

조리기에 적용되는 인버터 회로 및 제어방법

정 용 채

(남서울대학교 전자정보통신공학부 교수)

1. 서론

최근에는 전자레인지, IH(Induction Heating)압력밥솥, IH조리기 등 주방에서 사용되는 조리기에 인버터 기술이 적용되면서 본격적으로 많은 전력전자 기술들이 연구되었다. 특히, 유도가열기술은 1960년대 말부터 조리기에 적용하기 위해서 연구가 되었고, 지금은 많은 상품들이 개발되어 시판되고 있다.

이러한 제품에 적용된 대표적인 회로방식으로는 E급 의사공진형 인버터^[1-2], 직렬 공진형 하프 브리지 인버터^[3-4] 그리고 능동 클램프 공진형 인버터^[5-9]가 있다. 그 외에도 적용분야에 따라서 다양한 형태의 회로들이 개발되어 적용되고 있다. 게다가, 제품의 성능을 향상시키기 위해서 회로뿐만 아니라 다양한 제어방식들이 개발되어 적용되고 있다^[8-10].

따라서, 본 고에서는 각종 조리기에 적용되는 인버터 회로에 대한 동향과 간단한 동작설명 그리고 특징을 논한다. 또한, 성능향상을 위한 제어방식 중 최근에 활발한 연구가 이뤄지고 있는 동작주파수 가변제어에 대해서 설명할 것이다.

2. 조리기에 적용되는 인버터 회로

앞에서도 간단히 언급했듯이 조리기에 적용되는 인버터 회로는 대표적으로 세 가지가 있다. 그 중 가장 많이 적용되는 회로 방식이 하나의 스위치를 가지는 E급 의사공진형 인버터이다. 입력전력을 기준으로 보면 보통 1.5(kW) 이하의 기기에 적용된다. 이 보다 출력이 커지면 직렬 공진형 하프 브리지 인버터가 주로 사용된다. 능동 클램프 공진형 인버터는 E급 의사공진형 인버터의 문제점인 높은 스위치 전압을 개선한 회로 방식으로 유도가열조리기 뿐만 아니라 인버터 전자레인지에도 적용되고 있다.

그러면 지금부터는 각 회로 및 간단한 동작설명을 하고 각

회로의 장단점을 비교 검토할 것이다.

2.1 E급 의사공진형 인버터

그림 1은 IH압력밥솥이나 저출력 IH조리기에 적용되는 E급 의사공진형 인버터의 회로이고, 그림 2는 인버터 전자레인지에 적용되는 E급 의사공진형 인버터를 보여주고 있다. 그리고 그림 3은 이러한 인버터의 대표적인 동작파형을 보여주고 있다. 두 회로 모두 입력 브리지 다이오드 다음 단계 소형 LC필터를 거치는데 이 필터의 출력전압 v_{in} 은 전원 주파수의 두 배인 맥류파형이 된다. 유도가열 제품의 공진 인덕터 L_r 은 나선형으로 감긴 코일이고 인버터 전자레인지의 공진 인덕터는 트랜스포머의 일차측 인덕턴스이다. 스위치에 흐르는 전류는 작지만 전압이 크게 걸리는 단점이 있다.

2.2 능동 클램프 공진형 인버터

그림 4는 일본 松下(Matsushida)의 유도가열제품이나 인버터 전자레인지에 적용되고 있는 능동 클램프 공진형 인버터이고 그림 5는 일부 동작파형을 보이고 있다. 이 회로는 E급 의사공진형 인버터에 많이 알려진 능동 클램프 방식을 적용하여 스위치 양단의 전압을 줄인 방식이다. 부하의 종류가 IH이든 또는 전자레인지(MWO)이든 일차측은 동일하다. 하

