

의료용 절연변압기에 연결하는 의료 IT시스템의 안전에 관한 연구

(A Study on the Safety of Medical IT System connecting Medical Insulation Transformer in Medical Locations)

김세동* · 김은식 · 박정일 · 최형식**

(Se-Dong Kim · Eun-Sik Kim · Jung-Il Park · Hyung-Sik Choi)

Abstract

An accidental disconnection of power supply for operating theatres may result in fatal accidents. Thus, it is necessary to import the electric safety system in medical locations. This paper shows an analysis of simulation for the safety in medical IT system based on KS C IEC 60364-7-710(Electrical Installations of Buildings - Requirements for special installations or locations - Medical locations). The analysis was progressed by measuring leakage currents according to variation of volts, circuits and loads. And it was made database for calculation the reasonable length of branch circuit.

Key Words : Medical IT System, Medical Locations, Leakage Experimental Test

1. 서 론

의료장소의 시설기준이 KS C IEC 60364-7-710(건축전기설비-특수장소에 대한 요구사항-의료장소)으로 개정되었으며, 의료장소별 접지계통 및 의료장소의 안전을 위한 보호설비에 관한 규정이 전체적으로 개정되었다[1].

특히 생명유지장치 등을 사용하고 있는 중환자 치료 구역이나 수술실 등의 의료장소에서는 전로의 차단이 치명적인 사고를 유발할 수 있다. 1선 지락 사고시에도 지락전류를 현저히 적게 하여 전원공급을 연속적

으로 할 수 있는 의료 IT시스템으로 배선하도록 정하고 있으나 아직 전기설비기술기준 및 판단기준에서는 개정되지 않은 실정이다[2,3].

또한 근래에 들어 의료용 전기기기의 용량 증가 추세에 따라 절연변압기 정격용량을 상향 조정하여 사용하고 있는 반면에 누설전류 증가를 억제하기 위한 대책이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 의료용 전기기기의 대용량화 추세를 고려하여 의료 IT시스템의 절연변압기의 최대용량을 7.5[kVA]에서 10[kVA]로 변경할 경우 절연변압기 용량이 증가한 만큼 콘센트 회로가 증가할 우려가 있으므로 모의실험을 통하여 의료 IT시스템의 회로수별, 회로길이별, 부하종류별 누설전류를 측정하고, 적정 회로길이 산출방법을 도출하고자 한다. 또한 현재 판단기준에서 정하고 있는 지락전류의 값이 2[mA]로 되어 있는데, 이의 적합성 여부를 확인하고자 한다.

* 주저자 : 두원공과대학 교수
** 교신저자 : 대한전기협회 전문위원
Tel : 031-8056-7167, Fax : 031-8056-7161
E-mail : kimse@doowon.ac.kr
접수일자 : 2011년 2월 9일
1차심사 : 2011년 2월 11일
심사완료 : 2011년 3월 14일

모의실험을 토대로 인가전압별 회로별 부하종류별 누설전류의 측정결과를 분석하고 분기회로 적정 회로 길이 산출에 필요한 자료를 데이터베이스화하였다.

2. 본 론

2.1 절연변압기의 설치 현황과 설치기준

2.1.1 설치 현황

국내 12개 대형병원에서 사용하고 있는 절연변압기의 최대용량을 조사한 결과 10[kVA]를 설치한 병원이 3개소, 7.5[kVA]를 설치한 병원이 2개소, 5[kVA]를 설치한 병원이 6개소, 3[kVA]를 설치한 병원이 1개소로 조사되었다[4].

2.1.2 설치 기준

전기설비기술기준 판단기준 제249조에 의하면, ‘흉부 수술실, 심혈관엑스선 촬영실 등의 전원차단이 의료에 중대한 지장을 초래할 위험이 있는 의료실의 콘센트회로는 전로의 1선 지락시에도 전원을 계속 공급할 수 있도록 절연변압기를 시설하도록 하고 있으며 [4], 다음과 같이 정하고 있다.

- ① 절연변압기의 2차측 전로의 정격전압은 300[V] 이하
- ② 1개의 의료실에 시설하는 절연변압기의 최대용량은 7.5[kVA]를 초과하지 아니하여야 한다.
- ③ 절연감시장치를 시설하며, 지락전류의 값이 2[mA]가 되면 경보장치가 작동하는 것이어야 한다.

