

배전계통의 고저압 혼촉고장시 중성선 전위상승에 따른 저압기기 스트레스 전압

Transferred OverVoltages on LV sides in Multigrounded Neutral during Line to Ground Fault on Distribution Systems

최 선 규* · 최 중 기** · 김 경 훈*** · 최 명 호§ · 이 병 성†

(Sun-Kyu Choi · Jong-Kee Choi · Kyoung-Hun Kim · Myeong-Ho Choi · Byung-Sung Lee)

Abstract - In this paper we propose multi-grounded neutral design method which was considered of transferred transient overvoltage when line to neutral fault occurs. Specially, In order to confirm the actual transient overvoltage magnitude which occurs on neutral line, we considered some screening(shielding) effects. The screening coefficient was deducted from field test results and calculation in a distribution line which is identical with an actual power line. The purpose of this paper is to attempt to suggest the guidance for grounding sksystem design considering limitation of overvoltage for LV side in IEC 61936. The result is based on EMTP simulation and real field faults situation in distribution lines.

Key Words : Transferred overvoltage, Multi-grounded neutral, Line-Neutral fault, EMTP, Field test

1. 서 론

국내 배전계통은 1960년대 전력수요 증가에 따른 공급용량 증대 방안으로 3상 4선식 중성선 다중접지 계통을 도입하였다. 당시에는 전력공급이 최우선 과제였기 때문에 비접지계통의 접지기준을 준용하여 다중접지계통을 운영하였다. 우리나라에서 22.9 kV-y 중성선 다중접지 방식의 배전계통을 도입하는 과정을 살펴보면 1962년에 3.3 kV 비접지 배전계통을 6.6 kV 비접지 배전계통으로 승압하였고, 1964년에는 미국 EBASCO사의 용역수행 결과로 배전계통의 전압승압을 제안하였으나 이를 위해서 많은 변전소와 선로를 필요로 하는 3.3/6.6 kV급 비접지 배전계통 대신에 12/23 kV의 다중접지방식의 배전계통을 추천하였다. 다중접지계통은 설비의 단순화, 전력공급 단계 감소 및 손실저감 등의 효과에 의하여 경제적이라는 기술적 검토를 제시하였다. 이후 1969년에 미국 Burns & Roe사의 AID 자급에 의한 송배전차관도입 기술용역의 결과로 22 kV 송전선로의 보유지역은 22.9 kV-y 배전선로화하여 승압을 하고, 새롭게 개발되는 지역은 11.4 kV-y 배전선로로 승압하며, 배전선로의 유도장해 대책에 대해서는 계속 연구검토가 필요한 것으로 보고서를 제출하였다. 1970년이 되어서야 6.6 kV 배전계통 지역

을 11.4 kV-y 배전계통으로 승압하는 사업의 확대를 억제하고, 22.9 kV-y 배전계통으로 승압하는 것을 본격적으로 추진하기로 결정되었으며 한국전력기술(주)에서 1986년 8월부터 1987년 7월까지 수행한 '서울중심부 장래 배전전압 결정' 용역에서 배전전압을 22.9 kV-y로 승압을 시행하는 것이 기술적이나 경제적인 면에서 타당한 것으로 제안하였다. 또한, 1987년 8월부터 1989년 2월까지 수행한 '제주지역 장래 배전전압 결정' 용역에서도 우리나라 전체의 배전계통을 일원화하기 위하여 제주지역도 22.9 kV-y로 승압을 시행하는 것이 기술적인 측면이나 경제적인 측면에서 타당한 것으로 제안되었다. 이로인해 22.9 kV-y 배전계통은 중성선 다중접지방식이지만 수용가 구내 전기설비는 개별접지 방식으로 운용되고 있다. 이와 관련하여 특고압 선로에서 지락고장이 발생할 경우의 중성선 전위상승에 따른 수용가 설비의 영향을 검토하였으나, 중성선 전위상승 제한치를 특별히 정하지 않은 상태에서 일본의 11.4 kV 계통 검토시 중성선 전위상승 제한치를 750 V로 검토한 사례와 저압기기의 내전압 시험기준인 1000 V를 참고하여 중성선 접지시설기준을 연구한 사례가 있었다[1]. 2010. 1월 고시된 전기설비 기술기준의 제18조 6항에 의거 IEC 60364의 접지기준을 근거로 중성선 전위상승 제한치가 반영되었다. 이 조항을 국내 배전계통에 적용하기 위하여 연구과제가 수행되었으며, 연구과제의 결과로 다음과 같은 사항을 제시하였다[2].

