

## 러시아 重電機 工業의 現況과 技術水準



産業 研究院  
專門 委員 朴 榮 郁

### 1. 머리말

重電機 工業은 오랜 年歷에도 불구하고 技術의 自립도가 낮아 아직까지 輸入依存型 產業으로 남아있다. 同 産業의 발전을 위해서는 두말할 나위 없이 技術력의 확보가 關鍵인데, 우리 자체의 취약한 技術로는 技術革新이 어렵고 또 우리에게 技術을 제공해 온 서방 선진국들은 核心技術의 이전을 회피하고 있어 이것이 同 産業 발달에 가장 큰 問題점으로 지적되고 있다. 러시아는 우리 重電機 工業이 필요로 하는 基初技術을 모두 保有하고 있을 뿐만 아니라 그들의 첨단技術을 기꺼이 가르쳐 주기를 희망하고 있기 때문에 러시아와의 技術협력을 통해 우리 업계의 海棼은 技術停滯의 모순을 풀어가도록 하는 것이 바람직하다.

### 2. 러시아 重電機 工業의 一般現況

소련연방이 해체되기 전 소련의 전기공업은 규모나 技術수준에 있어서 상당히 발전하여 100만명 이상의 근로자와 1,000개 이상의 공장이 동업종에 중

사해 왔다. 사회주의 체제의 특성에 따라 제품생산에 있어서 전문화가 이루어져 공장들은 제품의 일부 종류만을 생산하는 특수화된 대형공장이 해당품목의 생산을 독점적으로 공급하는 것이 생산의 기본구조를 이루어왔다. 이러한 생산체계가 지속되어 오다가 구소련이 분리되어 새로운 독립국가들이 생겨나면서 獨立國家聯合(CIS)들간에 거래장벽, 관세문제, 재정, 통화회계 등 여러 복잡한 문제들이 발생하기 시작하였다. 또 이들 국가들이 시장경제로의 전환을 시도함으로써 독립국가로 해체되기 이전의 소련 국가의 법규나 중앙집권적 생산에 의해 분배가 이루어지던 전통적인 협동관계, 공급, 판매 체계가 많은 문제점들이 노정되었고 이에 따라 새로운 기구와 상업구조의 창출이 필요하게 되었다. 연방정부의 해체에 따라 새로 탄생된 독립국가들은 각자 시장경제체제를 채택함으로써 그들에 맞는 새로운 산업정책의 선택과 조직을 갖게 되었다. 이에 따라 현재 러시아연방 機械建設産業委員會(Committee on Machine Building Industry of Russian Federation)가 탄생되어 정부의 법규, 산업간의 협동문제, 기계산업의 발전전략 등의 문제를 관장하게 되었다.

이 기구에는 8개의 주요위원회로 구성되어 있는데 그 중 하나가 러시아의 중전기 공업을 관장하는 電機工業發展理事會(Main Board on Electrical Engineering Industry Development)이다. 電機工業發展委員會의 조직은 다음과 같이 구성되어 있다.

첫째, 電機工業協會(The Inter-Republic Corporation of Electrical Engineering and Instrument Manufacturing Industry)

이 조직의 회원은 모든 독립국가연합과 발틱제국에 있는 140개 기업들로 구성되어 있다. 활동영역은 연구기관의 조직(에너지 절약 프로그램 포함), 제조업체에 대한 원료 공급, 조직에 대한 세부사항이나 제품 생산에 대한 결정, 공표, 판매, 외국기업과의 경제협력 등을 담당하고 있다.

둘째, Roselprom社

전기공업협회 및 기업체들로 구성되는데 활동영역은 무역, 전기제품의 교환무역 및 제품생산이나 투입 원료에 대한 제반 결정을 내리는 일을 담당하고 있다.

셋째, Electrotermsvar社

전기온도계나 용접기를 생산하는 기업이 회원사로 되어 있다. 활동영역은 생산제품의 공급과 국가간 운송조직을 담당하고 있다.

