

고전압 펄스 전원장치용 자기스위치 자동제어 방법

金洙弘[†], 李正欽^{*}, 金柄燮^{**}, 權炳基^{***}, 崔昌鎬^{****}

Magnetic Switch Auto Control Method of the High-Voltage Pulse Power Supply

Soo-Hong Kim, Jeong-Hum Lee, Byong-Seob Kim, Byung-Ki Kwon, and Chang-Ho Choi

요 약

펄스파워에서 주로 사용되는 자기스witch는 반복률, 신뢰성, 소자수명에서 우수한 특성을 가진다. 그러나 자기스switch는 현재 대부분 수동으로 조작하여 스위칭 동작을 최적화하고 있으며, 부하가 변동될 경우 스위칭 상태를 자동으로 최적화할 수 없다. 본 논문은 CCPS(capacitor charging power supply)를 이용한 고압펄스 압축용 전원장치의 펄스압축을 위해 사용되는 자기스switch(magnetic switch)의 자동제어 방법을 제안하였다. 자기스switch를 부하변동에 따라 자동으로 제어함으로써 시스템의 에너지 효율을 최적화 할 수 있다. 제안된 방법은 실험을 통하여 검증하였다.

ABSTRACT

The magnetic switch used in pulsed-power applications is superior in its high repetition rate, high stability, and long lifetime. But magnetic switch was optimized switching operation by manual control. When the load changes, the switching state can not be optimized automatically. In this paper, the auto control method of magnetic switch for high pulsed-power proposed. The magnetic switch is used capacitor charging power supply for high-voltage compressor. The proposed method can be optimized an efficiency of the system by magnetic switch auto control according to load variation. And the proposed method verify the experimental results.

Key Words : CCPS, Capacitor charger, Magnetic switch, Magnetic pulse compressor

1. 서 론

전세계적으로 산업화가 가속화됨에 따라 화석연료의 사용이 급증하였고, 특히 화력발전소와 제철소 같은 대규모 산업설비에서 배출되는 배기가스는 황산화물(SO_x)과 질소산화물(NO_x)을 다량으로 함유하고 있어 대기오염 및 산성비의 주원인이 되고 있다. 이러한 문

제들을 해결하기 위해 습식 석회/석고법(wet lime/limestone process), 선택적 촉매 환원법(selective catalytic reduction, SCR), 저온플라즈마(non-thermal plasma discharge)를 이용한 탈황탈질법 등 다양한 기술들이 개발되었으며 산업현장에 적용되고 있다^[1,2]. 다양한 탈황탈질공정 중에서 저온플라즈마를 이용한 공정은 고전압 펄스를 이용하므로 핵심요소 기술로서 반응기 이외에 대용량 펄스발생장치가 개발되어야 하며, 펄스발생장치로 CCPS, 자기펄스압축기(magnetic pulse compressor)가 주로 함께 이용된다. 이러한 펄스 발생장치는 레이저나, 가속기, 플라즈마 발생기 등에 광범위하게 사용되고 있다^[3,4,5]. 기존에 사용되고 있는 자기펄스압축기는 압축펄스형태를 고정하거나 또는 부하변동에 따라 수동으로 조작하여 최적화하고 있다.

그러나 저온플라즈마 탈황탈질과 같은 장치의 반응

본 논문은 편집위원회에서 우수기술논문으로 추천됨

[†]교신저자 : 정희원, (주)POSCO ICT 기술연구소 선임연구원
E-mail : shkim7676@gmail.com

^{*}정희원, 포스코파워 품질기술그룹 대리

^{**}정희원, POSCO ICT 기술연구소 주임연구원

^{***}정희원, POSCO ICT 기술연구소 책임연구원

^{****}정희원, POSCO ICT 기술개발 센터장(상무)

접수일자 : 2010. 11. 5 1차 심사 : 2010. 12. 6

심사완료 : 2011. 6. 10

기 부하는 가스량에 따라 변동하게 되므로, 부하변동에 따라 펄스파형이 최적상태로 자동조절 될 수 있어야 한다. 본 논문에서는 저온플라즈마 탈황탈질 설비의 반응기 부하변동에 따라 자기펄스 압축기의 스위칭 동작을 자동으로 조절할 수 있는 방법을 제안하였으며, 제안된 방법은 실험을 통하여 타당성을 증명하였다.

2. 플라즈마 발생장치^[6]

2.1 자기펄스 압축회로

탈황탈질 설비에 사용되는 플라즈마 발생장치는 CCPS, 자기펄스압축기(MPC), 반응기로 구성된다. CCPS는 자기펄스압축기의 입력단 커패시터에 에너지를 충전시키는 역할을 하며, 자기펄스압축기는 커패시터에 충전된 에너지를 짧은 시간 내에 방전시켜 펄스를 압축하며, 반응기는 자기펄스압축기로부터 압축되어 방전된 에너지를 플라즈마상태로 변화시키는 역할을 한다^[7]. 그림 1은 플라즈마 발생장치의 개념도 및 출력 전압과 전류파형을 보여준다. 그림에서 커패시터 C_L 에 CCPS를 이용하여 에너지를 충전하고, 충전된 에너지는 고압스위치(S/W)를 통하여 커패시터 C_1 에 충전된다. 커패시터 C_1 에 충전된 에너지는 자기스위치 MS_1 의 제어를 통하여 커패시터 C_2 로 충전된다. 커패시터 C_2 의 에너지는 자기스위치 MS_2 의 제어를 통하여 반응기에 인가된다. 이때 주의해야 할 점은 앞단의 커패시터에 에너지가 완전히 방전될 때까지 자기스위치를 ON상태로 유지시켜야 한다. 만약 자기스위치 제어가 정확하지 않을 경우 커패시터의 에너지가 출력단으로 모두 전달이 되지 않거나, 전압 진동(oscillation)으로 인해 커패시터에 잔류전압이 발생하는 등의 문제점이 야기된다. 이 같은 현상은 MS_1 의 턴-온 시점이 빠를 때, MS_1 의 턴-온 시점이 느릴 때, MS_2 의 턴-온 시점이 빠를 때, MS_2 의 턴-온 시점이 느릴 때 주로 발생하게 된다^[8].

