

# 듀얼 인버터에 의한 동시 이중주파수 구동 설계

신우석 고재석 박희창\* 함상용\* 박철훈\*  
두원공과대학 한국기계연구원\*

## Design of Simultaneous Dual Frequency Output by Dual Inverter

W. S. Shin, J. S. Gho, H. C. Park\*, S. Y. Ham\*, C. H. Park\*  
Doowon Tech. College University, Korea Institute of Machinery & Materials\*

### ABSTRACT

본 논문은 산과 골이 있는 복잡한 형상의 기어를 일정한 깊이로 열처리하기 위해 인버터에 의해 동시에 이중 주파수(SDF)를 발생하는 기법에 관한 연구이다. 본 연구에서는 2개의 인버터(Dual Inverter)에 의한 방식을 적용하였으며 각각 출력과 주파수가 다른 두개의 주파수를 발생시켜 합성시키는 방식으로 시뮬레이션과 실험을 통해 공진 주파수에서 주파수가 합성되는 것을 확인하였다.

### 1. 서론

스위칭 기술의 발달과 함께 유도가열에도 공진형 컨버터 기술이 활용되고 있으며 복잡한 형상의 기어, 스포켓 등에 제품의 품질 개선과 열처리 공정의 간소화를 위해 동시 이중주파수 구동 인버터에 대한 기술이 연구되고 있다. 기존의 방식은 시간적 간격을 가지고 MF(Medium frequency)와 HF(High frequency)를 각각 출력하는 시분할 방식 공진형 컨버터에 의해 열처리를 수행하여 기어의 산과 골을 일정한 깊이로 경화시켜 왔다. 이 경우 컨버터 출력단에 결합되어 있는 매칭회로를 MF와 HF에 따라서 절체해야 하므로 Tact Time이 동시 이중 방식에 비해 약 2배 정도가 필요하고 Austenitize 사이클에 맞추기 위해서는 MF공정과 HF공정에서의 이동이 매우 빨라야하나(1초이내) 현재의 공정에서는 맞추기 어려운 단점이 있다.

이러한 문제점을 개선하기 위해 본 논문에서는 MF와 HF 출력을 각각 담당하면서 출력단 매칭 회로를 통해 동시 이중 주파수(Simultaneous dual frequency: SDF) 구동을 수행하는 인버터에 대한 설계와 시험을 수행하였고 그 타당성을 입증하고자 한다.<sup>[1]</sup>

### 2. SDF 인버터 설계

#### 2.1 SDF 인버터 설계 절차

SDF 인버터는 정류기, 인버터, 듀얼 필터 및 유도가열부로 크게 4개의 요소로 구성되어 있다. 정류부에서는 제어정류를 통해 유도가열에 의한 열처리를 위해 출력을 조절하는 역할을 하며 인버터부에서는 시료의 형상에 적절한 열처리를 위한 필요 주파수를 하프브리지 인버터로 구성하여 출력하며 이때 낮은 주파수(MF)와 높은 주파수(HF)를 각각 만들어 공급한다.

이를 통해 생성된 MF와 HF는 듀얼 필터를 통해 합성된 출력 형태로 유도가열부에 전달하는 역할을 한다. 이러한 구성 요소를 실현하기 위해 유도 가열부 부하 부분에 대한 파라미터가 필요하며 이를 통해 듀얼 필터의 LC 설계를 수행하는 데 이때 유도가열을 위한 공진점 Q와 HF와 MF의 주파수를 고려하여 필터 값을 선정한다. 또한 인버터부는 두 개의 주파수를 발생하기 위해 안전성과 편리성 및 제어성을 고려하여 듀얼 인버터 타입으로 설계를 수행하였다.

인버터의 각 요소를 설계하기 위한 설계 절차는 그림 1과 같이 화살표 순서에 따라 각 요소들을 계산하고 인버터 설계 파라미터를 결정한다. 유도가열 부하 조건을 등가저항으로 연산하고 공진점 Q와 출력 주파수에 적합한 출력 인덕턴스를 결정한다. 출력라인의 길이, 설치 조건 등을 고려하여 전류 센서와 변압기의 1, 2차 턴수를 설정하며 이를 통해 HF와 MF 필터를 설계한다.<sup>[2]</sup>

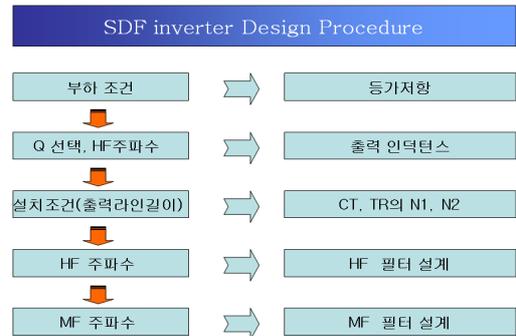


그림 1 SDF 인버터 설계 절차  
Fig. 1 SDF inverter design procedure

#### 2.2 시뮬레이션

동시 이중주파수 인버터를 이용한 유도가열의 모의시험을 위해 그림 2와 같이 회로도를 구성하였다. 시뮬레이션 조건에서 MF와 HF 공진주파수를 발생하기 위해 인덕턴스와 커패시터의 값은 표 1과 같다.

그림 3은 MF 인버터와 HF 인버터의 합성 출력전류의 시뮬레이션 결과 파형으로 2개의 주파수 성분이 부하에 인가됨을 알 수 있다. 이때 MF의 공진주파수는 9.05[kHz]이고 HF인버터의 공진주파수는 42.6[kHz]이다.

