

## 선박 계통에서의 보호용 IED 다중설정 계전요소 적용에 관한 연구

목승훈, 오익석, 이정복  
현대중공업(주) 기계전기연구소

### Application of multi-setting protective IED in marine power system

OK SEUNG HUN, OH EUI SEOK, LEE JEONG BOK  
Electro-Mechanical Research Institute, Hyundai Heavy Industries Co.,Ltd

**Abstract** - The marine power system is whole one system including power generation and distribution system. This systems have several power generators which are operated according to voyage situation in the vessel. Therefore, IEDs have to re-setting for changed marine power system. This paper is shown application of multi-setting protective IED in the marine power system.

#### 1. 서 론

최근 선박 내 전력 수요는 여타 계통에서와 마찬가지로 선박의 대형화로 인해 선박 내 소비전력이 크게 증가하고 있다. 또한 선박 추진 시스템이 전기추진으로 변환하는 시점과 맞물려 이와 관련한 새로운 전력 계통 해석 기술이 요구되고 있다. 전기 추진 선박이란 프로펠러가 엔진과 축으로 연결되어 직접 구동되는 방식과는 달리 먼저 엔진으로 전기를 발생시킨 후 전기 모터를 구동시켜 추진되는 시스템을 말한다. 이에 따라 선박계통 설비도 대응량의 설비들로 교체되고 있으며, 기술적으로도 선박계통의 발/배전에 적합한 단락 전류 계산, 보호협조, 전력 계통 신뢰성 및 안정성 평가, 고조파분석 등의 기술의 필요한 시점이다.

선박 계통은 자체로서 발전부터 배전을 포함한 하나의 독립된 전력 계통을 이룬다. 선박 계통 내에 수 개의 발전기는 선박 운행 상황에 따라 달라지는 부하 상황에 맞추어 최적으로 운전된다. 이와 같은 상황은 곧바로 계통의 변화로 이어지고, 보호 계전기도 계통의 상황에 맞는 설정 값으로 재설정되어야 정상적인 계통보호가 이루어 질 수 있다. 본 논문에서는 선박 내 계통에 적용된 보호용 IED가 로직 및 기타 다양한 방식 함께 계전요소를 다중으로 설정하여 실제 선박계통 적용한 사례를 소개한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 . 선박 계통

선박 계통은 특성상 해상에서 독자 생존해야 하므로 자체 발전설비를 구비하고 있으며, 여러 종류의 발전기를 전용 또는 혼용하여 사용하고 있다. 추진 장치 및 항해에 필수적인 기기는 2중으로 구비되어 있으며 기관실의 무인화에 따라 각종 자동제어장치들의 채용이 증가되고 있는 추세이다.

##### 2.1.1 선박 계통 설비와 특징

선박 내 발전기는 주발전기와 비상 발전기가 설치되며 주발전기는 전력 소요량 및 사용조건에 따라 경제적인 운전이 가능하도록 2~4대를 설치하고 비상 발전기는 1대가 설치된다. 주요 발전기의 특징은 아래와 같다.

- 1) 디젤 발전기(Diesel Generator)  
: 디젤엔진에 발전기를 직결하여 사용하며 선박에 가장 폭 넓게 (95% 이상) 적용.
- 2) 축 발전기(Shaft Generator)  
: 프로펠러 구동용 Shaft에 Gear를 설치하고 여기에 발전기를 연결하여 발전. 디젤 발전기에 비해 설치비용이 높다.
- 3) 증기터빈 발전기(Steam Turbine Generator)  
: 고압의 증기를 이용해 Turbine을 회전시키고 여기에 발전기를 연결하여 발전. 주로 LNG 운반선에 적용.

선박 별 적용 전압은 선내 전력 수요량에 따라 표 1과 같이 저압 또는 고압을 적용한다. 고압을 채용하는 선종의 특징을 보면 항해에 필요한 전력 이외에 냉동 컨테이너, LNG 운반선의 하역장치, Cable layer의 위치조정장치(Thruster)와 같이 화물 및 부가장치에 대용량의 전력이 요구된다.

