

단위역률을 위한 전류형 유도가열 시스템

임상길, 김승룡, 김광현, 박성준
전남대학교

Current Source Type Induction Heating System for Unity Power Factor

S.K. Lim., S.R. Kim., K.H. Kim., S.J. Park.
Chonnam National University

ABSTRACT

최근 IGBT를 비롯한 IGCT, SCR, MOSFET 등 전력용 반도체의 눈부신 발전으로 인해 전력용 반도체 소자를 이용한 고주파 영역의 스위칭을 요구하는 시스템의 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 따라서 본 논문에서는 단위역률을 이룰 수 있는 전류형 인버터를 이용한 유도가열 시스템에 대해 연구하였으며 제안된 방식의 타당성을 위해 시뮬레이션 및 실험을 행하였다.

1. 서론

유도가열 시스템은 전력용 반도체 소자의 발전으로 고주파를 이용한 공진 시스템의 일부로서 활발하게 연구되고 있는 추세이다. 유도가열 시스템은 기본적으로 패러데이의 전자기 유도현상을 이용해 생기는 주울열을 직접적으로 사용하여 대상을 가열 시키는 방식이다. 금속을 가열 시키는 방법으로는 여러 가지 방식이 존재하지만 유도가열 시스템은 기존 가열시스템에 비해 청결성, 안정성, 고신뢰성, 경량성, 급속가열, 고효율성뿐만 아니라 구동 단가에 있어서 다른 가열 방식에 비해 경제적인 측면에서 우위를 확보하고 있다.

본 논문에서는 상용전원에서 이용 가능한 단위역률을 달성할 수 있는 유도가열 시스템에 대하여 연구하였고, 기존 전류형 인버터의 장점을 유지하고 병렬 공진 방식을 채택하여 소자의 파괴를 방지하고 단락회로의 보호를 강인하게 하였다. 또한 입력측의 출력을 제어함으로써 단위역률을 이루며 공진을 이룰 수 있는 스위칭 방식의 최적화로 유도가열 시스템 제어를 효과적으로 할 수 있었다.

2. 고주파 유도가열 시스템

2.1 유도가열 시스템의 기본구성

제안된 전류형 인버터를 이용한 유도가열 시스템의 기본구성은 입력에 대한 정류부와 출력을 가변하기 위한 전류형 Buck 컨버터부, 풀-브릿지 인버터부, 인버터 부의 스위칭 소자를 제어하기 위한 디지털 제어부로 구성되어 있다. 제안한 유도가열 시스템에서 입력측 전압을 제어하는 방식으로 사용된 스위칭 소자와 다이오드, 인덕터로 구성된 입력측은 기존에 사용되는 Buck 컨버터 부분에서 커패시터를 제외하여 커패시터에 의해 변화되는 역률을 개선할 수 있는 구조이다.

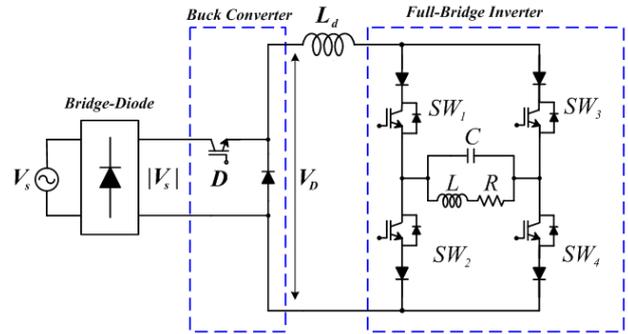


그림 1 제안한 유도가열 시스템

Fig. 1 Proposed Induction Heating System

본 논문에서는 단위역률을 이루는 입력 파형을 유지한 채 공진을 이룰 수 있는 형태를 제안 하였으며, 인버터측에서 공진을 유지한 채 ZVS 스위칭을 함으로써 스위치의 과도 손실을 최소화 하여 효율적인 측면 또한 개선하였다.

2.3 시뮬레이션 및 결과

표 1은 본 논문에 사용된 회로 정수이며 이 회로 정수는 고주파 입력전류 및 전압의 단위역률과 영전압 스위칭, 병렬 공진에서의 주파수를 고려하였다. 일정한 값의 수동소자의 값을 알게 되면 공진 각주파수를 구할 수 있게 된다.

표 1 유도가열 시스템의 회로정수

Table 1 Circuit parameter of Induction Heating System

| | |
|----------------------|-----------------|
| 입력전압 (V_s) | AC 220[V] |
| 스위칭 주파수 (f_{sw}) | 61.4[kHz] |
| 입력측 인덕터 (L_d) | 3[mH] |
| 부하단 인덕터 (L) | 4.07[μ H] |
| 부하단 커패시터 (C) | 1.65[μ F] |

부하단 인덕터 값 L 은 가열 코일 부분의 인덕턴스 성분을 의미 한다. 단위역률을 이룰 수 있는 스위칭 동작을 위해 입력측의 전압 및 전류를 센싱하여 공진상태에서도 ZVS 동작이 가능한 스위칭 신호를 DLL을 통해 생성하였다.

