

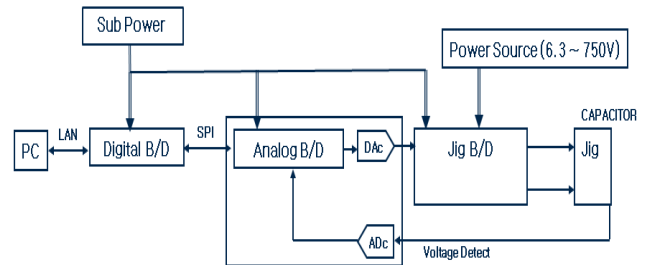
콘덴서 수명 시험기 설계 및 구현에 관한 연구

문종현*, 속 취*, 김금수**, 박재욱**, 김동희*
 * 영남대학교 전기공학과 ** (주)누리기술

A study on the design and implementation of Life tester for Capacitors

Jong-Hyun Moon*, Sui-Chi*, Geum-Soo Kim**, Jae-Wook Park**, Dong-Hee Kim*
 Dept. of Electrical Engineering, Yeungnam University

Abstract - 콘덴서의 신뢰도 평가를 위해서는 낮은 신뢰도를 가지는 제품을 판별해 내는 실험이 필요하다. 하지만 대량의 콘덴서 신뢰도를 실험 하기에는 많은 시간이 걸리므로, 정상적인 수명의 콘덴서와 비정상적인 수명의 콘덴서의 빠른 판정을 통한 분류가 필요하다. 본 연구에서는 일정한 주기의 충·방전 순환시험을 통해 저전압부터 고전압까지의 콘덴서를 신속하게 양·부 판정을 내리도록 하는 범용의 콘덴서 수명시험기를 설계했다. 콘덴서의 일반적 특성에 대한 선행연구를 바탕으로, 현실적인 콘덴서 양·부 판정 알고리즘을 제안하였다. 또한, 검사 상태를 모니터링 하기 위해 PC와 통신하여 데이터의 실시간 확인과 제어를 가능하게 하였다. 이를 바탕으로 시험 제작된 모델을 통해 정상과 비정상 수명을 가진 콘덴서를 정확히 판단해 냄을 보였다.



〈그림 1〉 전체 시스템 블록도

1. 서 론

정보화 사회가 고도화됨에 따라, 더욱 복잡하고 정밀해져 가는 전자제품들의 신뢰성 확보 문제가 크게 대두되고 있다. 따라서, 객관적인 부품 신뢰도의 확보를 통한 전체 시스템의 안정성 향상 또한 매우 중요한 과제가 된다. 부품신뢰도의 확보방법 중 하나는 신뢰성시험을 통해 낮은 신뢰도수준의 부품을 제거하는 것이나, 일반적으로 콘덴서의 경우 신뢰성시험의 시험시간이 약1,000시간(약 42일 연속)으로 규정되어 있어, 신뢰성 시험에 허용되는 시간이나 시험설비의 제약 때문에 이 규정을 따르기 어려운 경우가 많다. 본 연구는 다양한 용량의 콘덴서를 대상으로 하여, 환경에 따라 실험 조건을 변경하며 지속적인 충·방전 조건으로 신뢰시험 시간을 사용자가 선택하여 양·부 판정을 내리는 현실적인 범용의 콘덴서 수명시험기를 개발 하는데 그 목적이 있다.

2. 시스템 설계

2.1 회로 구성

전해 콘덴서등은 극성이 있으므로 양부 판정시에 극성 확인과 실험의 용이성을 위해 별도로 12채널의 JIG부를 구성했다. JIG부에 테스트할 콘덴서와 저항을 장착하여 PC상으로 제어한다. 양부판정을 위한 JIG 보드의 제어회로는 FET로 설정한 주기로써 충·방전순환시험을 실시하게 되며, RC회로의 충·방전에 따라 양·부 판정 알고리즘을 다르게 된다. 또한, 측정 정밀도 향상을 위해 공급 전원부를 두 부분으로 나누고, 제어보드의 전원을 별도로 공급한다. 표 1은 설계할 시스템의 설계 및 평가 사항을 나타내었다.