넷째, Electroprivod : 전력전달장치를 생산하는 기업체의 협회

다섯째, Electromash : 전동기 및 기타 전기기기의 설계 및 제조업체의 협회

여섯째, Electrozaryad : 배터리 및 축전지의 설계 및 제조기업 협회

일곱째, Progresselectro : 전기공학 분야의 연구 프로젝트 조정 및 조사연구 협회

여덟째, Inter-Regional Stock Exchange or Electrical Engineering and Instrument Manufacturing Industry : 전기기기 제품의 생산자와 소비자 협회 등이다.

러시아 중전기 제품의 생산현황을 살펴보면 1992년의 생산은 1990년에 비해 전품목에서 크게 줄어든 현상을 볼 수 있다. 그 중에서 전동기의 생산은 더욱 큰 폭으로 줄어들어 그간 러시아에서의 산업생산활동의 위축을 잘 보여주고 있다. 이는 발전 및 송배전 시스템에서도 그 수요가 크게 줄어, 전선 사용량이나 변압기 생산량에 있어서도 절반 정도로 줄어들어 전력공업의 생산이 전체적으로 크게 감축되어 있음을 보여주고 있다.

수출 상황을 살펴보면 구소련 공화국의 전기제품의 수출은 1990년이나 1992년의 경우 전체 생산량의 3~4%에 해당되는 낮은 수준이었다. 수출대상국들은 주로 동유럽 국가에 한하고 있고 현재의 수출 비중은 그때 보다도 더욱 떨어지고 있는 실정이다. 러시아 중전기 공업의 수출이 이처럼 낮은 비중을 보여주고 있는 것은 여타 제조업(방위산업은 예외지만)의 경우도 마찬가지로 사회주의 국가의 기술 특성상 기술은 국민의 기초적 수요만 충족하는 것이 목적이므로 제품에 있어서 상업상이나 원가개념이 서방세계에 비해 월등히 떨어지기 때문에 서방세계로의 수출은 사실상 어려운 형편이다. 따라서 러시아의 중전기 공업의 수출은 사회주의 역내 국가에 한해 이루어져 왔었다.

그러나 러시아의 중전기기는 기초과학기술이 잘 갖추어져 있어 제품의 성능은 뛰어난 것으로 평가되어 단일품목의 수출보다는 고기술의 엔지니어링 분야의 수출이 주를 이루어왔다. 러시아의 주요 수출품은 전동기, 전선, 전기재료 등이고 주요 수입품은

축전지, 전동기, 발전기, 가전제품(세탁기, 진공청소기) 등이다. 수입 제품들은 수요가 공급을 늘 큰 폭으로 앞질러 왔기 때문에 러시아에서의 이들 품목에 대한 합작생산은 상당한 시장성이 있는 것으로 평가된다.

〈表 1〉 러시아 重電機 工業의 生産現況

품 목	생 산 량		구소련에서의 러시아의 비중(%)
	1990	1992	
스팀, 가스, 수력 터빈용 발전기(MW)	8,018	5,487	81.2
전기기계(직류)(개)	140,953	74,593	85.9
고압전기기계(개)	1,213	14,900	57.9
교류전동기(회전축 높이 60~450m/m)(천개)	2,007	131	23.2
방폭형 전동기(개)	68,719	41,240	14.4
크레인 전동기(개)	116,259	78,729	84.0
저압 전동기(천개)	16,585	11,900	50.5
변압기(MVA)	41,553	20,200	30.7
컨버터(5km 이상)(MW)	4,771	2,785	39.1
전기용접기(1,000개)	82	90	24.9
산업전기온도장치(MW)	1,211	665	81.5
납축전기와 축전배터리(납의 량 ton)	168,169	122,818	85.5
알칼리 축전기, 축전배터리(1,000Ah)	958,086	700,000	73.1
전선(구리 1,000ton)	634	315	58.9

資料 : Yu, Kouprikov, "The Basic Tendencies of the CIS Electrical Engineering Industry, Development", 1994, Inter-Regional Stock Exchange on Electrical Engineering and Instrument Manufacturing Industry, Moscow.

