

접지규정 IEC 60364의 국내 적용을 위한 실증시험장 구축

남기영, 최상봉, 류희석, 이재덕, 정성환, 김대경
한국전기연구원

Test field for the application of IEC 60364 in Korea

Nam Kee-young, Choi Sang-bong, Ryoo Hee-suk, Lee Jae-duck, Jeong Seong-hwan, Kim Dae-kyung
K.E.R.I.(Korea Electrotechnology Research Institute)

Abstract - IEC 60364-4-44 provides rules for the protection against the effects of conducted and radiated disturbances on electrical installations. Especially this standards deals with the protection of low voltage facility against the ground fault in the high voltage side of power distribution system. Many countries defines the regulations on the use and production of electrical facilities based on their own power system and technical references which are considered to be suitable for themselves. The background of circuit of IEC 60364 is based on the ungrounded system as most of European countries adopt. However, since domestic ground system is multi-grounding system different from European system, it is necessary to evaluate or prove the effect of the IEC 60364 for introducing and applying it to the domestic grounding system as a Korean standard. This paper presents the establishment of test field to get background data to introduce the IEC 60364 and to evaluate the standard is applicable or not to domestic rule for the protection against ground fault through the related test.

또는 직류 1500V 이하의 전기설비로서 전기사업자의 배전계통, 송전계통 및 발전계통은 제외하고 있다. 다만, IEC60364-4-44의 저압설비의 접지계통 종류에 따른 접지방식에서 제시된 계통도에 의하면 변압기 1차 측 계통은 중성선이 없는 고압계통을 도시하여, 비접지 방식인 유럽계통에는 이 기준을 그대로 적용하는 데에는 무리가 없으나 북미의 배전계통과 우리나라의 22.9kV-Y 배전계통에는 이를 그대로 적용할 수 있는지는 의문인데 이는 우리계통과 같은 조건에 대해 실험을 거쳐 입증된 데이터가 제공되지 않기 때문이다. 이와 같은 이유로 기술기준의 세계 표준화에 맞추어 국내의 기술기준을 세계화함에 있어 국내 계통현실을 전혀 도외시하고 국제기준만을 맹목적으로 따를 수만은 없다. 그러므로 이에 관련된 계통을 구성하여 실증적인 시험을 통하여 근거 데이터를 확보함으로써 타당성 있는 기술 기준을 수립하는 것은 대단히 의미 있는 일일뿐만 아니라 반드시 거쳐야할 단계다.

본 연구는 IEC 60364-4-44 규격의 KS화를 위해 실증적 연구를 토대로 국내의 계통환경을 고려한 규격을 제정함으로써 건축전기설비의 보호 환경을 더욱 효율적으로 시행하고자 하는 데에 목적이 있다.

1. 서 론

전기관련 기술 기준을 다루는 대표적 국제기구로 IEC(International Electrotechnical Commission)를 들 수 있는데, 미국, 일본, 유럽 등의 대부분의 국가가 이 기준을 바탕으로 전기시설물, 전기사용 환경 등 전기에 관련된 자국의 제반규정을 정비하고 있는 추세에 있다.

본 연구의 주 대상인 IEC 60364-4-44 규정은 건축전기설비 기술기준 중 고압계통의 지락사고에 대한 저압설비의 보호를 위한 각종기준을 정하고 있다.

세계 각국은 자국의 전기환경에 맞는 시설과 기술 기준을 가지고 각종 전기사용 설비의 제조 및 사용에 대한 규정을 제정하고 있다.

통상적으로 유럽은 전력회사의 1차 측 배전계통이 비접지 계통으로 구성되어 있는데 이러한 비접지 계통의 1선지락 고장 시 저압 측 설비의 고장전압, 스트레스트 전압의 관점에서 보면 다중접지 방식의 계통구성을 채용하고 있는 북미나 우리나라의 배전계통과는 다른 특성을 보이고 있다.

IEC60364규격의 적용범위는 공칭전압이 교류 1000V

2. 본 론

2.1 60364의 배전계통 구성별 접지시설 규정

IEC60364-4-44규격에 의하면 접지계통 종류는 크게 TN, TT, IT의 세 가지로 분류되고 있으며 고압계통의 지락사고에 대한 저압설비의 보호기준으로서 고장전압 및 스트레스트 전압의 계산식이 각각 2가지, 2가지, 14가지의 경우 등 18개 구성에 대해 제시되어 있다. 그러나 우리나라의 22.9kV-Y 배전계통 및 운전현황을 고려할 때 IEC규격에서 제시하고 있는 경우와는 다른 여러 가지 요인이 있으므로 이러한 제반사항을 종합적으로 검토하여 실증시험 회로도(안)이 작성되어야 한다.

