

# 전력분야에서의 파워일렉트로닉스 응용기술과 향후전망



한국전기연구소  
황계영

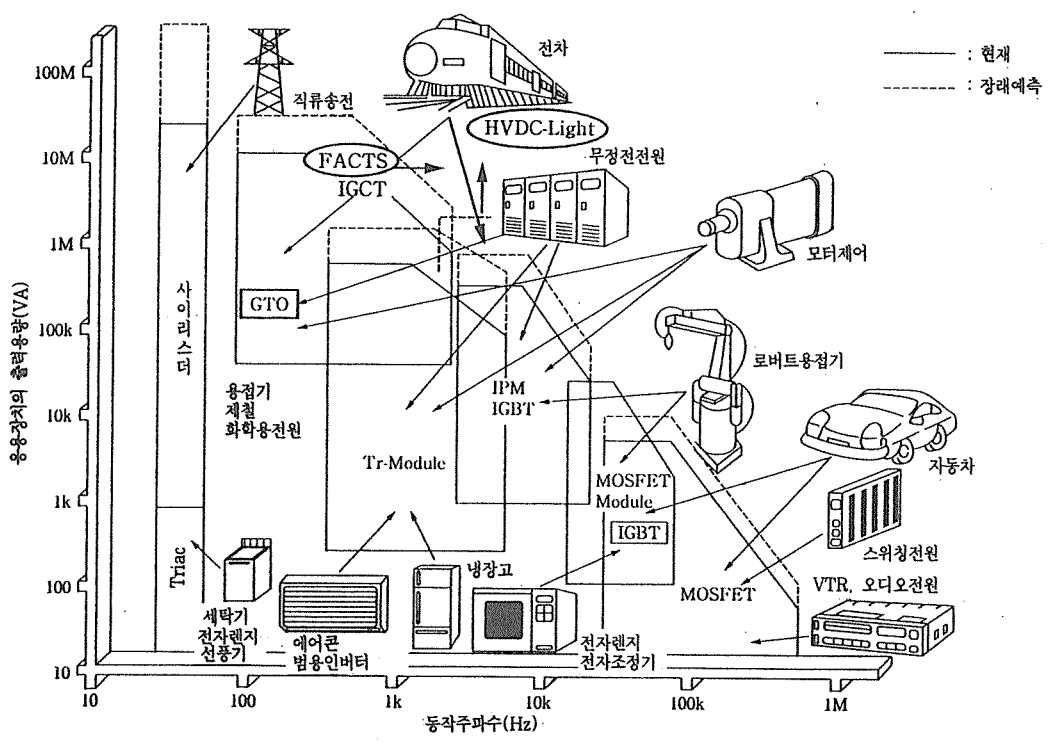
## 1. 서론

사이리스터의 개발과 실용화는 산업분야 뿐만 아니라 전력분야에서 파워일렉트로닉스 기술의 응용

을 급속히 확대시켜나가고 있다.

(그림 1)은 산업 및 전력분야에서 파워일렉트로닉스의 응용영역을 나타낸 그림이다.

최근 발전기 려자장치의 정지형화, 주파수변환



(그림 1) 파워일렉트로닉스의 응용영역

및 직류송전에 관한 전력계통의 비동기운전, 정지형무효전력보상장치(SVC)와 가변속양수발전기 등에 의하여 전력계통 안정화가 실용화되고 있다.

한편 파워일렉트로닉스 소자에 대하여는 GTO(Gate Turn-Off Thyristor)와 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor), SI(Static Induction)사이리스터 등 자기소호형 소자와 더 나아가 새로운 소자의 개발이 진행되고 있으며, 전력계통분야에서는 전압유지기능의 우수한 자려식SVC의 개발과 자려식변환기의 가변속양수발전기로의 적용이 진행되고 있다. 또한 미국전력연구소(EPRI)가 제안

하여 개발이 진행되고 있는 FACTS(Flexible AC Transmission System)가 복잡화한 전력계통의 조류제어, 계통안정화를 가능하게 하는 전력계통의 고기능화를 도모하는 방책으로 주목되고 있다.

본고에서는 전력분야에서의 파워일렉트로닉스 응용기술이 이용되고 있는 직류송전기술과 가변속양수발전기술, 연료전지발전기술, 전지 전력저장기술, 초전도 전력저장기술 등의 응용기술과 향후 전망에 대하여 기술하고자 한다.

〈표 1〉 제어성이 좋은 파워일렉트로닉스 기기

사무실·가정 등	전 력	산 업	교 통
-엘레베이터 -TV -스테레오 -PC -에어콘 -세탁기 -청소기 -태양전지용 인버터	-주파수변환소 장치 -직류송전용변환장치 -에너지저장 장치용 변환장치 -사이리스터 직렬 제어 콘덴서	-가변속구동교류전 동기 -유도가열용 고조 파인버터	-전기철도 -전기자동차 -자기부상철도

## 2. 직류송전

### 가. 직류송전의 발전

직류송전은 1954년 고틀랜드섬으로의 송전(20MW±100kV)을 시작으로 반세기의 역사를 가지고 있어 현재 40개소에 설치용량 4,000만 kW를 초과하고 있다. 직류송전의 심장부에 있는 교직변환기에서는 초기단계에 수은정류기가 이용

되었지만 고전압 대용량의 사이리스터변환기가 개발되어 최초의 사이리스터 변환기를 이용한 일리버(320MW-80kV)가 1972년에 캐나다·미국간의 계통간연계를 시작하였다.