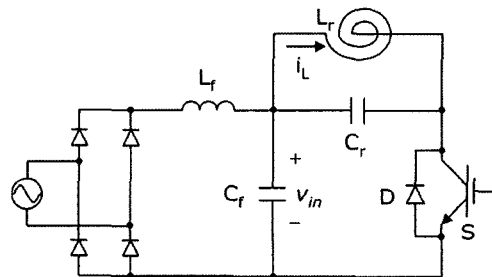


그림 1. 유도가열용 E급 의사공진형 인버터

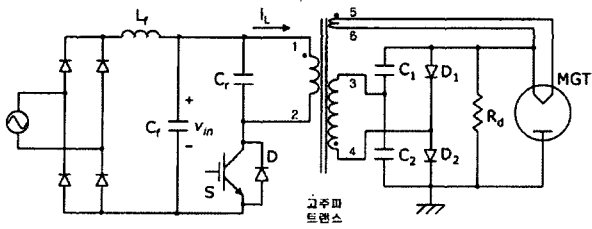


그림 2. 인버터 전자레인지용 E급 의사공진형 인버터

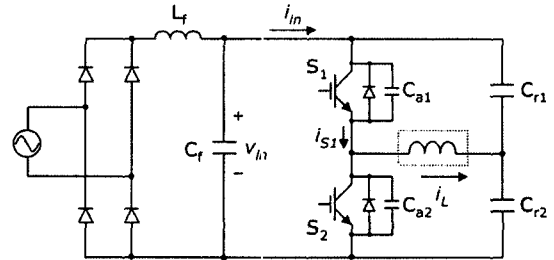


그림 6. 직렬 공진형 하프 브리지 인버터

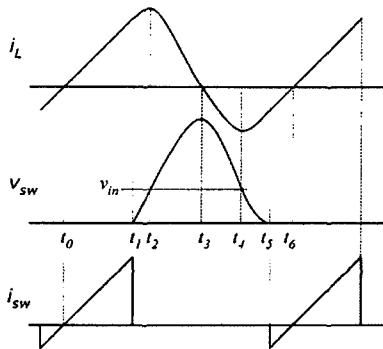


그림 3. E급 의사공진형 인버터의 동작파형

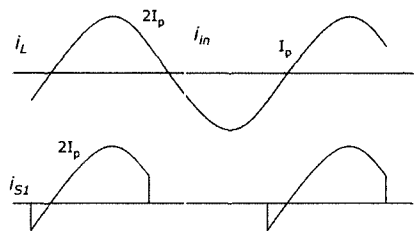


그림 7. 직렬 공진형 하프 브리지 인버터의 동작파형

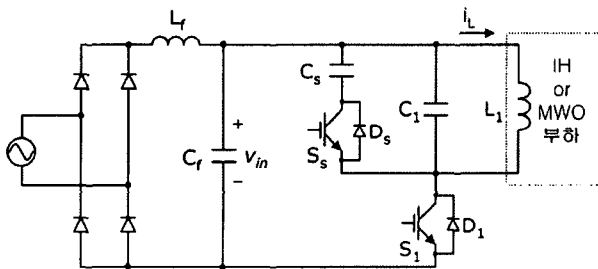


그림 4. 능동 클램프 공진형 인버터

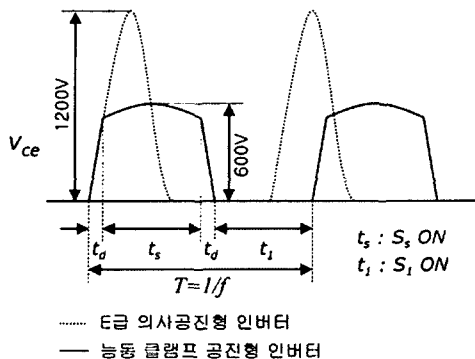


그림 5. 두 인버터 회로의 동작상태 비교

지만 이 회로는 또 하나의 스위치를 사용한다는 점이 가격적으로 단점이 될 수 있다.

표 1. 각 인버터 회로의 비교표

회로방식	특장점	단점	적용제품
E급 의사 공진형 인버터	· 회로 구조 간단 · 낮은 스위치 손실 · Low Cost	· 고내압 소자 사용 · 전력 증대 곤란	· IH압력법솔 · 1버너 IHC · 인버터 MWO
능동 클램프 공진형 인버터	· 저내압 소자 사용 · 전력 증대 가능	· 회로구조 복잡 · 스위치 손실 증가	· IH압력법솔 · 1버너 IHC · 인버터 MWO
직렬 공진형 하프 브리지 인버터	· 최저내압 소자 사용 · 전력 증대 용이 · 제어가 쉽다	· 스위치 손실 증가	· 2/4버너IHC · 대출력 IHC · 대출력IH압력법솔 · 인버터 MWO

2.3 직렬 공진형 하프 브리지 인버터

그림 6과 7은 대전력에 적합한 직렬 공진형 하프 브리지 인버터 회로와 동작파형이다. 최근에는 하프 브리지 구동 IC들이 많이 개발되어서 전체 회로를 구성하기도 간단하고 출력 전력도 키울 수 있어서 주로 대용량 IH조리기와 인버터 전자레인지에 많이 적용되고 있다. 두 개의 스위치를 사용하지만 각 스위치에 걸리는 전압 stress가 적고 제어가 간단하다는 장점이 있다. 단점은 스위치에 흐르는 전류가 다소 크다는 것이다.

