

슈퍼커패시터를 이용한 전기추진선박의 전력버퍼모듈

박제욱

대우조선해양 산업기술연구소

The power buffer module of electric propulsion ship with super capacitor

Jewook Park

Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering

ABSTRACT

전기추진선박은 디젤엔진과 프로펠러의 회전축이 기계적으로 연결된 기존의 선박과 달리 엔진의 기계적 에너지를 전기 에너지로 변환하여 전동기 회전을 통해 추진력을 얻는 선박으로서 시추선, 군함, OSV(Offshore Support Vessel) 등 높은 조종성능이 요구되는 선종에 주로 적용되고 있다. 이러한 선종은 추진력을 얻는데 가장 큰 전력을 사용하므로 날씨에 따른 전력부하량의 변동이 크다. 본 논문에서는 슈퍼커패시터로 구성된 전력버퍼모듈을 이용하여 전기추진선박의 효율적인 전력 운용 전략을 제안한다. 추진전동기의 VFD(Variable Frequency Drive)의 직류단을 전력버퍼모듈로 통합하여 각 전동기의 보조전력으로 활용함으로써 부하변동에 빠르게 대응할 수 있으며, 주 전원의 느린 응답성을 보상하여 조종성능을 향상시킬 수 있다. 제안된 전력버퍼모듈은 시뮬레이션을 통해 그 유용성을 검증하였다.

1. 서론

전기 추진 선박이란 엔진의 회전축에 프로펠러가 직접 연결되어 구동되는 기존의 추진 방식과 달리, 엔진이 발전기를 구동시키고, 그 전기에너지로 추진 전동기를 회전시켜 프로펠러를 구동하는 기술로서 시추선, 군함, OSV, 호화여객선 등과 같이 높은 조종성능이 요구되는 선종에 주로 적용되고 있다. [1] 특히 DPS(Dynamic Positioning System)과 같이 기상조건과 관계없이 일정한 위치를 유지해야 하는 선박에서 조종성능은 매우 중요한 요소로서 기상악화와 같은 가혹한 조건에서도 위치제어를 위해서는 각 Thruster에 빠른 전력 공급이 필요하다. 최근 ABB社에서는 직류 계통 기반의 OSV인 Onboard DC Grid Ship을 개발하여 선박의 조종성능과 에너지효율을 크게 향상시킨 바 있으며, 향후 해양플랜트나 시추선과 같은 대형 선종에도 적용이 가능할 것으로 예상된다. [2]

본 논문에서는 각 Thruster에 전력을 공급하는 VFD(Variable Frequency Drive)의 직류단을 슈퍼커패시터로 통합하여 기존의 교류 전력 계통 시스템에서 큰 설계의 변화 없이 적용 가능한 토폴로지를 제안한다. 슈퍼커패시터로 통합된 전력버퍼모듈은 부하가 급변하는 조건에서 원동기의 느린 응답성을 보상하여 조종성능을 향상시킬 수 있으며, 원동기의 예비 전력을 낮추어 에너지 효율을 향상시킬 수 있다.

2. 시스템 구성

2.1 전기추진선박의 구성

그림 1에 전기추진선박의 계통 구성도를 나타내었다. 다수의 원동기와 발전기를 통해 전력을 생산하며 배전반과 변압기, 부하측으로 구성된다.

전력 부하는 Thruster에 전력을 공급하는 VFD(Variable Frequency Drive)가 가장 크다. VFD의 정류부 측은 주로 passive component로 구성되어 있어 맥동 저감을 위해 12 pulse를 적용하는 경우가 많다.

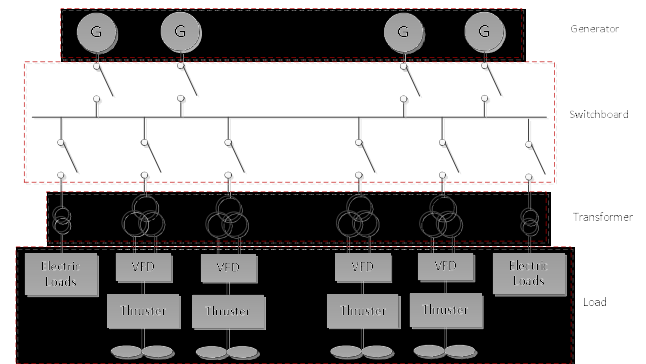


그림1. 전기추진선박의 계통 구성도

그림 2는 제안된 전력 버퍼 모듈의 구성을 나타낸 것이다. 전력버퍼 모듈은 VFD의 직류단을 통합하는 슈퍼커패시터와 각 직류단과 전력교환을 위한 양방향 DC/DC 컨버터로 구성된다. 이러한 구성은 전력 소비의 비중이 크고 부하가 급변하는 Thruster에 일종의 보조 계통과 같은 역할을 하며 에너지의 양방향 흐름을 통해 주전원의 느린 응답 특성을 보상할 수 있다.