〈表 2〉 러시아 電機製品의 輸出

품 목	수출액(100만달러)	전체수출에서의비중(%)
전체	41.8	100.0
전기기계	22.57	54.0
변압기	0.94	2.2
전등기구	1.05	2.5
용접기, 온도장치	1.49	3.6
전선	11.6	27.8
전력용반도체 소자와 컨버터	0.7	1.7
저압 전기기계	0.2	0.5
절연물질	0.1	0.2
기타(가정용전기장치 포함)	3.15	7.5

資料 : Yu, Kouprikov의 전계서

중전기 공업은 전력 생산이나 송·배전 시스템과는 바늘과 실과 같은 관계여서 러시아 중전기 공업의 이해를 위해서는 전력 시스템의 이해가 필요하다. 러시아는 지구 전체의 1/6에 해당하는 넓은 영토 때문에 전력의 생산에서나 송·배전에 있어서 그 규모가 엄청나게 크다. 러시아의 전력 시스템은 다음과 같다.

가. 電力 生産과 送電 시스템

러시아 총 전력 용량은 320,000MW이며 화력에 의한 전력 생산비중이 크다. 송·배전 전압은 최대 송전이 1,150kV이고 가정용 배전압은 220V이다. 총 전선의 길이는 넓은 영토때문에 900,000km에 달하고 있다. 주파수는 50Hz이다.

〈表 3〉 러시아 電力 生産과 送電 시스템

총 전력 용량	320,000MW
- 화력	220,000MW
- 수력	60,000MW
- 원자력	40,000MW
최대전력생산량	약 1조 6천억 kWh
송전선 길이	약 900,000km
송배전 전압	1,150kV, 750kV, 500kV, 30kV, 220kV, 110kV, 35kV, 10kV, 6kV, 380V, 220V
주파수	50Hz

資料 : The All-Russian Electrotechnical Institute

발전소의 대부분은 시베리아와 극동에 위치해 있고, 석탄을 이용한 지역발전소가 60여개나 되고 각각의 규모도 1,000MW 이상이 되고 있다. 또한 용량이 4,500~6,400MW나 되는 세계 최대의 수력 발전소도 있다. 원자력 발전소는 15개가 있는데 한 개를 제외하고는 모두 유럽지역에 위치하고 있다. 최대용량은 4,000MW이며 이것은 PRESSURIZED WATER와 GRAPHITE-MODERATED PRESSURE TUBE 타입의 2가지 원자로로 되어 있다. 이외에 천연가스나 석유를 이용한 화력 발전소가 여러개 있어 러시아 전기 생산의 주종을 이루고

있다.

현재 러시아의 전기공업은 오랫동안 중앙집권적 계획경제에서 시장경제로의 전환, 동유럽 국가들과의 교역의 감소, 독립국가연합의 기업간 협력관계의 불안정 등 여러 국내외적 산업환경의 변화로 대대적인 구조조정이 진행되고 있다. 정부기업의 민영화와 주식분담을 통해 이루어지고 있는데 러시아는 현재 외국 기업들의 참여를 적극 권장하고 있다. 미국을 포함한 유럽선진국들은 러시아 전기공업 부문에 대한 투자에 많은 관심을 보이고 있고 상당한 투자 실적도 나타내고 있다.

3. 러시아 重電機 工業의 技術水準

가. 發電用 蒸氣터빈과 水力터빈

러시아의 터빈 발전기의 용량은 63MV, 100MV, 200MV, 320MV, 500MV, 800MV로 생산되고 있는데 그 성능이 대단히 우수해 1년에 허용 가능한 시동 횟수가 300번, 그리고 보수기간도 5년까지 보장되고 있다.

또 핵 발전소용 3,000rpm의 1,000MW급의 터빈 발전기와 화력발전소용 1200MW급 터빈 발전기가 발명되었는데 이 기계들은 99.5%를 넘는 유효계수 18,000시간에서 20,000시간의 작동보증, 5~6년간의 보수기간 보증, 그리고 제품수명도 30년을 보증하고 있다. 또 KTG-20이라는 3,000rpm의 20MV급 시험용 저온 터빈 발전기에는 초전도체를 사용하여 터빈 발전기의 크기를 1/2배에서 1/4배로 줄였고, 그 효율도 0.6%~0.7% 증가시켰다. 지난 15년간 120개 이상의 수력 터빈 발전기가 제작되어 독립국가연합 및 10여개국 이상의 국가에 수출되었다.

1970년대에는 유속이 느린 강을 위한 754rpm의 45MW의 캡슐 수력 발전기를 많이 생산하였는데 이 기계들의 기술적 효율은 아직까지 세계에서 최고 수준을 자랑하고 있다.

