

부싱형 커패시터를 이용한 고전압 계측시스템에 관한 연구

論 文
48A-5-3

A study on a high-voltage measuring system using bushing-type capacitor

姜文盛* · 沈衡寬* · 柳忠鉉*

(Moon-Sung Kang · Hyoung-Kwan Sim · Choong-Hyun Yoo)

Abstract - An improved, accurate and reliable high-voltage measuring system utilizing a bushing-type capacitor is proposed in this study. This system measures voltages and phase angles of three-phase 22.9 kV power distribution lines and provides enough current to charge a battery for a motor-driven load switch and to operate the measuring and communication circuits for the distribution automation. For reliability, epoxy resin was used as the dielectric material of the bushing-type capacitor since the dielectric strength of epoxy resin is very stable over the wide range of temperature. Capacitances were investigated and found to be stable over the wide range of temperature and applied voltage, and the results indicate that the proposed measurement system is very reliable.

Key Words : High-voltage measuring system, Bushing-type capacitor, Load switch, Epoxy resin

1. 서 론

현대는 산업의 고도화로 인해 전력의 안정적 공급이 대단히 중요하게 되었으며, 이를 위해 전력공급설비의 신뢰성 향상 및 자동화가 필수 불가결하게 되었다. 따라서 배전 선로 전압의 이상유무에 따라 선로를 개폐하는 부하개폐기의 경우, 정확하게 계측된 배전 전압에 따라 신뢰성있는 개폐조작이 요구되고 있다.

국내에서 사용하고 있는 가스절연 부하개폐기의 경우 22.9 kV의 고전압에 의한 부분방전을 줄이기 위해 2~3 기압의 SF₆ 가스를 충전하여 사용하고 있으며 전압검출을 위해 두 개의 커패시터를 직렬로 연결한 커패시터 분압방식을 채택하고 있다[1, 2, 3]. 그리고 개폐기의 전동개폐를 위한 전원으로서는 외부변압기와 제어함 내에 설치되어 있는 축전지를 사용하고 있다. 그러나 두 개의 커패시터 중 고압용 커패시터의 경우 고유전율 자기소재를 사용하고 있어 주변온도 및 선로전압 변동에 따라 유전율이 민감하게 변화하여 커패시터의 정전용량이 크게 변함으로써 전압계측에 상당한 오류를 발생시킬 뿐 아니라 부분 방전에 의한 커패시터의 열화 및 외뢰나 내뢰등의 이상전압에 대한 보호장치의 결여로 신뢰성 문제가 심각하게 대두되고 있다. 또한 비상시 개폐기 동작을 위한 축전지에 충분한 충전전류를 공급하지 못함으로써 사고시의 대처 기능이 미흡한 실정이다[1, 2]. 따라서 차후 배전

자동화를 위해서는 보다 정밀하게 전압을 감시하고, 중앙시스템과의 통신기능을 갖춘 전압계측 시스템의 개발이 시급하다.

국내의 관련 업계에서는 고전압 계측의 정밀도 향상에 목표를 두고 기존의 커패시터 분압방식의 개선을 위한 연구를 하고 있으며, 현재 시험 생산단계에 있는 것으로 개폐기 부싱의 내부에 금속링을 설치하여 만든 커패시터를 전압센서로 이용하는 시스템을 들 수 있다. 이 시스템에서 사용하는 커패시터는 단지 전압센서로서의 역할뿐이기 때문에 정전용량의 크기에 구애를 받지 않으며, 이에 따라 정전용량도 대단히 작아서 전압계측은 가능하나 외란에 의한 축적전하의 변동에 민감하게 반응하므로써 전압변동이 심화하여 계측정밀도의 저하가 우려되며, 또한 개폐기 구동용 충전전류의 확보를 위해서는 별도의 방안을 강구해야 될 것으로 생각된다. 더욱이 배전자동화를 위해서는 보다 안정되고 정밀한 전압계측뿐 아니라 배전자동화를 위한 계측 및 통신용 전원확보가 필수적이다.

그러므로 본 연구에서는 기존의 커패시터 분압방식을 채용하되 고전압 계측의 신뢰성 향상과 동시에 충전전류, 계측 및 통신용 전원의 확보가 가능한 계측시스템의 구현을 중요과제로 한다. 커패시터 분압방식의 신뢰성 향상을 위해서는 고압용 커패시터에 온도 및 전기적 특성이 우수한 유전체를 사용하여 하고, 전원확보를 위해서는 커패시터의 정전용량의 크기를 고려해야 한다.

