

## 합성 차단 시험용 DC300kV 충전장치 개발

임근희, 최영욱, 박종문, 박경엽, 이우영, 정진교  
한국전기연구소 산업전기연구단

### 300kV DC Charging system for Synthetic Testing Facility

G.H Rim, Y.W.Choi, J.M Park, K.Y.Park, W.Y.Lee, and J.K.Chung  
Korea Electrotechnology Research Institute, Chang-Won, Kyung-Nam

#### Abstract

This paper deals with a 300kV dc charging system to be used as a voltage source in a circuit breaker synthetic short-circuit-test facility. Cockcroft-walton circuit is used to step up the rectified voltage from a single phase transformer of which primary winding is hooked up to an ac220 wall plug. Two systems with the same ratings have been designed and manufactured. The two system have been made of different supporting structure with different insulating materials. The paper describes a couple of charging schemes, system configurations and the synthetic test circuit in which the developed system is to be used.

반파 동안에는 diode D1을 통하여 C1을 충전하고, 다음 negative 반파에서는 C1과 D2를 통하여 충전하면, 無負荷時 출력전압은 변압기 2차 peak 전압의 2배로 충전 된다. 그림 2는 더욱 높은 직류전압을 얻고자 할 때 사용되는 schenkel 회로로서 半波 마다 C1, C2, C2,....., Cn을 차례로 충전해 가는 회로이며, 段數를 증가 시킬수록 더욱 높은 전압을 얻을 수 있다. 내전압 정격의 증가와 불균형 전압 분포가 단점으로 지적되고 있으나, 사용되는 capacitor의 구조와 corona ring을 설치하여 소형으로 1MV의 출력 전압을 얻을 수 있다.

#### 1. 서 론

전기는 현대산업 사회의 필수 에너지원으로 그 수요가 급증되고 있으며, 그에 따른 전력기기의 고전압, 대용량화는 긴요한 기술분야로 대두되고 있다. 국내에서도 765kV 초고압송전을 앞두고 관련 초고압기기의 개발과 시험이 중요한 문제로 부각되고 있다. 또한, 물리연구분야의 입자가속기, 플라즈마, 핵융합장치, 레이저장치, 전자빔 및 이온 빔장치 등에는 물론 정전도장, 방전가공, 전기 집진기 등에서도 고전압, 대전류에 대한 기술개발이 크게 요청되고 있다. 이 논문에서는 고전압 전기기기인 차단기의 차단 성능을 검증 하기 위한 합성 차단 설비용의 직류원으로 사용하기 위해 개발된 300kV dc 충전장치에 대해 기술 하고자 한다.

#### 2. 시스템의 구성

##### 2.1 고압 직류 발생 장치

고압의 직류원을 얻기 위해서는 통상적으로 교류전원에 정류회로를 부가하며, 고압화를 위해서는 교류측에 변압기를 이용하여 전압을 승압 시킨후 출력단에서 정류하는 방법과 직류로 정류하는 회로에 직접 승압화 회로를 부가 하는 방법이 있다. 전자의 경우 변압기에서 요구되는 절연과 출력단 붕괴의 전압 정격상승의 문제가 있다.

그러나, 현재 석탄화력 발전소에 적용되고 있는 100kV급의 전기집진기의 경우는 고전압의 교류를 변압기내에서 정류하여 출력단 붕괴를 통하여 직류 고전압을 발생 시키고 있다. 한편, 요구되는 전압이 수백kV에 이르면 절연문제의 해결이 쉽지 않다. 옥내용으로 사용이 고려 되는 경우에는 capacitor와 diode를 결합하여 구성되는 倍電壓회로를 이용하여 효과적으로 제작할 수 있는 회로 기술이 개발되어 사용되고 있다. 대표적인 예로는 그림 1의 Delon-Greinacher 회로를 들 수 있다. 최초의 positive