가. 22.9 kV-Y 중성선, 변압기 외함, 저압중성선 접지를 공통으로 접속하는 경우 등전위본딩 필수

나. 변압기외함과 저압측 기기 사이의 섬락에 대한 대책으로 변압기를 공통접지방식으로 해야하는 타당성의 하나

다. IEC 규격의 계산식은 최악조건을 제시한 식이거나, 또는 변압기의 극성을 고려하지 않은 식으로 판단

상기 참고문헌에서는 다중접지 계통에서 접지측 분류율을

* 정 회 원 : 한국전력공사 전력연구원 선임연구원

** 정 회 원 : 한국전력공사 전력연구원 선임연구원

*** 정 회 원 : 한국전력공사 인재개발원 교수

§ 정 회 원 : 한국전력공사 서울지역본부 성동지사 팀장

† 교신저자, 정회원 : 한국전력공사 전력연구원 책임연구원

E-mail : leesb@kepri.re.kr

접수일자 : 2011년 9월 9일

최종완료 : 2011년 12월 12일

5 %로 가정하고, 고장전류 또한 5 kA 정도의 평균값을 적용하여 검토하였다. 실증시험에 있어서도 가공지선 생략하고 250 A의 고장전류를 중성점에 발생시켜 저압기기에 전도되는 전위를 반영하였다. 본 연구에서는 실선로의 중성선 합성저항을 계산 및 측정하고, 선로거리에 따른 고장전류를 반영한 EMTP 모의를 수행하였다[3]. 또한, 고장 KEPCO PT(Power Test) Center내의 배전 실증시험선로 및 AFG (인공고장발생기, Artificial Fault Generator)를 이용하여 중성선 전위상승 측정을 위한 실증시험을 수행하였다. 이를 통해 중성선 다중접지 계통의 접지수준에 따른 가공선로, 가공과 지중 혼재선로에서 고저압 혼촉시 지락고장전류에 의해 발생하는 중성선의 전위상승을 검토하였으며, IEC 61936-1에서 제시한 저압기기 스트레스 전압 제한치 1,200 V 이내의 조건을 만족하는 접지기준을 제시하였다[4].

2. 본 론

2.1 국내·외 다중접지계통의 접지시설 기준

현재 우리나라의 배전계통은 미국과 같이 중성선 다중접지 방식을 채택하고 있음에도 불구하고 배전계통에 대한 접지기준은 비접지 배전계통 방식에서 적용하는 접지기준을 적용하고 있다. 배전선의 접지기준과 관련하여 중성선 다중접지방식을 채택한 국가별 배전계통의 접지기준을 표 1에 제시하였다.

표 1 국가별 다중접지 배전계통 접지기준 비교

Table 1 Comparison of the grounding std. in KEPCO and other countries

구분 국가	1차 전압	합성저 항 (Ω/km)	개별 저항 (Ω)	접지개 소	비 고
미 국 캐나다	~35 kV	없음	없음	4개소/ mile	다중성 중시
일 본*	11.4k V	30	300	300 m 마다	'68년 도입 '86년 삭제
한 국	22.9k V	15	150	300 m 마다	'74년 도입

또한, 중성선 다중접지방식의 배전계통을 채택하고 있는 북미의 전력회사들이 참고하는 NESC(National Electrical Safety Code)의 96조 C항에서는 1마일(1.6 km)당 4개소 이상에서 접지를 하도록 규정하고 있으며, NESC에서는 효과적인 중성선의 다중접지를 위하여 개별접지 저항값에 대하여는 특별하게 규정하고 있지 않다[5]. 하지만, 국내 전기설비 기술기준의 판단기준에서는 300 m 이내마다 1개소 이상에서 접지를 하고 매 1 km마다 15 Ω 이하가 되도록 규정하고, 개별 접지 저항값에 대하여도 개별 접지저항값을 중성선으로부터 분리한 경우에 150 Ω 이내가 되도록 규정하고 있다.

