

고전압시동스위치에 대한 연구

오석영, 정광일

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《인민경제의 자립성과 주체성을 보장하는데서 중핵적인 문제는 원료와 연료, 설비의 국산화를 실현하는것입니다.》(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 46페이지)

에네르기저축기에 상대적으로 오랜 시간동안 저축한 에네르기를 짧은 시간동안에 부하에 공급하여 높은 출력을 얻는데 리용되는 기본요소의 하나는 스위치이다. 용량성에너지저축기와 함께 쓰이는 닫김스위치(Closing Switch)로는 보통 수kV이상의 높은 전압에서 수kA의 전류가 흐르게 된다. 이러한 고전압, 대전류에서 동작하는 스위치의 하나가 바로 기체방전을 리용하는 고전압시동스위치(Trigatron 또는 Triggered Spark Gap)이다. 고전압시동스witch는 섬광등, 기체레이자, 전기폭발뢰관, 고전압임펄스발생기, 자속압축폭발발전기들에서 동작시동용스위치로 리용된다.[1-5]

론문에서는 고전압시동스위치의 시동전압신호형성특성과 동작시간특성을 고찰하였다.

1. 고전압시동스위치의 구조와 시동전압신호형성

고전압시동스witch는 서로 마주선 2개의 기본전극과 시동신호가 가해지는 시동전극으로 되어있으며 기본전극사이공간에는 해당하는 기체가 채워져있다.(그림 1)

그림 1에서 보는바와 같이 시동전극에는 침형과 고리형모양이 있다. 침형시동전극은 2개의 기본전극들중 어느 한 기본전극의 대칭중심에 배치되며 고리형시동전극은 기본전극들사이의 공간에 배치된다.

가능한 침형시동전극스위치의 4가지 전기적극성설정방식은 그림 2와 같다.

기본전극과 시동전극의 상대적인 전기적극성은 기본전극사이의 방전공간에서 전기마당의 분포를 결정하며 기본방전형성단계에 영향을 준다.

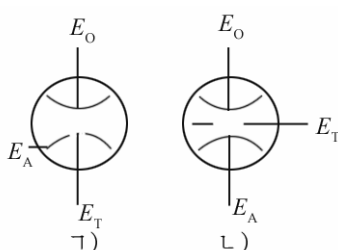


그림 1. 고전압시동스위치의 구조
1) 침형시동전극, 2) 고리형시동전극
 E_O, E_A - 기본전극, E_T - 시동전극

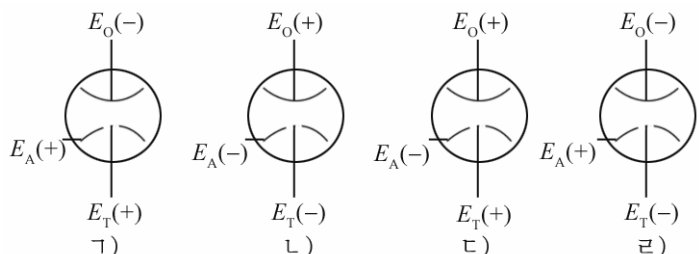


그림 2. 침형시동전극스위치의 4가지 전기적극성설정방식
1) $E_O(-), E_A(+), E_T(+), E_A(-)$,
2) $E_O(+), E_A(-), E_T(-), E_A(+)$,
3) $E_O(+), E_A(-), E_T(+), E_A(+)$, 4) $E_O(-), E_A(+), E_T(-), E_A(-)$

침형시동전극스위치의 4가지 전기적극성설정방식을 1, 2, 3, 4방식이라고 하자.

시동전압신호의 크기는 일반적으로 기본전극사이전압의 0.3~0.5배로 설정한다. 그러므로 시동전압은 보통 수kV에 달한다.

시동전압신호형성회로는 그림 3과 같다.

승압변압기에서는 웨리트속심을 리용하며 1차권선의 권회수는 $N_1 = 120(\phi 0.31\text{mm})$, 2차권선의 권회수는 $N_2 = 13100(\phi 0.1\text{mm})$ 이다.

