

샤프트 발전기와 디젤 발전기의 병렬운전 제어시스템 설계에 대한 연구

황보영* · 김영길**

*아주대학교

The study of Shaft Generators and Diesel Generators for parallel operation of
control system

Bo-young Hwang* · Young-kil Kim**

* Ajou University

E-mail : igoforit@ajou.ac.kr

요 약

본 논문에서는 샤프트 발전기와 디젤 발전기를 같이 사용하는 하이브리드 발전시스템의 구성과 발전기와 전력모선(Bus Bar)의 연결, 발전기 운영방식, 샤프트 발전기와 디젤 발전기의 병렬운전 과정을 통해 샤프트 발전기와 디젤 발전기의 병렬운전 제어 시스템의 설계 시 고려사항을 제시한다.

ABSTRACT

This paper presents hybrid power system that consist of Shaft Generators and Diesel Generators, connection of Generator and Bus bar, operating method of Generator and design considerations of control system through parallel operation.

키워드

Shaft Generator, Diesel Generator, Parallel operation, Hybrid power system

I. 서 론

과거 선박에서 사용하는 연료와 배출가스에 대한 문제인식은 크지 않았으나 최근 선박의 유류비 증가와 환경오염에 대한 문제로 선박이 배출하는 온실가스 규제 움직임이 시작되고 있으며 2013년부터 온실가스 저감을 의무화하고 신조선박규정 및 선박 운항 기준^[1] 등을 마련하고 있다.

따라서 에너지 비용 절감 및 환경오염의 원인인 배출가스를 줄이고자 하는 다양한 연구가 진행되고 있고, 선박의 발전시설인 발전기 역시 추진엔진과 마찬가지로 유류비 증가와 배출가스에 대한 문제에 놓이게 되었다. 발전기의 에너지 비용 절감 및 환경오염의 원인인 배출 가스의 감소를 위해 여러 방법들이 개발되고 있으며 다양한

시스템들이 채택되고 있다. 이러한 시스템들의 하나로서 선박 추진엔진의 샤프트에 발전기를 설치하여 발전하는 샤프트 발전기와 디젤 연료를 이용하여 발전하는 디젤 발전기를 같이 사용하는 하이브리드 발전시스템의 구성을 살펴보고 발전기와 전력모선(Bus bar)의 연결관계 및 샤프트 발전기와 디젤 발전기의 병렬운전 제어과정을 살펴보고자 한다.

II. 본 론

2.1 샤프트 발전기와 디젤 발전기 구성도

샤프트 발전기는 선박의 추진엔진의 샤프트에 장착된다. 샤프트 발전기에서 생성된 전력은 발전

기를 제어하고 발전기에서 발전된 전력을 각 부하에 분배하는 주 배전반 (Main Switchboard)에 전달되며, 디젤 발전기에서 생성된 전력 역시 이 주 배전반에 전달된다.

주 배전반은 발전기를 제어하고 발전기에서 발전된 전력을 각 부하에 공급하는 패널(Panel)을 한 공간에 모아 놓은 것^[2]으로 보통 ECR(Engine Control Room)이라는 공간 안에 주 배전반이 위치하게 되고 이곳에서 발전기를 제어하고 관리하게 된다.

주 배전반에는 전력 모선 (Bus Bar)에 연결하는 대용량 차단기 ACB (Air Circuit Breaker)가 있으며 이 ACB를 통해 발전기를 보호하며 선박의 각 부하에 전력을 공급하게 된다.

샤프트 발전기는 선박이 추진엔진이 동작할 때에만 발전할 수 있으므로 선박이 정박해 있거나 항구에 근접했을 때는 사용할 수 없다. 그러므로 이때는 디젤 발전기만을 사용하여 선박에서 사용하는 전력을 공급하게 된다.

또한 샤프트 발전기의 고장 및 전력이상 시에도 디젤 발전기만을 사용하게 된다. 선박에서 사용되는 발전기의 경우 보통 3상 350-370V의 전압과 60Hz의 주파수를 사용하며 발전용량은 선박의 크기 및 용도에 따라 발전기의 수량도 증가하게 된다.

아래 그림 1은 샤프트 발전기와 디젤 발전기의 구성도이다.