표 1은 위에서 설명한 각 회로를 비교분석한 것으로 회로 선택 시 중요한 기초 자료로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 주파수 변조기법

앞에서 설명한 인버터 회로들은 스위치 전류정격의 한계 때문에 각 회로에서 낼 수 있는 출력의 크기가 정해졌다. 그래

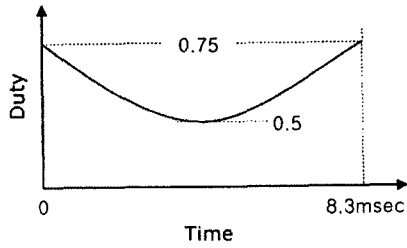


그림 8. 주파수 변조를 위한 duty 가변 예

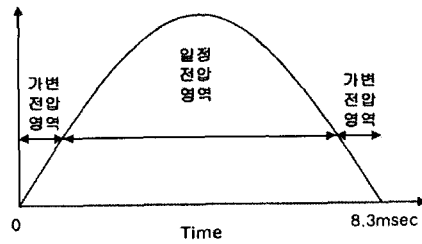


그림 12. 일정전압 제어 주파수 변조기법

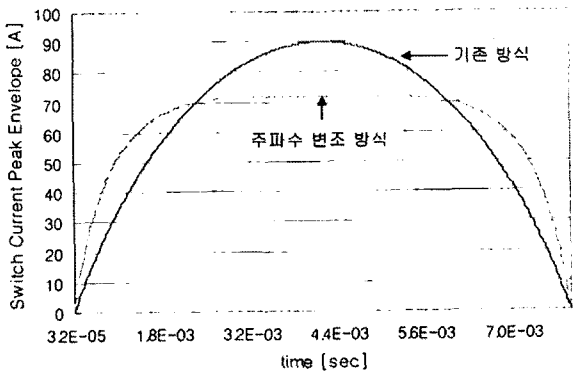


그림 9. 스위치 전류의 피크치 궤적

서 출력을 높이기 위해서 연구된 방식이 주파수 변조기법이다. E급 의사공진형 인버터에 대해서 그림 8과 같이 입력전원의 반주기 동안 통류율(duty)을 가변시켜 주면 그림 9와 같이 최대전류를 90[A]에서 72[A]로 줄일 수 있다. 이러한 개념을 국내의 업체들이 이미 유도가열조리기와 인버터 전자레인지에 적용하고 있으며 지금도 많은 연구가 이뤄지고 있다^[8-10]. 그림 10은 기존의 고정주파수 제어방식이고, 그림 11은 주파수 변조기법을 전자레인지에 적용한 것으로 미발진 영역이 4.5[msec]에서 1.2[msec]로 대폭 줄여 전력밀도를 최대화시키고 있다.

두 번째 주파수 변조기법은 그림 12의 일정전압 영역에서 스위치의 전압을 검출하여 일정한 크기가 되게 피드백 제어를 하는 것이다. 이런 방법은 스위치 전압에 대한 제어는 잘 되나 입력전류에 대한 역률이 떨어지는 단점이 있다.

4. 맺음말

본 고에서는 조리기에 적용되는 인버터 회로에 대해서 간단한 동작설명을 하고 특징 및 장단점을 비교 하였으며, 이러한 회로에 적용되는 두 가지 주파수 변조기법에 대해서 언급했다. 적용되는 대표적인 인버터 회로는 E급 의사공진형 인버터, 능동 클램프 공진형 인버터 그리고 직렬 공진형 하프 브리지 인버터가 있다. 제시된 두 주파수 변조기법은 각 인버터 회로에 적용될 수 있으며 또한 유도가열제품과 인버터 전자레인지에 모두 적용될 수 있다. 이러한 제어기법을 통해서 제품의 재료비를 절감하고, 스위치의 전압 및 전류 stress를 감소시킬 수 있었다.

앞으로도 각 제품에 적용될 수 있는 다양한 인버터 회로와 제어방법에 대한 활발한 연구가 이루어지리라 예측된다.

