1999년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 1999. 7.19-21

새로운 방식의 리셋회로에 의한 MPC방식 펄스파워 발생장치에 관한 연구

김한준, 양천석, 정용호
LG산전 중앙연구소

A Research on MPC Pulsed Power Generator Using A New Reset Circuit

Han-Joon Kim, Chun-Suk Yang, Yong-Ho Chung
LG Industrial Systems R&D Center

Abstract - 본 논문은 새로운 방식의 리셋회로를 적용한 MPC(Magnetic Pulse Compressor)방식의 펄스파워 발생장치에 관한 것이다. 개발된 펄스파워 발생장치는 MPC를 구성하는 코아에 대하여 별도의 리셋회로를 구성할 필요가 없고, 리셋과정은 메인 파워가 전달될 때 이루어지도록 설계되어 있어서 코아의 체적을 최적화하고 시스템을 간단히 구현할 수 있는 장점이 있다. 스위칭 소자로서는 반도체 소자인 싸이리스터만을 채택하여 긴 수명과 높은 신뢰성을 기대할 수 있게 하였고, DSP를 이용한 Controller를 구현하여 출력전압의 크기와 주파수 변경을 가능하도록 하였다.

1. 서 론

자기 소자의 포화 특성을 이용한 Magnetic Switch의 개념이 1951년 Melville에 의해 제안된 이래, 펄스압축을 이용한 펄스파워 발생장치에 관한 연구는 지속적으로 수행되어져 왔다. 이 기술은 펄스파워 발생장치에 사용되는 스위칭 소자의 수명과 반복율 문제에 대한 해결책임과 동시에 대출력과 고반복율에 적합하다고 인정되어지는데, 모든 코아를 빠른 시간 내에 리셋시켜 ΔB를 최대한 이용하는 것이 필수적인 요건이 된다.

본 논문에서는 새로운 방식의 리셋회로가 적용된 펄스파워 발생장치를 제작, 실험하였다.

2. 본 론

2.1 사 양

입력 전압	3상 AC 220V, 60Hz
출력 펄스 전압	60kV
출력 펄스 극성	Positive
펄스 폭	300ns
반복률	400Hz

표1 본 논문의 펄스파워 발생장치 사양

2.2 구 성

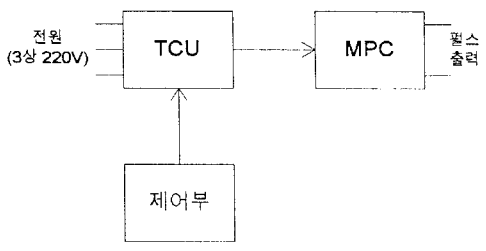


그림1 본 논문의 펄스파워 발생장치 구성도

2.2.1 TCU(Thyristor Charging Unit)

TCU는 편의상 Part1과 Part2의 두 부분으로 나눌 수 있는데, Part1은 3상 교류입력을 DC로 전환하는 전압제어를 실시하는 부분이고 Part2는 싸이리스터의 스위칭을 통하여 micro-second범위의 long pulse를 생성하는 부분이다.

〈Part 1〉

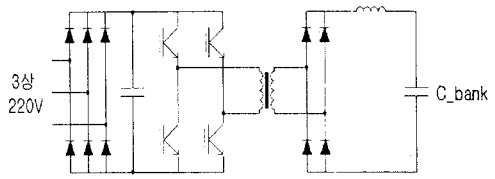


그림2. TCU의 DC전압 생성부

TCU의 Part1에서는 Full Bridge DC-DC Converter를 구현하여 C_bank의 전압을 100V~1000V로 제어할 수 있도록 하였다. 3상 입력을 정류한 DC를 단상인버터로 폭 변조를 통하여 전압을 제어한다. 스위칭 주파수를 고주파로 하여 트랜스포머가 소형화되었고,C_bank의 전압리플은 최대한 억제하였다. C_bank의 전압을 가변하면 MPC부로 입력되는 전압의 크기가 달라져 결과적으로 출력전압을 가변할 수 있다.

