

**특집 : 전기철도 응용기술**

# 전기철도 급전시스템에 응용되는 전력전자 및 제어기술

백병산\*, 김남해\*\*

(현대중공업(주) 기계전기연구소 \*책임연구원, \*\*부소장)

## 1. 서론

1900년대 초 수은정류기의 개발이후 전력용반도체소자는 발전을 거듭하면서 전기철도에도 그 응용이 확대되어 왔다. 다이오드는 교류 전기차의 정류기나 직류 전기철도용 변전소의 정류기에 사용되어 왔으며, 1957년 사이리스터가 등장하면서 교류전기차의 위상제어정류기, 직류변전소의 사이리스터정류기, 교류전기철도용 변전소의 무효전력보상장치 등에 사용되고 있다.

그 후 GTO 사이리스터나 IGBT 소자의 개발로 차량의 유도전동기와 조합하여 사용되는 VVVF 인버터나 보조전원장치에 적용되었고, 현재 제조되고 있는 대부분의 전기차에 탑재되고 있다. 고압·대전류의 GTO 사이리스터는 변전소에 대해서도 직류용 전력변환장치 및 차단기나 교류전기 철도용 변전소의 전압변동보상장치 등에 적용되어 사용되고 있다.

전기철도에 있어서 전력전자기술의 주요 응용분야를 표 1에 나타내었다. 전력전자기술은 전로의 개폐, 전력변환 및 전력제어 등 많은 분야에 적용되어 왔으며, 이와 같이 전기철도에 있어서도 전력용 반도체소자의 응용은 여러 분야에 적용되고 있어 전력전자기술 발전의 견인차 역할을 했다고 해도 과언이 아니다.

더욱이 최근 전력전자기술의 발달은 전기철도에 대한 응용을 확대시켰으며, 앞으로도 전기차의 고속화나 전력공급설비의 전력변환 및 전력품질기기, 그리고 전기회로의 개폐장치에 대해서도 급속한 발전과 응용의 확대가 예상된다. 특히 우리나라의 경우 철도의 전철화사업이 급속히 진행되고 있어 더욱 기술의 개발 및 확대·적용이 기대된다.

본 고에서는 전기철도관련 전력전자 응용기술 중에서 차량용 급전설비 및 시스템에 응용되고 있는 기본기술, 적용기기의 원리와 실용화 현황 및 최신 적용기술 그리고 기술의 전망 등을 소개하고자 한다.

표 1. 전기철도에 대한 전력전자기술의 응용분야

응용분야	대분류	중분류	소분류
개폐	개폐기	차단기	정지형 직류차단기 레일절연단락장치 아크억제장치 차단기 개폐 위상제어기
전력변환	순변환	정류	교류 전기차(직류전동기) 실리콘정류기
		위상제어	사이리스터정류기 교류 전기차(직류전동기)
		PWM제어	교류 전기차(유도전동기)
역변환	역변환		VVVF 제어전기차(유도전동기) 전기차 보조전원장치 회생인버터 리니어 모터구동 부상용 장치 플라이휠포스트(에너지저장장치)
전력제어	전압 제어	초퍼	직류전기차(직류전동기) 직류회생전력흡수장치
	역변환	개폐제어	무효전력보상장치 (사이리스터, GTO) 교류전압보상장치
		위상제어	무효전력보상장치(사이리스터)
		PWM제어	무효전력발생장치(GTO, IGBT)

## 2. 직류급전시스템에 응용되는 전력전자기술

### 2.1 시스템 개요 및 적용기술

직류전기철도에서는 교류전기를 직류전기로 변환하는 장치로 초기에는 회전변류기나 수은정류기가 사용되고 있었지만, 반도체기술의 진보에 따라 1960년대 전부터 실리콘정류기가 사용되게 되었다. 그 후 사이리스터 소자가 등장함에 따른 전력전자기술의 현저한 진보로 전력의 개폐, 회생차 대책 및 전압강하 대책 등에 적극적인 도입이 진행되었다.

그림 1은 회생용 인버터와 무효전력 보상장치를 적용한 직류 전기철도 급전시스템의 구성도를 표시하고 있다. 계통측으로부터 3상 60Hz 154kV 또는 22.9kV의 전원을 공급받아 급전용 변압기와 정류기를 거쳐 직류차량에 직류전력을 공급한다. 차량의 회생동작이 발생하는 경우 인버터가 동작하여 회생에너지를 회생용 변압기를 통하여 AC 154kV 또는 22.9kV 모선측으로 보내어 역사용 부하기의 전원으로 활용되거나 계통으로 전송된다. 본 고에서는 모선측의 무효전력을 보상하기 위하여 무효전력보상장치(SVC : Static Var Compensator)를 적용한 사례를 보여주고 있다.

