

重電器機 연구개발 現況과 未來動向

김 중구, 김 익모, 최 영찬, 김 세창
현대중공업 기전연구소, 변압기설계부

The Present and Future Tendency in Electric Machinery

J.K. Kim, I.M. Kim, Y.C. Choi, S.C. Kim

Hyundai Heavy Industry Mechatronics Research Institute, Transformer Design Dept

Abstract - We explained the present and future tendency in the electric machinery research and development status. Being started WTO system and in the infinite competitiveness, we hope that this paper will be helpful to strengthen competitiveness of our electric machinery industry.

의 최대 전력 소비량은 4,300만kW를 기록하였다. 이와 같은 전력수요를 감안하여 정부는 국내의 발전설비 용량을 2005년까지 6,039만kW로 증가시키고, 2010년에 7,141만kW, 2015년까지는 7,845만kW로 발전설비 용량을 증가시킬 계획이며, 최고 송전전압 또한 2002년부터 765kV로 승압시킬 계획이다.

1. 서론

1.1 개요

중전기 기술은 산업사회가 고도화됨에 따라 컴퓨터와 통신기술이 복합화된 기술로서, 모든 설비에 원동력이 되는 전기 에너지 산업 전분야 및 인간의 생활에 없어서는 안되는 필수적인 기술이다. 또한 그 활용범위가 날로 증대되어 초고압 전력뿐만 아니라 심지어 내연엔진을 가진 자동차, 선박추진에서도 수많은 모터와 발전기를 적용하고 있는 추세이다. 그리고 해외 및 국내의 항만·공항·도로·교통·주택 등 단품위주에서 Tunkey Base로 수주할 경우 전력제어 시스템으로 공급이 가능한 중요한 System엔지니어링기술로도 성장하고 있다.

중전기기 산업은 고도화·정보화 사회에 부응하여 타 산업의 이종기술과의 기술 융합을 통하여 경량화·소형화·무소음화 등이 요구되고 있다. 그리고 광범위한 기술파급 효과와 함께 산업구조의 고도화 역할을 수행하기 위해서는 전기적·기계적인 기초기술 연구에 대한 중요성이 날로 커지고 있다.

본 논문에서는 중전기기 기술개발의 문제점, 선진기술 및 국내연구 현황 그리고 미래 기술동향과 문제점을 살펴봄으로써, WTO체제 출범으로 무한경쟁시대가 전개되는 시점에서 중전기산업의 국제경쟁력 강화를 위해서 기술개발 활동에 도움이 되고자 한다.

1.2 개통전압 및 전기 사용량

1887년 국내에 처음으로 전기가 도입된 이후 전력산업은 1960년대의 개발 성장기를 거쳐서 현재에 이르렀으며, 이러한 국내 전력산업의 추이를 최고 송전전압과 발전설비 용량면에서 살펴보면 표1과 같다.

1923년 서울, 강원도간 송전선로에서 66kV가 통전된 이래 1935년에 154kV가 통전되었고, 1976년부터 현재까지 345kV가 최고 송전전압으로 사용되고 있다. 그러나 최근 우리나라의 경제발전 및 생활양식의 변화로 연평균 전력 소비량의 증가율이 12.5%에 이르렀으며, 1999년도

표1 국내 전력산업 추이

	1923	1935	1976	1999	2002	2005	2010	2015
송전전압 [kV]	66	154	345	-	765	-	-	-
최대전력소비량[만kW]	-	-	-	4300	-	6039	7141	7845

1.3 중전기기 기술개발 문제점

선진 각국의 중전기기 제조업체들은 더 이상 국내의 중전기기 제조업체를 중속업체로 생각하지 않고 경쟁 상대로 생각하기 때문에 설계 및 제조기술 등의 핵심기술에 대한 이전을 기피하고 있다. 또한 국내의 중전기기 제조업체들 또한 선진업체로부터 이전받은 설계 및 제조기술로 일반적인 중전기기를 제작하는데 큰 어려움이 없기 때문에 독자적인 설계기술구축에 대한 필요성을 절실하게 느끼고 있지 않고 있어 기술구축에 대한 자구 노력 또한 소홀하였다. 그 결과 신제품 개발에 능동적으로 대처하지 못하며 선진업체에 값비싼 기술료를 제공하고 제조기술을 이전 받고 있는 등 어려움을 겪고 있는 것도 우리의 현실이다. 이와 같은 국내의 중전기기 기술개발의 문제점을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 적극적인 기술개발의 추진노력 부족
- 2) 비효율적인 기술도입 및 도입기술의 소화개발능력 부족
- 3) 기술개발을 위한 하부구조 구축 미흡
- 4) 차세대 제품에 대한 기술개발 전력 부족

2. 연구개발 現況

2.1 새로운 소재 활용

중전기기의 최근 몇 십년간은 개발 경향을 단적으로 표현한다면 첫째가 소형화이고, 둘째가 경량화이며, 셋째가 환경친화성을 강조한 기술개발의 추구, 넷째로 경제성 설계를 위한 여러 가지 방법들이 강구되고 있다.

