

8200대 전기기관차 보조전원장치의 특성에 관한 연구  
A Study for Characteristics of the Auxiliary Inverter  
in the 8200 Electric Locomotive

김진용\*      이상준\*\*      최종목\*\*      강승욱\*\*  
Kim, Jin-Yong      Lee, Sang-Jun      Choi, Jong-Mok      Kang, Seung-Uk

ABSTRACT

The Auxiliary Inverter supply the power to Loads of Electric Locomotive. The Auxiliary Inverter have three characteristics. First, The Auxiliary Inverter is VVVF(variable voltage variable frequency) inverter. And, the output voltage is AC 0 ~ 440V. Second, The Auxiliary Inverter is controlled all operations by CCU(Center Control Unit). Last, The Auxiliary Inverter have the SIMON program. This program easily displays most of all status of auxiliary inverter.

1. 서 론

미래의 고도화 사회로 갈수록 환경에 대한 규제와 모전에 대한 요구는 커질 수 밖에 없으며, 환경이 고려되지 않은 가운데서는 어떤 산업의 발달도 이루어 질 수 없을 것이다. 이는 인류의 생존과 미래에 밀접한 관계가 있기 때문이다.

철도 역시 예외는 아니며서 환경 친화적으로 발전해 나갈 것이다. 그 예로 철도와 같은 운송수단인 자동차의 경우를 보면, 고유가 시대로 인해 저연비의 차가 선호되고 있으며, 각종 환경 오염 규제로 인해 공해가 없는 전기자동차가 상용화되기 시작했다. 앞으로 자동차는 더 이상 화석연료가 아닌 전기에너지를 사용하는 형태로 바뀔 것이다. 철도도 마찬가지이다. 그중에서 지금 까지 많은 운송 역할을 했던 디젤 기관차가 소음과 연료 등의 문제로 인해 전기기관차로 대체 될 것이다. 본 논문에서는 디젤 기관차에서 점차로 바뀌어갈 전기기관차에 대한 간단한 설명과 이 전기기관차에서의 보조전원장치 역할과 입출력 특성 그리고 운용 및 관리제어 프로그램인 SIMON에 대해서 기술하였다.

\* (주) 로템 기술연구소 연구원  
\*\* (주) 로템 기술연구소 책임 연구원, 정희원  
\*\* (주) 로템 기술연구소 수석 연구원, 정희원  
\*\* 가톨릭 상지대학 철도전기과 부교수, 정희원

## 2. 본 문

### 2.1 보조전원장치의 역할

신형 전기기관차의 전체 사양을 간략히 살펴 보면, 1,350kW의 3상 교류 전동기를 채용하고 있으며, 추진제어장치로는 GTO 소자를 이용하여 가변전압 가변주파수(VVVF) 제어 방식을 적용하고 있다. 최고 운용 속도는 150km/h이며, 역객 및 화물 열차를 겸용으로 수송하는 고효율의 다목적용 전기기관차이다. 또한 25kV, 60Hz의 전철화 구간에서 운용할 수 있도록 설계, 제작되었으며 차축의 배열은 Bo'Bo 방식이다.

제동 방식은 회생제동과 공기제동을 사용하고, 볼스터리스(Bolsterless) 대차를 가지며 현가장치는 1,2차 모두 코일 스프링(Coil spring)을 사용한다.

신형 전기기관차의 출력은 5200kW나 되며, 이 용량의 출력을 만들어 내기 위한 과정에서 많이 열이 발생한다. 특히, Traction Motor와 추진제어장치 그리고 Main Transformer는 전기기관차의 중요 장치로써 많은 열이 발생한다. Traction Motor는 열을 식히기 위한 방법으로 송풍기를 설치하여 강제로 열을 식히고 있다. Main Transformer는 오일을 순환시켜 방열을 시키고 있다. 이를 위해서 별도의 오일 순환 펌프가 있다. 추진제어장치는 GTO 소자를 이용하여, 추진력을 만들어내는데 이 과정에서 발생하는 열을 물을 순환시켜 냉각하고 있으며, 열을 식히는 물을 순환시키기 위한 펌프가 있다.

신형 전기기관차에서 보조전원장치의 역할은 위에서 설명한 3개의 주요 장치에서 발생하는 열을 방열시키는 장치들에 전원을 공급하는 장치이다. 따라서, 주행중 보조전원 장치가 동작하지 않으면, 주요 장치들에 열이 발생하여, 더 이상 동작할 수 없게 된다.