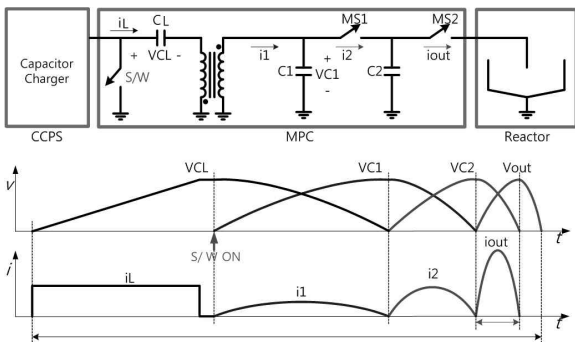


그림 1 플라즈마 발생장치
Fig. 1 Plasma generator

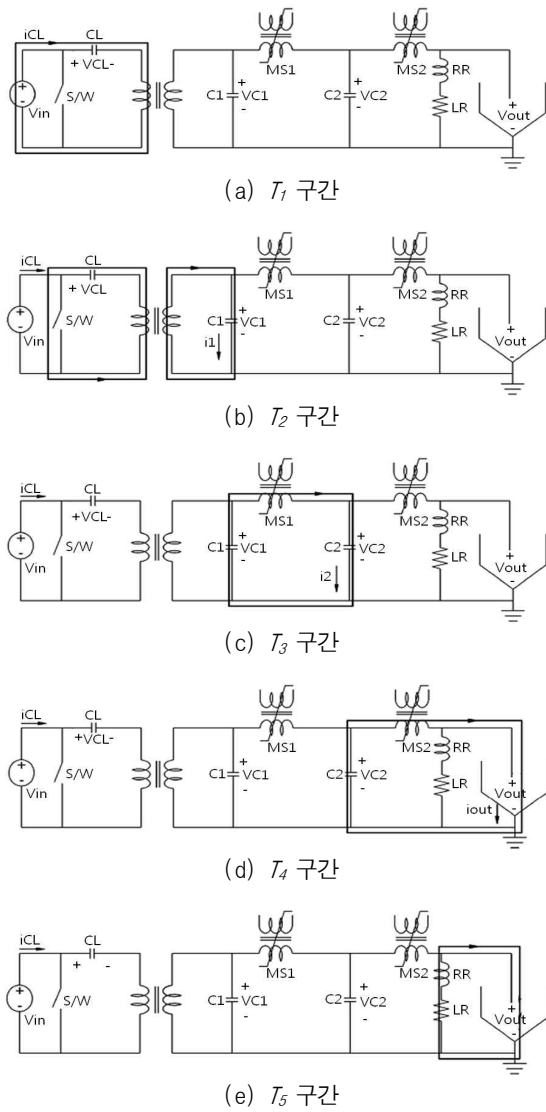


그림 2 플라즈마 발생장치 동작원리
Fig. 2 Operating principle of the plasma generator

그림 2는 플라즈마 발생장치의 구간별 동작원리를 보여준다.

각 구간별 동작을 살펴보면 T_1 구간은 CCPS의 스위칭 동작에 의해 에너지 저장용 커패시터 C_L 에 전류 i_{cl} 이 흘러 기준전압(V_{cl})만큼의 에너지가 충전되면 CCPS는 스위칭 동작을 멈추고 전류는 더 이상 흐르지 않게 된다. 이때 저장용 커패시터에 저장된 에너지, 충전전압은 식(1)에 의해 계산될 수 있다.

$$E_{CL} = \frac{1}{2} C_L V_{cl}^2 [J] \quad (1)$$

여기서, 커패시터에 저장되는 에너지양(E_{cl})은 플라즈마 반응을 위해 부하에서 요구되는 에너지를 입력측으로 환산하여 계산되어 진다.

