

# 유럽형 전동차용 보조전원장치 개발

## Development of Static Inverter for European Electric Railway

김상균\*\*      김기훈\*      이현석\*\*      이경복\*\*      최종묵\*\*\*  
Kim, Sangkyun      Kim, Ki-Hoon      Lee, Hyun-Seok      Lee, Kyung-Bok      Choi, Jong-Mook

---

### ABSTRACT

The static inverter is mainly used to provide with the electric power of various loads in the train. In the recent european projects, the specification of static inverter become harder, and many additional service function is expected. It takes long time and high cost to develop a static inverter with these high performances and additional function. But, these are became general demands for static inverter in the many projects from now on. The APSE(Auxiliary Power Supply Equipment) is a static inverter of high performance to satisfy the severe specification and various service function following these tendency for Athens project. In this paper, the specification of APSE and various service functions are introduced to look about current tendencies of static inverter.

---

### 1. 서론

최근 유럽을 중심으로 철도차량의 보조전원장치에 높은 성능 및 부가기능이 요구되고 있다. 지금까지의 보조전원장치에서 요구되었던 기능은 차량의 전기기기에 필요한 서비스전원의 공급이 주를 이루고 있었다. 하지만 최근의 경향을 살펴보면 출력특성의 향상 이외에도 차량의 배터리를 자동적으로 충전시켜주는 자동충전기능, 배터리의 완전방전과 같은 비상시에도 보조전원장치를 기동시킬 수 있는 비상기동 기능등 사용자의 편의를 최대한 고려할 것이 강력히 요구되고 있다. 이러한 고기능의 보조전원장치는 일반적인 보조전원장치에 비해 개발기간이 현저히 길어지며 높은 개발비용 및 제작비용이 필요하다. 또한 여러기능의 혼재에 의해 시스템이 복잡해지며 유지 및 보수가 크게 힘들어지게 된다. 하지만 현재 추진중인 여러 프로젝트를 살펴보면 이러한 경향은 일시적인 것이 아니며 높은 비용을 고려하여서라도 보조전원장치의 기능으로서 여러 서비스 기능이 수요처에 의해 요구되고 있는 경우가 많아지고 있다.

원할한 프로젝트의 진행을 위해서는 수요처에서 요구하는 기능을 수행하면서도 시스템이 지나치게 복잡해지는 것을 피하는 최적 설계가 필수적이다. 당사에서 추진한 아테네 프로젝트는 국내에서 개발된 보조전원장치(APSE : Auxiliary Power Supply Equipment)가 유럽에 진출한 프로젝트로서 지금까지 요구받았던 기본기능 이외에 여러 부가기능이 최초로 요구된 프로젝트이다. 이러한 아테네 프로젝트의 보조전원장치를 간단히 소개하고자 한다.

### 2. APSE 기본사양

아테네 프로젝트에서 사용된 보조전원장치(APSE : Auxiliary Power Supply Equipment)의 기본 사양을 살펴보면 다음의 표와 같다.

- 
- \* (주)로템 중앙연구소 전장품개발팀 연구원, 비회원
  - \*\* (주)로템 중앙연구소 전장품개발팀 주임연구원, 비회원
  - \*\*\* (주)로템 중앙연구소 전장품개발팀 수석연구원, 비회원

표 1. APSE 기본사양

Description		Rating
Type	Main Circuit	6-Step IGBT Inverter
	Control Method	Digital Pulse Width Modulation(PWM)
	Cooling Method	Natural Air Cooling
Input	Rated Voltage	750Vdc
	Operating Range	450Vdc ~ 900Vdc
Output(AC)	Type of Output Voltage	3-Phase 4-Line Type
	Voltage Rating	400Vac±3%, 3-Phase
	Capacity	140kVA
	Frequency of Output Voltage	50Hz±2%
	THD of Output Voltage	Less than 10%
	Power Factor for Load	85%(Lagging)
Output(DC)	Rated Voltage	120Vdc±3% (±1% within 50% Load)
	Capacity	40kW
Efficiency		More than 90%
Noise Level		70db(at 1m)
Vibration		IEC61373

