



# 친환경 전력기기의 기술 Trend 및 개발 동향

▣ 신영준, 김영근, 이석원, 탁성준, 유련, 마지훈 / LS산전 전력연구소

## 서 론

## 중전기 산업의 Trend 및 대응 전략

중전기 산업에서 고압 및 초고압 개폐장치의 절연 및 소호 매질로 가장 특성이 우수하여 많이 사용하고 있는 가스가 SF<sub>6</sub>(육불화황)이다. 그런데 이 SF<sub>6</sub> 가스는 '97년 교토 프로토콜에서 지구온난화의 주범인 온실가스 6종류 중의 하나로 지목되었다.

'92년 리우협약으로 시작한 지구온난화 대책 국제 회의는 '97년 교토의정서를 채택하였으며, 주요 내용으로 38개 선진국은 2008년부터 2012년까지 온실가스 배출을 1990년보다 평균 5.2% 줄이고, 우리나라를 포함한 개도국은 2013년부터 2017년까지 감축하여야 하며, 온실가스 배출권을 국가간에 거래할 수 있도록 허용하였고, 온실가스로 CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, PFCs, HFCs, SF<sub>6</sub> 등 6종류를 지정하였다.

교토 프로토콜은 유럽의 강력한 추진에도 불구하고 그동안 미국의 반대로 지지부진한 협상을 거듭하다가 2004년 11월 러시아가 비준함에 따라 2005년 2월 16일부터 128개 체약국 간에 공식적으로 발효하게 되었다. 2008년부터 선진 38개 국가가 유엔기후변화협약에 참여할 예정이고 우리나라와 멕시코는 OECD 가입국으로 자발적인 동참을 요구받고 있으며, 2013년부터는 우리나라를 포함한 개도국이 의무적으로 참여하여야 하는 실정이다.

중전기 산업분야의 초고압이나 중전압급에서는 절연매질로 차단 및 아크소호능력이 우수한 SF<sub>6</sub> 가스를 주로 사용하고 있다. 이러한 SF<sub>6</sub> 가스는 현재 지구온난화에 주범인 CO<sub>2</sub> 보다 적어도 23900배 정도의 온난화 지수(열이 대기로 방출되는 것을 차단하는 지수)가 높다. 또한, 전력기기에서 절연과파괴가 일어났을 경우 SF<sub>3</sub>CF<sub>3</sub>가 발생되는데 이 역시 CO<sub>2</sub> 보다 약 17,500배 정도의 온난화 지수가 높다. 이에 유럽 및 일본을 중심으로 1990년대부터 SF<sub>6</sub> 가스의 대기방출을 줄이기 위한 노력을 꾸준히 경주하고 있으며, SF<sub>6</sub> 가스의 사용을 저감시키고 재사용하기 위한 기술을 개발하여 CIGRE 등의 국제학술회의에서 발표하고 있다. 또한 SF<sub>6</sub> 가스의 대기방출 저감, 사용량 저감, 재사용 등을 위한 기술개발 정도에 따라 중전기의 국제교역에 규제를 가하려는 움직임이 나타나고 있다.

그림 1.에서는 과거 온실가스감축을 위한 정책에서부터 교토프로토콜이 적용되어 예상되는 국내외 정책 동향 및 선진업체들의 중전기 동향을 보여주고 있다.