구간 T_2 는 에너지 저장용 커패시터 C_L 에 충전된 에너지가 고전압 스위치(S/W)를 통하여 변압기 2차측 커패시터 C_f 으로 방전된다. 커패시터 C_f 은 자기스위치 MS_1 이 포화되기 전까지 전류 i_1 에 의해 충전된다. 자기스위치 MS_1 의 인덕턴스 계산 및 포화전류는 식(2)와 식(3)에 의해 계산되어질 수 있다.

$$L = \frac{\mu N^2 A}{1} \quad (2)$$

$$H = \frac{nI}{\ell} \rightarrow I = \frac{H\ell}{n} \quad (3)$$

구간 T_3 는 자기스위치 MS_1 이 포화되어 커패시터 C_2 에 에너지를 충전하게 된다. 구간 T_4 는 커패시터 C_2 에 충전이 완료되는 순간 자기스위치 MS_2 가 포화되어 커패시터 C_2 에 충전된 에너지는 자기스위치 MS_2 를 통하여 플라즈마 반응기로 방전하게 된다. 여기서 자기스위치 MS_2 의 포화 인덕턴스가 자기스위치 MS_1 의 포화 인덕턴스보다 훨씬 작게 설계되어 있으므로, 커패시터 C_2 가 C_f 에 비해 훨씬 빨리 충전될 수 있다. 또한 완전한 충전 상태를 제어하기 위해서는 두 커패시터는 동일한 값을 갖도록 설계하여야 한다. 구간 T_5 는 플라즈마 반응기내에 반응하지 않고 남아있는 잉여에너지가 방전저항(R_R)과 방전인덕터(L_R)을 통해 방전된다. 그림 3은 자기스위치 MS_1 이 기준시점보다 빨리 턴-온된 경우 출력되는 파형을 보여준다. 이 경우 CCPS에 의해 충전되는 커패시터(C_L)에 역전압이 발생하고, 자기스위치의 빠른 턴-온으로 인해 커패시터 C_f 의 에너지는 완전히 방전되지 못한다.

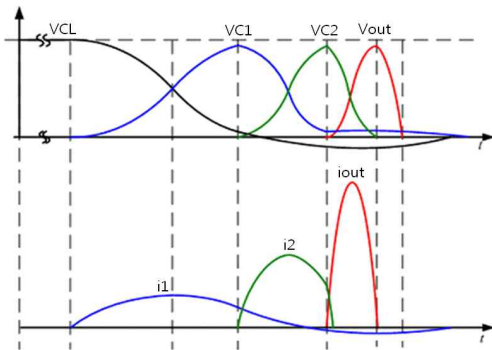


그림 3 턴-온 시점이 빠른 경우(MS_1)
Fig. 3 Fast turn-on time(MS_1)

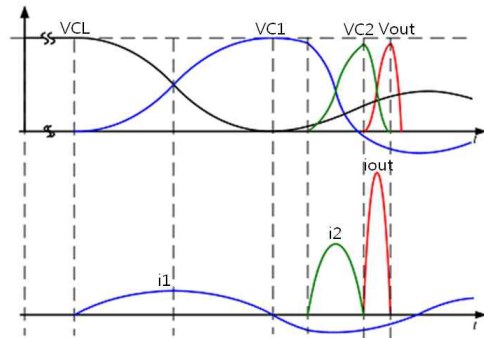


그림 4 턴-온 시점이 느린 경우(MS_1)
Fig. 4 Slow turn-on time(MS_1)

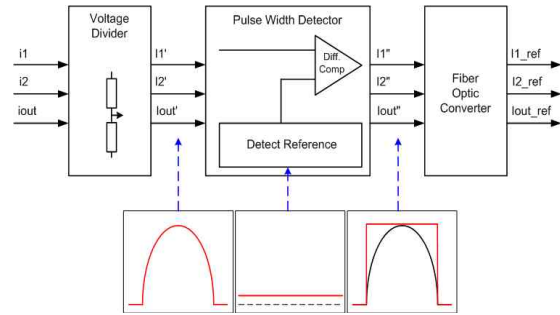


그림 5 펄스폭 검출회로 블록다이어그램
Fig. 5 Pulse width detector block diagram

그림 4는 자기스위치 MS_1 의 턴-온 시점이 느린 경우를 보여준다. CCPS에 의해 충전된 에너지가 변압기를 통하여 커패시터 C_f 에 충전된 후, 자기스위치 MS_2 의 턴-온에 의해 커패시터 C_2 에 에너지를 충전하게 된다. 그러나 자기스위치 MS_1 의 턴-온이 느리기 때문에 커패시터 C_f 에 충전된 에너지는 커패시터 C_L 을 재충전하면서 Oscillation을 발생시킨다. 자기스위치 MS_2 의 턴-온 시점도 에너지 전달측면에서 유사한 문제점을 야기시킨다.

2.2 자기스위치 자동제어

자기스위치의 자동제어를 위해 선행되어야 할 것이 고전압 대전류 펄스검출이다. 본 논문에서 시험된 플라즈마 발생장치의 최종 출력전압은 160kV, 출력전류는 최대 10kA, 펄스폭은 1 μ s 이내이다. 그림 5는 대전류 펄스 검출을 위한 블록다이어그램을 보여주고 있다. 플라즈마 발생장치에서 고압전류 센서를 통해 검출된 전류를 전압 분배기를 통하여 저전압 신호로 변환 후, 레벨검출기를 이용하여 펄스의 상승시점 및 하강시점을 검출한다. 이때 주의하여야 할 사항은 각 전류간 검출오차 최소화 및 노이즈에 의한 추가신호 검

