

TN-C-S 접지계통에서 외부 루프 임피던스의 실측 및 기준값 설정에 관한 연구

A Study on the Measurement and Determination of External Loop Impedance on TN-C-S System

이 건 호* · 정 진 수* · 문 현 옥* · 김 선 구†
(Geon-Ho Yi · Jin-Soo Jung · Hyun-Wook Moon · Sun-Gu Kim)

Abstract - The maximum allowable value of loop impedance(Z_s) to secure the operation of overcurrent protective devices and the safety for indirect contact is a very important in TN-C-S system. The loop impedance is divided into inner loop impedance which consumer can adjust and external loop impedance(Z_e) which only electric operator can adjust. Thus, an external loop impedance which limits to less than a certain value is a very important factor for human body protection against electric shock in TN-C-S system. The concept of loop impedance(Z_s) is recently introduced to the domestic, the study about external loop impedance is yet insufficient. However, the study about the reference impedance as specified by the IEC 60725 standard to improve the quality and reliability of the power supply is being made. In this paper, reference value of external loop impedance(Z_e) to meet domestic environment will be proposed by the nationwide measurement and statistical analysis.

Key Words : Loop impedance, External loop impedance, TN-C-S, Overcurrent protection

1. 서 론

우리나라는 WTO/TBT 협정(1995년)에 따라 전기사업법의 국제화에 대처하고 신기술의 신속 도입을 기할 수 있는 체계로 개선하고자 기존 전기설비기술기준의 판단기준 제 279조에 국제표준 IEC 60364(AC 1000 V 이하, DC 1,500 V 이하 적용)를 선택적으로 적용할 수 있도록 고시(2005년 12월)되었다. 또한 2010년 1월에는 판단기준 제18조(접지공사의 종류)에 “통합접지 및 공통접지”, 및 제22조2(주택 등 저압장소의 접지)에서는 TN-C-S 접지계통으로 시설할 수 있도록 개정고시 되었다.

그러나 TN접지계통으로 시설시 IEC 60364에서 언급하고 있는 EEBAD(Earthed equipotential bonding and automatic disconnection of supply, 이하 EEBAD라 한다)과 관련된 외부 루프임피던스에 대한 검증이 이루어지고 있지 않아 국내 적용시 많은 어려움이 있는 상황이다. 공칭전압 230 V를 사용하고 있는 영국의 예를 들면 외부 루프임피던스 제시값은 TN-C-S 접지계통에서는 0.35 Ω으로 규정하고 있으나 외부 루프임피던스의 값은 각 나라의 배전시스템, 도시화, 인구밀도 및 기술수준 등에 따라 그 값이 많은 차이를 보이고 있다.

본 논문은 IEC 60364 도입초기인 우리나라에 있어 국내 환경에 적합한 외부루프임피던스 값을 전국적 실측과 통계 분석을 통해 그 값을 제시하여 TN-C-S 접지시스템의 실질

적 국내 부합화를 도모하고자 하였다.

2. 루프 임피던스 및 외부 루프임피던스

2.1 지락고장 루프임피던스(Z_s)

IEC 60364에서 규정하는 TN접지계통이란 전원의 한 점을 직접접지하고 설비의 노출도전성 부분을 보호도체(PE : Protective Earth)를 이용하여 전원 한점에 접속하는 접지계통을 말한다. TN 접지계통은 중성선 및 보호도체의 배치에 TN-C-S, TN-C 및 TN-S 계통 등 3종류가 있다. 이 중 TN-C-S(Terre Neutral Combined Separate)은 계통의 일부에서 중성선과 보호도체의 기능을 동일도체로 겸용을 한다. 즉, 배전계통으로부터 수용가 인입구까지는 동일도체로 사용하고 수용가 내부에서는 중성선과 보호도체로 분리되는 특징을 가지고 있다.

이러한 TN계통에서의 지락고장 루프임피던스(Z_s)는 EEBAD의 보호방법을 위해 필수적인 특성이며 대부분의 전기설비에서 간접접촉에 대한 보호를 위해 사용된다. 영국 BS 7671 규정에서는 지락고장루프임피던스의 제한 값을 제시하고 있는데, 제한 값은 간접접촉에 대한 보호를 위해 전원을 자동 차단하는 퓨즈, 차단기 또는 누전차단기의 특성에 따라 좌우된다. 지락고장루프임피던스의 값을 제한하고 있는 것은 상도체와 노출 도전부 사이에 지락고장이 발생하였을 때, BS 7671에서 허용하는 최대 시간 안에 고장회로를 자동으로 차단할 수 있도록 고장전류가 충분히 커야 하기 때문이다[1].

