

## 비자성 유도가열시스템을 위한 IGBT를 이용한 고속스위칭 구동에 관한 연구

김정태<sup>0</sup>, 권경안, 정윤철, 박병욱  
LG전자 리빙시스템연구소

### The Study on High-Frequency Switching Drive Method Using IGBT For Non-Magnetic Induction Heating System

Kim Jeong-Tae, Kwon Kyung-Ahn, Jung Yun-Cheol, Park Byoung-Wook  
Living System Research Laboratory, LG Electronics Inc.

#### Abstract

*A new high frequency switching drive method using IGBT is proposed for non-magnetic induction heating system. Using this method, the switching and conduction losses of the switching devices can be reduced. In addition, since IGBT cost is lower than MOS-FET one, the system cost can be remarkably pared down. The proto-type induction heating system with 1.2kW power consumption is built and tested to verify the operation of the proposed high frequency switching drive method.*

#### 1. 서론

유도가열(Induction Heating)은 Faraday의 전자유도 현상을 이용하여 고주파 교류자계를 가열 대상 부하가 되는 용기에 인가하여 와전류에 의한 주울(Joule)열로 부하 자신을 직접 내부 발열시키는 고주파 유도가열을 응용한 것으로 가정용으로는 최근 유행하고 있는 IH밥솥에 주로 이용되며, 산업용으로는 수조, 열처리, 용접, 표면처리 등에 많이 응용되고 있다. 일반적인 유도가열 조리기는 고효율, 고효율, 안전, 쾌적성 등의 장점을 가진데도 불구하고, 일반가정에서 가장 많이 이용되는 비자성(알루미늄) 용기를 가열 할 수 없기 때문에, 유도가열 시스템의 적용범위

를 확대시키고자 비자성 부하를 유도가열 할 수 있는 방안에 대하여 일본 및 한국의 가전업계에서 많은 연구가 진행되고 있다.[1,3] 비 자성체는 자성체와 비교 시 저항률과 비투자율이 월등히 작기 때문에 자성체의 경우와 유사한 출력을 얻기 위해서는 가열코일의 턴 수를 크게 하거나, 스위칭 구동주파수를 크게 하지 않으면 안된다. 스위칭 주파수와 가열코일의 턴수 증가는 인버터 손실과 가열코일의 손실을 증가시켜 시스템 효율을 저하시키는 주된 요인이 된다. 비자성 용기의 유도가열에 적용되는 Half-Bridge 공진형 인버터의 스위칭 손실을 줄이기 위해 일반적으로 영전압 스위칭 방식(Zero-Voltage Switching)을 사용하며[2], 고전압/고전류의 정격을 갖는 고가(高價)의 MOS-FET를 사용하여 높은 주파수에서 스위칭 시켜야 가능하기 때문에 스위칭 소자의 가격상승으로 인한 제품의 가격 상승을 초래 할뿐 아니라, 스위칭 주파수를 높임에 따라 손실이 커지는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 비자성 유도가열 시스템에서 요구되는 50 KHz 이상의 스위칭 소자로 사용되는 MOS-FET 대신에 일반적으로 사용되고 있는 IGBT 소자를 이용하여 고주파 스위칭을 실현시킬 수 있는 구동 방법을 제시하고 그 가능성을 실험을 통하여 검증 하고자 한다.

