

에어컨의 전력전자 기술동향

최 재 영

(삼성전자 디지털 어플라이언스 연구소 수석연구원)

1. 서론

전통적으로 사용되고 있는 가정용 에어컨(Air Conditioner)은 창문형과 분리형으로 구분된다. 창문형은 모든 기능이 한 몸체에서 이루어지는 것에 반해, 분리형은 실내기와 실외기로 분리되어 각각의 기능을 수행토록 되어 있다. 분리형은 다시 RAC(Room Air Conditioner)와 PAC(Packaged Air Conditioner)로 구분되는데, 일반적으로 벽걸이형과 스탠드형이라고도 부른다. 최근에는 복수개의 실내기를 한 대의 실외기를 연결한 멀티(Multi)형 에어컨이나 복수개의 실내기와 복수대의 실외기를 적절히 조합하여 사용하는 시스템 에어컨이 대형주택 및 사무실을 중심으로 설치되고 있다.

이와 같이 점차 고급화, 시스템화 되고 있는 에어컨은 냉방능력이 점차 확대됨에 따라 전기 공급자는 물론 소비자들로부터 하절기의 순시 전력 위기의 주범으로 지목되어 왔고, 그 문제를 해결하기 위해 에너지 소비 효율을 향상시키는 노력을 꾸준히 진행해 오고 있다. 더구나, 지구 환경 파괴 요소로 지목되고 있는 현재의 냉매를 점차 천연 냉매로 전환시키는 과정에서 고효율화는 더욱 중요한 요소가 되고 있다. 이 밖에도, 실외기에서 발생하고 있는 소음, 진동 문제를 해결하기 위한 기술 개발 또한 활발하며, 에어컨의 시스템화에 따른 네트워크(Network) 기술이 접목되고 있다.

이와 같은 절전, 저소음, 네트워크 등 세 가지의 중심 기술 개발 방향에 대해 설명코자 하며, 특히 전력전자 기술이 직접 연관성을 가지는 절전 기술에 대해 주로 설명한다.

2. 고효율화를 위한 절전 기술

그림 1은 일반적인 분리형 에어컨의 구성을 나타내고 있다. 저압의 냉매를 압축하고 방열한 후, 그 냉매를 증발시켜 주위

의 열을 흡수하는 냉매순환식 사이클의 원리가 전통적으로 에어컨에 적용되고 있으며, 현재는 천연냉매를 점차 확대 사용하고 있다. 이 구조에서 전기가 직접적으로 사용되는 부분은 압축기(Compressor)와 팬(Fan)이며, 그 중에서도 압축기가 절대적으로 큰 전기에너지를 소모한다.

에어컨을 고효율화하는 기술은 열교환 성능 향상과 압축기 성능 향상으로 구분되는데, 열교환 성능 향상은 방열핀 구조, 냉각팬 구조 및 유로 설계 등 대부분이 기계와 관련된 기술인 것에 반해, 압축기의 성능 향상은 압축기 기구부 설계 기술과 더불어 모터 설계 및 제어 기술을 필요로 한다. 앞서 설명한 바와 같이, 압축기가 절대적으로 큰 전기에너지를 소모하기 때문에 모터 설계 및 제어 기술은 절전을 위한 기술 중 중요한 요소로 주목되고 있다.

그림 2에서 보는 바와 같이 압축기에 사용되는 모터는 고온, 고압의 압축기 내부에 설치되기 때문에 타 가전제품에 적용되는 모터에 비해 설치 조건이 열악하다. 제어가 필요하지 않고 견고한 단상 유도모터는 이러한 열악한 조건에 적합하여 지금까지도 대부분의 압축기에 적용되고 있지만, 절전을 위한 단상 유도모터의 고효율화는 거의 한계점에 도달하고 있다.

