

부하개폐기용 고전압 계측제어 장치에 관한 연구

박정훈*, 홍성훈**, 강문성**
청주대학교 전자공학과

A Study on the High-Voltage Measuring & Control System for a Load Switch

Park Jung-Hoon, Hong Sung-Hoon, Kang Moon-Sung
Dept. of Electronic Eng. Chongju Univ.

Abstract - This paper proposes a new high-voltage measuring system that is able to provide current enough to charge a storage battery for a motor driving a load switch, and detect each phase voltage and phase angle in three phase distribution line accurately.

In order to develop the reliable voltage measuring system, we had designed and manufactured condenser-type bushing having good characteristics for temperature on account of using epoxy resin as dielectric material, and investigated the variation characteristics of capacitance via variation of applied voltage.

The experiment results show that the proposed condenser has good characteristics to environmental changes.

스개폐기 내장형 전압계측장비의 개발을 위한 연구를 수행하였다.

신뢰성 높은 컨덴서 분압방식의 전압계측장치 개발을 위해 개폐기의 인입구에 부착하는 부싱을 컨덴서로 활용하는 방안을 강구하였다. 이를 위해 온도 특성이 좋은 저유전율 재료인 에폭시 수지를 유전체로 사용한 컨덴서형 부싱을 설계, 제작하여 선로 전압변동에 따른 정전용량의 변화특성을 조사하여 계측소자로서의 가능성을 확인하고자 하였다.^[4] 그리고 전원의 상구분을 정확히 할 수 있는 검상능력과 결상을 찾아 낼 수 있는 능력을 지닌 전압계측장치 개발을 위하여 고성능 A/D 컨버터와 마이크로 컨트롤러를 사용하여 측정부를 구성하였고, 개폐조작용 전동기의 제어용 전원인 축전지의 충전에 필요한 충분한 전류의 확보를 위한 전원회로를 구성하여 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하고자 하였다.^[5]

1. 서 론

현대는 산업의 고도화로 인해 전력 공급 설비의 고신뢰도화 및 자동화가 요구되는 추세에 있다. 고신뢰도화는 전력의 안정적 공급을 위해 매우 중요하다.

전력설비 자동화의 한 방안인 배전자동화를 위해 현재 가스개폐기에 내장하여 사용하고 있는 컨덴서 분압방식의 전압계측장치는 주변온도 및 선로 전압 변동에 따른 정전용량의 변화로 계측전압의 오차가 크게 발생하고 있으며 개폐기 동작을 위한 전류를 충분히 공급하지 못하고 있는 실정이다. 부하 개폐기의 개폐조작을 전기적 개폐 조작 장치를 이용하는 경우는 조작 동력원으로 전동기를 사용하며, 전동기의 제어용 전원은 외부에서 공급되는 교류 제어 전원을 사용하거나 교류 제어 전원이 없는 경우에는 축전지에 의해서 공급되어야 한다. 또한 축전지의 충전 전원은 외부 교류 제어 전원이거나 개폐기에 내장된 전원 공급 장치를 사용하여야 한다.^{[1][2][3]} 그리고, 개폐기의 동작이 정확하게 이루어지기 위해서는 전원부의 상구분을 정확히 할 수 있는 검상능력과 결상을 찾아 낼 수 있는 능력을 가진 전압계측장치가 필요하다.^[2]

국내에서 사용하고 있는 가스개폐기의 경우 22.9kV의 고전압에 의한 부분방전을 줄이기 위해 2~3 기압의 SF₆ 가스를 충전하여 사용하고 있으며 전압검출을 위해 컨덴서분압방식을 채택하고 있다. 그러나 고압용 컨덴서의 경우 고유전율 자기소재를 사용하고 있어 외뢰, 내뢰 및 부분방전에 의한 열화로 인해 절연의 신뢰성이 문제로 대두되고 있으며, 이로 인한 수명의 감소로 유지보수 상 문제점을 야기시키고 있을 뿐만 아니라, 온도 변화에 따른 컨덴서의 유전율의 변화에 의해 정전용량이 변함으로써 전압계측에 상당한 오류를 발생시켜 개폐기 동작의 신뢰성에 문제가 되고 있다.^{[1][2][4]}

따라서 본 연구에서는 별도의 주상변압기를 사용하지 않고도 배전선로의 운전전압을 정확하게 계측하며 충분한 개폐기 동작전류를 공급할 수 있는 새로운 방식의 가

2. 본 론

2.1 컨덴서형 부싱 설계

컨덴서 분압방식의 고전압 계측장치 개발을 위해 전압 분배용으로 별도의 컨덴서를 사용하지 않고, 부하개폐기의 각 상당 인입구에 들어갈 부싱을 원통형 컨덴서로 설계 제작하여 활용하였다. 이때 유전물질은 전기적특성, 가공성 및 온도 특성이 뛰어난 저유전율의 고분자합성소재인 에폭시 수지를 채용하였다.