본 연구에서는 신뢰성 향상을 위해 전기적 특성과 온도 특성이 우수한 저유전율 재료인 에폭시 수지를 고압용 커패시터의 유전체로 사용하기로 한다. 이와 같이 할 경우 저유전율 재료를 사용함으로써 정전용량이 감소하게 되는데 이를 보상하기 위해서는 커패시터의 크기를 증가시켜야 하고, 필요한 정전 용량을 갖는 크기의 커패시터는 기존의 부하개

*正 會 員 : 淸州大 理工大 電子工學科 副教授 · 工博
接受日字 : 1998년 11월 16일
最終完了 : 1999년 4월 13일

폐기 내부에 설치될 수 없다. 따라서 부하개폐기의 내부에 별도의 분압용 고압 커패시터를 설치하는 대신 부하개폐기의 절연 부싱을 단순히 부싱으로서의 역할뿐 아니라 커패시터의 역할을 하게 하므로써 설치공간의 문제를 해결하면서 동시에 필요한 정전용량의 확보가 가능하도록 한다. 이를 위하여 부싱형태의 커패시터를 설계, 제작하고 선로 전압변동 및 주위 온도변화에 따른 정전용량의 변화특성을 조사하므로써 전압 계측소자로서의 정밀도와 안정성을 확인하고자 한다. 확인된 결과를 바탕으로 설계·제작하는 전압계측장치는 고성능 A/D 컨버터와 μ -controller를 사용하여 측정부를 구성함으로써 전원의 위상 및 결상정보를 처리하고, 계측된 전압정보를 표시부에 디스플레이 할 수 있게 하며, serial port를 통해 외부와의 데이터 통신을 가능하게 한다. 또한 시뮬레이션을 통해 충분한 전원의 확보 가능성을 검증하고자 한다.

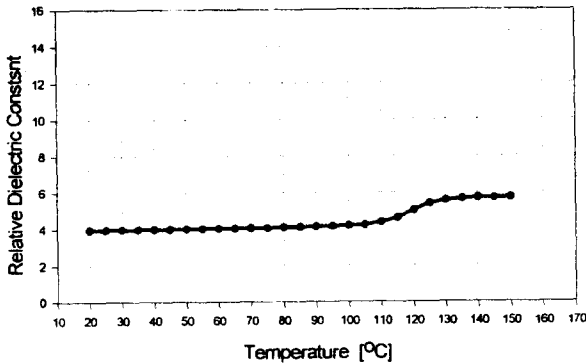


그림 1 에폭시 수지의 비유전율 (ϵ_r)
 Fig. 1 Relative dielectric constant (ϵ_r) in f=50Hz,
 ICE 250 / DIN 53483

2. 본 론

2.1 부싱형 커패시터의 설계 및 특성

본 연구에서 사용한 에폭시 수지의 비유전율은 그림 1에서 보는 바와 같이 광범위한 온도영역에서 변화가 거의 없이 4를 유지하며, 또한 손실계수(loss factor)는 0.001이하로 극히 미소하다[1, 2]. 설계한 부싱형 커패시터의 구조를 그림 2에 나타내었다. 직경 20 mm, 길이 350 mm의 부싱 축(동봉)과 내경 31 mm, 두께 0.5 mm, 길이 300 mm의 동관 사이에 무기물(Silica Powder)의 충전제가 혼합되어 있는 에폭시수지를 5.5 mm 두께로 진공충진하고, 이를 직경 50 mm, 길이 350 mm의 형틀 속에 넣어 다시 에폭시수지를 채워 경화시키는 방법으로 부싱을 제작하였다. 이 때 축과 동관을 각각 내측 및 외측전극으로 사용하였다. 그리고 현재 일반적으로 사용되고 있는 자기재료의 갓(shed)대신 절연성, 내후성, 내열성이 우수한 뿐 아니라 경량이고 가공성이 좋은 실리콘 고무 재질의 갓을 이용하는 것으로 설계하였다. 갓의 형태 설계시 강우 및 눈 등에 의한 bridging을 피하기 위해 대단히 중요한 요소인 갓 사이의 거리, 갓의 돌출거리(shed overhang), 또한 연면 섬락특성에 영향을 미치는 누설거리(leakage distance), 자기세특성을 나타내는 요소인 갓의 기울기 등을 고려하였다[4-7]. 설계된 원통형 커패시터의 정전용량 C는

다음 (1)식으로부터, 에폭시수지의 비유전율(ϵ_r)이 4이고, $L = 30$ cm, $a = 1$ cm, $b = 1.55$ cm이므로 약 152.3 pF가 된다.

