

간접접촉형 실내조명 스위치의 설계 및 접촉부 절연물질별 스위칭 동작감도 고찰

(Design of Room Lighting Switch Operated by Indirect Touch and Research on the Switching Sensitivity of Dielectric Materials on Electrode Metal)

최준영* · 강병철 · 이창익

(Joon-Young Choi · Byung-Chul Kang · Chang-Ik Lee)

요 약

입력부 근방의 정전용량 변화를 감지하여 동작하는 간접접촉형 실내조명 스위치를 설계하고 제작했다. 그리고 간접접촉 스위치의 입력 전극에 설치된 커패시터의 정전용량을 변화시켜가며 간접접촉을 감지하는 입력 전극을 절연하는 물질의 두께 및 종류 변화에 따른 동작 감도를 측정한 결과를 표와 그래프로 나타냈다. 절연 물질은 유리, 아크릴, 그리고 나무(MDF)였는데, 이들의 유전율은 상당히 다르지만 스위치의 동작 감도는 유전율의 차이만큼 크지 않은 것이 확인되었다.

Abstract

Indirect Touch switch which detects the change of capacitance around the electrode of QT113H chip from QPROX is designed and assembled. Sensitivity analysis of dielectric materials which prevents electrodes from direct touch is performed and the results are displayed in tables and graphs. Glass, acryl, and MDF is used to insulate the electrode and to measure the operating sensitivity of indirect touch switch. While the difference of permittivity of the dielectric materials are large, it is confirmed that the operating sensitivity of each dielectric materials are not so large as the differences of those of dielectric materials.

Key Words : Indirect Touch Switch, Sensitivity, Dielectric Materials, Proximity Switch

1. 서 론

입력 전극에 직접 접촉하지 않고 절연체로 절연된 입력 전극에 신체 또는 물체의 일부가 접촉되었을 때, 그 접촉을 감지하는 조명 스위치를 설계하고 제작하였다. 이러한 간접 접촉 감지 스위치는 보통 쓰이는 스위치처럼 접점이 개폐되는 방식의 스위치가 아니고 전자회로로 구성된 스위치이다. 따라서 움직

* 주저자 : 전주대학교 전기전자정보통신공학부 부교수
Tel : 063-220-2657, Fax : 063-220-2056
E-mail : joon@jj.ac.kr
접수일자 : 2009년 1월 8일
1차심사 : 2009년 1월 9일
심사완료 : 2009년 1월 20일

이는 부분이 없어서 마모 또는 오염에 의한 부정확한 동작이 없다. 또 직접 접촉이 이루어지지 않아도 동작하기 때문에 스위치는 유리 내부에 설치하고, 유리 건너편에서 전극 부근을 접촉하면 스위칭 동작이 이루어지게 설치해도 된다. 그러면 스위치 설치를 위한 구멍을 뚫을 필요가 없다. 또 스위치 설치 위치에 정전용량의 변화를 감지하는 전극만을 설치하고 스위칭 동작이 이루어지는 회로는 다른 편리한 곳에 놓은 후 이 둘을 도체로 연결하는 식으로 설치하면 스위치 설치의 자유도가 훨씬 높아진다. 다시 말하면 설계자의 의도 또는 상상력이 훨씬 자유롭게 발휘될 수 있게 된다.

제안하는 간접 접촉 스위치는 이미 시장에서 구할 수 있는 접촉형 스위치들이 모두 별도의 전원을 필요로 하고, 그에 따라 설치시 많은 도체가 결선되어야 하므로 불편하다는 점에 착안하여 별도의 전원을 추가로 공급해주지 않아도 전등에 공급하는 전기에너지의 일부를 이용하여 동작할 수 있도록 설계한 것이다. 기존 접촉형 스위치들은 직접 접촉형이건 간접 접촉형이건 관계없이 별도의 직류 또는 교류 전원 입력을 받아야 동작하도록 구성되어 있다. 직류 전원을 공급받아 동작하는 스위치는 전등 전원용 교류 입력까지 필요하므로 두 종류의 전원을 공급받아야만 정상동작을 하게 된다. 이 연구에서 제안하는 간접 접촉 스위치는 별도의 전원을 공급받지 않아도 동작하도록 설계되었다. 따라서 기존 매입형 전등 스위치를 대체하여 쓰일 수도 있다.