2.2 저압기기 스트레스 전압

IEC 61936의 저압설비 허용 상용주파 과전압은 고압계통에서 지락고장시 발생될 있는 고장전류에 의해 중성점 전위상승이 저압설비 상도체와 외함간의 전위차를 야기하여 절연이 파괴될 수 있는 상전압을 의미한다[4].

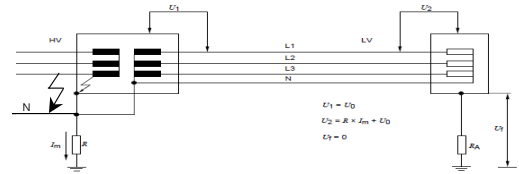


그림 1 1차측 지락고장시 저압기기 과전압(U2)

Fig. 1 Overvoltage of LV equipment during ground fault

그림 1과 같이 1차측(고압측)의 지락고장은 상도체와 중성선, 변압기 내부의 고장으로 발생할 수 있다. 변압기 내부 고장은 권선 자체의 임피던스가 존재하므로 상대적으로 고장전류가 적다. 본 논문에서는 특고압 선로에서 고장전류가 최대인 조건으로 고장점 저항을 0 Ω으로 가정하고 상도체와 접지측간의 지락고장을 검토하였다.

표 2에 IEC 61936의 고장지속 시간에 따른 저압기기 상용주파 과전압의 제한치를 제시하였다. 고장지속 시간이 5 초를 초과하는 경우는 중성점 비접지나 소호리액터 접지계통과 같은 긴 차단시간을 갖는 계통이고, 5초 이내는 저저항 접지된 고압계통과 같이 짧은 차단시간을 갖는 계통으로 본 연구에서는 5초 이내의 조건인 1,200 V를 검토하였다. 과전압 제한값은 모두 순시 상용주파 과전압에 대한 저압기기의 절연설계 기준과 관련이 있다.

표 2 고장지속 시간에 따른 저압설비 허용 과전압(U2)

Table 2 Minimum requirements for interconnection of LV and HV grounding systems based on GPR limits

고압계통에서 지락고장시간(초)	저압설비의 허용 상용주파 과전압(V)
> 5	$U_o + 250$
≤ 5	$U_o + 1,200$
중성선 도체가 없는 계통에서 U_o 는 선간전압을 말한다.	

2.3 지락고장시 중성선 전위상승 (V_N)

본 절에서는 국내 배전계통의 일반화된 선로를 구성하고, 지락고장시의 등가회로를 이용하여 다중접지된 중성선의 합성임피던스를 계산하였다. 그림 2에서와 같이 지락고장시 중성선 전위상승은 고장전류와 고장점에서 본 테브난 임피던스로 표현되며, 상도체와 가공지선 및 중성선의 상호임피던스에 의한 차폐계수를 반영하여 계산할 수 있다[6],[7].

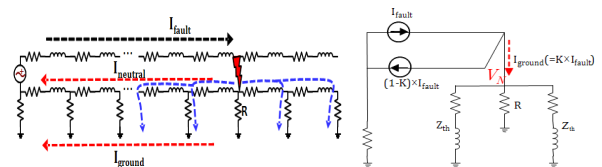


그림 2 고저압 혼촉시 고장전류 및 테브난 등가회로

Fig. 2 Fault currents and Thevenin equivalent circuit during HV and LV grounding faults

그림 2의 등가회로에서 고장점의 테브난 등가임피던스 (Z_{th})는 식 (1)과 같이 정리되며,

$$Z_{th} = Z_n + (R_{ave} // Z_{th}) \Rightarrow \frac{Z_n + \sqrt{Z_n^2 + 4Z_n R_{ave}}}{2} \quad (1)$$

여기서, Z_n 는 가공중성선 1경간(50 m) 당 자체임피던스이고, R_{ave} 는 전주 개별 접지저항값의 평균값이다. 중성선 전체의 합성임피던스(Z_N)는 식 (2)로 표현된다. R 은 고장점의 전주 접지저항이다.