이와 같은 추세는 절연재료에 대해 가혹한 환경을 만들게 되어 내전압성, 내열성이 향상된 절연재료가 개발되게 되었으며, 차단기에는 고전압 절연재료로 잘 사용되지 않았던 FRP(Fiber Reinforced Plastic)와 같은 재료들을 차단기의 절연물로서 사용하는 연구개발이 진행되고 있다.

가장 충격적인 절연재료의 응용은 케이블 자체를 코일로서 사용하는 최근의 응용이라고 볼 수 있다. 절연케이블은 대량생산 체제가 갖추어져 있으므로 절연이 양호하고 대전류를 흘릴 수 있는 케이블을 값싸게 생산할 수 있는 기반이 갖추어져 있으므로 이러한 케이블 자체를 종래의 발전기에 적용하여 Power-Former와 같은 발전기와 변압기의 기능을 동시에 수행할 수 있는 새로운 개념의 기기도 가능하게 되었다. 그것은 케이블이 갖고 있는 우수한 절연성능을 활용한 예라고 볼 수 있으며 최근에는 케이블을 변압기에 적용함으로써 Dryformer라는 절연유를 사용하지 않는 환경친화적인 변압기를 ABB에서 개발하여 실용기를 설치하였다.

2.2. 기술의 융합화

전력전자 기술의 초고압화가 최근에 와서 HVDC, FACTS기기 등에서 실현되고 있다. 이것은 전력용 반도체 기술의 발달에 기인한다고 볼 수 있다. 대전압 대전류의 센싱기술로 광을 이용한 기술이 실용화의 단계에 들어가고 있다. 이런 기술들이 종래의 전력기기에 융합되는 한 예로서 제어스위칭 기법을 차단기에 적용하는 것이라고 할 수 있다. 기존의 차단기는 사고 즉 지락이나 단락사고를 감지하면 릴레이가 차단기를 끊으라는 명령을 내리게 된다. 그 명령에 따라서 차단기에 흐르는 전류의 시간적인 고려없이 차단을 시도하였다. 그러나 제어스위칭은 끊으려는 전류상태를 사전에 감지하여 전류 영점에서 차단을 시도하는 기술을 의미한다. 이런 기술은 전력전자기술이 종래의 차단기 기술에 융합되는 것을 잘 보여주고 있다.

2.3 컴퓨터의 활용

컴퓨터를 이용한 해석기술의 발달로 인하여 개발비의 절약 및 개발기간의 단축 등을 들 수 있다. 차단기의 경우 전계 및 자계해석 기술은 기본이며, 압축성 유체의 흐름을 해석함으로써 가스 차단기의 최적유로를 찾아내어 설계에 반영하고 있다.

현재 전기기기의 전자계해석에 대한 상용프로그램으로는 FLUX와 MAXWELL 등이 주로 사용되어지며, 유한요소법에 근거한 프로그램으로 3차원 해석도 가능하지만, 복잡, 다양한 모델에 대해서는 적용하기에 어려움이 있다. 해석적인 방법의 장점은 실모델을 직접 제작하지 않고 다양한 모델에 대한 특성패턴들을 미리 알 수 있으므로 시행착오를 줄일 수 있다는 것이다.

2.4 중전기기 개발현황

전반적인 국내 경기의 침체로 인하여 국내 중전기기업계는 유례없는 불황에 직면해 있다. 이와 같은 급격한 내수감소에도 불구하고 오히려 연구개발은 활성화되어 765kV 변압기 및 고압차단기의 개발 및 고효율, 저손실형 중·소형 변압기의 개발은 그 성과가 상당하다.