이에 따라, 일본은 오래 전부터 BLDC 모터를 압축기에 적용하여 시스템의 고효율화를 꾀하고 있다. 표 1은 일본업체의 BLDC 모터 적용 추이를 보여 주는 자료로서 BLDC 모터의 적용이 점차 확대되고 있음을 보인다. 이에 반하여, 국내업체들은 아직도 대부분의 압축기에 단상 유도모터를 적용하면서 모터의 고효율 설계를 시도하고 있으며, 지난 90년대 중반부터 삼상 유도모터에 인버터를 적용한 압축기를 일부 에어컨에 적용한 것이 있을 뿐이다. 최근 국내업체도 일부 고급형 에어컨에 BLDC 모터를 장착한 압축기를 적용하여 절전 능력을 향상시킨 바 있으며, 점차 그 적용 범위가 확대될 것으로 전망된다.

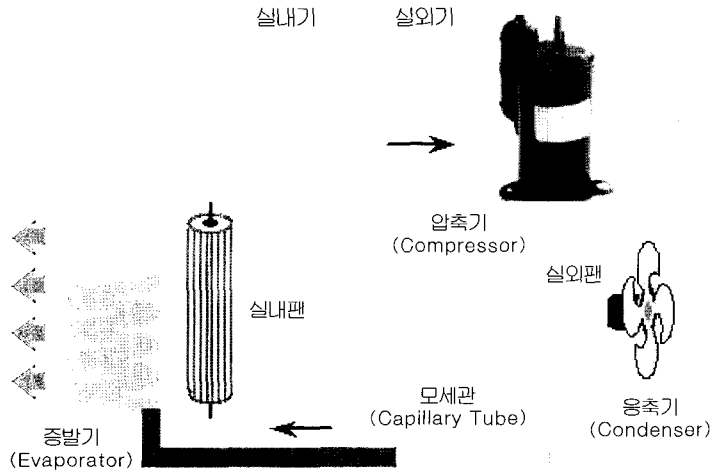


그림 1. 분리형 에어컨의 구성

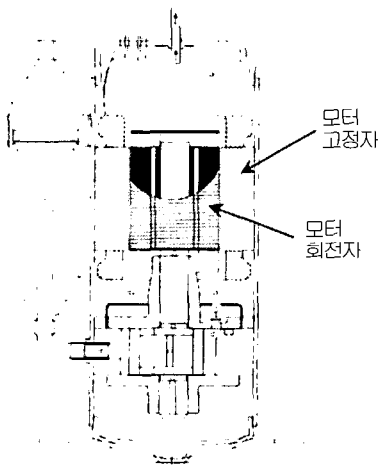


그림 2. 로타리 압축기의 내부 구성

표 1. 일본업체의 BLDC 모터 사용 추이

회사	종류 구분	'02년	'03년	'04년
Sanyo	AC Inverter	45 %	30 %	
	BLDC	55 %	70 %	100 %
Sharp	AC Inverter	48 %	48 %	
	BLDC	52 %	52 %	100 %
Fujitsu	AC Inverter	60 %	60 %	60 %
	BLDC	40 %	40 %	40 %

BLDC 모터가 단상 유도전동기에 비해 효율이 높지만, 실제로 인버터 효율까지 고려한다면 정격에서 BLDC 모터 및

인버터 효율이 단상 유도모터와 비슷한 수준이 된다. 그럼에도 불구하고 재료비가 더 소요되는 BLDC 모터 및 제어기를 적용하는 것은, 에어컨이 실제로 사용되는 부분 냉력 범위에서 가변속 능력을 이용하여 고효율화를 이룰 수 있기 때문이다. 가변속 운전은 삼상 유도모터 및 인버터를 이용해서도 가능하지만, 저속에서 효율이 BLDC 모터에 비해 급격히 감소하기 때문에 에어컨의 고효율화에 크게 기여할 수 없는 것으로 알려져 있다. 표 1은 단상 유도모터, 3상 유도모터/인버터 및 BLDC 모터/인버터를 적용한 압축기의 효율을 비교한 것이다.