$$Z_N = R // \frac{Z_m}{2} \quad [\Omega] \quad (2)$$

중성선 다중접지방식의 배전계통에서 계산방식별로 1 km 마다의 다중접지방식의 중성선 합성 접지저항값을 비교하기 위하여 경간이 50 m이고, 중성선은 ACSR 95 mm² ($Z_n = 0.328 + j0.916 \text{ } [\Omega/\text{km}]$)이며 중성선의 공장이 15 km (= 300경간)인 배전선로에 대하여 계산방법별로 계산한 결과를 비교하여 표 3과 그림 3에 제시하였다.

표 3 계산방법별 중성선 합성 저항 비교

Table 3 Comparison of the resultant resistance in calculation methods

합성저항 목표값[Ω/km]	전주당 저항	결합계수적용 합성저항	이론계산 합성저항	EMTP 합성저항
0.5	10Ω	0.04	0.68	0.71
2.5	50Ω	0.20	1.54	1.55
5.0	100Ω	0.40	2.18	2.19
10	200Ω	0.80	3.10	3.08
15	300Ω	1.20	3.80	3.76

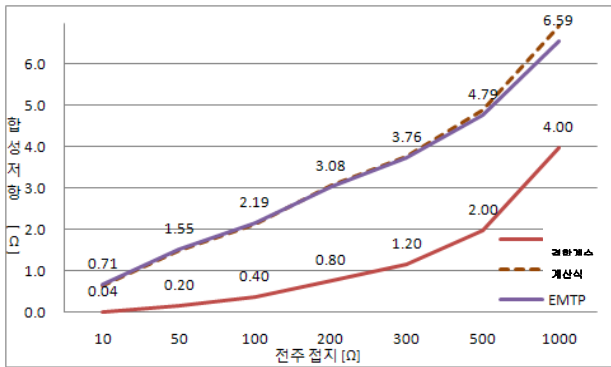


그림 3 중성선 합성저항 산정방법별 결과 그래프

Fig. 3 Comparison graph of the resultant resistance in calculation methods

상기 계산결과에 의하면 중성선 접지저항값 결정의 근거가 된 보고서인 1967년에 한국전력 전기시험소에서 수행한 '23kV-y 배전방식 연구시험(시험소보 1호)'과 1969년에 수행한 연구 시험결과인 '22.9kV-y 배전방식 연구(시험소보 3호)'에서 적용한 단순합성 및 결합계수 방법은 중성선의 자기임피던스 및 시험전류에 의한 합성저항 일반화 조건이 현재 운영중인 선로조건과는 차이가 있기 때문에 중성선 합성 저항값의 오차가 발생되고 있음을 확인하였다. 고장전류에

의한 중성선의 전위상승(V_N)을 계산하기 위해서는 고장전류의 분류 특성을 분석하여야 한다. 그림 2의 테브난 등가 회로에서 고장전류는 식 (3)으로 표현할 수 있다.

$$I_{fault} = I_{neutral} + I_{ground} = (1 - K) \times I_{fault} + K \times I_{fault} \quad [A] \quad (3)$$

여기서, K 는 중성선 및 가공지선에 의한 상호임피던스(Z_m)와 자체임피던스(Z_n)에 의한 차폐계수($K = 1 - \frac{Z_m}{Z_n}$)이다.

따라서, 지락고장시 중성선 전위는 식 (4)로 정리된다.

$$V_N = R \times I_{ground} = Z_N \times K \times I_{fault} \quad [V] \quad (4)$$

2.4 중성선 다중접지 가공선로 모델

2.3절의 계산식의 유효성을 검토하기 위하여 EMTP로 가공배전선로를 모델링하였다. 표 4에 모의를 위한 선로정수 및 표준장주에 의한 가공지선, 가공선, 중성선의 기하학적 위치와 변전소 접지저항값 및 전주 접지저항값, 평균 접지저항값을 제시하였다. 평균 접지저항값은 선로 양단의 변전소 접지저항을 반영하여 계산하였다[8]~[12].