〈표 1〉 시스템 설계 사항 및 평가방법

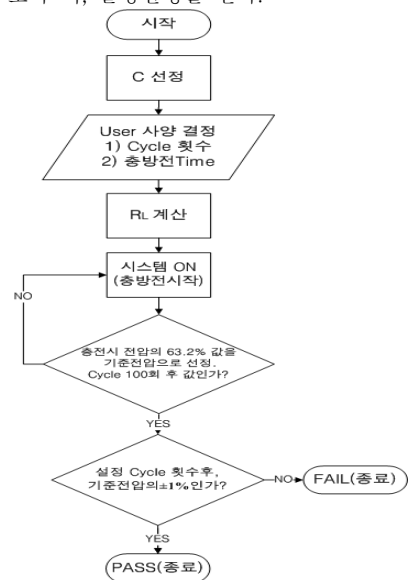
항목	세부 항목	세부 Spec.	평가 방법
성능	출력 전압 변동	DC 6.3~750V	Tester 기로 출력 전압 측정 시 ±0.5%이내일 것
	출력 전류	CH 당 0.5A (12CH 동작시 6A)	장비 동작 시 전류계로 측정 시 ±1%이내일 것
	구성 CH수	12CH(개별 및 동시 제어 가능)	PC Program 동작 확인
	충전 방식	정전압, 정전류	PC Program 동작 확인
	방전 방식	정전류	PC Program 동작 확인
	제어 방식	FET Control	회로도 확인
	주위 온도 (운전시)	0~45도	내한성, 내열성, 내습성 시험은 정격 전압을 인가하여 각각 세부 Spec. 조건에서 챔버로 24시간 이상 시험한다.
	주위온도 (보관시)	-20~80도	
내습성	30~90%		

2.2 제안하는 시스템

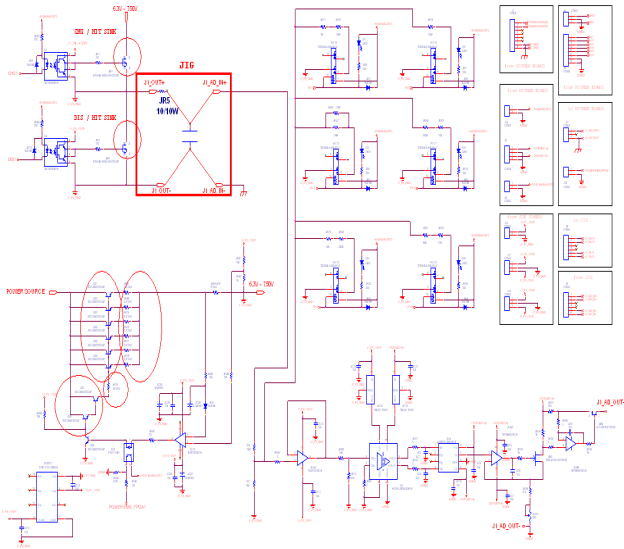
본 연구에서는 콘덴서의 충전시 정전압(CV), 정전류(CC)방식을 이용하고, 방전시 정전류(CC) 방식으로 설정한 시간간격으로 반복적인 충전과 방전을 이루는 순환 시험법을 사용했다. 출력 전압은 6.3V~750V까지, 전류는 0~6A(500mA/ch)로 선정하였다. 저전압의 콘덴서 출력시 오차가 커지므로 6.3~100V, 120~750V의 두 개의 Main Power를 구성하고 셀렉터로 선택할 수 있게 하였다.

그림 1은 설계한 콘덴서 충·방전시스템의 전체 블록도이다. Main Power source는 6.3v~750v의 출력 전압을 공급하여, 충·방전 제어용 JIG제어보드를 이용했다. JIG에서 읽어들이는 콘덴서의 측정값을 Analog Board를 통하여 Digital Board로 보낸다. 그 측정값을 Digital Board 내부 xc3s400에서 디지털화 처리하며 PC와 SPI 통신한다. 제어 Board의 전원공급을 위해 별도의 Linear Regulator Sub Power를 둔다.