전기기관차의 각 부하들이 그림 1에 표시되어 있다.

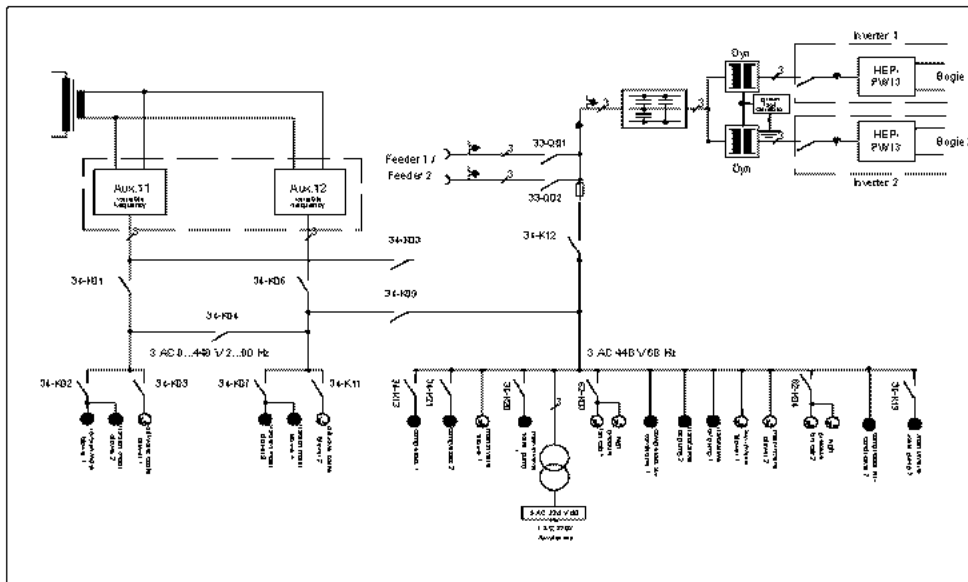


그림 1. 전기기관차의 부하 다이어그램

## 2.2 보조전원장치의 구성

앞에서 설명한 것처럼 보조전원장치는 전기기관차의 송풍기, 공기 압축기 그리고 다른 보조 전력 부하에 전원을 공급한다. 전기기관차 1량당 1개의 보조전원장치가 탑재된다. 보조전원장치의 함에는 각각 80kVA 정격 출력을 갖는 2개의 동일한 보조전원장치가 내장된다. 따라서 한 개의 보조전원장치함을 설치한 전기기관차는 2x80kVA의 출력을 갖는다.