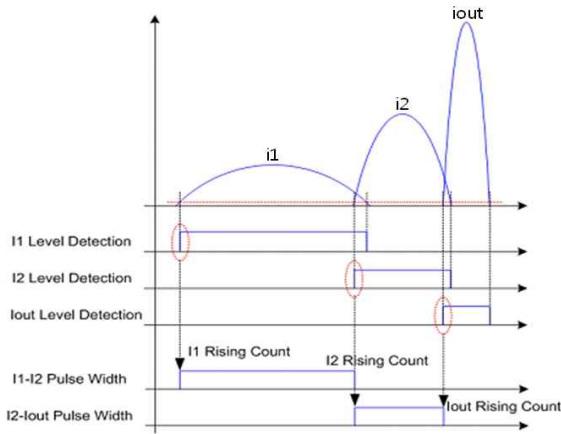
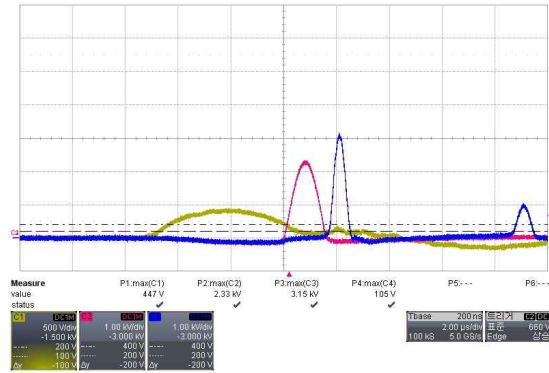


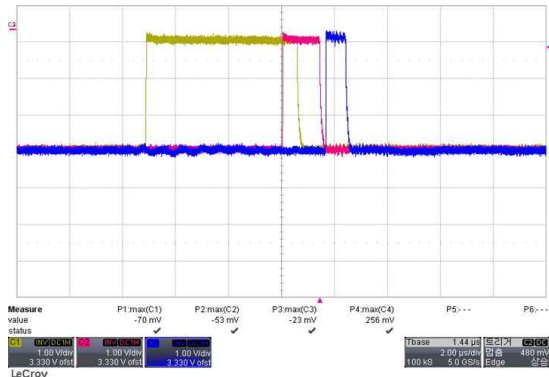
그림 6 펄스폭 검출 방법
Fig. 6 Pulse width detecting method

출을 차단하여야 한다. 그리고 검출회로 아래쪽 그래프는 각단에서 출력되는 출력파형을 보여준다. 그림 6은 반응기에서 출력되는 각부의 출력전류 검출 및 펄스폭 계산방법을 보여주고 있다. 펄스폭 검출회로를 통하여 검출된 신호를 이용하여 자기스위치 MS_1 과 MS_2 의 턴-온 시점 및 시간을 계산할 수 있다.

그림 7은 반응기 출력전류 및 펄스폭 검출회로를 통하여 검출된 출력파형을 보여준다. 그림에서 보듯이 각부 출력전류와 펄스폭 검출기를 통하여 검출된 신호의 오차는 2%이내이며, 전류 Oscillation에 의한 신호 왜곡은 펄스폭 검출회로에서 검출되지 않음을 알 수 있다. 그림 8은 검출된 펄스폭의 정상범위를 보여준다. 전류 i_1 의 하강시간(t_{f1})과 전류 i_2 의 상승시간(t_{r2})이 정확히 일치하지 않더라도 전류 i_2 의 상승시간(t_{r2})이 전류 i_1 의 하강시간(t_{f1})으로부터 $\pm 0.2\mu s$ 이내인 경우 정상범위로 판단한다. 이는 전류 i_1 펄스폭의 $\pm 3\%$ 에 해당되는 범위로 이 범위내에서는 전류 i_2 의 최대값이 최대 95%범위까지 선형적으로 줄어드나 이를 벗어나면 최대값이 급속히 줄어들게 된다. 또한 전류 i_2 의 하강시간(t_{f2})과 최종출력 전류 i_{out} 의 상승시간(t_{rou})이 일치하지 않더라도 전류 i_{out} 의 상승시간(t_{rou})이 전류 i_2 의 하강시간(t_{f2})으로부터 $\pm 0.05\mu s$ 이내인 경우 정상범위로 판단하며, 이경우도 앞선 경우와 마찬가지로 $\pm 0.05\mu s$ 를 벗어나는 경우 최대값이 급격히 감소하게 된다. 그림 9는 자기스위치 MS_1 제어 알고리즘 개념도를 보여주고 있다. 그림 9(a)는 전류 i_1 의 상승시간(t_{r1})과 전류 i_2 의 상승시간(t_{r2})간의 펄스폭 측정값($i_{1r}-i_{2r}$ pulse width)이 전류 i_1 의 상승시간(t_{r1})과 전류 i_2 의 상승시간(t_{r2})간의 펄스폭 하한 지령값($i_{1r}-i_{2r}$ pulse width low limit)보다 작으면 자기스위치 MS_1 에 흐르는 전류가



(a) 반응기 출력전류(i_1, i_2, i_{out})



(b) 폭검출 파형($i_{1ref}, i_{2ref}, i_{outref}$)

그림 7 펄스폭 검출파형
Fig. 7 Pulse width detection waveforms

전류 지령치 보다 크기 때문에 발생하므로 하한 지령값보다 앞선 시간에 해당하는 전류값 만큼 감소시킨다. 그림 9(b)는 전류 i_1 의 상승시간(t_{r1})과 전류 i_2 의 상승시간(t_{r2})간의 펄스폭 측정값($i_{1r}-i_{2r}$ pulse width)이 전류 i_1 의 상승시간(t_{r1})과 전류 i_2 의 상승시간(t_{r2})간의 펄스폭 상한 지령값($i_{1r}-i_{2r}$ pulse width high limit)보다 크면 자기스위치 MS_1 에 흐르는 전류가 전류 지령값보다 작기 때문에 발생하므로 상한 지령값보다 뒤진 시간에 해당하는 전류값 만큼 증가시킨다.

