

산업용 인버터 동향

권 봉 현

(LG산전 중앙연구소 책임연구원)

1. 인버터 시장의 세계 동향

초기 싸이리스터 인버터가 나온 이후, BJT(Bipolar Junction Transistor), MOSFET, GTO, IGBT 등 전력용 반도체 소자 및 DSP(Digital Signal Processor)를 위시한 각종 반도체의 발전과, 이들 Hardware의 발전에 따라 종래에는 상상하기 힘든 제어 이론이나 Algorithm들이 인버터에 실장할 수 있게 되었다. 이에 따라 인버터로 구동되는 유도 전동기의 성능이 직류 전동기와 필적할 정도로 되면서 인버터의 응용 분야 및 수요는 지속적으로 증가하여 왔으며, 1990년대 중반 이후의 세계적인 경기 침체에도 불구하고 인버터의 성장은 계속되어 전문 Research 기관의 조사에 의하면 2001년에 세계적으로 약 40억불 이상(600V급 이하의 전동기 구동용 인버터 기준)의 시장을 형성하였고, 연평균 시장 증가율(CAGR: Compound Annual Growth Rate)은 5% 정도의 성장을 예상하고 있다. 그러나 이 수치는 최근 5년여의 전반적인 경기 상황을 감안한 것으로 현재와 같은 경기 회복을 보인다면 앞으로는 7~9% 이상의 성장도 가능할 것으로 보인다.

이러한 인버터 시장의 확대 요인으로는 다음과 같은 점을 들 수 있다.

우선, 인버터 적용 대상이 초기에는 일부의 단순 가감속이나 Soft Starter를 대신할 정도의 제한된 부하에 제한되었으나, 기술 발전에 따라 인버터 가격이 점차 하락하고 대상 용량도 넓어져서 산업용에 사용되는 전동기를 거의 다 망라할 정도로 되면서, 종래에는 가변속 구동을 사용하지 않던 분야나 기계식 가변속 등 다른 방식을 사용하고 있던 분야도 인버터로 대체되면서 인버터의 새로운 시장을 창출하게 되었다.

다음으로, μ -Processor의 성능향상으로 고 성능 제어가 가능하게 됨에 따라 전통적인 직류 전동기의 시장도 점차 인버터와 유도 전동기로 대체되어 가고 있다.

그리고 인버터가 산업 현장에 본격적으로 적용되기 시작한

지 20년이 넘었지만, 아직까지 인버터의 장착률(전동기 판매 수량 대비한 인버터 수량-인버터의 보급 정도를 나타내는 지표)은 아직도 낮은 편이다. 인버터 장착률이 세계에서 가장 높다고 하는 일본도 20%를 넘지 못하고 있고, 국내 산업계에서 사용되는 유도전동기에의 인버터 적용은 매우 미미한 상황으로 아직 10%도 이르지 못하고 있는 것으로 알려져 있다. 이는 아직도 전동기에 비해 인버터의 보급 수량이 매우 부족한 편이며, 인버터 시장의 확대 가능성을 보여주는 것이다.

오늘날 국내 인버터 시장은 1998년 수입선 다변화가 해제된 이후 전 세계의 주요 제조업체의 인버터가 치열한 경쟁을 하는 무한 경쟁체제로 들어섰다고 볼 수 있으나, 이미 외국은 수년 전부터 국경이 없는 치열한 경쟁을 하고 있는 완전한 Global 경쟁체제가 되었다고 볼 수 있다.

특히 미국, 일본, 서구 유럽 등 안정된 시장보다 급성장하는 동남아시아, 중국 등에서 새로운 시장 확대를 위한 제조업체의 노력이 이루어지고 있다. 국내 업체에서도 이러한 Global 경쟁에 발맞추어 세계 여러 나라에 인버터를 수출하고 있으며, 중국에 대한 집중 투자를 통한 매출 증대를 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

한편으로, 인버터에 대한 시장의 인식도 많이 바뀌고 있다. 지금까지는 인버터 성능의 우위가 선택의 중요 포인트로 생각되었으나, 인버터의 기본 구조가 Digital Control, 전압형 PWM, IGBT의 형태로 점차 수렴해 감에 따라 새로운 기술에 의한 우위성 보다는 사용의 편의성, 설치/시운전(Installation/Commissioning)의 편의성, 시스템 형성의 용이성 등이 주된 관점이 되는 방향으로 시장이 형성되어 가고 있다.