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r L}{\ln \frac{b}{a}} [F] \tag{1}$$

$\epsilon_0 = 8.855 \times 10^{-12} [F/m]$, ϵ_r : 비유전율, L :동심원통의 길이, a : 내부원통의 반경, b : 외부원통의 반경

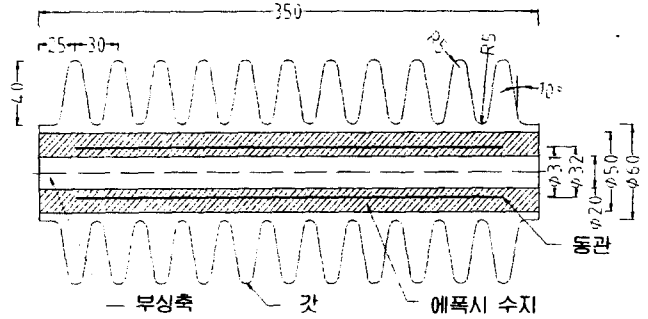


그림 2 부싱형 커패시터의 구조

Fig. 2 A cross-sectional view of a bushing-type capacitor

또한 Maxwell S/W를 사용하여 전극 말단부의 형태에 따른 전계집중 시뮬레이션을 행함으로써 국부 고전계 형성부분에서의 부분방전의 가능성 및 절연파괴내력을 조사하였다. 그 결과 그림 3에서 보는 바와 같이 외측전극의 말단부를 곡면형태로 한 경우에는 인가전압이 $22.9[kV]/\sqrt{3} \times \sqrt{2} = 18.7[kV]$ 일때 최대전계값이 18×10^6 V/m이었고, 그림 4와 같이 외측전극의 말단부를 곡면형태로 하고 또한 바깥쪽으로 기울어지도록 설계를 한 경우에는 최대전계값이 12×10^6 V/m이었다. 본 연구에서 사용한 에폭시 수지의 절연파괴내력은 20×10^6 V/m이므로 그림 3 및 그림 4의 두 형태 모두 절연파괴내력 범위안에 있으나 여유를 고려한다면 그림 4와 같은 형태가 더욱 적절하다.

2.2 고전압 계측장치의 설계

부싱형 커패시터를 이용한 고전압 계측방식은 그림 5와 같다. 이때 제작된 원통형 커패시터와 직렬로 저압용 커패시터를 연결하여 적정 분압비가 유지되도록 하였으며, 두 커패시터 사이에 변압기를 배치하여 제어전원회로를 구성하였다. 이 저압용 커패시터에 인가되는 전압을 측정하여 다음 식 (2)를 이용함으로써 배전선로의 전압정보를 획득할 수 있도록 하였다.

$$v_h(t) + v_l(t) + v_f(t) = e(t)$$

$$v_h(t) = \frac{C_l}{C_h} \cdot v_f(t) \tag{2}$$

$$e(t) = v_f(t) \cdot \left(1 + \frac{C_l}{C_h}\right) + v_l(t)$$

단,
 $e(t)$ = 선로전압, $v_h(t)$ = 고압커패시터 양단간 전압,
 $v_l(t)$ = 저압커패시터 양단간 전압, $v_r(t)$ = 변압기 1차전압,
 C_h = 고압커패시터 용량, C_l = 저압커패시터 용량.

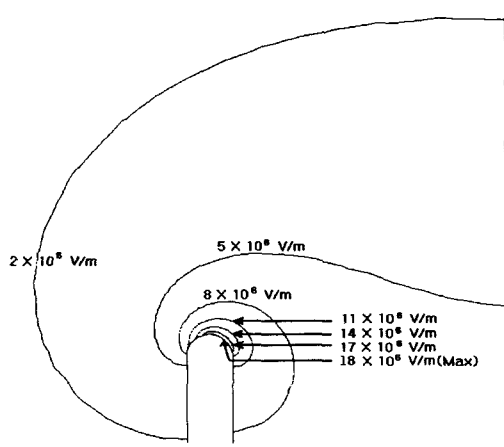


그림 3 외측 전극말단부의 기하학적 형태에 따른 전기장 분포

Fig. 3 Electric field distribution at the edge of the outer electrode depending on geometrical shape