그림 1은 TN-C-S계통에서의 고장루프전계가 금속도체로 구성되는 전형적인 지락고장루프를 나타내고 있다.

* Electrical Safety Research Institute, KESCO

† Corresponding Author : Electrical Safety Research Institute, KESCO

E-mail : ksg@kesco.or.kr

Received : June 14, 2013; Accepted : July 12, 2013

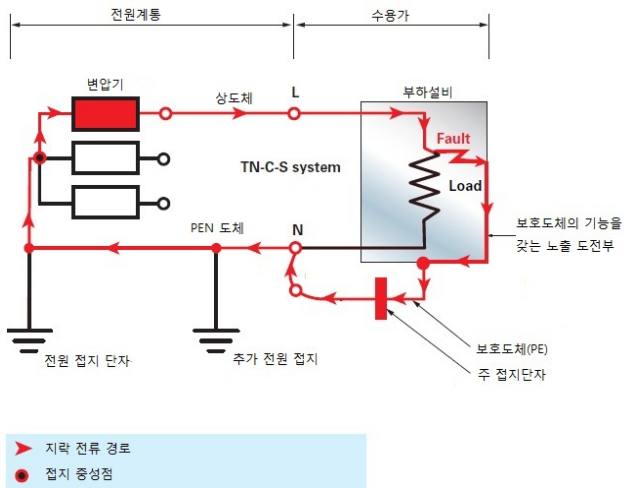


그림 1 TN-C-S 접지계통의 지락 전류 경로
Fig. 1 Earth Fault Loop of TN-C-S System

2.2 지락고장 외부루프임피던스(Z_e)

외부 루프임피던스(Z_e)는 BS 7671의 313-01-01에서 규정하는 전원특성중의 하나로서 수용가 외부의 루프임피던스를 의미한다. 즉, 변압기 2차측에서부터 수용가 인입점까지의 전원선, 중성선의 임피던스를 말하며, 루프임피던스(Z_s)와 외부 루프임피던스(Z_e)의 구성은 그림 2와 같다.

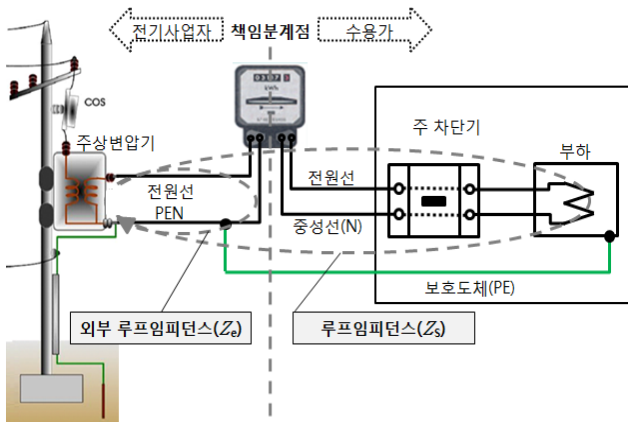


그림 2 루프임피던스와 외부 루프임피던스 구성도
Fig. 2 Schematic of Loop Impedance and the External Loop Impedance

설비 각각의 회로에서 지락고장전류, 온도영향 및 간접접촉에 대한 보호방법의 효과는 Z_e 의 값에 의해 좌우된다. 따라서 보통 사용 상태에서 발생할 수 있는 Z_e 최대 및 최소 값을 확인하는 것이 필수적이다.

EEBAD에 의한 간접접촉에 대한 보호를 위해서는 Z_e 를 일정값 이하로 제한하여야 하는데 이것은 최대 차단시간을 만족하기 위한 것이다. 또한 개폐장치 등의 단락용량(정격차단전류)을 결정하기 위하여 예상지락고장전류의 최대값을 계산하는 경우 Z_e 의 최소값이 사용되어야 최대 지락고장전류를 계산할 수 있기 때문이다.

따라서 영국의 경우는 접지계통 방식에 따라 Z_e 및 전원점에서의 예상단락전류(I_{SC})의 최대값을 표 1과 같이 제시하고 있다[2].