기본회로는 흔히 사용되고 있는 PWM(Pulse Width Modulation) 제어방식을 사용한 6스텝의 IGBT인버터이다. 각 기기의 냉각은 자연대류를 이용한 자연냉각방식을 채용하였다. 가선전압으로서 일반적인 1500V 라인이 아닌 경전철사양의 750V 라인이 사용되고 있다. 교류 출력전압은 3상 400Vac이며 오차범위가 ±3%로서 상당히 정밀하다. 교류전압의 출력주파수는 유럽에서 사용되는 차량 특성상 국내와는 달리 50Hz이다. 교류출력의 용량은 140kVA로서 일반적인 용량이나 직류부하가 많은 차량의 특성상 직류출력은 일반적으로 사용되는 보조전원장치보다 훨씬 큰 40kW의 용량을 요구받고 있다. 직류 출력전압은 120Vdc이며 50% 이하의 부하에서 ±1%라는 매우 엄격한 오차범위를 가질 것을 요구받고 있다. 이러한 엄격한 직류 출력전압의 오차범위를 만족하기 위하여 일반적으로 직류 출력을 위해 사용되고 있는 다이오드 정류기를 사용하지 못하고 사이리스터를 이용한 위상제어방식의 정류기를 사용하였다. 50% 이상의 부하에서는 오차범위가 3%로 여유가 있으나 금번 아테네 프로젝트의 APSE에서 사용된 사이리스터 정류기는 모든 부하조건에 대하여 ±1% 이내의 정밀한 제어를 수행하였다.

기본사양중 가장 엄격하였던 것의 하나가 진동시험에 대한 규격이었다. 일반적으로 적용되고 있는 IEC60077이 아닌 IEC61373을 요구받았다. 일반적으로 Random Vibration, Simulated Longlife Test와 Shock Test로 구성되어 있다. 특징을 간단히 살펴보면 시험중에 모든 주파수가 발생하므로 공진시험이 필요없고 난수로 주파수를 발생시키기 때문에 유통중에 받는 진동충격에 가장 근사한 시험으로 알려져 있다. 그러나 APSE는 2톤에 가까운 중량물이기 때문에 시험이 가능한 시험설비의 수배 및 진행에 많은 어려움이 있었다.

### 3. APSE의 부가기능

금번 아테네 프로젝트에서 사용된 보조전원장치(APSE : Auxiliary Power Supply Equipment)의

가장 큰 특징은 기본사양 역시 일반적인 보조전원장치에 비해 엄격하나 그 이외에도 여러 가지 사용자들을 위한 부가기능이 강력히 요구되었다는 것이다. 이러한 부가기능은 사용자의 편의를 위한 것이기는 하나 최적설계가 이루어지지 않으면 오히려 불필요하게 시스템을 복잡하게 만들어 유지 및 보수가 어려워질 뿐만 아니라 부가기능을 통해 얻고자 했던 편의성을 만족스럽게 얻지 못할 가능성이 높다. APSE에서 요구된 부가기능을 차례로 살펴보고야 향후 요구될 수 있는 기능을 미리 살펴보고자 한다.