이 간접 접촉 스위치의 입력 전극에는 커패시터가 설치되는데, 이 커패시터의 정전용량을 조절하면 동작 감도가 바뀐다. 그런데 감도를 좋게 하면 접촉이 이루어지기 전에도 스위치가 동작할 수도 있다. 이는 입력부의 도체에 접촉하지 않는 것을 말하는 것이 아니라 도체를 절연하고 있는 유전체에 접촉하기 전에도 스위칭 동작이 이루어질 수 있다는 뜻으로서 접촉이 필요 없는 스위치를 만들 수도 있게 된다. 이러한 스위치는 근접 스위치라고 불릴 수도 있는데, 병원 또는 공중 화장실과 같은 공공장소에 쓰이는 스위치는 이렇게 접촉이 없어도 동작하게 하여 오염 또는 감염의 염려를 줄여주는 형식의 것이어도 좋을 것이다.

간접접촉스위치의 감도는 입력 도체에 연결되는 커패시터의 정전용량과도 관계가 있고, 입력 도체를 절연하는 유전물질의 종류와도 관계가 있다. 유전물질의 종류가 다르면 입력부의 감도도 달라진다. 이 논문에서는 서로 다른 유전율 값을 가지는 세 종류 물질인 유리, 목재(MDF), 그리고 아크릴[1-2]을 이용하여 입력 도체부를 절연하고 접촉 센서의 입력부 커패시터 정전용량을 바꿔가며 간접접촉형 스위치의 동작 감도를 측정된 결과를 표와 그림으로 정리하였다. 측정된 자료는 앞으로 간접접촉스위치를 설계할 때 적절하게 참고할 수 있을 것이다.

2. 비접촉 터치형 스위치

비접촉 터치 감지부는 QPROX사의 QT113H를 사용했다. 입력 도체부 근처의 정전용량 변화를 감지해내는 센서인데, 입력부에 연결하는 커패시터의 용량을 조절하여 감지 감도를 제어할 수 있다. QT113H는 전에 쓰이던 정전용량의 크기를 감지하는 센서와는 달리 정전용량이 변화된 정도를 감지하는데, 이로서 주변 온습도의 변화에 따른 정전용량의 변화 때문에 나타나는 스위치 동작의 불안정성이 해소되었다. 동작 전원으로 2.5~5볼트(Volt), 600마이크로암페어(μA)의 입력 전력이 필요하며, 이 입력전원에 일정수준 이상의 전압변동이 포함되면 스위칭 동작이 부정확해진다[3]. 따라서 전원부의 전압을 안정시키기 위해 전압 레귤레이터를 사용했다.

회로의 굵은 선이 전등 부하 전류가 흐르는 도선이다. 이 굵은 선에 트라이앵글을 놓아 부하전류를 흐르게, 또는 흐르지 못하게 제어한다. 트라이앵글을 제어하는 신호는 직접 접촉 감지 센서로부터 오지 않고, 소형 트라이앵글을 거쳐서 온다. 접촉 감지 센서는 제어출력을 소형 트라이앵글에 보내고, 소형 트라이앵글이 부하전류를 제어하는 트라이앵글을 제어한다. 이는 터치센서 출력을 작은 수준으로 유지할 수 있게 하여 안정된 동작을 보장하기 위한 것이다.