표 1 접지계통별 Z_e 및 I_{SC} 의 최대값
Table 1 Maximum Value of Z_e and I_{SC} by Earthing system

특성	계통형태	대표 최대 값
지락고장 외부루프 임피던스 (Z_e)	TN-S	0.8 Ω
	TN-C-S	0.35 Ω
	TT	21 Ω(중요성 : 접지도체와 설비접지전극의 저항은 이 값에 추가할 것)
전원점에서의 예상단락전류 (I_{SC})	단상 전원	16,000 A
	3상 전원	25,000 A

예를 들어 TN-C-S 계통의 230 V 단상전원이라면 Z_e 값을 0.35 Ω, I_{SC} 값을 16,000 A로 제시하고 있는데, 오음의 범칙에 따라 ISC는 최대값을 16,000 A으로 가정할 경우 Z_e 는 0.014 Ω(=230 V/16,000 A)이 된다. 따라서 이런 경우 더 좋은 정보가 없다면 Z_e 의 값은 0.014 Ω에서 0.35 Ω의 범위가 된다.

상기 기술한 것과 같이 유럽의 각 국가에서는 감전보호 및 전기설비 보호를 위하여 외부 루프임피던스 값을 한정지어 제시하고 있으며, 이러한 외부 루프임피던스의 값을 일정 지역 내(보통은 국가별로 구분) 각 수용가의 외부 루프임피던스를 측정하여 일정 비율(대부분 90% 내지 95%)의 수용가가 그 값 이하를 만족하도록 임피던스 값을 선정하고 있다.

그러나 우리나라의 경우, 이미 TN접지계통을 기술기준에 도입 적용하고 있으나 TN 접지계통을 운용하기 위해 반드시 필요한 국내 저압배전계통(공칭전압 220 V, 주파수 60 Hz)에 대한 외부 루프임피던스 값이 아직 규정되어 있지 않다.

따라서 본 연구논문에서는 TN-C-S 접지계통을 실질적으로 국내 부하화하기 위하여 전국적 실측과 통계분석을 통하여 외부 루프임피던스 기준값을 제시하고자 한다.

3. 외부 루프임피던스 선정을 위한 측정방법 및 결과 고찰

3.1 외부 루프임피던스 선정을 위한 측정 방법

3.1.1 외부 루프임피던스 측정 위치

외부 루프임피던스를 정확한 측정을 위해서는 수용가와 저압계통을 분리할 수 있는 지점에서 측정하여야 한다. 즉, 국내환경을 예로 들어 설명하면 한전의 주상변압기를 기점으로 수용가의 직산전력량계 또는 주 차단기 1차측 중에서 선택하여 측정하여야 한다. 본 연구에서는 그림 3과 같이 수용가측 주 차단기 1차측을 측정 위치로 선정하였다. 측정 장비는 CHAUVIN ARNOUX에서 제작한 C.A 6115N 모델이다[3][4].

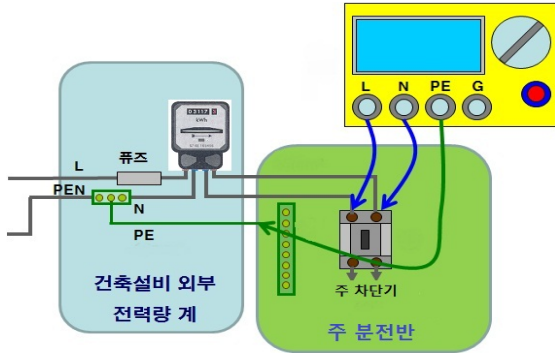


그림 3 외부 루프임피던스 측정 위치
Fig. 3 Measurement Point of External Loop Impedance

3.1.2 측정 개소 및 대상 선정

국내 저압계통의 변압기 대수는 2008년 기준 136만여 대로 전수 조사는 불가능하며 본 연구에서는 표본 산출을 통하여 측정 개소를 선정하였다. 유한 모집단에서 비복원 추출을 했을 경우 표본수 산정은 식(1)로 구할 수 있다.

$$n = \frac{N}{(N-1)\left(\frac{E}{Z_{\alpha/2} \times \sigma}\right)^2 + 1} \quad (1)$$

여기서, N : 모집단, σ : 표준편차, n : 표본의 수, E : 오차, Z_{α/2} : 신뢰계수이다.