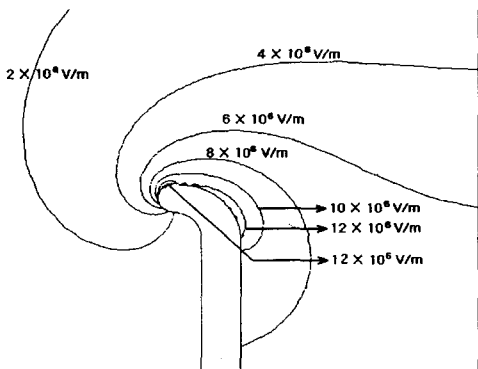


그림 4 외측 전극말단부의 기하학적 형태에 따른 전기장 분포

Fig. 4 Electric field distribution at the edge of the outer electrode depending on geometrical shape

제어전원회로에 있어서 부하전류의 변화에 의한 변압기 1차 전압의 변동으로 전압측정오차가 발생하게 되는데, 본 연구에서는 변압기 2차측을 정부하 회로[8]로 구성하여 부하 임피던스를 일정하게 유지하므로써 변압기의 등가회로가 단순 인덕터로 간주되어 부하변동에 의한 측정오차를 발생하지 않도록 하였고, 이 때 생성되는 전류는 축전지의 충전, 계측회

로의 구동 및 통신용 전원으로 사용하였다. 또한 그림 5에 나타난 것처럼 고압용 커패시터, 변압기, 저압용 커패시터의 순서로 구성하여 각 상의 저압용 커패시터가 동일한 위상 측정기준을 갖도록 중성선을 공통접점으로 배치하므로써 각 상 전압의 크기뿐 아니라 위상정보를 얻을 수 있도록 하였다. 이상전압에 대한 보호를 위해서는 그림 5에서 보는 바와 같이 각상에 계측시스템과 병렬로 피뢰기를 설치하였다.

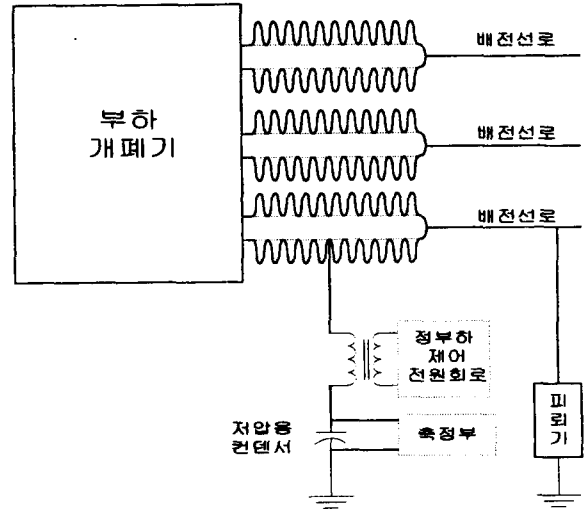


그림 5 각 상별 고전압 계측방식

Fig. 5 High-voltage measuring system for each phase

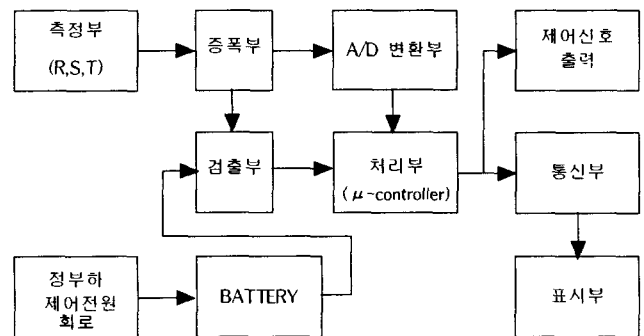


그림 6 고전압 계측장치의 구성

Fig. 6 Schematic diagram of the high-voltage measuring system

그림 6은 고전압계측장치의 구성을 나타내며, 각 상별 측정 신호에 대한 zero-point detect기능을 이용하여 위상차를 검출함으로써 상의 일치/불일치 정보의 획득이 가능하여 이에 따른 제어신호를 발생시키며, 또한 제어전원용 축전지의 과충·방전등의 이상여부를 감지하여 표시부에 나타내며 동시에 제어신호를 내보내는 기능을 갖는다. 이러한 전압정보와 축전지 정보처리 및 제어를 위하여 기존의 μ -controller중에서 노이즈에 강하고 상대적으로 저렴하며 빠른 처리속도를 가진 PIC16C73 및 고성능의 16비트 AD컨버터인 AD976A를

이용한 디지털방식을 채용함으로써 안정적이고 정확도 높은 계측장치를 제작할 수 있었다[9]. 또한 Serial 통신을 이용한 원격감시가 가능하도록 RS485규격을 지원하는 MAX485 칩을 사용하여 정보전송이 가능하도록 했고, PC와도 데이터를 주고 받을 수 있도록 RS232C 규격을 지원하는 MAX232 칩을 사용하였다.

