

비접촉식표면전위측정장치용고압전원단에 대한 연구

허진성, 리세진

표면전위측정장치는 위성이 궤도로 진입할 때나 우주환경에서 동작할 때 나타나는 대전현상들을 지상에서 모의하는데 리용하는 기구들중의 하나이다.[1] 한편 비접촉식표면전위측정장치는 $-500\sim 6\,000\text{V}$ 사이에서 전압분해능이 5V 인 정밀고압전원을 필요로 한다. 측정이 비접촉으로 진행되므로 출구전류는 최대로 1mA 정도이면 충분하다.[2]

우리는 비접촉식표면전위측정장치의 요구사항을 만족시키도록 $-600\sim 6\,000\text{V}$ 의 넓은 대역에서 전압분해능이 5V 인 고압전원단을 설계제작하고 실험을 통하여 특성지표들을 확증하였다.

1. 비접촉식표면전위측정장치용정밀고압전원단의 설계

비접촉식표면전위측정장치용고압전원단의 구성도는 그림 1과 같다.

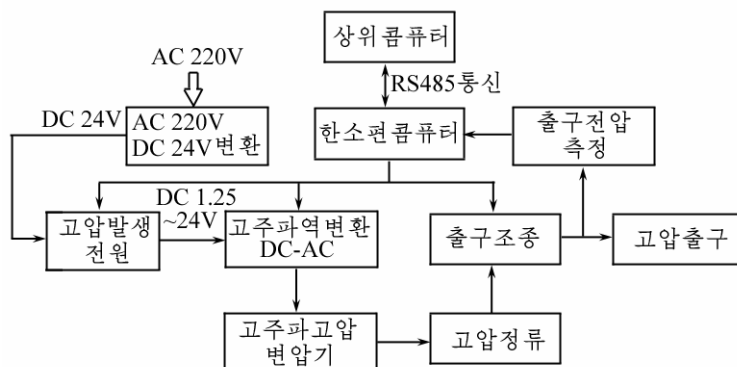


그림 1. 비접촉식표면전위측정장치용고압전원단의 구성도

고압전원단의 전원조종은 한소편컴퓨터 STC15W408AS로 실현하였다. 이 고압전원단의 동작원리를 보면 우선 직류 24V 전원을 한소편컴퓨터의 조종에 따라 여러 단계의 보다 낮은 전압단계들로 변환하여 고압발생전원으로 리용한다. 그리고 PWM조종에 따라 MOSFET출력소자는 직류를 교류로 변환하며 고압변압기에서 정류하여 설정된 전압으로 출구한다.(그림 2)

승압회로는 단일소자식역방향변환방식으로 구성하였다.

고압변압기는 1개의 1차권선과 2개의 2차권선으로 되어있는데 24V 의 전원전압과 60%의 충만비에서 각각 $6\,500$, -700V 의 전압을 출구할수 있도록 설계하였다.

한소편컴퓨터는 상위컴퓨터에서 요구하는 구간의 전압이 출구되도록 PWM신호의 충만도를 조종하며 출구전압을 보다 정밀하게 설정할수 있도록 고압발생전원의 전압을 1.25V 에서 24V 까지 변화시킨다.

분할저항과 연산증폭기, A/D변환기를 리용하여 고압변압기의 출구전압을 측정하고

출구전압이 요구하는 값에 유지되도록 반결합조종을 진행한다.

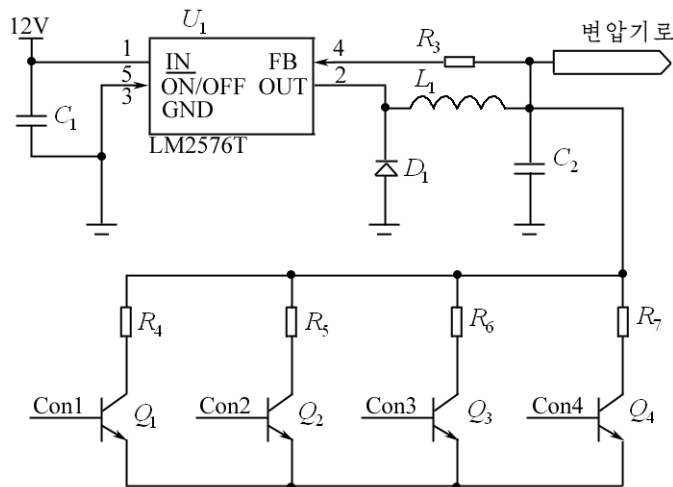


그림 2. 고주파역변환에 이용되는 직류전원의 전압조절회로도

우리는 고주파고압변압기의 동작주파수가 수십kHz정도라는것을 고려하고 고압전원의 조종정밀도를 높이기 위하여 한소편컴퓨터의 8bit PWM모듈을 이용하지 않고 PCA고속절환방식을 이용하여 분해능이 11bit인 PWM신호를 발생시켰다. 결과 얻으려는 최대전압이 6 000V이므로 PWM의 충만도를 60%까지 조절하는 경우 전압조종정밀도가 5V정도로 되었다.