표본수를 구하기 위하여 모집단을 변압기 대수인 1,360,000으로 하고 표준편차 1%로 하였다. 이 때 오차 0.1%, 신뢰도 95%(신뢰계수는 1.96)로 표본수를 산정하면 식(2)와 같이 384개의 표본수를 산정할 수 있다[5][6].

$$n = \frac{1,360,000}{(1,360,000-1)\left(\frac{0.001}{1.96 \times 0.01}\right)^2 + 1} \approx 384 \quad (2)$$

또한 384개소의 측정 대상을 지역별, 용도별로 배분하기 위하여 국내 저압 수용가 현황을 조사하였으며 그 결과는 표 2와 같다. 표 2에 근거하여 측정 대상을 지역별, 용도별로 표 3과 같이 분류하여 선정하였다.

표 2 국내 저압 수용가 통계 현황
Table 2 Statistics of Domestic LV Distribution System

구분		비율(%)
지역 구분	도심 지역	80
	지방 지역	20
	합계	100
용도 구분	주거용	84
	상업용	15
	산업용	1
	합계	100

표 3 외부루프임피던스 측정 개소수 선정 결과

Table 3 Measurement Points of External Loop Impedance

구분	도심				지방				합계
	주거용	상업용	산업용	소계	주거용	상업용	산업용	소계	
개소	258	46	3	307	64	12	1	77	384
비율 (%)	67.2	12.0	0.8	80	16.8	3.0	0.2	20	100

3.2 측정 결과

3.2.1 부하가 연결된 상태에서의 측정시 영향 분석

상기 기술한 바와 같이 정확한 외부 루프임피던스 측정을 위해서는 부하측 회로를 차단한 상태에서 측정을 하여야 한다. 그러나 실제 현장의 경우 정전이 불가한 경우가 많아 현실적으로 측정에 어려움이 있으며, 본 연구에서도 전체 측정 개소인 384개소 중 259개소에서만 차단기 off 상태에서 측정이 가능하였다. 따라서 차단기 on, off 시 측정값에 대한 비교·분석을 통하여 그 영향 정도를 파악함으로써 본 논문에서 제시하는 측정값에 대한 신뢰도를 증명하고자 한다[7].

본 연구에서는 외부 루프임피던스 측정을 위하여 각 수용가별로 차단기 on 상태와 off 상태에서 각각 10회씩 측정을 하여 최대값과 최소값을 제외한 나머지 8개의 측정결과를 평균하여 해당 수용가 임피던스를 측정하였다. 총 259개소에서 측정된 차단기 on, off시 측정 오차의 평균은 0.0154 Ω 이었으며 오차율은 평균 8%인 것으로 조사되었다. 또한 차단기 off시 10회 측정된 값들에 대한 표준편차의 평균은 0.0158 Ω 이었다. 표준편차는 그 평균값에 대한 관측값들의 차이 정도를 나타내는 것이므로 on, off시 측정 오차의 평균이 표준편차보다 작다는 것은 측정오차 이내에 들어오는 것으로 판단할 수 있다. 이는 차단기의 도체 상태 또는 측정 시점에 접점의 접촉강도에 따라 발생할 수 있을 정도의 오차로서 실제 현장에서 외부 루프임피던스를 측정할 경우 실 부하 상태에서 측정을 하여도 문제가 없을 것으로 판단된다.

10회 측정시 표준편차의 평균 : > on, off시 측정값 차이의 평균 :
0.0158 0.0154

또한 향후 IEC 규격에 따른 TN 접지 계통이 국내에 보급되어 외부루프임피던스를 측정하는 경우 차단기 on(무정전) 상태에서의 측정값으로도 문제가 없을 것으로 판단되어진다.

3.2.2 외부 루프임피던스 측정결과

외부 루프임피던스(Z_e) 측정은 전국적인 수용가 분배를 고려하여 측정을 실시하였다. 측정기간은 2010. 9 ~ 2012. 2 까지 약 1년 6개월에 걸쳐 총 384개소를 측정하였다. 현장

측정 계획 수립시 표 3과 같이 측정 대상을 지역별, 용도별로 선정하였으나 시간적 제한 및 현장 여건상 실제 측정된 수용가 분류는 계획과 정확히 일치하지는 않았다. 표 4는 실측 개소를 지역별, 용도별로 구분하여 나타낸 결과로써 외부 루프임피던스의 평균값이다.