표 4 회로 모델링을 위한 계수

Table 4 EMTP Modeling Parameters

구 분	EMTP Value	비 고
상도체 (ACSR 160 mm ²)	0.0121+j0.0444 [Ω]	표준경간 : 50 M
중성선 (ACSR 95 mm ²)	0.0186+j0.0432 [Ω]	
상도체 높이	13.3 [m]	상도체 상호간격 : 1.14 m, 0.56 m 적용
중성선 높이	12.1 [m]	
가공지선 높이	14.8 [m]	
전원단 임피던스	0.055+j2.145 [Ω]	
변전소 접지저항	1 [Ω]	
전주접지저항	일반 : 100 [Ω], 기기 : 25 [Ω]	
평균접지저항	32.3 [Ω/km]	도심지 기준

선로모델은 가공선로, 가공과 지중선로 혼재, 지중인출과 가공선로 혼재의 조건을 반영할 수 있도록 하였으며, 지중선로는 CNCV 325 mm²를 가정하여 구성하였다.

2.5 전위상승 비교

표 5는 가공선로 10 km에 대하여 계산식 (4)에 의한 전위상승과 2.4절의 EMTP 모델의 모의결과를 비교하였다. 고장전류는 EMTP 모의에 의해 도출하였으며 차폐계수(K) 및 합성임피던스(Z_N)는 표 4의 계수를 이용한 계산 결과이다.

표 5의 고장전류는 앞서 언급한바와 같이 고장점 저항을 0 Ω로 가정하여 고장전류가 최대인 경우를 검토하였다. 계산식에 의한 중성선 합성임피던스는 선로공장이 3 km 이상에서 수렴하는 특성을 갖는다. 그 이유는 중성선 1 경간당 임피던스의 크기 및 전주의 개별 접지저항값의 합성치의 크기와 관련이 있는 것으로 판단된다. 따라서, 계산식에 의한 검토는 최소 60 경간 이상에서 고장을 검토할 때 간략하게

표 5 계산식과 EMTP 모의에 의한 중성선 전위상승

Table 5 Potential rise on neutral line

고장 위치 [km]	고장 전류 [A]	K	Z_N [Ω]	계산 결과	모의 결과	오차 [V]
				V_N [V]	V_N [V]	
1	4,531	0.53	0.6	1483	994	489
2	3,652			1196	1,180	16
3	3,075			1007	1,124	-117
4	2,656			869	1,006	-137
5	2,335			764	888	-124
6	2,081			681	786	-105
7	1,875			614	698	-84
8	1,706			558	614	-56
9	1,567			513	518	-5
10	1,455			476	466	10

활용될 수 있다. 계산결과와 EMTP 모의결과의 차이가 평균 80 V로써 전원단 임피던스 및 변전소 접지저항값을 근사화하고, 계산식에서 평균 접지저항값을 대입한 오차를 반영한다면 간략화된 계산식으로 중성선 전위상승의 예측이 가능할 것으로 판단된다. 참고로, 고장점 저항을 10 Ω 로 가정하여 EMTP를 모의하면 선로공장 2 km 지점에서 고장 전류는 1,152 A일 때 중성점 전위는 372 V로 고장점 저항을 0 Ω 로 가정했을 때 보다 약 75 % 감소되는 것으로 평가되었다. 배전선로의 상도체는 절연전선이기 때문에 실제 단선 또는 고저압 혼축 고장일 경우 도체가 용융되면서 피복 내부의 도체와 대지(접지)와 접촉하기 때문에 반드시 고장점 저항이 존재하게 된다. 따라서, 실제 배전선로의 중성점 전위상승은 매우 낮을 것으로 예상할 수 있다.

2.6 사례연구

본 절에서는 실제 운전중인 배전선로와 유사한 선로구성 조건에 대하여 EMTP 모의를 실시하였다. 전주의 표준경간은 50 m, 가공 상도체는 ACSR-OC 160 mm², 중성선은 ACSR 95 mm²를 고려하였다. 배전선로의 구성은 변전소 인출을 고려하여 Case ①은 지중 200 m, 가공 15 km의 경우, Case ②는 지중 5 km, 가공 10 km의 경우, Case ③은 가공 5 km, 지중 10 km의 경우에 대하여 변전소로부터 말단까지 고·저압 혼축고장의 위치를 1 km씩 증가시키며 중성선 최대전위를 검토하였다.

