

**고정밀 와이어컷 방전가공기용 10kW급 직류 전원장치 개발**

정 인화, 김 종수, M.V. Pavlovets, 이 홍식, 임 근희, 이 병원<sup>1</sup>  
한국전기연구원, 대우중합기계(주)<sup>1</sup>

**Development of 10kW DC Power Supply for Wire-cut Electric Discharge Machine**

In-Wha Jeong, Jong-Soo Kim, M.V. Pavlovets, Hong-Sik Lee, Geun-Hie Rim, Byoung-won Lee<sup>1</sup>  
Korea Electrotechnology Research Institute, Daewoo Heavy Industries & Machinery Ltd.<sup>1</sup>

**Abstract** - 고정밀 와이어컷 방전가공기는 높은 정밀도를 갖는 금형제작에 사용되고 있는 공작기계로서 최근 나노단위의 가공기술이 요구되는 산업추세에 발맞추어 고속, 고정밀 가공특성을 갖추도록 전반적인 성능개선이 이루어지고 있다. 본 논문에서는 기존 Thyristor를 이용한 위상제어 방식보다 우수한 특성을 갖는 스위칭모드 방식의 10kW급 직류 전원장치의 개발에 대해 기술하고 있다.

**1. 서 론**

와이어컷 방전가공기는 가공소재와 와이어 사이의 미세 간극에서 발생하는 방전현상을 이용하여 각종 금형과 반도체 프레임 등을 가공하는 공작기계로서 초정밀 가공기술을 필요로 하는 IT산업 기술발전에 따라 더욱 주목받고 있다. 현재 나노가공이 가능한 미세가공용 방전가공기는 SODICK, FANUC 등과 같은 해외 업체들로부터 전량 수입되고 있으며 국내 업체들의 기술개발 속도로는 이들 거대업체들을 따라 잡기에는 아직까지 역부족인 실정이다. 현재 고정밀 와이어컷 방전가공기의 기술개발은 고정밀, 고효율 전원장치 개발과 자동결선 기능구현, 리니어 모터와 같은 고성능 기구부 설계, 그리고 사용자들을 위한 최적의 입출력 환경구축 방향으로 진행되고 있다. 그림 1은 대우중합기계(주)에서 생산중인 고성능, 중형 와이어컷 방전가공기의 모습을 보여주고 있다.

본 논문에서는 고정밀 와이어컷 방전가공기의 주전원장치인 10[kW] 80~300[Vdc] 고정밀 스위칭모드 전원장치의 설계 및 제작, 실험 결과에 대해 소개하고자 한다. 고정밀, 고효율 전원장치의 구현을 위해 사용된 전력용 스위칭 소자는 IGBT이며 33[kHz]의 스위칭 주파수를 갖는 ZVT 위상천이 풀 브릿지 컨버터 기술을 적용하였다.[1-2]

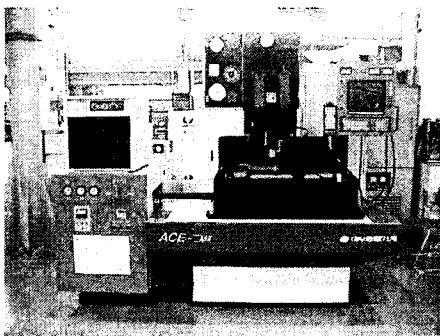


그림 1. 대우중합기계(주)에서 생산중인 와이어컷 방전가공기 (ACE W535)

**2. 본 론**

**2.1 Thyristor를 이용한 위상제어 방식의 전원장치**

그림 2는 현재 생산중인 Thyristor를 이용한 10kW급 위상제어 방식의 전원장치를 보여주고 있다. 먼저, 전원장치 하단에 위치한 3상 변압기는 여유용량을 고려하여 20[kVA]급을 사용하고 있는데 무게만도 140[kg]이며 방전가공기의 제작에서 차지하는 비용과 크기면에서도 큰 부담이 되는 부분이다. 이렇게 정격출력의 3배에 이르는 큰 용량의 변압기를 사용하는 것은 위상제어 방식이 갖고 있는 효율과 역률문제와 같은 전기적 특성뿐만 아니라 방전전류의 공급을 제어해주는 방전스위치부의 구조적인 한계 때문이기도 하다. 또한 무엇보다도 현재의 위상제어 방식은 입력전압 변동에 대해 출력전압의 고정도 특성과 안정성이 취약하며 출력전압의 순시적 변경이 어렵기 때문에 방전상태에 따른 최적의 방전조건을 유지해야 하는 고정밀, 고품위 금형가공에 적합하지 않다.