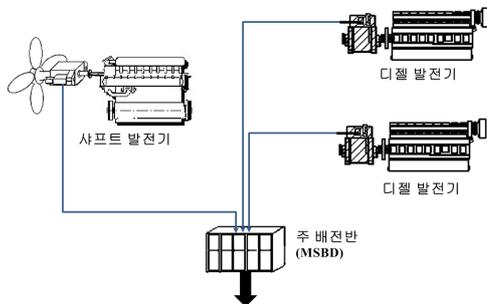


그림 1. 샤프트 발전기와 디젤 발전기 구성도

2.2 발전기와 전력 모선 (Bus Bar)

전력모선은 일반적으로 RST 3상으로 구성되며 이 전력모선을 통해 선박에서 사용되는 모든 전력이 공급되게 되며 각 부하의 용도에 따라 RST 3상 전압은 필요한 전압으로 변환하여 사용하게 된다.

각 발전기는 ACB(Air Circuit Breaker)^[3]를 통해 전력모선 (Bus Bar)에 발전기의 전력을 공급하게 되는 데 ACB는 일반 가정의 차단기와 동일하지만 차단 용량이 크다고 생각하면 된다. 발전기의 전력을 전력모선에 연결하기 전에 반드시 전력모선과 발전기의 전압, 주파수, 위상을 확인한

후 이 세 항목이 모두 일치하는 시점에 ACB를 투입하게 된다.

그러나 세 항목이 완벽히 일치할 수는 없으므로 가장 일치하는 시점에 ACB를 투입하게 된다.

세 항목의 차이가 클수록 발전기와 전력 시스템에 큰 충격이 오게 되므로 위 세 항목 (전압, 주파수, 위상)의 일치는 ACB 연결 시 가장 중요한 부분이다. 자동 제어 시스템 이전에는 직접 수동으로 주 배전반의 패널을 통해 발전기의 조속기를 조절하여 ACB를 투입하였으나 최근에는 전자제어기술의 발달로 DSP^[4]를 이용하여 자동으로 발전기를 제어할 수 있는 전력 관리 시스템 (Power Management System)이 탑재되어 발전 시스템 관리와 ACB 투입에 있어서 가장 근접한 지점에서 자동으로 제어할 수 있게 되었고 보다 효율적으로 전력을 관리하고 전력사고 예방에도 효과적으로 대응할 수 있게 되었다

발전기의 종류는 다양하므로 발전기의 전압, 주파수 제어되는 발전기도 있고 그렇지 않은 발전기도 있기 때문에 발전기의 전력을 투입할 경우 기준이 되는 발전기의 설정 및 제어 방법에 따라 제어 방법 및 처리과정은 다양하고 복잡해질 수 밖에 없다.

샤프트 발전기는 디젤 발전기와 달리 바로 발전을 할 수 없으므로 수동으로 샤프트 발전기의 ACB를 투입할 경우 추진엔진의 동작여부와 샤프트 발전기의 발전상태를 확인 한 후 ACB를 투입하여야 한다.

아래 그림은 각 발전기와 전력모선(Bus bar)의 구성도이다.

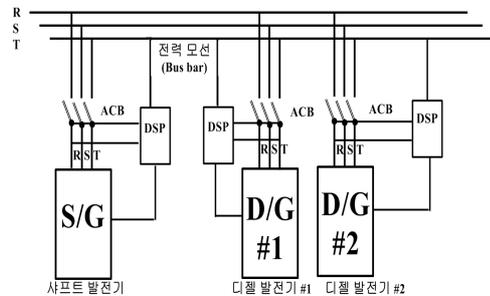


그림 2. 발전기와 전력 모선 (Bus) 구성도

2.3 샤프트 발전기와 디젤 발전기의 차이

일반 디젤 발전기는 디젤 연료를 사용하여 발전하는 반면 샤프트 발전기의 경우는 디젤 연료를 필요로 하지 않는다. 따라서 발전 방식도 디젤 발전기와 달리 추진엔진의 샤프트의 회전에 의해 발전이 되므로 샤프트 축의 회전(항해 속도)에 따라서 발전 전력량이 변하게 되어 수동적으로 발전을 하게 된다.

샤프트 발전기의 특성에 따라 발전용량이 정해진 모델도 있으나 샤프트의 회전에 의해 발전을 하므로 추진엔진의 회전 속도는 중요한 요소이다.