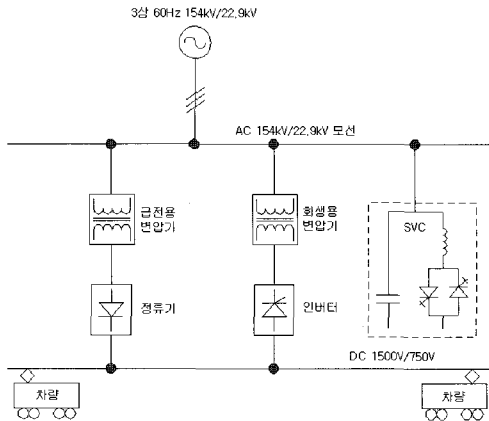


그림 1. 직류전기철도 급전시스템 구성도

### 2.2 시스템에 응용되는 전력전자기기

그림 1에서 알 수 있듯이 직류 급전시스템에 응용되고 있는 기기는 점점 확대·적용되고 있다. 그 응용분야로는 전력변환장치, 차단기, 회생대책용 기기 및 전력의 저장·방출기기 등을 들 수 있으며, 현재 적용하고 있는 기기들을 표시하면 표 2와 같다.

특히 1980년대에 와서 전력용 반도체소자의 고압, 대용량화가 이루어짐에 따라 정지형 차단기 개발과 수전하는 계통의 전압동요나 고조파 전류에 의한 장애를 방지하기 위한 무효전력보상장치 등에 대한 개발 및 실용화 연구가 활발히 진행되어 왔다.

표 2. 직류급전시스템에 적용된 전력전자 응용기기

	목적	장치명	실용화 시기
변환장치	정류	실리콘 정류기	1960년대 초
	전압강하대책	급전전압보상장치	1970년대 초
	정전압 대책	사이리스터정류기	1980년대 초
고속도차단기		GTO 차단기	1980년대 말
		고속도진공차단기	1990년대 초
회생대책		사이리스터 인버터	1970년대 말
		사이리스터 초파 저항기	1980년대 초
전력 저장·방출		플라이휠 포스트	1980년대 말

## 3. 교류급전시스템에 응용되는 전력전자기술

### 3.1 시스템 개요 및 적용기술

교류전기철도에서는 1970년대 AT급전방식의 개발과 동시에 급전회로의 전압강하대책용으로서, 변압기의 탭을 사이리스터 스위치로 절환하는 급전전압보상장치가 실용화되었다. 그 후 전력전자기술의 발전에 따라, 삼상전원의 전압변동대책이나 급전회로의 전압강하대책으로서 무효전력보상장치의 연구·개발이 이루어지고 보급되어 전기철도용 전력전자기기의 확대 및 기술발전에 크게 기여하고 있다.

그림 2는 전압보상장치를 적용한 사례를 포함한 교류전기철도 급전시스템의 구성도를 표시하고 있다. 계통측으로부터 3상 60Hz 154kV의 전원을 받아 급전용 변압기인 스코트 변압기(2차측 : M상, T상)를 거쳐 단상교류차량에 교류전력을 공급한다. 급전용 전압변동 보상장치로는 단상 무효전력보상장치(SVC : Static Var Compensator), 3상 SVC 및 2상간 보상방식(RPC : Railway static Power Conditioner) 등이 있으며, 여기에서는 RPC 방식의 적용사례를 표시하고 있다.

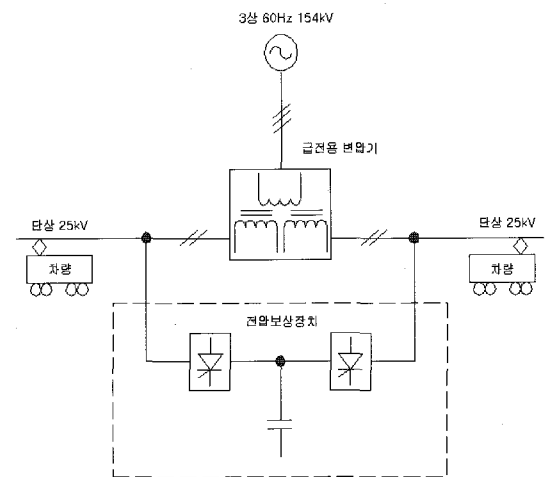


그림 2. 교류전기철도 급전시스템 구성도

### 3.2 시스템에 응용되는 전력전자기기

교류전기철도 급전시스템에 있어서 전력전자기술의 응용은 그림 2에서 알 수 있듯이 교류전기를 바로 차량에 공급하는 시스템으로 그 특성상 적용 분야로는 무효전력보상장치, 전압변동보상장치 및 개폐기 등을 들 수 있으며, 적용하고 있는 전력전자기기는 표 3에 표시하고 있다.