2.2 모의실험에 따른 적합성 평가 분석

2.2.1 모의 실험

절연변압기의 최대용량을 7.5[kVA]와 10[kVA]로 하고, 정격전압을 300[V]에서 250[V]로 조정하였을 때의 의료 IT시스템의 전압별, 회로수별, 부하별 누설전류의 변화를 측정하기 위하여 그림 1과 같이 모의실험 회로도 구성하였다.

모의실험용 기기의 설치는 다음과 같다.

- 전압조정기 : 1대(0~240[V]용)
- 시험용 절연변압기 : 15[kVA] 1대
- 피시험용 절연변압기 : 7.5[kVA] 및 10[kVA] 각 1대
- 절연변압기 2차측 콘센트 회로 : CV 케이블 6[mm²] × 2C 200[m]를 금속전선관 내에 배선
- 배선방법 :
 - 1번~10번 병렬회로 설치(회로당 길이 : 20[m])
 - 40[m] 5회로 설치
 - 80[m] 2회로, 40[m] 1회로 설치
 - 100[m] 2회로 설치
 - 200[m] 1회로 설치
- 부하 : 전열기 (300[W]~2[kW]) 8대, PC 2대, 모니터 2대
- 절연감시장치 : LIM 1대
- 측정기기 : 누설전류 측정기, 전력분석기, 전압 전류계 각 1대
- 설치 장소 : 한전 고창시험소

2.2.2 실험 순서

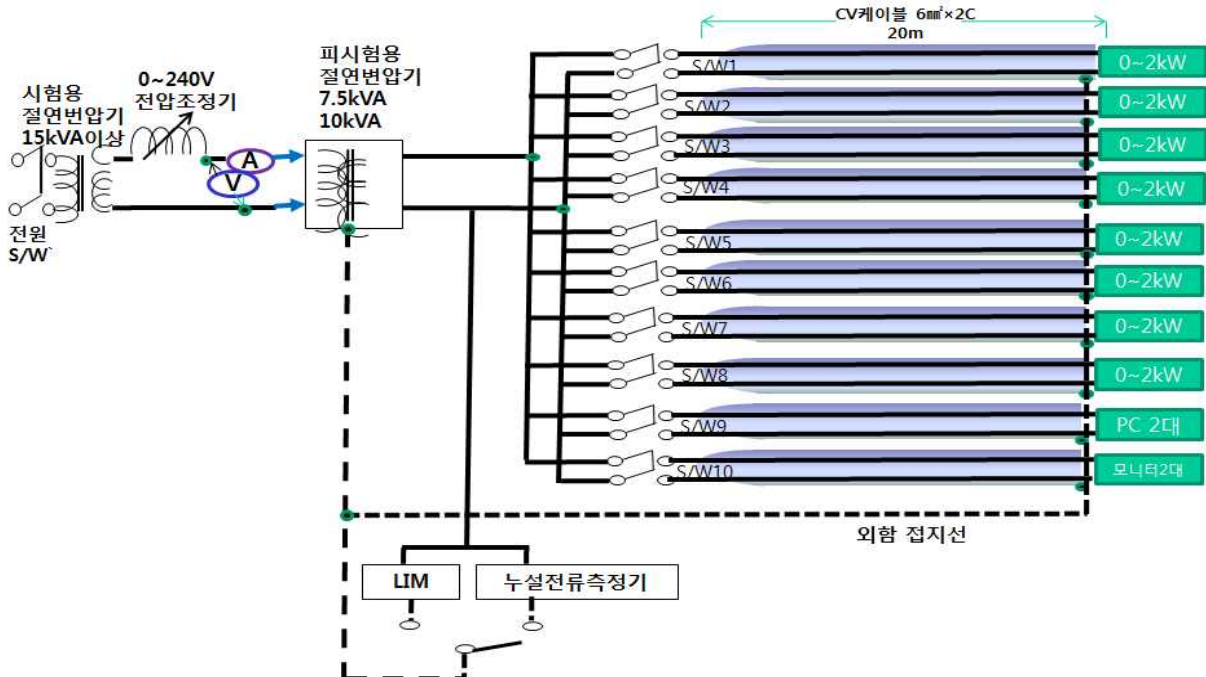
모의실험의 순서는 다음과 같이 수행하였으며, 각 조건별로 측정하였다.

- 절연변압기의 누설전류 측정
- 회로 번호별 무부하 누설전류 측정
- 병렬회로에서 무부하 누설전류 측정
- 회로별 부하 연결 누설전류 측정
- 병렬회로에서 부하 연결 누설전류 측정
- 회로길이별로 반복하여 무부하 및 부하시의 누설전류 측정

2.2.3 모의실험 결과 분석

가) 인가전압에 따른 누설전류와의 관계

그림 2는 절연변압기 7.5[kVA]와 10[kVA]를 사용하였을 때 무부하시와 부하시 인가전압을 변화하였을 때의 누설전류 변화를 측정한 것이다. 1회로당 길이는 20[m]이고, 10회로를 기준으로 병렬회로인 상태로 측정하였다.