이 절에서는 IEC 60364-4-44에서 정의하고 있는 계통의 종류 및 그 특성을 파악하여 우리계통에서 적용하여야 할 부분들을 찾아 실증시험을 통해 검증할 부분들을 요약하였다.

2.1.1 요구조건

IEC60364-4-44는 건축전기설비의 전원공급 계통에서 지락고장 발생 시 일어나는 기기에의 영향을 정의하고 이를 위한 안전기준을 세우고 있는데 여기서 사용되는

기본적인 요구조건은 고장전압 및 스트레스 전압을 들 수 있으며 이들은 안전을 위해 다음과 같이 적용하기를 요구하고 있다.

- 고장전압

고압계통에 지락으로 인한 고장전압 또는 접촉전압의 크기와 지속시간은 그림1에서 제시하고 있는 F곡선과 T곡선의 값을 초과해서는 안 된다.

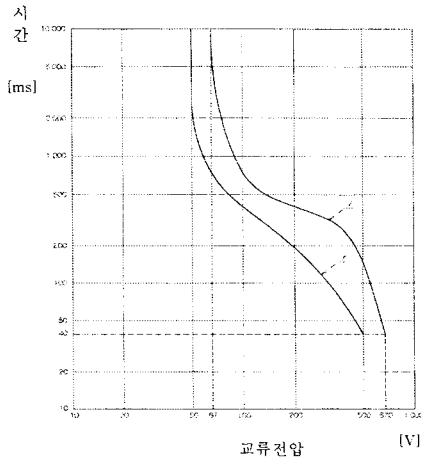


그림1. 60364의 그림 44A(고압 계통에서의 지락사고에 의한 고장전압(F)과 접촉전압(T)의 최대지속시간)

- 스트레스 전압

고압계통에 지락으로 인한 수용가 저압 설비에 가해지는 스트레스 전압의 크기와 지속시간은 아래의 표 1에서 제시하고 있는 값을 초과해서는 안 된다.

표1 IEC60364-4-44 Table 44A

저압 설비기기 허용 교류 스트레스 전압(V)	차단시간(s)
$U_0 + 250V$	>5
$U_0 + 1200V$	≤5

2.1.2 계통별 접지구성과 스트레스 전압 규정

(가) TN계통

- 고장전압 $R \times I_m$ 를 표44A에 제시된 시간 이내로 차단할 때에는 저압계통의 중성선을 변전소 노출 도전성 부분의 접지극에 접속시켜도 무방하다.
- 위의 조건을 만족시키지 않는 경우에 저압계통의 중성선은 전기적으로 독립한 접지극을 통해 접지해야 한다.

(나) TT계통

- 표 44A에 나타난 스트레스 전압 ($R \times I_m + U_0$)과 차단 시간과의 관계가 수용가설비의 저압기기에 대해 적합할 경우에는 저압계통의 중성선을 변전소(의 노출 도전성부분의 접지극에 접속시켜도 무방하다.
- 위 조건을 만족시키지 않는 경우에 저압계통의 중성선은 전기적으로 독립한 접지극을 통해 접지시켜야

한다.

(다) IT계통(442.4.4)

- 고장전압 $R \times I_m$ 를 표 44A에 제시된 시간 이내에 차단할 때에는 수용가설비에 저압기기의 노출 도전성부분을 변전소 노출도전성부분의 접지극에 접속시켜도 무방하다. 이 조건을 만족시키지 못하는 경우에 저압설비의 노출 도전성부분은 변전소에 노출도전성부분의 접지극에서 전기적으로 독립한 접지계통으로 접속시켜야 한다.
- 수용가설비에 저압기기의 노출도전성부분을 변전소의 접지극과 전기적으로 독립한 접지극을 통해 접지할 때와 스트레스전압 ($R \times I_m + U_0$)과 표44A에 표시한 차단시간의 관계가 수용가설비의 저압기기에 대해 적합할 때에는 저압계통의 중성선 임피던스가 있을 경우, 변전소 변압기에 노출도전성부분의 접지극에 접속해도 무방하다. 이 조건을 만족시키지 못하는 경우에 중성선 임피던스는 전기적으로 독립한 접지극을 통해 접지시켜야 한다. 이 경우에 442.5.2의 조건을 적용한다.