특히, 우리나라의 경우 현재 전력회사 및 철도운영회사의 민영화가 진행되고 있어 상기 기술된 전력품질기기의 개발 및 적용이 확대될 것으로 예상된다.

표 3. 교류급전시스템에 적용된 전력전자응용기기

목적	장치명	실용화 시기
무효 전력보상	단상 무효전력보상장치	1980년대 말
	변위상 스크트 무효전력보상장치	1990년대 초
	삼상 V결선 불평형 전력보상장치	1990년대 초
	삼상 무효전력발생장치	1990년대 초
	불평형보상 단상급전장치	1990년대 말
	급전측 전력용 전압보상장치	1990년대 초
전압 강화보상	선로용 가선전압 보상장치	1970년대 초
	변전소용 급전전압 보상장치	1970년대 초
	말단설치용 전압보상장치	1990년대 초
개폐기	아크억제장치	1990년대 중
	레일절연단락장치	1980년대 말

## 4. 급전시스템에 적용된 최신 전력전자기술

### 4.1 회생용 인버터

#### 4.1.1 적용목적

최근 전력전자기술의 진보로 직류전기철도의 각 노선 구간에는 회생에너지를 활용하기 위하여 회생차량이 널리 투입되고 있다. 회생차량의 회생제동을 안정하게 동작시키기 위해서는 발생한 회생전력을 소비하는 부하를 필요로 한다. 사이리스터 인버터는 회생제동에 의해 발생한 직류전력을 교류전력으로 변환하여, 교류부하에 공급하는 것을 목적으로 한 설비로서 즉, 차량에서 직류 전원단으로 회생되는 잉여 회생에너지를 교류 전원측으로 반환하여 그 에너지를 활용하기 위한 것이다.

#### 4.1.2 설계기준

회생용 인버터 시스템의 기본 구성은 그림 3과 같다. 설계 기준은 철도용 전력변환장치로서의 기술기준도 중요하지만, 보다 중요한 것은 적용목적에 부합되는 즉, 차량에서 넘어오

는 회생에너지를 매 순간 순간 정현파의 양질의 전기로 변환하여 계통에 영향없이 전송하여야 한다.

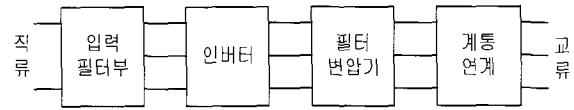


그림 3. 회생용 인버터 시스템 구성도

회생용 인버터의 입력부는 정류기의 출력단으로 정류기가 실리콘 다이오드 정류기인 경우 항상 전압이 변동하여 리플 및 서지성 노이즈가 존재하므로 이를 고려하여 설계해야 한다.

직류를 교류로 변환하는 장치인 인버터는 기본적으로 계통에 연결할 수 있도록 정현파의 전원을 출력 할 수 있어야 한다. 그러나 직류를 교류로 바꾸기 때문에 고조파가 발생하므로 이를 저감시킬 수 있는 회로 설계 및 제어를 해야 하며, 교류단의 고조파 함유율이 허용치 내로 제어되지 않으면 이를 억제하기 위한 장치가 별도로 필요하다.

인버터의 제어는 먼저 출력단의 연계계통과 위상동기를 맞추어서 원하는 출력을 얻도록 제어되어야 하며, 직류 입력단 또한 항상 일정하지 않으므로 직류입력이 변동하여도 인버터 출력의 교류 전압을 일정하게 제어할 수 있어야 한다.

인버터의 용량 및 과부하 내량은 시스템에 따라 회생에너지를 산정하여 설계되어야 하는데 보통 회생에너지는 짧은 시간동안 발생하므로 이를 바탕으로 용량을 줄이고 과부하 내량을 크게 설계하고 있다.

인버터 출력단에는 연계교류계통의 전압레벨 및 고조파 허용율을 고려하여 보통 필터장치, 변압기 및 인터페이스 장치 등으로 구성되는데 여기에서는 계통과 연계시 고려해야 하는 고조파 함유율(154 kV : 1.5%, 22.9kV : 3%) 및 위상의 일치 등이 중요하다. 또한 출력단의 변압기의 입·출력 전압레벨은 물론 과부하 내량도 시스템에 맞게 설계되어야 한다.

