汎用小型 回轉機의 技術動向

黃 煐 文
(釜山大 工大 敎授)
金 文 漢
(金星社 設計室長)

■ 차 례 ■

1. 小型回轉機란
2. 製品의 開發動向
3. 汎用小型 電動機의 技術動向
3.1 多機能化
3.2 에너지 節約化와 資源 節約
3.3 Compact化
3.4 製作技術
4. 맺는말
참고문헌

1 小型回轉機란

현재 활용되고 있는 回轉機는 그 종류가 많고 그 容量도 100萬KVA를 넘는 大容量 터어빈 發電機에서 부터 겨우 3㎼의 水晶시계용 Stepper motor에 이르기까지광범위하고다양하다. 그 중 어느 범위까지 小型回轉機라고 보아야 하는지는 취급하는 분야에 따라 다를 수 있다. 최근에 와서는 일반적으로 數KW 정도이하의 것으로 單勵磁方式의 回轉機를 지칭하는 경우가 보통이다. 종래에는 分數馬力電動機로서 單相電源으로 구동되는 電動機에 한하여 小型電動機라고 일컬어왔고, 이에 대한 理論 및 設計基準도 中大型機와 달리하였다. 特性面에 있어서는 그 機能만을 주안시하고 效率은 중요시하지 않았으며, 機能도 單純機能을 가진 몇가지의 電動機를 선택적으로 활용하였다.

최근에 와서는, 家庭用機器 및 産業用機器가 급속히 電化되고 自動化됨에 따라 電動力利用도 多機能性과 高效率性이 요구되고, 관련소자의 개발로 動作機能 및 原理면에서도 特殊한 電動機가 개발되게 되었다.이러한 多機能性과 高效率性은 종래의單勵磁方式의 機種도 數KW級에서 효과적으로 활용할 수 있게 되었다. 따라서 수요는 더욱 증가하게 되고,제작면에서는 量産化가 추진되고 점차 規格化되게 되었다. 한편 小型回轉機는 部品的인 性格이 강하여 小型輕量, 低廉 및 信賴性을 중요시하여 이에 대한 技術開發의 方向도 이런 점에 중점을 두어 왔다.

2 製品의 開發動向

小型 回轉機는 使用目的과 使用場所에 따라 家庭電化製品用, 事務機器用, 音響機器用 및 計測制御用으로 분류할 수 있다. 최근 우리들의 家庭이 에너지利用面에서 급속도로 電氣에너지 利用率이 높아지고 그 需要도 증가하고 있어, 家庭電化製品用 回轉機의 數도 대략 30台에서 50台에 이르는 것으로 추정되고 있다. 冷藏庫, 洗濯機, 扇風機, 掃除機, 룸·쿠라, 재봉틀, 면도기등 電動機를 응용한 電機製品은 상당히 많다. 이러한 製品에는 보통 汎用單相誘導機와 交流整流子機가 많으나, 價格 및 保守面에서 低抗分相型單相誘導機와 反發交流整流子機등은 점차 사라지고 콘덴사 電動機가 主種을 이루게 되

었으며 그 중에서도 永久콘덴서 型電動機로 정착되어 가는 경향이다. 이러한 汎用電動機에서만 보더라도, 최근에 와서는 電氣製品이 1機能 1電動機 型式으로 되어, 각 機能마다 性能이 가장 좋은 것이 선택됨으로 高性能이면서도 多機能인 여러가지 型態를 필요로 하게 되었다. 이것이 小型回轉機의 需要가 최근에 와서 급격히 증가하는 원인이기도 하다. 高效率化는 이러한 관점에 필수적인 요건이 되었고, 또한 小型回轉機가 部品的이 性格이 짙은 만큼 小型輕量, 資源節約型이여야 한다.

事務機器用, 音響機器用 및 計測制御用回轉機로서의 制御用電動機는 최근 HA(House automation), OA(Office automation) 및 FA(Factory automation)化되어 가는 社會構造로 인하여 그 用途가 확대되고, 多樣化된 製品開發 및 技術開發이 활발히 행해여 지게 되었다.

制御用 電動機의 進展에 가장 영향을 많이 준 것은 半導體裝置와 永久磁石의 利用技術이다. 數100W이하의 直流Servo-motor는 Alnico, Ferrite 혹은 希土類磁石등, 永久磁石의 채용에 의하여 小型이고 高性能의 것이 되었다. Coreless電機子를 사용한 Print motor, Cup motor, Minimum-inertia motor등은 永久磁石의 界磁와 Epoxy樹脂에 의한 接着技術에 의하여 가능해진 電動機이다. 이러한 경향은 音響機器用電動機에서도 종래에는 Shading coil型電動機에서 永久磁石 直流機인 Micro-motor와 Transistor-motor의 활용이 눈에 띄게 늘어났으며, 價格과 特性面에서 Hyteresis-motor의 開發에 점차 중점을 두게 되었다.