또한 동작과정에 부의 전압과 정의 고압이 동시에 발생하므로 요구되는 출구전압을 얻기 위하여 고압계전기와 저압계전기를 이용하여 출구를 조종한다.

2. 구동알고리즘

고압전원단은 전원이 투입되면 장치초기화를 진행하고 상위컴퓨터에서 보내는 전압 설정값들을 받을 때까지 대기한다. 일단 상위컴퓨터로부터 주사하려는 전압구간과 주사 방식을 받으면 그에 따르는 전압주사를 진행하기 위한 구동알고리즘에 따라 한소편컴퓨터가 고압전원을 조종한다. 고압전원단의 구동알고리즘은 그림 3과 같다.

우선 상위컴퓨터에서 보내온 자료에 기초하여 전압주사를 위한 시작전압값과 부호, 마감전압값과 부호를 결정하고 시작전압값을 첫 조종목표값으로 한다. 우와 같은 파라미터 설정이 끝나면 설정된 전압부호와 목표값을 참고로 하여 고압발생전원전압을 설정해준다. 고압발생전원전압은 4단계로 설정할수 있는데 제1단은 1.3V, 제2단은 8.5V, 제3단은16.9V, 제4단은 23V이다.

목표전압의 부호가 정인 경우 목표값이 300V미만이면 제1단을, 300~1 500V구간에 있으면 제2단을, 1 500~3 500V구간에 있으면 제3단을, 3 500V이상이면 제4단을 선택한다. 만일 목표전압의 부호가 부인 경우 제1단은 사용하지 않고 목표값이 150V미만인 경우 제2단을, 150V이상인 경우에는 제3단을 선택한다.

고압발생전원전압을 설정한 다음 처음 전압부호와 현재 설정된 목표전압의 부호가 일치한가를 검사하고 일치하다면 AD7793의 A/D변환결과를 불러들여 고압전원단의 출구

전압을 측정한다. 만일 전압부호가 일치하지 않아 부호가 변경되어야 한다면(현재 목표 전압의 부호가 정이라면) 고압제전기를 닫아주고 부호가 부라면 저압제전기를 닫아주어 출구조종을 실현한다. 또한 전압의 부호에 따라 AD7793의 초기화를 다시 진행하여 A/D 변환기의 상사입구통로를 전압부호에 맞게 설정해준다.

전압의 부호가 정이라면 첫번째 상사입구통로를, 부호가 부라면 두번째 상사입구통로를 설정해준다. 계전기조종과 AD7793의 초기화조작이 끝나면 현재의 전압값을 측정한다.

측정한 현재의 전압값이 조종목표값에 도달하였는가를 검사하고 만일 도달하지 못하였다면 전압조종을 진행한다.

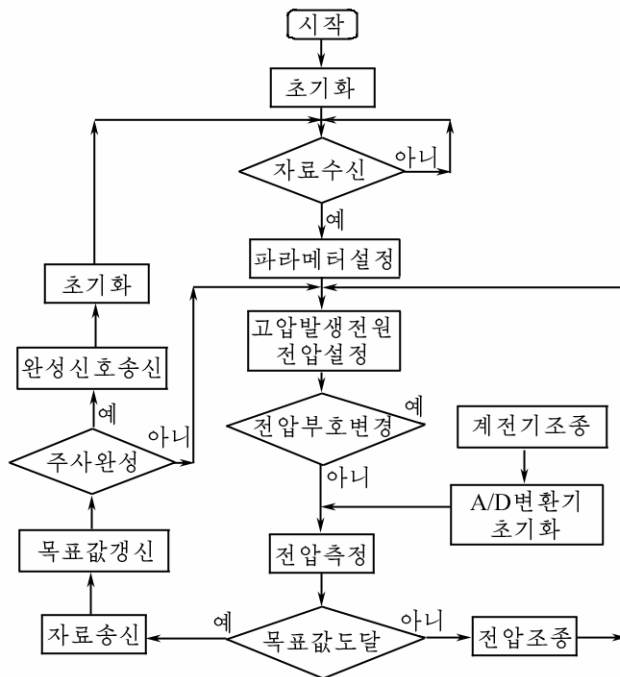


그림 3. 고압전원단의 구동알고리즘

전압조종은 비례조종알고리즘에 따라 진행한다. 전압조종값을 결정한 다음에는 고압 발생전원전압설정단계에서부터 위의 과정을 다시 반복하면서 조종을 진행한다.