그림 10은 자기스위치 MS_2 의 제어 알고리즘 개념도를 보여준다. 그림 10(a)는 전류 i_2 의 상승시간(t_{r2})과 전류 i_{out} 의 상승시간(t_{rou})간의 펄스폭 측정값($i_{2r}-i_{outr}$ pulse width)이 전류 i_2 의 상승시간(t_{r2})과 전류 i_{out} 의 상승시간(t_{rou})간의 펄스폭 하한 지령값($i_{2r}-i_{outr}$ pulse width low limit)보다 작으면 자기스위치 MS_2 에 흐르는 전류가 전류 지령값보다 작기 때문에 발생하므로 자기스위치 MS_2 의 전류 지령값을 전류 i_2 의 하강시간(t_{f2}) 하한 지령값보다 앞선 시간에 해당하는 전류값 만

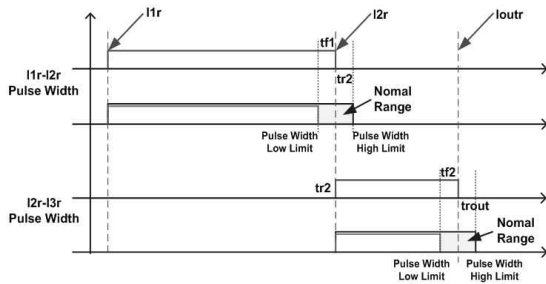
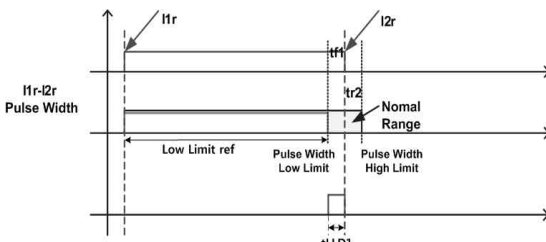
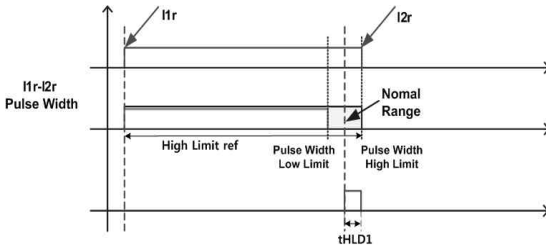


그림 8 펄스폭 정상범위
Fig. 8 Pulse width normal range



(a) 자기스위치(MS_1)의 Low limit



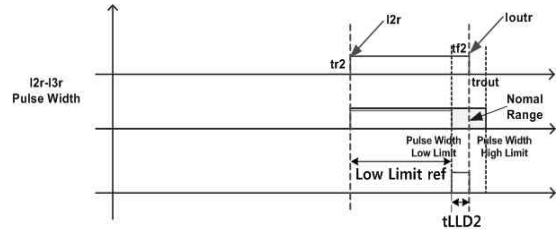
(b) 자기스위치(MS_1)의 High limit

그림 9 자기스위치(MS_1) 제어
Fig. 9 Magnetic switch(MS_1) control

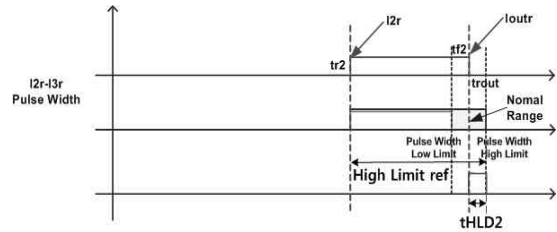
크 증가시킨다. 그림 10(b)는 상한 지령값을 나타내며, 자기스위치 MS_2 에 흐르는 전류가 전류 지령값보다 크기 때문에 발생하므로 자기스위치 MS_2 의 전류 지령값을 전류 i_2 의 하강시간(t_{tr}) 상한 지령값보다 앞선 시간에 해당하는 전류값 만큼 감소시켜 주면 된다. 그림 11은 자기스위치의 자동제어 알고리즘을 보여주고 있다. 여기에서 tLLD와 tHLD는 각각 자기스위치가 하한 지령값보다 미리 턴-온되는 시간차, 상한 지령값보다 지연되어 턴-온되는 시간차를 나타내며, G_1 과 G_2 는 각각 자기스위치 MS_1 과 MS_2 의 턴-온시간을 몇 주기내에 정상화할 것인지를 결정하기 이득(gain)을 의미한다.