交流機인 同期機나 誘導機를 이용하여, 실제의 磁界의 크기와 Vector를 검출하여,이것과 同方向의 勵磁電流와 이것에 直交하는 有效電流를 整流子와 Brush대신 電力變換器를 사용하여 대신함으로써, 主磁束과 토오크를 제어하는 交流 Servomotor가 최근 각광을 받고 있다. 이와 같이 磁界基準의 Vector制御方式은 直流電動機와 동일한 原理를 交流電動機에 적용한 이상적인 형태라 할 수 있다. 그리하여 産業用의 交流可變速運轉이나 工作機 主軸驅動등에 사용하여 현재에는 直流를 능가하는 特性을 얻게 되었다.

計測 制御用으로 이용되는 Stepper motor는 入力pulse에 의하여 勵磁狀態를 순차적으로 바꾸어 一定한 角度만큼 회전시키는 電動機로, 그 總回轉角을 入力pulse數로, 또는 回轉速度를 入力pulse 周波數로 제어할 수 있는 電動機로서 최근 각광을 받고 있다. 최근에 Digital 電子計算機가 급속히 발전하고, 工作機械의 數値制御등, Digital技術이 진보함에 따라 Digital制御電動機로서 直流機와 동등한 性能을 갖게끔 開發되었다. 이는 電動機의 磁気回路가 特殊한 形態로 된것으로, 電氣에너지의 制御가 Digital化되고 Descret化되어 電動機의 勵磁에너지가 Pulse化함으로써 여기에 整合된 磁界構造를 요구함에 기인한 것이다. 그리하여 현재에는 電力變換器의 부담을 고려하여 小容量의 範圍에서 實用化되고 있다. Stepper motor는 半導體 技術과 電動機技術이 결합된 典型的인 Motoronies 의 産物로서, 이러한 技術은 汎用誘導機에 PWM方式의 驅動과 Vector制御方式등에도 적용되어 상당한 성과를 보고 있다. 그러나 汎用誘導機등에는 Descret된 pulse勵磁方式은 高調波騷音등 여러가지 문제점을 낳게 되어 Microprocessor의 도움을 입어 Hysteresis 正弦波勵磁方式으로 되돌아 가는 경향이 있다.

效率 및 速應性등에 있어서는 直流電動機→直流Brushless電動機→誘導機Servomotor의 순으로 直流가 여전히 우수하다. 이는 空隙에 磁束을 통과시키는데 필요한 電力의 비율이 小型電動機에서는 큰데 기인한다. 한편으로 電動機의 出力軸와 驅動arm를 減速機없이 直結시키는 Direct-drive는 Robot에서의 高速化와 Servo의 高剛性을 낳게 하고, 減速機에 의한 마찰손 및 Hysteresis을 배제할 수 있게 한다. 최근에 와서 Linear 直流電動機를 直交座標形으로 조립한 Robot나 Linear 誘導電動機 및 Linear pulse motor을 사용한 搬送裝置등도 개발되고 있다.

한편, 小型回轉機가 多機能化하고 高效率化되고 量産化됨에 따라 製品을 性能別로 規格化할 필요성을 갖게 되었다. 특히 制御用 電動機는

Servo 的性格이 강하여

(1) 가혹한 動作에 견딜 수 있어야 함으로 단단하여야 할 것.

(2) 制御範圍가 넓어야 할 것.

(3) Torque / Inertia比가 크고, 機械的時定數가 적어야 할 것.

(4) 부하에 적당한 速度·加速度를 갖게 하고, 過渡時의 peak負荷에 견디어야 할 것.

(5) Torque/Weight, Torque/Input 가 커야할 것.

등의 性能을 가져야 하며, 汎用電動機에서도 部品的性格을 띨때는 이러한 性能은 갖춰야 한다. 그리하여 점차 量産化됨에 따라 電動機가 規格化되어야 하며, 이때 性能判別基準으로 다음과 같은 事項을 고려하여야 한다. 즉,

(A) Power rate, Q, KW/S
(定格torque)²/Motor inertia의 比로서 應答速度의 程度를 나타낸다.