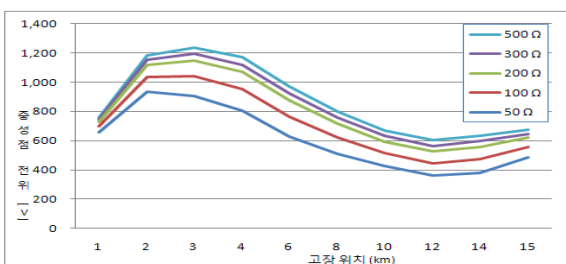


그림 4 고장위치 및 접지저항값에 대한 전위상승
Fig. 4 Overvoltges in respect of fault points and grounding resistance

2.6.1 Case ①

그림 4는 변전소로부터 1 km 지점에서 15 km 말단지점까지 매 1 km에 대하여 고·저압 혼축고장 조건에서의 접지저항 변화에 따른 중성선 전위상승 EMTP 모의결과이다. 제한전압 1,200 V를 초과하는 경우는 고장위치 3 km 지점에서 매전주 접지저항을 500 Ω 으로 모의한 경우이며, 그 외의 경우에는 모두 제한전압 이내로 유지되었다.

2.6.2 Case ②

변전소로부터 지중 5 km, 가공 10 km의 배전선로에 대한 모의결과를 그림 5에 제시하였다. 중성선 최대전위는 공장 9 km 지점에서 매전주 접지저항을 500 Ω 으로 가정한 경우로써 964 V로 모의되었다.

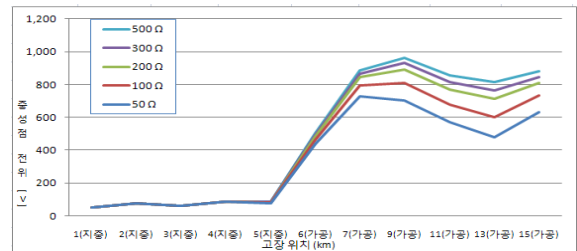


그림 5 고장위치 및 접지저항값에 대한 전위상승
Fig. 5 Overvoltges in respect of fault points and grounding resistance

2.6.3 Case ③

그림 6에서 가공 3 km 지점에서 매전주 접지저항 500 Ω 인 경우에 1,242 V로 제한값을 초과하였으며, 300 Ω 일때는 같은 고장지점에서 1,196 V로 예측되었다.

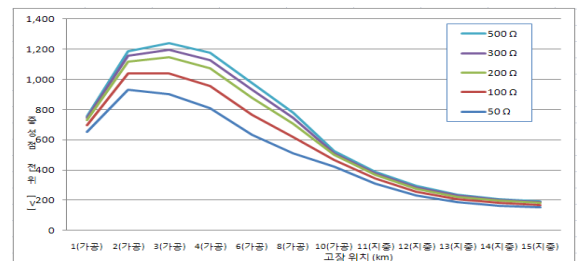


그림 6 고장위치 및 접지저항값에 대한 전위상승
Fig. 6 Overvoltges in respect of fault points and grounding resistance

본 절의 사례연구는 변전소에서 인출된 간선(DL)만을 고려하여 모의하였으며, 분기선은 고려하지 않았다. 또한, 고장 전류는 선로에서 발생될 수 있는 최대 고장전류를 반영하였으며 EMTP에서 고려할 수 없는 오차는 별도로 보정하지 않았다.

2.7 1선 지락고장시 중성선 전위상승 실증시험

실증시험을 위해서 고창 KEPCO PT Center의 배전시행 선로를 EMTP를 이용하여 모델링하고 모의시험을 실시하였다. 모의선로는 총 공장 17 km (지중 2 km, 가공 14.5 km,

지중 0.74 km)로 선종은 가공 ACSR/AW-OC 160 mm² 및 AL 95 mm²이고, 지중은 CNCV 325 mm²로 구성하였다. 고장 14 km 지점에서 지락고장이 발생할 경우 고장전류의 크기는 약 160 ~ 180 A로 계산되어 EMTP 모의시 고장전류는 200 A로 하였으며, 차폐계수 및 합성저항값은 표 4의 값을 이용하여 계산된 결과값이다.