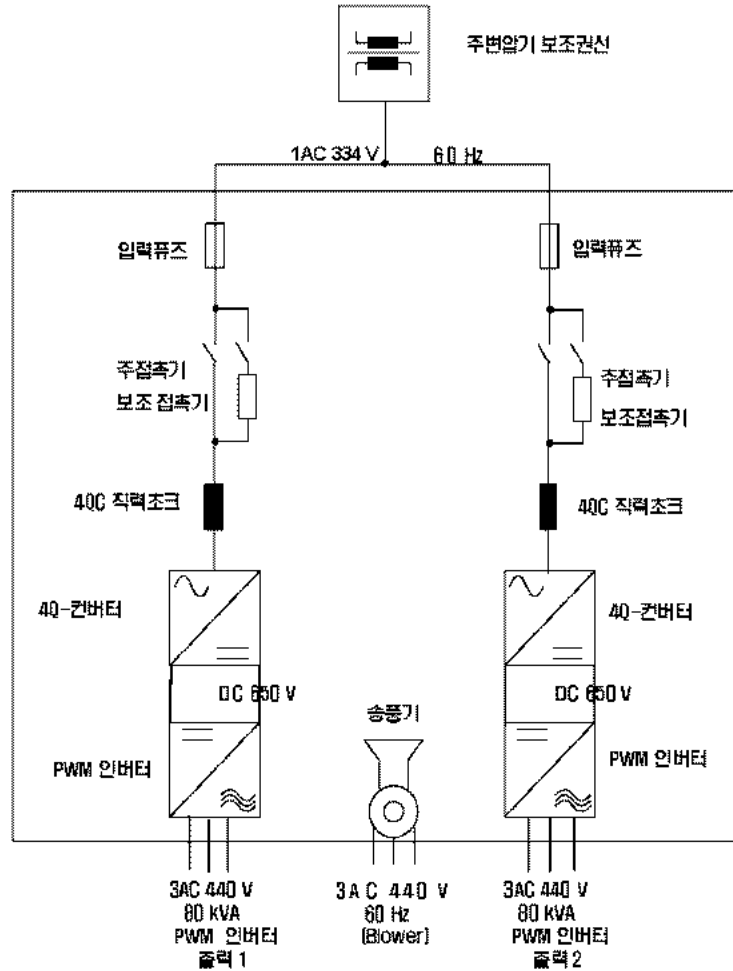


그림 2. 보조전원장치의 블록다이어그램

기본적인 구조는 입력측에 한 개의 4QS 컨버터와 출력측에 한 개의 PWM 인버터로 구성된다. 전체적인 블록다이어그램이 그림 2이다. 4QS 컨버터는 주접촉기, 충전모듈, 퓨즈 그리고 4QS 직렬 쇼크를 통해 주변압기의 단상 교류 권선에 연결되어 있다. 4QS 컨버터와 PWM 인버터는 캐패시터를 연결되어 있다. PWM 인버터는 dv/dt필터를 통해

각 부하에 연결되어 있다.

4QS 컨버터와 PWM 인버터는 최신의 IGBT 기술을 사용하였다. 2개의 장치는 펄스 폭 변조의 원리에 따라 동작한다. 입력전류는 입력전압과 동상으로 정현적으로 제어되어 최대 역률이 얻어진다. PWM 인버터의 출력은 요구하는 대로 가변 전압 또는 고정 전압으로 공급할 수 있다. 부가적으로 교류 부하들을 다시 그룹을 만들어 보조기기의 연장 급전을 가능하게 한다. 전압 상승률을  $dv/dt$  필터의 사용으로 최대  $V/\mu s$ 를 제한한다.

### 2.3. 보조전원장치의 시퀀스 및 출력 특성

보조전원장치의 입,출력 시퀀스를 살펴보면, 단상 주변압기의 5차 권선으로부터 AC 25kV가 AC 334V로 변압되어 전원이 인가되면 보조접촉기를 통해 일정한 전압만큼 캐패시터가 충전되고, 이 충전으로 인해 캐패시터로의 돌입전류를 제한할 수 있다. 다음에 주접기를 접촉해서 완전 충전후 4QS 컨버터로 AC 334V 입력 전압을 DC 650V로 만들어 캐패시터에 저장하고, 이 저장된 DC 650V 전압을 PWM 인버터를 통하여 AC 0 ~ 440V로 출력한다

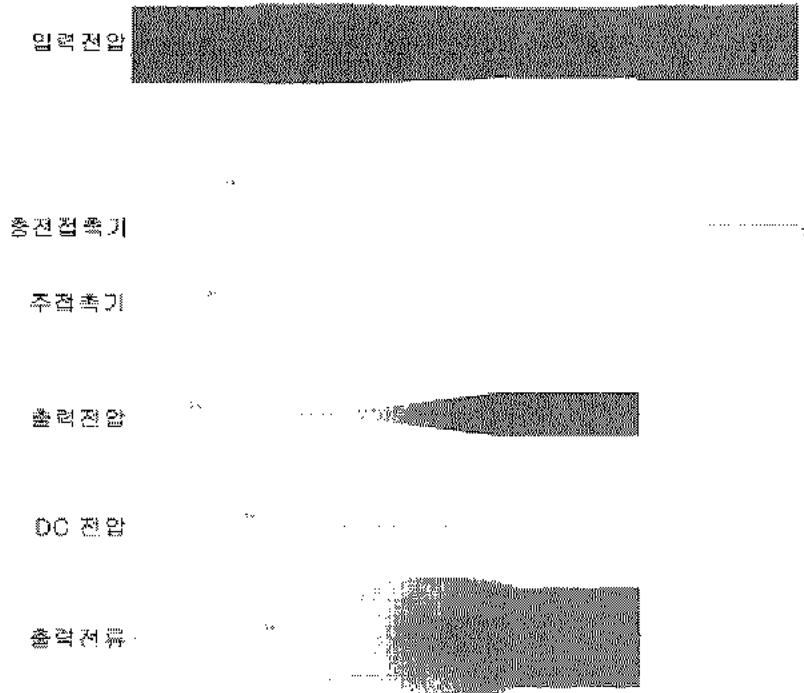


그림 3. 보조전원장치 시퀀스 파형

자세한 시퀀스 파형이 그림 3에 잘 나타나 있다. 그림 3의 시퀀스 파형을 보면 입력 전원 인가후 충전 접촉기가 On되고 일정 시간 후, 주접촉기가 On 되며, 잠시후 충전접촉기는 off가 된다. 그 후에 4QS 컨버터가 동작하여 DC 650V 전압을 만들고, 이 DC 전압을 PWM 인버터가 전압을 생성한다.