현재, 선진업체들은 친환경 중전기기를 지향하는 추

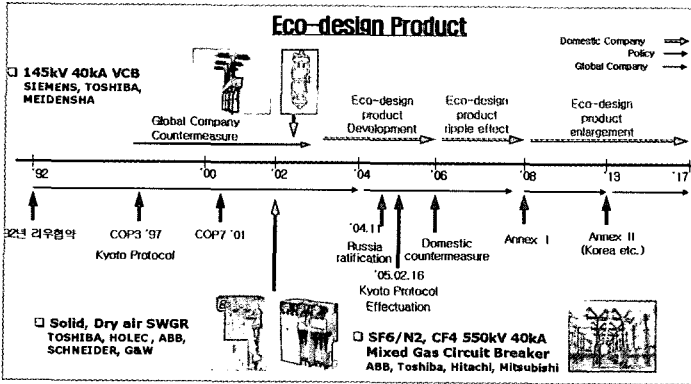


그림 1 KYOTO Protocol 적용 예상

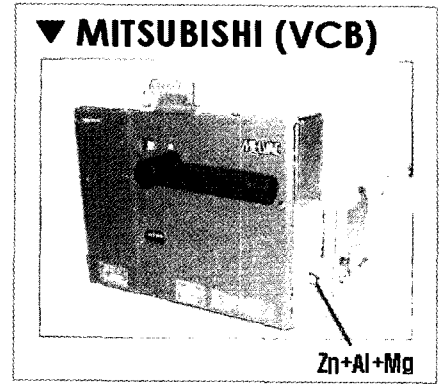


그림 2 MITSUBISHI (VCB)의 RoHS 대응 제품

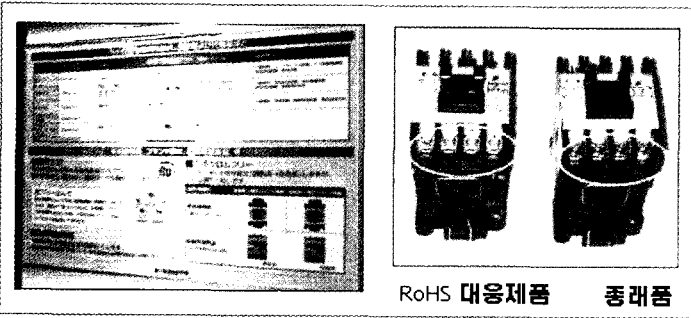


그림 3 FUJI (MCCB)의 RoHS 대응 제품

표 1 MCCB(FUJI)의 기존품과 대체품의 비교

유해물질	종래품	대체품
PCB기판	Sn-Pb계	Sn-Ag-Cu-Ni-Ge계 Sn-Ag-Cu계 Sn-Cu계
가공품 표면	6가 Cr	유기무기혼합피막처리 3가 Cr
전기접점	Ag-CdO계	Ag-Ni계 Ag-Sn-In계 Ag-WC계

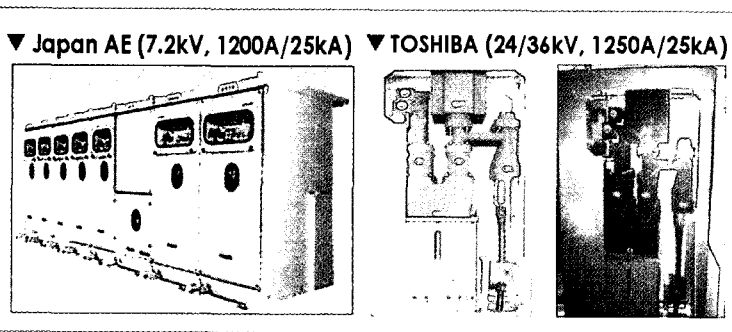


그림 4 온실가스 저감에 대비한 고체절연 Switchgear

세이다. 그리하여 온실가스의 하나인 SF<sub>6</sub> 가스의 사용을 저감 또는 배제하기 위한 전력 기기들이 개발되어 Market에 출시되고 있다.

아래에서는 선진업체들에서 친환경 Trend에 맞추어 개발된 전력기에 구성 및 정격 등에 대하여 정리하였다.

그림 2.에서는 MITSUBISHI社의 RoHS 대응 제품으로 개발한 VCB(Vacuum Circuit Breaker)를 보여주고 있다. 이 VCB는 Mechanism Frame에 Cr강판을 배제하고 Zn+Al+Mg 처리를 하였다. 또한 납, Halogen계 원소를 배제한 친환경적인 제어전선을 사용한 것이 특징이다.

그림 3.는 FUJI社에서 RoHS 대응 제품으로 개발한 MCCB를 보여주고 있으며, 표 1에서 종래품과 대체품에서 바뀐 부분을 비교하여 보여주고 있다.

다음의 그림 4.는 내부에 차단기 및 단로기, 접지 기능이 있는 배전급에서 사용되는 Switchgear로써 내부의 절연을 기존사용 했던 SF<sub>6</sub> 가스를 배제하고 고체로만 차단부, 모선 등을 몰딩하여 온실가스 저감에 대비한 제품이라고 할 수 있다.