2. 적용 부하별 동향

산업계에서 인버터가 사용되는 주요 목적은 크게 에너지 절감(Energy Saving)과 속도, 위치 및 토크 제어를 통한 시스템

표 1. 적용 부하별 인버터의 특성

Application	Energy Saving	Discrete Industry	Process Industry
주요 부하	Fan, Pump, Blower	식품, 포장, 섬유, 컨베이어, 엘리베이터, Hoist	제지, 섬유, 타이어, 철강 Line
제어 성능	V/f 제어 최적 자속 제어	V/f 제어, Sensorless, Vector(FOC)	Sensorless, Vector(FOC)
주요 요구기능	에너지 절약 운전 Flying Restart	저속 토크 빠른 가감속	Process PID 동기, 연동 제어
제어 대상	압력, 유량 (PID)	속도, 토크, 위치	토크, 장력
과부하 정격	110 ~ 120 % 1분	150 % 1분	150% 1분
Converter부 구성	Diode Bridge Half Converter	Diode Bridge Regeneration	DC Link Common Converter
제품 구성	Unit형(IP20)	Unit형(IP20)	Draw형(IP00)
Option	Modbus, Lonworks, Metasys	Modbus, CAN, DeviceNet, Profibus	Modbus, CAN, DeviceNet, Profibus

템 성능 향상의 둘로 크게 구분할 수 있으며, 후자는 다시 단위 부하의 성능 향상을 위주로 하는 개별 구동(Discrete Industry Application)과 Process Line의 전체적인 제어를 목적으로 하는 연동 구동(Process Industry Application)으로 나눌 수 있다.

표 1은 위에서 열거한 각각의 부하 용도에 따른 부하 요구 사항 및 제품의 특성을 간략히 나타낸 것이다.

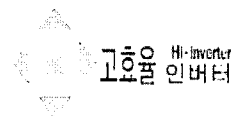
이러한 사용 목적에 따른 부하별 인버터의 동향을 살펴보면 다음과 같다.

2.1 에너지 절감용

전 세계적으로 에너지 절감에 대한 요구가 점차 증가함에 따라 가장 많은 전기에너지를 소비하는 산업용 전동기에 대한 에너지 절감 요구 또한 증가하고 있다. 산업용 전동기에 인버터를 부착할 경우 가장 에너지 절감 효과가 높은 부하는 Fan이나 Pump부하이며 공조용 Fan의 경우 약 70 ~ 60% 정도의 에너지가 절감이 된다. 따라서 많은 인버터 제조업체가 이러한 부하에 적합한 인버터를 출시하고 있으며, 이는 많은 국가에서 시행하는 ESCO 정책등과 같은 정부 보조에 힘입어 더욱 시장이 확대 되고 있다. 이러한 부하에 적용되는 인버터는 높은 성능이나 높은 단시간 정격 대신 과부하 내량을 낮추어 Power소자의 비용 절감, 저가의 제어기관 등을 사용해 원가 절감을 실현하였고 인버터의 특징으로는 110 ~ 120% 1분의 과부하 내량, Energy Saving기능, 압력, 유량 등을 제어하기 위한 PID 제어를 포함하고 있으며 각종

Fan, Pump구동에 유용한 기능을 가지고 있다. 또한 다양한 Display gal/m, Mpa 등-를 통해 인버터 키패드가 단순한 인버터 Program Tool이 아닌 시스템의 Display 장치로 적용되어 시스템 단가를 낮추기 위한 편의성을 제공하고 있다. 또한 인버터 한대로 여러 대의 전동기를 제어하는 다중 전동기 구동 방식 등을 채택해 상위 제어를 사용하지 않고도 Pump용 부하에 적합한 시스템에 적용을 쉽게 하는 편의성을 제공하기도 한다.