<표 1> 선박별 적용 전압

저압시스템	
적용 전압	AC 450V 60Hz 3상3선식 비접지 방식
적용 선종	살물선,철광석운반선,자동차 운반선,유조선,LPG운반선
고압시스템	
적용 전압	AC 6600V 60Hz 3상3선식 비접지 또는 저항 접지
적용 선종	대형 컨테이너선, LNG 운반선, 여객선, Cable Layer

##### 2.2 계전요소 다중설정

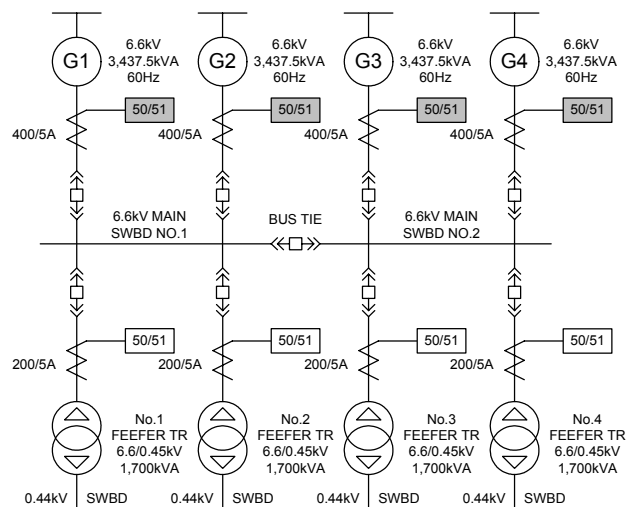
선박 내 발전기는 선박 운행 상황 및 각종 부가장치 동작 여부에 따라 PMS(Power Management System)를 담당하는 Device가 발전기의 운전 여부를 결정하고 제어한다. 선박의 운행 상황은 크게 일반적인 항해(Seagoing) 상태, 출항 상태 및 접안 상태가 있다.

일반적으로 항구에 접안 할 때나 출항할 때의 부하 상태가 일반적인 항해 상태에 비해 크다, 따라서 정상적인 항해 시에는 통상 발전기 1대를 사용하여 운행하고, 접안 및 출항 시에는 2~3대를 사용한다. 또한 부가적으로 냉동 컨테이너나 위치조정장치 등과 같은 부가장치를 사용할 시에는 운행 상황에 사용하는 발전기 수에 1대를 추가하여 사용한다.

이와 같이, 선박의 운행 상황에 따라 계통의 변화가 발생하기 때문에 계통 보호를 담당하는 IED도 바뀐 계통에 맞게 계전요소를 재설정하여 운전하여야 한다.

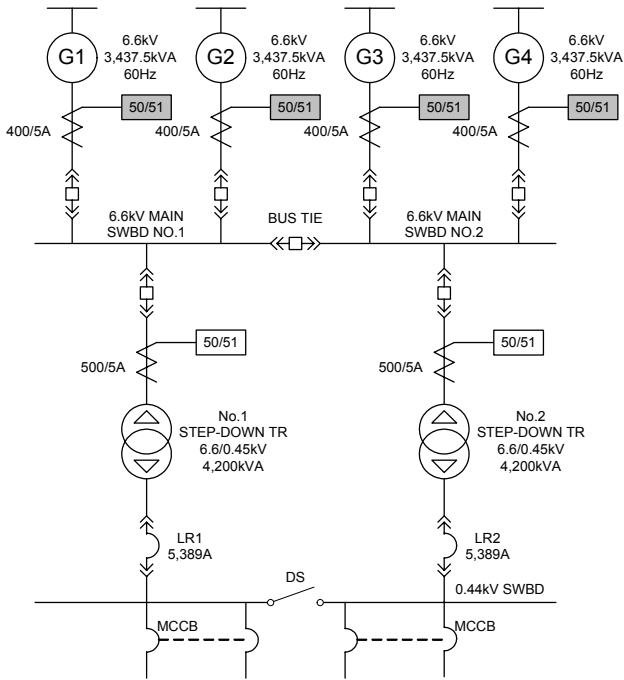
##### 2.2.1 선박 계통 모델링

본 논문에서 모델로 사용한 선박계통은 9200 TEU 컨테이너 선박이다. 그림 1의 계통은 선박의 냉동컨테이너 부하단과 연결된 계통이다. 계통에는 4대의 발전기와, 6.6kV 메인 BUS 하단으로 냉동 컨테이너 전용 변압기 4대로 구성되어 있다. 발전기 하단의 음영으로 표시된 device는 PMS 기능과 보호기능을 동시에 수행하도록 하고 있고, 6.6kV 메인 BUS 하단의 IED들에 발전기 동작 정보를 제공하도록 하였다.