다음에 그림 5.에서 보여주고 있는 제품 역시 온실가스 저감에 대비한 MV class Switchgear로 그림 4.에 나와 있는 Switchgear와 같이 고체절연 방식을 적용한 것이 아니라, Dry Air와 같은 지구 온난화와 무관한 기체를 사용하였다. 여

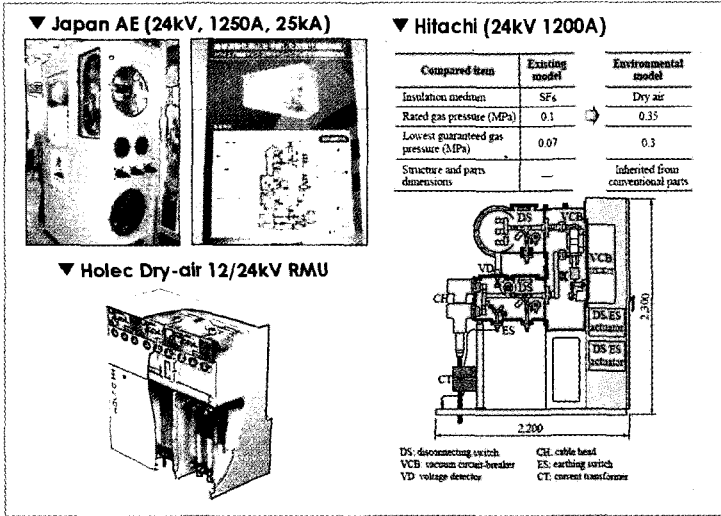


그림 5 Dry Air를 절연매질로 사용한 MV class Switchgear

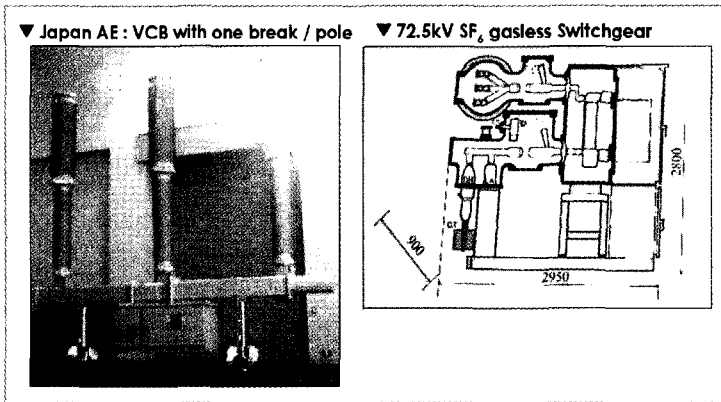


그림 6 Dry Air를 절연매질로 사용한 HV class Switchgear

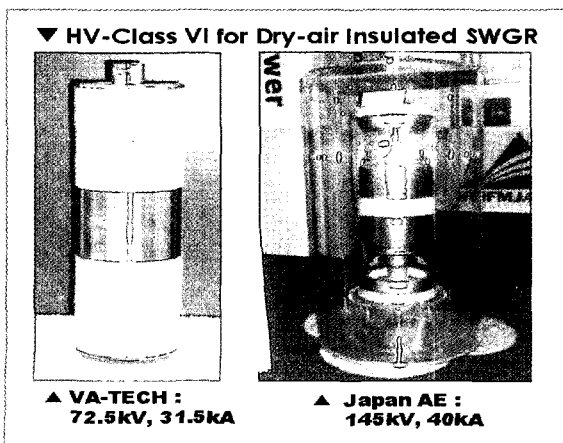


그림 7 고전압 VI

기서 Dry Air란, 공기중에 있는 수분을 ppm이하로 제거하고, 공기 중 함유량이 극소하지만, 단독 또는 수분의 존재로 인하여 자연산화막이 발생하여 절연력 저하 및 기기 내부 절연재질의 부식을 유발시키는 각종 불순물(탄화수소, 유기 할로젠, 산성 가스, 염기성 가스, 알데히드류, 질소산화물) 여과한 초청정건조공기를 말한다. 이는 절연내력이 SF<sub>6</sub> 가스의 약 1/3정도 이므로 압력을 높여서 절연력을 키우는 방법을 쓰고 있다. 그러므로 Switchgear의 외함(탱크)설계기술 및 절연설계가 핵심기술이라 할 수 있다.

그림 6.에서는 HV class Switchgear를 보여주고 있다. MV class Switchgear와 마찬가지로 Dry Air를 절연매질로 사용하고, 소호부는 그림 7.에서 보여주고 있는 고전압 VI(Vacuum Interrupter)를 적용하여 아크소호 능력이 작은 Dry Air의 단점을 보완하였다.

그림 7.은 HV Dry Air Switchgear에 사용된 VI를 보여주고 있다.