일본의 직류송전은 '70년에 건설된 전원개발(주)의 佐久間HVC시험장에서의 사이리스터변환기의 실증시험(37.7MW-125kV)을 걸쳐 1977년에는 新信濃FC(300MW-125kV×2), 1979년에는 북해도와 本州 직류연계(300MW-250kV)가

건설되었다.

현재는 건설중인 프로젝트를 포함해서 직류송전 설비가 취급하는 전력을 합하여 3.5GW로서, 이것은 현재의 일본 전력계통 총발전량이 180GW이므로 일상적으로 사용하는 전기의 약2%가 직류송전을 경유해서 송전되는 전기라고 할 수 있다.

직류송전의 특징과 결점을 보면 다음과 같다.

○ 직류송전의 특징

- 송전안정도의 문제에 의한 송전용량의 제약이 없음
- 가공송전선의 건설비용이 저렴함
- 케이블의 구조가 간단하여 해저케이블 송전의 경우 경제적임
- 두개의 교류계를 비동기계로 함
- 교류계통의 단락용량을 증대하지 않게 연계함
- 조류의 제어속도가 대단히 빨라 고도 계통제어가 가능함

○ 직류송전의 결점

- 변환소의 비용이 통상 교류변전소 비용에 비교하여 증가
- 고조파 흡수설비를 필요로 함
- 변환장치가 비교적 커 무효전력을 소비함
- 교류송전에 비교하여 신뢰도상의 데이터 축적이 적고 한층더 향상 노력이 필요함

나. 직류송전에서의 파워 일렉트로닉스

1) 직류송전설비

일본의 北海道·本州간을 연계하는 北海道-本州 직류연계설비는 '79년에 300MW 건설, '93년 300MW증설로 합계 600MW의 전력용통이 가능해졌다. 또한 四國과 本州간을 연계하는 紀伊水道 직류송전 프로젝트의 제1기 정격은 1,400MW - 250kV

-2,800A이며, 2000년까지 운전개시 예정이다. 또한 제2기에는 변환설비를 증설하여 직류전압을 500kV로 승압, 2,800MW의 전력을 송전할 계획이다.

세계적으로 직류송전의 동향을 보면 북구에서 국제연계로의 적용, 아시아에서의 적용계획 확대, 동서유럽의 BTB의 정지, 자려식변환기의 개발, 남미에서의 국제연계의 확대 등으로 계획 추진되고 있으며, 향후에는 발전소(원자력)를 수용가에서 원격화, 인접국가와의 국제연계(한국, 일본, 러시아 등)가 가능할 것으로 예상된다.

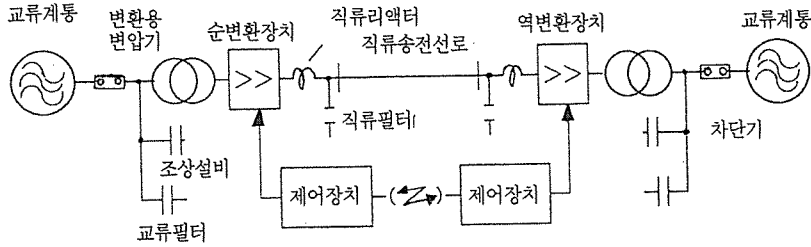
2) 직류송전의 구성

직류송전은 직류송전선(케이블, 가공선)을 가진 본래의 직류송전(HVDC : High Voltage Direct Current Transmission), 송전선 없이 주파수 변환(FC : Frequency Converter) 및 동일 주파수의 계통을 연계하여 비동기연계(BTB : Black-To-Black)로 분류된다.

직류송전의 기본구성을 (그림 2)로 나타내었는데, 변환용 변압기, 순변환장치, 직류리액터, 직류송전선로, 역변환장치, 차단기로 구성되며, 순·역변환장치의 교류측에서 발생하는 무효전력을 흡수하여 조상설비와 고조파전류를 흡수하는 교류 필터가 설치된다.

또한 직류측에서는 고조파전압을 흡수하는 직류 필터가 설치된다.

일본에서의 紀伊水道 프로젝트용 사이리스터 밸브는 세계 최대의 광 직접점호 사이리스터(8kV - 3,500A)가 채용되고 있으며, 사이리스터 소자용 실리콘웨이퍼 직경은 약 15cm(6인치)로서, 프로톤 조사기술 등의 최신 반도체 제작기술을 사용하여 고내압, 고성능의 사이리스터 소자를 실현시켰다.



(그림 2) 직류송전의 기본구성

### 3) 직류송전 제어의 고기능화

일본에서도 가장 새로운 紀伊水道 프로젝트에서는 직류송전의 운전신뢰도 향상, 교류전력계통의 안정도 향상을 목적으로 새로운 제어방식이 개발되었다.

이와 같은 고기능 제어는 디지털 제어기술의 진보에 의해 실현이 용이해졌다.

- 운전계속제어 : 교류계통 사고 시에도 직류전력을 계속해서 송전하고 또는 사고 제거 후에 고속으로 전력을 회복시킨다.
- 축 비틀림 공진 억제제어 : 발전소 전력 대부분을 직류송전 하는 경우 발생할 가능성이 있는 발전기의 축 비틀림 공진을 억제한다.

### 4) 자려식 변환기의 직류송전에서의 응용

직류송전의 적용확대를 사용한 직류 다단자 송전에 대해서 해석, 시뮬레이터 시험에 의한 제어 보호방식의 연구개발, 현장에서의 실증시험 준비가 진행되고 있다.

