



各種 電氣機器 開發現況에 對하여

The Recent Developmental Status of the Electric Power Apparatus

田 永 國

韓國電氣研究所 電力機器研究部 研究委員

1. 序 論

에너지源으로서의 電氣는 그 便利性과 無公害性 때문에 그 使用이 날로 增加하고 있고, 電氣의 産業用 및 生活用 利用은 모든 生産工程이나 日常生活에 波及되어 電氣機器의 種類도 急速히 多樣化되었다.

電氣機器란 電氣에너지의 發生, 輸送 및 利用을 爲한 機械器具의 總稱으로서 用途別로 重電機器, 家電用 機器, 産業用 電子機器, 電氣電子部品, 기타로 分類할 수 있다. 이 中 重電機器는 電氣에너지의 發生, 輸送과 産業動力用으로 쓰이는 機械器具를 말하며 重電機器를 中心으로 電氣機器工業의 年代別 發達史, 開發現況 國產化現況, 向後 研究開發課題의 順으로 살펴보기로 한다.

2. 電氣機器의 年代別 發達史

電氣機器의 發達過程은 60年代 以前の 沈滯期間, 60年代의 施設準備期間, 70年代의 技術導入期間, 80年代의 國產化開發 및 國產化率 提高期間으로 大別될 수 있으며 政府施策 및 主要 電氣機器 開發製品을 中心으로 살펴보면 다음과 같다.

* 60年代 以前: 主要製品으로는 간단한 配線器具類와 小容量의 變壓器, 電動機等に 局限되었고 1959年에 22KV級 變壓器를 生産한 實績이 있으나 外國의 電氣機資材가 國內市場을 大部分 占有하고 있어서 몇 안되는 國內의 電氣機器製造業체는 機器의 國產開發에 힘쓸 處地가 아니었으며, 全般的으로 沈滯狀態를 免하기 어려운 實情이었다.

* 60年代: 1964年의 無制限送電과 1965年의 農漁村電化促進法, 制定으로 電氣機資材의 國內需要增加를 誘發하게 되었고, 1966年의 特定外來品 販賣禁止法의 制定으로 外國產 電氣機器의 輸入이 減少되어 國內電氣工業界의 發展을 위한 轉換點을 맞이하게 되었으며 1967年의 機械工業進興法 制定 및 電氣工業育成方案 마련과 그 동안의 持續적인 電源開發 推進으로 電氣工業은 着實한 成長을 하였다. 重電機器業체도 多數 新規로 設立되었으며 既存의 業체와 이 業체들은 美國, 日本等 先進外國의 大企業들과 技術提携하여 工場施設을 擴充改善하고 技術向上을 圖謀하였으며 이 期間中 1962年 6.9KV 開閉器, 1963年 66KV級 變壓器, 1964年 6.9KV 油入開閉器가 國內開發되어 生産되었다.

* 70年代: 1973年 重化學工業化政策 宣旨으로 電氣工業界는 새로운 發展段階를 맞이했으나 에너지

波動과 原資材波動으로 큰 打擊을 받았다. 그러나 電源開發事業 및 農漁村 電化事業의 積極推進과 1976年 345KV 系統의 運轉開始等으로 重電機器의 大形化 基盤이 造成되었으며 各種 産業設備의 大形化와 345KV 系統의 擴張으로 重電機 製品의 需要는 大形, 多量化되었다. 이에 國內 重電機器業체들은 다루어 先進國 大企業과의 技術提携로 重電機 開發에 拍車を 加하게 되었으며 마침내 345KV 變壓器 및 遮斷器等도 國內生産을 하게 되었다.