(B) Power rate/Weight, Q/W, KW/S/kg
Power rate를 電動機의 重量으로 나눈 값으로, 원활함과 輕量의 程度를 나타내며, 價格에도 관계된다.

(C) Rating torque/Weight, T_R/W, kg-m/kg
定格torque를 重量으로 나눈 값으로, (B)와 함께 性能의 指標이다.

(D) Mechanical time constant, tm, ms
回轉數의 rise up의 程度를 나타낸다.

(E) Peak torque ratio, T_{PS}/T_R
電動機의 最大 peak torque를 定格torque로 나눈 값으로, 過負荷耐力을 표시한다. 이 값은 (A), (B), (C)의 값과 함께 瞬時最大Power rate, 瞬時 Power rate重量比 및 Peak torque重量比 등을 산출해 낸다.

이상과 같이 小型回轉機는 多機能化와 1機能1電動機利用化의 추세에 따라 그 種類가 대단히 많다. 그 중 주로 制御用電動機는 別稿에서 취급함으로, 本稿에서는 汎用單相電動機에서의 技術動向에 대하여서만을 좀더 言及하기로 한다.

3 汎用小型電動機의 技術動向

주로 家庭電化製品에 사용되는 電動機로서 單相誘導機가 主種을 이루고 있으며, Transistor motor, 永久磁石 直流機가 또한 이용되고 있다.

최근 生活水準이 높아짐에 따라 家電製品의 수요가 늘어나고, 따라서 電動機의 수요도 증가하면서 그 종류와 기능도 다양화되어 가고 있다. 消費者의 快適性과 低消費電力의 요구는 電動機의 高効率化가 추진되고 있고, 部品的性格의 電動機는 Campact化가 요구되고 있다. 需要의 증가는 量産化·自動化를 필요로 하게 되어, 이에 대한 開發研究가 꾸준히 계속되어 왔다.

3.1 多機能化

消費者의 必要와 便利性을 도모하기 위하여 製品의 多様化와 새로운 機能追加로 電動機도 機能과 種類가 多様化되어 가고 있다. 家電製品의 種類와 요구되는 機能의 例를 보면 표 1과 같다.

특히 최근에는 家電製品에 소비자의 쾌적성과 저소비전력을 목적으로 Inverter회로를 채용한 룸·에어콘, 팬·히타, 냉장고, 선풍기등 製品이 商品化되고 있다.

3.2 에너지節約化와 資源節約

금년들어 原油價의 하락으로 에너지節約化에 대한 관심이 다소 수그러진 감이 있으나, 1차, 2차 오일쇼크로 에너지節約化는 세계적으로 全産業에 걸쳐 많은 연구를 하여 왔으며, 일시적으로 原油價下落現象이 있었지만, 장기적으로는 에너지 節約化는 계속 중요시 되고 연구되어야 할 과제이다. 電動機 應用機器의 에너지 節約化 技術은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 에너지節約化
  - 機器시스템의 節電化
    - 可變速motor化
    - 運轉pattern의 最適化
  - 電動機의 高性能化
    - 高機能化
    - 高効率化
  - 機種, 容量의 最適化
    - 最適機種으로의 代替
    - 最適容量의 選定

표 1. 家電用電動機의 適用表

要求되는 特性과 適用電動機 / 用途	連續使用	短時間使用	反復使用	定速度特性	變速度特性	加減定速度特性	多段定速度特性	加減變速度特性	多段變速度特性	可逆運轉	高頻度始動	始動토오크大	低慣性	制動	耐環境性	同期運轉
가솔린펌프			●	●											●	
금전등록기			●		●											
기록계기	●			●												
냉장고	●			●								●			●	
녹음기	●			●		●				●					●	
룸쿨러	●			●	●		●					●			●	
면도기		●			●											
믹서		●							●							
석유펌프(가정용)		●		●											●	
선풍기	●					●	●									
세탁기		●					●			●					●	
소제기	●				●											
송풍기(소형)	●			●												
오일버너	●			●											●	
우물펌프	●			●								●			●	
영사기	●			●		●										
영화카메라		●														
이발기		●		●												
장난감		●		●						●	●					
재봉틀			●					●								
전기시계	●			●												●
전동공구			●		●										●	
전자레인지		●		●											●	
전축		●					●									
접시세척기		●		●											●	
쥬서		●		●		●										
콤프레샤(소형)	●			●								●				
타이머	●			●												●
탁상그라인더			●	●											●	
탈수기		●		●											●	
펌프(소형)	●			●											●	
프로젝터	●				●											
헤어드라이어					●											
환풍기		●		●											●	