표 6 시험선로 중성선 전위상승 예측

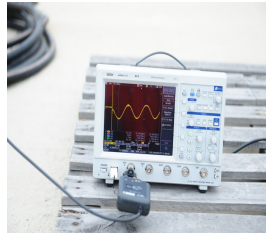
Table 6 Forecast of overvoltage on neutral in test line

고장 위치 [km]	고장 전류 [A]	K	Z_N [Ω]	계산 결과	모의 결과	오차 [V]
				V_N [V]	V_N [V]	
14	200	0.53	0.6	65	84	19

표 6은 실증시험전 계산식과 EMTP 모의를 통해 예상되는 고장전류와 중성점 전위상승을 검토한 결과이다. 그림 7과 같이 사전 검토된 시험선로에서 실증시험을 수행하였다. 인공고장발생장치를 이용하여 상도체 1상과 중성선을 케이블로 연결하고 시험선로의 전원을 인가한 후 고장을 발생시키고, 고장점 인근 전주에서 전압 및 전류를 측정하였다.



(a) 인공고장발생 시험



(b) 중성선 전위측정

(a) AFG testing, (b) Potential Measurement on Neutral line

그림 7 인공고장 시험 및 측정

Fig. 7 Artificial Fault test and Measurement

시험선로의 구성 및 인공고장발생장치의 이동 등 제약이 있어 다양한 경우의 실증시험은 실시하지 못하였으나, 고장점 인근 전주를 수용가 인입 전주로 가정하고 접지저항(R_y)을 변화시켜 중성선 전위상승의 영향을 분석하였다.

표 7 EMTP 모의 및 실증시험 결과

Table 7 EMTP simulation and Field test results

고장 위치 [km]	고장 전류 [A]	R_y [Ω]	EMTP	실증시험	오차 [V]
			V_N [V]	V_N [V]	
14	200	15	84.1	74	10.1
		94	87.4	75	12.4
		187	87.7	75	12.3

표 7에 EMTP에 의한 모의결과 및 실증시험 결과를 제시하였다. 지락고장 발생지점의 개별 접지저항이 증가하여도 중성선 전위는 크게 변화되지 않았으며 모의시험 및 실증시험 결과가 일치하였다. 중성선 전위상승 측정결과를 토대로

실증시험선로의 합성저항을 계산해 보면 중성선 전체의 합성임피던스가 0.7 Ω 수준으로 일반적인 선로의 합성값과 유사하였으며 합성값이 매우 작아서 고장점 인근에 설치된 개별 접지저항값의 영향은 없는 것으로 분석되었다.

3. 결 론

1선 지락고장시 상용주파 고장전류에 의한 중성선 전위상승의 효과를 이론적 계산식, EMTP 모의 및 실증시험을 통하여 검증하였다. 수용가 인근의 배전선로의 중성선 전위상승은 저압기기에 전도되어 기기의 절연을 파괴시킬 수 있기 때문에 국제기준 및 국내 기준에 만족하는 배전계통 접지의 수준을 검토하였다. 다중접지된 중성선은 접지개소의 증가에 따라 합성 접지저항값이 작게되어 고장전류에 의한 전위상승을 억제하고 고장전류의 분류효과를 증대시켜 고장의 과급 범위를 최소화하는 장점이 있다. 사례연구를 통해 중성선 다중접지계통에서 고·저압 혼축고장에 의한 고장전류로 인한 전위상승의 영향을 이론적 및 실험적으로 규명하였으며, 개별 접지저항값에 의한 전위상승의 영향보다 선로전체의 합성저항값에 의한 영향이 지배적이라는 것을 제시하였다. 따라서, 본 논문에서 검토된 결과를 토대로 실제 계통에서 저압 기기보호를 위한 접지시설 기준을 통계적 검토 및 경제성을 고려하여 현실에 맞도록 재정립할 필요가 있다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 한국전력공사의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계처실에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Korea Electric Association, "A Survey Report of Electro-Technical Regulation", KEPCO's Technical Report, 2007.
- [2] H.S. Kim, J.H. Chung, K.M. Kang, "Effects of Ground Faults on the Safety of Persons and Low-voltage Installations in 22.9 kV-Y Distribution Systems", Journal of KIIEE, Vol. 22, No.1, pp.141~148, Jan. 2008.
- [3] Y. Rajotte, J. Fortin, and C. Raymond, "Impedance of multigrounded neutrals on rural distribution systems", IEEE Trans. Power Del., Vol. 10, no. 3, pp.1453~1459, Jul. 1995.
- [4] International Electrotechnical Commission, "IEC 61936-1, Power installations exceeding 1 kV a.c.", IEC std., pp.86, 2010.
- [5] A.L. Clapp, "NESC Handbook", IEEE Press, Sixth edition, pp.66~74, 2006.
- [6] S.K. Choi, J.K. Choi, G.Y. Jung, K.H. Kim, K.B. Sim, "An Examination of Hazardous Voltage for Human Safety in KEPCO distribution line", Proceeding of