나. 變壓器

독립국가연합의 전력용 변압기 생산능력은

150,000MVA급 까지이다. 전력 변압기들은 5개의 전기기계 생산연합과 8개의 기업에서 제작되고 있는데 지금까지 330kV급에서 1,200MVA까지 생산되었다. 유럽에서 가장 큰 초고압 전력 변압기 공장인 생산 연합 "ZTZ"의 실험센터는 우크라이나 Zaporozhye에 위치하고 있다. 러시아 전력 발전기의 주류는 630MVA와 1,000MVA의 3상 전력 변압기이다. 또 러시아는 1,600MVA까지의 전력변압기의 설계경험이 있고, 1,000KVA까지의 나선형 코어와 주름형 탱크를 갖는 10~35kV의 배전 변압기를 생산하고 있다. 또 전력용 변압기의 초고압 변압기 부문에서는 1,150kV급의 변압기와 리액터가 개발되었고, 현재 1φ 500kV, 400MVA까지 생산되고 있다. 제품의 설계나 해석기술이 발달되어 소음의 문제가 해결되어 제품의 내구성이 길다. 또 전력 소모가 30%나 절약되는 아몰퍼스 변압기 생산에 필요한 아몰퍼스 소재는 현재 자체 생산하고 있지만, 아몰퍼스변압기가 상용화 단계에 들어가지는 못하고 측정용 변류기(Current Transformer) 정도에 적용하고 있다. 또 1996년부터는 續 철심으로 변압기 생산을 시도할 계획을 갖고 있다.

#### 다. 高電壓機器

독립국가연합에는 약 30개의 기업이 고전압 전기기기를 생산하고 있다. 최근에는 정격 전류가 630~3,200A, 차단전류 20kV와 31.5kA의 10kV급 VV-10 진공회로 차단기가 생산되고 있고 핵발전소와 화력발전소용 630~3,150A, 31.5kV의 10kV급 진공회로 차단기를 갖춘 일체형 차단기의 새로운 시리즈가 생산되고 있다.

지금까지는 러시아에서 차단기 생산은 110~220kV용 SF<sub>6</sub> 일체형 가스 차단기가 생산의 주류를 이루어왔다. 또 최근에는 부하 차단기, 절연체, 접지형 차단기, 변압기, 변류기가 한데 모여져 있는 일체형 장치(KAG)가 새로 개발되어 복합기능을 장치함으로써 동작 특성이 개별적인 장치보다 상당히 개선되었다.

이런 복합장치는 주로 24kV, 30kV형으로 핵발전소를 위해 만들어 졌다. 또 10~200kV급의 전압을 위한 작은 체적의 유압 차단기도 개발되었다. 오늘

날 러시아의 고전압 전기기기 개발동향은 진공 차단기와 SF<sub>6</sub>가스 차단기로 변화되고 있고, 또 설치에서는 개별적 장치에서 복합장치로 빠르게 변해가고 있다.

#### 라. 러시아의 超高壓 送電技術

러시아의 초고압 송전기술은 세계에서 단연 제일 앞서 있다. 현재 러시아에는 직류 1,500kV와 교류 1,150kV급의 송전 시스템이 운영되고 있는데 아직까지 직류송전은 보편화되어 있지 못하다. 1,500kV급의 직류전송은 위해 1,500MW급 용량의 전기 변환장치가 오래전 개발 완료 되었다. 따라서 현재의 기술 수준으로는 교류 1,800kV, 직류 3,000kV급의 송전 시스템의 운영에는 아무런 지장이 없을 정도로 발달되었다. 이러한 높은 송전 기술 수준으로 국내 송전에서나 또 전력 수출에 대해 여러가지 정책적 관심을 보이고 있다.

첫째, 러시아 내 시베리아에서 생산된 전력을 1,500kV의 전압으로 러시아 전역에 송전하는 문제이다. 러시아에서는 현재 원자력 발전에 대한 국민적 저항을 받고 있어 전력자원이 풍부한 시베리아에서 전력을 생산해서 공급하겠다는 것이다.

둘째, 시베리아와 알라스카의 수력에너지 자원으로 전력을 생산하여 미국과 캐나다에 전력을 공급하는 것이다.