#### 다. 주파수 변환에서의 파워 일렉트로닉스

현재 일본에서 운전되고 있는 주파수 변환설비는 東京전력(주) 新信濃변전소의 300MW설비 1대이다.

新信濃변전소의 2호기, 佐久間주파수변환소의 설비이다. 이들 설비에 추가해서 제3의 설비로서 中部전력(주) 東清水변전소에 300MW설비가 건설 중이다. 東清水변전소가 완성되면 일본의 50Hz계통과 60Hz계통간에 합계 1,200MW의 전력이 융통 가능해진다. 1,200MW라고 하면 대규모 발전기에 필적하는 전력으로서 50Hz, 60Hz계통에 있어서 전력의 광역운용의 틀이 확대되고 상호 메릿이 더욱 더 증가할 것으로 기대된다.

#### 라. 비동기 연계에 있어서의 파워 일렉트로닉스

주파수 변환이 필요 없는 동일 주파수의 교류계통 상호간이라도 아래와 같은 직류의 이점을 살린 비동기 연계의 예도 나왔다.

- 전력을 정밀도 있게 고속으로 제어할 수 있다.
- 교류 루프계통을 피할 수 있다.
- 단락용량 증가를 억제할 수 있다.

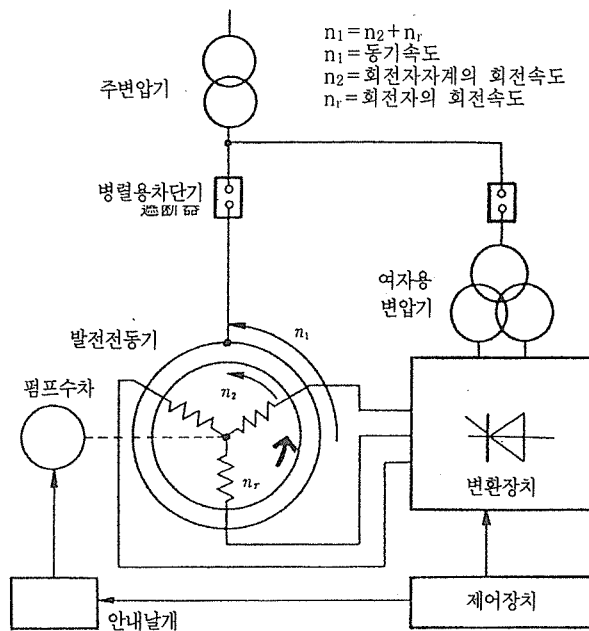
中部전력(주)과 北陸전력(주)을 연결하는 南福光변환소가 그 예이며, 현재 건설중이다.

## 3. 가변속 양수 발전

### 가. 가변속 양수설비의 구성

중전의 발전전동기는 동기기로서, 계통의 주파수와 회전기회전속도가 동기하고 있는 정속기였다. 그러나 2차권선형 유도기와 동일한 구조를 가진 발전전동기를 사용하여 2차권선을 저주파 3상 교류전류로 여자함으로써 전력계통과 1차측 권선전압·전류와의 동기를 취한 채로 회전속도를

변화시킬 수 있다. 2차권선의 여자장치로서는 사이크로 컨버터, GTO 자력식 변환장치가 사용된다. (그림 3)은 가변속 양수발전 시스템의 구성을 나타낸 것으로 펌프수차, 발전전동기, 2차여자장치, 제어장치 등으로 구성되어 있다.



(그림 3) 가변속양수발전 시스템 구성

#### 나. 가변속 양수발전의 장점

- 1) 양수운전시의 입력조정이나 양수정지시의 입력 조르기에 의해 계통의 주파수 조정에 효과적이고 또한 정지의 영향을 저감시킬 수 있다.
- 2) 발전 운전시의 낙차변동이나 출력조정에 대해서 고효율·광범위한 운전이 가능하다.
- 3) 유효전력과 무효전력을 고속, 독립적으로 제

어할 수 있으며 전력동요를 조기에 수속시켜 계통 안정화에 기여한다.

- 4) 발전전동기를 원활하게 시동할 수 있다.

다. 가변속 양수에서의 파워 일렉트로닉스

여기서는 일본의 전원개발(주) 奥清津 제2발전소에 적용된 GTO변환기를 예로하여 가변속 양수 시스템에 대한 파워일렉트로닉스의 응용을 (그림 3)

에 소개하였다.

GTO변환기는 컨버터, 인버터에 의해 구성되는데 컨버터에 의해 전력계통 주파수와 교류를 일단 직류로 변환하고 인버터에 의해 저주파의 교류를 출력하는 구성이다. 직류회로에는 초퍼 회로가 있으며 교류계통 사고 시에 2차권선에 발생하는 과전압을 억제하는 제어를 한다.

주요 가변속 시스템의 개요를 <표 2>, GTO변환기의 정격제원을 <표 3>에 각각 나타내었다.

이 예의 주요 특징은 다음과 같다.

- 1) 자려식 컨버터이기 때문에 입력역률을 1로 할 수 있다.
- 2) 컨버터는 변환기 다중구성에 의해 스위칭 주파수를 등가 적으로 2kHz로 하여 계통에의 고주파저감을 도모한다
- 3) 인버터 출력은 직류에 가까운 저주파로서 변압기에 의한 변환기 다중화가 안되므로 중성점 전위 클램프(NPC)인버터를 사용하여 고주파 저감을 도모한다.