회전속도에 따라 발전용량이 결정되기 때문이다. 반면 디젤 발전기는 연료유무에 따라 발전여부가 결정되지만 능동적으로 발전 전력량을 조절할 수 있다.

샤프트 발전기의 특성 확인은 발전기 제어에 있어서 중요한 부분이며 특성에 따라서 제어방식이나 처리과정은 많은 차이를 가지게 된다.

2.4 발전기 운영 방식

샤프트 발전기와 디젤 발전기의 특성이 다른 만큼 발전기 운영방식 역시 일반 디젤 발전기만을 사용하는 방식과는 다르게 운영된다.

샤프트 발전기가 탑재된 선박에서 발전기의 운영방식은 크게 세 가지로 나누어질 수 있다.

1) 디젤 발전기만을 사용한 발전방식

디젤 발전기만을 사용방식으로 샤프트 발전기를 사용할 수 없는 경우(항구정박 또는 입항시)에 선내 전력을 공급하기 위해 사용된다.

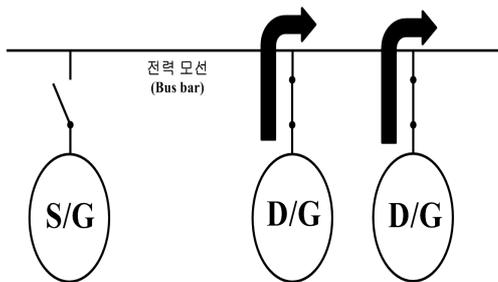


그림 3. 디젤 발전기만 사용하는 경우

2) 샤프트 발전기만을 사용한 발전 방식

에너지 절약 및 배출가스 감소에 가장 효과적인 방식이다. 장기간 추진엔진을 사용하며 큰 전력을 사용하지 않는 경우 가장 효율적인 방식이 될 수 있다. 예를 들어 일정속도로 대해를 횡단하는 경우 최소한의 전력만이 필요하므로 샤프트 발전기만으로 필요한 전력을 충족시킬 수 있다.

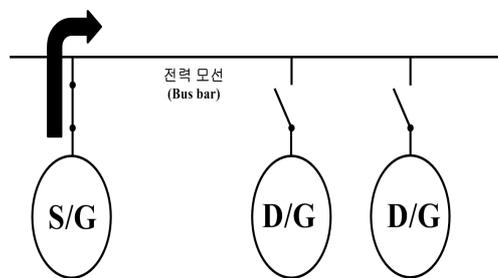


그림 4. 샤프트 발전기만 사용하는 경우

3) 샤프트 발전기와 디젤 발전기를 같이 사용하는 방식

샤프트 발전기만을 사용한 발전 방식보다는 효과가 적어지나 디젤 발전기만을 사용하는 방식보다는 효과적이다. 샤프트 발전기만으로는 필요한 전력을 충족할 수 없는 경우에 사용할 수 있다.

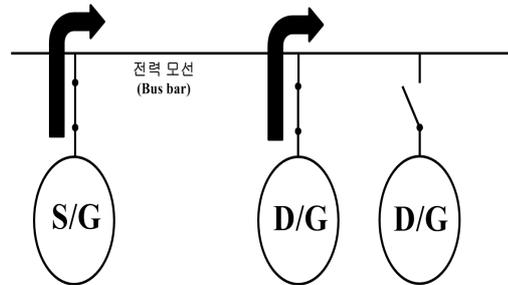


그림 5. 샤프트 발전기와 디젤 발전기를 같이 사용하는 경우

샤프트 발전기를 사용하게 되면 에너지 절약과 배출가스 감소에 효과적이거나 추진엔진이 동작하는 경우라는 제한된 조건에서만 사용할 수 있다는 단점이 있다.

2.5 발전기의 병렬운전

일반적으로 병렬운전이란 부하의 전력요구를 1대의 발전기만으로 만족할 수 없는 경우 2대 이상의 발전기가 동시에 운전을 하여 부하에 전력을 공급하는 것을 의미한다.^[5]

이 병렬운전을 하기 위해선 위에서 언급한 전압, 주파수, 위상의 세 가지 조건이 일치가 가장 중요하며 병렬 운전을 하는 두 발전기의 전압, 주파수, 위상이 제한된 범위 내에서 일정하게 유지되어야 한다. 어느 한 발전기에서 세 항목 중 하나라도 차이가 난다면 발전기를 조절하여 범위를 유지하거나 발전을 중지하고 다른 발전기로 대체하여 한다. 그렇지 않으면 전체 전력시스템과 발전기에 손상을 가져오게 된다.