국내에서도 이러한 에너지 절감을 목적으로 여러 업체가 ESCO(Energy Service Company: 건물이나 산업시설을 대상으로 에너지 사용 현황 분석, 절감 방안 탐색, 엔지니어링 및 절감 방안 실행 등 종합적인 에너지 절감 서비스를 제공하고, 그 절감 효과를 고객과 공유하는 사업, 전동 부하와 전동



인원기준 : 1인원
 최대부하 : 50-7
 승인번호 : 085007
 인력번호 : 200100
 시험기관 : 한국전기연구원

그림 1. 고효율 인버터 마크

기 구동 부하가 주요 (Target인) 사업을 하고 있으며, 에너지 절감효과가 높은 고효율 인버터 규격을 제정 운영하고 있다 (그림 1. 고효율 인버터 마크: 한국전력공사에서 제정한 것으로 이 규격을 갖춘 인버터를 소정의 절차를 거쳐 적용시에는 한국전력공사에서 특별 부담금을 지원한다).

에너지 절감용 인버터는 에너지 절감에 따른 수익과 인버터를 적용하는데 필요한 초기 투자비의 상관관계에 의해 형성되는 시장이므로, 적용 확대나 제품 개발에 있어서 가장 중요한 변수는 인버터를 적용 시에 소요되는 비용이 된다.

2.2 시스템 성능 개선용 인버터

시스템 성능을 높이기 위해 다양한 부하에 인버터가 적용되었고 또한 현재도 새로운 부하가 지속적으로 개발되고 있다.

이 중에서도 자동화를 위한 목적으로 가장 많은 응용 분야를 가지고 있는 것은 개별 구동 부하이다. 특히 포장 기계나 섬유 기계 등의 단위 기계인 경우에는 전체 기계의 성능 향상과 기계 크기의 축소, 생산성 향상 등을 이유로 하여 인버터의 적용이 가장 활발한 편이다. 사용 전동기의 주 용량대는 1마력 이하에서부터 200마력 정도이다. 이들 부하에서는 기계 사용자가 생산성을 올릴 수 있게 하기 위하여 빠른 가감속 성능 등이 요구된다.

Hoist 나 엘리베이터 등의 승하강 부하에도 성능 향상을 위한 인버터를 사용하고 있다. 이들 부하는 수마력에서 100 ~ 200 마력 정도가 주로 사용되고 있으며, 뛰어난 가감속 토크 발생 또는 정밀 속도 제어 성능이 요구되고 있다.

또 다른 응용 분야인 Process Line의 연동 구동용은 여타의 부하와는 많이 다르다. 이 부하에 사용하기 위해서는 우선 그 시스템에 대한 이해가 필요하다. 즉 Process Line에서 요구하는 제어 대상을 정확히 파악하고 그에 대응할 수 있는 기능을 가지고 있어야 하며, 상위 제어기와와의 인터페이스를 포함하여야 하고, 제어 대상이 주로 장력이나 토크가 되므로 인버터 자체의 제어 성능도 뛰어나야 한다. 이 응용에서는 수십~수백 마력의 주 전동기와 수~수십 마력의 보조 전동기 여러 대로 구성되며, 이들 전동기를 구동하기 위한 인버터는 주로 하나의 Converter를 사용하여 DC Link를 만들고 여기에 인버터들을 접속하는 소위 DC Link Common 방식의 Power 부 구성을 많이 사용한다.

위에서 열거한 여러 가지 부하에 적용되는 인버터를 제품 면에서 보면, 에너지 절감이나 단순 속도제어 부하에 적용하기를 원하는 경우는 사용법이 복잡한 대신 초기 Setup 및 사용이 쉽고 가격이 저렴한 비교적 용량이 적은 인버터가 요구되고, 정밀제어 또는 토크 제어가 필요한 경우에는 모든 기능을 충분히 갖춘 고성능 인버터가 요구된다.