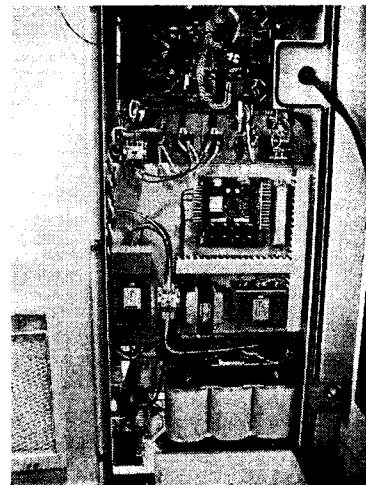


그림 2. Thyristor를 이용한 10[kW]급 위상제어 방식의 전원장치

**2.2 IGBT를 이용한 스위칭모드 방식의 전원장치**

**2.2.1 회로 구성 및 동작 설명**

그림 3은 고정밀 와이어컷 방전가공기의 주전원 장치인 10[kW] 80~300[Vdc] 스위칭모드 전원장치를 구현하기 위해 사용된 위상천이 풀 브릿지 컨버터의 주회로를 나타낸다.

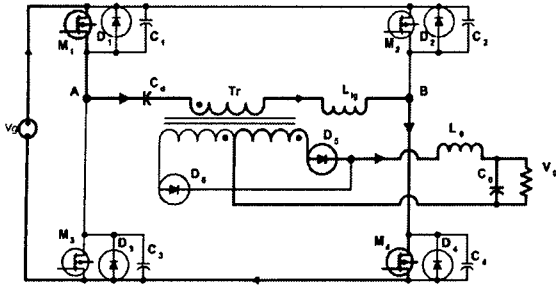


그림 3. ZVT 위상천이 풀 브릿지 컨버터 주회로도

### 2.3 시뮬레이션 및 실험 결과

그림 3의 주회로도에서 스위칭 주파수가 33[kHz]이고 출력전압이 300[Vdc]인 조건에서의 PSpice 시뮬레이션 결과가 그림 4-5에 보여지고 있다. 그림 4는 dc link 입력전압이 300[V]인 경우에 주 스위치 M<sub>4</sub>에 인가되는 게이트 전압과 이때에 스위치 양단에 걸리는 전압, 전류의 파형을 나타내고 있다. 그림 5는 M<sub>4</sub>의 턴-오프 순간에 이루어지는 ZVT 특성을 보여주고 있다.

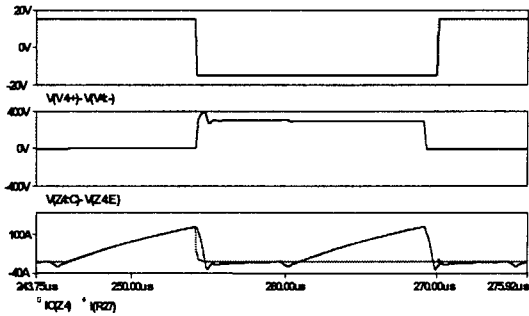


그림 4. Vdc = 300[V] 입력전압에서 주 스위치 M<sub>4</sub>의 게이트 전압과 스위치에 걸리는 전압, 전류 파형

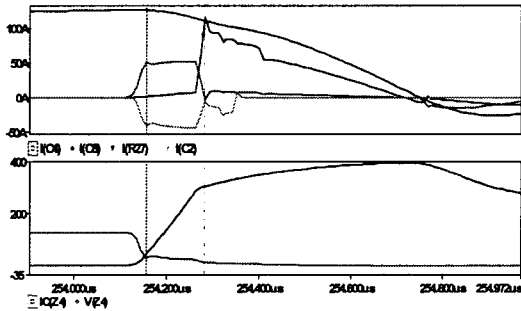


그림 5. Vdc = 300[V] 입력전압에서 주 스위치 M<sub>4</sub> 턴-오프 순간의 전압, 전류 파형

그림 6-7은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 제작된 고정밀 와이어컷 방전가공기용 10[kW]급 스위칭모드 전원장치의 외관과 내부 모습을 보여주고 있다.