2.1.1 에폭시 수지의 특성

에폭시 수지의 온도 특성은 그림 1.에서 보듯이 온도 변화에 따른 비유전율의 변화가 거의 없어 매우 우수함을 알 수 있다. 또한 그림 2.에 나타난 것처럼 온도변화에 따른 에폭시 수지의 손실계수(tan δ)가 극히 작음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 유전손실이 대단히 적고 우수한 온도 특성을 지닌 에폭시 수지를 유전체로 사용한 컨덴서형 부싱을 제작하였다.

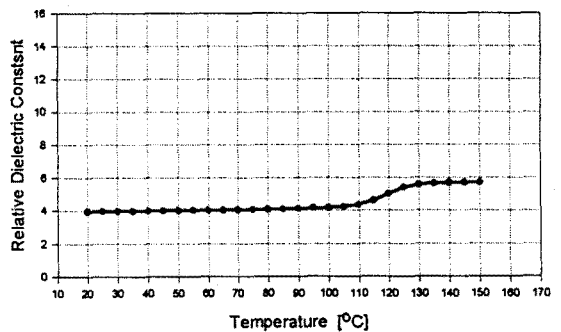


그림 1. Relative dielectric constant (εr) in f=50Hz, ICE 250 / DIN 53483

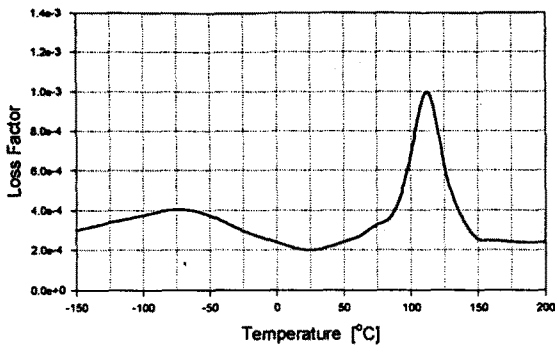


그림 2. Loss factor ($\tan \delta$) in $f(T)$ measured at 1Hz, ISO5371/DIN53445

2.1.2 컨덴서형 부싱의 구조

본 연구에서 설계, 제작한 컨덴서형 부싱의 구조를 그림 3.에 나타내었다. 직경 20mm, 길이 350mm의 부싱 축과 내경 31mm, 두께 0.5mm, 길이 300mm의 동관 사이에 무기물(Silica Powder)의 충전제가 혼합되어 있는 에폭시수지를 6mm두께로 진공충진하고, 이를 직경 50mm, 길이 350mm의 형틀 속에 넣어 다시 에폭시수지를 채워 경화시킨 후 실리콘 고무 재질의 갓을 씌워 컨덴서형 부싱을 설계하였다. 그리고 축과 동관을 각각 전극으로 사용하였다.

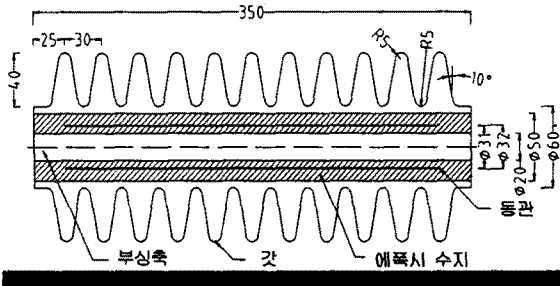


그림 3. 컨덴서형 부싱의 구조

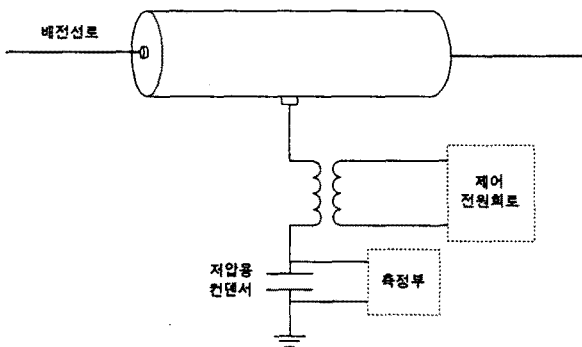


그림 4. 각 상별 고전압 계측 방식

2.2 고전압 계측장치의 구조

컨덴서형 부싱을 이용한 고전압 계측방식은 그림 4.와 같다. 이때 제작된 원통형 컨덴서와 직렬로 저압용 컨덴서를 연결하여 적정 분압비가 유지되도록 하였다. 이 저압용 컨덴서에 걸리는 전압을 측정하므로써 배전선로전

압정보를 획득할 수 있도록 하였으며, 또한 두 컨덴서 사이에 변압기를 배치하여 제어 전원회로를 구성하였다. 그리고, 고전압계측장치의 구성 및 주요부분의 기능은 다음과 같다.