참고문헌

- [1] H.W.E. Koertzen, J.A. Ferreira and J.D. van Wyk, "A Comparative Study of Single Switch Induction Heating Converters using Novel

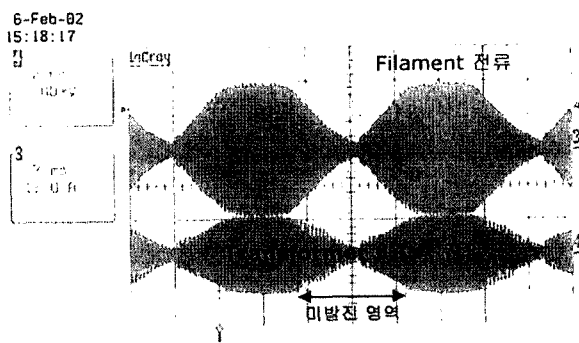


그림 10. 기존 방식의 인버터 MWO 동작파형

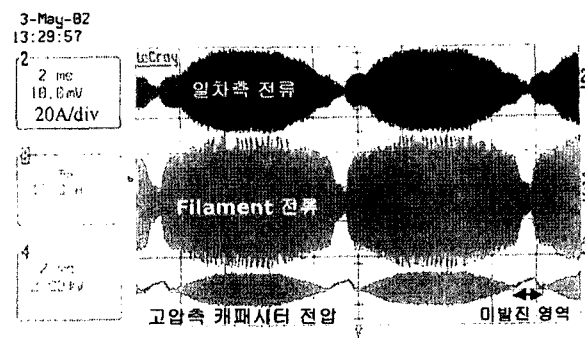


그림 11. 주파수 변조기법을 적용한 인버터 MWO 동작파형

- Component Effectivity Concepts", IEEE Industry Applications Society Conf. Rec., pp. 298-305, 1992.
- [2] S. Llorente, F. Monterde, J.M. Burdio, and J. Acero, "A Comparative Study of Resonant Inverter Topologies Used in Induction Cookers", IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, Vol. 2, pp. 1168-1174, 2002.
- [3] H.W.E. Koertzen, J.D. van Wyk, and J.A. Ferreira, "Design of the Half-Bridge, Series Resonant Converter for Induction Cooking", IEEE Power Electronics Specialists Conf. pp. 729-735, 1995.
- [4] Yong-Chae, Jung, "Dual Half Bridge Series Resonant Inverter for Induction Heating Appliance with Two Loads", IEE Electronics Letters, Vol. 35, No. 16, pp. 1345-1346, 1999.
- [5] E. Miyata, S. Hishikawa, K. Matsumoto, M. Nakaoka, D. Bessyo, K. Yasui, I. Hirota, and H. Omori, "Quasi-Resonant ZVS-PWM Inverter-fed DC-DC Converter for Microwave Oven and Its Input Harmonic Current Evaluations", IEEE IECON Records, Vol. 2, pp. 773-778, 1999.
- [6] Makoto Mihara, Masahiro Nitta, and Daisuke Besyon, "Energy-Saving "Full-Door Range" Operated by ACPR Inverter", Matsushita Technical Journal, Vol. 45, No. 3, pp. 252-258, Jun. 1999.
- [7] H. Terai, T. Miyauchi, I. Hirota, H. Omori, Mamun Abdullah Al, and M. Nakaoka, "A Novel Time Ratio Controlled High Frequency Soft Switching Inverter using 4th Generation IGBTs", IEEE Power Electronics Specialists Conference (PESC), Vol. 4, pp. 1868-1873, 2001.
- [8] T. Matsushige, S. Chandhaket, S. Moisseev, H. Terai, D. Bessyo, K. Yasui, and H. Omori, "Cost Effective PWM Soft Switching High Voltage Converter with Utility AC Side Harmonic Current Reduction Strategy for Microwave Oven", Proceedings of the 2000 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), pp. 118-123, 2000.
- [9] Dong-Yun Lee, Dorg-Seok Hyun, and Ick Choy, "A New Hybrid Control Scheme Using Active-Clamped Class-E Inverter with Induction Heating Jar for High Power Applications", IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, Vol. 2, pp. 1148-1153, 2002.
- [10] 이종학, 조영원, 이성호, 김태수, "전자렌지 및 그 제어 방법", 대한민국특허, 출원번호 10-2000-0043478, 공개번호 특2002-0010195, 공개일자 2002년 2월 4일.

〈 저 자 소 개 〉



정용채(鄭龍采)

1966년 2월 28일생. 1989년 한양대학교 공대 전자공학과 졸업(학사). 1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1995년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(박사). 1995년~1999년 LG전자 홈어플라이언스 연구소 선임연구원. 1999년~현재 남서울대학교 전자정보통신공학부 조교수.

임연구원. 1999년~현재 남서울대학교 전자정보통신공학부 조교수.