3. 실험 및 고찰

3.1 부상형 커패시터의 특성 실험

인가전압 변동에 따른 커패시터의 정전용량 변화특성을 알아보기 위해, 설계 · 제작한 고압용 부상형 커패시터와 39.5 nF의 정전용량을 가진 저압용 마이러 커패시터를 직렬로 연결하고, 각각의 커패시터에 걸리는 전압을 측정하여 이들의 분압비를 계산하였으며, 계산된 분압비를 이용하여 고압용 커패시터의 정전용량을 구하였다. 이때 저압용 커패시터는 인가전압 변동에 따른 정전용량의 변화가 무시될 수 있을 정도임을 실험에 의해 확인하였다.

상용주파수의 인가전압을 3 kV~18 kV까지 약 1 kV씩 증가시켜 가며 5회에 걸쳐 실험한 결과를 그림 7과 8에 나타내었다. 그림 7에서 보는 바와 같이 인가전압의 변동에도 불구하고 분압비는 일정하였으며, 커패시터의 정전용량은 평균 155.4 pF로 측정오차범위정도($\pm 0.4\%$)내에서 변화하는 것을 그림 8에서 알 수 있었다.

온도특성을 실험하기 위해 밀폐된 공간에 부상형 커패시터를 넣고 상용주파수의 4 kV 전압을 인가한 후, 온도를 $-33.5^{\circ}\text{C} \sim 51.2^{\circ}\text{C}$ 까지 변화시켜 가면서 상기에서 전술한 바와 같이 분압비를 이용하여 커패시터의 정전용량을 측정하였고, 그 결과를 그림 9에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 부상형 커패시터의 정전용량은 평균 155.5 pF으로 측정오차범위 정도($\pm 0.4\%$)내에서 변화하는 것으로 측정되었으며, 온도 변화에 거의 영향을 받지 않고 일정한 값을 유지함을 알 수 있었다.

이와 같이 인가전압 및 외부 온도의 변화에도 불구하고 안정된 정전용량치를 보일 뿐 아니라 측정된 정전용량치가 이론치인 152.3 pF에 대단히 근사하다는 사실은, 본 연구에서 커패시터의 유전물질로서 온도 및 전기적 특성이 대단히 안정한 에폭시 수지를 채용한 결과이며, 이를 이용해 설계 · 제작된 부상형 커패시터는 고전압 계측시스템의 분압용 소자로서 대단히 적합한 것으로 사료된다.

3.2 고전압 계측장치의 성능 실험

제어전원회로의 특성을 알아보기 위하여 PSPICE tool을 이용해 시뮬레이션을 수행하였다. 이때 요구되는 전원회로는, 교류전원 상실시에도 24시간 이상 제어가 가능한 충분한 용량인 3.0 AH의 축전지에 24 V 직류전압의 인가가 가능해야 하고, 1 회의 만충전으로 개폐동작을 50회 이상 할 수 있도록 충분한 충전전류를 공급할 수 있어야 한다. 이러한 조건을 만족시킬 수 있도록, 그림 10에서 보는 바와 같이 제어전원회로는 155 pF의 고압용 커패시터와 155 nF의 저압용 커패시터, 정격전압이 1000/27 V_p (peak치)인 변압기로 구성하였다. 시뮬레이션 결과, 축전지의 충전전압과 전류파형은 그림 11에

보이는 바와 같았으며, 각 상당 축전지에 충전되는 전압은 24 V, 전류는 24.1 mA로 나타나, 3상으로 제어전원회로를 구성했을 때 충전 전류는 약 72.3 mA가 된다. 그러나 본 연구에서 구현한 고전압 계측장치의 측정부 구동에 필요한 소비전력이 0.7 W 정도이며, 약 0.1 W의 자체누설 소비전력을 감안하면 실제 축전지에 충전되는 전류는 약 38.9 mA가 된다. 따라서 축전지가 완전히 방전되더라도 약 1시간 30분 정도의 충전으로 개폐기의 개폐동작이 가능하도록 설계되어, 충분한 충전전류와 측정부 구동에 필요한 전원을 자체적으로 공급할 수 있음을 알 수 있었다.