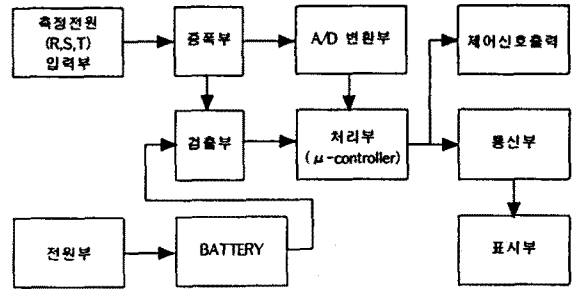


그림 5. 고전압 계측제어 장치 구조

측정 전원(R,S,T) 입력부

각 상별로 저압용 컨덴서에서 측정되는 전압파형에 대한 정보를 입력받는다.

전원부

개폐조작용 전동기의 구동전원으로 사용되는 Battery에 충전전류를 공급하고, 측정부(검출부, A/D부, 처리부)에 전원을 공급하는 역할을 한다. 그리고 Battery 충전전류 공급을 위하여 일정전류 유지, 역전류 방지, Battery 과충전 방지의 기능을 하도록 제너다이오드를 사용하여 구성하였다.

검출부

각 상별 측정신호의 Zero-point detect기능과 Battery의 충전정보를 검출하는 기능을 갖는다.

처리부

μ -컨트롤러(PIC16C63)를 이용하여 각 상전압과 각 상의 위상차, 그리고 결상여부를 검출하여 시리얼 포트에 내보내며, 개폐기 제어 신호를 발생시킨다.

통신부

개폐기로부터 옥내의 표시부까지 정보의 전송을 위한 시리얼 통신을 담당한다. RS485를 사용하여 수백m의 거리까지도 전송이 가능도록 했고, 데이터를 저장하는 실험을 위해 PC와도 연결되도록 RS232를 사용해 구성하였다.

표시부

처리부에서 전송된 데이터를 받아 표시부용 μ -컨트롤러를 사용해 FND와 LED를 구동하도록 구성하였다. FND 구성은 각 상전압 표시를 위해 5digit×3개, 각 상의 위상차 표시를 위해 2digit×3개 등 총 6개로 되어있고, LED는 각 상전압 및 위상의 여러 표시용 6개, 각 상의 결상 표시용 3개, Battery 이상 표시용 1개 등 총 10개로 구성하였다. 그리고 표시부는 외부 전원에 의해서만 동작하도록 하였다.

3. 실험 및 고찰

먼저 설계, 제작된 컨덴서형 부싱의 전압계측소자로서의 가능성을 알아보기 위해 인가전압 변동에 따른 분압의 정확성 및 정전용량의 변화특성을 조사하였다. 이때 인가전압을 3kV~18kV까지 약 1kV씩 증가시켜가며 실험하였다. 분압비 측정을 위해 컨덴서형 부싱에 39.5nF의 정전용량을 가진 저압용 마일러컨덴서를 직렬로 연결하고 각각의 컨덴서에 걸리는 전압을 측정하여

이들의 분압비를 계산하였다. 그리고 정전용량은 저압용 콘덴서의 전압변동특성이 무시할 정도임을 실험에 의해 확인한 후, 측정된 분압비를 이용하여 간접적으로 구하였다. 이때 Digital LCR meter로 콘덴서용량을 측정하여 계측오차정도내의 값을 얻었으나 최대 인가전압이 10V에 지나지 않아 고전압용 콘덴서의 전압변동특성을 확인하기에는 미흡한 점이 있어 상기와 같은 간접적인 측정방법을 추가하였다. 인가전압을 3kV~18kV까지 변화시키면서 5회에 걸쳐 측정한 결과를 그림 6.과 그림 7.에 나타내었다.