3. 실험결과

그림 12는 실험에 사용된 플라즈마 발생장치와 실험



(a) 자기스위치(MS_2)의 Low limit



(b) 자기스위치(MS_2)의 High limit

그림 10 자기스위치(MS_2) 제어
Fig. 10 Magnetic switch(MS_2) control

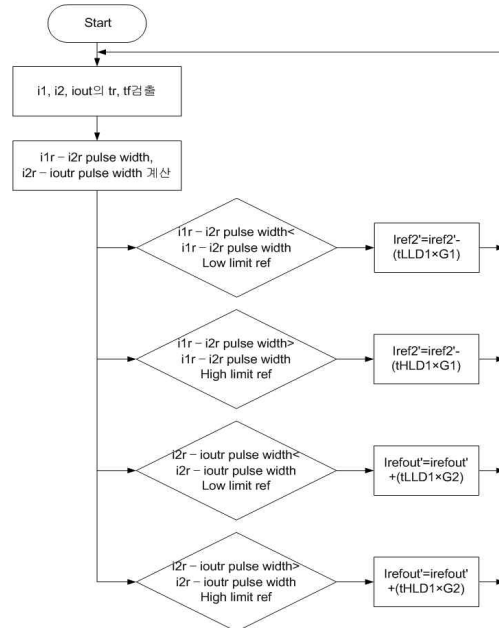


그림 11 자기스위치 자동제어 알고리즘
Fig. 11 Magnetic switch auto control algorithm

장면을 보여주고 있다. 실험장치는 CCPS, MPC, LOAD, 냉각을 위한 Chiller 및 Cooling System으로 구성된다. 표1은 실험에 사용된 플라즈마 발생장치의 사양을 보여준다.

그림 13은 자기스위치 MS_1 이 기준시점보다 빨리 턴-온된 경우의 전압 및 전류 출력파형을 보여준다. 고

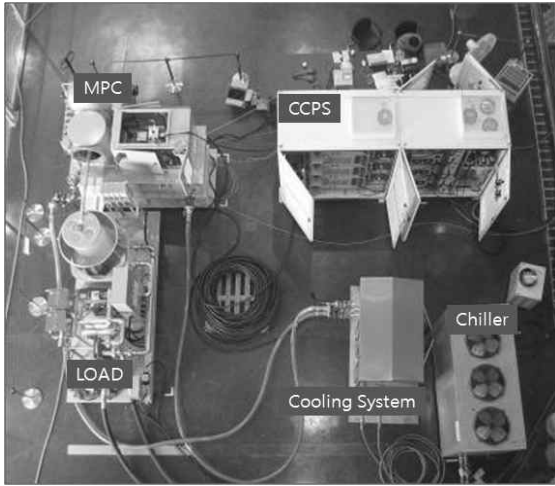
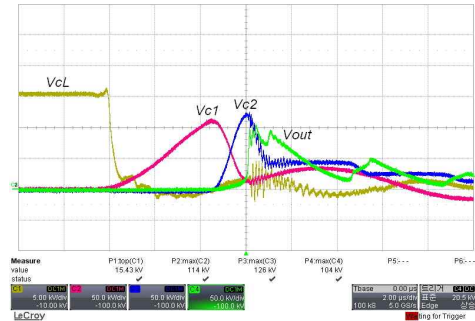


그림 12 플라즈마 발생장치
Fig. 12 Plasma Generator

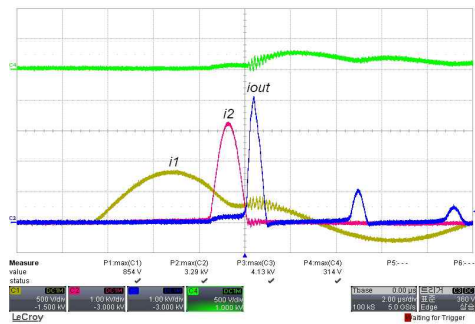
표 1 플라즈마 발생장치 사양
Table 1 Plasma Generator Specification

구분	파라미터	값	파라미터	값
CCPS	입력전압	380 V	스위치주파수	20 kHz
	출력전압	25 kVdc	출력전력	160 kW
MPC	입력전압	25 kVdc	운전주파수	300 Hz
	출력전압	160 kV	출력전류	10 kA

압변압기 1차측에서 전달된 에너지가 2차측 커패시터 C_2 에 완전히 충전되기 전에 자기스위치 MS_1 이 턴-온되어, 방전되지 못한 에너지는 변압기 1차측에 역전압을 발생시키게 된다. 전류 출력파형에서 CH_4 는 스파크 발생시 검출파형을 보여준다. 반응기에 과도한 에너지 투입시 스파크가 발생하게 되며, 반응기 및 시스템 보호를 위해 스파크 발생을 제한할 필요가 있다. 그림 14는 자기스위치 MS_1 이 기준시점보다 늦게 턴-온된 경우이며, 느린 방전시점으로 인해 전류 i_1 에 의한 Oscillation을 발생된다. 그림 15는 자기스위치 MS_2 의 턴-온 시점이 빠른 경우를 보여준다. 턴-온 시점이 빠를 경우 반응기 출력단 전류 i_{out} 의 출력전류 최대값 감소 및 커패시터 C_2 의 충전전압이 현저히 감소되며, 많은 전류리플이 발생한다. 그림 16은 자기스위치 MS_2 의 턴-온 시점이 느린 경우를 보여준다. 자기스위치 MS_1 의 턴-온 후 MS_2 가 적절히 동작하지 못하면, 커패시터 C_2 에 전압이 재충전되는 현상이 발생하게 된다. 그림 17은 제안된 알고리즘에 의해 최적의 턴-온 시점을 자동제어하고 있는 파형을 보여주고 있다.