3. 전 원

간접 접촉 스위치의 전자회로를 동작시키는 전원

간접접촉형 실내조명 스위치의 설계 및 접촉부 절연물질별 스위칭 동작감도 고찰

입력을 따로 받지 않고, 부하 전구를 동작시키는 전원에서부터 적은 양의 전력을 받아들여 사용한다. 스위치가 꺼져서 전류가 흐르지 않을 때, 상용전원 전압의 대부분이 간접 접촉 스위치에 인가되는데, 이 전압의 일부분을 동작전원으로 이용한다. 하프브리지 다이오드와 제너 다이오드를 사용하여 제너 전압을 이용하는 것이다. 스위치가 켜져서 전류가 흐르면 상용전원 전압의 대부분이 전구에 인가되는데, 이때는 전류가 흐르는 통로에 다이오드를 양방향으로 병렬연결하고, 이 다이오드에서 나타나는 전압강하를 변압기를 이용하여 10배 정도 증폭한 후 정류하여 직류전압을 만들어 동작전원으로 사용한다. 이렇게 만들어진 직류전압은 적은 양이지만 교류 성분이 섞여 있다. 이 교류 전력은 터치 센서의 안정적인 동작을 방해한다. 따라서 터치 센서로 입력되는 전원은 더 안정적인 직류전압을 유지하기 위해 전압 레귤레이터 7805를 거치도록 한다.

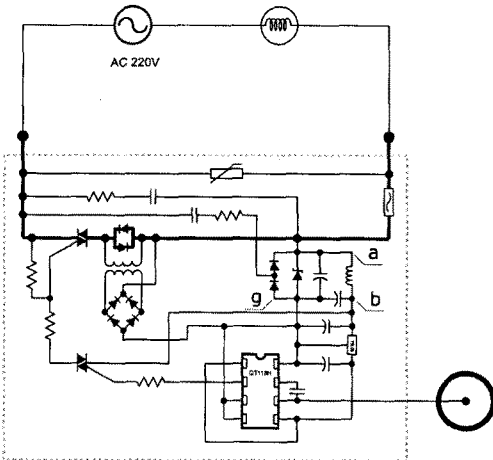


그림 1. 간접 접촉 스위치 회로도
Fig. 1. Circuit Diagram of Indirect Touch Switch

3.1 스위치가 꺼진 경우 전원

전등 스위치가 꺼진 경우 전원전압의 대부분이 스위치에 인가된다. 이 경우 보통 전원과 같이 전원전압을 변압기를 통해 낮추고 정류기를 통해 정류하여 사용해도 된다. 그러나 전원부의 부피를 줄이기 위해서 이와는 다른 회로를 구성했다. 브리지 회로와

제너 다이오드를 이용해서 필요한 전압을 얻도록 회로를 구성했다. 이 경우 약간의 교류전압이 포함된 직류전압이 얻어진다.

전체 스위치 회로 중 전원을 얻어내는 일부 회로의 동작을 p-Spice 시뮬레이션을 이용해서 구해보았다. 그 결과 얻어진 전압 파형을 그림(그림 2~3)에 나타냈다. 그림 2는 그림 1(회로도)에 표시된 접지점 g와 a점 사이의 전압이고, 그림 3은 접지점 g와 b점 사이의 전압이다. a점의 전압이 인덕터를 통과한 후 b 점에서 파형이 달라진 것을 볼 수 있다.

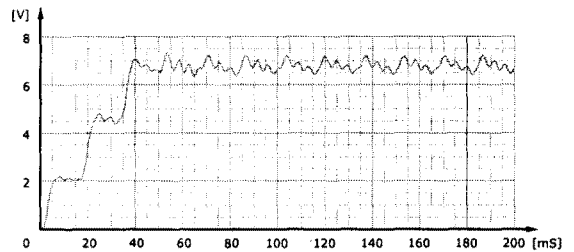


그림 2. 제너 다이오드의 전압
Fig. 2. Voltage between electrodes of zener diode

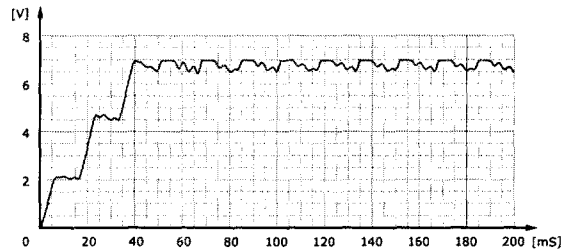


그림 3. 인덕터를 통과한 전압
Fig. 3. Voltage after inductor

3.2 스위치가 켜진 경우 전원

전등 스위치가 켜진 경우 대부분의 전원전압이 전등부하에 인가된다. 이 경우 스위치에는 전압이 인가되지 않으므로 스위치의 전자회로를 동작시키기 위한 전원을 구하기 위해서는 다른 장치가 필요하다. 이 경우엔 전등에 흐르는 전류로부터 전압을 얻는다. 전류가 흐르는 주 회로에 다이오드를 양 방향 병렬로 설치하고, 이 다이오드에 나타난 전압강하를 변압기로 증폭한 후 정류하여 필요한 직류전압을 얻는다.