이러한 시장의 요구에 부응하여 많은 제조업체가 부하의 특성에 적합한 다양한 형태의 인버터를 출시하고 있으며, 각기

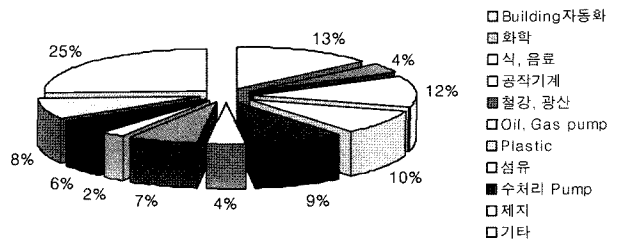


그림 2. 부하별 시장 규모

다른 시장을 형성해 나가고 있다. 전 산업 분야를 하나의 업체가 모두 대응하기는 어려운 상황으로 인하여, 각기 나름대로의 기술력 및 적용 경험을 바탕으로 하여 특정 응용에 적합한 제품을 제공하고 있다.

비교적 적은 규모의 제조사는 니치마켓을 공략하기 위해 부하별로 특수한 요구 사항에 맞추어 Hardware, Software를 탑재한 인버터를 생산하며 비교적 대규모의 제조사는 보다 더 일반적인 시장에 초점을 맞추어 간다.

각 산업 부하별로 인버터 사용비율은 그림 2와 같다.

3. 기술적 동향

3.1 제어 방식

V/F Control

가장 오래되고 가장 일반적인 제어 방식으로 정밀하지 않은 속도제어용 부하에 적합하다. 사용이 간편하고 익숙한 고객이 많아 현재도 가장 현장에서 널리 사용되는 방법이며 특히 에너지 절약이 주 목적인 Fan, Pump응용은 거의 이 방식을 채용하고 있다. 그러나 다른 응용 분야에서는 점차 사용비율이 줄어들 것으로 예상된다.

Sensorless Vector Control

센서리스 벡터 제어란 속도센서 없이 속도 센서가 있는 인버터 수준의 정밀한 제어 특성을 갖는 제어 방식이다. 따라서 이 방식은 V/F제어 방식을 기본으로 하여 고성능을 발휘하는 제어방식을 의미하며 최근 수년간 이 방식을 채용한 제품이 급격히 증가하고 있다. 통상 센서리스 벡터 제어 인버터는 기존의 V/F 제어방식의 모든 기능을 구사하며 간단한 Auto-Tuning을 통해 높은 기동 및 저속 Torque를 낼 수 있다. 수년 전에는 센서리스를 통해 속도 제어만 가능했으나 요즘은 토크 제어까지 가능하여 FOC(Field Oriented Vector Control) 방식의 일부 시장에 확고히 자리를 잡을 것으로 예상된다.

Field Oriented Vector Control

이 방식은 속도 피드백을 통해 유도 전동기를 정밀 제어하는 방식으로 통상 직류 전동기와 동등의 제어 성능을 보인다.

정밀 속도제어, 정밀 Torque제어가 가능하여 Web-Handling, 고급 엘리베이터, 고급 Hoist 등에 사용된다. 시장은 10% 미만으로 수요는 적으나 장비의 고급화 및 자동화에 크게 기여하고 있다.

3.2 제공 기능의 다양화

이미 언급하였듯이 시장에서 고객의 요구는 무척 다양하기 때문에 제조사가 많은 기능을 인버터에 추가하였어도 모든 고객의 요구를 모두 만족시킬수는 없다. 따라서 고객이 원하는 정확한 요구대로 인버터를 사용할 수 있도록 하기 위해 통상 인버터에 PLC기능을 추가하는 방법과 제조사가 Customize하는 방법으로 제조사들이 시장에 접근하고 있다.

사용자 Sequence 기능의 제공

대부분의 인버터 제조사는 PLC를 같이 공급하는 경우가 많다. 따라서 이러한 제조사가 제일 쉽게 접근하는 방식으로 PLC부분을 인버터에 추가하는 방식이다. 현재 미국, 유럽 및 일본의 몇 개사가 이러한 형태의 인버터를 출시하였다. 이 방식은 그 회사의 PLC를 사용해본 고객은 쉽게 접근할 수 있고 PLC를 사용해보지 않은 고객도 비교적 기존 PLC프로그램을 이용 쉽게 접근 가능하다는 장점을 갖는다. 그러나 아직 시장에 널리 퍼져있지는 않은 상태이며, 사용 분야 역시 미미한 수준이다. 또한 제어기판에 PLC 기능을 구현할 수 있는 다른 제어기판을 첨가하는 형태이므로 가격이 높아져서 실제 적용의 확장에는 어려움을 겪고 있다.