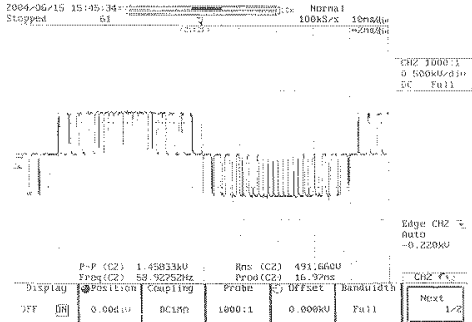


그림 4. 보조전원장치의 U상 출력 파형(부하 100%)

그림 4는 보조전원장치가 부하 100%(80KVA)일 때의 U상 출력전압 파형이다. 그림에서 보는 것과 같이 출력 전압 파형은 PWM 파형이며, 스위칭 주파수는 1.8kHz이다. 보조전원장치의 출력전압이 0 ~ 440V인 이유는 앞에서 간략하게 설명한 것처럼 보조전원장치의 주부하가 추진제어장치의 열을 식히는 물펌프의 Blower와 Transformer의 오일 펌프의 Blower이므로, 이들의 온도에 대한 정보를 받아 온도에 맞게 팬의 속도를 제어하기 때문이다.

## 2.4. 보조전원장치의 SIBMON

보조전원장치는 MVB를 이용해 CCU, TCU와 데이터를 주고 받는다. 또한, 모든 보조전원장치의 상태를 알기 위한 소프트웨어가 제공된다. 이 소프트웨어가 SIBMON이다. SIBMON을 실행 했을 때의 화면이 그림 5이다.

이 프로그램을 이용하면, 현재의 보조전원장치로 인가되는 전원 및 전류, DC 전압, 출력전압, 스택의 온도, 콘트롤러의 온도, 통신 상태 등 보조전원장치의 상태를 그래픽으로 알 수 있다. 또한, 이 데이터들을 통신을 이용해 CCU와 통신을 통해 데이터를 교환한다.

자세한 시퀀스 파형이 그림 3에 잘 나타나 있다. 그림 3의 시퀀스 파형을 보면 입력 전원 인가후 충전 접촉기가 On되고 일정 시간 후, 주접촉기가 On 되며, 잠시후 충전접촉기는 off가 된다. 그 후에 4QS 컨버터가 동작하여 DC 650V 전압을 만들고, 이 DC 전압을 PWM 인버터가 전압을 생성한다.

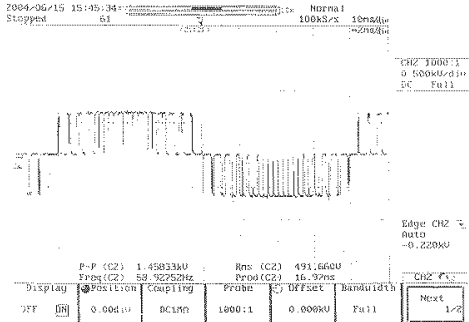


그림 4. 보조전원장치의 U상 출력 파형(부하 100%)

그림 4는 보조전원장치가 부하 100%(80KVA)일 때의 U상 출력전압 파형이다. 그림에서 보는 것과 같이 출력 전압 파형은 PWM 파형이며, 스위칭 주파수는 1.8kHz이다. 보조전원장치의 출력전압이 0 ~ 440V인 이유는 앞에서 간략하게 설명한 것처럼 보조전원장치의 주부하가 추진제어장치의 열을 식히는 물펌프의 Blower와 Transformer의 오일 펌프의 Blower이므로, 이들의 온도에 대한 정보를 받아 온도에 맞게 팬의 속도를 제어하기 때문이다.

## 2.4. 보조전원장치의 SIBMON

보조전원장치는 MVB를 이용해 CCU, TCU와 데이터를 주고 받는다. 또한, 모든 보조전원장치의 상태를 알기 위한 소프트웨어가 제공된다. 이 소프트웨어가 SIBMON이다. SIBMON을 실행 했을 때의 화면이 그림 5이다.