〈Part 2〉

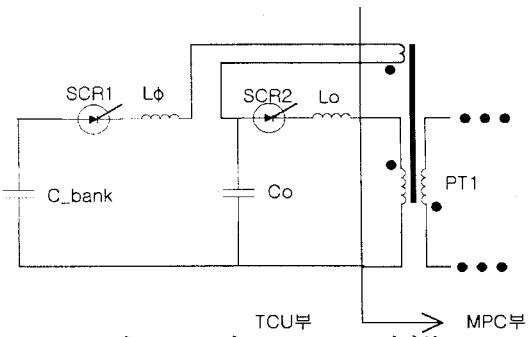


그림3 TCU의 long pulse 생성부

C_bank가 충전된 상태에서 SCR1이 켜지면 C_bank의 에너지는 C_bank,Lφ,Co가 구성하는 공진경로에 의해 Co로 전이되는데, 이때 C_bank의 커패시턴스가 Co보다 충분히 크면 Co의 전압은 C_bank의 2배가 된다. Co의 충전이 완료되면 SCR1을 흐르는 전류는 0이 되므로 SCR1은 off되고 이후에 SCR2가 켜지면 Co의 에너지는 PT1을 통하여 MPC부로 전이된다. 이 과정도 Co, Lo, 그리고 MPC부의 등가C로 구성되는 공진경로

를 통하여 이루어진다. Co의 커패시턴스는 PT1의 턴수비를 고려하여 결정되는 값이다.

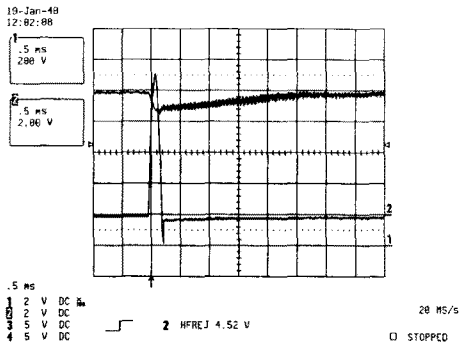


그림4 SCR1 on시 C_bank전압과 SCR1전류

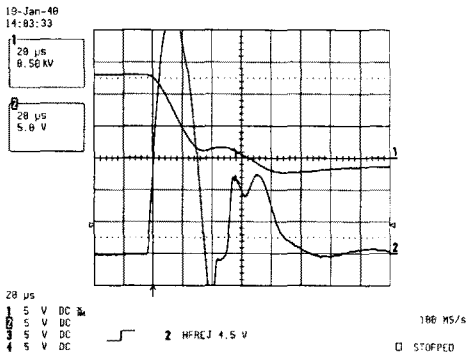


그림5 SCR2 on시 Co전압과 SCR2전류

2.2.2 제어부

DC-DC Converter의 전압제어를 위하여 사용된 제어기는 바깥쪽의 전압P루프와 안쪽의 전류PI루프로 구성된 제어기이며 TI사의 TMS320C50 DSP를 사용하여 구현되었다. 제어기의 응답속도가 느리면 펄스의 반복율을 높일 수 없으므로 게인을 충분히 높여줄 필요가 있다. C50 DSP는 2개의 PWM출력을 가지는데, 하나는 전압제어를 위한 단상 인버터 구동용으로 사용되었고, 나머지 하나는 SCR1,SCR2의 구동신호 발생용으로 사용되었다. 제어부는 또한, IGBT와 SCR Drive회로와 출력의 크기와 주파수를 세팅할 수 있도록 하는 디스플레이 보드, 그리고 스위칭 소자의 보호회로 등을 포함한다.

2.2.3 MPC(Magnetic Pulse Compressor)

MPC는 Pulse Transformer와 Magnetic Switch, 고압 Capacitor를 이용하여 TCU에서 만들어진 micro-second범위의 long pulse로부터 nano-second 범위의 short pulse를 만들어내는 부분이다.

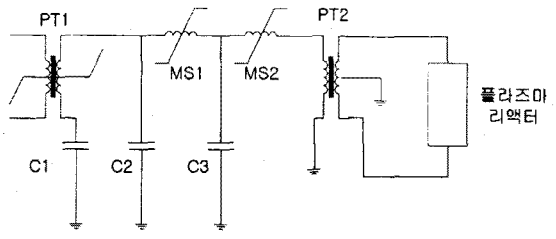


그림6 MPC부의 구성

TCU의 SCR2가 켜지면 Co의 에너지는 C1으로 이동하면서 C1의 전압을 상승시킨다.이 전압이 최고값(약 30kV)에 도달하였을 때 PT1의 코아가 포화되도록 설계되어 있다. 코아가 포화되면 PT1의 2차측 인덕턴스가 급격히 감소하여 C1의 에너지는 빠른 시간 내에 C2로 이동한다. 마찬가지의 과정이 MS1, MS2를 지나면서 반복되는데, 포화시 인덕턴스값을 PT1, MS1, MS2를 지나면서 점점 작아지도록 설계해두면 원하는 출력 펄스 폭을 얻을 수 있다. 코아는 각형비가 우수하고 손실이 작은 아몰퍼스를 사용하였다.