셋째, 천연가스의 사용에 의해 전력을 생산하여 중앙전력시스템에 의해 유럽에 수출하는 것이다. 이러한 발상들은 러시아가 최첨단의 송전기술을 보유하고 있기 때문에 가능한 것으로 이들이 주로 계획하고 있는 것은 직류 전송기술이다. 직류송전은 교류에 비해 전송용량, 전력손실, 전선의 굵기 등에서도 그 장점이 뛰어나다.

즉 직류 1,500kV급의 송전이나 교류 1,150kV급의 송전은 같은 송전선의 크기로 가능하다. 따라서 러시아는 그들의 높은 송전기술을 바탕으로 시베리아 지역에서 생산된 전력을 직류 전송방법으로 우리나라에 수출도 희망하고 있다.

다. 遮斷器

진공 차단기는 러시아 송변전 라인의 주종으로 10 kV~110kV까지 옥내·외용을 생산하고 있고 핵심 부품인 Vaccum Interrupter를 자체 기술로 설계·제작하고 있다. 또 점점 소재나 세라믹 절연물 등 우리나라에서 국산화가 되지 못한 핵심소재가 자체적으로 대량 생산되고 있다. 러시아는 연구·설계·생산이 전문화 되어 있어 차단기에 적용되는 전기적 해석과 기계적 해석이 각각 연구소에서 연구·개발되고, 충분한 성능시험을 거쳐 제품을 설계하고 설계도면은 전문화된 생산공장에서 생산되고 있다. 모든 설계나 해석기술은 충분한 기초 이론에 근거해서 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 최적화를 구한 다음 설계가 되고 있어 제품의 성능이 우수하고 진동, 소음, 통풍 등의 해석기술상의 문제가 극복되어 제품의 내구성이 길다. 제품 설계의 한 예를 들어 보면 진공차단기의 핵심 애로기술인 아크 소호 기술에서 전자장의 최적화를 얻기 위해 고도의 해석기술을 동원하고 있다.

즉, 자장에 영향을 미치는 수많은 변수를 찾아내고 변수마다 각종 가중치를 두어 이를 통해 자장의 최적 분포를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 확인하여 3차원(three-dimension)의 아크소호 해석기술을 보유하고 있다.

뿐만 아니라 제품이든 부품이든 모든 설계에 있어서는 최적화를 구하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 프로그래밍이 일반적인 수단으로 이용되고 있다. 해석 기술의 경우 환경 변화에 대응하여 각각의 해

석 방법을 개발하여 정형화해 오고 있다. 이렇게 최적화를 통해 설계가 이루어지기 때문에 제품의 성능이 우수하고 또 소음이나 진동, 통풍 등의 해석 기술상의 문제가 극복되어 제품의 내구성이 길다.

러시아의 1.150kV급 회로차단기의 주요한 성능 파라미터는 다음과 같다.

- 최대동작전압: 1,200kV
- 정격전류: 4,000A
- 단락시간: 0.03초
- 케이스의 아크 저항: 0.2초 (40kA에 대해)

뿐만 아니라 GIS에서도 이미 1980년에 1,150kV급을 설계·제작해 오고 있는데 이 부문에 있어서도 GIS의 전류, 온도 등의 변화에 대한 2, 3차원의 해석 설계가 가능하여 제품의 품질은 상당히 앞서가고 있다. GCB는 35kV, 630A, 12.5kA가 개발되어 있으나 차단용량이 큰 것은 아직 개발이 안된 상태여서 이 부문의 기술은 우리와 비슷한 수준이다.

바. 絶緣素材

러시아는 폴리머 콘크리트, 에틸렌, 플로필렌, 에폭시수지, 실리콘 레진 등 각종 고분자 화합물이 자체 연구 결과를 통해 고품질의 제품을 생산하고 있다. 또 SF<sub>6</sub> 가스, 각종 절연지, 바니싱, 절연 코팅기술에 있어서도 상당히 앞선 기술을 보유하고 있다. 절연 폴리머 제품은 35kV~500kV까지, 피뢰기는 110kV~220kV급까지 생산되고 있고 부상은 500kV급이 생산되고 있다.

**우리상표 우리기술 밖아지는 우리경제**