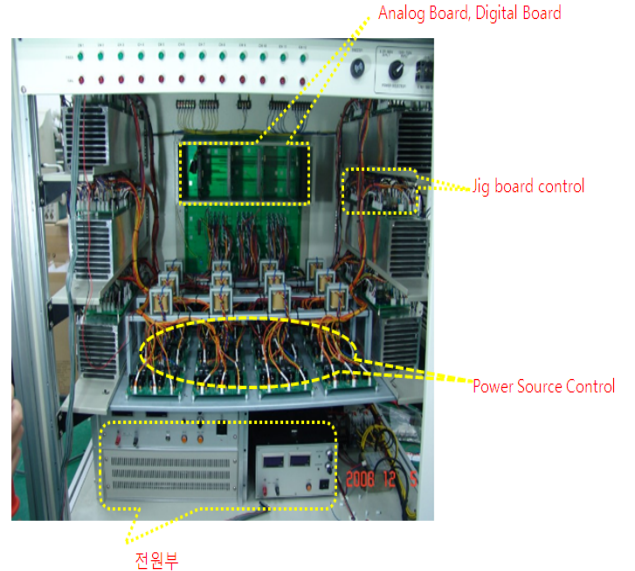
그림 2는 제안하는 콘덴서 양부 판정 알고리즘을 나타낸 것이다. 콘덴서의 판정기준은 콘덴서 충방전 Cycle 100회 후, 충전시 최대 전압 용량을 100% 기준으로 63.2% 용량을 가질 때의 값을 기준 전압으로 기억하고, 설정한 싸이클 횟수동안 반복하여 충·방전을 실시한다. 설정 Cycle 후, 충전 시간의 변화가 짧아지거나 기준전압 초과 시, 불량판정을 한다.



〈그림 2〉 제안하는 콘덴서 양부판정 알고리즘



〈그림 3〉 Jig Board 전체 회로도



〈그림 5〉 시험 제작한 전체 시스템

2.3 충전제어

그림 3은 콘덴서의 충·방전을 제어하기 위한 Jig Board의 전체 회로도이다. 1500V/4A의 FET를 이용해 동작 상태 (ON/OFF)에 따라 충전과 방전 상태가 되고 6개의 Relay를 통해서 J1_AD_OUT 전압이 검출되게 하였다. 이때, Analog Board와의 절연을 위해 Photo Coupler를 사용하였다.

충전 시는 Analog Board에서 충전 FET로 ACTIVE HIGH SIGNAL(FET1=ON)을 보낸다. 이 때, 방전 FET는 ACTIVE LOW SIGNAL(FET2=OFF)을 보낸다. 충전 FET ON 동작 시, Power Source(6.3 ~ 750V)를 통해 실험할 콘덴서에 전압을 공급한다. 방전 시는 Analog board에서 충전 FET로 ACTIVE LOW SIGNAL (FET1=OFF)을 보낸다. 이 때, 방전 FET는 ACTIVE HIGH SIGNAL(FET2=ON)을 보낸다.

전압 검출 동작 상태는 Power Source의 전압 검출 시 6개의 RELAY가 모두 ON시 전압 분배법칙에 의해

$$J_AD_OUT = R2 / (R1 + R2) \times V \quad (1)$$

와 같이 검출된다.