2.6 샤프트 발전기와 디젤 발전기의 병렬운전

샤프트 발전기와 디젤 발전기의 병렬운전을 하는 경우 현재 샤프트 발전기의 특성을 확인해야 한다. 만약 샤프트 발전기가 전압, 주파수 한 가지라도 제어할 수 없는 경우 이 항목들을 제어할 수 있는 발전기가 전압, 주파수를 조절하여 위상이 일치했을 때 병렬운전을 해야 하기 때문이다.

샤프트 발전기와 디젤 발전기가 1:1 상태라면 디젤 발전기의 조속기의 조절로 샤프트 발전기에 세 항목(전압, 주파수, 위상)을 일치시켜 병렬운전이 가능하지만 디젤 발전기 2대가 운영되는 상

태에서 샤프트 발전기와 병렬운전을 하려면 디젤 발전기 2대가 샤프트 발전기의 전압, 주파수, 위상에 맞추어야 하기 때문에 일반적으로 수동으로 병렬운전 조건을 맞추기는 쉽지 않다. DSP를 이용한 전력 관리 시스템(Power Management System)에 의해 각 발전기를 제어한다면 수동제어보다는 쉽게 제어할 수 있으나 각 발전기의 상태를 측정하여 특정 조건을 만족하는 로직이 구성되어 있어야 한다.

일반적인 디젤발전기만으로 구성된 발전시스템의 경우 디젤발전기 엔진이 동일하므로 엔진특성이 거의 동일하고 각 엔진의 병렬 운전 시에도 동일한 특성으로 전력상태의 변동 (전압, 주파수, 위상의 변화)이 크지 않다. 그러나 샤프트 발전기와 같은 다른 특성의 발전기가 병렬운전을 하게 되면 전력상태의 변화가 클 수도 있으므로 전력모선의 전력상태 확인이 중요해 지며 높은 처리속도의 DSP를 이용한 전력 관리 시스템이 필요하게 된다. 이는 전력 상태의 변화에 발전기를 보다 빨리 제어하기 위함이다.

샤프트 발전기에서 전압, 주파수를 제어할 수 있는 경우에도 샤프트 발전기는 디젤 발전기와 다른 제어신호들과 특성들을 가지고 있으므로 이에 대한 로직이 적용되어야 한다.

III. 결 론

선박의 에너지 절약과 배출가스 절감을 위해 많은 연구가 진행 중이다. 본 논문에서는 선박에서 사용되고 발전기 가운데 샤프트 발전기와 디젤 발전기를 같이 사용하는 하이브리드 전력 시스템 제어에 집중하였다. 발전기의 성능과 연비는 계속 향상되고 있으며 전자제어의 비중도 계속해서 커지고 있다.

발전기의 운영과 관리시스템에도 DSP를 이용한 전력 관리시스템이 탑재되어 효율적으로 관리되고 있다. 선박의 발전 시스템은 운영 방식과 선박의 용도, 상황에 따라 매우 다양하게 특화되어 있기 때문에 시스템 설계 시 많은 변수가 존재하게 된다.

따라서 발전기의 운영방식과 발전기의 전압, 주파수, 위상의 일치를 위해 발전기와 병렬운전 특성의 사전 연구와 이해를 통해 선박에서 사용되는 샤프트 발전기와 디젤 발전기의 병렬제어 시스템의 설계 시 고려사항을 제시하였다.

앞으로도 에너지 절감과 배출가스 감소를 위해 다양한 발전기들이 개발될 것이며 그에 따라서 전력관리 제어 시스템은 보다 복잡해 질 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] <http://www.imo.org/ourwork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/technical-and-operational-measures.aspx>, IMO, Technical and Operational Measures
- [2] 한국해양대학교, 전기전자실습, 다솜출판사, pp156-157, 2006.
- [3] 한국해양대학교, 선박기관실무3, 다솜출판사, pp164-167, 2006.
- [4] 김도윤, 예제로 배우는 제어용 DSP, 성안당, 2006.
- [5] 한국해양대학교, 전기전자실습, 다솜출판사, pp135-136, 2006.