2.2 우리나라 배전계통의 접지방식에 대한 특징

우리계통과 같은 중성점 다중접지 방식의 임피던스는 정상 및 고장상태에서 모두 배전계통 운전의 중요한 변수 중의 하나이다. 중성점 다중접지계의 임피던스는 도시보다는 교외 또는 농촌지역이 수용가의 낮은 밀도로 인해 더 높기 때문에 접지관련 문제의 발생 또한 더 높게 나타난다.

우리나라의 22.9kV-Y계통은 공급변전소의 주변압기 중성점이 직접 접지되며, 이 직접접지 된 중성점에서 인출된 중성선은 배전선로에 설치된 철제기기 외함의 보호 접지선과 배전선로의 중성선을 겸하고 있으며, 또한 주상변압기 2차의 저압측 중성선에 공통으로 접속된다.

IEC와 우리나라의 22.9kV 배전계통에 대한 지락시의 특징을 간단히 비교하면 다음과 같다.

표 2 계통별 지락시의 특징

구분	우리나라계통의 지락시 특징	IEC 규격의 비접지 고압계통에 대한 특징
특징	<ul style="list-style-type: none"> - 22.9kV-Y측의 1선지락 고장 전류 값은 최대 7kA~12kA - 1선지락 고장전류는 대부분 다중접지 공통 중성선을 통하여 전원 측으로 귀류(歸流) - 1선지락 사고에 의한 중성선의 전위상승은 지락저항의 값에 크게 좌우된다. - 지락고장전류가 22.9kV-Y계통 다중접지 중성선에 흐르게 되면 이 다중접지중성선의 전위가 상승하며, 공통 접속된 저압 측의 중성선 전위도 상승 	<ul style="list-style-type: none"> - 비접지 계통 고압측 1선지락 고장전류는 가공선로인 경우 대략 4A ~ 10A 정도이며, 케이블선로인 경우 20A 이상인 경우도 있음 - 한류접지계통(P/C접지)의 경우 50A ~ 60A로 제한

2.3.실증시험을 통한 검증사항

앞에서 검토된 IEC의 규격에 대해서 우리나라에서는 한전 22.9kV-Y배전선로 승압공사 설계지침, 한전배전설

계기준, 내선규정 705-10, 전기설비 기술기준 제150조, 한국전기안전공사 검사업무지침 등과 같은 여러 가지 시설 기준과 지침으로 이를 적용해 왔다.

다음에는 이상의 기준과 지침을 IEC60364-4-44규정을 도입하여 표준화함에 있어 검토된 내용을 간략히 요약하고 이를 토대로 실증시험장을 구축하여 검증되어야 할 사항에 대해서 기술하였다.

2.3.1 규격의 도입과 관련하여 검증이 필요한 사항

IEC 60364-4-44규격을 KS화 한 KS C IEC 60364규격에 의해 저압의 전기설비를 시설할 수 있다. 다만 접지방식이 동일하다는 전제조건이 있는데 이의 적용을 위한 기준제정에 있어 접속조건 및 계산식의 적용을 위해서는 우리계통 환경에서의 검증이 필요하다. 이를 요약하면 다음과 같다.

- IEC규격의 공통접속조건 및 계산식 적용 검증
- 고장루프회로
- 22.9kV-Y 계통의 고장전류 및 분류계수

2.3.2 검토해야 할 계통구성

실증시험을 위한 계통구성은 우리계통 구성과 가장 유사한 TN 계통의 하나로서 IEC61643-12의 부속서의 그림 E.11을 바탕으로 여기에 제시된 계산식을 일차적으로 검증하는데 중점을 두어 설계한다. 그림2에 이를 보인다.

