

온도, 습도의 누설전류와 절연저항 영향 연구

Study on Leakage Current and Insulation Resistance Effect of Temperature and Humidity

한 경 철*, 최 용 성*

Kyung-Chul Han*, Yong-Sung Choi*

Abstract

It was found that temperature and humidity did not affect the leakage current since the leakage current was irregularly increased or decreased at a temperature of 22°C to 32°C and a humidity of 60.0% to 96.0%. The insulation resistance in the vicinity of 26°C was 10.70 MΩ to 4,000.00 MΩ and was low from 9.10 MΩ to 1,000.00MΩ before and after 26°C. As the humidity was increase in a range of 60%~96%, the insulation resistance was reduced from 4,000.00 MΩ to 4.80 MΩ, which indicates that the temperature and humidity had an influence on the insulation resistance. The leakage current and the insulation resistance of the branch circuit to the cooking facilities were compliant with less than 1.00 mA and more than 0.20 MΩ. Leakage current of 1.89 mA was non-compliant but the insulation resistance was compliant with the value of 65.00 MΩ.

요 약

본 논문에서는 전기재해를 일으킬 수 있는 요소를 미리 제거하기 위해 보다 효율적이고 신뢰성 있는 누설전류 검출방법을 찾고자 온도, 습도가 다른 환경에서 누설전류 및 절연저항을 측정하여 그 측정값에 대한 차이점을 비교하고 분석하였다. 식당과 상점에서 누설전류 및 절연저항을 비교한 결과 식당에서 누설전류와 절연저항은 모두 허용값을 만족하였지만 2개 회로는 누설전류가 높게 나타났을 때 절연저항도 높게 나타나는 비정상적인 비례관계를 나타내었다. 상점에서 누설전류와 절연저항은 1개 회로에서 누설전류가 허용값 이하로 부적합하였지만 절연저항은 모두 허용값을 만족하였다. 누설전류 및 절연저항이 허용값 이내일 때도 비정상적인 비례관계를 나타냈으며 이러한 부하는 대부분 전열부하로 분석되었다.

Key words : Leakage current, Insulation resistance, Branch circuit, Temperature, Cooking facilities

1. 서론

전기기계기구 및 전로 등에서 절연이 손상되고 열화가 진행되면 탄화도전로가 형성된다. 탄화도전로가 진행되면 누전경로가 형성되어 누설전류가 흐르게 되는데, 누설전류는 전기감전의 위험을 초

래하고 전기화재나 각종 재해의 원인이 된다.[1-3] 영상변류기(ZCT)로 검출하는 누설전류는 저항성 누설전류와 용량성 누설전류의 벡터 합으로 나타낸다. 따라서 전로나 전기기기 등 대지절연저항이 열화되어 저항성 누설전류가 흐르면 전기화재나 감전사고의 원인이 되고, 전로나 부하기기는 대지

* Dept. of Electrical Engineering, DongShin University

★ Corresponding author

E-mail : schoi67@dsu.ac.kr, Tel : +82-61-330-3204

※ Acknowledgment

Manuscript received Mar. 26, 2019; revised May. 16, 2019; accepted Jun. 11, 2019.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

사이에 정전용량이 포함되어 있어 용량성 누설전류가 흐르면 전기화재나 감전의 위험은 없지만 시스템을 오동작 시키는 원인이 된다. 누설전류계는 통전상태에서 시간적 제한을 받지 않고 상시 측정할 수 있는 장점이 있지만 저항성 유도전류와 용량성 유도전류가 합쳐진 합성 누설전류를 검출하므로 저항성 누설전류만을 검출하지 못하는 단점이 있다. 절연저항계를 이용한 절연저항 측정은 측정방법이 간단하고 누설전류에 의한 감전 사고나 화재방지에 충분한 기준이 되기 때문에 일반적으로 절연저항계를 많이 사용하지만 절연저항 측정은 반드시 전원을 차단하고 측정해야 하므로 제때에 절연저항 측정이 곤란할 수 있다.[2-3], [4-7]

본 논문에서는 전기재해를 일으킬 수 있는 요소를 미리 제거하기 위해 보다 효율적이고 신뢰성 있는 누설전류 검출방법을 찾고자 온도, 습도가 다른 환경에서 누설전류 및 절연저항을 측정하여 그 측정값에 대한 차이점을 비교하고 분석하였다.[8]

II. 실험 방법

2.1 실험기자재

영상변류기의 ZCT 1차 정격전류는 200[mA], 2차 정격전류는 1.5 mA이다. 영상 2차 전류의 허용오차 표 1과 같다. 절연저항계는 Sanwa사의 MG1000, 측정전압 500 V를 사용하였다.