要求되는特性과 適用電動機 / 用途	適用電動機														
	單相誘導電動機						리액션전동기	히스테리시스전동기	單相直卷整流子電動機	直流直卷電動機	마이크로전동기	브럿쉬레스전동기 트랜지스터	二相서보전동기		
	分相始動式	콘덴서始力式	콘덴서런	콘덴서始動콘덴서런	反發始動式	세이당始動式									
가솔린펌프			●												
금전등록기									●						
기록계기							●								
냉장고	●	●		●											
녹음기			●			●		●			●	●			
룸쿨러		●	●												
면도기									●						
믹서									●						
석유펌프(가정용)										●					
선풍기	●		●			●									
세탁기			●												
소제기									●						
송풍기(소형)	●		●			●									
오일버너			●			●									
우물펌프	●	●	●		●										
영사기						●			●	●					
영화카메라											●	●			
이발기						●									
장난감										●	●	●			
재봉틀															
전기시계									●		●	●			
전동공구															
전자레인지						●			●	●					
전축		●				●		●				●	●		
접시세척기			●												
쥬서			●			●									
콤프레샤(소형)	●	●													
타이머								●							
탁상그라인더	●	●													
탈수기			●												
펌프(소형)	●	●	●		●	●									
프로젝터						●									
헤어드라이어						●									
환풍기			●			●									

여기서, 家電用 電動機의 單相誘導機에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

單相誘導機는 固定子가 단순히 同心코일型捲線으로 되어 있고 回轉子는 籠型捲線으로 된 구조가 간단하고 취급이 쉬운 分數馬力 電動機로 널리 사용되고 있다. 다만 起動特性이 나빠서, 起動補償捲線이 있고, 이러한 起動補償捲線 및 裝置에 따라 그 종류와 특성이 다르다. 즉,

- 90°對稱捲線電動機
  - Split-phase motor
  - Capacitor type motor
    - Capacitor-start motor
    - Permanent-capacitor motor
    - Two-value-capacitor motor
- 非對稱捲線電動機
  - Shaded-pole motor
  - Crazy-core motor
    - Crazy slot type motor
    - Crazy air gap type motor

이들은 주로 起動토오크 특성의 개선과 高效率 및 資源節約이라는 관점에서 개발되고 적용되어진다. Split-phase motor는 基本定格出力을 1/20~1/2hp으로 하며, 이런 범위에서 가장 저렴한 원가를 갖는다. Capactior motor는 資源節約面에서 Permarent-capacitor motor가 주로 사용되며, 力率改善으로 인한 效率向上과 高起動토오크를 위하여 Tow-value-capacitor motor 가 이용된다. 高起動토오크 特性을 위하여 105°~110°의 非對稱巻線方式이 채용되기도 하였으나, 起動토오크를 위한 非對稱性은 鐵心構造를 非對稱化, 즉 異形 slot 및 異形 air grp化로도 起動機能을 갖게 할 수 있으므로, 최근에 와서는 同一出力에서 電動機 size를 줄이며 효율을 향상시킬 수 있다는 관점에서 이들이 채용되고 있다. 그림1은 非對稱鐵心電動機에서의 等價 capacitance 效果를 나타내는 等價回路이다. 그러나, 이들은 원칙적으로 존재하는 高調波成分외에 비대칭축에 의한 高調波가 생길 가능성이 높아 高調波 즉 騷音, 振動設計에 특히 주의를 요한다.

Capacitor motor의 설계시에 문제시 되는 점을 열거하면 다음과 같다.