그림 3에서 보는바와 같이 변압기의 1차권선과 직렬로 연결된 C_1 이 R_1 을 통하여 전압 U 까지 충전된다. 충전이 끝난 후 D 의 조종극에 걸어준 시동임펄스신호에 의해 D 가 열린다. 이때 C_1 이 D 와 변압기의 1차권선을 통하여 방전되게 된다. 결과 변압기의 2차권선에 고압신호 U_T 가 나타나게 된다. 변압기의 2차권선에 나타난 고압신호 U_T 를 저항과 콘덴샤를 병렬로 연결한 분압기(그림 3에서 점선을 친 부분, 분압비 10^4)로 측정하였다.

오실로그래프에 기록된 D 의 조종극신호와 변압기의 2차권선에서의 전압(분압기의 출력신호)측정곡선은 그림 4와 같다.

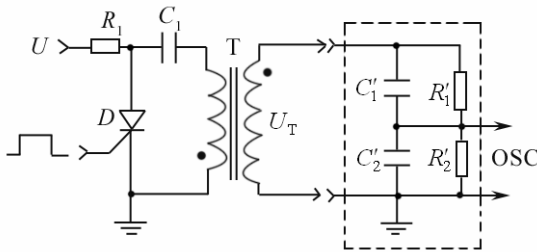


그림 3. 시동전압신호형성회로

D —조종형정류소자, $C_1 = 1\mu\text{F}$, $R_1 = 1\text{M}\Omega$,
 $U = 250\text{V}$, $C'_1 = 30\text{pF}$, $C'_2 = 0.3\mu\text{F}$, $R'_1 = 1\text{G}\Omega$,
 $R'_2 = 100\text{k}\Omega$, T —승압변압기

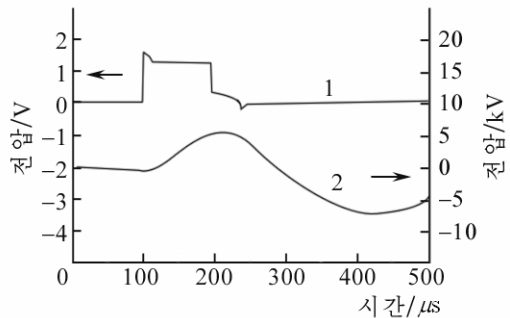


그림 4. D 의 조종극신호(1)와 변압기의 2차권선에서의 전압(2)측정곡선

그림 4에서 보는바와 같이 변압기의 2차권선에서의 전압은 D 의 조종극에 신호가 가해진 순간부터 $20\mu\text{s}$ 후에 나타나기 시작하며 $80\mu\text{s}$ 에는 최대로 6kV 까지 된다. 분압기의 출구신호가 진동모양을 가지게 되는것은 변압기의 2차권선과 분압기의 콘덴샤가 LC진동회로를 형성하기때문이다.

2. 침형시동전극스위치의 동작시간특성

침형시동전극스위치의 기본전극재료는 $\phi 36\text{mm}$ 인 불수강이고 시동전극재료는 $\phi 1\text{mm}$ 인 불수강이며 기본전극들사이의 간격은 4mm , 기본전극사이의 공간에는 10^5Pa 의 공기가 채워져있다.

침형시동전극스위치의 동작시간을 측정하기 위한 회로는 그림 5와 같다.

회로의 동작원리는 다음과 같다. 먼저 기본회로의 C 가 R 를 통하여 전원전압 E 까지 충전된다. 이 전압은 L 을 통하여 침형시동전극스위치의 기본전극사이공간에 걸리게 된다. 기본전극사이공간의 간격은 이 전압에 의하여 기체의 절연파괴가 일어나지 않도록 설정되었다.