2.2.1 누설전류계

누설전류계를 이용한 누설전류 측정방법은 단상 2선식에서는 전원선 2가닥을 ZCT에 통과시켜 측정하였고 3상3선식에서는 전원선 3선을 ZCT에 통과시켜 측정하였으며 3상4선식에서는 전원선 3가닥과 중성선 1가닥을 ZCT에 관통하여 측정하였다.

Table 1. Tolerance of zero phase current transformer.

표 1. 영상 변류기의 허용오차

Class	impedance Rated excitation[Zo]		Zero phase secondary current
	Zo>40 Ω	Zo>20 Ω	
H	Zo>40 Ω	Zo>20 Ω	1.2 mA ~ 1.8 mA
L	Zo>10 Ω	Zo>5 Ω	1.0 mA ~ 2.0 mA

2.2.2 절연저항계

절연저항계를 이용하여 절연저항을 측정할 때에

는 전원 전압을 차단한 상태(정전)에서 절연저항계 검정색 리드선은 대지(접지단자)에 접속하고 빨간색 리드선은 피시험기 전원선에 접속하여 DC 500 V를 인가하여 대지로 흐르는 누설전류를 측정한다. 이때, 인가전압을 대지로 흐르는 전류로 나누어서 저항 값을 산출하고 MΩ 단위로 환산하여 나타낸다.

III. 결과 및 고찰

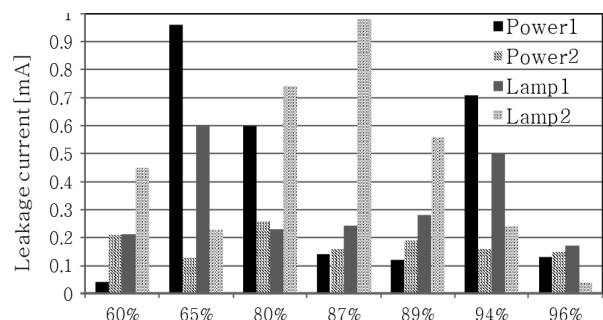
3.1 습도와 누설전류 및 절연저항

3.1.1 습도와 누설전류

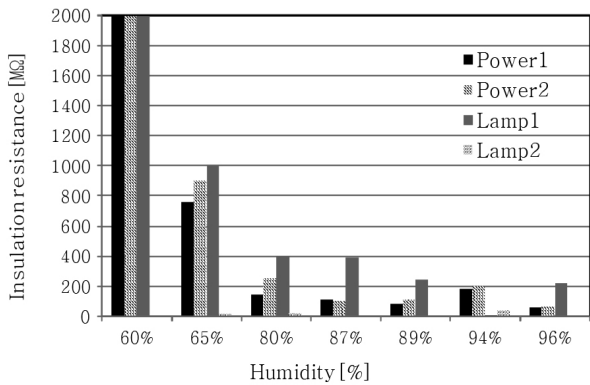
누설전류를 60%~96%의 습도에서 동력부하 2개 회로와 전등부하 2개회로를 측정하여 그림 1 (a)로 나타내었다. 그림 1 (a)에서 동력부하1은 60%~96%의 습도에서 0.04 mA~0.96 mA까지 누설전류를 나타내었다. 그림 1 (a)에서 동력부하2는 60%~96%의 습도에서 0.13 mA~0.26 mA까지 누설전류를 나타내었다. 그림 1 (a)에서 전등부하1은 60%~96%의 습도에서 0.17 mA~0.6 mA까지 누설전류를 나타내었다. 그림 1 (a)에서 전등부하2는 60%~96%의 습도에서 0.04 mA~0.98 mA까지 누설전류를 나타냈다.

3.1.2 습도와 절연저항

60%~96%의 습도에서 동력부하 2개회로와 전등부하 2개회로의 절연저항을 측정하여 그림 1 (b)로 나타내었다. 그림 1 (b)에서 동력부하1은 60%~96%의 습도에서 57 MΩ~2100 MΩ까지 절연저항을 나타내었다. 그림 1 (b)에서 동력부하2는 60%~96%의 습도에서 63 MΩ~4000 MΩ까지 절연저항을 나타내었다. 그림 1 (b)에서 전등부하1은 60%~96%의 습도에서 9.1 MΩ~3200 MΩ까지 절연저항을 나타내었다. 그림 1 (b)에서 전등부하2는 60%~96%의 습도에서 4.8 MΩ~20 MΩ까지 절연저항을 나타냈다.