일본업체가 BLDC 모터를 적용하던 초반에는 분포권 결선의 모터와 구형과 2상 여자방식을 채택하였다. 이 방식은 PMSM(Permanent Magnet Synchronous Motor) 구동을 위한 정현파 방식에 비해 간단한 구조의 제어기로도 실현할 수 있는 방식이었기 때문에, 재료비 부담을 가지는 홈어플라이언스(Home Appliance) 제품에는 적합한 것이었다. 하지만, 좀더 효율을 상승시키려는 시도와 제작 공정을 단순화하여 제품단가를 줄이려는 시도는 집중권 방식이 도입하는 계기를 마련하게 되고, 최근 일본업체를 중심으로 집중권 방식의 BLDC 모터가 핵심기술로 대두되고 있다. 그림 3은 분포권과 집중권에 사용되는 고정자의 슬롯(Slot) 형태를 보여 주는데, 앞서 설명한 바가 잘 이해될 수 있도록 그 구조가 다르다. 집중권 방식이 고효율화와 제작 공정 단순화에는 장점이 있지만, 모터 토크 리플이 상승하여 압축기의 진동에는 악영향을 준다. 이를 해결하기 위해, 과거에 사용하던 구형과 2상 여자방식 대신에 부분 3상 여자방식이나 정현파 3상 여자방식을 채택하고 있다. 전통적으로 사용되는 Vector 제어를 사용하면 가장 좋은 결과를 낼 수 있지만, 홈어플라이언스 제

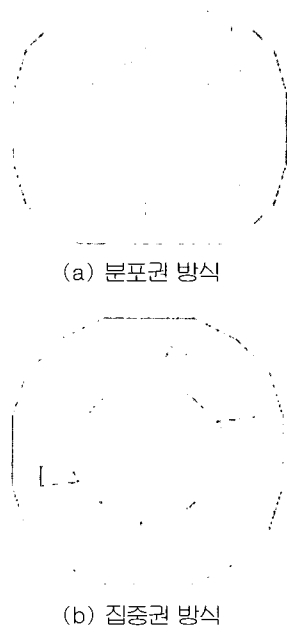


그림 3. BLDC 모터의 고정자 구조

품이 가지는 재료비 한계를 고려한다면 그 Vector 제어를 구현하는 것은 쉽지 않으며 아직도 실제 제품에 적용되고 있지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위해 토크 리플이 크게 발생하는 시점에서 부분적으로 3상 여자방식을 시도한다거나, Vector 제어와 근사한 출력 형태를 만들어내기 위한 Tuning Table 방식 등이 제시되고 있으며, 일본업체들은 Tuning Table 방식을 적용한 제품을 출시하고 있다. 현재 일본업체들의 BLDC 모터 설계 기술 및 정현파 제어 방식은 상당한 수준에 도달해 있으며, 향후 BLDCM 집중권 방식을 피하고 있는 국내업체들에게는 특히 문제가 발생할 가능성도 없지 않다. 국내업체의 연구진은 물론 학계에서도 이러한 문제를 극복하기 위해 좀더 왕성한 연구, 개발이 이루어져야 할 것으로 본다.

압축기 외에도 실외기 냉각팬에 사용되는 모터에서도 고효율의 가변속 모터가 채용됨으로써 시스템의 고효율화에 기여하고 있다. 일본업체들은 BLDC 모터를 적용하고 있고, 국내 일부업체에서는 SRM을 적용한 제품을 출시한 바 있다. 하지만, 압축기에 비해 상대적으로 적은 양의 전기를 소모하는 부분이라 그 기여도는 적은 편이다.

3. 고급화를 위한 저소음 기술

제품 개발자 입장에서 절전 능력은 에어컨의 기술적 가치 판단 기준이 될 수 있지만, 실제로 에어컨을 사용하는 사람들에게 제품의 무위를 올려 주는 항목이 바로 소음이다. 저소음

을 달성하기 위해 많은 노력이 이루어지고 있지만, 실제로 전력전자의 기술이 직접적으로 주는 영향은 크지 않다. 소음의 주요인은 압축기와 팬인데, 이 중 압축기의 소음을 감소시키기 위한 모터 설계 및 제어적인 측면에서의 시도가 있다.