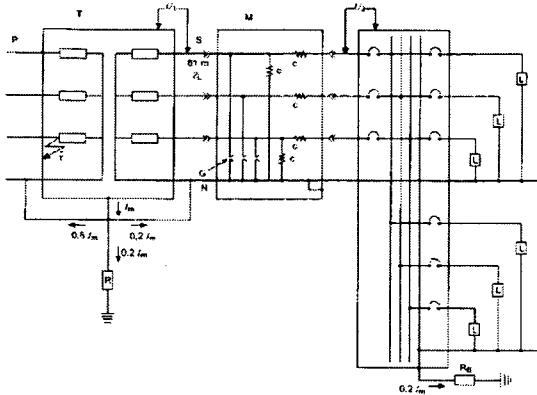


그림 2 검증을 위한 실증시험 계통구성 모델

그림2는 배전용 변압기의 고압 측에서 발생한 고장으로 흐르게 되는 전류가 분기되는 것을 보여주고 있다. 이 그림에서는 변압기와 인입구 양단의 저항은 15Ω으로 가정한 것이다. 또 $U_1 = U_0$ 단, U_0 는 이차 측 최대 운전전압이며 Z_L 는 변압기와 수배전반 사이의 도체 임피던스를 의미한다.

이 예를 위해 최대고장전류(I_m)이 10kA인 북미지역의 23kV/13.2kV Y 배전계통을 채택하였다. 여기서 임피던스는 3kVA~25kVA 단상 가공 배전용 변압기를 삼상으로 시설할 때 사용되는 이차의 triplex 도체(세가닥을 꼬아놓은 도체)의 전형적인 임피던스 Z_L 는 0.041Ω이다. 4/0AWG(IEC60999-1에 제시하는 25mm와 동등) 단면적의 동선 약 60m 거리로 계산한다. 고장전류의 분류(分流)의 가정은 다중접지 배전회로에서의 고장을 인공적으로 발

생시킨 상태를 계산하고 실측한 것을 바탕으로 하고 있다. 이 예에서는 계산된 값이 다음과 같다

$$U_0 = 132V$$

$$U_1 = U_0 = 132V$$

$$U_2 = U_0 + 0.2 + I_m \times Z_L = 132 + 0.2 \times 10000 \times 0.04 = 214V$$

비록 이 경우는 공칭계통전압의 1.78배를 나타내고 있지만 $R \gg R_B$ 라고 가정하는 경우 위에서 언급한 똑같은 고장조건에서 나타날 수 있으며 $U_2 = 294V$ 또는 공칭 계통전압의 2.95배의 값이 얻어질 수 있다. 이 일시 과전압 현상은 퓨즈나 후비의 CB 또는 리클로저 등이 개방될 때까지 지속된다. 이러한 장치들의 동작은 고장분리 장치의 특성에 따라 0.016초(1사이클)에서 1.5초로 다르다.

비록 이 예에서처럼 일차 측 고장으로 순간 과전압이 계통 공칭전압의 2.45배가 나타날 수 있지만 이러한 경우는 극히 드문 경우로 실제 고장전류가 10kA인 배전계통에는 잘 일어나지 않는다. 배전계통에서의 고장전류 크기는 4kA 미만이기 때문에 순간과전압이 크게 감소한다.

3. 결 론

앞에서 검토된 내용을 바탕으로 IEC 규격 도입을 위한 실증시험을 위해서 구축되어야 할 실증 시험장에서 모의될 내용과 시험장의 기능은 최소한 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다.

- 고장 모의 및 측정 대상

(가) 중성선 혼촉 모의(선로에서의 고장)

전주 가까이에서 중성선 혼촉이 발생한 경우를 모의하는 것으로 이 경우의 접지(봉)의 대지전위 상승을 측정함

(나) Mesh 접지 모의(건물에서의 고장)

건물 Mesh 접지에 지락이 발생한 경우를 모의하는 것으로 이 경우의 Mesh의 대지전위 상승을 측정함

- 시험장 구축을 위해 고려되어야 할 사항

(가) 측정용 센서(전압, 전류)는 고조파 정도의 주파수 특성, 고장전류 크기(5kA 정도)에서의 선형성이 우수해야 함

(나) 고장 차단시간은 3-5 cycle, 보호용 차단기의 동작은 1회 '개방'으로 충분, 별도 시퀀스 불요

(다) 샘플링 속도 30Ms/sec 이상, Sweep time 약 120ms, 10% pre-trigger 가능할 것

(라) PC로 계측데이터가 센서와 온라인 저장장치를 통해 직접 저장되어야 함

[참 고 문 헌]

- [1] IEC, International Standard "IEC 60364-4-44", 2003, 12
- [2] 대한전기협회, 한국전기연구원, "수배전 전력계통 접지시스템 인체 및 전기기기의 안전성 연구", 전력기반기금 사업 1차년도 보고서, 2005.2.