#### 4.1.3 기술사양

경량전철 시스템용으로 국내에서 전력용 반도체소자인 IGBT와 최신제어기술을 적용하여 개발·제작한 회생용 인

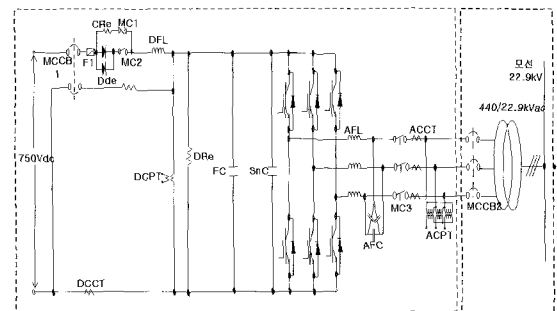


그림 4. 회생용 인버터 시스템 전력회로

버터 시스템의 전력회로와 기술사양은 각각 그림 4와 표 4와 같다.

표 4. 회생용 인버터 기술사양

전기적 사양	정격용량		100kVA
	과부하내량		300%, 30초
	입력(직류)	정격전압	750V
		허용범위	700-900V
	출력(교류)	정격전압	삼상 440V/22.9kV
		왜율	3% 이하
주파수		60Hz	
	효율	95% 이상	
기타 사양	제어방식		완전 디지털 제어
	적용소자		IGBT
	냉각방식		강제 공냉식
	소음		70dB 이하
	MMI	장치	Touch screen
		기능	실측값, 동작 상태 및 고장 내용 등
	Dimension(DxWxH)		1200x1000x2100

4.1.4 적용제어기술

먼저 회생용 인버터의 동작원리를 그림 4의 회생용 인버터 시스템 전력회로에서 살펴보면, 기동시에 초기 충전용 스위치(MC1)가 온(ON) 상태로 되어 충전저항을 통하여 일정 전압이 충전된 상태에서 일정시간이 지나면 충전용 컨택터가 오프(OFF)되는 동시에 주 컨택터가 온(ON)이 된다. 주 컨택터가 온(ON)이 되면 회생용 인버터는 대기 상태가 되고 회생동작의 요구가 하달되면 게이트 온이 되어 PWM 동작이 이루어지고 최종 출력단 모선에 회생에너지가 전송된다.

회생용 인버터의 제어는 인버터가 회생동작을 요구받으면 출력단 모선의 전압과 동기되고 역률 1.0으로 제어된 회생에너지가 계통에 과도현상 없이 보내지도록 되어야 한다. 이를 위하여 입력되는 직류전압을 검지하여 회생량을 결정하고,

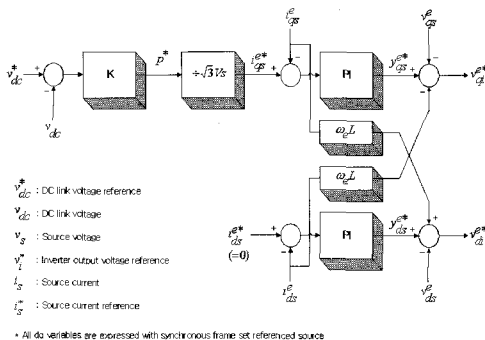


그림 5. 회생용 인버터 제어 알고리즘

출력계통의 전압 및 전류를 d,q축으로 변환하여 유효전력 및 무효전력제어가 가능하게 한 제어알고리즘은 그림 5와 같다.

제어알고리즘을 구현하기 위하여 설계·제작하여 적용된 제어기는 아래 그림 6의 블록도로서 상세히 보이고 있다. 각 제어보드의 관계와 주요 제어기능을 함께 나타내었으며, 신뢰성 및 제어기능 확장성을 고려하여 완전 디지털 회로로 구성하고, 아날로그 신호부와 디지털 신호부를 완전 분리하였다. 또한 다양한 방법으로 시스템의 관리가 가능하도록 설계하였음을 알 수 있다.

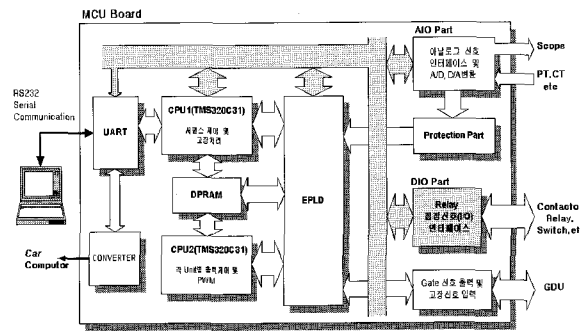


그림 6. 회생용 인버터 제어기의 구성도

개발·적용된 제어기의 특징을 살펴보면 아래와 같다.