(1) 適定 capacitor 容量과 巻線比(主巻線 / 補助巻線)適定設定

(2) 回轉子의 slot와 高調波토오크除去對策

(3) 主巻線과 補助巻線의 分布設計

(4) 起動토오크調整과 效率, 力率改善

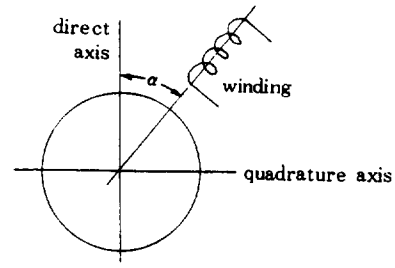
(5) 起動補償器의 選定

(6) 極數變換시의 特性調整

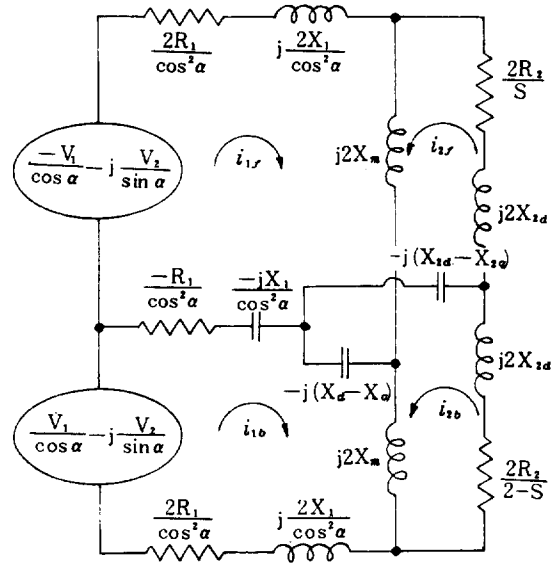
(7) 二電源切換시의 特性調整

등이다.

資源節約面에서는, 특히 材料面에서 보면, Si 0.1% 以下의 低級珪素鋼帶를 사용하여 量産化를 쉽게 함과 동시에, 占積率이 종래의 0.90정도에 0.97정도로 높임과 동시에, 磁束密度를 극



(a) Location of axes and winding.



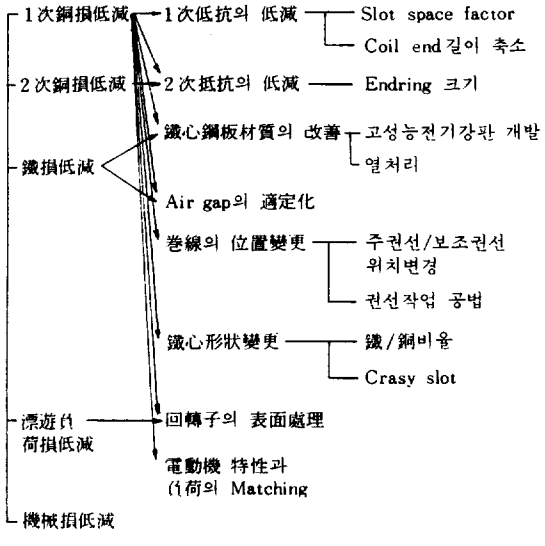
(b) Equivalent circuit of motor.

그림 1. 非對稱鐵心軸電動機에서의 等價回路

資源節約面에서는, 특히 材料面에서 보면, Si 0.1% 以下의 低級珪素鋼帶를 사용하여 量産化를 쉽게 함과 동시에, 占積率이 종래의 0.90정도에 0.97정도로 높임과 동시에, 磁束密度를 극

력 높여서 原價節減과 輕量化를 도모하고 있다.

家庭用 冷藏庫나 룸·에어콘의 콤프렛샤에 대한 高效率化技術를 위한 開發項目을 소개하면 다음과 같다.



상기방법 이외에도 回轉子鐵心과 回轉子巻線間의 絶緣增大, 回轉子 加工方法의 개선등 계속적인 노력이 행하여지고 있다.

3.3 Compact 化

家電小型 電動機에서는 小型輕量化, 安定性 및 高信賴性의 향상이 계속 요구되어왔다. 鐵心과 코일이외 構造的인 側面에서 Frame의 材質이 鑄物에서 鋼板 혹은 Alminium die-casting 化로 변천되어 왔으나, 최근에는 電動機의 絶緣材와 構造材를 Resin molding化 하여, 小型化, 吸振性, 無發火性 및 耐環境性을 향상시킨 機能을 갖게 하였다. 그 材質로서는 종래에는 Epoxy樹脂를 중심으로 한 Potting이나 Dipping方式으로 成形하였으나, 최근 不飽和 polyester 樹脂成形材인 BMC (Bulk molding compound) 로서 電氣的, 機械的 特性을 높혔으며 치수安定度 및 射出成形性이 향상되어 生産性도 좋은 材質로 向後 適用이 확대될 것으로 본다. BMC Mold Motor化에 의한 利點은 다음과 같다.

(1) 小形化, 薄形化에 따른 compact設計可能
(2) Mold化에 따른 Design의 自由度가 높다.
(3) 完全密閉에 따른 耐濕性, 防錆, 防毒性向上
(4) Frame, Core 및 Coil의 一體成形으로 低騷音化可能
(5) 固定子코일의 壽命延長 및 信賴性向上
(6) 固定子 코일內部發熱에 따른 温度 上昇의 抑制

등이다.

