. 그러므로 主機關의 使用回轉數 範圍가 넓은 漁船에서는 (1),(2)의 方式을 採用하는 경우 傳動效率의 低下가 현저하게 된다(傳動效率 45% 이하)[2].

이상과 같은 이유로, 回轉數가 變動하는 主機關으로부터 一定周波數의 電力을 얻을 수 있으며 傳動效率이 우수할 뿐만 아니라 初期設備費도 비교적 저렴한 SG 시스템이 고안된다면 漁船運用의 經費節減은 물론 船內의 作業環境 改善에도 크게 기여할 것으로 생각된다.

이러한 요구에 부응하기 위하여 本 硏究에서는 上記 (1)~(5)의 方式들과는 다소 상이한 方式인 油壓펌프·모터方式에 의한 SG 시스템을 제안한다. 이것은 主機關으로 可變容量形 油壓펌프를 驅動하고 이때 펌프吐出量을 主機關 回轉數와 무관하게 일정으로 維持시킴으로써 油壓모터에 의하여 發電機를 一定速度로 驅動하는 方式이다. 이 方式은 直結式이나 사이리스터 인버터方式에 비하여 傳動效率은 다소 낮지만 初期 設備費가 低廉하고 設置上의 自由度가 크며, (2),(3)의 方式보다는 傳動效率이 높아서 中, 小型漁船用으로 實用性이 높은 SG 시스템이 될 것으로 예상된다.

實驗裝置 및 實驗方法

1. 油壓回路

Fig. 1은 實驗裝置의 槪略圖이다. 主機關의 回轉을 모의할 目的으로 可變速度 電動機(V.S. motor)①를 사용하며, 이 電動機로 主動力源인 斜軸式 피스톤 펌프(可變吐出形)를 구동시킨다. 또 制御用 油壓源으로 베인펌프 ②를 사용한다. 油壓모터 ④는 斜板式 피스톤 모터(固定容量形)이며 이 油壓모터로 交流發電機⑤를 구동하여 交流電力을 發生시킨다. 制御用 油壓源으로부터의 壓力油는 라인 필터, 어큐뮬레이터를 거쳐 電氣油壓 서보밸브⑥으로 공급되고, 서보

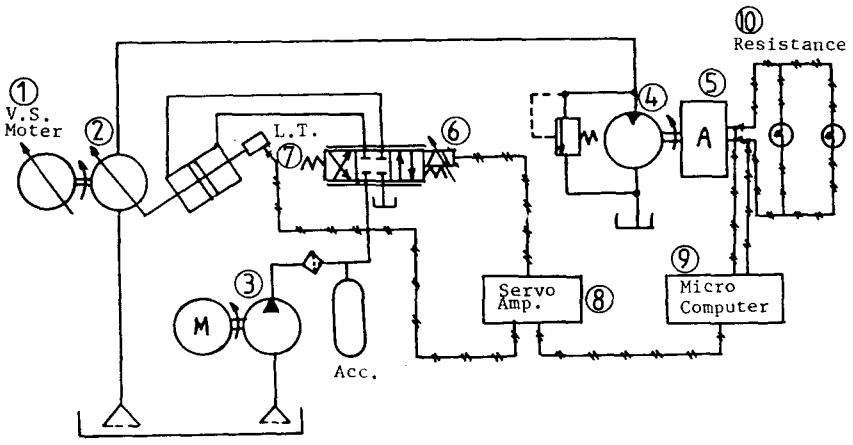


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental apparatus.

增幅器로부터 공급되는 電流信號에 비례한 流量이 펌프①의 吐出量 制御用 油壓실린더⑦로 공급된다.

2. 制御回路

交流發電機⑤의 負荷로는 抵抗負荷(白熱電燈)를 사용하였다. 制御用 컴퓨터⑨에서는 油壓펌프①의 驅動源(主機關)의 速度變動 혹은 負荷變動에 따른 發生電源의 周波數 變動을 디지탈 信號處理에 의하여 檢知하고 이를 基準周波數와 비교하여 制御信號를 發生시키는 역할을 한다. 서보增幅器는 制御用컴퓨터⑨로부터의 制御信號에 비례한 電流出力을 發生시키며 이 電流信號에 의하여 서보밸브⑥을 구동시키게 된다. 한편 本 硏究에서는 制御의 應答을 향상시키기 위하여 油壓실린더⑪의 變位를 피드백(feed back)하여 서보增幅器⑧, 서보밸브⑥을 구동시키는 캐스케이드 制御(cascade control)도 병행하였다.

