

이온가속기진공측정체계에 대한 연구

송철욱, 김강철

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학연구성과는 그것이 현실에 적용되어 실지 은을 내야 의의가 있지 실험실적연구로 끝나서는 큰 의의가 없습니다. 과학적발명을 실험실적으로 담보하는것도 중요하지만 실천에 적용하여 은을 내게 하는것이 더 중요합니다.》(《김정일선집》 증보판 제12권 366페이지)

가속기가 정상적으로 동작하려면 일정한 진공도를 보장하여야 한다. 가속관을 비롯한 가속기내부의 진공도가 허용이하일 때에는 가속이온이 잔여기체분자와의 충돌과정에 산란되면서 이온뭉음과 에네르기의 다량루실이 일어나게 되며 결과적으로 가속기가 정상가동할 수 없게 된다. 그러므로 안정하고 합리적인 진공도는 가속기에 대하여 필수적이라고 말할 수 있다. 정전가속기를 비롯하여 가속장치에서 정확한 진공도측정과 안전동작을 위한 연구가 진행되였다.[1, 2]

본문에서는 이온가속기의 진공도를 표시하고 그에 대한 자료를 컴퓨터로 처리할수 있도록 한소편에 기초한 수자식진공도측정체계를 구성하고 조종을 진행하였다.

1. 수자식진공측정체계구성

이온가속기의 진공체계는 련결관을 중심으로 하여 오른쪽에 이온원천과 가속관이 결합되고 왼쪽에 전하접수함이 설치된 이온유도관이 결합되였다. 그리고 련결관에는 심랭포집기와 확산뿔프, 보조탱크, 회전진공뿔프가 설치되였다. 정상상태에서 가속관밀부분(련결관부분)의 진공도는 $10^{-8} \sim 10^{-4} \text{Pa}$, 가속관입구(이온원천련결부분)의 진공도는 10^{-2}Pa 이상을 보장하여야 한다.

가속기에는 저진공보장을 위한 기계식회전진공뿔프 《BH-2MГ》(리론적인 배기속도 7L/s, $\sim 133 \text{Pa}$ 에서 5.8L/s)와 고진공보장을 위한 확산뿔프 《EDO-250》(평균배기속도 3 000L/min, 심랭포집기를 설치하는 경우 1 500L/min)들이 설치되였다. 진공수감부로서는 저진공용 열전대진공수감부와 고진공용 이온화진공수감부들이다. 가속기의 이전 진공측정장치는 전자관회로방식으로 된 상사계기방식으로서 외부전압에 의한 영향이 심하고 정확도가 떨어졌다. 이로부터 한소편소자 PIC16F877A에 기초한 수자식진공측정체계를 구성하였다.

그림 1에 한소편소자를 리용한 수자식진공측정체계의 구성도를 보여주었다.

진공계의 진공도는 출력전압(상사신호)으로 나타나는데 전압과 기체압력사이에는 로그선형관계가 성립한다. 이 출력전압을 전압-주파수변환기로 일정한 주파수를 가지는 임펄스신호로 변환하며 주기적인 임펄스신호를 한소편으로 측정한다. 단위시간동안에 들어오는 임펄스개수를 측정하고 전압과 주파수에 관한 선형식으로부터 대응한 기체압력을 구할수 있다. 구한 기체압력값은 표시부에 현시할수 있고 직렬결합부를 통하여 컴퓨터에 전송하여 처리할수 있다.

가속기가 정상동작할 때 진공도는 $2.2 \cdot 10^{-4} \text{Pa}$ 이며 이때 대응한 전압값을 계산해낼수 있다. 그다음 이 값에 근거하여 적당한 전압을 설치하면 가속기가 정상동작할수 있는가 없는가 하는 조종전압을 설정할수 있다. 계전기구동회로는 조종전압에 따라 가속기의 동작상태를 설정하기 위한것이다.

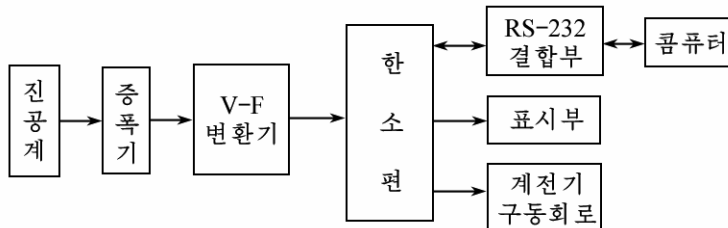


그림 1. 한소편소자를 리용한 수자식진공측정체계의 구성도

증폭기는 진공계의 출력신호를 증폭하기 위한것이며 연산증폭기 OP07을 리용하였다. 여기서 증폭결수는 $K = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 16$ 이다.

전압-주파수변환기로서는 전용소자 VFC121을 리용하였다. 이 변환기의 주파수출구는 3극소자열린수전극출구이다. 최대입구전류는 20mA이며 100kHz의 출력주파수일 때 최대비선형성은 0.03%이다.

출력주파수는 다음과 같이 계산한다.

$$F_o = V / [2R_{in}(C_2 + 60)]$$

이 변환기의 선형성은 최대입구전류가 $250\mu\text{A}$ 일 때 25%의 총만비인 경우 제일 좋아진다. 따라서 최대입구전압이 +5V이고 출력주파수가 100kHz일 때 파라미터들을 다음과 같이 설정하였다.

$$R_{in} = R_V + R_5 = 20\text{k}\Omega, C_2 = 1\ 200\text{pF}, C_1 = 2\ 700\text{pF}$$

이때 $F_o = 19.8V$ (kHz) 이다.

