

SSR 제어방식을 적용한 AC 모터의 방진설계를 통한 소음 저감

Noise Reduction of an AC Motor with SSR by Using Isolation Design

정두한† · 송용재* · 윤경중* · 모진용*

Duhan Jung, Yongjae Song, Kyoungjong Yun and Jinyong Mo

1. 서론

가전제품에서 주거환경을 침해하는 소음의 주된 요인은 대부분 전기모터이다. 모터의 동작은 제품에 기진력을 만들고 공기 중으로 소음을 방사하는 역할을 하므로, 정숙한 주거환경을 확보하기 위해서는 모터의 소음을 효과적으로 감소시키거나 차단하여야 한다.

대부분 저가형의 소형 에어컨 제품은 탭(TAP) 방식 모터를 사용하여 원하는 회전속도를 얻고 있다. 그러나 제품마다 요구되는 모터 회전수가 상이할 경우에는 새로운 모터를 개발하거나, 모터 탭의 위치를 변경하여야 하므로 개발 기간 및 모터 공용화 측면에서 문제점이 되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 무접점 전자 릴레이(SSR; Solid State Relay) 소자를 적용한 모터를 개발하여 제품에 적용하고 있으나, SSR 모터는 저주파 스위칭 노이즈에 의해서 모터 진동이 크게 발생하여 궁극적으로는 소음의 영향으로 나타난다. 본 연구에서는 SSR 제어를 적용한 AC 모터의 주 소음원을 판별하고, 모터계의 기구적인 방진구조 개선이 모터의 소음을 저감할 수 있는지를 실험을 통하여 검토한다.

2. SSR 제어 모터의 소음 특성

모터의 소음원은 일반적으로 기계적 소음, 공기 역학적 소음, 전자기 소음 등으로 분류된다. 이들 중 공기 역학적 소음은 팬이 부착된 경우에 크게 발생하므로 비교적 쉽게 구분할 수 있지만, 기계적 소음과 전자기적 소음은 주 소음원을 쉽게 판정하기 어렵기 때문에 개별적 연구와 실험으로 파악한다.

SSR 제어 모터의 소음 특성을 파악하기 위하여 무향실 환경에서 일반 모터의 소음 스펙트럼과 동일 모터에 SSR 제어를 적용한 경우의 소음 스펙트럼을 측정하여 그림 1에 나타내었다. 그림 1을 살펴보면 동일한 구조의 모터를 사용하였지만, 속도 제어 방식을 변경함에 따라 약 3dB 소음이 상승함을 볼 수 있다. SSR 제어의 경우 주 소음은 60Hz 전원주파수의 짝수배 조화성분에서 지배적으로 크게 발생하고 있으며, 240Hz의 순음이 소음을 지배하여 체감적으로 음질이 매우 불량하게 나타났다.

SSR 제어 모터의 소음 증가의 주 요인을 파악하기 위하여 SSR 소자를 통과한 모터의 입력 전압/전류 파형을 측정하여 그림 2에 나타내었다. 그림 2(a)에서 SSR 소자의 on/off에 의해 정현파 전압 파형이 돌출하는 불안정한 서지(surge) 현상을 보이고 있으며, 그림 2(b)를 살펴보면 전류 파형 또한 왜곡되어 발생함을 볼 수 있다. 다시 말하면, SSR 제어에 의해 전압신호가 스위칭되는 시점에서 입력 전압과 전류의 왜곡이 발생하므로 모터 토크가 크게 변동하여 높은 진동과 불쾌한 소음을 유발한다. 결국 SSR 제어 모터의 경우 이러한 전압/전류 파형의 왜곡을 줄이기 위한 제어 및 회로 개선 등이 선결되어야 함을 알 수 있다.

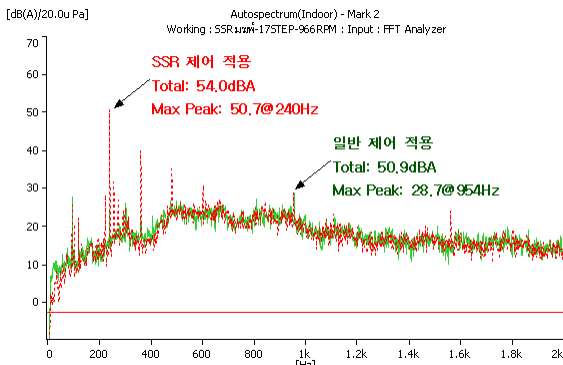
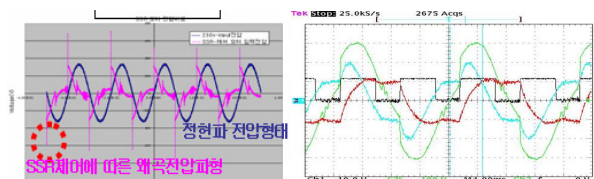


그림 1. 소음 스펙트럼 비교 (966rpm)



(a) 전압 파형 (b) 전류 파형
그림 2. SSR 모터의 입력 전압/전류 파형

† 정두한; (주)삼성전자 공조전문기술
E-mail : duhan.jung@samsung.com
Tel : (031) 200-7285, Fax : (031) 200-6392
* (주)삼성전자 공조전문기술

3. SSR 모터 소음 저감

본 연구에서는 모터계의 방진성능 향상이 모터의 소음 저감에 미치는 영향을 실험적으로 고찰한다. 물론 SSR 제어 모터의 경우 주 소음원은 전압/전류 파형의 왜곡에 기인함을 살펴보았지만, 입력 파형의 개선은 본 연구의 범위에서 제외하였다.