Fig. 1의 制御用 컴퓨터⑨에서의 交流電源의 周波數 檢知 및 制御信號 發生의 原理를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2(a)는 信號의 처리경로를 나타낸 것으로 正弦波信號를 一定振幅의 矩形波(Fig. 2(b)에서 破線形)로 變換(wave shaping)하고, 이 信號를 다시 mono-stable multivibrator(MMV)에서 펄스(pulse) 信號로 變換한다. CPU 에서는 펄스와 펄스 사이의 시간을 프로그램 루핑(program looping) 回數(1 loop 소요시간은 6 μs)에 의하여 檢出하고 基準周波數와 비교함으로써 誤差信號에 比例한 制御信號를 D/A 變換器를 통하여 아날로그 信號로 出力하게 된다. 이 때 制御信號는 Fig. 2 (c)에서와 같이 基準周波數(여기서는 50 Hz)의 ±8% 범위에서는 周波數에 比例한 信號가 發生하게 하고 ±8% 범위를 벗어나는 周波數 領域에서는 一定信號가 發生하게 하였다.

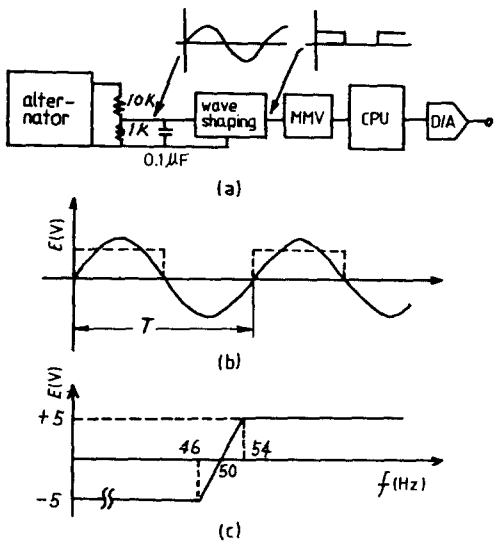
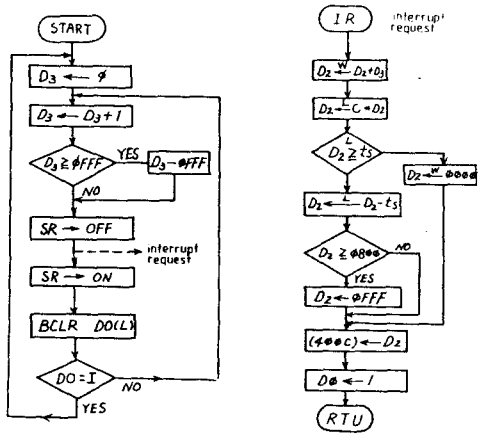


Fig. 2. Processing route of frequency signal (a), and processed siginals(b), (c).

Fig. 3에 制御用 컴퓨터 CPU 에서의 信號處理過程을 나타내었다. Fig. 3(a)는 周波數 檢出用 프로그램 루프이며 Fig. 3(b)는 검출된 周波數와 基準周波數를 비교하여 얻어지는 誤差信號에 비례한 制御信號를 出力시키는 프로그램이다.

實驗에 사용된 主要裝置들의 사양을 Table 1에 나타내었다.



(a) frequency sensing (b) error signal generating
Fig. 3. Programs for digital signal processing.