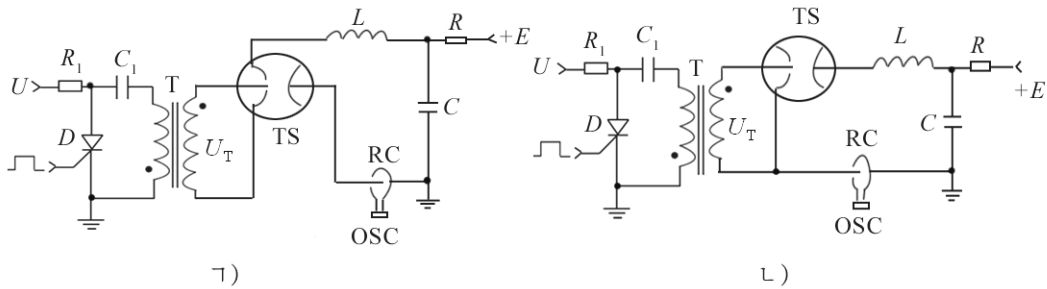


그림 5. 침형시동전극스위치의 동작시간을 측정하기 위한 회로

1) 1방식, 2) 3방식: TS - 침형시동전극스위치, RC - 전류수감부,
OSC - 오실로그래프, $R = 30\text{M}\Omega$, $C = 2\mu\text{F}$, $L = 40\mu\text{H}$, $E = 8\text{kV}$,
 C_1, R_1, U, D, T 는 그림 3에서와 같음

그러므로 침형시동전극스위치는 아직은 열린 상태로 남아있게 된다. 한편 시동전압신호형성회로의 C_1 이 R_1 을 통하여 전압 U 까지 충전된다. 이때까지도 침형시동전극스위치는 열린 상태에 있다. 이제 D 의 조종극에 시동임펄스신호가 가해지면 침형시동전극스위치의 조종극에 시동전압신호 U_T 가 걸리게 되며 결과 침형시동전극스위치는 닫히게 된다. 결과 C 는 L 과 침형시동전극스위치를 통하여 방전되게 된다.

침형시동전극스위치의 동작시간특성은 그림 6과 같다.

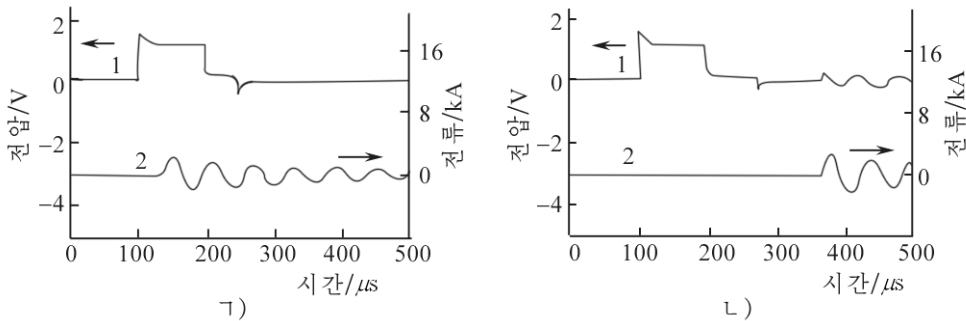


그림 6. 침형시동전극스위치의 동작시간특성

1) 1방식, 2) 3방식
1 - 시동임펄스신호, 2 - 전류수감부의 신호

시동임펄스신호의 시작순간부터 침형시동전극스위치에 전류가 흐르기 시작하는 순간까지의 지연시간을 스위치회로의 동작시간으로 볼수 있다.

그림 6에서 보는바와 같이 침형시동전극스위치의 극성설정방식에 따라 동작시간이 서로 다르다. 즉 1방식의 경우 동작시간은 $36\mu\text{s}$, 3방식의 경우 $264\mu\text{s}$ 이다. 이것은 방전공간에서 작업기체분자들의 이온화속도와 방전전류형성속도가 스위치의 동작방식에 따라 서로 다르기때문이다.

3. 고리형시동전극스위치의 동작시간특성

고리형시동전극스위치의 기본전극재료는 $\phi 16\text{mm}$ 인 불수강이고 고리형시동전극재료는 두께가 1mm , 고리직경이 13mm 인 황동이며 기본전극사이공간에는 10^5Pa 의 공기가 채워져 있다. 그리고 기본전극사이거리는 4mm , 고리형시동전극과 기본전극사이의 거리는 각각

1.5, 2.5mm이다.

고리형시동전극스위치에서 시동전극의 극성은 고정하고 기본전극의 극성을 서로 바꾸어 동작시간특성을 고찰하였다.

고리형시동전극스위치의 동작시간을 측정하기 위한 회로는 그림 7과 같다.