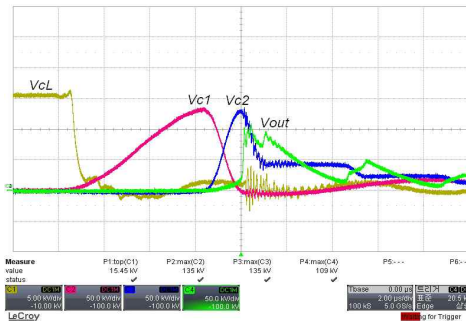


(a) 전압 출력파형

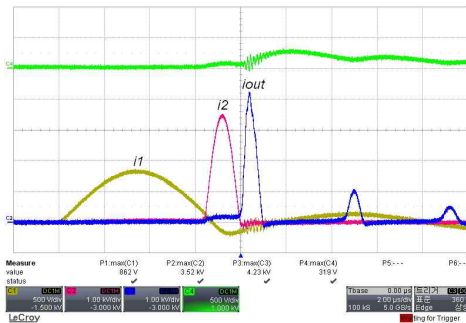


(b) 전류 출력파형

그림 13 턴-온 시점이 빠른 경우(MS_1)
Fig. 13 Fast turn-on time(MS_1)

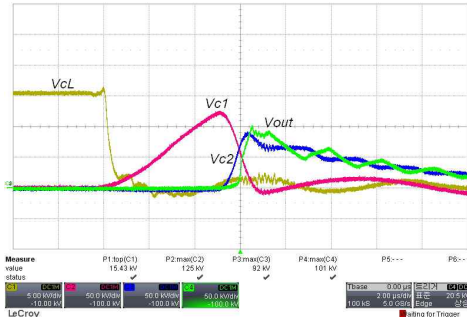


(a) 전압 출력파형

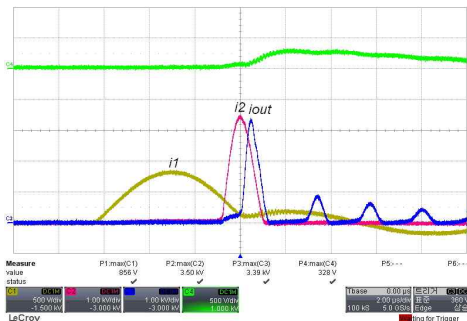


(b) 전류 출력파형

그림 14 턴-온 시점이 느린 경우(MS_1)
Fig. 14 Slow turn-on time(MS_1)

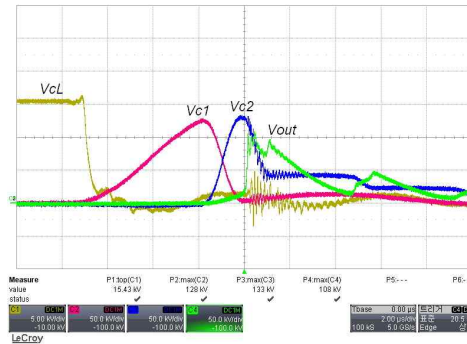


(a) 전압 출력파형

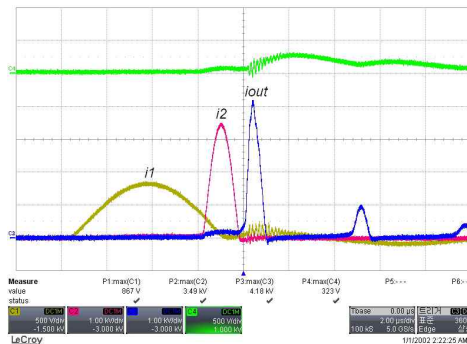


(b) 전류 출력파형

그림 15 턴-온 시점이 빠른 경우(MS_2)
Fig. 15 Fast turn-on time(MS_2)



(a) 전압 출력파형



(b) 전류 출력파형

그림 16 턴-온 시점이 느린 경우(MS_2)
Fig. 16 Slow turn-on time(MS_2)

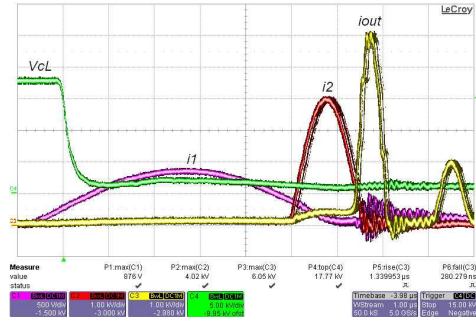
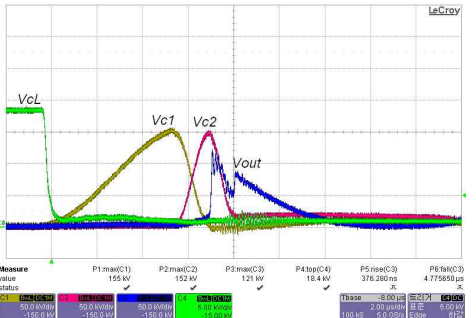
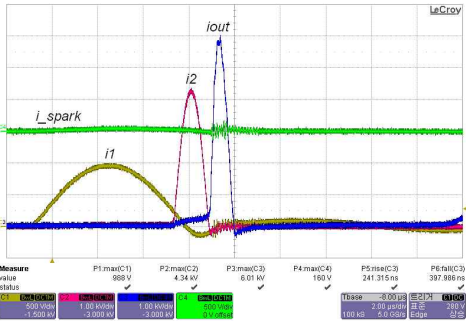