3.4 製作技術

電動機의 需要增大는 量産體制와 製造原價節減을 목적으로 製造設備의 發展도 自動化 高速化 高 space factor쪽으로 변하고 있다. 그리고 巻線機도 점차 高速化되어 3,000 r.p.m까지 올라감에 따라, magnet wire의 유연성조정 등 새로운 문제점이 야기되고 있다. 코일삽입기는 作業性과 space factor, 즉, compact化 등에 직접 관련되는 것으로 종래의 기계삽입방식을 변경하여 75%에서 85%까지 개선되고 있으며, crazy core 등 異形 solt式은 特性은 改善되었으나 作業性에 문제가 생기는 등 製作技術도 계속 재검토되어야 할 과제가 남아있다. 電動機組立方式은 自動化 line 방식으로 되어가는데, 電動機의 品質向上도 중요하지만 自動化作業에 적합하도록 設計變更이 계속 추진되어야 하며, 현재 추진되고 있다. 앞으로 電動機生産業體로서는 價格競爭이 치열하여져 감으로, 設計技術開發도 중요하지만 compact한 電動機를 얼마나 높은 生産性으로 생산하느냐 하는 製作技術이 더욱 중요시 되고 있다.

4 맺는 말

이상, 小型電動機에 대한 概況과 그 중 家電製品用 電動機의 製作技術上의 問題點 등 간단히 言及하였다. 制御電動機에 대하여는 別稿를 참고하시기 바라며, 다만 家電製品用에도 vector 制御 電動機 및 Inverter 回路電動機 시스템등이 개발·적용되고 있어, 이러한 制御시스템에 적합한 製品開發이 要請된다.

참 고 문 헌

1) National Technical Report Vol. 26, No. 5, 1980.
2) 野畑昭夫 "家庭用電氣機器," 日本電氣學會雜誌 Vol. 101, No. 5, 1981
3) 宮入庄太 "精密小形回轉機の 進步と應用の動向", 日本 電氣學會 雜誌, Vol. 99, 1979
4) 吉田祐三 "小形モータ制御の動向,"OHM 7 / 1984.

□報道資料□

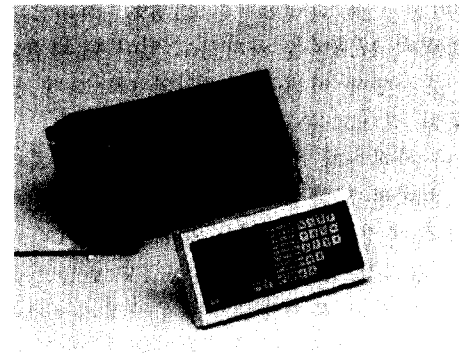
초박형 프로그래머블 콘트롤러 개발

신영전기(대표 : 홍종선)는 초박형의 입출력 22점 프로그래머블 콘트롤러 (제품명 사이덱스2200)를 개발하였다.

프로그래머블 콘트롤러는 최근 들어 급격히 각광받는 산업용 컴퓨터로서 공작기계, 프레스, 사출기, 로보트, 포장기계등 각종 전용기기의 자동제어와 무인화 공장, 에너지 절약에 사용되는 핵심기기로서 선진국에서도 80년도 이후 보편화되기 시작하였는데 그간 국내에서는 수입에 의존해 왔었다.

신영전기는 84년 입출력 66점의 프로그래머블 콘트롤러(제품명 사이텍스 6600)을 산학협동으로 개발성공해 수입대체는 물론 지난 8월에는 국내 최초로 미국시장에 2,000시스템을 수출하여 국산 산업용 전자기기의 높은 수준을 보여주었으며, 이번에 신영전기에서 개발한 입출력 22점인 프로그래머블 콘트롤러 (제품명 사이텍스2200)는 수출품과 같이 LCD(액정 디스플레이)를 통해 문자 및 숫자가 표시되는 대화협식의 프로그래머블 콘트롤러인데 두께를 54밀리미터 로 초경박화시켜 설치및 배선작업에 혁신을 가져오게 하였다.

이로써 프로그래머블 콘트롤러의 장점을 알면서도 선뜻 사용하지 못했던 중소기계 제작업체 및 경제적으로 자동화를 추구하는 중소기업등에 이 프로그래머블 콘트롤러가 큰 호평을 받을 것으로 추측된다.



〈신영전기가 개발한 초박형의 입출력 22점 프로그래머블 콘트롤러(제품명 사이텍스 2200)〉