### 온실가스 저감에 대한 정부 및 기업의 대응방안

SF<sub>6</sub> 가스의 대기방출을 低減하기 위해서는 표 2에 정리되어 있듯이 수입(또는 생산)에서부터 사용 및 저장까지의 전체 유통과정을 철저히 관리하여야 하며, 대기방출량에 따라 환경세 신설, 국내 배출권 거래제도

표 2 SF<sub>6</sub> 가스의 대기방출 저감 방법

구분	SF <sub>6</sub> 가스의 대기방출 저감 방법
정부	1. SF <sub>6</sub> 가스의 유통체계에 대한 국가관리시스템 구축 및 운영 2. SF <sub>6</sub> 가스의 대기방출량에 따른 환경세 신설 3. SF <sub>6</sub> 가스의 국내 배출권 거래제 도입
산업체	1. SF <sub>6</sub> 가스의 누설량을 줄일 수 있는 기밀 설계기술 개발

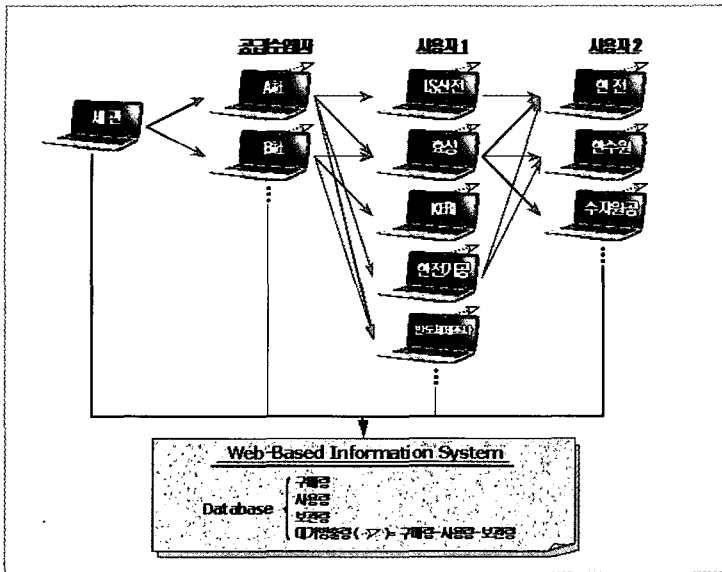


그림 8 SF<sub>6</sub> 가스의 유통체계에 대한 국가관리시스템 개요

**표 3 SF<sub>6</sub> 가스의 사용량 저감 방법**

구분	SF <sub>6</sub> 가스의 사용량 저감 방법
정부	1. SF <sub>6</sub> 가스의 사용량 저감기술 개발을 위한 연구비 지원
산업체	1. 절연특성이 우수한 SF <sub>6</sub> 가스와 N <sub>2</sub> 등과의 혼합가스 개발 2. Dry-Air 또는 공기 절연기술 및 Switchgear 개발 3. 고압 및 초고압용 진공차단기술 및 Vacuum Interrupter 개발 4. SF <sub>6</sub> 가스 충전부의 최적설계를 위한 각종 전산해석 기술 개발

**표 4 SF<sub>6</sub> 가스의 재사용 증가 방법**

구분	SF <sub>6</sub> 가스의 재사용 증가 방법
정부	1. SF <sub>6</sub> 가스의 재사용 기준 법제화 제정 2. SF <sub>6</sub> 가스의 재사용 증가를 위한 장려정책 및 연구비 지원
산업체	1. 유지보수 등을 위한 SF <sub>6</sub> 가스 회수장치 개발 2. 분해된 가스를 재사용할 수 있도록 필터링 기술 개발 3. SF <sub>6</sub> 가스와 N <sub>2</sub> 등과의 혼합가스에 대한 분리기술 개발

입 등의 조치를 취할 필요가 있다.

또한 SF<sub>6</sub> 가스의 전체 유통과정을 정부가 효과적으로 통제 및 관리하기 위해서는 그림 1에서와 같이 공급자 및 수요자가 인터넷에 접속하여 구매량, 사용량, 저장량, 방출량 등의 데이터를 손쉽게 입력할 수 있도록 Web-Based 운영시스템을 개발하여야 하며, 각 유통단계에서 데이터를 강제적으로 입력하도록 제도화하여야 한다.

그리고 최근 차단기 및 스위치기어 관련 IEC(국제전기기술위원회) 규격에서는 Sealing부의 가스누설량을 1~3%/년에서 0.5%/년 이하로 강화하였기 때문에 가스 누설량을 줄일 수 있는 이중 O-Ring 구조

기술 등을 개발하여야 한다.