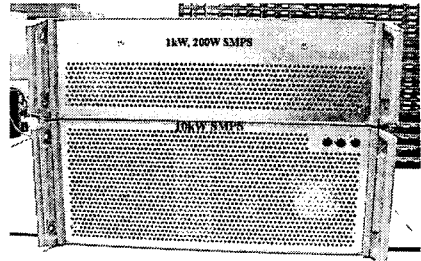


그림 6. 제작된 10[kW] 스위칭모드 전원장치 외관

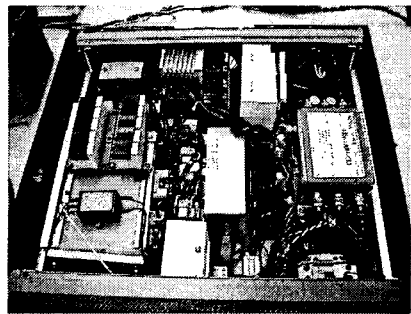


그림 7. 제작된 10[kW] 스위칭모드 전원장치의 내부 모습

그림 8-10은 입력전압이 3상 220[V], 출력전압과 출력 전력이 각각 300[Vdc], 10[kW]에서의 실험 결과를 보여 주고 있다. 주회로를 구성하기 위해 사용된 IGBT 모듈은 페어차일사의 SM2G150US60이며 동작중 스위칭 주파수는 33[kHz]이다. 실험결과 파형에서 스위치 양단에 걸리는 전압은 AP032 프로브(1/200)로 측정되었으며 흐르는 전류는 0.03Ω 저항을 이용하여 측정하였다.

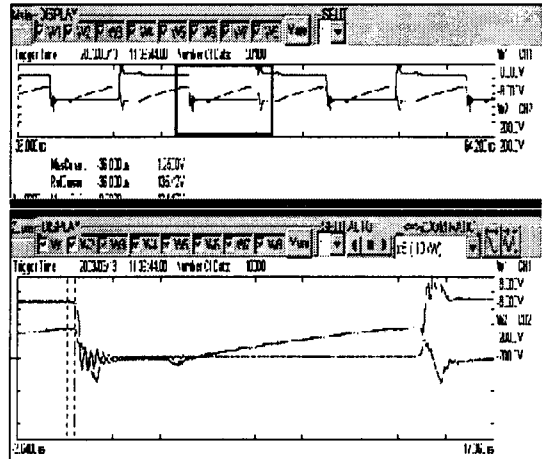


그림 8. 주 스위치 M<sub>4</sub>에 걸리는 전압과 전류 파형

### 3. 결 론

본 논문에서 설명한 고정밀 와이어컷 방전가공기용 10kW급 직류 전원장치는 기존의 Thyristor를 이용한 위상제어 방식의 전원장치에 비해서 크기는 작고(30%) 경량이며(20%) 변환효율(94%)이 뛰어나 기존방식에 비해 에너지 절감이 기대된다. 또한 넓은 범위의 직류 출력전압을 빠른 응답속도로 안정되게 공급할 수 있기 때문에 방전상태에 따른 최적의 방전전류 제어에 효과적이며 이를 통해 고정밀 와이어컷 방전가공기 구현에 폭넓게 활용될 수 있다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Bill Andreyckak, "Phase Shifted, Zero Voltage Transition Design Considerations and the UC3875 PWM Controller", UNITRODE Application Note, SLUA107, May 1997
- [2] 이완용, 정교범, 신판석, "Phase shifted FB ZVS PWM 스위칭을 이용한 Microwave oven 구동회로 설계", 전력전자학회 논문지, 제6권 제3호, pp. 265-272, 2001

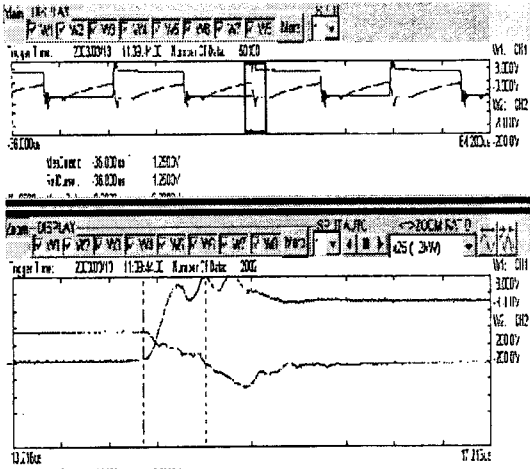


그림 9. 주 스위치 M4의 턴-오프시 전압과 전류 파형

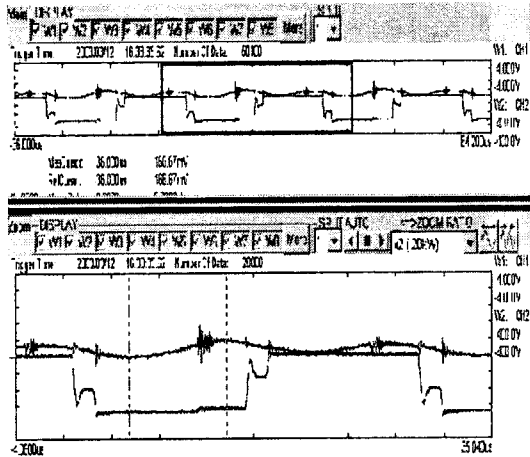


그림 10. 출력전압의 리플과 출력다이오드에 걸리는 전압 파형