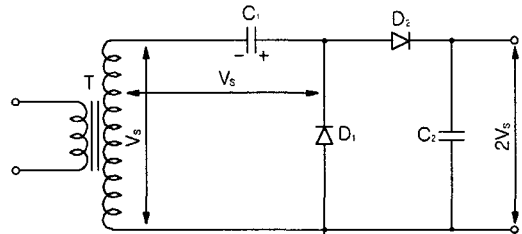


그림 1 Delon- Greinacher 회로

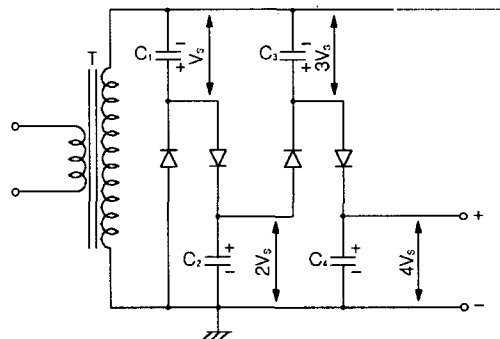


그림 2 Schenkel 회로

##### 2.2 합성 차단 시험

고전압 차단기의 단락전류 차단성능을 검증하는 방법에는 직접시험법과 합성시험법의 2가지로 크게 나눌 수 있다. 직접시험은 단락전류, 과도회복전압 및 회복전압을 하나의 전원인 단락발전기에서 직접 모두 공급하여 시험하는 방법이다. 그러나 단락발전기는 단락용량에 한계가 있으므로, 단락전류를 공급하는 전원으로는 단락발전기를 사용하고 과도회복전압 및 회복전압을 공급하여 주는 전원으로는 콘덴서 뱅크를 이용하는 합성시험법이 개발되어 현재 세계적으로 널리 사용되고 있다. 이러한 합성시험에서는 전류원으로 콘덴서와 리액터의 진동전류를 이용하면 이런 경제적 부담이 없어지므로 경제적이고 효율적인 시험을 실시할 수 있고 차단기의 연구개발

에 보다 적극적으로 대처해 나갈 수 있다.

그림 3은 간이 합성시험설비의 회로도를 보여주고 있으며, 크게 전류원 회로와 전압원회로로 나눌 수 있다. 전류원회로의 콘덴서  $C_1$ 과 리액터  $L_1$ 에 의해 발생한 진동전류는 보조차단기  $B_a$ 와 피시폼차단기  $B_b$ 에 단락전류  $i$ 를 흐르게 한다.  $B_a$ 와  $B_b$ 가 전류의 자연영점  $T_0$ 에서 소호하기 직전  $T_1$ 의 위치에서 주점을 방전시키면,  $C_v$  및  $L_v$ 에 의한 진동방전전류  $i_v$ 는  $B_a$  및  $B_b$ 를 통해 흐른다.  $T_1$ 은  $i$ 의 자연영점과  $i_v$ 의 피크가 거의 일치하도록 정해진다. 그리고 진동전류  $i_v$ 는  $B_b$ 에 대해서 합의 방향으로 흐르기 때문에  $B_a$ 는  $B_b$ 보다 빨리 차단되고 ( $T_2$  점) 그 이후는  $B_b$ 를 통해서만 흐르는  $i_v$ 의 영점  $T_3$ 에서  $B_b$ 는 차단되고,  $B_b$ 의 극간에는, 전압원회로의  $C_v$ ,  $L_v$ ,  $R_f$ ,  $C_f$  및 그림 4와 같이 충전전압  $E_v$ 에 의해 결정되는 과도회복전압이 발생해서 직접시험과 같은 차단책무를  $B_b$ 에 추가하게 된다.

- 이러한 합성 차단시험의 장점은 다음사항들을 들 수 있다.
- 소요에너지가 적다.
  - 시험의 효율성이 높다.
  - 시험전류의 주파수변경이 쉽다.

한편, 단점으로는 단락전류의 감쇠가 단락발전에 비해 빨라서, 단시간 전류시험이나 통전사이클이 긴 단락전류 시험인 경우에는 원하는 전류치를 얻기가 어려운 경우가 있다.