#### 2. 유도가열기의 구성

그림1에 일반적인 유도가열의 기본구성도를 나타내고 있으며, 피 가열체로서 자성일 때와 비 자성일

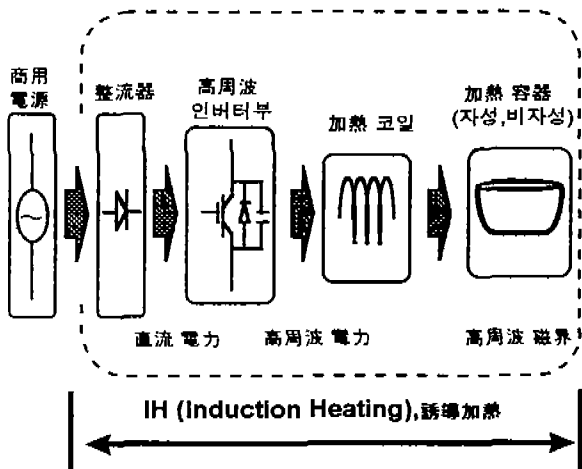


그림 1 일반적인 유도가열 조리기의 구성도

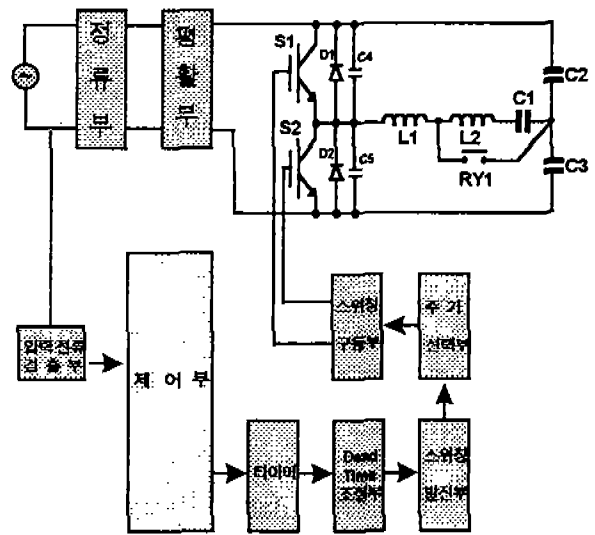


그림 2 제안된 유도가열 시스템의 구성도

때의 물리적 성질을 표1에 나타내었다. 알루미늄 같이 비자성 용기를 가열하기 위해서는 표1에 나타나

재 질	저항율 ( $\Omega/m$ )	비 투자율
자 성	$9.8 \times 10^{-8}$	100
비 자 성	$2.5 \times 10^{-8}$	1

표1. 자성 및 비자성 용기의 물리적 성질

있듯이 용기자체의 재질에 의한 낮은 저항률과 비투자율로 인하여 자성용기를 가열할 때와 같은 출력을 얻기 위해서는 높은 주파수에서 스위칭을 행하거나, 가열 코일의 턴수를 크게 하지 않으면 안된다.

### 3. IGBT를 적용한 자성 및 비자성 유도가열 시스템의 구성

그림 2는 이와 같은 비자성 용기 및 자성용기를 IGBT를 사용하여 가열할 수 있는 System 구성을 제안하고 있다. 외부 발전기를 이용하여 스위칭 소자의 동시 ON/OFF를 방지하기 위하여 Dead Time 조절부를 갖추어 스위칭 발전부에 파형을 입력시킨 후, 스위칭 발전부의 출력 펄스를 그대로 또는 2배주기로 만들어 주는 주기 선택부를 포함하여 IGBT 소자를 제어 하는 스위칭 구동부를 갖추고 있다.

AC입력 전원을 정류하는 정류부와 역올개선을 목적으로 하는 필터부, 직렬로 연결된 2개의 IGBT 스위칭 소자(S1,S2) 및 공진탱크부로 구성되며, 상기 공진 탱크부는 가열코일(L1,L2)과 3개의 공진콘덴서(C1,C2,C3) 및 공진주파수 선택 Mode Relay로 구성되며, Relay모드에 따라 인덕턴스, 캐패시턴스, 주파수가 다음을 알 수 있다. 하프 브릿지 에서 비자성일 때의 동작을 살펴보면 먼저 S2는 오프되고 S1이 온되면 공진탱크(L과C1,C2,C3)에는 입력전압(Vd)이 인가되어 공진을 시작하여 가열코일의 전류가 상승한다. 공진 반 주기가 지나기 전에 S1을 오프시키면 보조공진 캐패시터(C4,C5)가 공진탱크와 보조공진을 해서 C5의 전압은 Vd에서 Zero 까지 떨어지고, 그 사이 C4의 전압은 Zero 에서 Vd 까지 상승한다. 이후 S2의 역병렬 다이오드가 도통되어 공진탱크에는 Zero 전압이 가해진다. 그러면 공진캐패시터에 충전된 전압에 의해서 계속 공진이 일어나고 이때 S2를 영전압의 조건에서 온시킨다. 계속된 공진에 의해서 공진전류가Zero로 떨어지고 이번에는 반대 방향으로 공진에 의해서 공진전류가 증가한다. 공진 반 주기가 지나기 전에 S2를 오프시키면, 보조공진 캐패시터(C4,C5)가 공진탱크와 보조공진을 해서 C4의 전압은 Vd에서 Zero 까지 떨어지고, 그 사이 C5의 전압은 Zero 에서 Vd 까지 상승한다. 이후 S1의 역병렬다이오드가 도통되어 공진 탱크에는 Zero 전압이 가해진다. 그러면 계속 공진이 일어나고, 이때 S1을 영전압의 조건에서 온시킨다. 계속된 공진에 의해서 공진전류가 Zero로 떨어

지만 한 주기의 동작이 끝나고 같은 동작이 반복된다. 자성 부하시 동작도 동일하나 단지 차이점은 공진탱크가 L1과 C2, C3으로 이루어지는 점이다.