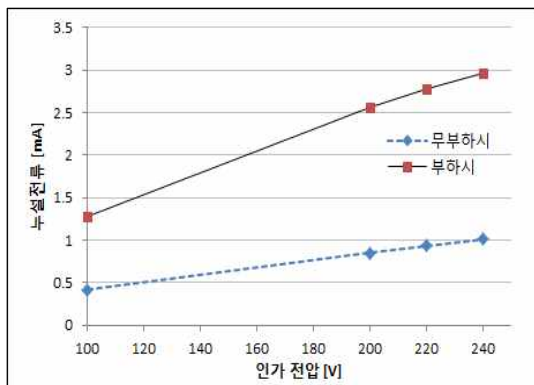


[비고] 1번 회로 : 전열기 700[W]와 900[W], 2번 회로 : 전열기 1.1[kW], 3번회로 : 전열기 2[kW],
 4번회로 : 전열기 1.1[kW], 5번회로 : 전열기 500[W], 6번회로 : 전열기 1.1[kW],
 7번회로 : 전열기 2[kW], 8번회로 : 전열기 2[kW], 9번회로 : PC 2대, 10번회로 : 모니터 2대

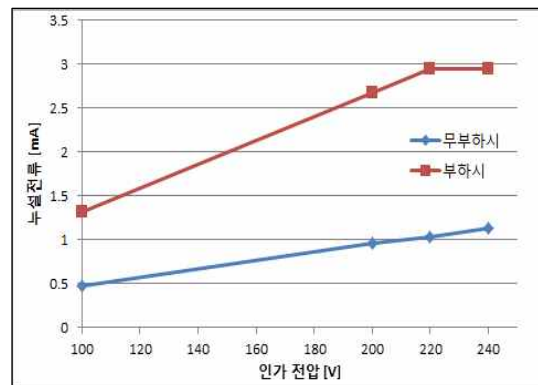
그림 1. 실험 구성도
 Fig. 1. Experimental Setup

실험 결과 인가전압이 높을수록 누설전류가 정비례하여 증가함을 확인하였다. 그리고 부하시 인가전압

이 100[V]일 경우에만 동작값이 2[mA] 이하를 유지하였고, 인가전압이 200[V] 이상에서는 2.5[mA] 이상 발



(a) 절연변압기 7.5[kVA] 적용시



(b) 절연변압기 10[kVA] 적용시

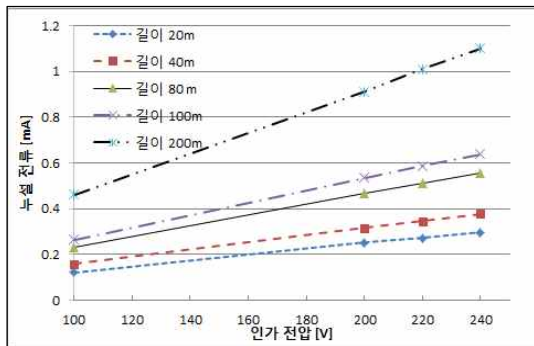
그림 2. 인가전압에 따른 누설전류의 특성
 Fig. 2. Measured variation of leakage current according to voltage increase

생하는 것으로 분석되었다.

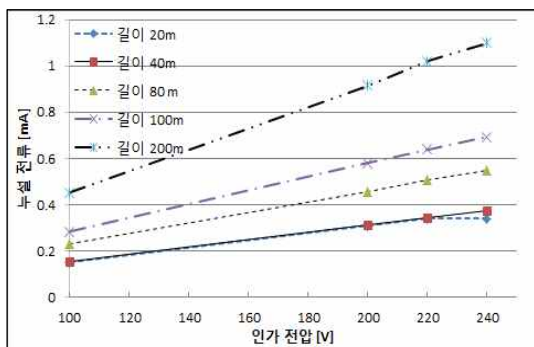
따라서 기존 규정에서 ‘지락전류의 값이 2[mA]가 되면 경보장치가 작동하는 것이어야 한다’는 규정은 사용전압이 100[V]를 사용하는 일본의 전기설비기술기준을 인용하여 규정한 것으로 판단되며, 절연감시장치의 동작값을 조정할 필요가 있는 것으로 확인되었다.