1) 변압기

국내의 변압기 제조업체들이 개발해 온 변압기의 개발 역사를 살펴보면, 1967년도에 154kV급 변압기를 개발 완료했으며, 1978년도에 345kV급 변압기, 1982년도에 몰드 변압기, 1999년도에는 한국전력공사의 당진화력 발전소에 극초고압 변압기인 단상 765kV급 주 변압기(204MVA) 4대와 연계변압기(370MVA) 4대가 각각 납품되었다. 이와 함께 765kV 송전계통사업에 일익을 담당함은 물론 극초고압 중전기기 해외 수출에도 진출할 수 있는 발판을 구축했다.

다음으로 현재 개발중인 변압기의 개발목적과 방법을 정리하였다.

a) 경량화 변압기

경량화를 위해서는 권선의 도체 전류밀도를 높이는 방법이 사용되며, 이로 인해 열적으로 손상되지 않는 절연재의 사용이 불가피하게 되었다. 내열등급이 A종 절연에서 H종 절연으로 대체되는 복합절연방식이 적용되었으며, 변압기의 외형 및 총중량은 부분적으로 최대 40%까지 소형화 또는 경량화가 가능해진다. 이러한 경량화 기술은 현재 미주지역에서 많이 사용되고 있으며 미주지역의 국제 규격협회인 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)에서 관련 규격을 제정하기 위하여 준비중에 있다.

b) 난연성 변압기

난연성 변압기의 개발목적은 변압기의 화재사고를 줄이기 위함이며 변압기의 화재사고를 줄이는 방법으로 발화점이 170°C인 기존변압기의 광유를 발화점이 300°C 이상인 난연성 절연유로 대체시키는 방법이다. 현재 난연성 변압기의 개발과정에서 도출된 문제점으로는 일부 난

연성 절연유의 흡습성 또는 절연유의 온도가 0°C이하에서 점도가 너무 높다는 것이며 이러한 문제점들이 해결될 때 세계시장에서 난연성 변압기의 수요는 급증할 것이다.

c) 고속전철용 변압기

고속전철용 변압기의 개발목적은 고속전철에 탑재되는 변압기를 국내기술로 설계하고 제작할 수 있는 능력을 보유하기 위함이며, 변압기 설계 및 제작에 사용되는 방법은 상기의 경량화 변압기와 난연성 변압기의 설계 및 제작방법과 고속전철이 주행중 변압기에 전달되는 충격에 견딜 수 있는 구조설계 방법이 추가된 것이다.

2) 고압차단기

전력계통의 대용량화의 추세에 따라 계통전압은 154kV, 362kV 상용화에 이어 현재 건설중인 765kV까지 격상되었고, 초고압 대용량 GCB/GIS의 경우 이러한 전력계통의 변화와 맥락을 같이 하고 있다고 할 수 있다.

또한 345kV 전력계통은 전원설비와 송·변전계통의 지속적인 증설로 인한 계통의 대용량화로 대용량 차단기가 요구되게 되었다.

이와 같은 전력계통의 변화에 따라 국내에서도 362kV 63kA, 4,000A/8,000A GIS가 개발되었고, 세계 최대용량 급이라고 할 수 있는 765kV 50kA 8,000A GIS를 (주)효성에서 개발을 완료하였고, 현대중공업(주)에서도 현재 개발시험중에 있다.

또한 최근 초고압급 GCB/GIS의 수출이 증가함에 따라 수출용 GCB/GIS의 개발도 활발하여 170kV 31.5kA 2000A, 300kV 40kA 2000A/4000A 1점절 유압조작형 GCB개발에 성공하여 수출에 기여하였다.

한편 GCB/GIS의 개발 추세는 소형 경량화, 저조작력화가 두드러질 것이며, 이를 위해서는 아르의 열팽창에 너지를 퍼퍼실린더의 압력상승에 효과적으로 이용하는 방법, 노출 및 접점의 형상 개선, 노출재질의 개선, 역류의 효과적인 이용, 양방향 조작방식의 채용, 제어스위칭 기법 등이 적용될 것이다.

아직까지 국내기술은 선진업체를 모방하는 단계에서 벗어나지 못하고 있는 실정이며 경쟁력 확보를 위해서는 기초설계 기술의 자립이 절실히 요청되며, 이를 위해서는 기술개발을 위한 업계의 인식전환이 필수적이다.

3) 회전기기

다른 중전기기와 같이 회전기기도 선진업체에서 도입된 기술을 기본으로 시작하여 현재는 자체 설계, 제작할 수 있는 단계까지 발전하게 되었다. 현대중공업(주)는 태안화력 5,6호기를 비롯하여 복합화력 등에 다수의 발전기, 전동기를 제작, 납품한 실적을 갖고 있으며, 1999년에는 인도에 세계 최대의 20만kW 디젤발전소를 건설하였고, 남북경협에 대비 10~20만 kW 디젤발전기를 비롯하여 변압기시험용 2,300kW 특수발전기를 개발하였다.