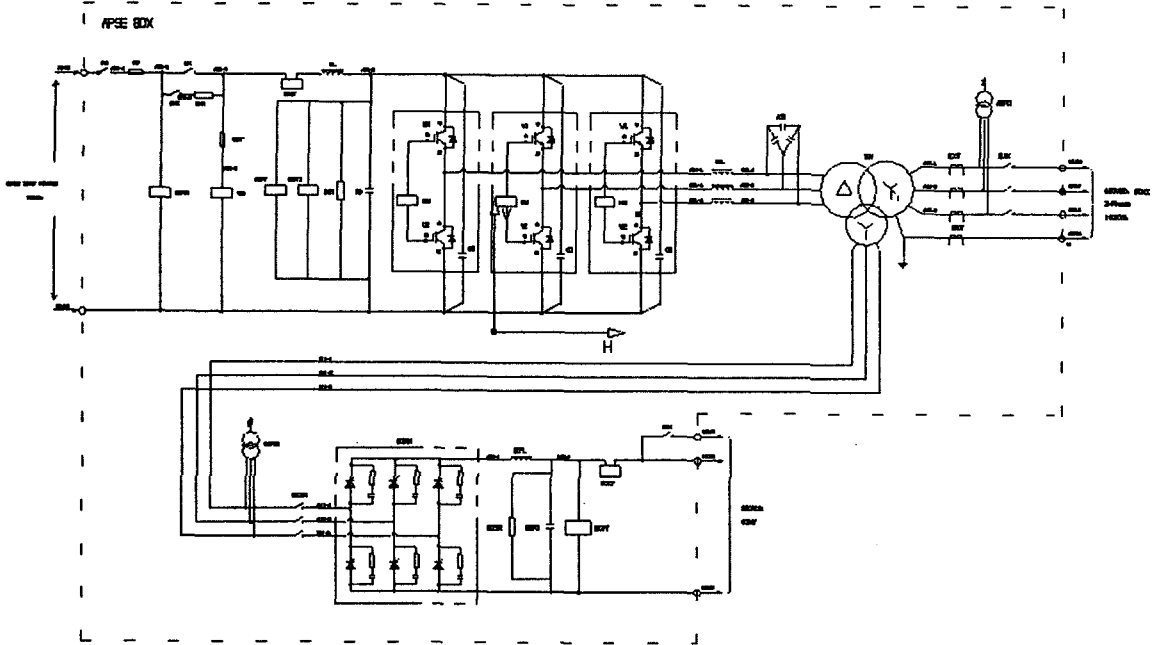


그림 1. APSE 주회로도

□ 자동충전기능

배터리의 전압을 감지하여 전압이 일정값 이하로 감소하면 APSE기동신호가 존재하지 않아도 자동으로 기동하여 배터리를 충전시키고자 하는 기능이다. 이를 구현하기 위하여 배터리에 장착되어 있는 전압센서가 배터리 전압을 감지하여 일정값 이하로 전압이 감소하면 자동충전 신호를 APSE에 디지털 접점신호로 전달한다. 이 신호가 APSE에 입력되면 APSE는 기동신호가 존재하지 않아도 기동을 시작하여 직류출력을 내보내 배터리를 충전시킨다. 단 이때 교류전압은 출력하지 않는다.

아테네 프로젝트에서 배터리 전압의 기준치는 120V이며 배터리 전압이 90V 이하가 되면 배터리에서 자동충전 신호가 APSE에 전달되고 APSE는 기동하여 배터리를 충전시키게 된다.

□ 배터리 과온 방지기능

배터리의 온도를 감지하여 배터리가 일정온도 이상의 온도를 가지게 되면 충전을 중단하여 배터리를 보호하고자 하는 기능이다. 이를 위해 APSE의 직류전압 출력은 이중으로 이루어져 있다. 하나는 배터리 충전콘택터를 통해 배터리에 연결되어 있으며 다른 하나는 차량의 직류전압 공급라인에 직접 연결되어 있다. 배터리의 온도는 배터리에 장착되어 있는 써미스터를 이용하여 측정하며 배터리의 온도가 50도를 넘어서면 배터리 충전콘택터를 열어 배터리의 충전을 중지한다. 이 경우 차량의 직류

전원은 직류전원라인에 직접 연결되어 있는 출력라인을 통해 공급된다.

□ 입력필터 커패시터 감시기능

입력필터는 APSE에 입력되는 입력전압을 필터링하는 기능을 수행하는 동시에 APSE에서 발생하는 고조파가 입력측에 유출되는 것을 방지하는 기능을 수행한다. APSE에서 발생하는 고조파는 VVVF인버터나 C/I(Converter and Inverter)에 비해 무시할 만한 수준으로서 차량 신호에 영향을 미치지 않으나 APSE의 상태를 감시하여 이상유무를 알리는 기능으로서 입력필터의 상태를 감지하여 상태가 이상할 경우 정비를 위해 이상신호를 정비프로그램을 통해 출력한다.

입력필터는 입력필터 인덕터와 입력필터 커패시터로 구성되어 있다. 이중 입력필터 인덕터는 매우 좋은 MTBF(Mean Time Between Failure)값을 가지고 있으며 일반적으로 고장이 발생하지 않는다. 이에 비해 입력필터 커패시터는 시간이 지남에 따라 주위환경에 따라 장기간에 걸쳐 커패시턴스가 감소할 가능성이 있다. 이러한 커패시턴스의 변화를 검지하기 위하여 APSE가 기동할 때에 입력필터 커패시턴스의 충전시간을 검사하여 일정값 이하로 충전시간이 짧아졌을 경우 커패시턴스가 감소되었다고 판단, 출력신호를 내보낸다.