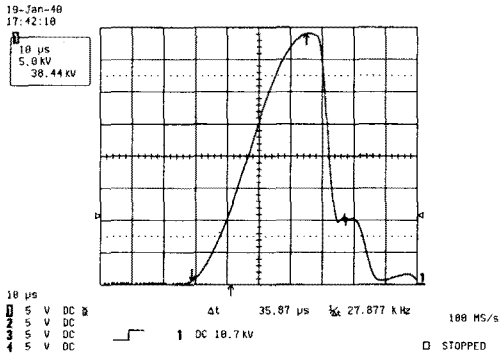


그림7 C1의 전압파형

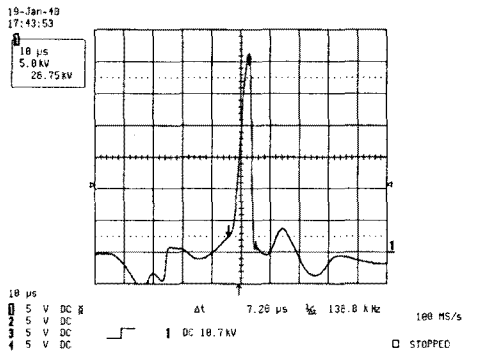


그림8 C2의 전압파형

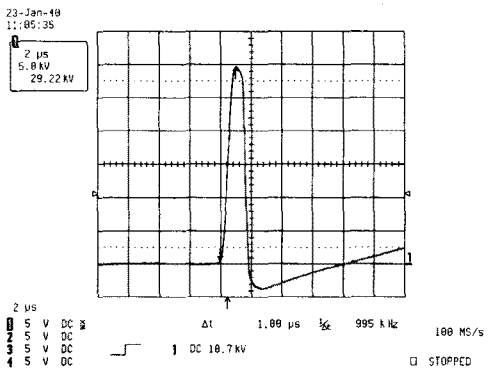


그림9 C3의 전압파형

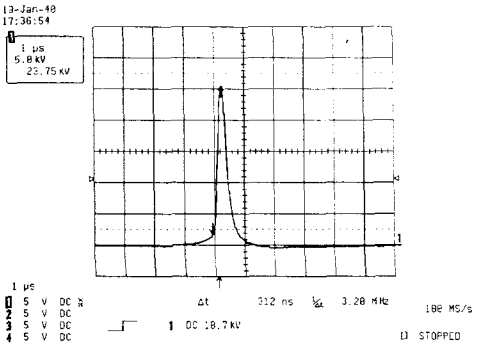


그림10 출력전압의 1/2을 측정한 파형

2.3 코아의 리셋과정

Magnetic Switch로 사용되는 코아의 ⊿B를 최대한 이용하려면 한번 포화시킨 다음에는 반드시 리셋을 시켜 주어야 한다. 아래 그림11에 기존의 리셋방법을 보였다. N개의 코아에 대하여 N개의 리셋회로가 필요함을 알 수 있고 리셋회로를 동작시키는 구간이 메인파워 전달시와 일치하면 안되므로 타이밍이 중요하게 된다.

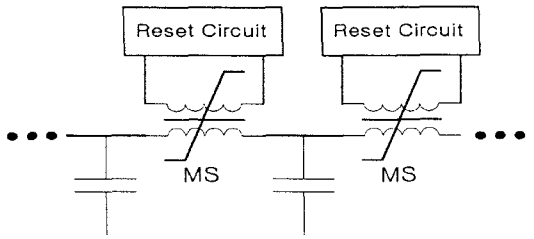
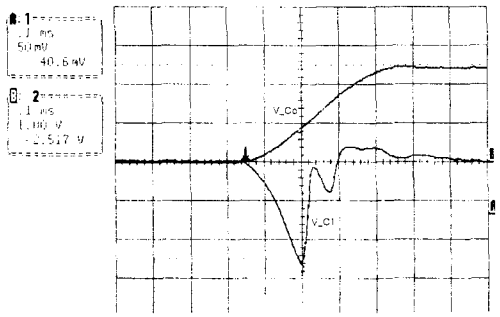