* 80年代: 1980年 政府는 重電機業체間의 過當競爭을 止揚시키고 設備投資의 重複을 避하기 위하여 重化學投資調整方案을 마련하고 154KV級 以上の 機器와 66KV級 以下の 機器를 分離, 調整, 統合過程을 거쳐 一元化, 專門化시키게 되었다. 1982年 韓國電氣研究所에 國際規模의 高電壓, 大電力 試驗設備이 完工됨으로써 重電機器의 國內開發 基盤이 마련되었으며 國產化提高 및 國內開發이 꾸준히 展開되어 345KV級 以下の 大部分의 重電機器가 國內生産되고 있으며 25KV級의 開閉器 및 COS는 完全國產化를 達成하게 되었다.

3. 電氣機器 開發現況

國內의 電氣機器工業은 1960年代 後半에 先進外國의 技術導入에 의해 組立生産으로부터 始作하여 1982年 韓國電氣研究所에 國際規模의 高電壓 및 短絡 試驗設備이 竣工됨으로써 重電機器 特히 遮斷器 開閉器類의 國內開發 基盤이 마련되었다.

1984년에는 電氣機器産業이 國內 製造業 總生産額의 3.1%를 占有하게 되었고 現在는 그 國產化率 이 많은 進展을 보아 相當量을 輸出하는 國家主要 基幹産業으로 發展하게 되었다.

3. 1 回轉機(電動機, 發電機)

回轉機 技術開發의 主役이 되어온 誘導電動機는 60年代 初부터 小容量 電動機가 生産되었으며 70年代에는 外國의 技術導入下에 2,200KW級 高壓揚水 펌프用 電動機가 製作되었고 80年代에는 3,800KW 火力發電所用 電動機가 製作됨에 따라 現水準의 技

術과 設備로도 超大型을 除外하고는 5,000KW 까지 國內生産이 可能하며 國產化率도 95%程度로 높은 편이다. 直流機의 技術開發은 그동안 低調하였으며 1980年代에 와서 電動車用 Traction모터, 디젤機關車用 發電機, 電動機等이 國內開發 生産되었으나 整流子等 主要部品은 如前히 輸入에 依存하고 있다.

發電機는 70年代 後半부터 技術開發이 推進되었으며 1977년에 500KW級 非常用 發電機가 國內開發 되었고 80年代에는 火力 發電所用 1,500KW級 非常發電機가 國內 生産되었다. 發電所用 主發電機는 그동안 韓國重工業이 相當한 施設을 갖추었지만 워낙 資本 및 技術集約도가 높은 産業이어서 아직 外國의 設計에 依해 製作하고 있고, Stator部分은 相當한 國產化를 達成했지만 Rotor部分은 國產化가 微弱하여 現在 國產化率 提高를 위해 施設擴充을 推進하고 있다.

最近에는 半導體 및 컴퓨터産業, 工場 및 事務自動化産業, 오디오 및 비디오産業의 發展에 힘입어 制御用 小形모터의 需要가 急증함에 따라 Stepping모터, Coreless모터, Brushless모터等の 國產化 開發研究가 活潑히 進行되고 있다.

또한 絶緣材料의 發達과 더불어 F種의 電動機가 開發되어 있으며, 無溶濟 Varnish를 全舍浸 시키는 새로운 絶緣方式의 採擇으로 코일의 絶緣性, 防濕性, 機械的 強度等の 改善과 같은 生産技術의 發展을 이룩하였으나 振動解析, 應力解析, 冷却解析等 設計技術의 發展이 未洽하므로 向後 이 分野에 對한 研究開發이 要請된다.

3. 2 變壓器

變壓器는 重電機器中에서 單一品種으로는 가장 큰 比重을 차지하며 國內需要도 가장 많은 重電機器이다. 變壓器의 國產化開發은 先進外國과의 技術提携로 1963년에는 66KV級 電力用 變壓器, 1969년에는 154KV級, 1978년에는 345KV級의 電力用 變壓器가 國產化 開發되었으며 1984년에는 3相 345KV 634MVA級의 火力發電所用 主變壓器가 國內技術로 開發되었다.