첫째, 시스템의 유연성을 확보하기 위하여 완전 디지털 회로로 구성되어 있으며 고급 언어인 C언어로 구성되어 있다. 사용된 프로세서인 DSP TMS320C31은 50MHz, 32비트 실수 연산을 수행하며, C컴파일러를 지원하기 때문에 각종 호환용 제어 기능 및 정보관리 프로그램을 C언어로 구현함으로써 기능 향상 및 변경이 요구될 경우 쉽게 구현할 수 있다.

둘째, 높은 신뢰성 제어 시스템을 확보하고자 고성능 DSP와 EPLD등을 사용하여 집적화 시킴으로써 부품 수를 최소화하여 간단히 구성하였다. 이로써 잡음 등의 발생 부분과 고장 확률을 줄였다.

셋째, 자기 진단 기능 시스템의 안정된 동작 수행을 위해 초기 전원 인가시 표준 데이터베이스에 병렬로 접속되어 구동되는 DSP는 자기 고장 진단뿐만 아니라 다른 보드의 DSP 및 부분별 기능 검증을 수행한다. 이때, 하드웨어적인 면은 물론이고 여러 가지 제어 패턴 등 소프트웨어적인 면도 진단하며, 진단의 결과는 저장된다. 만약 고장 부분이 생기면 모니터링되며, 다른 부분에서 그 기능을 대신 수행한다.

넷째, 시스템 정보 관리측면을 살펴보면 시스템이 완전 디지털로 제어되기 때문에 모든 동작 정보는 메모리에 저장되어 관리된다. 검수자 및 관리자는 이러한 정보를 일반 컴퓨터와 통신을 이용하여 쉽게 전달받을 수 있다. 정보취득은 항상 가능하며 저장된 고장 자료뿐만 아니라 동작중인 실시간 자료도 취득할 수 있다.

4.1.5 동작특성 및 실증시험

최신의 전력전자 제어기술과 전력용 반도체 소자인 IGBT를 채용하여 설계·제작한 회생용 인버터의 외관은 아래 그림 7과 같다.



그림 7. 최신 개발 회생용 인버터 시스템 외관

회생용 인버터의 회생동작 및 성능에 관련된 파형을 소개하면 다음과 같다. 그림 8, 9, 10은 시뮬레이션 파형으로 100kW 회생시 출력필터 전압 및 THD, 100kW 회생시 계통으로 회생되는 전류 및 THD를 나타낸다.

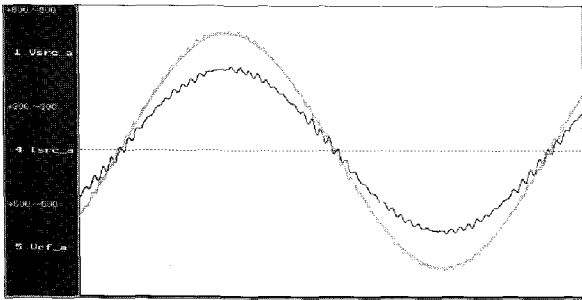


그림 8. 100kW 회생시 계통전압, 인버터 전압 및 계통전류

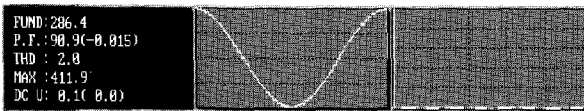


그림 9. 100kW 회생시 출력필터 전압 및 THD

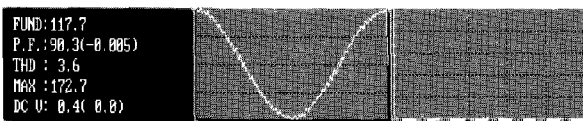


그림 10. 100kW 회생시 계통으로 회생되는 전류 및 THD

아래 그림 11은 실측파형으로 300kW(300%) 회생동작시 특성을 보여주고 있다.