the 41th the KIEE Summer Annual Conference, pp.2122~2123, Jul. 2010.

- [7] J.R. Acharya, Y. Wang, and W. Xu, "Temporary Overvoltage and GPR characteristics of Distribution Feeder with Multigrounded Neutral", IEEE Trans. on Power Del., Vol. 25, no. 2, pp.1036~1044, Apr. 2009.
- [8] Y. Rajotte, J. Fortin, B. Cyr, and G. Raymond, "Characterization of the ground impedance of rural MV lines on Hydro-Quebec's system", IEE, Proc. CIRED, Conf. Publ. no. 438, pp.17/1~17/5, Jun. 1997.
- [9] K. Oka, J. Yoshinaga, S. Koizumi, S. Uemura, and Y. Ariga, "Study of neutral grounding for 22 kV distribution systems", IEEE PES, T&D Conf. and Expo. : Asia Pacific, Vol. 3, pp.2143~2148, Oct. 2002.
- [10] K. Oka, S. Koizumi, K. Oishi, T. Yokota, and S. Uemura, "Analysis of neutral grounding method for a three-phase four-wire 11.4 kV distribution system", IEEE PES, T&D Conference and Exposition: Asia Pacific, Vol. 2, pp.998~1003, Oct. 2002.
- [11] T.H. Chen and W.C. Yang, "Analysis of multi-grounded four-wire distribution systems considering the neutral grounding", IEEE Trans. Power Del., Vol. 16, no. 4, pp.710~717, Oct. 2001.
- [12] L. Agudelo, R.H. Ortiz, M. Montoya, C. Cardenas, K.C. Echeverri, and G. Moreno, "Transferred voltages in multigrounded systems", IEEE PES, T&D Conference and Exposition: Latin America, Aug. 2008.



김 경 훈 (金 徑 勳)

1970년 5월 18일생, 1996년 영남대학교 전기공학과 졸업, 2011년 경북대학교 산업대학원 전기공학 졸업(석사). 1996년~현재 한전 인재개발원 교수요원



최 명 호 (崔 明 鎬)

1965년 6월 28일생, 2002년 안동대학교 행정경영대학원 경영학과 졸업(석사), 2005년 한밭대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사), 현재 광운대학교 대학원 전기공학과 박사과정, 한전 성동지사 배전운영팀장



이 병 성 (李 丙 成)

1968년 8월 17일생, 1993년 충남대학교 전기공학과 졸업, 1995년 충남대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995년~현재 한전 전력연구원 책임연구원

저 자 소 개



최 선 규 (崔 璇 奎)

1973년 9월 26일생, 2000년 고려대학교 전기공학과 졸업, 2002년 고려대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년~현재 한전 전력연구원 선임연구원



최 종 기 (崔 鍾 基)

1969년 2월 1일생, 1992년 동국대학교 전기공학과 졸업, 1995년 홍익대학교 전기 제어과 졸업(석사). 2007년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995년~현재 한전 전력연구원 선임연구원