最近 都市 密集地域의 高層建物等に 火災를 豫防

하기 위하여 Oilless化가 要請되어 Epoxy Mold 變壓器가 國內開發되어 生産되고 있으나 Epoxy 配合技術 및 Molding 技術等の 完全한 開發은 未洽한 實情이다. 또한 變壓器의 設計技術도 回轉機의 境遇와 마찬가지로 短絡應力解析, 電磁界解析, 冷却解析等の 技術이 如前히 未洽하므로 向後 研究開發해야 할 課題로 남아 있다.

3. 3 遮斷器, 開閉器類

遮斷器는 他 品種에 比하여 技術集約的인 製品으로 低壓遮斷器는 60年代에 國產化 開發되었으며 1978년에 이르러 25KV級 OCB가 開發生産 되었다. 1977년에는 170KV 31.5KA OCB, 1978년에는 170KV 50KA GCB, 1979년에는 362KV 40KA GCB, 1981년에는 25KV 25KA VCB等이 先進外國과의 技術提携에 依해 國內開發되었다.

最近 大都市나 敷地確保가 어렵고 高地價, 騒音公害, 塩塵害等으로 在來式 屋外 變電所 建設에 制限을 받는 地域에서는 GIS (Gas Insulated Substation)가 要請되어 1980年 170KV GIS, 1983年 362KV GIS가 國內生産되었다.

開閉器는 70年代 後半에 25KV級の 氣中 負荷開閉器를 開發生産하였으며 80年代에는 國產化率 提高가 重點的으로 이루어졌고 1984년에 地中 SF₆ Gas 負荷開閉器, 1986년에 架空線用 SF₆ Gas 負荷開閉器의 國內開發이 이루어졌다.

또한 配電系統 自動化計劃에 따라 既存 開閉器에 電子制御技能을 添加한 ASS (Auto Section Switch) Sectionalizer, ALTS (Auto Load Transfer Switch), Recloser 等の 開發이 활발하였다.

遮斷器, 開閉器의 開發은 初期부터 技術 導入에 依해 重要部品을 輸入하여 國內 組立生産하는 形態로 出發하였기 때문에 國產化率이 低調하였고, 重要部品인 接點, 消弧部의 改良能力이나 設計能力이 없었다. 1982年 韓國電氣研究所의 高電壓 大電力 研究試驗設備가 完工된 以後 새로운 製品의 開發 및 國產化率 提高에 많은 進展을 보았으며 現在에는 25KV級の 氣中開閉器, COS 等은 完全國產化를 達成하였다. 또한 170KV 31.5KA GCB의 경우 接點,

Support Insulator, Spacer 等を 最近 國產化함으로써 Bushing, Gas를 除外한 모든 部品을 國產化하기에 이르렀으며 25KV級 VCB의 Vacuum Valve도 國內開發을 爲한 研究를 推進中에 있다.

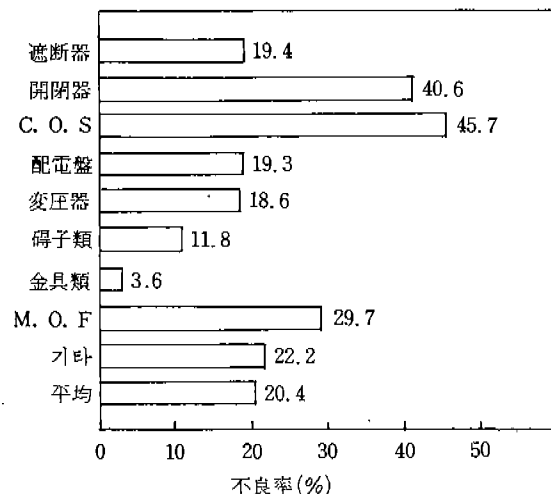
3. 4 重電機器 開發實績

〈표-1〉 年度別 重電機器 開發試驗 實績

機器名	開發試驗年度					計
	'82	'83	'84	'85	'86	
遮斷器	9	26	21	18	1	75
開閉器	0	13	9	4	17	43
C. O. S	2	9	1	4	3	19
配電盤	3	12	10	10	11	46
變壓器	0	11	6	7	11	35
Bus Duct	4	0	4	2	2	12
碍子類	0	5	34	32	11	82
Line Trap	0	0	9	1	0	10
金具類	0	9	26	32	39	106
M. O. F	0	0	0	15	11	26
기타	8	26	16	19	32	101
計	26	111	136	144	138	555