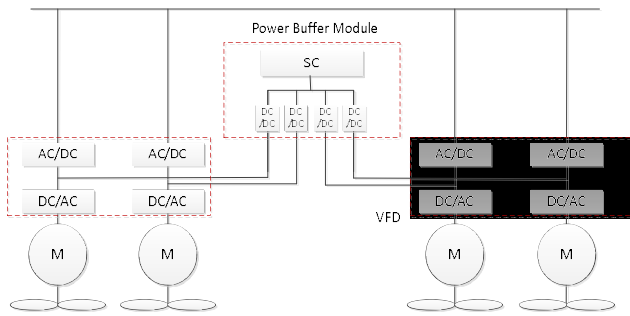


그림2. 제안된 전력 버퍼 모듈 구성 방안

2.2 슈퍼커패시터 용량 선정

전력 버퍼 모듈의 제어특성은 슈퍼커패시터의 용량에 따라 달라지며, 적용 시스템에 따라 Thruster의 정격출력, 구동 전압, 부하특성 등을 고려하여 선정한다. 본 논문에서는 690V 교류 전원으로 구동되는 1MW급 Thruster 4개로 구성된 시스템에 적용하기 위해 표1과 같이 용량을 선정하였다.

정격 전압	92V(2.3V X 40개 직렬연결)
Capacitance	450F(500F모듈 직병렬 연결 40X36)

3. 시뮬레이션

3.1 시뮬레이션 조건

제안된 전력버퍼모듈의 유용성을 검증하기 위해 Matlab Simulink를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시스템의 간소화를 위해 1개의 발전기와 4개의 Thruster로 구성하였으며, 사양은 표 2와 같다.

발전기	정격전압	11.9kV AC
	정격출력	4MW
	극 수	8극
Thruster	정격속도	1,000rpm
	구동전압	690V
	정격출력	1MW

3.2 시뮬레이션 결과

그림 3과 4는 각각 전력 버퍼 모듈 적용 유무에 따른 3번 Thruster 속도, 발전기 출력, 슈퍼커패시터의 출력을 나타낸 것이다. 4개의 Thruster는 각각 129[rpm]으로 구동 후 1초 이후 Thruster 3과 Thruster 4에 158[rpm]의 속도 지령을 인가하였다. 그림 3에서 Thruster의 속도는 약 1.2초 이후에 지령속도를 추종하게 되며 발전기의 출력은 1초부터 1.2초까지 원동기에 의한 상승폭 제한에 의해 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 전력 버퍼 모듈이 적용된 그림 4에서는 Thruster의 응답속도가 약 50% 개선된 것을 알 수 있다. 발전기의 출력이 전력 버퍼 모듈 적용 전보다 증가한 이유는 Thruster의 응답속도가 향상되어 같은 시간 동안 소비한 에너지가 더 크기 때문이다.

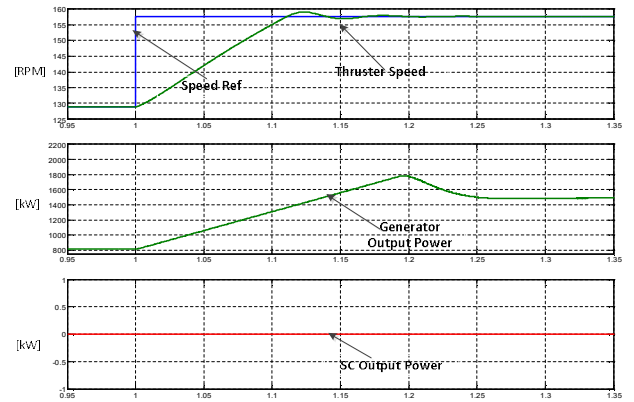


그림3. 제안된 전력 버퍼 모듈 구성 방안

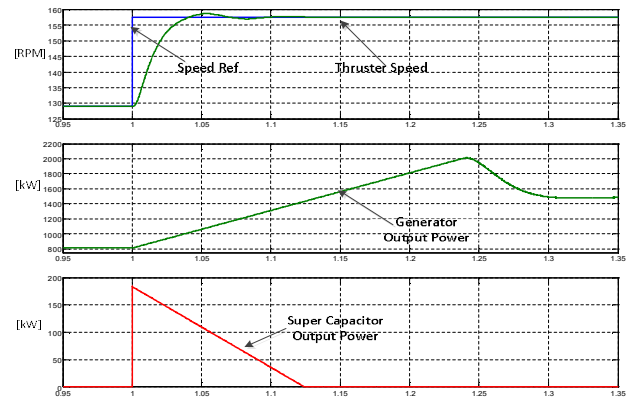


그림4. 제안된 전력 버퍼 모듈 구성 방안

3. 결론

본 논문에서는 슈퍼커패시터를 이용하여 VFD의 직류단을 통합한 전기추진선박의 전력운용방안을 제안하였다. 제안된 방식은 슈퍼커패시터에 저장된 전력에너지를 각기 다른 부하가 요구되는 스러스터에 빠르게 전달할 수 있어, 선박의 조종성능을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 원동기의 예비전력량을 줄일 수 있어 연료효율을 높일 수 있다. 제안된 방식은 디지털 시뮬레이션을 통해 그 타당성을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] 박제욱, 김성엽, "선박 전기 추진 시스템의 기술동향", 전력전자학회지, 제19권, 제3호, pp. 31-33., 2014.6.
- [2] Jan Fredrik Hansen, John O Lindtjorn, and Klaus Vanska. Onboard DC Grid for enhanced DP operation in ships, Dynamic Positioning Conference, October 11-12, 2011.