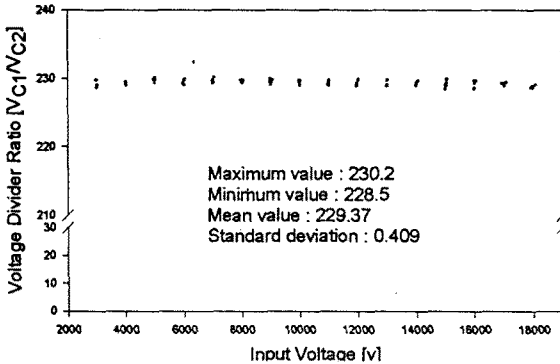


그림 6. 인가전압 변동에 따른 분압비

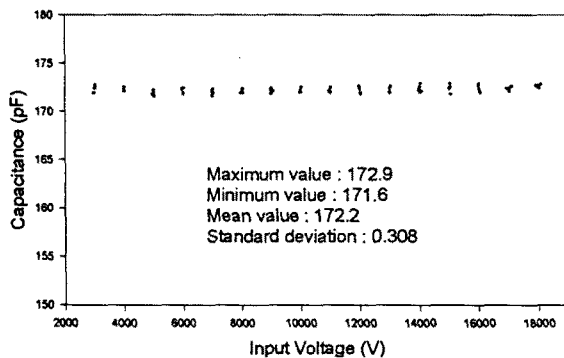


그림 7. 전압 변동에 따른 콘덴서형 부싱의 정전용량 변화 특성

그림에서 보는바와 같이 각각의 콘덴서에 걸리는 분압비는 인가전압의 변동과 상관없이 거의 일정하게 나타남을 알 수 있다. 또한 콘덴서형 부싱의 정전용량은 평균 172.2pF로 측정오차범위정도($\pm 0.4\%$)내에서 변화하는 것으로 측정되어, 선로 전압 변동에 따른 분압비 및 정전용량의 변화로 인해 발생하는 오차를 최소화할 수 있는 전압계측장치를 구성할 수 있음을 확인하였다.

그리고 제어전원회로의 충분한 전류공급 능력 검증을 위하여 PSPICE tool을 이용해 시뮬레이션을 수행하였고, 이때 각 상별로 배터리에 충전되는 전압과 전류 파형을 그림 8.에 나타내었다.

여기서 제어전원회로는 고압용 콘덴서(170pF)와 1000:1의 분압비를 유지하기 위한 저압용 콘덴서(170nF), 1차전압이 755V (peak치)이고 2차전압이 27V (peak치)인 변압기로 구성하였다. 시뮬레이션한 결과 각 상당 배터리에 충전되는 전압은 25V, 전류는 16.7mA로 나타나, 3상으로 제어전원회로를 구성했을 때 축전지의 충전에 필요한 충분한 전류와 측정부 구동에 필요한 전원을 자체적으로 공급할 수 있음을 알 수 있었다.

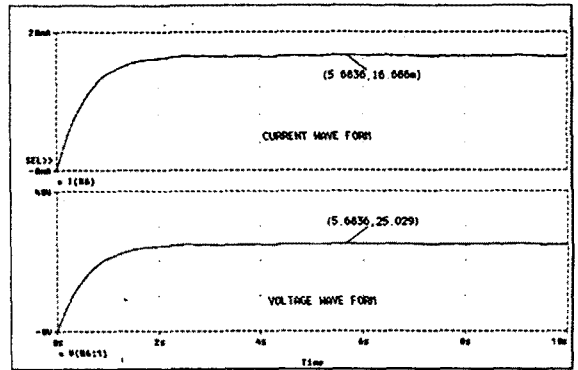


그림 8. 시뮬레이션 결과 파형

4. 결 론

본 논문에서는 전기적특성, 가공성 및 온도 특성이 뛰어난 저유전율의 고분자합성소재인 에폭시 수지를 유전체로 사용한 콘덴서형 부싱을 설계, 제작하여 고전압 계측소자로서의 가능성을 확인하고자 하였다. 실험결과 제안된 콘덴서형 부싱은 주위 제반 환경변화에 따른 특성이 우수하여 고전압계측의 정확도를 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다. 또한 전원회로에 대한 시뮬레이션 결과 개폐기 조작용 전동기의 제어용 전원인 축전지의 충전에 필요한 전류를 충분히 공급할 수 있는 능력을 지니고 있음을 검증하였다.

현재 콘덴서형 부싱을 사용한 고전압 계측제어 장치를 구성하여 실험중에 있으며 향후, 정확한 검상능력과 결상 검출능력을 지닌 고전압 계측제어 장치의 구현 결과를 발표할 예정이다.

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력 공학공동연구소 주관으로 수행되었음

(참 고 문 헌)

- [1] 임기조, "25.8kV SF₆ 절연 부하 개폐기의 부분방전 전하량 저감 및 개폐 조작제어 회로 설계", 충북대학교 학업산공동기술연구원, pp48-56, 1997
- [2] M.Khalifa, "High-Voltage Engineering", Marcel Dekker, INC, pp243-255, pp449-486, 1990
- [3] 이세현, 한상욱, "한류퓨즈의 단락시험을 위한 등가차단기와 단락발전기의 특성 시뮬레이션", 전기학회논문지, 제46권, 제8호, pp1279-1283, 1997
- [4] 강형부, "전기·전자재료", 청문각, pp436-445, 1997
- [5] J.H.Park, Y.J.Shin, K.Y.Park, H.G.Ryu, "Simple Synthetic Testing Facility Using LC Resonance Circuit", KIEE summer conference, Vol.B, pp631-636, 1993