아테네 프로젝트에서 기준값은 커패시터가 정상적인 커패시턴스값의 70%가 될 때 출력신호가 출력되도록 한다. 이를 통해 검수원들은 커패시턴스가 70%이하로 감소되었음을 인지하고 커패시터의 교체 등 정비를 수행할 수 있다.

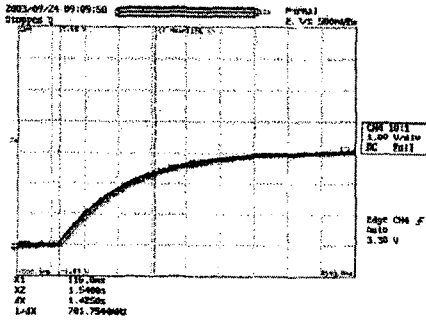


그림 2. 커패시턴스 감소시 충전곡선

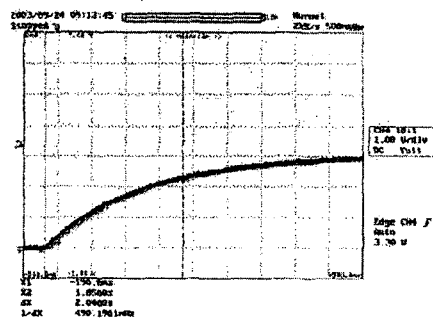


그림 3. 정상상태의 충전곡선

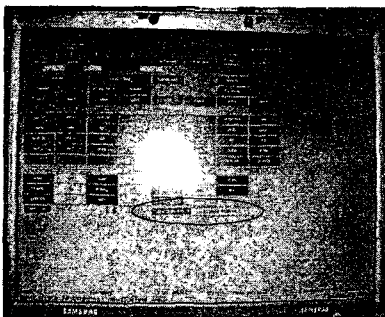


그림 4. 입력필터 이상시 출력신호

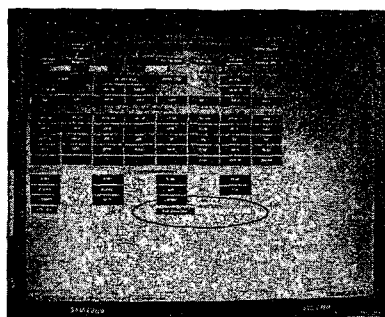


그림 5. 정상상태의 출력신호

□ 배터리 완전방전시 기동기능

일반적으로 철도차량에서 배터리가 완전히 방전되어 있는 경우 외부에서 제어전원을 강제로 입력시켜 주어야만 차량이 기동할 수 있었다. 이러한 경우에 좀더 편리하게 사용자가 차량을 기동시킬 수

있도록 APSE에 DBS(Dead Battery Starter)를 설치하였다.

이 DBS는 APSE에 제어전원이 공급되지 못할 경우에 입력 고전압으로부터 제어전원을 만들어내어 APSE의 제어기에 공급하는 기능을 수행한다. APSE는 DBS로부터 제어전원을 입력받을 때에 우선 기동하여 배터리를 충전한다. 이때에는 자동충전 기능과 마찬가지로 교류출력은 출력하지 않고 차량의 직류전원이 정상적으로 상승하여 사용자가 운전실에서 기동신호를 APSE에 보낼 때에 교류전압을 출력한다.