<표 2> 가변속 양수용 변환기의 개요

	關西전력(주)大河内발전소		東京전력(주)鹽原발전소		電源개발(주)與清津발전소	
	발전	양수	발전	양수	발전	양수
펌프 / 수차	331MW	392MW	309MW	330MW	310MW	340MW
발전전동기	395MW 330~335min <sup>-1</sup>	388MW 330~390min <sup>-1</sup>	360MVA 345~375min <sup>-1</sup>	360MVA 345~390min <sup>-1</sup>	345MVA 407~450min <sup>-1</sup>	345MVA 407~450min <sup>-1</sup>
변 환 기	사이크로컨버터 72MVA-5.2kV (각상 4브릿지 구성)		사이크로컨버터 5.1MVA-5.9kV (각상 4브릿지 구성)		GTO인버터 31.5MVA-3.04kV(3상 브릿지*6병렬 구성)500Hz, PWM	

<표 3> GTO 변환기의 정격

GTO 컨버터	정 격	20MW-3상*(단상2024V-824A)*4군 50Hz
	구 성	2S-1P-4A*3상*2다중*2군
GTO 인버터	정 격	31.5MVA-304V-5980A 0.25~2.5Hz
	구 성	4S-1P-6A*6 병렬
직 류 전 압		9000V
냉 각 방 식		순수순환 수냉, 외부 수냉

## 4. 연료전지 발전

연료전지 발전은 소용량이라도 발전효율이 높고 또 배열을 이용할 수 있는 코제너레이션 시스템이기 때문에 도심부에 분산설치 가능한 전원으로서 개발되고 있으며 국내외적으로 실용화가 진행되고 있는 단계이다.

### 가. 연료전지 발전의 구성

연료전지는 이름 그대로 직류전력을 출력하는 발전장치로서, 교류계통에 전력을 송출하기 위해서는 파워 일렉트로닉스 장치가 필요해진다. 교류계통에서 격리된 상태에서도 교류로의 전력변환을 할 수 있도록 자력식 변환기가 적용된다.

### 나. 연료전지 발전의 특징

- 1) 송전단발전효율이 40~60% 높고 배열을 이용한 경우 종합 에너지 효율은 80% 가깝게 도달
- 2) 천연가스, 메탈, LPG, 등유, 석탄가스화 가스 등의 연료를 사용 가능
- 3) 발전효율과 종합 에너지 효율이 높고, 도입·보급이 진전되는것에 의거 CO<sub>2</sub>배출량을 삭감하는 것으로 배기 가스중의 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, 매진이 적고, 소음, 진동이 대부분 발생하지 않음
- 4) 대규모 전원용을 볼 수 없고 분산형 플랜트에서의 이용도 가능하고 또한 자가용에서는 고온 배열을 필요로 하는 산업용을 시작으로 업무용 코제너레이션의 기대도 큼

### 다. 연료전지 발전에서의 파워 일렉트로닉스

직류송전, 가변속 양수 시스템과 비교할 때 수

백kW급의 설비인 것과 단순한 구성으로 고조파 억제를 하기 위하여 고주파의 PWM제어에 적합한 IGBT소자가 사용되는 경우가 많다.

또한 전압원이기 때문에 전압형 자력식 변환기가 적용된다. 일례로서 200kW 연료전지용 인버터의 정격제원을 <표 4> 로 나타내었다.

<표 4> 200kW 연료전지용 인버터의 정격

항 목	정 격 · 특 성
정 격 출 력	200kW
전압 · 주파수	210V-3상-60Hz
전지직류전압 운전범위	165~224V
주회로 구성	3상 PWM 인버터
사 용 소 자	600V-800A IGBT
냉 각 소 자	수냉방식
스위칭 주파수	1.98kHz

## 5. 전지 전력저장

양수발전 시스템도 전력저장의 한 형태지만 입지조건의 제약 때문에 멀리 설치되는 경우가 많다. 이에 비해서 부하 가까운 곳에 분산 배치되는 시스템으로서 전력저장 시스템이 연구 개발되고 있다.

### 가. 전지 전력저장의 특징

전지 전력저장은 2차전지를 사용하여 전력을 저장하는 시스템으로서, 아래와 같은 용도에 적용하는 것을 목적으로 개발이 진행되고 있다.

- 1) 부하평준화 : 야간에 전지를 충전하고 전력 수요가 많은 주간에 방전하여 교류계통의 발전전력의 평준화를 도모한다.
- 2) 피크컷 : 변전소, 송전선의 용량을 초과하는 부하 순시변동에 의한 피크 전력을 전지에서 공급한다.
- 3) 주파수 조정 : 부하변동, 사고에 의한 전원 또는 부하 탈락 시에 유효전력의 언밸런스를 전지 충방전에 의해 보정, 교류계통의 주파수를 보정한다.
- 4) 전압 안정화 : 교직변환기에 의해 무효전력을 조정하여 교류계통 전압을 안정화한다.
- 5) 계통사고시의 예비지원 : 계통사고에 의해 부하와 교류계통이 격리된 자립운전을 하여 전지에서 부하에 전력을 계속 공급한다.

#### 나. 2차전지의 종류

현재 2차전지로서는 연축전지가 널리 사용되고 있지만 신형 전지가 개발되고 있으며, 나트륨·유황(NaS)전지, 아연-취소전지, 레독스플로전지가 전지 전력저장 시스템의 전지로서 유망시되고 있다. 이들 전지를 사용한 여러 가지 전지 전력저장 시스템이 운전되어 경제성, 장기 신뢰성의 관점을 중심으로 평가·검토되고 있다.