나) 회로 길이에 따른 누설전류와의 관계

그림 3은 절연변압기 10[kVA]를 사용하였을 때 무부하시와 부하시(길이 20[m] : 전열기 700[W] × 2대, 900[W] × 1대, 길이 40[m] : 전열기 500[W], 길이 80[m] : 전열기 500[W], 길이 100[m] 및 200[m] : 전열기 700[W] × 2대, 900[W] × 1대 연결) 인가전압을 변화하였을 때의 누설전류 변화를 측정하였다. 1회로만을 기준으로 측정하였다.



(a) 무부하시



(b) 부하시

그림 3. 회로길이에 따른 누설전류의 특성
Fig. 3. Measured variation of leakage current according to circuit length

실험 결과 인가전압이 높을수록 또는 회로 길이가 길수록 누설전류가 증가함을 확인하였다.

다) 콘센트 회로의 증가에 따른 누설전류와의 관계

그림 4는 그림 1의 조건에서 절연변압기 10[kVA]를 사용하였을 때 무부하시와 부하시 회로수 증가에 따른 누설전류 변화를 측정하였다. 인가전압은 220[V]로 하였고, 회로당 길이는 20[m]이며, 10회로를 기준으로 병렬회로인 상태로 측정하였다.

실험 결과 콘센트 회로가 증가할수록 누설전류가 증가함을 확인하였다.

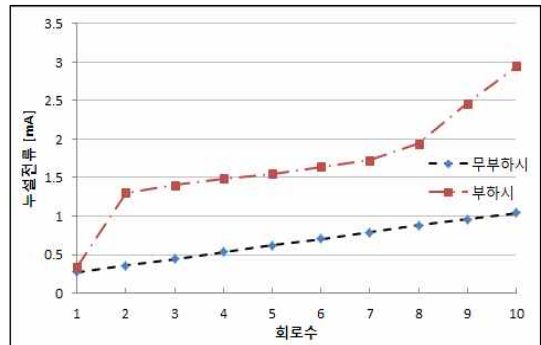


그림 4. 회로수 증가에 따른 누설전류의 특성
Fig. 4. Measured variation of leakage current according to circuit number

그림 4에서 알 수 있는 바와 같이 누설전류는 PC를 연결한 회로가 모니터 연결 회로에 비하여 2배 이상 많이 흐르는 것을 알 수가 있었으며, 의료IT시스템은 의료용 절연변압기에 연결하지 않는 것이 바람직한 것으로 확인하였다.

2.2.4 의료 IT시스템에서 콘센트분기회로의 적정 길이 산출방법

의료 IT 시스템에서 절연을 일정 수준 이상 유지하여야 하며, 콘센트분기회로의 길이가 적정하지 않을 경우에는 누설전류가 과도하게 발생하여 환장에게 위험을 초래할 수 있다. 따라서 콘센트분기회로의 적정 길이 산출은 매우 중요하다.

모의 실험을 통하여 의료 IT시스템에서 콘센트분기

회로의 적정길이를 산출하는 식을 아래와 같이 유도할 수 있다.

$$I_{gl}x + I_{gtr} \leq I_r \text{ [mA]} \quad (1)$$

식 (1)로부터 다음과 같이 분기회로의 길이를 구할 수 있다.

$$x \leq \frac{I_r - I_{gtr}}{I_{gl}} \text{ [m]} \quad (2)$$

여기서 x 는 콘센트분기회로에 사용되는 케이블의 총길이[m], I_{gl} 은 일정전압에서 콘센트분기회로에 사용되는 케이블의 m당 누설전류[mA], I_{gtr} 은 일정 전압에서 절연변압기의 무부하 누설전류[mA]이며, I_r 은 의료 IT시스템에서 절연을 일정 수준 이상 유지하기 위한 누설전류의 최대값[mA]으로서 다음과 같이 구할 수 있다.

$$I_r = \frac{\text{정격전압[V]}}{\text{절연저항최소규정값}[\Omega]} \times 1,000 \text{ [mA]} \quad (3)$$

예를 들어서 의료 IT시스템의 절연저항을 0.2[MΩ] 이상 유지하여야 하는 경우 CV 6[mm]×2C(누설전류 0.00431[mA])를 사용시 콘센트분기회로의 최대길이는 다음과 같이 계산한다. 다만 절연변압기 10[kVA] (누설전류는 0.178[mA]이다)를 사용한다.

$$I_r = \frac{220 \text{ V}}{200,000 \Omega} \times 1000 = 1.1 \text{ [mA]} \quad (4)$$

$$x \leq \frac{1.1 - 0.178}{0.00431} = 213.9 \text{ [m]} \quad (5)$$

이다.