이 프로그램을 이용하면, 현재의 보조전원장치로 인가되는 전원 및 전류, DC 전압, 출력전압, 스택의 온도, 콘트롤러의 온도, 통신 상태 등 보조전원장치의 상태를 그래픽으로 알 수 있다. 또한, 이 데이터들을 통신을 이용해 CCU와 통신을 통해 데이터를 교환한다.

SIBMON의 커다란 특징중의 하나는 거의 실시간으로 현재의 데이터값들을 오실로스코프할 수 있다는 것이다. 현재의 입력 및 출력 전압, 전류 뿐만 아니라, 각 온도 및 스위칭 파형까지 거의 모든 데이터를 오실로스코프한다.

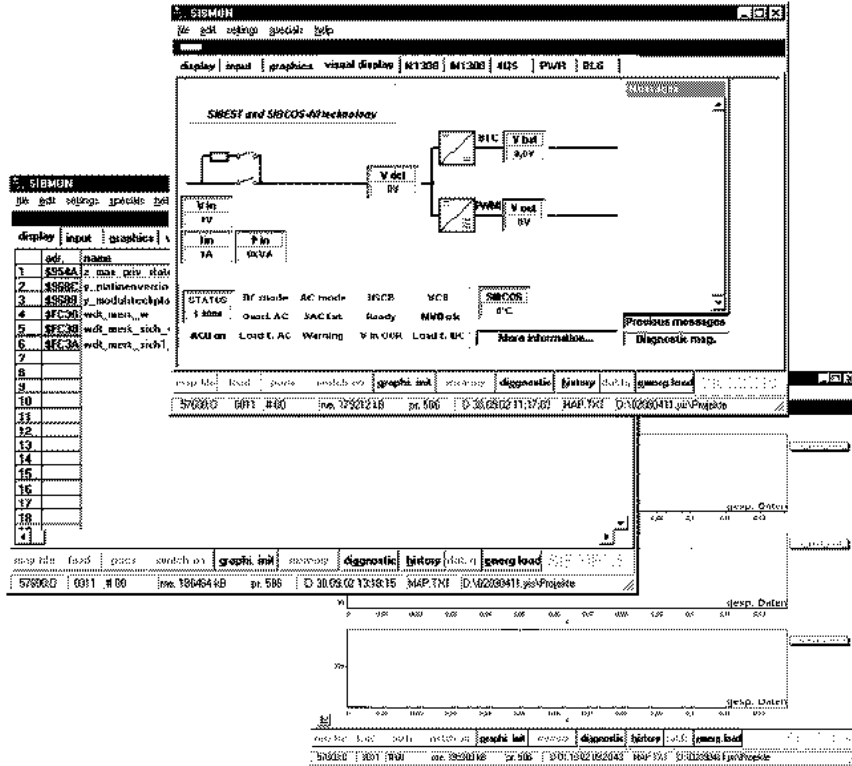


그림 5. SIBMON 프로그램 화면

### 3. 결론

지금까지 전기기관차의 보조전원장치의 역할과 입력력 특징, 그리고 응용 프로그램에 대해 자세히 알아보았다. 보조전원장치의 가장 커다란 특징은 출력의 전압과 주파수를 원하는 대로 변화할 수 있다는 것이다. 지금까지 다른 대부분의 보조전원장치들은 CVCF(정전압정주파수)였으나, 이번 신형 전기기관차에 들어가는 보조전원장치는 VVVF(가변전압가변주파수)이므로, 더욱 효율적인 전력 운용이 가능하다. 보조전원장치 동작에 있어서도, 단독으로 동작하지 않고, CCU와 통신을 통해 제어되고 운용됨으로써 시스템의 안정성이 보장된다.

또한, 모든 제어 및 문제를 SIBMON을 통해 점검과 보수 그리고 관리가 가능하다는 점이다. 앞으로 다른 모든 장치에서도 이와 같은 프로그램의 도입이 필요하다.

## 참고

1. (주) 로템, 삼성출판사 (2004년), "KNR 8200 신형 전기기관차 정비지침서", 4-2, pp.693-864
2. 송상훈외4명, 전력전자학회 하계학술대회(1999), "고속전철 보조전원장치용 PWM 컨버터의 병렬운전에 관한 연구", 논문집, pp.358-361.