#### 다. 전지 전력저장 시스템에서의 파워 일렉트로닉스

전지 전력저장 시스템에 사용되는 파워 일렉트로닉스는 자력식 변환기가 주로 사용되는데 그 주 회로 구성은 이미 소개한 연료전지용 장치와 동일하게 전압형 자력식 변환기가 적용되는 경우가 많

다. 다만 직류전원이 2차전지이기 때문에 전지를 충전한다는 점이 다르고 변환기의 전력방향이 직류에서 교류만이 아니고 교류에서 직류방향의 변환을 하는 기능이 필요해진다. 그러나 전압형 자력식 변환기는 충방전 쌍방향의 전력변환이 가능하므로 단순히 제어에 충전기능이 추가된다.

전압형 자력식 변환기에 대해서는 무정전전원장치 등에 의해 기술이 확립되어 있지만 전지저장에의 적용에 있어서는 효율의 향상이 과제이다. 또한 부가가치를 증가시키기 위해 별도의 응용 예로 설명되는 무효전력 보상, 액티브 필터 기능을 함께 갖는 안이 나오고 있다.

## 6. 초전도 전력저장

초전도 전력저장 시스템(SMES)은 전력을 초전도 코일에 직류전류를 흐르게 하여 여기서 발생하는 자계의 자기에너지로 저장하는 장치이며,

특징으로는 ①저장효율이 높고 ②입출력의 응답이 빠르며 ③수명이 긴 것이 특징이다.

(그림 4)는 전력사업에서 본 초전도기술에서의 기대를 나타낸 것이다.

#### 가. 전류형 자력식 변환기

연료전지 발전 또는 전지 전력저장에서는 직류전원이 전압원이고 변환기는 전압형 자력식 변환기가 적절하였다. 그러나 SMES의 경우는 전원이 초전도 마그네트이고 전류원이기 때문에 전류형 변환기의 적용이 적절하다.

전압형 자력식 변환기를 SMES에 사용하기 위해서는 순환하는 전류를 초퍼에 의해 전압으로 변환하고 다시 또 전압형 자력식 변환기로 직교 변

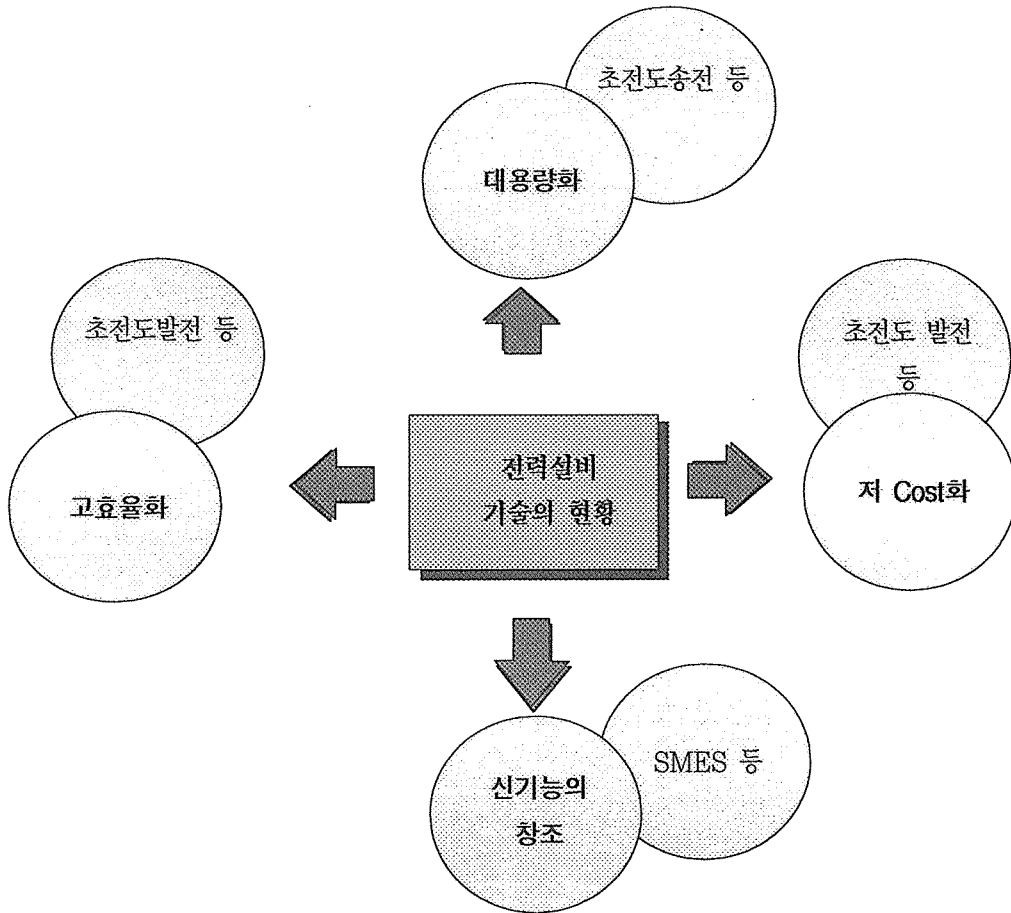


환할 필요가 있어 변환이 2단계가 되므로 복잡해진다. 그러나 전류형 자력식 변환기를 사용함으로써 직류전류를 직접 교류로 변환할 수 있어 단순한 시스템 구성으로 할 수 있게 된다. 이러한 이점 때문에 최근 몇가지 SMES 연구개발 프로젝트에서 전류형 자력식 변환기의 응용 예를 볼 수 있고 또 적용연구가 추진되고 있다.