최근 세계시장 추이가 경량화, 고효율화 제품이 고객들에게 선호됨을 고려하여 선진업체는 약 1년전부터 경량화 신모델을 개발하여 세계시장 점유율을 높이고 있다. 이러한 세계시장 변화 추이에 맞추어 현대중공업(주)에서도 기존 모델대비 약 20%이상 경량화된 제품을 개발하여 2001년도부터 본격적으로 시장에 판매할 예정이다.

선진업체에서는 100년 이상에 걸쳐 기술 습득한 각종 과도현상 해석을 통해 개발된 제품을 단시간내에 동등한 제품을 개발한 것은 괄목할 만한 성장으로 여겨진다. 이제부터는 과도현상 해석 및 설계기법분야에 있어서도 선진업체에 뒤지지 않도록 기술 수준을 높여야 한다.

또한 회전기기 생산에 있어서 가장 중요한 기술요소는 진동, 소음, 절연수명으로 볼 수 있으며 선진업체에서는 이러한 요소에 대한 해석기법을 노후우로 간주하여 기술이전을 기피하는 현상이 두드러지고 있음을 고려할 때 산업체, 학계, 연구소가 관심을 갖고 대처해야만 한다.

3. 未來動向

3.1 연료전지 기술

중전기기의 가장 핵심기기의 하나는 발전기이다. 이 발전기는 회전하므로써 전기를 발전시키고 있다. 미래에는 회전하지 않는 발전기들이 등장할 것이다. 그것은 많은 기대를 모으고 있는 연료전지라고 할 수 있다. 연료전지 기술이 확립되고 보급되기 시작하면 전력계통 및 전기응용분야에 혁명적인 일이 일어날 것이라고 생각된다. 전 국토에 깔려 있는 송전망이 없어지고 연료보급라인이 네트워크를 형성할지도 모를 일이다. 송전선이 없어도, 그곳에 필요한 송전기들이 필요없게 되므로 혁명적인 충격이 될 것이다. 그런 연료전지의 기술들은 선진국에서 막대한 투자를 하여 연구하고 있다.

3.2 초전도기술

미래 기술로서 초전도 기술은 오래전부터 예견되어 있었다. 1911년 Onnes교수에 의해 발견된 현상은 절대온도 0° K 근처에서 현상이 일어나므로 경제성이 없어서 그다지 큰 관심을 끌지 못하였다. 그러나 1987년 미국의 Chu교수에 의해 92° K에서 초전도 현상이 일어나는 고온 초전도체를 발견함으로써 현재 연구가 활발하게 진행되고 있다.

궁극적으로는 실온초전도체가 출현해야 실질적인 중전기기들이 개발되고 활용될 것으로 보인다. 실온초전도체가 상용화되면 전력저장이 쉽게 가능해지므로 전기에너지의 최대약점인 저장이 되지 않는다는 문제점이 해결되어 이 분야에서도 혁명적인 일이 일어나리라고 보여진다.

3.3 전기사업의 환경 변화

전기사업자는 이제까지는 독점적으로서 경쟁체제가 도입되지 못하고 있었다. 세계 각국은 전기 에너지를 이제 하나의 상품으로 생각하고 자유경쟁체제를 도입하고 있다. 국내에서도 이제 방향은 설정되었으나 각논으로 가면 아직까지 구체적인 안이 없으므로 전력회사의 분할 등은 구체적인 모습이 나타나지 않고 있다. 그러나 멀지 않은 장래에 새로운 체제들이 나타날 것이며, 이와 같은 상황이 전개되면 사용기기들에 대한 여러 가지 상황변화가 예상된다. 중전기기의 설계는 더욱 경제성 설계의 압박이 거세질 것이며, 또한 신뢰성 향상도 요구될 것으로 보여진다.

전기의 질이 문제가 되는 상황속에서는 중전기기들의 고장을 사전에 감지할 수 있는 예방진단 시스템의 활용이 커질 것으로 보여진다. 예방진단 시스템을 각종센서와 수집 데이터의 처리기술 향상, 그리고 통신기술 및 인터넷 기술 등의 활용으로 거리의 개념이 사라지면서 공간과 시간의 제약을 벗어나서 중전기기를 감시할 수 있는 예방진단 시스템이 출현하리라고 보여진다.