고전압계측장치(그림 12)의 성능검증을 위하여 220 V 3상 전원을 인가한 후 전압계측능력과 검상능력 및 결상 검출능력을 확인하는 축소실험을 하였다. 축소실험을 위해 16.8 nF의 마이러 커패시터, 변압기와 722 nF의 마이러 커패시터를 병렬로 연결하고 두 커패시터에 의한 분압비가 약 42.9:1이 되도록 하였다. 상기의 사양으로 행한 인가전압 변화에 따른 실험결과를 표 1에 나타내었다. 이때 표시부의 FND에 표시되는 값은 백 자리에서 반올림되는 값이므로 220 V 단상전원을 인가하는 축소실험에서는 정확한 계측값이 표시될 수 없어 인가전압이 220 V (311 V_p) 일 때 22.9 kV의 상 전압인 18.7 kV_p가 표시되도록 증폭부의 가변저항을 조정하여 전압값을 보정시킨 후 실험하였다.

두 커패시터 사이에 변압기를 배치하더라도 표 1에서 보는 바와 같이 인가전압의 변동에 관계없이 항상 일정한 분압비(평균 분압비 : 42.6)를 유지하며 표시부의 FND에도 정확하게 표시됨을 알 수 있었다. 비록 FND의 표시치가 100 V단위로 표시됨에도 불구하고 인가전압과의 비가 거의 일정하게 나타나 실제로 측정되는 전압값은 정확하다는 것을 알 수 있었다. 또한 단상전원을 측정부의 R상 입력으로 인가할 때 측정부의 제어신호 확인용 LED가 점등되고, 표시부에는 R상의 전압값과 위상값만 나타나며, 나머지 두 상의 전압과 위상값은 모두 0으로 표시되고 전압과 위상에서 표시용 LED가 모두 구동됨을 확인하였다. 또한 전압이 정격의 75%~110% 범위를 벗어나면 R상의 전압에서 표시용 LED가 점등되어 단선/결상임을 확인할 수 있었다. 또한 220 V 3상 전원을 인가하고 성능실험을 해 본 결과, 3상 모두 정확한 전압값과 위상차를 FND에 표시하였고, 예러 표시용 LED들도 구동되지 않았으며, 한 상을 결상시키고 실험한 결과로부터도 계측장치가 정확하게 동작함을 알 수 있었다.