모터계의 방진 성능을 향상시키기 위하여 소형 에어컨 제품을 대상으로 다음과 같은 설계 인자를 개선하기로 하였다. (1) 모터 고정부를 사출 구조물에서 진동을 지지할 수 있는 알루미늄 브랏켓 구조물로 변경하고, (2) 모터의 고정 방식을 직접 스크류 체결에서 고무 부시(bush)를 적용한 방진 구조로 변경하였으며, 마지막으로 (3) 팬의 진동을 효과적으로 방진하기 위하여 고무 부시를 팬의 허브 측에 삽입하였다. 그림 3 에 모터의 방진구조 변경 내용을 나타내었다.

모터계의 전체적인 동특성은 모터 소음 특성에 영향을 미치게 된다. 모터계의 고유진동수가 주 가진 주파수인 전원주파수 2 배 성분의 조화 주파수와 일치하는 경우에는 공진으로 인한 진동 및 소음의 증폭 현상을 유발할 수 있기 때문에 방진 성능을 개선한 구조물의 고유진동수를 측정하였다. 측정된 고유진동수는 브랏켓 14Hz, 축 107Hz, 443Hz, 프로펠러 팬 43Hz, 166Hz, 블라워(blower) 68Hz, 302Hz 등으로 구조물의 고유진동수는 가진주파수와 일치되지 않게 설계되었음을 알 수 있다.

방진구조 개선 효과가 SSR 모터 소음 저감에 미치는 영향을 알아보기 위하여 팬 rpm 별로 측정된 소음을 비교하여 그림 4 에 나타내었다. SSR 제어를 적용한 경우 개선된 방진 구조를 적용할 경우와 그렇지 않은 경우의 소음을 비교할 경우 동일 rpm 에서 2dB 정도의 저감 효과가 나타남을 알 수 있다. 그림 5 에는 방진 설계된 모터계의 소음 스펙트럼을 나타내었는데, 그림 1 과 비교해보면 가진주파수의 조화성분 피크음이 현저하게 감소한다.

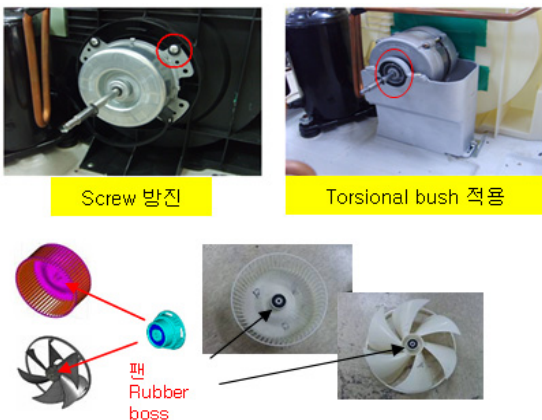


그림 3. 모터계의 방진구조 개선

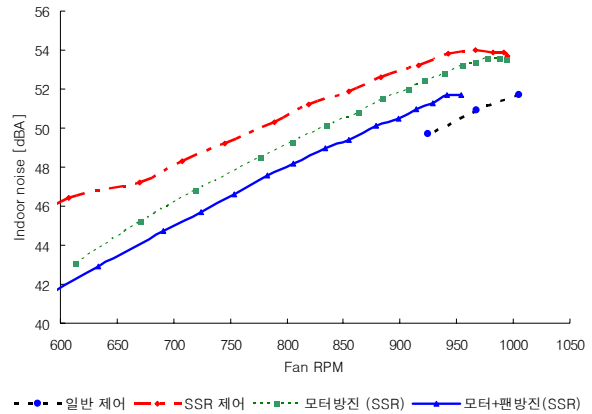


그림 4. 개선 전/후 rpm 별 소음 레벨

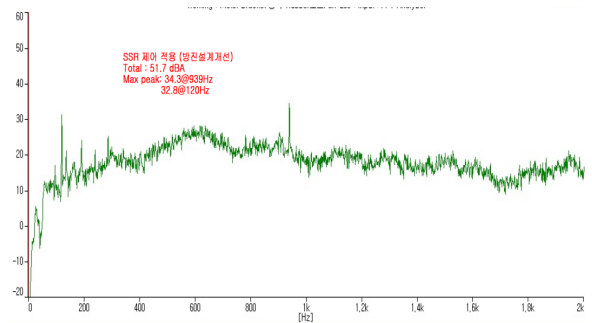


그림 5. 방진 설계된 모터의 소음 스펙트럼(954rpm)

4. 결론

본 논문에서 속도 가변 제어용 SSR 모터의 방진 성능을 향상시켜 소음을 효과적으로 줄일 수 있음을 실험적으로 규명하였다. SSR 제어 모터는 스위칭에 의한 전압/전류 파형의 왜곡에 의하여 전원주파수의 짝수배 조화성분 피크 소음이 높게 발생한다. 이러한 피크소음의 증폭을 억제하기 위해서는 입력 전류 파형을 개선할 필요가 있으며, 또한 모터-팬 계의 방진 특성을 향상시켜야 한다. 본 연구에서 모터계의 방진설계 개선을 통하여 약 2dB의 소음레벨 저감 효과와 15dB의 피크 소음을 저감할 수 있었다.