3.4 중전기기의 세계시장 동향

1990년 이후 중전기기의 세계시장 규모는 연평균 11.8%의 비교적 높은 성장률을 지속하였고, 아시아와 미주지역의 산업화 추진에 따른 시장 확대가 두드러졌다. 여기에서 지역별로 세계시장의 규모를 살펴보면 표2와 같다.

세계시장중에서 주목할 만한 시장은 아시아와 미주 시장을 들 수 있으며, 아시아지역 대부분의 국가들이 전력 사업을 국가 차원에서 추진하고 있는 상태이므로 전세계적으로 가장 큰 시장이라고 할 수 있으며, 미주지역은 경기회복에 따른 산업설비 투자가 활성화되고 있으므로 초고압 전력기기의 수요가 다소 증가될 것으로 전망되고 있다. 아프리카지역은 일부 국가에서 전력사업을 추진하고 있으나 지역 전체의 경제 규모가 작기 때문에 시장규모가 작은 편이나 전력수요 증가율이 연평균 약 20%로 세계적으로 높은 편이기 때문에 향후 10년~20년 후에는

큰 시장으로 부상할 가능성이 있다.

중전기산업에 선도하고 있는 선진기업들은 시장 잠재력이 큰 동남아, 중동지역 등 개발도상국의 전원개발산업 진출 및 자국 전력설비의 기증화를 위한 차관제공, 기술협력 등을 통해 후발국의 시장 진입을 억제하고자 국제기술기준 및 시험인증기준의 강화, 기업간의 제휴 등으로 후발국의 진입을 견제하고 있다.

표2 중전기기 세계시장 규모

(단위 : 백만불)

구 분	1990년	2000년(추정)	연평균 증가율
세계총계	218,368	506,891	11.8 %
유럽	111,009	154,366	4.6 %
아시아	51,771	209,070	21.7 %
미 주	49,153	133,791	15.2 %
아프리카	3,826	5,121	3.5 %
오세아니아	2,609	4,543	8.2 %

(자료) International Year Book of Industrial Statistics, UN 1997

또한 유럽지역의 기업들은 지역내 시장의 증가세 둔화에 대비하여 국가발전을 위한 전력설비 확충투자로 시장 수요가 급증하는 중국, 동남아에 현지 생산공장 설립, 또는 합작투자를 함으로써 지역내 유휴설비의 활용과 시장 경쟁력 확보를 통한 세계시장 주도권 유지를 도모하고자 현지 진출을 활발히 추진하고 있다.

중국 및 동남아 후발국들은 선진국들의 기술이전을 통한 범용 전력기에 대한 저가공세로 가격경쟁이 치열해지고 있다.

4장 결 론

최근 세계시장의 고객들이 선호하는 제품은 고품질의 소형, 경량화된 제품으로써 환경친화적인 것이며 세계시장의 흐름 또한 무한경쟁시대로 돌입했다. 이러한 세계시장의 추세와 환경변화를 고려하여 우리나라의 중전기 제조업체들도 획기적인 사고방식의 전환이 필요한 때라고 생각한다. 지금부터라도 국내 업체간의 경쟁체제를 국내업체간의 협력체제로 전환이 필요하다. 이러한 세계시장의 추세와 환경변화를 고려하여 향후 우리의 중전기 제조업체들이 공동으로 대체해야할 몇 가지 사항을 다음과 같이 구체적으로 제시하고자 한다.

첫째, 국내 중전기 제조업체가 지금까지 사용해 오고 있는 부품은 통합하여 상호 호환성을 구축하고,

둘째, 국내의 중전기 제조업체들이 기초기술을 확보하기 위해서는 제조업체, 학계 및 연구기관의 연계체제를 보다 강화하여 중전기 설계, 제작에 필요한 기초기술을 확립시켜 해외 의존도를 줄이는 한편,

셋째, 전략적 기술개발분야를 집중지원하여 신제품 및 신기술 개발에 주력해야 한다.

참 고 문 헌

- [1] "2000년 전기연감", 대한전기학회, 2000
- [2] A.Jaksts et al., "A Major Breakthrough in Transformer Technology", *CIGRE 2000, Session 12-101*, 2000
- [3] CIGRE WG B.07, "Controlled Switching of HVDC Circuit Breakers", *Electra, No.133*, April, 1999
- [4] 현옥배, "고온초전도와 전력기술", 대한전기학회지, 제47권, 6호, pp. 5-11, 1998. 6.