Table 1. Specification of principal experimental system components

Items	Specifications
hydraulic pump	axis clined type, variable displacement, 0~48 cm^3/rev, 350 kgf/cm^2 Kawasaki Heavy Industry Co., Ltd.
V.S. motor	driving motor:3ϕ 4 P, 220 V, 3.7 KW speed: 150~1.500 rpm output torque: 2 kgf·m Dong Yang Electric Co., Ltd.
servo valve	input: 0~30 mA, 0~30 1/min at 140 kgf/cm^2 Tokyo Precision Co., Ltd.
servo amp.	input :0~±10 V, output:0~120 mA dither: 200 or 500 Hz Tokyo Precision Co., Ltd.
hydraulic motor	swash plate & piston type, 10.5 cm^2/rev, 105 kgf/cm^2, 1, 800 rpm, Vickers Co., Ltd.
generator	100 V-50 Hz, 110V-60 Hz, 2kVA, 4P, 1ϕ, 1, 800 rpm, Westing House Co., Ltd.
micro computer	CPU MC 68, 000, clk 12 MHz, ROM 4K words, RAM 4K words, Manufactured by Authors

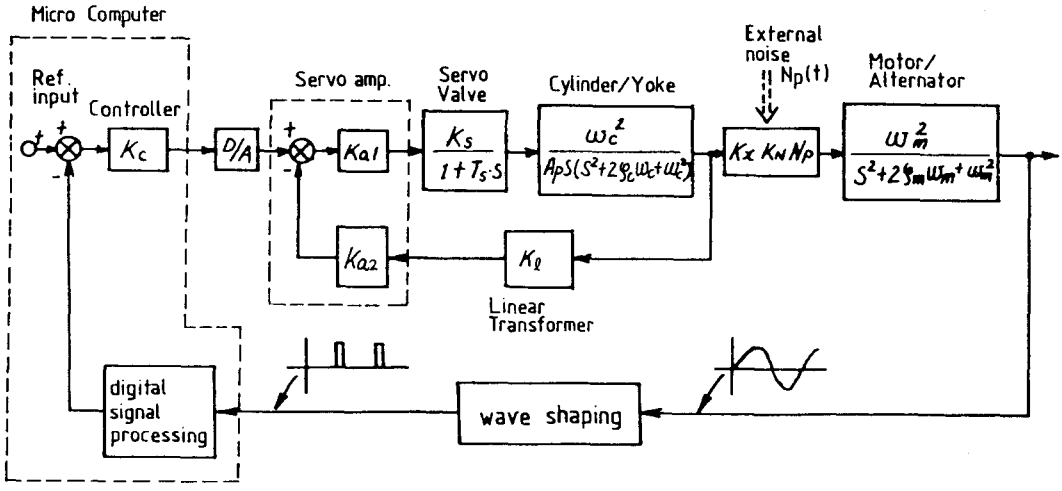


Fig. 4. Block diagram of the experimental system.

3. 制御裝置의 設計

Fig. 1에 나타낸 本 實驗시스템을 解析的으로 모델링하여 Fig. 4의 블록線圖로 나타내었다. Fig. 4에서는 油壓펌프 요소에서 펌프回轉數(Np)를 定數로 나타내고 있지만 실제로는 Np는 變化量이며 용이하게 線形近似할 수 있는 요소는 아니다. 또 全 시스템의 파라미터를 용이하게 도출하기가 곤란하므로, 理論的으로 最適의 制御器를 設計하기가 곤란하였다. 따라서 本 硏究에서는 實機의 運轉狀況을 조사하면서 本 實驗 시스템이 가능한 한 最適의 運轉狀態가 되도록 制御器, 서보增幅器의 常數값들을 결정하는 方式으로 制御裝置를 設計하였다.

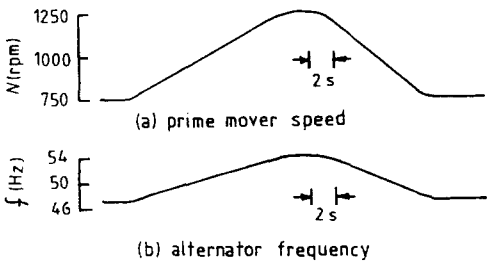


Fig. 5. Static characteristics of the experimental system(load:180W).

4. 實驗方法

實驗 시스템의 特性을 推定하기 위하여 原動機(V. S. motor) 回轉速度와 發電機 周波數(制御用 컴퓨터에서 D/A 變換機를 통하여 出力)를 2채널 記錄器에서 測定하였다.