다. 이 경우 직류전압은 전과정류전압이므로 역시 교류성분이 포함되어 있다.

터치 센서를 동작시키려면 평활한 직류전압이 필요하므로 직류성분에 포함된 교류성분을 제거하기 위해 7805 레귤레이터를 설치하여 교류가 제거된 직류전압을 공급하도록 한다.

4. 절연 물질별 동작 감도

유리, 아크릴 및 목재의 동작감도를 측정하여 표 (표 1~3)를 만들었다. 각 재료는 10[mm]이내의 것으로 시중에서 구입 가능한 두께의 것을 네 종류를 구해서 실험했다. 각 재료별로 커패시터의 용량을 바꿔가며 스위치의 동작감도를 알아보는 실험을 했다.

표 1. 유리의 동작 감도
Table 1. Sensitivity of switch over glass

	2.9	4.8	7.8	10
0.005	동작 없음	동작 없음	동작 없음	동작 없음
0.010	닿으면 동작	닿으면 동작	동작 없음	동작 없음
0.020	닿기 전 동작	닿으면 동작	동작 없음	동작 없음
0.033	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿으면 동작	닿으면 동작
0.047	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿으면 동작	닿으면 동작
0.068	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿으면 동작	닿으면 동작
0.100	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿으면 동작	닿으면 동작
0.200	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿으면 동작

입력부의 감도 측정 실험에 사용한 유리의 두께는 모두 네 가지로 가장 얇은 것이 2.9[mm], 그리고 4.8[mm], 7.8[mm]이고, 가장 두꺼운 것이 10[mm]이다. 입력단 전극에 연결하는 커패시터의 정전용량은 가장 작은 것이 0.005[μF]이고 가장 큰 것이 0.2[μF]이다.

표 1~3에 정리한 측정 데이터를 그래프(그림 4~6)로 그렸다. 그래프의 가로 축은 터치 센서의 입력부에 설치한 커패시터 용량인데, 단위는 [μF]이다. 커패시터의 용량이 클수록 센서의 감도가 높다. 그래프의 세로축은 센서의 입력 단자를 절연하는 물질의 두께인데, 단위는 [mm]이다. 절연 물질의 두께가

두꺼울수록 감도가 낮은 것을 그래프로부터 알 수 있다. 물질의 종류가 바뀌면 그래프의 모양이 달라진다. 대체적인 모양은 비슷하지만, 꼭 같지는 않은 것을 알 수 있다.

표 2. 아크릴의 동작 감도
Table 2. Sensitivity of switch over acryl

	2.6	4.5	7.3	9.9
0.005	동작 없음	동작 없음	동작 없음	동작 없음
0.010	닿으면 동작	닿으면 동작	동작 없음	동작 없음
0.020	닿기 전 동작	닿으면 동작	동작 없음	동작 없음
0.033	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿으면 동작	닿으면 동작
0.047	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿으면 동작	닿으면 동작
0.068	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿으면 동작	닿으면 동작
0.100	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿으면 동작	닿으면 동작
0.200	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿으면 동작

표 3. 목재(MDF)의 동작 감도
Table 3. Sensitivity of switch over MDF

	3.0	4.85	6.2	9.5
0.005	동작 없음	동작 없음	동작 없음	동작 없음
0.010	닿으면 동작	닿으면 동작	닿으면 동작	동작 없음
0.020	닿으면 동작	닿으면 동작	닿으면 동작	동작 없음
0.033	닿으면 동작	닿으면 동작	닿으면 동작	동작 없음
0.047	닿으면 동작	닿으면 동작	닿으면 동작	동작 없음
0.068	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿으면 동작	동작 없음
0.100	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿기 전 동작	동작 없음
0.200	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿기 전 동작	닿으면 동작