(a) Humidity and leakage current



(b) Humidity and insulation resistance

Fig. 1. Humidity and leakage current and insulation resistance. 그림 1. 누설전류와 절연저항의 습도

이상의 결과로부터 누설전류의 습도 연관성은 없었으며, 습도가 증가하면 누설전류는 이에 비례하여 증가하는 것이 일반적인 현상인데 누설전류는 습도가 증가해도 누설전류가 증가하지 않고 불규칙적으로 나타났다. 습도가 96%로 가장 높을 때 누설전류는 오히려 낮게 나타났다. 절연저항은 습도가 60%에서 가장 높게 나타났으며 96%에서 가장 낮게 나타났다. 즉, 습도가 증가할수록 절연저항은 낮게 나타났다. 온도와 습도의 관계에서는 습도가 60%일 때 온도는 26°C 이었고, 습도가 65%일 때 온도는 27°C 이었다. 높은 절연저항을 나타낸 26°C 와 27°C에서 습도는 상대적으로 낮았다. 따라서 절연저항의 변화는 온도의 변화에 따른 영향 보다는 습도의 변화가 더 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

3.2 온도에 의한 누설전류 및 절연저항

3.2.1 온도와 누설전류

누설전류를 22°C ~ 32°C의 온도에서 동력부하 2개회로와 전등부하 2개회로를 측정하여 그림 2 (a)에 나타내었다. 그림 2 (a)에서 동력부하1은 22°C ~ 32°C의 온도에서 0.04 mA ~ 0.96 mA까지 누설전류를 나타내었다. 그림 2 (a)에서 동력부하2는 22°C ~ 32°C의 온도에서 0.13 mA ~ 0.26 mA까지 누설전류를 나타내었다. 그림 2 (a)에서 전등부하1은 22°C ~ 32°C의 온도에서 0.17 mA ~ 0.6 mA까지 누설전류를 나타내었다. 그림 2 (a)에서 전등부하2는 22°C ~ 32°C의 온도에서 0.04 mA ~ 0.98 mA까지 누설전류를 나타내었다.

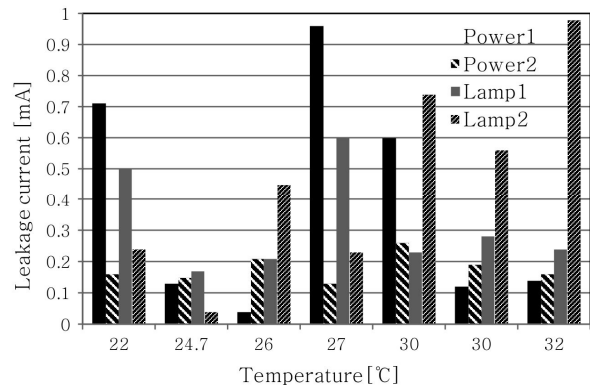
3.2.2 온도와 절연저항

절연저항을 22°C ~ 32°C의 온도에서 동력부하 2개회로와 전등부하 2개회로를 측정하여 그림 2 (b)로 나타내었다. 그림 2 (b)에서 동력부하1은 22°C ~ 32°C의 온도에서 57 MΩ ~ 2100 MΩ까지 절연저항을 나타내었다. 그림 2 (b)에서 동력부하2는 22°C ~ 32°C의 온도에서 63 MΩ ~ 4000 MΩ까지 절연저항을 나타내었다. 그림 2 (b)에서 전등부하1은 22°C ~ 32°C의 온도에서 9.1 MΩ ~ 3200 MΩ까지 절연저항을 나타내었다. 그림 2 (b)에서 전등부하2는 22°C ~ 32°C의 온도에서 4.8MΩ ~ 20MΩ까지 절연저항을 나타내었다.