實驗은 다음 3종류로 나누어 행하였다.

(a) 靜特性 實驗 : 原動機 回轉速度를 750~1300 rpm으로 서서히 變化시켰을 때의 周波數 變動을 測定

(b) 動特性 實驗① : 原動機 回轉速度를 800rpm에서 1000rpm 부근까지 (變化幅:初期 回轉數의 약 20%) 1 s이내에 變化시켰을 때의 周波數 變動을 測定

(c) 動特性 實驗② : 回轉數 설정치를 46 Hz에서 순간적으로 50 Hz로 變化시켰을 때의 周波數 變動을 測定

(a) 靜特性 實驗에서는 시스템의 動的인 特性을 排除하기 위하여 速度變化率을 약 40rpm/s로 하였다. 또 (b), (c)의 動特性 實驗에서는 發電機의 負荷値를 여러가지로 變化시키면서 實驗을 행하였다.

結果 및 考察

1. 靜特性 實驗

Fig. 5는 實驗시스템의 定常狀態의 特性(靜特性)을 나타내는 實驗結果의 一例이다.

原動機의 速度를 그림의 (a)에서와 같이 750rpm~1250rpm 사이를 增減시켰을 때의 周波數는 (b)에서와 같이 47.28 Hz~54 Hz(設定周波數는 50 Hz)로 變化함을 알 수 있다.

原動機의 速度가 1250rpm 이상과 750rpm 미만의 범위에서 (b)에서와 같이 周波數 變化에 飽和가 발

생하며, 이것은 制御用 컴퓨터의 D/A 變換器가 飽和 狀態로 되기 때문이다. 따라서 이와 같은 制御 영역의 한계를 초과한 영역에서는 충분한 制御效果를 기대 할 수 없게 된다.

2. 動特性 實驗(1)

Fig. 6(1), (2)는 原動機 回轉速度를 급격히 變化시켰을 때의 周波數變動을 나타낸 것으로, 그림에서 (1)은 負荷가 600 *W*, (2)는 180 *W*인 경우이다. 그림에서 增速時와 減速時의 overshoot 量에 큰 차이가 發生하는 것은 原動機로 사용한 V.S. motor의 速度調節機 자체의 특성에 의하여 발생하는 增速時와 減速時의 불균형에 起因하는 것으로 생각되다. 즉, 減速時는 電磁 클러치에 電力을 공급하게 되어 原動機回轉數 자체에 overshoot가 없지만 減速時는 SCR 制御에 의한 여파를 위한 필터의 용량때문에 原動機 자체에 큰 undershoot가 발생하기 때문이다. 그림에서 (1), (2) 共히 出力의 應答時間은 數秒이내로 매우 짧으며, 따라서 本 實驗 시스템의 應答性은 매우 우수함을 알 수 있다.

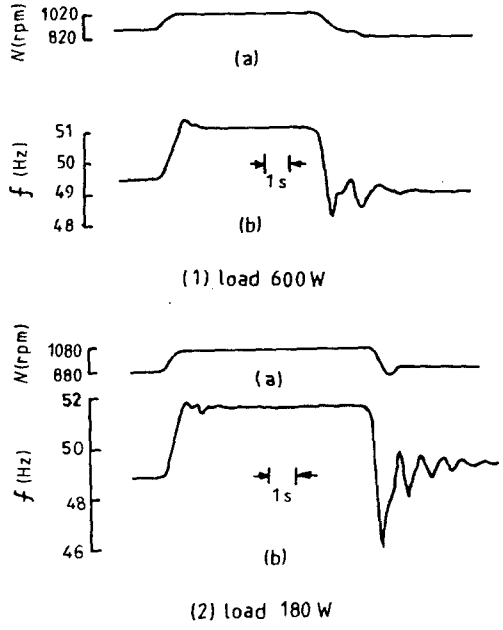


Fig. 6. Dynamic characteristics of the experimental system (when the prime mover speed changed suddenly).