한소편소자로서는 PIC16F877을 리용하였다. 2개의 누름스위치를 리용하여 한소편소자로 조종전압설정값을 변화시킨다. 누름스위치에 의해 조종전압은 0.1V씩 증가 또는 감소시킬수 있다. 결국 조종전압의 연속조절을 실현할수 있다.

2. 조종프로그램

전압-주파수변환기의 출력주파수를 통하여 기체압력의 크기를 계산하면 진공도와 그에 대응한 전압값을 얻을수 있다.

그림 2에 주프로그램흐름도와 새치기조종알고리즘을 보여주었다.

먼저 초기화를 진행하고 조종전압을 2.0V로 설정한다. 2개의 정시기 T0과 T1에 대하여 초기값을 설정하고 새치기를 허가한다. 새치기가 일어나면 새치기형을 판별하고 T0에 대한 새치기이면 입력임펄스를 전압으로 변환하고 기억시킨다. 기억한 값을 다음 측정된 전압값과 비교한다.

전측정전압값이 조종전압보다 작거나 같고 후측정전압값이 조종전압보다 클 때 전압

이 증가하는 과정이 조종조건을 만족한다고 볼수 있으므로 구동회로에 높은 준위를 내보내어 조종계전기를 동작시킨다. 우와 반대인 경우에는 전압이 내려가는 과정에 조종조건을 만족한다고 볼수 있으므로 구동회로에 낮은 준위를 내보내어 조종계전기의 동작을 차단한다.

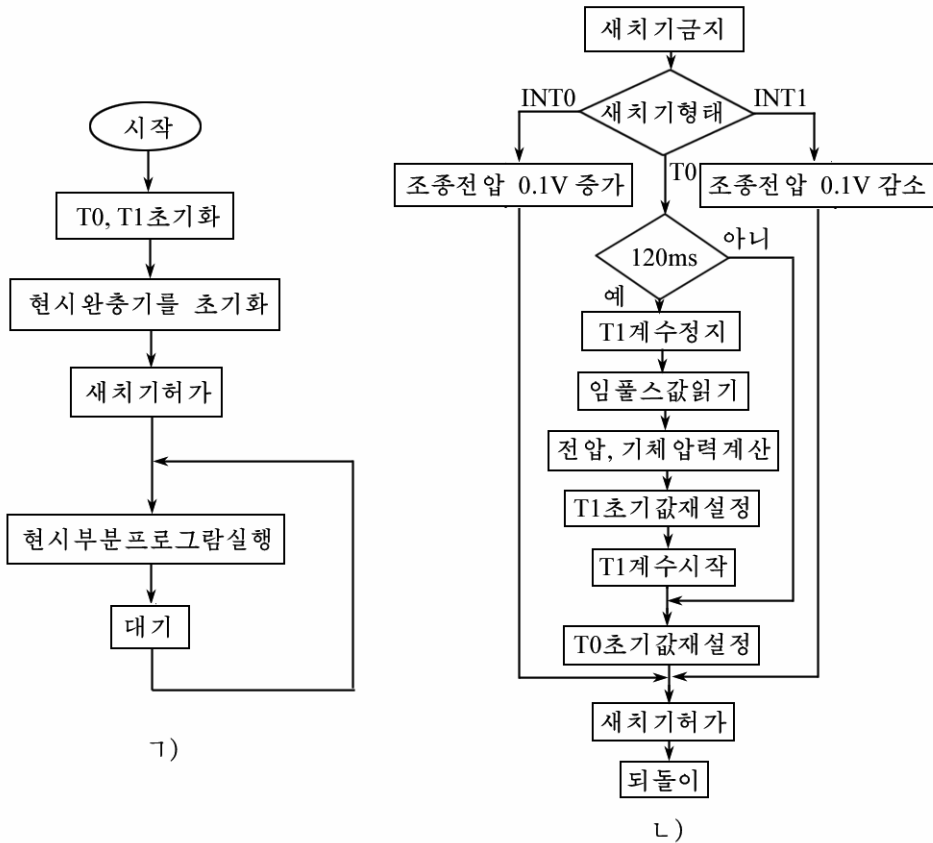


그림 2. 주프로그램흐름도(A) 및 새치기조종알고리즘(B)

맺는 말

이온가속기의 진공도측정체계를 전압-주파수변환방식과 한소편 PIC16F877을 리용하여 새롭게 구성하고 진공도의 수자표시와 컴퓨터에 의한 조종을 실현하였다.

참고 문헌

- [1] 沈绍祥 等; 国外电子凭器件, 7, 66~69, 2004.
- [2] 谢瑞和; 串行技术大全[M], 清华大学出版社, 98~126, 2003.

Measurement System of Vacuum for Ion Accelerator

Song Chol Uk, Kim Kang Chol

We have newly constituted a system for measuring the vacuum degree of ion accelerator using transformation mode of voltage-frequency and microprocessor PIC16F877, and realized the digital display for vacuum degree and its control by computer.

Key words: vacuum system, accelerator