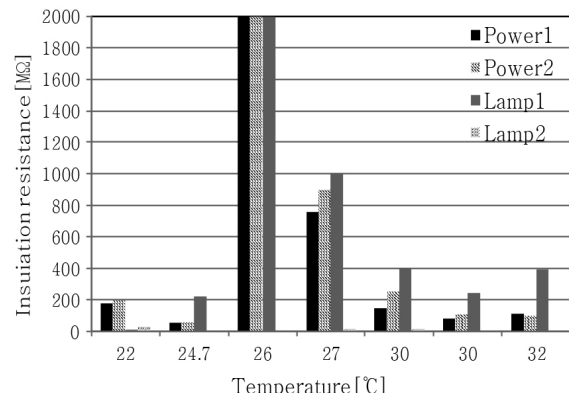
이상의 결과로부터 누설전류의 온도 변화는 연관성이 없었으며, 절연저항은 26°C 부근에서 높은 절연저항을 나타내었고, 온도가 26°C 보다 낮아지거나 높아질수록 절연저항은 낮게 나타났다.

3.3 장소별 누설전류 및 절연저항

3.3.1 식당의 누설전류 및 절연저항



(a) Temperature and leakage current



(b) Temperature and insulation resistance

Fig. 2. Temperature and leakage current and insulation resistance.

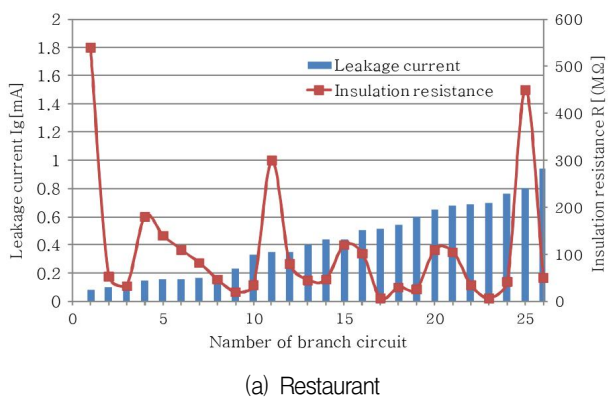
그림 2. 누설전류와 절연저항의 온도

식당에서 누설전류와 절연저항을 측정하여 그림 3 (a)에 나타냈었다. 그림 3 (a)의 26개 분기회로에서 누설전류는 1 mA 이하였고, 절연저항은 0.2 MΩ 이상으로 모두 허용값에 만족함을 알 수 있었다. 11번 회로에서 누설전류는 0.35 mA, 절연저항은 300 MΩ, 25번 회로에서 누설전류는 0.8 mA, 절연저항은 450 MΩ으로 나타냈으며, 누설전류가 높을 때 절연저항도 높게 나타나는 비례관계를 나타냈다. 1번 회로에서 누설전류는 0.08 mA, 절연저항은 540 MΩ으로 나타냈으며, 누설전류가 낮을 때 절연저항은 높게 나타나는 이상적인 반비례 관계를 나타내었다.

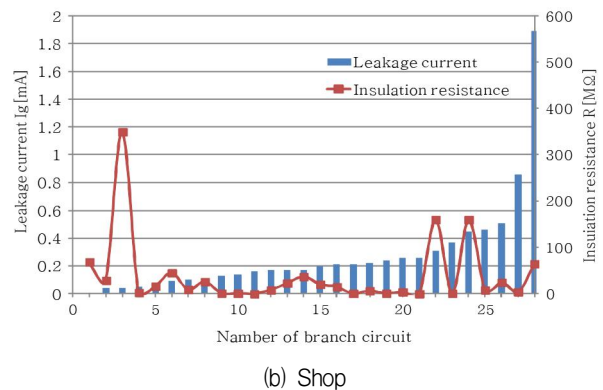
3.3.2 상점의 누설전류 및 절연저항

상점에서 누설전류와 절연저항을 측정하여 그림 3 (b)에 나타내었다. 그림 3 (b)의 28개 분기회로에서 누설전류는 1개회로가 1 mA 이상으로 부적합하고, 나머지 27개회로는 1 mA 미만으로 허용값에 만족함을 알 수 있다. 그림 3 (b)의 28개 분기회로에서 절연저항은 0.2 MΩ 이상으로 모두 허용값에 만족함을 알 수 있다. 28번 회로는 누설전류가 1.89 mA로 허용값을 초과하였으나, 절연저항은 65 MΩ으로 허용값에 만족하여 비정상적인 비례관계임을 알 수 있다. 3번 회로에서 누설전류는 0.04 mA, 절연저항은 350 MΩ으로 모두 허용값을 만족하였으며, 누설전류가 낮을 때 절연저항은 높게 나타나는 이상적인 반비례 관계를 나타내었다.