(資料: 韓國電氣研究所, 昌原)

〈표-2〉 82年~86年 開發試驗

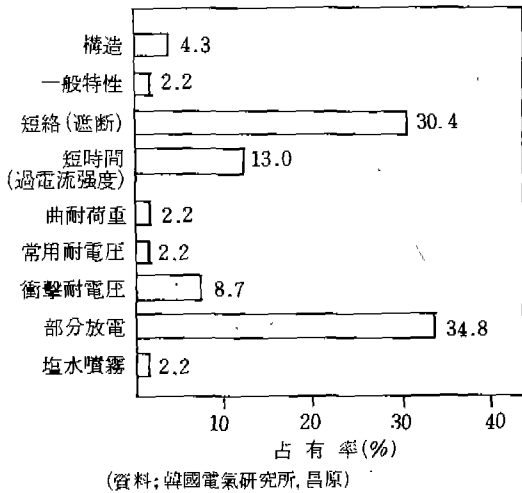


(資料: 韓國電氣研究所, 昌原)

1982年 韓國電氣研究所의 試驗設備가 가동된 以後 重電機器 開發試驗을 研究所가 擔當하였고 重電機器의 開發이 활발해진 1982년부터의 年度別 開發試驗實績을 보면 表1과 같으며, 82~ 86年の 開發試驗 不良率은 表2와 같다.

製品의 品質面을 살펴보면 納品時의 檢査試驗 不良率이 約 2.5% 程度, 製品開發에 따른 型式試驗 不良率이 約 20% 程度로서 品質水準도 높은 편이 아니며 이것은 自体 試驗檢査設備의 未備等이 큰 原因이 되고 있다. 1986年度 開發試驗時 不良인 製品에 對하여 原因別로 分析해 보면 表3과 같다. 이 중에서 短絡에서의 不良은 製品機做에 따른 設計技術不足에 起因하고 部分放電에서의 不良은 不適當한 素材選擇과 製作工程上의 誤謬에 起因하는 것이 大部分이다.

〈表- 3〉 1986年度 開發試驗 不良原因分析



4. 電氣機器의 國產化 現況

重電機器는 現在 345KV級까지 大部分 國內生産하여 使用되고 있으나 거의 先進外國과의 技術提携로 主要部品들을 導入하여 組立生産하는 形態이기 때문에 機器의 規格이 달라지면 設計 및 改良 能力이 없고 國產化率도 低調한 편이다. 國產化率이 低調한 原因中 主要原因으로는

* 電氣材料, 素材技術等 周邊의 基礎工業 技術水準의 低調

* 技術蓄積期間이 比較的 짧아 技術人力의 不足

* 一括 技術導入으로 基礎設計技術의 不足 등을 들 수 있다.

主要 電氣機器의 國產化 現況과 國產化에 어려움을 주는 隘路技術을 살펴보면 表4, 5와 같다.