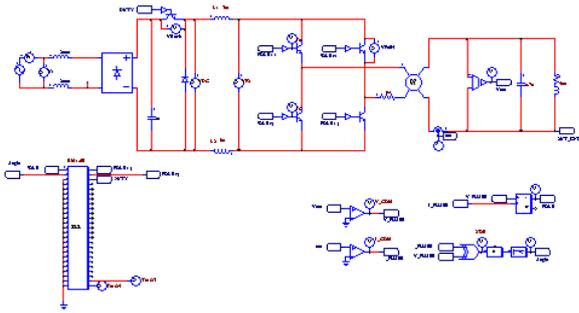


그림 2 시뮬레이션 회로도
Fig. 2 Simulation circuit

시뮬레이션의 구성은 입력측 전압을 제어할 수 있는 부분과 입력측의 전압 및 전류를 센싱하기 위한 센싱 부, 풀-브리지 인버터, 부하측은 병렬 공진 타입으로 구성하였다.

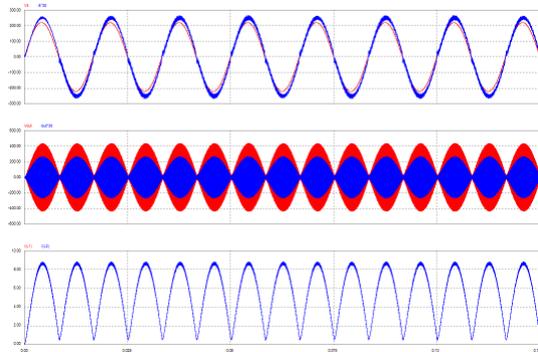


그림 3 입력측 시뮬레이션 결과 파형
Fig. 3 Simulation output waveform

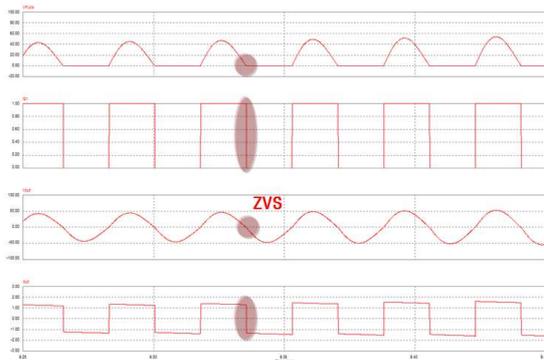
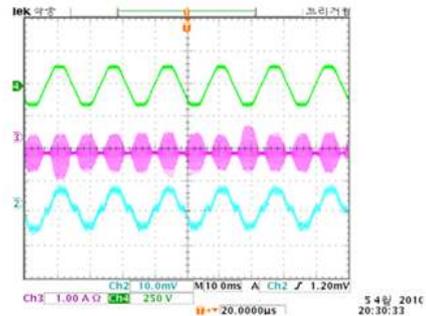


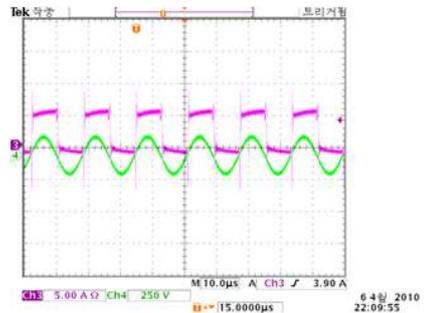
그림 4 스위칭 시뮬레이션 결과 파형
Fig. 4 Simulation of Switching waveform

그림 3에서 알 수 있듯이 입력측의 파형이 단위역률을 이룸을 알 수 있었으며, 출력 전압과 전류 또한 공진을 유지한 채 단위역률을 이룸을 알 수 있었다. 그림 4는 그림 3에서 보여지는 상태를 유지한 채 인버터부의 스위칭이 ZVS를 실현하고 있음을 확인하였다. 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하고 실험을 행하였다. 제어기는 ATmega128을 사용하여 구현하였으며, 실험에 이용된 회로 정수는 표 1에 언급된 회로 정수들을 사용하였다. 또한 가열 코일에 생기는 표피 효과를 방지하기 위해

방열 구조를 설계 하였으며, 입력측의 전압 제어를 위해 외부 사용자 입력에 따라 변화 시킬 수 있는 부분을 구성하여 전압을 제어하였고 출력 상태의 확인을 위한 LCD Display부를 구성하였다.



(a) 입력 파형



(b) 스위칭 동작 파형

그림 5 결과 파형

Fig. 5 Output Waveform

그림 5에서 보이는 것과 같이 입력측의 전압 및 전류가 단위역률을 이룸을 확인하였고, 공진 상태를 유지하며 인버터측 스위칭이 ZVS를 이루고 있음을 확인하였다.

3. 결론

본 논문에서 제안한 고주파 유도가열 시스템은 효과적인 스위칭 방식의 제어로 인해 ZVS 동작을 유지 한 채로 보다 넓은 범위의 주파수 제어가 가능하게 되었으며, 전압 및 전류의 단위 역률을 이룸으로 고역률화를 실현 하였다. 또한 출력을 연속적으로 가변함으로써 다양한 가열물체의 용해를 다양하게 이룰 수 있었으며 회로의 구성을 단순화 하여 경제적인 측면의 비용절감을 이루었다.

참고 문헌

[1] Muhammad H. Rashid, Power Electronics Circuit, Devices, and Application : Third Edition, Pearson Prentice Hall And Kyobo Book Centre Co. LTD pp. 415-469, 2005.
[2] Yu. Blinov, B. achanov, A. Shagin, and V. Ishin, Numerical Modeling of Resonant Inverter Stability in Electronic Processing of Different Materials, International Scientific Colloquium, pp 39-44, 2003