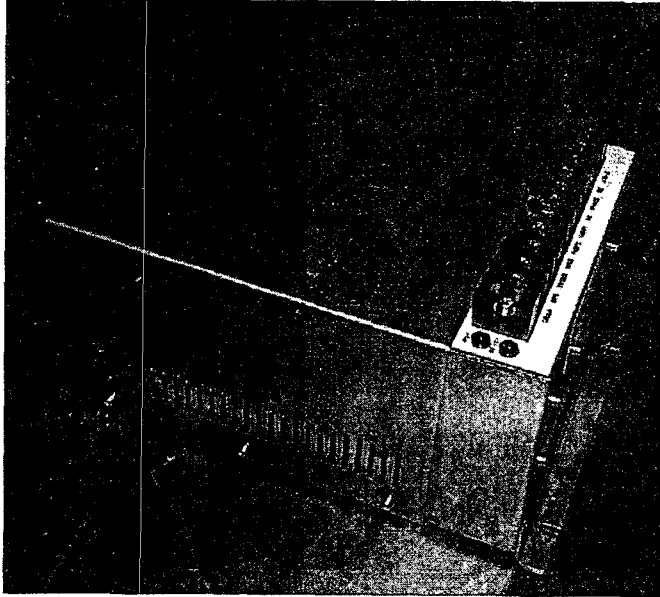


그림 6. DBS(Dead Battery Starter)

DBS는 특성상 상시 입력 고전압에 연결되어 있어야 하며 배터리에서 제어전원을 공급받지 못하는 경우에 동작하여야 하기 때문에 입력 고전압에서 직접 제어전원을 생성해 동작해야만 한다. 이에 따라 발열 및 기기의 배치를 위해 많은 공간이 필요하나 APSE의 제한된 공간 내에 위치해야 하기 때문에 기구설계 및 발열 설계에 많은 어려움이 존재한다. 아테네 프로젝트를 위해 개발된 위의 DBS(Dead Battery Starter)는 APSE의 입력 고전압의 변동범위를 지원하며 동작시간에 제한없이 연속적으로 APSE에 제어전원인 DC 100V 전원을 공급할 수 있다.

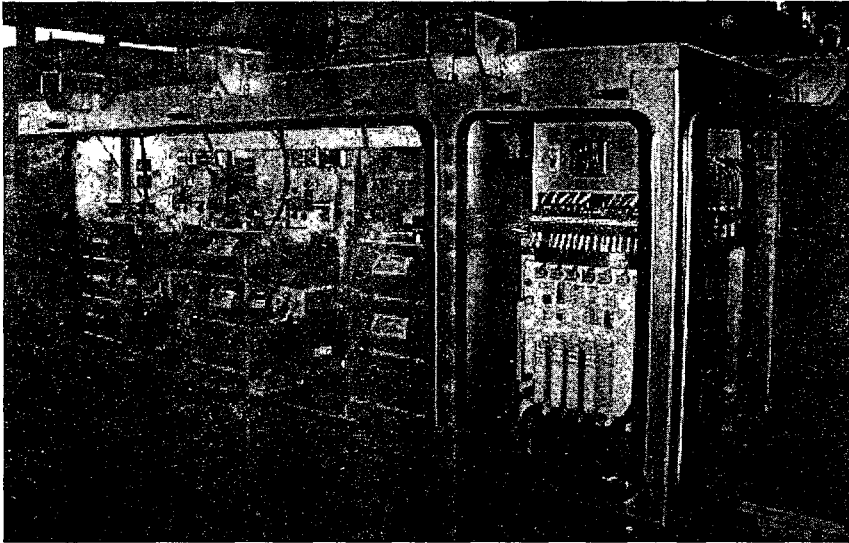


그림 7. APSE(Auxiliary Power Supply Equipment)

#### 4. 결 론

최근 철도차량용 보조전원장치는 입력 고전압으로부터 냉방기 및 압축기와 같은 각종 기기들이 필요한 교류전원 및 직류전원을 안정적으로 공급한다는 기존의 기본기능 외에 여러 가지 부가기능을 요구받고 있다.

아테네 프로젝트에 사용된 보조전원장치인 APSE(Auxiliary Power Supply Equipment)는 한층 엄격해진 시험기준에 맞추어 기본설계가 진행되었으며 부가기능을 위한 여러 기기 및 제어를 추가 개발하여 이러한 문제점을 최소화하며 사용자가 요구하는 기능을 충실히 반영하였다.

최근의 경향을 살펴보면 여러 문제점을 고려하고도 사용자를 위한 부가기능을 포함한 보조전원 장치가 최근 요구되고 있다. 이러한 보조전원장치를 살펴보기 위해 최근 개발된 보조전원장치인 APSE를 간단히 소개하였다. 사용자가 요구하는 부가기능을 실현하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있다. 앞으로 여기에서 소개한 방법 이외에도 여러 가지 방법이 개발될 수 있으리라 생각한다.