<그림 1> 냉동 컨테이너 부하단 계통 단선도

그림 2의 계통은 선박에서 냉동컨테이너 부하단을 제외한 나머지 부하들이 연결된 계통이다. 6.6kV 메인 BUS 하단으로 메인 부하 전용 step-down 변압기 2대로 구성되어 있다.



<그림 2> 메인 부하단 계통 단선도

### 2.2.2 선박계통의 계전요소 다중설정

PMS를 담당하는 Device는 발전기의 제어뿐만 아니라, 발전기의 보호를 담당하고, 계통 하단을 보호하는 다른 계전기에 현재 발전기 운전 상태를 알려준다. 발전기의 운전 상태 정보를 받은 하단의 계전기는 바뀐 계통 상황에 맞게 자동으로 설정 값을 변환하여 운전하도록 하였다.

위의 그림 1 냉동 컨테이너 부하단 계통에서, 모델로 사용된 선박은 평상 시(Normal Operating Condition)에 발전기 2대로 운행한다. 운항 중에는 냉동 컨테이너 부하가 상시 부하로 간주되어, 컨테이너 부하와 메인 부하의 합을 고려하여 발전기를 운행해야 한다. 하나의 발전기를 사용(One Generator Running)하는 경우는 정박 후에 냉동 컨테이너만을 돌리거나, 냉동 컨테이너를 돌리지 않고 운행하는 경우가 될 수 있다.

이에 따라, 계통의 6.6kV 메인 BUS 하단의 IED들의 계전요소 설정 값은 표 2와 같이 두 가지 경우로 발전기 운전 상태에 따라 자동 변환되어 보호를 수행한다. 50의 경우 One Generator Running 상태에 비해 평상 시(Normal Operating Condition)에 발전기가 2대가 운전하므로 동작전류도 2배로 설정했음을 알 수 있다.

같은 방법으로 그림 2의 메인 부하 계통에서도 표 3과 같이 평상 시 계통과 하나의 발전기를 운행하는 계통에 따라 설정 값을 달리하여 보호를 수행한다.

<표 2> 냉동 컨테이너 부하단 계통의 IED 계전요소 셋팅 값

계전 요소	50	
운전 상태	Normal Operating Cond.	One Gen. Running
동작 전류	6.6 In	3.3 In
동작 시간	0.2 [sec]	0.2 [sec]
계전 요소	51	
동작 전류	0.92 In	0.92 In
op level	1.7	0.7

<표 3> 메인 부하단 계통의 IED 계전요소 셋팅 값

계전 요소	50	
운전 상태	Normal Operating Cond.	One Gen. Running
동작 전류	2.64 In	1.3 In
동작 시간	0.2 [sec]	0.2 [sec]
계전 요소	51	
동작 전류	0.92 In	0.5 In
op level	1.7	0.4

### 3. 결 론

본 논문에서는 선박 계통에서의 보호 계전기의 다중 설정 적용 사례를 기술하였다. 보호용 IED의 다중 설정 방식은 계통의 정상운전 도중에도 선박의 운행 상태에 따라 계통의 모델링이 변하는 선박 계통의 고유한 특징에서 비롯되었다. IED는 PMS를 담당하는 Device로부터 발전기 운전 정보를 받아 상황에 맞게 자동으로 계전요소 설정 값을 바꾸어 가며 계통을 보호하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] J. Lewix Blackburn, "Protective Relaying", Marcel Dekker Inc, 1998.
- [2] Arthur R. Bergen, Vijay Vittal "Power System Analysis", Prentice Hall 2000
- [3] Stanley H. Horowitz, "Power System Relaying", Research Studies Press. 1992