표 4 지역별, 용도별 측정개소 및 외부루프임피던스 평균값

Table 4 Measurement Points and the Average Value of External Loop Impedance by Region and Application

구분	도심				지방				합계
	주거용	상업용	산업용	소계	주거용	상업용	산업용	소계	
개소	208	82	14	304	50	21	9	80	384
비율 (%)	54.2	21.4	3.6	79.2	13.0	5.5	2.3	20.8	100
Z_e (Ω) 평균값	0.15	0.17	0.18	0.16	0.31	0.20	0.17	0.26	0.18

표 4에서 알 수 있듯이 도심이 지방보다 임피던스값이 낮게 조사되었으며, 이는 수용가 밀집지역인 도심의 인입선 공장이 작기 때문인 것으로 사료된다. 또한 도심에서는 수용가 용도별 임피던스 차가 작게 나타났으나, 지방의 경우에는 상대적으로 주거용의 임피던스가 높게 조사되었다. 이러한 결과는 지방의 주거용 설비가 상업용이나 산업용 설비에 비해 적절한 유지관리가 이루어지지 않고 있다는 것을 추측할 수 있도록 해준다.

표 5는 외부 루프임피던스 값을 주변 환경별로 분류하여 나타낸 결과이다. 주변 환경은 내륙, 산악, 해안지역으로 구분하였다. 표에서 알 수 있듯이 내륙보다는 산악지역이 산악지역보다는 해안지역의 임피던스 값이 높게 나오는 것을 알 수 있다. 이는 산악지역이나 해안지역의 설비가 상대적으로 노후되어 있으며, 특히 해안지역 선로의 경우 염분의 영향으로 임피던스 값이 높게 조사된 것으로 판단된다.

표 5 주변 환경별 외부루프임피던스 측정 평균값

Table 5 Average Value of External Loop Impedance by the Environment

구분	내륙지역	산악지역	해안지역	합계
개소	318	15	51	384
비율 (%)	82.8	3.9	13.3	100
Z_e 평균값(Ω)	0.16	0.20	0.23	0.18

표 6은 측정개소를 행정구역별로 구분한 결과이다. 각 행정구역별로 구분한 외부 루프임피던스 통계값을 분석해 보면, 서울지역이 가장 낮은 0.12 Ω 이었으며 다음으로는 경상지역이 0.16 Ω 순이었으며, 외부 루프임피던스 값이 가장 높은 지역은 전라지역으로서 0.33 Ω 로서 실측되었다.

서울이 평균값 0.18 Ω 보다 낮게 나타난 것은 다른 지역에 비하여 인구밀도 집중에 저압배전선로가 짧은 것에 기인하

는 것으로 분석된다. 한편 전라, 강원 지역의 경우 해안, 산악지대에 위치한 수용가를 측정하여 상대적으로 높은 임피던스 값이 측정된 것으로 분석되었다.

표 6 행정구역별 외부루프임피던스 측정 평균값

Table 6 Average Value of External Loop Impedance by the Administrative Area

구분	서울	경기	강원	충청	전라	경상	합계
개소	113	32	36	83	30	90	384
비율 (%)	29.4	8.3	9.4	21.6	7.8	23.5	100
Z_e 평균값(Ω)	0.12	0.21	0.24	0.20	0.33	0.16	0.18

본 논문에서는 측정된 외부 루프임피던스 분포를 확인하기 위해 아래 그림 4에 분포도를 나타냈다. 그림 4의 분포도에서 알 수 있는 것과 같이 각 표본에서 임피던스 값이 다양하게 측정되었으며, 가장 높은 것은 약 0.6 Ω 을 넘는 것도 있음을 확인 할 수 있다.