정전용량이 ‘닿으면 동작’ 영역에 있을 때 터치스위치의 동작이 정확히 이루어진다. 정전용량이 이보다 적으면 닿아도 동작하지 않게 되고, 정전용량이 이보다 크면 닿기도 전에 동작하게 된다. 그런데, 닿으면 동작하는 정전용량이 하나의 값이 아니고 어떤 범위를 가지고 있는데, 이 정전용량이 범위 내에서 크면 클수록 터치스위치는 더 확실하게 동작한다. 그래서 정전용량을 정해줄 때, 가능한 범위 안에서 큰 값으로 정해주는 것이 좋다.

간접접촉형 실내조명 스위치의 설계 및 접촉부 절연물질별 스위칭 동작감도 고찰

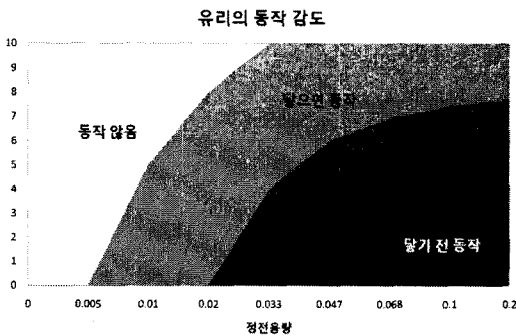


그림 4. 유리의 동작 감도
Fig. 4. Sensitivity of switch over glass

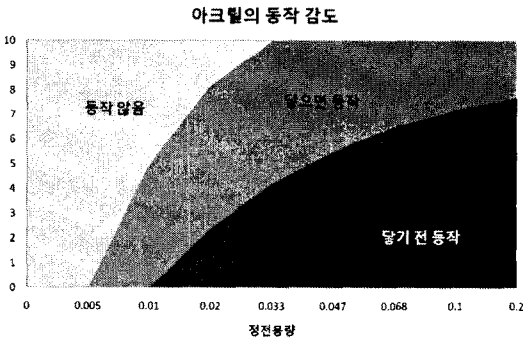


그림 5. 아크릴의 동작 감도
Fig. 5. Sensitivity of switch over acryl

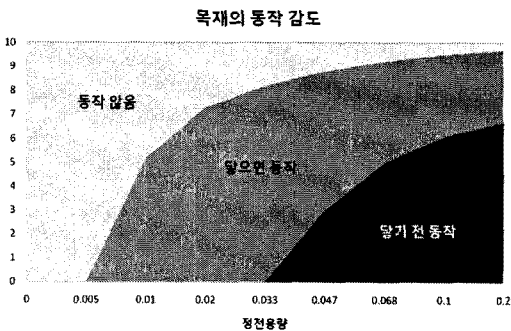


그림 6. 목재의 동작 감도
Fig. 6. Sensitivity of switch over MDF

또 정전용량을 '닿기 전 동작' 영역의 값으로 하면 말 그대로 닿기 전에 스위치가 동작하게 되는데, 이렇게 동작하는 것은 근접스위치라고 말할 수 있다. 이러한 근접스witch는 여러 사람이 동시에 사용해야

하는 공공시설 또는 특별히 위생이 강조되는 병원과 같은 환경에서 적절히 사용될 수 있다.

5. 완성된 간접 접촉 스위치

그림 7은 완성된 간접 접촉 스위치이다. 왼쪽 아래에 직렬 연결된 외부 전원과 전등을 연결하는 단자가 보인다. 오른쪽 위 까만 IC가 QPROX사의 QT113H 이다. 간접 접촉 감지 전극이 IC 주변에 설치된 것이 보인다. 왼쪽 옆에 보이는 하얀 IC는 소형 싸이리스터와 포토커플러가 결합된 것이다. 그림 8은 감도 실험에 사용한 절연재료 3종과 유리 뒤에 전극을 설치한 간접접촉 감지 스위치이다. 감도 실험에 사용한 재료는 순서대로 아크릴, 유리 목재로서 각 4가지 두께의 것을 사용했다. 아래 쪽에 긴 사진은 유리 뒤에 감지 전극을 설치한 간접접촉감지 스위치로서 전극을 제외한 부분은 알루미늄박으로 차폐하여 주변 전기장의 변화가 전극에 입력되어 오동작을 일으키지 않도록 한 것이다.