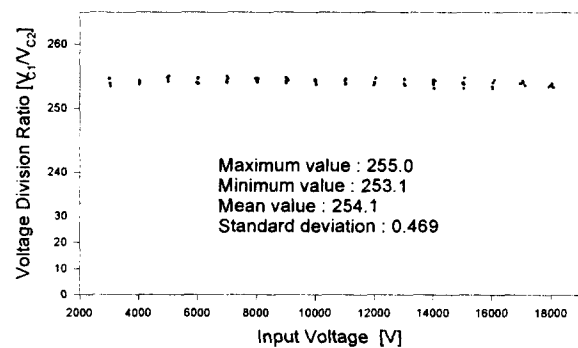


그림 7 인가전압 변동에 따른 분압비

Fig. 7 Voltage-dividing ratios at various applied voltages

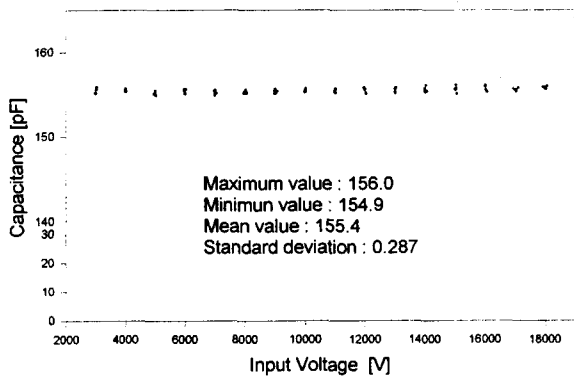


그림 8 전압 변동에 따른 부싱형 커패시터의 정전용량 변화 특성

Fig. 8 Capacitances of a bushing-type capacitor at various applied voltages

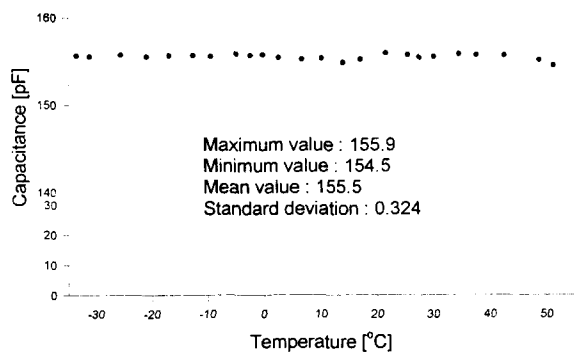


그림 9 온도 변화에 따른 부싱형 커패시터의 정전용량 변화 특성

Fig. 9 Capacitances of a bushing-type capacitor at various temperatures

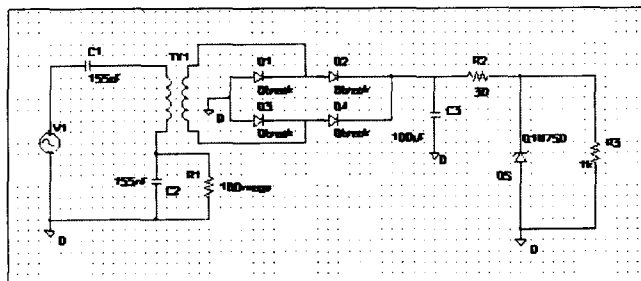


그림 10 각 상별 제어전원회로

Fig. 10 Control power circuitry for each phase

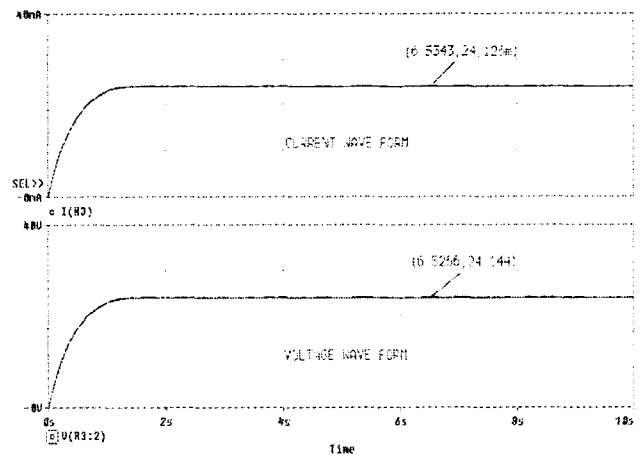


그림 11 축전지의 충전전압 및 전류파형

Fig. 11 Waveforms of the charging voltage and current of the battery charger

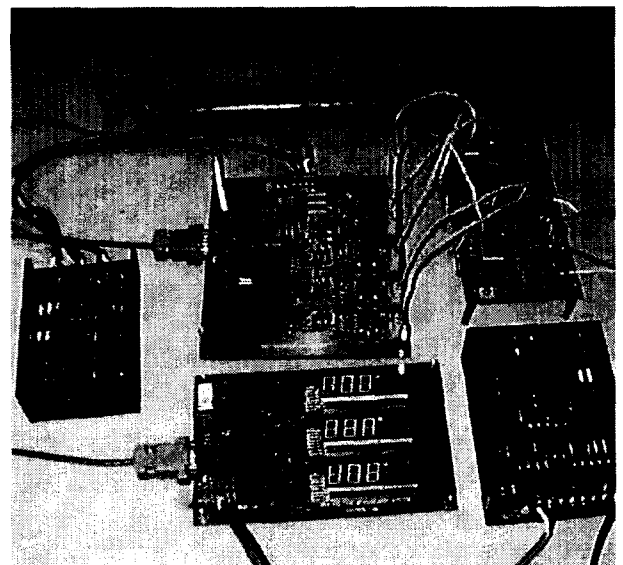


그림 12 고전압 계측장치의 사진

Fig. 12 A photograph of the high-voltage measuring system

4. 결 론

본 연구에서는 온도 및 전기적 특성이 뛰어난 저유전율의 고분자 합성소재인 에폭시 수지를 유전체로 하여 부싱형 커패시터를 설계·제작하고, 고전압 계측소자로서의 정밀도와 안정성을 확인하였다. 또한 계측장치의 설계시 제어전원회로용 변압기 2차측을 정부하 회로로 구성하므로써 전압측정에 영향을 주지 않도록 하였다. 실험결과, 부싱형 커패시터는 주위 제반 환경변화에 따른 특성이 우수하여 측정오차 $\pm 1\%$