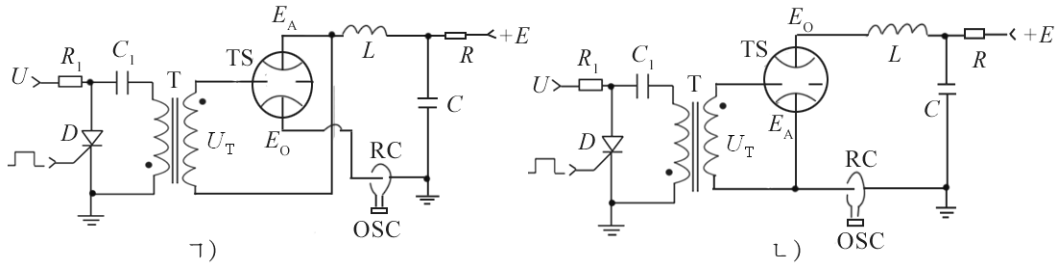


그림 7. 고리형시동전극스위치의 동작시간을 측정하기 위한 회로

1) $E_T(+)$, $E_A(+)$, $E_O(-)$, 2) $E_T(+)$, $E_O(+)$, $E_A(-)$

TS-고리형시동전극스위치, 회로의 모든 조건은 그림 5에서와 같음

회로의 동작원리는 침형시동전극스위치의 경우와 같다.

고리형시동전극스위치의 동작시간특성은 그림 8과 같다.

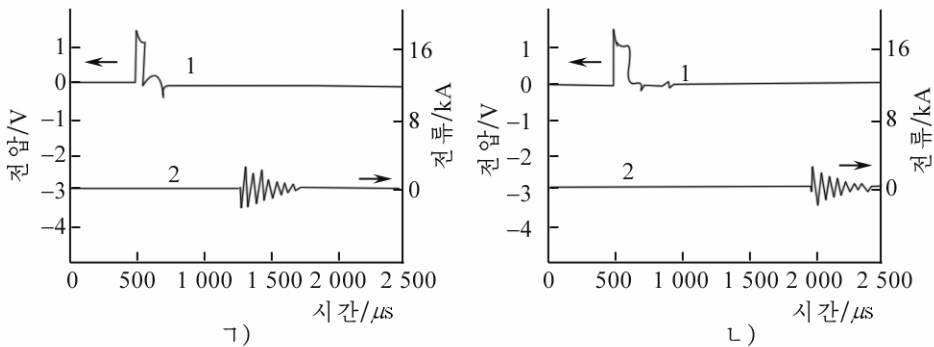


그림 8. 고리형시동전극스위치의 동작시간특성

1), 2)는 그림 7의 1), 2)경우

1, 2는 그림 6에서와 같음

그림 8에서 보는바와 같이 고리형시동전극스위치의 동작시간은 $E_T(+)$, $E_A(+)$, $E_O(-)$ 인 경우 0.8ms, $E_T(+)$, $E_O(+)$, $E_A(-)$ 인 경우 1.47ms이다.

이와 같이 시동전극의 구조에 따라서 스위치의 동작시간은 서로 다르다.

맺는 말

침형 및 고리형시동전극스위치의 동작방식과 시동전극의 구조에 따라 동작시간이 서로 다르다는것을 확인하였다.

침형시동전극스위치의 1방식에서 시동전극에 시동전압신호가 가해지는 순간부터 스위치가 완전히 열리는데까지 걸린 시간이 제일 작다.

참 고 문 헌

- [1] V. G. Baryshevsky et al.; The ITE European Pulsed Power Conference, Cern, 21~25, 2009.
- [2] B. Cadilhon et al.; Acta Physica Polonica, A 115, 6, 1084, 2009.
- [3] A. A. Neuber; Explosively Driven Pulsed Power Helical Magnetic Flux Compression Generator, Springer, 235~238, 2005.
- [4] J. Mankowski et al.; IEEE Trans. on Plasma Sci., 28, 1, 102, 2000.
- [5] C. Davis et al.; IEEE Trans. on Plasma Sci., 37, 12, 2321, 2009.

주체106(2017)년 5월 5일 원고접수

Study on High Voltage Triggered Switch

O Sok Yong, Jong Kwang Il

We considered operating time(delay time) of high voltage triggered switch with trigger electrode in center of main electrode(trigatron) and between main electrodes(triggered spark gap). Operating time(delay time) depends on trigger electrode structure and their electrical polarity. We observed the shortest delay time for trigatron with mode type 1.

Key words: high voltage, switch