〈表- 4〉 電氣機器 國產化 現況

機 器 名		國產化率 (%)	輸入部品 및 材料		
電動機	低 壓	100HP以下	97	* 絶緣材 (Polyester film, Nomex複合品, Epoxy樹脂, Varnish) * 高速Bearing	
	高 壓	1000HP	95		
遮 斷 器	O. C. B.	25.8KV	79	* 接點, 消弧室 * 66KV以上Bushing	
		170KV	50		
	V. C. B.	7.2KV	55	* Vacuum Interrup-ter	
		25.8KV	65		
G. C. B.	170KV	82	* Insulator, Spacer * SF ₆ Gas		
	362KV	40			
變壓器類	電力用	154KV	73	絶緣材料 및 絶緣設計技術 Core材料, Bushing	
		345KV	75		
開閉器類	負荷開閉器	25.8KV	100	* 170KV以上Insulator * Bimetal	
		170KV	76		
		362KV	80		
Fuse	配 電 用	7.2KV	75	* 消弧劑	
		25.8KV	100		
避 雷 器	配 電 用	18KV	63	* 特性要素	
		懸垂碼子	36,000lb		100
			46,000lb		0
		Bushing	25.8KV以下		100
170KV以上	0				

5. 向後 研究開發課題

重電機器의 國產化率을 提高하고 國內開發에 拍車를 加하기 위해서는 무엇보다도 電氣材料의 開發과 設計技術의 開發이 時急하며, 이를 要約해 보면 表6, 7과 같다.

〈丑-5〉 電氣機器 國產化 隘路技術

機器名	隘路 技術
回轉機	* 解析技術(振動, 應力, 冷却, 磁界分布等) * 整流子製造技術(Seasoning技術)
遮斷器 開閉器 Power Fuse	* 消弧部, 動作機構設計技術(Arc의 消弧 Mechanism解析에 依한 消弧室, 接點의 形狀, 強度設計技術) * 主接點 및 消弧室 材料技術 * 66KV以上의 Bushing 製造技術 * 66KV 以上의 絕緣設計技術 * 眞空遮斷器의 接點, Valve材料, 眞空Sealing技術
變壓器	* 絕緣材料 및 絕緣設計技術 * Core 材料技術 * 短絡強度解析技術 * Epoxy Molding 技術
避雷器	* 特性要素(SiC, ZnO) 製造技術 * 直列Gap의 放電特性 解析技術
碼子類	* 原料配合, 燒成技術 * 金具와의 接合技術 * Condenser形 Bushing의 製造 및 絕緣設計 技術

6. 結 言

2000年代에 800KV 級 電氣機器는 우리의 技術로 國產化 開發을 이룩하여야 하고 또한 重電機器産業을 主要 輸出産業으로 育成하기 위하여는 各種 電氣材料 및 部品の 國產化는 물론 電氣機器 設計技術의 自立을 이룩하여야 한다. 그러나 이러한 目標은 産業體, 學校, 研究所 어느 하나의 單獨으로 解決될 수 있는 것이 아니라 產學研 協同體制로 共同으로 對處해 나가야만 可能하므로 關係諸位의 倍前의 勞力이 要請된다.

〈丑-6〉 電氣材料 開發課題

分類	開發(研究) 課題
絶緣材料 誘電材料	· 變壓器, 콘덴서用絶緣紙, Press Board · B, F種 絶緣材(Mica複合品, Polyester複合品, Nomex等) · 高級絶緣Varnish, 콘덴서用 絶緣油 · SF ₆ Gas · Polyethylene 樹脂, Epoxy 樹脂 · Glass Ceramic 碼子
磁性材料 金屬材料	· 高透磁率 硅素鋼板 · Amorphous Core · 콘덴서用 Al 薄膜材 · 高性能 永久磁石
導電材料	· 各種遮斷接點材料 · 抵抗材料 · 薄膜發熱材料

〈丑-7〉 設計技術 開發課題

分類	開發(研究) 課題
絶緣設計技術	· 電界分布解析 · Surge 分布 解析 · 絶緣破壞機構解析 · 絶緣劣化機構解析 · 絶緣構造設計 · 殘存壽命豫測技術
電氣, 磁氣設計技術	· 磁界分布解析 · 磁氣遮蔽 및 誘導障害設計 · Arc Plasma 現象解析 · 消弧機構設計 · 電磁力解析
機械構造設計技術	· 振動解析 · 應力解析 · 熱分布 및 熱傳達 解析

*