표 1 인가전압 변동에 따른 분압비와 FND 표시 전압치

Table 1 Voltage-dividing ratios and FND-displayed voltages depending on applied voltages

V _{IN} [V]	V _{C1} [V]	V _{C2} [V]	분압비 (V _{C1} /V _{C2})	FND 표시치 [kV]	FND 표시치 /V _{IN}
199.2	224.8	5.230	42.98	12.1	60.74
219.4	246.8	5.778	42.71	13.3	60.62
238.3	278.5	6.537	42.60	14.4	60.43
249.1	290.1	6.799	42.67	15.0	60.22
258.6	301.0	7.052	42.68	15.6	60.32
269.6	312.9	7.389	42.35	16.2	60.09
289.1	336.7	7.969	42.25	17.4	60.19
301.6	341.4	8.022	42.56	18.1	60.01
321.3	365.9	8.614	42.48	19.4	60.38
336.1	381.2	8.990	42.40	20.2	60.10

이내로 계측 정밀도를 향상시킬 수 있었다. 그리고 전원회로에 대한 시뮬레이션 결과 약 38.9 mA의 충전전류를 확보할 수 있어 축전지가 완전방전되더라도 약 1.5 시간이 경과하면 개폐동작이 이루어지며, 계측, 제어 및 통신을 위한 충분한 전원확보가 가능함을 확인하였다. 그리고, 부상형 커패시터를 사용한 고전압 계측제어장치를 16bit ADC인 AD976A와 μ -controller PIC16C73을 이용하여 구현해 실험한 결과, 정확한 검상능력과 결상 검출능력을 지닌 정밀한 고전압 계측장치임을 알 수 있었다.

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학 공동연구소 주관으로 수행되었음 (97-지-12)

참 고 문 헌

[1] 박정훈, 홍성훈, 강문성, "부하개폐기용 고전압 계측제어 장치에 관한 연구", '98년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, B권, pp.757-759, 1998.
 [2] 박정훈, 홍성훈, 강문성, 심형관, 유충현, "부하개폐기를 위한 고전압 계측용 컨덴서형 부상에 관한 연구", 1998년도 대한전기학회 충북지부 학술대회 논문집, pp.27-29, 1998.
 [3] M.Khalifa, High-Voltage Engineering, Marcel Dekker, INC., pp.243-255, pp.449-486, 1990.
 [4] R. P. Sheldom, "Composite Polymeric Materials",

Applied Science, 1982.
 [5] 김형식, 이상권, "Epoxy계 복합재료 옥외용 애자 개발에 관한 연구", 한국전기연구소, pp.41-44, 1991.
 [6] Jens Frost, "Longterm Test of RIP Bushings with Silicone Rubber Sheds and New Design Issues for Transformer Bushings", International Symposium on Modern Insulator Technologies, pp.229-242, Nov. 16-19, 1997.
 [7] 강동필, 박효열, 한동희, "초고압 composite bushing의 개발동향과 핵심기술", 1998년도 대한전기학회 전기기기연구회 춘계 학술발표회 합동논문집, pp.189-193, 1998.
 [8] 강문성, "특고압 배전선로 전압 계측방법 개선에 관한 연구", 기초전력공학공동연구소, pp.15-22, 1998.
 [9] MICROCHIP, EMBEDDED CONTROL HANDBOOK, Microchip Technology Inc., VOLUME 1., 1997.

저 자 소 개



강 문 성 (姜 文 盛)
 1954년 12월 2일생. 1978년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 교토 대학 전기공학과 졸업(공학박). 현재 청주대학교 전자공학과 부교수.

Tel : (0431) 229-8455
 E-mail : kanms@chongju.ac.kr



심 형 관 (沈 衡 寬)
 1954년 7월 24일생. 1977년 한양대 공대 전자공학과 졸업. 1987년 University of Iowa 전기전자공학과 졸업(공학박). 현재 청주대학교 전자공학과 부교수.

Tel : (0431) 229-8454
 E-mail : hysim@chongju.ac.kr



유 충 현 (柳 忠 鉉)
 1955년 9월 6일생. 1978년 서울대 공대 공업교육학과(전기전공) 졸업. 1988년 University of South Florida 전기전자공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 전기전자공학과 졸업(공학박). 현재 청주대학교 전자공학과 부교수.

Tel : (0431) 229-8456
 E-mail : hyun@chongju.ac.kr