그림 17 자동제어 알고리즘에 의한 동작파형
Fig. 17 Auto control waveforms



(a) 전압 출력파형



(b) 전류 출력파형

그림 18 반응기 최적 출력파형
Fig. 18 Optimum output waveforms of the reactor

표 2 i_2 전류검출 오차 비교
Table 2 Comparison of the i_2 current detection error

전류 i_2 상승시간 편차(μ s)	-0.3	-0.2	-0.1	-0.05
전류 i_2 최대값 비율(%)	80	95	97	98
전류 i_2 상승시간 편차(μ s)	+0.3	+0.2	+0.1	+0.05
전류 i_2 최대값 비율(%)	75	96	98	99

표 2와 표 3은 각각 i_2 전류와 i_{out} 전류의 상승시간 편차에 따른 전류 최대값 비율을 보여주고 있다. 각 전류의 하강시간과 상승시간이 정확히 일치하지 않더라도 일정범위 내에 존재한다면 정상범위로 판단한다.

표에 나타난 실험결과를 토대로 i_2 전류와 i_{out} 전류의 상승시간 편차를 각각 $\pm 0.2\mu\text{s}$, $\pm 0.05\mu\text{s}$ 로 설정하면 출력전류는 최대값 대비 95%이상을 유지할 수 있다.

표 3 i_{out} 전류검출 오차 비교

Table 3 Comparison of the i_{out} current detection error

전류 i_{out} 상승시간 편차(μs)	-0.1	-0.05	-0.02	-0.01
전류 i_{out} 최대값 비율(%)	76	95	97	98
전류 i_{out} 상승시간 편차(μs)	+0.1	+0.05	+0.02	+0.01
전류 i_{out} 최대값 비율(%)	70	96	98	99

6. 결 론

본 논문은 플라즈마 발생장치에 사용되는 자기스위치 자동제어 알고리즘을 제안하였으며, 실험을 통하여 제안된 방법의 타당성을 검증하였다. 제안된 방법은 플라즈마 발생장치 내부의 각 전류를 검출하여 에너지 전달 최적화를 위한 자기스위치 턴-온 시점을 제어하며, 실험에 사용된 시스템 사양은 출력전압 160kV, 출력전류 최대 10kA, 출력운전 주파수는 300Hz이다.

참 고 문 헌

- [1] 김수홍, 권병기, "120kW급 탈황탈질용 MPC전원장치 개발", *전력전자학회 2009년도 추계학술대회 논문집*, pp. 237-239, 2009. 11.
- [2] 목영선외, "소결 대기오염물질 발생억제 및 배가스처리 기술 개발(III)", 포항산업과학연구원, 1999.
- [3] Lippincott, A. C., Nelms, R. M., "A Capacitor-Charging Power Supply Using a Series-Resonant Topology, Constant On-Time/Variable Frequency Control, and Zero-Current Switching", *IEEE Trans. Industrial Electronics*, Vol. 38, No. 6, 1991.
- [4] Byeong-Mon Song, Robert Mcdowell, Andy Bushnell, Joel Ennis, "Practical design and control of a ZVS 3-level dc-dc converter with minimum circulating current", *IECON 2003*, Vol. 1, pp. 726-731, 2003, November.
- [5] Suvarun Dalapati, Chandan Chakraborty, "A direct PWM technique for a single-phase full-bridge inverter through controlled capacitor charging", *IEEE Trans. Industrial Electronics*, Vol. 55, No. 8, 2008, August.
- [6] 김수홍, 김병섭, 김형준, 권병기, 최창호, "고압펄스 전원장치용 자기스위치 자동제어 방법", *전력전자학회 2010년도 전력전자학술대회 논문집*, pp. 117-118, 2010. 7.

- [7] S.H. Kim, J.H. Lee, Y.D. Lee, B.K. Kwon, J.S. Kim, C.H. Choi, S.G. Choi, "A New Capacitor Charging Power Supply using Phase-Shifted PWM Full-Bridge Converter", *IEEE ECCE 2009 Proceedings*, pp. 490-494, 2009, Sep.
- [8] 김수홍외, "Capacitor Charging Power Supply개발 결과 보고서," (주)포스콘, 2009.

저 자 소 개

김수홍(金洙弘)



1976년 8월 11일생. 2004년 중앙대 전자전기공학부 대학원 졸업(석사). 2008년 동대학원 전자전기공학부 졸업(공학박). 2008년~현재 (주)POSCO ICT 정보제어기술연구소 전력전자기술팀 선임연구원.

이정흠(李正欽)



1977년 8월 15일생. 2005년 인하대 전기공학과 졸업(석사). 2005년~2010년 (주)포스콘 기술연구소 주임연구원. 2011년~현재 포스코파워 품질기술그룹 대리.

김병섭(金柄燮)



1978년 4월 15일생. 2008년 경북대 전자전기공학부 졸업(석사). 2008년~현재 (주)POSCO ICT 정보제어기술연구소 전력전자기술팀 주임연구원.

권병기(權炳基)



1970년 12월 5일생. 1995년 광운대 전기공학과 졸업(석사). 1995년~현재 (주) POSCO ICT 정보제어기술연구소 전력전자기술팀 팀장/책임연구원.

최창호(崔昌鎬)



1956년 10월 18일생. 1984년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1983년~1987년 LG산전 기술연구소 선임연구원. 1987년~1991년 한국 서보주식회사 책임연구원. 1991년~현재 (주)POSCO ICT 기술개발센터장(상무).