#### 나. SMES의 개발동향

대형 SMES 시스템은 국내외적으로 연구개발 단계에 있다. 대형 SMES의 설치목적은 대략 전지 전력저장시스템과 동일하다.

그러나 SMES는 전지에 비해 충방전시의 응답이 좋기 때문에 순시전력 보상에 적용이 가능하다. 이 특징을 살려 소형SMES가 실용화되고 있다.



(그림 4) 전력사업에서 본 초전도 기술에서의 기대

일본에서는 1988년 중부전력에서 조사연구를 시작하여 1991년에 소규모 빠이롯플랜트 건설에 필요한 기술확립을 목표로 한 프로젝트로 타 전력회사와 함께 계획하여 추진하고 있다.

#### 다. SMES에서의 파워 일렉트로닉스

초전도 마그네트를 대용량화하는 경우 절연이 어렵기 때문에 대전류가 필요해진다. 이 때문에 변환기는 병렬 접속하여 전류정격을 크게 하는 구성으로 한다. 변환기를 병렬 접속하는 경우 교류계통에의 고조파를 저감시키기 위해 변환기를 별도로 하여 다중화 구성하는 방법이 일반적이다. 그러나 복수의 전류형 자력식 변환기의 교류입력을 직접 병렬접속하여 벡터 제어에 의해 동시에 제어하는 시스템도 제안되고 있다.

### 7. 액티브 필터

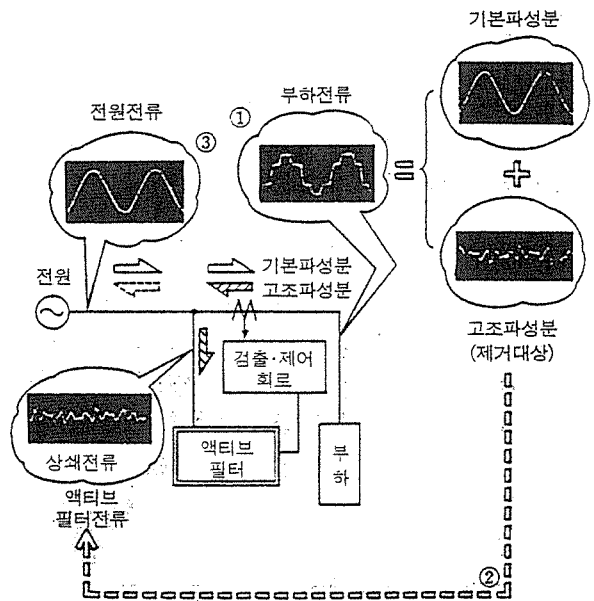
중전부터 고조파 대책으로서 LC필터(진상 콘덴서 포함)가 저가격·저손실이기 때문에 널리 보급되고 있지만 근년 반도체 전력변환장치의 보급과 대용량화에 수반되는 고조파 확대현상과 필터 과부하 등과 같은 문제가 대두되고 있다.

액티브 필터는 임의의 고조파를 폭넓게 보상할 수 있고 보상량을 제어할 수 있기 때문에 과부하가 되지 않는 등의 특징이 있어 LC필터에 비해서 고가이지만 특정 수용가의 설치 예가 증가하고 있다. 이하에서는 액티브 필터의 기본원리·각종 방식과 최근의 실시 예에 대해서 소개한다.

#### 가. 기본원리

현재 널리 실용화되고 있는 병렬형 기본원리를 설명한다. (그림 5)에 나타내듯이 고조파 발생원인 부하와 병렬로 액티브 필터를 설치하여 다음과 같이 결과를 얻을 수 있다.

- 1) 부하전류 내에 포함되는 고조파 성분을 검출한다.
- 2) 검출한 고조파 성분과 역위상의 전류(상쇄전류)를 인버터를 고주파 스위칭함으로써 발생시킨다.
- 3) 전원측에서 보면 과부하에서 발생한 고조파 전류가 액티브 필터에서 상쇄되어 설치점 보다 상위로는 유출되지 않는다.



(그림 5) 액티브 필터의 기본원리

LC필터가 대상 고조파 차수에 대해서 필터 자체의 임피던스를 작게 함으로써 고조파 전류의 분류조건을 바꾸어 전원측으로의 유출을 저감하는데 대해서 액티브 필터는 자체적으로 고조파 발생원으로서 동작, 결과적으로 전원측에 흐르는 고조파 전류를 감소시키는 것으로 LC필터의 원리와

는 근본적으로 다르다.

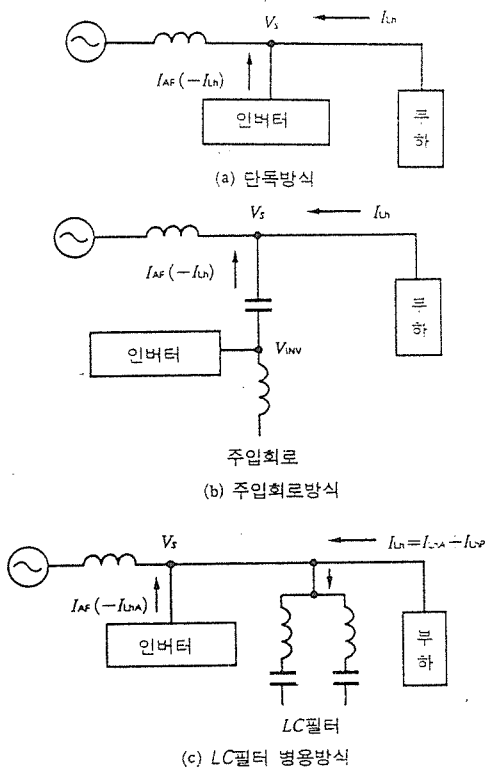
나. 각종 방식

(그림 6)에 대표적인 시스템 구성을 나타내고 이하, 각 방식에 대해서 설명한다.