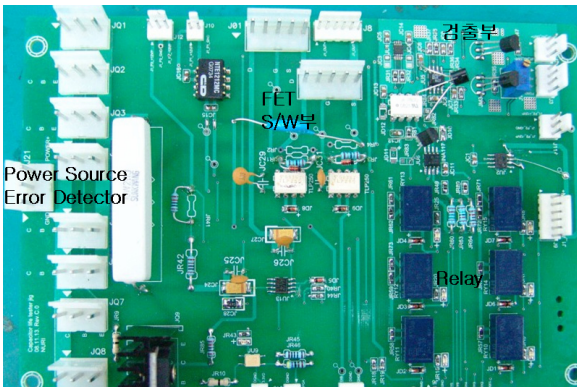
RELAY가 모두 OFF 시는

$$J_AD_OUT = R2 / (R1 + \text{릴레이저항}) + R2 \times V \quad (2)$$

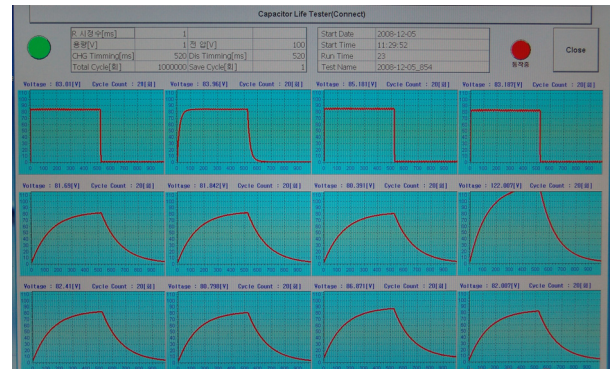
로 검출된다.

커패시터의 누설전류를 없애기 위해 OP-AMP를 사용하고, Photo Coupler로 Analog Board와 절연을 하였다. 또한, Differential Input으로 콘덴서 검출 전압을 정확히 검출하도록 하였다. 출력단 말단부는 검출된 전압을 그대로 Analog Board로 보낼시 발생하는 선간전압 강하의 오차로 인해, 상대적으로 강하가 작도록 전류로 변환하여 Analog Board로 보내도록 하였다.

그림 4는 시험 제작된 Jig Board를 나타내었다. Photo Coupler를 포함한 FET 스위치부, 전압 검출부, Relay, Power Source Error Detector로 구성된다. FET 스위치부에 연결되는 FET는 발열이 심해 외부에 설치 후 단자로 연결하고, 방열판에 부착하여 팬으로 강제 냉각시켰다.



〈그림 4〉 시험 제작된 Jig Board



〈그림 6〉 콘덴서 충전방전 결과 화면

3. 시스템 구성 및 구현.

그림 5는 시험 제작된 12채널의 콘덴서 수명시험기이다. Analog, Digital, Jig Board 부와, 충·방전 및 전원 제어부 그리고 Main과 Sub의 Power부로 구성된다. 그림 6은 시험 제작한 시스템의 평가를 위해 12채널 Jig에 콘덴서와 저항을 연결하여 PC와 통신시켜 동작한 화면을 나타낸다. 평가 확인을 위해 같은 용량의 콘덴서로 7개의 정상 콘덴서와 5개의 불량 콘덴서를 360만회(1000시간) 평가후, 실시간으로 현재 채널의 콘덴서 상태를 확인할 수 있고, 정상 콘덴서와 비정상 콘덴서를 정확히 구별해 내며, 한눈에 판별 가능한 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 콘덴서의 신뢰성 실험을 위해 충·방전 시간 및 Cycle 횟수를 사용자가 지정해서 순환 충·방전 시켜, 콘덴서의 양·부 판정을 내리도록 하는 콘덴서 수명시험기를 설계했다. 저전압부터 고전압까지 다양한 정격전압의 콘덴서 적용과 오차를 줄이기 위해, Main Power부를 저전압부와 고전압부로 나누었고, 기본 RC 회로의 충·방전 이론을 이용한 현실적인 콘덴서 양·부 판정 알고리즘을 적용하였다. 또한, 상태를 모니터링 하기 위해 PC와 통신하여 데이터의 실시간 확인과 제어를 가능하게 하였다. 이를 바탕으로 시험 제작된 모델을 통해 정상과 비정상의 수명을 가진 콘덴서를 정확히 판단해 냄을 확인 하였다.

[참 고 문 헌]

[1] 변영복, 구태근의, “디지털방식 다중제어 충전기 개발”, 전력전자학술대회 논문집, 2001년
 [2] 김홍진, 전호성의, “알루미늄 전해콘덴서의 가속수명시험에 관한 실험연구”, 품질경영학회지 제 23권 제4호, pp.128~129, 1995년 12월
 [3] 최해룡, 강병희의, “리튬 폴리머 전지의 충전 특성 해석”, 전력전자학술대회 논문집, pp.224, 1999년
 [4] MIL - HDBK - 217E, “Reliability Prediction of Electronic Equipment”