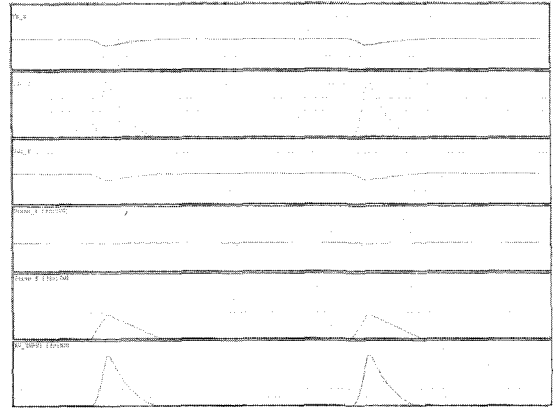


그림 11. 300kW 회생 동작시 실측 전압, 전류, 프로파일

그림 11에서 첫 번째 파형은 직류입력전압, 두 번째 파형은 직류입력전류, 세 번째 파형은 직류 입력링크단 필터 커패시터 전압, 네 번째 파형은 교류출력 실효전압(rms), 다섯 번째 파형은 교류출력 실효전류(rms) 그리고 여섯 번째 파형은 회생되는 전력을 나타내는 직류 입력전력의 변화를 나타내고 있다. 가로축은 시간축으로 20초/div이다.

4.2 전력용반도체를 적용한 고속도 차단기

4.2.1 적용 목적

직류급전회로의 보호를 위해 기계식 직류고속도차단기가 널리 사용되어 왔으며, 사고를 검출한 경우 약 20ms의 고속으로 차단하는 특징을 갖고 있다. 이를 위한 구조로서 설정된 전류설정치 이상의 과전류나 사고전류에 따라 고속 개극을 위한 집축자의 유지 및 개방구조, 개극시에 발생하는 아크를 차단하기 위한 자기소호구조, 기중차단구조, 차단기의 투입 및 연동기구가 있다. 그러나 기계식이기 때문에 부하전류의 개폐, 사고전류의 차단시에 접촉부가 마모하기 때문에 유지보수가 요구되며, 또한 사고전류 차단시에 고열의 아크가 발생하기 때문에 정지형 차단기의 개발이 검토되어 왔다.

그 결과, 1980년대부터 전력용 반도체의 고압·대전류 제품의 생산 및 주변기술의 진보로 차단부의 정지화를 목적으로 한 사이리스터 차단기나 고속도 턴오프 차단기(GTO 차단기)의 개발이 추진되어 실용화가 되었다. 정지형 차단기의 경우, 전류차단이 고속으로 소자자체의 차단시간은 1ms이내이다. 초기에는 사이리스터의 적용이 있었으나 사이리스터는 자기소호기능을 갖고 있지 않기 때문에 강제전류회로를 필요로 하여, 주회로 구성 및 제어회로가 복잡하다. 따라서 양방향 차단 및 게이트신호에 의한 직접 개폐제어가 가능한 GTO 사이리스터를 이용한 GTO 차단기가 개발 사용되고 있다.

### 4.2.2 차단기 구성 및 사양

GTO 차단기는 GTO, 소호 및 써지억제장치, 전류 및 전압 검출기, 제어보호장치, 제어전원공급장치, 동작제어장치 등으로 구성되어 있다. 구성품의 인터페이스를 포함한 GTO 차단기의 구성도는 그림 12와 같다.

최근까지 전기철도용으로 개발되어 실용화하고 있는 대표적인 GTO 차단기의 정격 및 기술사양을 간략히 요약하면 표 5와 같다.

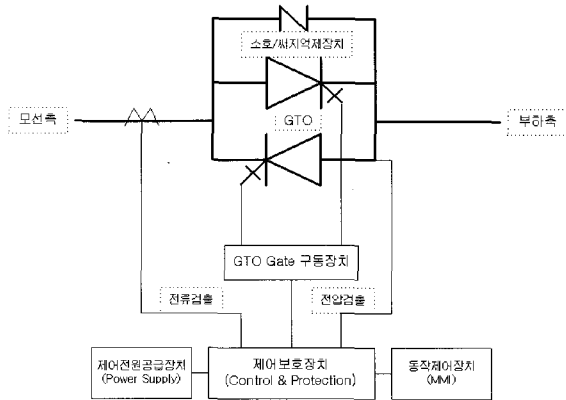


그림 12. GTO 차단기의 구성

표 5. GTO 차단기의 정격 및 사양

항목	사양(1)	사양(2)	
		양방향	
차단기 종류	순방향	순방향	역방향
정격전압	직류1500V	직류1500V	직류1500V
정격전류	직류1800A (연속)	직류3000A (연속)	직류1000A (연속)
	직류4500A (20초간)	직류6000A (30초간)	직류2000A (30초간)
최대차단전류	7500A	10500A	3300A
냉각방식	허트파이프 자냉식	좌동	좌동

### 4.2.3 GTO 차단기 원리 및 제어기술

GTO 차단기의 원리는 그림 12의 구성도에서 알 수 있듯이 검출기를 통하여 제어보호장치가 과부하 또는 사고전류를 검출하면, GTO의 게이트에 차단신호가 가해져 GTO는 온 상태에서 오프 상태로 된다. 이때 선로의 인덕턴스에 축적된 전류에너지는 GTO와 병렬로 접속되어 있는 소호 및 써지억제장치에 의해 GTO 단자간에 가해지는 전압을 제한하여 열에너지로 변환되고 차단과정이 이루어진다. 아래 그림 13은 차단시의 전류 및 전압파형을 보여주고 있다.