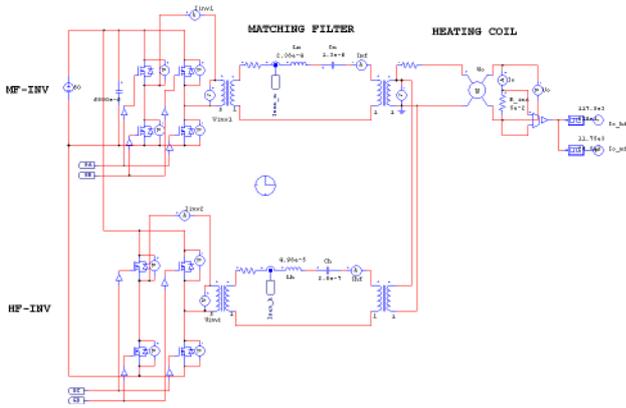


그림 2 시뮬레이션 회로도  
Fig. 2 Schematics for Simulation

표 1 시뮬레이션 조건  
Table 1 Simulation Conditions

Parameters		Values
MF	L1	238[ $\mu$ H]
	C1	1.3[ $\mu$ F]
	F1	9.05[kHz]
HF	L2	49.8[ $\mu$ H]
	C2	0.28[ $\mu$ F]
	F2	42.6[kHz]
DC Link Voltage		50[Vdc]

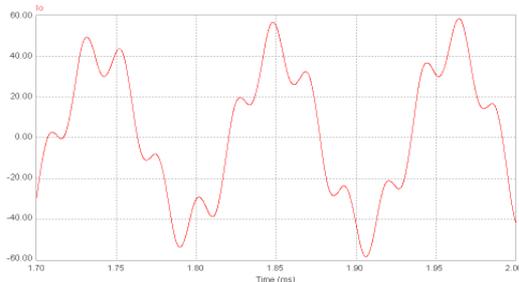


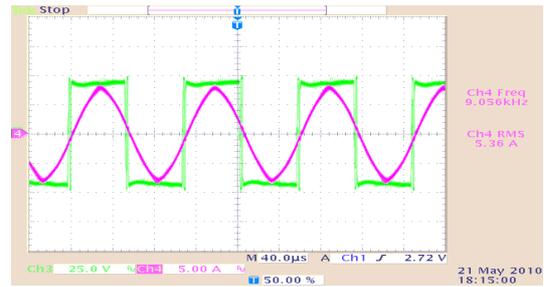
그림 3 MF, HF 합성 출력전류 시뮬레이션 결과  
Fig. 3 Simulation Results of Output Current of MF and HF

### 3. 실험 결과

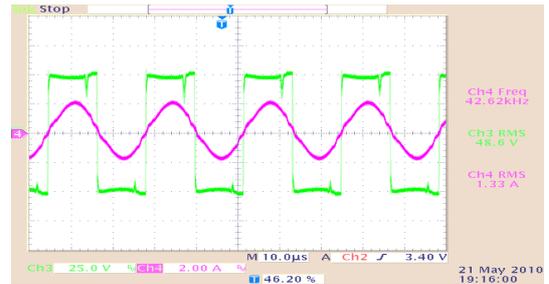
동시 이중주파수 인버터를 이용한 유도가열의 시뮬레이션 결과를 검증하기 위하여 동일한 조건으로 시험 장치를 구성하고 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

그림 4는 유도가열 부하에서 중주파수(MF)와 고주파수(HF) 공진 시험시 출력전압과 출력전류 결과이다. 이때 인버터의 DC링크 전압은 50[V]이며, MF의 인버터출력전압과 출력전류는 주파수 9.056[kHz]에서 공진 운전하였고, HF의 인버터에서는 출력전압과 출력전류가 주파수 42.62[kHz]에서 공진 운전함을 확인 하였다.

그림 5는 유도가열시 MF와 HF의 출력을 합성한 출력전류 파형의 결과로 운전주파수는 MF가 되고 출력은 합성되면서 시뮬레이션과 유사한 특성을 보이는 결과를 확인하였다.



(a)



(b)

그림 4 MF와 HF 전압, 전류 시험 결과  
Fig. 4 Experimental Results of MF and HF

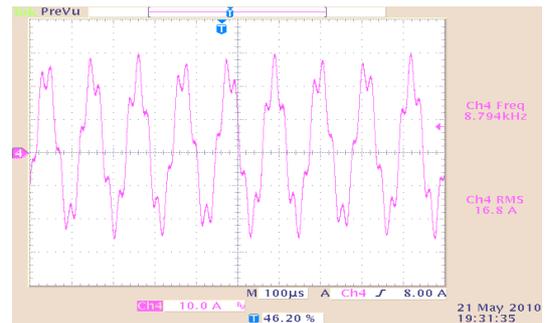


그림 5 MF와 HF 합성 출력전류  
Fig. 5 Composition Output Current of MF and HF

### 3. 결론

본 논문에서는 유도가열 열처리 공정의 효율성을 높이기 위한 방법으로 제안된 공진주파수가 다른 2개의 인버터의 출력을 합성시키는 방식(SDF)을 적용하여 시뮬레이션과 실험을 통해 그 타당성을 입증하였다.

본 연구는 2009년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.  
(No. 2008EEL02P010000)

### 참고 문헌

- [1] V. Esteve, "Induction heating inverter with simultaneous dual frequency output", Proceedings of the IEEE, pp. 1505-1509, 2006.
- [2] 신우석 외, "동시 이중주파수 구동 유도가열 인버터 설계", 전력전자학회 하계학술대회 논문집 pp. 82-84, 2009.