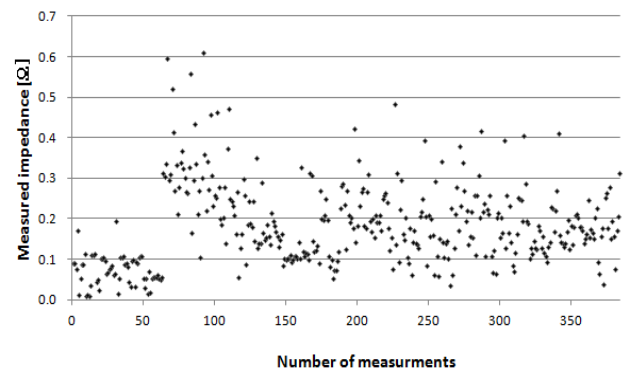


그림 4 외부 루프임피던스 분포도

Fig. 4 Distribution Map of External Loop Impedance

누적 분포도를 구하기 위하여 측정된 데이터를 일정 임피던스 크기, 즉 30 m Ω 단위로 구분하여 그 단위당 시료 수와 누적 분포를 구하였다. 이렇게 구하여진 단위당 시료 수와 누적분포를 그래프로 도시화 시켜 누적 분포도를 구하였다. 누적분포를 구한 결과, 임피던스값이 1~30 m Ω 사이에 있는 시료 수가 9개, 31~60 m Ω 사이에 있는 시료 수가 23개 등으로 나타났으며, 가장 많이 분포되어 있는 임피던스 범위는 91~120 m Ω 으로서 모두 58개소인 것으로 분석되었다.

그림 5는 외부 루프임피던스 측정값에 대한 누적 분포도를 나타내고 있다.

그림 5의 누적분포도를 이용하여 수용가의 80%, 85%, 90%, 95% 및 98%에 대한 구간별 임피던스를 정리하여 표 7에 나타내었다.

표 7에서 알 수 있는 바와 같이 단상2선식 저압배전계통의 외부 루프임피던스 기준값을 선정하기 위하여 표본 추출을 통해 384개소에 대한 외부 루프임피던스를 측정 및 분석한 결과, 누적백분율 90%에서는 약 0.31 Ω , 95%에서는 약 0.36 Ω 그리고 98%에서는 약 0.43 Ω 인 것으로 나타났다.

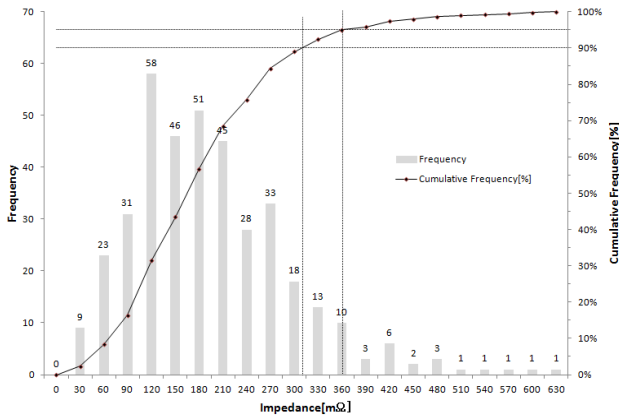


그림 5 외부 루프임피던스 누적 분포도

Fig. 5 Accumulated Distribution Chart of External Loop Impedance

표 7 누적 백분율 구간별 외부 루프임피던스 값

Table 7 External Loop Impedance by Section of Accumulated percentage

누적 백분율(%)	80	85	90	95	98
국내 측정값(Ω)	0.26	0.27	0.31	0.36	0.43

IEC 60725에 제시된 국가별 임피던스에 의하면 대부분의 국가들이 95%의 값을 제시하고 이를 그 나라의 기준임피던스로 선정하고 있으나 영국의 경우는 98%와 90%의 값을 제시하고 있다. 일부 국가들도 90%를 자국의 기준임피던스로 제시하는 등 특별한 기준은 없는 실정이다.

그러나 IEC 60364 수용가의 인체감전을 위한 루프임피던스를 측정할 때 이러한 값은 어느 값에서 선정하는가에 따라 차단기 용량, 안전전압 등 건축전기설비에 대한 양부판정을 실시하는 매우 중요한 요소가 된다. 이러한 루프임피던스는 수용가에서 조정이 가능한 내부 루프임피던스와 전기사업자만이 조정 가능한 외부 루프임피던스로 구분되는데 우리나라의 경우, 산업의 기술수준이나 경제 규모, 인구밀도 및 도시화 정도 그리고 배전시스템의 수준 등을 고려해 볼 때 외국에 비해 상당히 높은 수준이므로 외부 루프임피던스 값을 누적 백분율 95%의 값인 0.36 Ω을 우리나라의 외부 루프임피던스값으로 선정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다[8].