전등부하 196개 분기회로에서 누설전류 및 절연저항의 분포비율과 누적비율은 그림 3과 같다. 그림 3 (a)에서 누설전류의 허용값인 1 mA 이하의 비율은 134개 회로 68.4%이었고, 1 mA 이상의 비율은 62개 회로 31.6%로 나타났다.



(a) Restaurant



(b) Shop

Fig. 3. leakage current and insulation resistance by used place.

그림 3. 사용처별 누설전류와 절연저항

그림 3 (b)에서 가로축은 절연저항을 나타내고, 세로축은 절연저항에 대한 분포비율과 누적비율을 나타낸다. 절연저항 허용값인 0.2 MΩ 이상은 178개 회로 90.8%가 적합하였고, 18개 회로 9.2%는 부적합으로 나타났다. 전등부하에서 누설전류와 절연저항의 적합 비율은 22.4%의 차이를 나타냈으며 누설전류의 적합 비율이 낮게 나타났다.

IV. 결론

전기설비를 장시간 사용하면 물리적 화학적 요인에 의해 자연 열화가 진행되고, 전기적 기계적인 외부 요인에 의해 절연이 손상되면, 누설전류가 흐르고 전기재해의 원인이 된다. 따라서 본 논문에서는 전기재해를 일으킬 수 있는 요소를 미리 제거하기 위해 보다 더 효과적이고 신뢰성이 있는 누설전류 검출방법을 찾고자 누설전류계와 절연저항계를 이용하여 습도 및 온도가 다른 환경과 장소가 다른 환경에서 누설전류와 절연저항을 측정하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 누설전류는 온도 및 습도의 변화에 연관성이 없이 불규칙하게 나타났으며 절연저항은 26°C의 온도에서 가장 높게 나타났고 26°C 보다 낮아지거나 높아질 수록 절연저항은 낮게 나타났다. 습도와 절연저항의 관계에서 습도가 증가할 수록 절연저항이 감소하는 이상적인 반비례 관계로 나타났다. 절연저항 측정 시 온도가 높을 때 습도는 상대적으로 낮은 상태였다. 따라서 절연저항은 온도의 영향 보다는 습도의 변화가 더 크게 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

2) 식당과 상점에서 누설전류 및 절연저항을 비교한 결과 식당에서 누설전류와 절연저항은 모두 허용값을 만족하였지만 2개 회로는 누설전류가 높게 나타났을 때 절연저항도 높게 나타나는 비정상적인 비례관계를 나타내었다. 상점에서 누설전류와 절연저항은 1개 회로에서 누설전류가 허용값 이하로 부적합하였지만 절연저항은 모두 허용값을 만족하였다. 누설전류 및 절연저항이 허용값 이내일 때도 비정상적인 비례관계를 나타냈으며 이러한 부하는 대부분 전열부하로 분석되었다.

Yong-Sung Choi (Member)



1991 : BS degree in Electrical Engineering, Donga University.
1993 : MS degree in Electrical Engineering, Donga University.
1998 : PhD degree in Electrical Engineering, Donga University.

2006~2019 : Professor, Dongshin University.

References

- [1] J. H. Moon, A Study on the Prevention of Electrical Safety and Accident in Buildings, Korea University Graduate School, p.11, 2017.
- [2] Ja. H. Kim and others, J. KIIEIE, **27**, p.90 2013.
- [3] D. S. Shin, The Research of Human Body Protection form Electric Shock of Ground-Fault Circuit, Seoul National University of Technology Graduate School, p.41, 2003.
- [4] M. I. Choi and others, J. KIIEIE, **23**, p.83, 2009.
- [5] J. G. Kim, J. M. Kim, KIEE, **66**, p.1291, 2017.
- [6] S. J. Ham and others, KIEE, **56**, p.1397 2007.
- [7] C. S. Choi, S. Y. Han, KIEE symposium, p.301, 2008.
- [8] K. C. Han, Master Thesis, DONGshin Univ. 2018.

BIOGRAPHY

Kyung-Chul Han (Member)



2016 : BS degree in Electrical Engineering, Dongshin University.
2018 : MS degree in Electrical Engineering, Dongshin University.
2018~2019 : Representative, Alpha Engineering