6. 결 론

간접 접촉형 실내 조명 스위치를 설계하고 제작했다. 그리고 간접 접촉스위치의 입력부를 절연하는 유전체의 종류를 바꿔가며 스위치가 동작하는 조건에 대한 측정시험을 했다. 스위치를 동작시키는 전자회로의 전원은 따로 입력받지 않고 스위치를 흐르는 상용전원으로부터 얻도록 설계하여 별도의 전원을 공급받지 않는 실내 전등 스위치를 대체할 수 있게 했다.

그리고 스위치의 입력용 전극과 실제 터치되는 부분을 절연하는 물질의 종류와 두께를 바꿔가며 간접접촉부의 동작 감도를 측정했다. 감도를 측정하는데 사용한 물질은 비유전율이 9~12인 유리, 6~8인 나무, 그리고 2~3인 아크릴이다. 접촉 센서 입력부에 설치되는 커패시터의 정전용량을 바꿔주면 감도가 달라지는데, 정전용량이 크면 접촉 전극의 감도가 좋고, 정전용량이 작으면 감도가 나빴다. 물질의 종류와 두께가 바뀔 때도 감도가 달라지는데, 물질의 종류가 바뀔 때의 변화는 크지 않고, 두께가 바뀔 때

감도의 변화가 컸다.

References

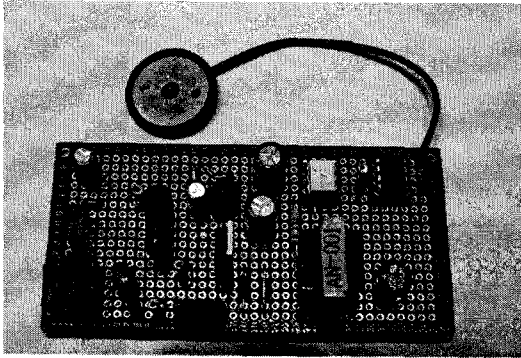


그림 7. 만능기판에 제작한 간접 접촉 감지 스위치
Fig. 7. Indirect touch switch made on general circuit board

- (1) Wikipedia, Relative static permittivity, http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_static_permittivity.
- (2) David R. Lide, CRC handbook of chemistry and physics: a ready-reference book of chemical and physical data 78th Ed., CRC Press, 1997.
- (3) <http://www.gprox.com/>

◇ 저자소개 ◇

최준영 (崔峻榮)

1963년 7월 9일생. 1986년 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1988년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1994년 LG전자 생활시스템연구소 선임연구원. 2004년 아리조나 주립대학교(ASU) 방문연구원. 현재 전주대학교 공과대학 전기전자정보통신공학부 부교수.

강병철 (姜屏哲)

1983년 2월 2일생. 2009년 2월 전주대학교 공과대학 전기전자정보통신공학부 졸업.

이창익 (李昌益)

1982년 7월 26일생. 2009년 2월 전주대학교 공과대학 전기전자정보통신공학부 졸업.

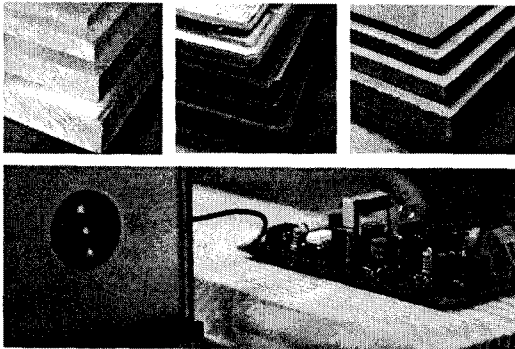


그림 8. 실험에 사용된 절연 물질들과 유리 뒤에 전극을 설치한 스위치
Fig. 8. Dielectrics used in experiments and electrode of indirect touch switch installed behind glass