제조사의 Customize화

고객의 요구에 따라 제조사가 직접 Software를 변경해서 고객의 요구에 부응하는 경우로 기존 인버터와 거의 비슷한 가격으로 공급하므로 현재 널리 이용되고 있다. 적용 대상의 Know-How를 바탕으로 하여 제조사에서 적용을 지원하고, 별도의 전용 Software를 만들어 특정 고객별로 제공하고 있다. 제조사에 따라서는 수종에서 수백종에 이르는 전용화된 Software를 고객의 요구에 맞추어 공급하고 있다.

3.3 Network

인버터의 응용 부분을 보면 다수의 경우가 인버터, 전동기 한대와 간단한 Display로 이루어진 경우가 많다. 이런 응용에서는 이전에는 Network의 적용이 매우 미비했으나 점차 시스템 비용의 절감 요구에 따라 통신이 적용되는 경우가 늘고 있고, 실제로 1999년을 기점으로 급속히 확산되고 있다. 이러한 시장 변화에 따라 대부분의 인버터는 RS485, RS232 또는 Modbus-RTU 등을 기본으로 장착하여 출시가 되고 있으며 가장 작은 용량인 Micro급에도 통신이 기본으로 장착되어 가는 추세이다. 그 외 FieldBus는 분야별, 지역별로 많이 사용되는 종류가 다른데 지역별로 구분하면 유럽은 Profibus-DP, 미주 지역은 Devicenet이 강세이며, 빌딩 공

조용으로는 LonWorks, Modbus-RTU, Metasys등이 강세를 보이고 있다. 향후 Field-bus의 사용이 감소하고 Ethernet을 이용한 Network이 그 자리를 차지할 것이라는 예측하에 많은 제조사에서 Ethernet-IP 등의 차세대 기술의 선점을 하기 위한 치열한 경쟁을 하고 있다.

4. 결 론

최근 인버터 시장의 특징은 위에서 언급한 바와 같이 기술 발전의 속도가 느려짐에 따라, 새로운 기술에 의한 시장 창출과 함께 부하별 전문 응용을 위한 대응과, 고객의 편의성, 서비스 등도 주요 이슈로 되어 이전의 인버터 시장과는 다른 형태를 보이고 있다. 이런 환경에서 각 제조사는 경쟁사와의 차별화를 위해 고객 밀착형 인버터의 요구가 점차 늘어가고 있다. 치열한 경쟁 속에서 살아남기 위해 다양한 형태의 서비스가 제공되고 특히 인터넷의 발달로 인해 e-Business의 중요성 또한 강조되고 있는 상황도 인버터의 변화를 요구하고 있다. 이러한 요구에 의해 향후 인버터는 Power소자의 가격 하락 μ -Processor의 성능 향상 등을 통한 지속적인 Cost/Performance 향상, 세계 어느 곳에서도 Monitoring할 수 있고 상위 제어기와도 연계 가능하도록 하는 Network Connectivity를 가지며, 고객의 다양한 요구를 만족시키는 유연한 인버터로 발전할 것이다.

†참고: 인버터는 적용 대상 및 응용 분야가 너무 광범위하여 본 원고에서는 유도전동기 구동용의 저압 인버터에 한정된 내용만 다루었습니다. 유도 전동기 이외의 PM, SRM 전동기 등의 구동용이나 고압 인버터에 대해서는 별도의 고찰이 필요할 것입니다.

〈 저 자 소 개 〉



권 봉 현

1984년 한양대 전기공학과 졸업, 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업. 1984년 금성계전(주) 중앙연구소 입사(범용 및 스피들 구동용 인버터 개발). 1988년 LG산전(주) 중앙연구소로 통합(범용 및 벡터 인버터 개발, 인버터 연구팀장). 1998년~1999년 인버터 기술영업팀장. 현재 LG산전(주) 중앙연구소 모터제어연구팀장/책임연구원.