앞서 설명한 바와 같이, BLDC 모터가 집중권 형태로 변경되면서 증가하게 된 토크 리플은 압축기의 진동을 증가시키고 결국 소음이라는 요소로 소비자에게 느껴진다. 물론 모터 설계시에도 그 리플을 줄일 수 있도록 할 뿐만 아니라, 제어 측면에서도 3상 여자방식을 적용하는 등의 토크 리플 저감 대책을 세우고 있다. 이러한 실제 제품 적용 기술 외에도, PFC, Random PWM 및 효율을 저하시키지 않는 범위에서의 전자기 소음 저감 대책을 연구하고 있다. 압축기가 흡입, 압축, 팽창이라는 사이클을 형성하기 때문에 발생하는 진동 문제를 해결하기 위해 전 행정에서 전류치를 일정하게 유지하는 제어 방식도 일부 시도되고 있다.

그 외 유동 해석, 차폐물 사용 등의 기구적 방식에 의한 저소음 대책이 있다.

4. 시스템화를 고려한 네트워크 기술


RAC나 PAC와 같은 제품들이 단독으로 사용될 때는 실내기와 실외기간의 간단한 통신으로 모든 동작이 가능했다. 하지만, 시스템 에어컨과 같이 복수 개의 실외기, 실내기 등이 조합을 이루어 설치되고, 각 위치의 냉방 조건이 다르게 설정되어 복잡한 운전 패턴이 요구되는 상황에서 기존의 통신 방식은 한계를 느끼게 되었다. 이런 문제점을 해결하고 주어진 에어컨 시스템을 좀더 효율적으로 사용하기 위해 실내외기간을 232 통신이나 485 통신 등으로 결합하고 주제어부가 각 실내기와 실외기의 상태를 파악하고 전체 운전의 조화를 유지하도록 구성함에 따라 네트워크 기술의 중요성이 점차 확대되고 있다. 이를 지원하기 위해 단순한 실내기 리모컨 수준이 아닌 16-group 제어기, 32-group 제어기는 물론 Multi-function 제어기 및 Scheduler 등이 개발, 사용되고 있다.

시스템 에어컨이 사용자의 편리성과 효율성도 중요하게 보아야 하지만, 소비자의 불만을 해소시킬 수 있는 기능이 고장 진단 더 나아가 고장 예지 기능이다. 이 기능들의 초기 수준은 어느 정도 구축되고 있지만, 진정한 기능 구현을 위해서는 에어컨과 관련된 수많은 실측 데이터들을 이용한 알고리즘이 구현되어야 하기에 아직 오랜 시간을 두고 개척해야 할 분야로 보고 있다.

5. 결론

에어컨이 우리의 환경을 쾌적하기 위한 필수품임에도 불구하고 전기 소모량 문제, 가격 문제, 환경 문제 등을 이유로 아

직도 타 가전제품에 비해 그 보급률이 그리 높지 않다. 이런 상황을 타계할 수 있는 방법 중의 하나가 초절전 기능을 구현하는 것이다. 앞서 설명한 바와 같이 BLDC 모터의 적용 등의 여러 가지 시도 및 개발이 이루어지고 있지만, 아직은 더 연구, 개발되어야 할 부분은 많다고 본다. 단순한 1~2%의 효율 개선과 같은 연구보다는 엄청난 효과를 가져올 수 있는 혁신적인 연구가 반드시 이루어져야 하리라 본다. 아울러 많은 부분이 기계적인 부분에 지배를 받는 진동, 소음 문제이지만, 모터 설계나 제어를 연구하는 사람들도 좀더 적극적으로 이 방향을 해결할 방법을 연구해야 한다.

네트워크 기술 및 고장 예지 기술 등은 에어컨이라는 대상에서 새로운 연구 분야로서 많은 기대가 모아지는 분야가 될 것이라 확신한다. 

〈 저 자 소 개 〉



최재영(崔宰榮)

1965년 5월 5일생. 1988년 서울대 공대 전기공학과 졸업(학사). 1990년 서울대 공대 전기공학과 졸업(석사). 2001년 Virginia Tech. Electrical & Computer Eng. 졸업(박사). 1990~1996년 LG전자 홈어플라이언스 연구소 선임연구원. 2001년~현재 삼성전자 DA연구소 전력전자그룹 그룹장(수석연구원).