SF<sub>6</sub> 가스의 사용량을 줄이기 위해서는 표 3에 나타나 있듯이 SF<sub>6</sub> 가스와 절연 및 소호특성이 거의 동일한 혼합가스 또는 代替가스를 개발하여야 하며, 고압 및 초고압 가스차단기술을 대체할 수 있는 진공차단기술을 개발할 필요가 있다. 또한 고압 및 초고압 가스절연기술을 대체할 수 있는 Dry-Air 또는 공기 절연기술을 개발하여야 한다.

그리고 가스절연 스위치기어에서 SF<sub>6</sub>로 충전되는 차단부 및 절연부의 부피를 줄이기 위해 전계해석, 냉가스 및 熱가스 유동해석, 小전류 및 大전류 차단해석, 포스트 아크(Post-Arc) 전류해석 등을 통하여 최적설계기술을 개발하여야 한다.

SF<sub>6</sub> 가스의 再使用을 증가시키기 위해서는 재사용하여야 하는 기준을 제정하여야 하고, 표 4에 요약되어 있듯이 충전한 가스를 회수하기 위한 가스회수장치, 아크 등에 의해 분해된 가스를 필터링하기 위한 분해가스 정제장치 등을 개발하여 적극적으로 활용하여야 한다. 또한 SF<sub>6</sub> 가스와 N<sub>2</sub> 등의 가스로 혼합된 가스인 경우 분리할 필요가 있을 경우가 종종 있으므로 가스 분리장치를 개발하여 활용할 필요가 있다.

## 결 론

교토프로토콜이 발효되어 국내외적으로 친환경 중전기에 대한 개발을 위해 많은 투자 및 관심을 보이고 있다. 실제로 고체절연 및 Dry Air를 적용한 Switchgear가 Market에 출시되어 있고, 더욱 더 업그레이드시키기 위한 연구가 진행 중이다.

중전기기업체가 SF<sub>6</sub> 가스의 대기방출량 및 사용량을 저감시키는 중전기기를 개발하고 온실가스의 재사용량을 증가시키기 위해서는 정부가 전체 유통과정을 관리 및 통제할 수 있도록 법제화할 필요가 있다. 또한 기준 이상으로 대기에 방출하거나 재사용하지 않는 경우에는 합당한 제재를 가할 수 있도록 법을 제정할 필요도 있다.

대기방출량 및 사용량의 저감, 재사용량 증가에 소요되는 각종 기술의 개발을 위해서는 산업자원부, 환경부, 과학기술부 등의 정부부처는 연구개발자금을 특별히 지원하여야 하며, 산·학·연이 공동으로 업무분장을 통해 협동연구를 수행할 필요가 있다.

특히 SF<sub>6</sub> 가스를 사용하여 고압 및 초고압 전력기기를 생산하는 산업체는 사용량 저감기술을 개발하는데

앞장서야 하며, 가장 많은 SF<sub>6</sub> 가스량을 운전 및 보유하고 있는 한국전력공사, 한국수력원자력 등은 가스누설량 및 사용량 저감과 재사용량 증가에 필요한 기술 개발과 연구개발비 투자에 인색해서는 안 될 것이다. 이상을 표 5에 요약하였다.

표 5 SF<sub>6</sub> 온실가스에 대한 기후변화협약 대응 방법

구분	SF <sub>6</sub> 온실가스에 대한 기후변화협약 대응 방법
정부	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 유통체계에 대한 국가 관리 및 통제 시스템 구축 및 운영</li> <li>2. SF<sub>6</sub> 가스에 대한 법제화                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경세 신설, 국내 배출권 거래제 도입, 재사용 기준 제정</li> </ul> </li> <li>3. SF<sub>6</sub> 가스에 대한 장려정책 수립 및 연구개발비 지원                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• 대기방출량 저감, 사용량 저감, 재사용 증가</li> </ul> </li> <li>4. 유관기관 : 산업자원부, 환경부, 과학기술부, 한전, 한수원 등</li> </ol>
산업체 대학 출연연	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. SF<sub>6</sub> 가스의 유통체계에 대한 종합감시관리기술 개발</li> <li>2. SF<sub>6</sub> 가스에 대한 각종 기술 개발                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• 대기방출량 저감기술, 사용량 저감기술, 재사용 증가기술</li> </ul> </li> <li>3. 유관기관 : 중전기제조사, 대학 전기공학과, KERI, KEPRI 등</li> </ol>