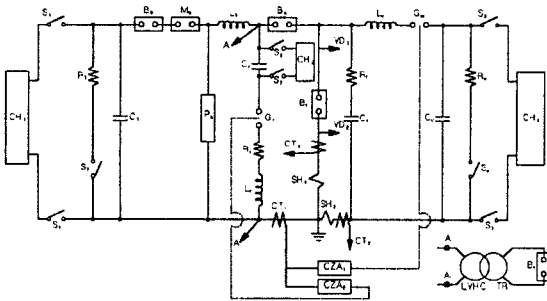


그림 3 합성 시험설비 회로

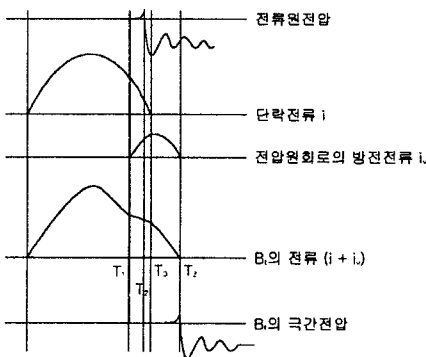


그림 4 합성회로 각부의 전압전류

### 3. 정류 및 충전회로

본 개발에 사용된 회로는 그림 5와 같은 cockcroft-walton 회로로서 4개의 고전압 capacitor와 4개의 고전압 diode 및 역병렬로 연결된 1쌍의 thyristor 스위치로 구성되었다. 출력단에는 충전장치의 부하로서 합성설비의 전압원으로 사용되는  $C_0$  및 개폐기 S와 capacitor에 충전된 energy를 방전시키는 방전저항  $R_p$ 가 연결된다.

### 3.1 회로동작

회로의 충전은 변압기의 출력단에 양의 피크 전압  $V_s$ 가 발생하면,  $D_1$ 을 통하여  $C_1$ 이  $V_s$ 로 충전된다. 다음 변압기의 출력 전압극성이 반전되면, 변압기 전압과  $C_1$ 의 충전 전압이 가산되어  $D_3$ 를 통하여  $D_2$ 가

$$V_{C_2} = 2V_s$$

로 충전된다. 또다시 변압기 출력단 전압이 반전되고, 변압기 a 축이 양의 극성이 되면  $C_2$ 의 전압  $2V_s$ 가 더해져서  $C_3$ 는  $D_3$ 를 통하여 충전된다. 그러나  $C_3$ 의 충전전압은  $C_1$ 의 충전전압  $V_s$ 로 인하여  $3V_s$ 가 아닌  $C_2$ 의 충전전압과 같은  $2V_s$ 로 충전된다. 시간이 지남에 따라 이러한 충전동작을 반복하여  $C_1$ 을 제외한 모든 capacitor에는  $2V_s$ 가 충전되어 마지막  $C_4$ 의 상단과 접지단인 a 사이에는  $4V_s$  직류 전압이 발생된다.

따라서, 부하 capacitor  $C_0$ 는  $C_2$ 와  $C_4$ 로부터 에너지를 공급받으며, 최종출력전압은,  $V_0 = 4V_s$ 가 된다.

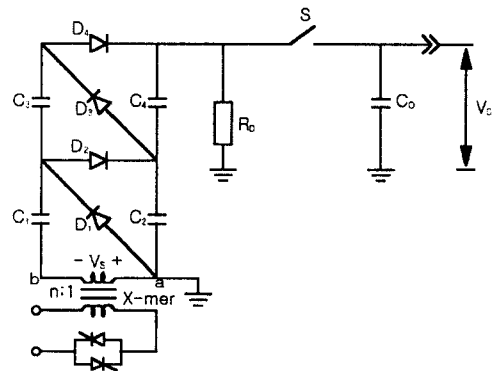


그림 5 Cockcroft-Walton 회로

### 3.2 주요 부품의 성격 선정

충전장치의 입력전압  $V_s$ 를 기준으로  $C_1$ 의 전압정격은  $V_s$ 이며,  $C_2$ ,  $C_3$  및  $C_4$ 의 전압 정격은 2배인  $2V_s$ 가 된다. 또한 다이오드의 전압정격은

$$V_{D_1} = V_{D_2} = V_{D_3} = V_{D_4} = 2V_s$$

로 결정된다.

### 3.3 제작사항

- Max. Charging Voltage : 300kV
- Max. Charging Current : 100mA
- Max. Charging Energy  $\approx$  1MJ
- Permissible charging time  $\leq$  1min.
- Input Voltage : 220V, 1 $\phi$
- Charging characteristics

### 3.4 설계 제작

사용된 capacitor는 국내 사에서 제작된 것으로 정격 전압은 100kVdc, 정전용량은 0.3 $\mu$ f이며, 중량이 28kg이다. 캐패시터 주위의 stray capacitor의 영향을 최소화하기 위해 corona ring을 그림 6과 같이 설계 제작 하였다. 또한, 각 연결 단자부분에는 Al 구조물을 이용 곡률반경을 크게하여 전계집중에 의한 spark 발생을 억제하였다. 지지물로서는 1차 제품(그림7)에서는 fiber glass와 MC Nylon을 사용하였으며, 2차 제품(그림8)에서는 23kV급의 Epoxy 애자와 fiber glass를 사용하였다. 다이오드 정격은 160kV 500mA를 사용하였으며 2개씩 직렬로 연결하여 사용하였다.