그림11 기존의 리셋방법

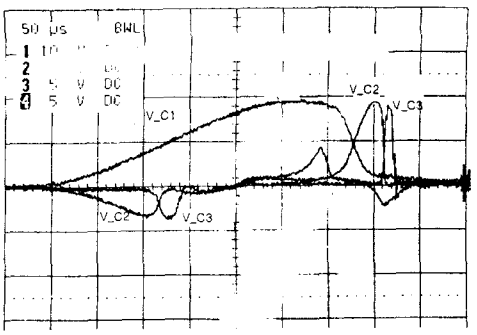
본 논문에서 적용된 리셋과정은 다음과 같다. SCR1이 on되어 C_bank에서 Co로 파워가 전달될 때의 공진 루프 상에 PT1의 리셋권선을 설치한다. 리셋권선의 극성은, SCR2가 on되어 Lo를 통해 에너지가 전달되는 방향과 반대로 한다. 즉, PT1의 리셋은 아래 그림12에서 보는 바와 같이 Co를 충전할 때 이루어지는 것이다. 리셋권선에 의하여 C1에 유기되는 전압의 극성은 그림7



에 나타난 극성과 반대인 것을 알 수 있다.

그림12 SCR1 on시 Co전압과 C1전압

MS1과 MS2, PT2의 리셋과정은 PT1과는 다르다. SCR2가 on되어 메인파워가 Co에서 C1으로 전달될 때 접지를 통하여 C1과 C2,PT1으로 경로가 형성된다.이 때 C1은 +극성으로 충전되지만 C2는 C1과는 반대극성으로 충전되는데, 이 역극성의 C2전압에 의하여 MS1,MS2가 그림13에 나타난 바와 같이 차례로 포화된다. 메인파워가 전달될 때에 비하여 전압의 크기는 작지만 인가시간이 길기 때문에 코아가 포화되며, 이는 파워 전달시의 동작과 반대 방향이기 때문에 결국 압축비에 기여하는 ⊿B는 2배의 Bs에 해당하게 된다. 따라서, 별도의 추가 회로 없이도 원하는 압축비에 대하여 최소의 크기를 갖는 코아의 설계가 가능하게 되어 시스템이



작아지고 코아의 가격도 떨어지게 된다.

그림13 SCR2 on시 C1,C2,C3전압

3. 결 론

새로운 방식의 리셋회로를 적용하여 MPC방식 펄스파워 발생장치를 제작하였다. 본 논문의 회로 구성과 동작에 따르면 코아의 리셋은 출력파워를 전달하는 과정 중에 이루어지므로 따로 리셋회로를 만들지 않아도 되고, 리셋 타이밍을 고려할 필요가 없어 간편하게 제작이 가능하다. 또한, SCR등의 반도체소자와 자기소자인 코아만으로 스위칭 동작이 구현되므로 싸이라트론이나 갭 스위치로 만들어진 펄스파워장치에 비하여 훨씬 긴 수명이 보장되고 사후관리도 용이하다. MPC방식을 적용하면 대용량의 펄스파워를 비교적 쉽게 얻을 수 있으므로 향후 폐수처리 분야 등에 적용이 기대된다.

[참 고 문 헌]

[1] R.A.Petr, J.F.Zumdieck, J.Demboski, I.Smilanski, J.J.Ewing, and R.E.Center."Magnetic Pulse Compression for Copper-vaor Lasers". Proc.4th IEEE Int.Pulsed Power Conf.p236-41. 1983

[2] D.M.Barrett."Core Reset Consideration in Magnetic Pulse Compression Networks".Proc.4th IEEE Int.Pulsed Power Conf.p1160.1995

[3] H.Hatanaka et al."High Efficiency Operation of the High Repetition Rate Magnetic Pulse Compressor for KrF Excimer Lasers". Proc.7th IEEE Pulsed Power Conference.p671-674. 1989

[4] P.H.Swart et al."All Solid State Switched Pulser for Multi-kilowatt, Multi-kilohertz Excimer and CO2 Lasers". Proc.8th IEEE Pulsed Power Conference. p743-749. 1989