1) 단독방식

현재 실용화 되고 있는 가장 일반적인 방식으로 인버터가 전원과 직접 연결되므로 전원의 기본파 전압과 동일 진폭·동위상의 기본파 전압을 발생 하면서 고조파 전압을 발생하기 위해 필요한 인버터 용량은,

「전원전압」 × 「보상고조파전류」



(그림 6) 액티브 필터의 시스템 구성

2) 주입회로방식

역률개선용 콘덴서 설비의 C와 L접속점에 인버터를 접속한 것으로서, 인버터는 전원의 기본파 전압 전부를 출력하지 않아도 되기 때문에 용량은 (a)의 방식에 비해서 저감되고 운전효율도 향상된다.

3) LC필터 병용방식

이론 고조파는 LC필터에 맡기고 LC필터에 의한 비이론 고조파의 확대현상을 인버터부에서 억제하는 방식이다. LC 액티브 양 방식의 장점을 잘 조합함으로써 (b)방식과 동일하게 인버터 용량을 저감시킬 수 있다.

8. SVC

정지형 무효전력보상장치(SVC)는 회전기(동기조상기)에 대해서 정지기로 구성되기 때문에 그 이름이 붙었지만 SVC의 정의로서 파워 일렉트로닉스 기술용 응용에서 전압·무효전력을 고속으로 보상하는 장치로, 기본파를 대상으로 하는 것이라고 할 수 있다.

SVC는 사이리스터 제어 콘덴서(TSC)방식이 최초로 적용되었지만 보다 고속이고 또 연속적인 제어가 가능한 사이리스터 위상제어 리액터(TRC)방식으로 아크로의 후리커 대책용으로서 '73년에 세계에서 처음으로 일본에서 실용화된 이래 전력계통·아크로·용접기·전철·각종 모터의 전압변동, 후리커 대책에 폭넓게 적용되어 왔다.

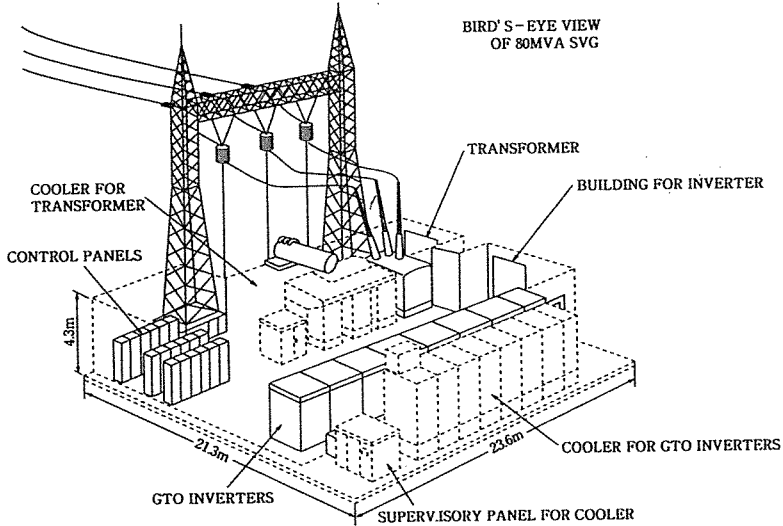
또한 최근에는 자력 인버터방식(SCC)이 실용화되고 있다.

이하, SVC의 분류와 방식, 동작원리에 대해서 소개한다.

가. SVC의 분류

무효전력보상장치에서는 리액터·콘덴서의 수동

소자를 사용한 SVC와 자력변환장치를 사용한 SSC 또는 STATCOM이 있고, SVC는 TCR과 TSC로 분류된다.



(그림 7) 자력식 SVC(SVG/STATCOM)

나. 방식과 동작원리

<표 5>에 3개 방식의 구성·동작원리·특징을 종합하고 이하, 그 개요에 대해서 설명한다.

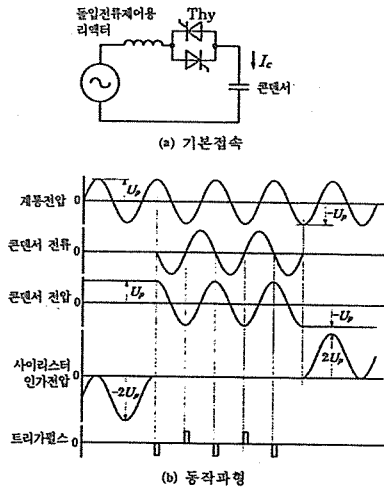
SVC의 방식은 3종류로 크게 나눌수가 있는데,

<표 5>

SVC 방식과 동작원리

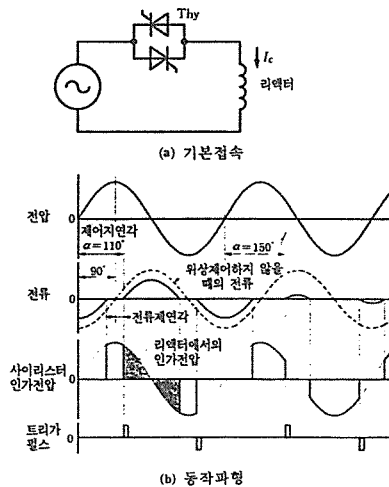
방식	(a) 사이리스터 ON·OFF제어방식(TSC)	(b) 사이리스터 위상제어방식(TCR)	(c) 자력 인버터방식(SCC)
구 성			
동 작 원 리			
특 징	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 진상가변</li> <li>· 단계제어</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· L가변에 의한 L,C의 제어</li> <li>· 연속제어</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가변 직류전압에 의한 출력전압제어</li> <li>· 연속제어</li> </ul>