4. 결 론

저압 배전계통의 외부 루프임피던스는 TN접지계통을 적용하고 있는 시스템에서 과전류 보호장치의 동작확보와 간접접촉에 대한 안전확보를 위한 중요한 특성 중에 하나이다. 본 논문에서는 단상2선식 저압계통의 외부 루프임피던스 기준값을 선정하기 위하여 표본 추출을 통해 384 개소의 측정 개소 및 대상을 선정하였고, 차단기 on, off시 측정값을 비교하여 부하의 영향이 외부루프임피던스에 미치는 영향은 측정오차 수준으로 미비하다는 것을 증명하였다. 또한

외부루프임피던스 측정값을 분석하여 지역별, 주변 환경별로 차이가 있음을 분석할 수 있었다.

본 연구를 통하여 외부 루프임피던스를 측정 및 분석한 결과, 누적백분율 90%에서는 약 0.31 Ω, 95%에서는 약 0.36 Ω 그리고 98%에서는 약 0.43 Ω인 것으로 나타났다. 따라서 국내의 외부 루프임피던스(Z_e) 기준값을 0.36 Ω으로 선정하여, 향후 TN-C-S 접지계통을 실질적으로 국내 부합화하기 위하여 전기설비기술기준 판단기준에 외부 루프임피던스(Z_e)의 기준값으로 제시하고자 한다. 더불어 TN접지 방식이 국내에 실질적으로 부합화하기 위해서는 이러한 외부 루프임피던스값에 대한 정립 외에도 저압 배전계통이 대부분 지중보다는 가공으로 인입되는 우리나라의 특성을 고려하여 차량 충돌 등에 의한 PEN도체 단선 시 위험성 분석 및 대책 등에 대한 추가 연구가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 기술표준원 2012년도 제품안전기술기반조성사업의 재원으로 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (과제번호 : 10043762)

References

- [1] BSI, "BS 7671", 2001.
- [2] IEE Wiring Regulations "Earthing and Bonding", 2004.
- [3] Moon-Ho Kang, Yang-Hoe Song, Heung-Ho Lee, "A Study on the Calculation of Reference Impedances in Domestic Low-Voltage Power System", Trans. KIEE, Vol. 60, No. 9, pp. 1651~1655, 2011. 9.
- [4] Korea Testing & Research Institute, "A Study on Re-calculation & Complement the Reference Impedance on Domestic(220/380V/60 Hz) Distribution System and Reflecting IEC CD", pp. 10~13, 2008. 11.
- [5] Jin-Soo Jung, Sun-Gu Kim, Jong-Wook Jung, Gaun-Young Sung, "A Study about Mesering of External Loop Impedance", 2010 KIEE Fall Conference, pp. 225~226, 2010. 11.
- [6] KPX, "Electric Power Statistics Information System", 2009.
- [7] Jin-Soo Jung, Han-Sang Kim, Sun-Gu Kim, Woon-Ki Han, Chan-Eom Park, "Correlation Analysis about Loop Impedance and Load Condition", Trans. KIEE, Vol. 61, No. 2, pp. 342~346, 2012. 2.
- [8] Geon-Ho Yi, Sun-Gu Kim, Jong-Wook Jung, Jin-Soo Jung, Han-Sang Kim, "A Study on Determination on Domestic LV Distribution System through Field Measurements" KIEE Spring Conference, pp. 256~258, 2014. 4.

저 자 소 개



이 건 호 (李 健 鎬)

1971년 3월 1일생. 1999년 서울과학기술대학교 전기공학과 졸업(공학사), 2001년 한양대학교 대학원 기전공학과 졸업(공학석사), 2001년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원.

Tel : 031-580-3072

Fax : 031-580-3044

E-mail : ghyi@kesco.or.kr



정 진 수 (鄭 鎭 洙)

1976년 9월 12일생. 2003년 명지대학교 전기공학과 졸업(공학사), 2005년 동대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 2011년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 2004년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원.

Tel : 031-580-3074

E-mail : mirmir0822@kesco.or.kr



문 현 옥 (文 鉉 旭)

1975년 2월 14일생. 2000년 경북대학교 전자전기공학부 졸업(공학사), 2004년 Uni. of Florida, Electrical & Computer Engineering 졸업(공학석사), 2006년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 주임연구원.

Tel : 031-580-3074

E-mail : mirmir0822@kesco.or.kr



김 선 구 (金 善 球)

1961년 2월 25일생. 1985년 한양대학교 전기공학과 졸업(공학사), 2009년 서울시립대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 1991년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 수석연구원.

Tel : 031-580-3070

Fax : 031-580-3044

E-mail : ksg@kesco.or.kr