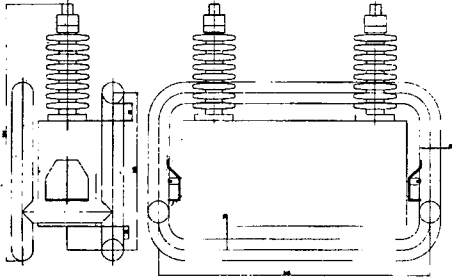


그림 6. Capacitor와 corona ring

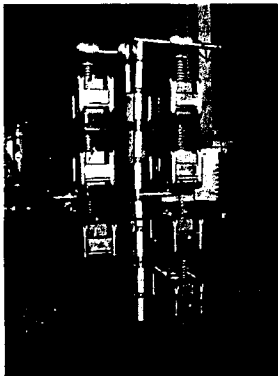


그림 7. 충전장치(1차제품)

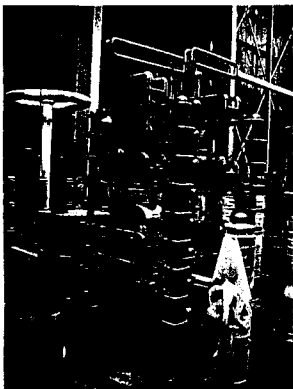
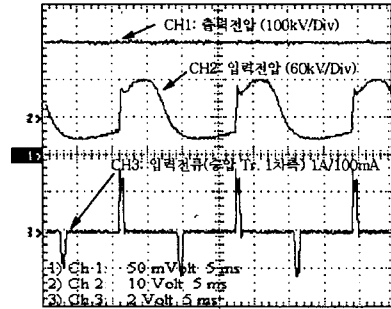


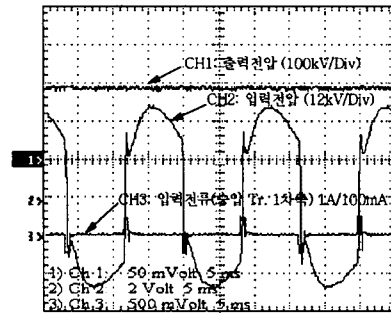
그림 8. 충전장치(2차제품)

### 3.5 실험 결과

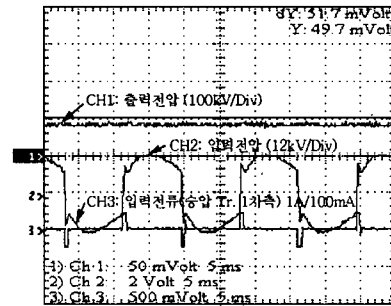
그림 9는 각 충전전압에서의 출력전압, 입력전압 및 입력전류를 측정된 결과이다.



(a) 300kV 충전된 경우



(b) 180kV 충전된 경우



(c) 80kV 충전된 경우

그림 9. 충전 실험 파형

## 4. 결 론

본 연구개발 결과는 차단기의 합성시험설비용으로 설계 제작된 dc 300kV급의 충전장치에 대한 것으로 2개의 같은 용량을 제작 시험한 결과이다. 지금까지 외국에서 수입 사용한 고가의 고압 충전장치를 국산화 개발하였으며 개발과정에서 얻어진 know how를 통하여 향후 산업의 고도화에 따라 발생될 동 분야의 기술 수요에 부응할 수 있는 많은 기술축적을 이루었다.

### (참 고 문 헌)

- [1] 이복희 역 「고전압 대전류 공학」, 청문각, 1993.
- [2] F. Frank 「Capacitor Discharge Engineering」, Academic press, 1976.
- [3] 박종화 등 「LC 공진회로를 이용한 간이 합성시험설비」, '93 하계학술대회, 대한전기학회, pp631-635