3. 결 론

본 연구에서는 KS C 60364-7-710(건축전기설비)의 개정내용을 토대로 의료 IT시스템의 안전확보를 위한 모의실험 결과를 분석하였으며, 인가전압별 회로별 부

하종류별 누설전류의 측정결과를 분석하고 분기회로 적정 회로길이 산출에 필요한 자료를 데이터베이스화 하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같다.

- 1) 대형 종합병원에서는 조사결과 절연변압기의 최대용량인 10[kVA]를 사용하고 있는 것으로 확인하였다.
- 2) 모의실험 결과 인가전압이 높을수록 누설전류가 정비례하여 증가함을 확인하였고, 분기회로 길이가 길수록 또는 콘센트회로가 증가할수록 누설전류가 증가함을 확인하였다.
- 3) 부하시 인가전압이 100[V]일 경우에만 동작값이 2[mA] 이하를 유지하였고, 인가전압이 200[V] 이상에서는 2.5[mA] 이상을 발생하는 것으로 분석되었다. 기존 규정에서 ‘지락전류의 값이 2[mA]가 되면 경보장치가 작동하는 것하여야 한다’는 규정은 사용전압이 100[V]를 사용하는 일본의 전기설비기술기준을 인용하여 규정한 것으로 판단되며, 절연감시장치의 동작값을 조정할 필요가 있는 것으로 확인하였다.
- 4) PC를 연결한 회로에서는 누설전류가 모니터연결 회로에 비하여 2배 이상 많이 흐르는 것을 알 수가 있었으며, 의료 IT시스템은 의료용절연변압기에 연결하지 않는 것이 바람직한 것으로 확인하였다.
- 5) 모의 실험을 통하여 의료 IT시스템에서 콘센트 분기회로의 적정길이를 산출하는 공식을 유도하였다.

이를 토대로 전기설비기술기준 및 판단기준의 제 249조(의료실의 접지 등의 시설)에 대한 규정을 개정하기 위한 기초자료로 활용할 계획이다.

이 논문은 지식경제부에서 시행한 지식경제 기술혁신사업, “병원전기설비에 관한 시설기준 설정 및 세부지침에 관한 연구”과제(’09~’10) 연구결과의 일부입니다.

References

- [1] KS C IEC 60364-7-710(건축전기설비-특수장소에 대한 요구사항-의료장소), 2005.
- [2] 오정환, 김영배, ‘의료실의 배선 및 접지방식’ 조명 및 전

기설비학회지, No. 11, 2005.

- [3] 지식경제부, 전기설비기술기준 및 판단기준, 2010.
- [4] 김은식, 최형식 외, 병원전기설비에 관한 시설기준 설정 및 세부지침에 관한 연구, 지식경제부(대한전기협회), 2010.

◆ 저자소개 ◆



김세동(金世東)

1956년 3월 3일생. 1980년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1986년 동대학원 졸업(석사). 2000년 서울시립대 전기전자공학부 대학원 졸업(박사). 1979~1984년 한국전력공사 근무. 1984년~1997년 2월 한국건설기술연구원 수석연구원 역임.

현재 두원공과대학 전기과 교수. 건축전기설비기술사. 본 학회 부회장.

관심분야 : 전력설비 진단 및 DSP, 최적 전기설비설계



김은식(金恩植)

1952년 5월 23일생. 1990년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 1995년 한양대학교 산업대학원 졸업(석사). 1974년 5월~2010년 9월 한국전력공사 근무. 현재 대한전기협회 기술처장. 전기안전기술사. 국제기술사(전기공학).



박정일(朴正一)

1957년 1월 6일생. 조선대학교 전기공학과 졸업. 서울과학기술대학교 대학원 졸업(석사). 조선대학교 대학원 박사과정. 1978년 7월~1997년 7월 건설교통부 근무. 1997년 7월~1998년 6월 특허청(심사관) 근무. 1998년 6월~현재 국토해양부 기술서기관 근무. 건축전기설비기술사. 본 학회 평의원.



최형식(崔亨植)

1946년 5월 16일생. 1973년 광운대학교 전기공학과 수료. 1974년 2월~2004년 9월 한국전력공사 근무. 2004년 11월~2006년 10월 전력연구원 근무. 2006년 11월~현재 대한전기협회 근무.