차단원리에서 알 수 있듯이 차단기의 제어기술은 전력용 반

도체 소자의 온 및 오프 제어기술과 이때 발생하는 써지 억제 기술 및 고전압·대전류 센싱 기술을 들 수 있으며 이를 더욱 확대하면 계통전류의 증대에서 오는 소자병렬운전기술 및 냉각기술을 생각할 수 있다.

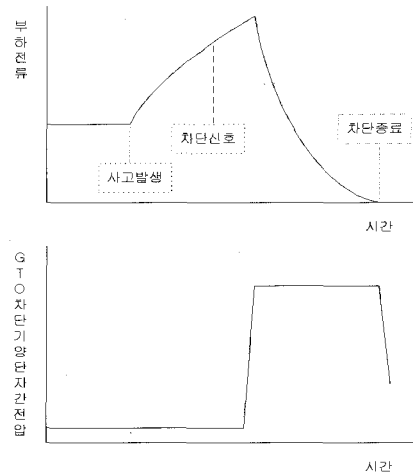


그림 13. GTO차단기의 차단시 전류-전압파형

### 4.2.4 기계식과 전력용 반도체식 차단기 특징비교

현재도 널리 사용되고 있는 기계식 차단기에 비하여 전력용 반도체를 사용한 차단기는 크게 다음과 같은 장점을 갖고 있다.

- ① 아크가 발생하지 않기 때문에 유지보수가 필요 없다.
- ② 기계적인 구동부가 없기 때문에 무소음, 무진동이다.
- ③ 차단시간이 대단히 짧아지기 때문에 차단성이 향상된다.

표 6. 기계식과 반도체 적용 정지형 차단기의 특성비교

항목	기계식 차단기	정지형 차단기
유지보수성	차단 동작시 주접촉자 마모로 보수 필요	정지형이므로 동작회수에 따른 보수가 필요 없음
차단특성	한류 개시까지의 시간 지연 때문에, 전류 용량 증가에 따른 차단기 용량 증대에 대응 곤란	차단동작이 빠르고, 전류 용량 증가에 대한 대응 용이
아크발생	아크 대책 필요	아크 발생이 없음
동작소음	동작음이 큼	동작음이 적음
진동	진동이 큼	진동이 없음
절연성	개방시는 전기적으로도 절연상태	개방시는 전기적으로도 저항이 있으며 접속되어진 상태
손실	기계적인 접촉이므로 손실이 적음	소자의 순전압 강하에 따른 손실 발생

이와 같이 장점으로 전력용 반도체의 대용량화에 수반하여, 정지형 차단기용 소자로서 적용 가능하게 되었고, 실용화가 진행될 수 있었다.

표 6에 기계식 직류 고속도 차단기와 전력용 반도체 GTO를 사용한 정지형 차단기의 특성을 비교한 결과를 나타내었다. 거의 모든 면에서 전력용 반도체를 이용한 정지형이 우월하지만 가격적인 측면에서 아직도 고가이다. 그러나 전력용 반도체 소자의 저가격화와 제조 및 제어기술과 이의 적용을 위한 주변기술이 급속도로 발전하고 있기 때문에 향후, 그의 적용이 전기철도용 뿐 만이 아니라 전 산업분야에 확대될 것으로 예상된다.

## 5. 기술의 전망

전력전자 응용분야의 확대와 함께 전력용반도체소자는 고성능, 고기능화로의 진보 및 발전에 따라 대 전력제어가 가능하게 되었다. 그 결과 전력전자 적용기술의 발달 및 적용동향이 주목을 받고 있으며, 또한 기술의 진보에 부응하여 콤팩트화 및 코스트의 저감이 기대되고 있다.

특히 전기철도에 있어서도 철도수송시스템의 개선 및 개량, 고속수송시스템의 개발, 환경친화적인 수송시스템의 구축, 전력품질의 개선 및 에너지 절약측면에서 전력전자 응용기술에 대한 기대가 커지고 있다.

또한 이들 전력전자 응용기기는 장래 적용분야의 광범위한 확대가 예상되므로 상호 영향을 줄이는 기술이 요구될 것이며, 한층 시스템 기술이 필요함에 따라 시스템의 협조기술이나 계통해석기술이 더욱 중요하게 되리라고 사료된다.