#### 4. 실험결과

본 논문에서는 220[V], 1.2kW급의 자성 및 비자성 겸용 유도 가열 조리기를 제작하였다. 여기에 사용된 인덕턴스는 무 부하시 520[ $\mu$ H]이고, 표준부하(비자성 용기)에서는 동작 주파수에 따라 변하기는 하지만 75 KHz 에서는 157[ $\mu$ H]이다. 공진 커패시터Ca의 합성 용량은 0.045[ $\mu$ F], 보조공진 커패시터는 15[nF]이다. 그림3 과 4는 소비전력이 1.2kW 이고 비자성 용기와 자성용기 일 때 가열코일에 흐르는 전류 와 스위칭소자의 구동파형 이다. 표2는 MOS-FET를 사용한 경우와 본 제안의 IGBT를 사용한 경우와 비교 실험시 얻어진 가열효율 을 나타내었다. 표2에 나타난 바와 같이 효율은 약1% 더

구 분		MOS-FET (4개)	IGBT (2개)
가열	자성 용기 (철계, SIS430)	89 %	89 %
효율	비자성 용기 (알루미늄)	69 %	70 %

표2. 본제안에 의한 가열효율 실험결과

상승 되었으며, 스위칭 소자의 가격은 상대적으로 MOS-FET를 사용하였을 경우에 비해 IGBT를 사용함으로써 재료비 부담을 크게 줄일 수 있다.

#### 5. 결 론

220[V], 1.2kW급의 자성 및 비자성 겸용 유도 가열 조리기를 제작하여 실험을 통하여 동작을 확인하고, 타당성을 검증함으로써 기존의 유도 가열 조리기의 단점인 사용 용기의 제한성을 극복 할 수 있고, 비자성 용기 가열을 위한 고주파 스위칭을 IGBT를 사용하여 구현시킴으로서 시스템의 열가화를 실현 시킬 수 있음은 물론 스위칭 손실을 최소화하기 위한 IGBT 2주기 공진 방식을 구현하여 고효율화를 실현 시킬 수 있으므로 IHC(Induction Heating Cooker)의 시장확대를 유도 할 수 있는 System구현이 가능하다.

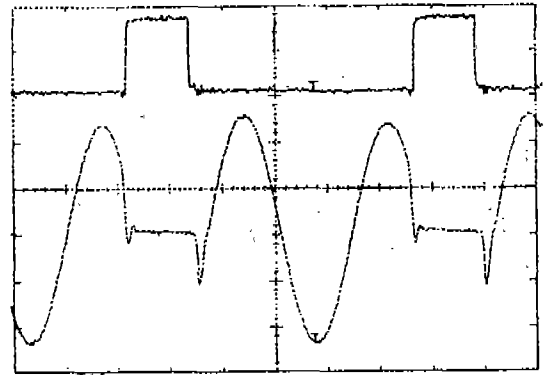


그림 3 비자성 용기 가열시 실험파형 (위:S2의 구동파형, 아래:가열코일 전류)

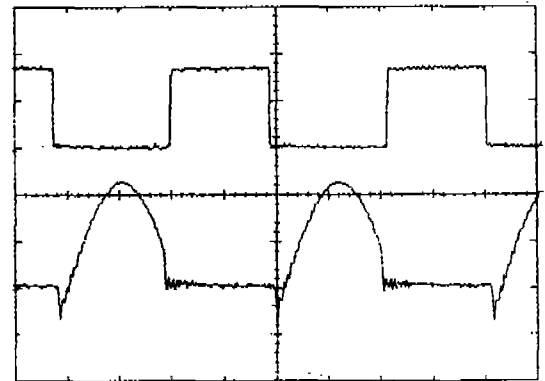


그림 4 자성용기 가열시 실험파형 (위:S2의 구동파형, 아래:가열코일 전류)

#### 참 고 문 헌

- [1] 권경안, 정윤철, 김정태, 양우중, "비자성 금속 용기 가열 조리기," 대한 전자공학회 하계 학술대회, pp. 864-867, 1995.
- [2] H. W. Koertzen, J.D.Wyk, J.A.Ferreirs, "Design of the Half-Bridge Series Resonant Converter for Induction Cooking," IEEE-PESC Conf.Rec., pp. 729-735, 1995.
- [3] 정진우, 이병국, 서범석, 현동석, 정윤철, 박병욱, 김정태, "비 자성 부하 유도 가열용 하프 브릿지 인버터의 효율 향상에 관한 연구 " 대한 전기 학회 하계 학술대회, pp. 303-305, 1996.