

인버터형 고정밀 고전압 전원장치를 시험하기 위하여 그림 2와 같이 200 MW 모듈레이터를 제작하여 설치하였으며 전원공급장치는 일반 고전압 전원공급장치 30 kJ/sec 4개, DSP controller 1개등으로 구성을 하여 시험을 하였다. 그림 3은 30 kJ/sec의 전원공급장치가 스위칭 할 경우 충전전압과 Fine 전원공급장치가 스위칭 할 경우의 충전전압 파형을 측정 한 파형이며 CCPS의 스위칭 주파수는 50 kHz 이다.

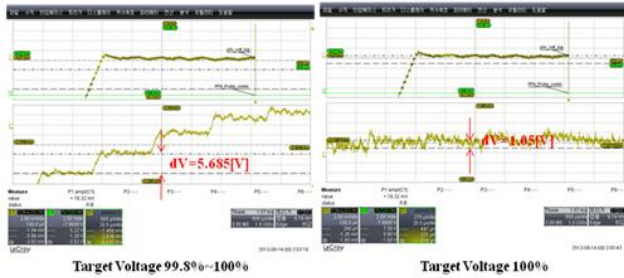


그림 3 일반 CCPS 스위칭시 PFN 충전 전압 및 Fine CCPS 충전전압 파형

Fig. 3 Charging voltage waveform of Coars and Fine CCPS

2.2.1 인버터형 고정밀 고전압 안정도 측정장치

PFN의 고전압을 정밀하게 측정하기 위하여 Ross사의 VD60 series를 선정하여 사용을 하였으며 빔전압 및 빔전류는 Capacitance voltage divider(Stangenes사, 10,000:1)와 Current transformer(Stangenes사, 0.05V/A)를 사용하였다. 그리고 측정하는 부분의 전압 파형을 정밀하게 측정하기 위하여 Lecroy사의 Differential Amplifier DA1855A를 사용하여 PFN 전압의 offset를 주었으며 band width는 1 MHz로 설정을 하였다. 그리고 측정장비는 Histogram이 가능한 장치로서 Tektronix사의 DPO7104 스크프를 사용하였다. [2]

2.2.2 펄스 전압 및 전류 안정도 측정

개선된 빔전압 및 빔전류의 안정도를 얻기 위하여 클라이스트론 및 싸이라트론에 인가되는 히터 전원의 꼭지점 부분에 놓이도록 AC 전원과 동기하여 시험을 하였다.

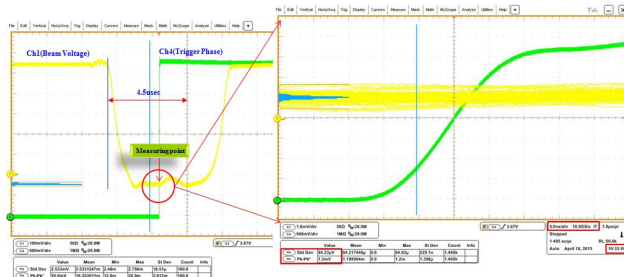


그림 4 빔전압 Stability 측정 파형

Fig. 4 Measurement waveform of Beam voltage stability

그림 4는 PFN 전압을 42 kV로 충전한 상태에서 모듈레이터를 60 Hz 운전하면서 약 3분간 누적하여 측정 한 파형으로 빔전압 Stability는 약 19.22ppm이었다. 그림 5는 PFN 전압을 42 kV로 충전한 상태에서 모듈레이터를 60 Hz 운전하면서 약 3분간 누적하여 측정 한 파형으로 빔전류 Stability는 약 37.4ppm이었다.

그림 6은 그림 5와 동일한 방법으로 3분씩 누적하여 각각의 안정도를 측정하였으며 30분 간격으로 약 7회 측정을 하여 시간에

따른 안정도를 나타내었다. 여기에서 안정도는 비슷한 값을 가지고 있으며 시간에 따른 시험장소의 온도 변화에 따른 빔 전압의 변이율을 보여주고 있으며 실험실 온도의 변화율은 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 이내이며 모듈레이터 케비넷의 온도 변화가 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 일 때 약 5.0ppm 이내에서 변화하는 것을 알 수 있었다.

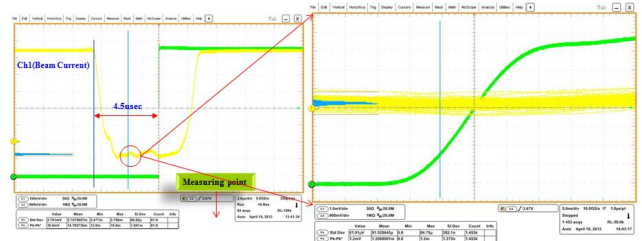


그림 5 빔전류 Stability 측정 파형

Fig. 5 Measurement waveform of Beam Current stability

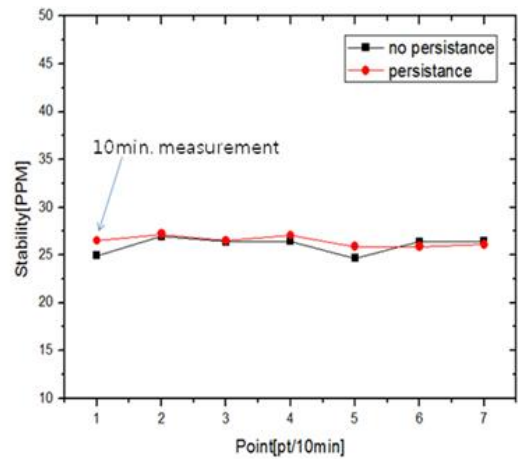


그림 6 빔전압 Stability 연속 측정 데이터

Fig. 6 Consecutively measurement of beam voltage stability

3. 결 론

포항가속기 연구소에서 4세대용 모듈레이터에 사용하는 30 kJ/sec 4set 인버터 고전압 전원공급장치와 DSP 제어기의 PWM 제어와 Regulation mode로 운전하여 4세대에서 요구하는 200 MW 모듈레이터의 빔전압의 안정도 19.8ppm을 얻었다.

참 고 문 헌

[1] J.S. Oh, S.S. Park, Y.J. Han, I.S. Ko, W. Namkung, "Design considerations for the stability improvement of klystron modulator for pal xfel," Proceeding of 2005 Particle Accelerator Conference, Knoxville, Tennessee, 2005, pp. 1165 1167.
 [2] T. Shintake, T. Inagaki, K. Shirasawa, C. Kondo, T. Sakurai, "Compact klystron modulator for xfel/spring 8," Proceedings of IPAC'10, Kyoto, Japan, 2010, pp. 3287 3289.