향후 전기철도에 있어서 주요 응용기술의 전망을 살펴보면 다음과 같다.

직류전기철도의 급전시스템과 관련한 장래 기술의 전망으로서는 차량에 의해 발생하는 회생에너지의 회생율을 증대시키기 위한 에너지 저장·방출 기술 및 장치의 개발이 촉진될 것으로 기대되며, 계통전압의 증대에 따른 변전소 간격의 확대, 급전손실의 감소 및 보호 용이 등의 많은 잇점으로 관련 고전압화 기술이 기대된다.

또한 직류급전시스템의 용량 증대에 따라 차단 고장전류가 커지면서 정지형 차단기의 대용량화 및 콤팩트화 등 관련 기술의 발전이 예상된다.

교류전기철도의 급전시스템과 관련한 장래 기술의 전망으로서는 단상교류전철은 3상 전력계통에 전압의 불평형이나 특정 상에 전압변동을 발생시키므로 현재 각종 보상장치가 개발되어 적용되고 있지만, 기술의 진보에 따라 고성능의 보상장치의 개발로 이어질 것으로 전망된다. 또한 기계식 차단

기나 개폐기가 전력용 반도체소자를 이용한 정지형으로의 대체가 가속화 될 것으로 기대된다.

마지막으로 기존제품에 대한 기술의 전망으로서는 유지보수성 및 신뢰성 향상 등의 기술의 확대와 기능의 고기능화 및 저가격화 연구가 진행 될 것으로 예상된다.

## 6. 결론

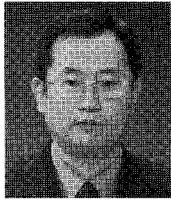
이상에서 전기철도 급전시스템에 대한 전력전자 응용기술에 대하여 전반적으로 살펴보았듯이 그 적용기술이 전력전자 기술을 응용하여 시스템화하는 종합기술로 광범위하게 걸쳐 있음을 알 수 있다.

국가적 차원에서 추진하고 있는 철도기술의 선진대열로 조기진입을 위해서는 관련기관의 적극적인 지원과 산학연의 연구자 및 엔지니어들의 저변확대와 함께, 지속적인 연구는 물론 현재 확보된 전력전자기술 및 주변기술을 전기철도분야에 확대·적용될 수 있도록 힘써야 할 때라고 생각한다.

## 참고 문헌

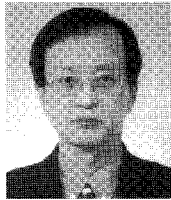
- [1] 건설교통부, 경량전철 전력공급시스템 기술개발 4차년도 연구결과보고서, 2002. 12.
- [2] 서광덕, "전동차용 전원장치의 출력전압 제어 안정성 향상", 한국조명&전기설비학회지, vol. 13, No. 4, pp. 134~141, 1999. 11.
- [3] 철도청, 경부선 동대구-부산간 전철 전력설비 기본설계보고서(별권), 1998. 12.
- [4] 철도청, 전차선로 회로정수 측정 및 보호회로 최적화 방안 연구, 1998. 12.
- [5] Dr. Jianguo Yu, et al, "DC Power System Studies for Jubilee Line", Cegelec Project Ltd, IEE, savoy place, London W2ROBL 1997.
- [6] 日本電氣鐵道技術協會, 鐵道と電氣技術, Vol. 12, No. 11, 2001年 11月.
- [7] 日本電氣鐵道技術協會, 鐵道と電氣技術, Vol. 11, No. 1, 2000年 1月.
- [8] 日本電氣鐵道技術協會技術委員會, 電氣鐵道技術, 電氣書院, 1998年 3月.
- [9] 明電社, 明電時報 No.5, 1995年 9·10月 244号.
- [10] 電氣學會電氣規格調査會, JEC-7153 電氣鐵道變電所 直流高速度ターンのオフサイリスタ遮斷器, 電氣書院, 1992年 8月.

## 〈 저 자 소 개 〉



### **백병산(白秉山)**

1963년 6월 16일생. 1987년 부경대 전 기공학과 졸업(학사). 1991년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년~현재 송실대 대학원 제어계측 및 시스템 전공 박사과정. 현재 현대중공업(주) 기계전기연구소 전력기기연구실 책임연구원.



### **김남해(金南海)**

1955년 12월 11일생. 1980년 고려대 전기공학과 졸업. 1980년~1986년 KIST 연구원 및 위촉연구원. 현재 현대중공업(주) 기계전기연구소 부소장, 당 학회 재무이사.