다. TSC(Thyristor Switched Capacitor) 는 것이다. 응답속도는 원리상 최대 1/2 사이클이 필요하기 때문에 후리커 대책에는 적합하지 않지만 손실이 적고 그 자체 고조파를 발생하지 않는 사이리스터 스위치에 의해 복수의 콘덴서 뱅크를 개폐하여 진상 무효전력을 단계적으로 보상하는 이점이 있다.



(그림 8) TSC

라. TCR(Thyristor Controlled Reactor) 정한다. TCR의 응답속도는 1/4 사이클 이하로 극히 고속이기 때문에 각종 부하의 전압변동·후리커 대책 및 전력계통 안정화에도 널리 채용되어 사이리스터에 의해 리액터 전류를 위상제어함으로써 지상 무효전력을 지상까지의 무효전력을 조 TCR방식 SVC=SVC라고 불리는 일이 많다.



(그림 9) TCR

<표 6>

TSC, TCR, 자력식SVC (SVG/STATCOM) 비교

		TSC	TCR	자력식SVC
STATCOM리액터		STATCOM 필요	필요	불필요(스페이스 절약)
고 주 파		발생하지 않음	발생함	다상 인버터에서 고주파의 발생을 저감
손 실		적음	TSC와 비교하여 많음	고주파 스위칭을 위하여 많음
응답속도 제어방식		늦음 스텝 상	빠름 연속	빠름 연속
제어가능 무효전력		진상의 정도	진상~미상	진상~미상
적 용	전력용도	전압변동 대책('92년)	후리카대책('80년) 계통안정화 대책('89년)	계통안정화 대책('91년)
	전력이외	스키장의 전압변동 대책 등 소규모	아크로의 후리카 대책	아크로의 후리카 대책 등

마. SCC(Self Commutated Converter)

9. 장래전망

자력 인버터를 보상전원으로 하고 계통과 리액턴스를 거쳐 접속하여 인버터 출력전압  $V_1$ 을 조정 ( $V_1$ 을 계통전압  $V_s$ 보다 높게 하면 진상출력, 반대로  $V_1$ 을  $V_s$ 보다 낮게 하면 지상출력)함으로써 지상·무효전력을 연속적으로 제어하는 방식이다.

직류회로는 콘덴서이고 GTO나 IGBT등이 스위칭 소자로서 사용되지만 최근에는 GTO의 고전압·대용량화가 진보되어 SCC도 대용량의 것이 실용화되기 시작하고 있다. 이 방식은 일반적으로는 자력식 SVC라고 불리는데, TRC방식보다 원리상 고속응답이 가능하고 원리가 비슷하기 때문에 액티브 필터라고 호칭되는 일도 있지만 기본파를 대상으로 하는 것을 자력식 SVC, 고조파를 대상으로 하는 것을 필터로 분류하는 것이 정식 구분이라고 할 수 있다.

앞으로 전력을 공급하는 전원의 원격지화와 송전루트 확보의 어려움을 고려하면 기존의 전력계통의 유효활용과 함께 합리적인 계통구성과 효율적인 계통운용이 필요하다.

자력식변환기를 이용한 직류송전에 관한 계통간 연계는 기존의 교류계통의 구성, 운용을 변경하지 않고 계통연계를 강화하는 것에서 전력수송력의 증강에 크게 공헌할것으로 기대된다.

또한 직류다단자송전은 원격지로의 대전력송전에 관해 도중의 계통에서 전력을 분기 가능한 경제적인 송전 방식으로 이에대한 적용을 위하여 계통사고 등 각종 외란에 대한 안전운전 방식의 확립으로 자력식변환기의 고전압·대용량화가 중요한 과제이다.

한편 파워일렉트로닉스 기술에 관한 계통안정화

방책은 기존의 전력계통의 유효활용의 면에서 많이 기대되고 있지만 향후 계통에서의 적용을 위해서는 설비의 비용 절감과 함께 TCS와 UPFC 등 송전선에 직렬로 삽입시킨 기기의 신뢰도화가 중요하다

향후 분산형 전원이 많이 도입될 경우 이것의 운용제어 보호의 협조가 중요하게 되지만, 자력식 변환기의 특성을 유효하게 활용하고 전압변동대책

과 고조파제어를 보지 않고, 정전사고의 영향을 국한화하는 등 전력품질향상으로의 활용이 고려되고 있다.

이런 실현을 위해서는 각 전력용도에 대응한 변환기의 비용저감, 저손실화 등의 설계합리화, 표준화에서 현재 개발이 진행되고 있는 GTO의 고속 스위칭화와 IGBT, SI사이드리스터의 고전압·대용량화, 여기에 새로운 소자의 개발이 기대된다.