현재의 전압값이 조종목표값에 도달하면 전압조종을 중지하고 현재의 전압값을 상위 컴퓨터에 전송한 다음 주사방식 즉 세밀주사인가 거친 주사인가에 따라 다음 조종목표값을 설정한다.

새로 설정된 목표값이 상위컴퓨터에서 설정한 전압대역에 들어가는가를 확인하고 만일 이 대역을 벗어났다면 주사가 완성되었다는 완성신호자료를 상위컴퓨터에 전송한다. 그리고 장치에 대한 초기화를 다시 진행하고 자료수신대기상태에 들어간다.

새로 설정된 목표값이 상위컴퓨터에서 설정한 전압대역에 속한다면 주사과정이 아직 끝나지 않았으므로 새로 설정된 목표값에 대하여 고압발생전원전압설정단계부터 위의 과정들을 반복한다.

3. 고압전원단의 특성평가

설계제작한 고압전원단의 특성을 수자식만능회로시험기 VICTOR VC9806에서의 측정 결과와 대비하여 평가하였다.

만능회로시험기의 고압측정대역이 0~1 000V이므로 고압전원단의 -600~1 000V의 대역에 대하여 대비실험을 진행하였다. 대비실험은 고압전원단에서 -500~-50V 그리고 50~950V까지 대역에서 150V간격으로 주사를 진행하고 매 조종점에서 수자식만능회로시험기로 출구전압을 측정하는 방법으로 5회 진행하였다. 출구전압과 설정전압사이의 대비 실험결과는 표 1과 같다.

표 1. 출구전압과 설정전압사이의 대비실험결과(V)

출구전압						설정전압	상대오차/%
1	2	3	4	5	평균값		
48.3	51.0	49.6	47.9	50.6	49.5	50	1
201.3	200.2	202.1	199.7	199.4	200.5	200	0.25
347.2	351.7	351.3	348.7	352.1	350.2	350	0.06
500.4	498.8	501.6	500.3	499.4	500.1	500	0.02
648.7	649.1	647.9	650.2	648.9	649.0	650	0.15
801.4	800.3	799.5	800.6	800.8	800.5	800	0.06
951.2	949.7	950.9	951.6	948.9	950.5	950	0.05
-50.3	-48.6	-48.9	-49.3	-50.1	-49.4	-50	1.2
-201.3	-200.5	-199.9	-200.8	-200.6	-200.6	-200	0.3
-350.1	-349.4	-348.9	-350.3	-350.2	-349.8	-350	0.06
-501.8	-499.3	-500.7	-498.9	-500.3	-500.2	-500	0.04

대비실험결과는 고압전원단이 제정된 목표값들에서 최대 1.2%의 오차정도로 정확히 동작한다는것을 보여준다. 1 000~6 000V구간에서의 동작과정은 1 000V이하에서의 동작과정의 믿음성을 확인한 조건에서 저항분할비에 의해 결정되는 측정전압들이 정확하다고 보았다.

수자식만능회로시험기로 고압전원단에서 출력되는 전압을 측정한 결과로부터 고압전원단의 출구전압안정성에 대한 특성자료는 표 2와 같다.

표 2. 고압전원단의 출구전압안정성에 대한 특성자료

지표	특성값	지표	특성값
입구전압	교류 220V	조종정밀도	5V
출구전압	직류 -600~6 000V	전압안정도	3.3%
동작주파수	16.2kHz	조종방식	자동조종

표 2에서 보는바와 같이 고압전원단의 전압안정도는 최대 3.3%이하로서 비교적 안정하다고 볼수 있다.

전압안정도(%)는

$$\frac{\Delta U}{U} \times 100$$

과 같이 결정되는 량이다. 여기서 U 는 출구전압이고 ΔU 는 절대오차이다.

맺 는 말

비접촉식표면전위측정장치에 리용되는 고압전원을 설계제작하고 고압전원이 $-600 \sim 6\,000\text{V}$ 의 넓은 대역에서 5V의 조종정밀도와 3%의 출구전압안정도를 가지고 동작한다는 것을 검토하였다.

참 고 문 헌

- [1] H. Youhei et al.; J. Japan Inst. Metals, 75, 5, 310, 2011.
- [2] I. D. Baikie et al.; Energy Procedia, 60, 48, 2014.

주체108(2019)년 12월 5일 원고접수

On the High Voltage Power Supply Unit for Noncontact Surface Potential Measurement

Ho Jin Song, Ri Se Jin

We designed and fabricated a high voltage power supply unit, which satisfies the demand of noncontact surface potential measurement device, with 5V resolution in a wide range of -600 to $6\,000\text{V}$ and confirmed its performance characteristics through experiments.

Keywords: high voltage power supply unit, switching power