한편, 負荷가 큰 (1)의 경우에서는 (2)의 경우에 비하여 undershoot가 작으며, 이것은 本 實驗시스템의 動特性에 대한 發電機 負荷의 減衰效果가 매우 크다는 사실을 입증하는 것이다.

3. 動特性 實驗(2)

Fig. 7 (1), (2), (3)은 각각 原動機 回轉速度를 1000 *rpm*으로 고정해 두고 周波數 入力을 46 *Hz*에서 50 *Hz*로 階段狀으로 變化시켰을 때의 原動機回轉數 및 周波數 變化를 나타낸 것이다. 그림에서 (1)~(3)의 어느 경우나 應答性이 우수함을 알 수 있으며, 負荷가 큰 경우일수록 2次 系統의 전형적인 特性인 delay time과 rise time이 길어지고 settling time이 짧아짐을 알 수 있다. 따라서 發電機 負荷가 本 實驗 시스템에 미치는 減衰요소로서의 역할이 매우 큼을 알 수 있다.

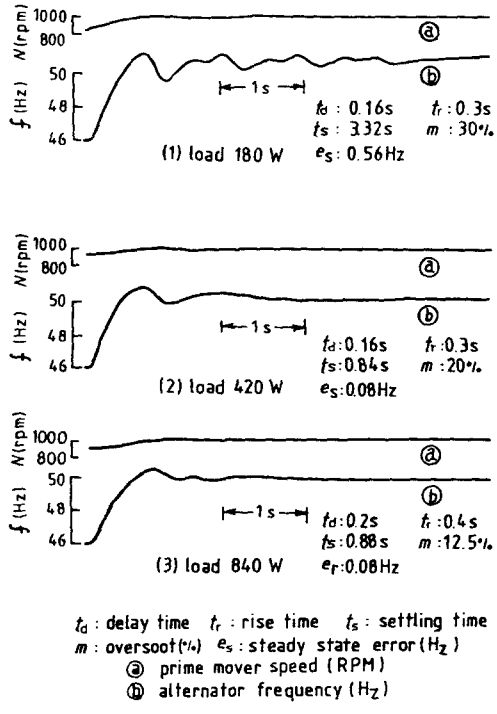


Fig. 7. Dynamic characteristics of experimental system (when the reference frequency input changed suddenly).

結　　論

本 研究에서는 中, 小型 漁船用 軸發電시스템으로 油壓펌프, 油壓모터에 의한 發電시스템을 提案하였다. 提案한 시스템에서 主機關으로 구동되는 可變容量形 油壓펌프의 吐出容量을 制御함으로써 主機關 回轉數

變化에 무관하게 일정한 周波數의 電力 發生이 가능함을 實驗的으로 확인하였다. 本 시스템에서는 基準入力(周波數)의 設定, 피드 백 신호와의 비교, 制御器의 구성이 制御用 컴퓨터의 프로그램에 의하여 실행 가능함으로 制御 대상의 物理的 狀況變化에 대한 制御裝置의 設計變更 等 적응이 매우 용이한 특징을 가지고 있다.

靜特性 實驗結果에서 原動機 回轉數가 定格의 ±25%로 變化時의 定常誤差는 약 8%였다. 動特性 實驗結果에서는 原動機의 回轉數의 급격한 變化 혹은 基準入力의 階段狀 變化에 따른 周波數의 應答은 數秒이내로 매우 良好하였다. 특히 發電機 負荷가 本 시스템의 動特性에 큰 減衰效果를 가짐을 알 수 있었다.

本 硏究에서는 主로 提案한 軸發電시스템의 制御性能에 대하여 推論하였으며, 따라서 裝置의 效率, 實際船舶에 設置했을 때의 經濟性에 대한 考慮는 今後 계속해야 할 硏究課題이다.

謝　　辭

本 硏究는 財團法人 月海財團으로부터의 財政的인 支援에 의하여 이루어졌으며 이 자리를 빌어 깊이 감사드립니다.

參 考 文 獻

1) 橘西眞治 外(1981) : 主軸驅動電システム. 日本舶用機關學會誌(16)9, 133-156.
2) 大西康之(1977) : 舶用主機驅動CSG定周波數發電裝置. 補鋼電機 22(1).