

배전계통 저압피뢰기 설치효과 실증연구

강문호, 박상만, 이흥호*
한전 전력연구원, 충남대학교*

Experimental Study on the Secondary Arresters effect in Distribution Network

Moon-Ho Kang, Sang-Man Park, Heung-Ho Lee*
Kepeco, Chungnam University*

Abstract - 최근까지 낙뢰에 의한 과전압으로 인해 배전설비뿐만 아니라 수용가 설비의 피해가 적지 않게 발생하고 있다. 특히 낙뢰는 호우를 동반하는 경우가 대부분이기 때문에 수용가에 미치는 피해의 파급효과는 아주 크게 나타나고 있다. 따라서 배전급 내뢰설비의 시설효과를 실제 배전계통상에서 실증적 방법으로 분석하여 최적의 운영방안을 도출함으로써 효과적인 내뢰대책을 제시할 필요성이 크다. 본 논문에서는 수용가와 직결된 주상변압기 2차측 저압선로의 내뢰설비인 저압피뢰기(Secondary Arresters, SA)의 설치효과를 특고압측 및 저압측에서의 임펄스 전압 발생을 모두 고려하여 실증시험을 수행하고, 그 시험결과를 통해 배전급 저압피뢰기의 설치효과를 분석하였다.

1. 서 론

오늘날 정보화기술과 디지털기술의 발전으로 대부분의 정보화 및 가전기기들은 소형의 디지털 부품으로 제작되고 있다. 이것은 절연의 측면에서 낮은 전압에서도 절연파괴에 의한 소손고장의 발생가능성을 높이는 결과로 이어졌다. 이와 같은 소손피해를 줄이기 위해 특별한 기기에는 서지 흡수기(surge absorber)와 같은 서지 보호장치를 사용하여 침입하는 서지를 대지로 방전하여 소손을 예방하고 있다. 그럼에도 불구하고 낙뢰로 인한 수용가측 피해는 해마다 줄어들지 않고 있다. 또한 수용가에게 전력을 공급하는 배전선로의 주상변압기에도 낙뢰로 인해 소손고장이 많이 발생하고 있다. 외국문헌에 의하면 주상변압기의 소손고장 중 80% 이상이 과전압에 의한 것으로 나타났으며, 이 중 50%가 변압기 2차측 서지에 의한 것이라는 기록이 있다. 따라서 뇌 서지에 의한 배전선로 변압기 2차측 서지전압을 저감시켜 주상변압기의 소손사고와 수용가의 가전기기 피해를 감소시킬 필요성이 대두하고 있다.

배전계통의 저압선로에 침입하는 뇌 서지의 유입경로는 크게 특고압선로, 저압선로 등을 예로 들 수 있다. 본 논문에서는 유입경로인 특고압선로 및 저압선로에서 발생하는 뇌 서지 전압을 변압기 2차측 저압선로에서 저감할 수 있는 방안으로 저압피뢰기의 시설효과를 실증시험을 통해 분석하였다.

2. 본 론

2.1 시설효과 실증시험선로 구성

저압선로에 발생하는 뇌 과전압 저감장치인 저압피뢰기의 설치효과를 검토하기 위해 고장 실증시험장에 저압피뢰기 실증시험선로를 구성하였다. 실증시험은 특고압측에서 발생한 뇌 서지가 주상변압기를 통해 저압측으로 진행하는 경우와 저압측에서 발생한 서지가 주상변압기를 통해 특고압측으로 진행되는 경우를 대상으로 하였다. 저압피뢰기 실증시험선로는 기존의 고장 실증시험장 선로를 신설한 번개선로 10경간과 연결하여 기존 선로를 같이 사용할 수 있도록 구성하였으며, 특고압측 뇌 서지

발생은 충전전압이 최대 4MV인 기존의 임펄스 발생장치를 이용하였으며, 저압측 뇌 서지 발생은 저압 임펄스 발생장치를 이용하였다.

2.1.1 특고압측 임펄스 실증시험 선로

가공지선에 의한 뇌 서지 차폐성공, 차폐실패 및 유도된 등의 경우와 같이 특고압측에 뇌 임펄스 전압이 발생한 경우를 모의하기 위해 아래의 그림 1과 같이 기존선로에 주상변압기, 저압선로 등을 설치하여 실증시험선로를 구성하였다.

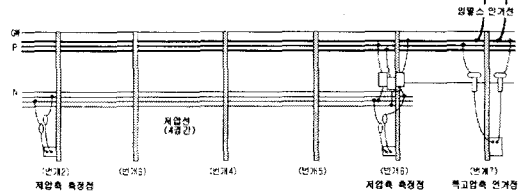


그림 1. 특고압측 임펄스 실증시험 선로 구성도

이 경우 임펄스 전압은 특고압측에서 주상변압기를 경유해 저압선로로 진행된다. 이때의 임펄스 전압파형을 특고압측 및 저압측에서 측정할 수 있도록 특고압측, 주상변압기단, 저압측에 각각 고전압 분압기 및 측정용 스크프 등을 설치하여 시험회로를 구성하였다.

2.1.2 저압측 임펄스 실증시험 선로

역류뢰, 저압선로 및 인근 뇌격의 경우와 같이 저압측에 뇌 임펄스 전압이 발생하는 경우를 모의하기 위해 그림 2와 같이 저압측에 저압 임펄스 발생장치를 설치하여 실증시험선로를 구성하였다.

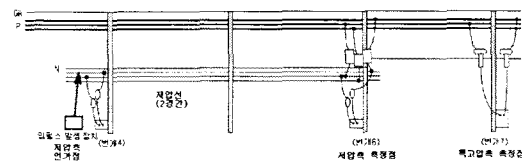


그림 2. 저압측 임펄스 실증시험 선로 구성도

이때 저압측 인가점의 임펄스 전압은 서지 임피던스에 따라 진행하다 주상변압기 1차측인 특고압측으로 진행할 것이다. 따라서 이 경우 특고압측, 변압기단, 임펄스 발생장치의 임펄스 전압파형을 측정할 수 있도록 측정위치별 측정장치를 설치하여 시험회로를 구성하였다.

2.2 저압피뢰기 설치효과 분석

위와 같이 구성된 시험선로에 저압피뢰기를 설치한 경우와 설치하지 않은 경우에 대해 임펄스 파형을 위치별로 측정하여 저압피뢰기의 설치효과를 분석하였다. 시험은 특고압측에서 주상변압기를 경유해 저압측으로 임펄스 전압이 진행되는 경우와 저압측에서 주상변압기를 경유해 특고압측으로 진행되는 경우를 대상으로 저압피뢰기의 설치효과를 분석하였다. 본 시험에 사용된 저압피뢰기의 사양은 표 1과 같다.

표 1. 저압피뢰기 사양

정격전압	공칭 방전전류	최대연속 운전전압	뇌임펄스 제한전압
220V	10kA	280V	1.2kV 이하

2.2.1 특고압측에서 저압측으로 임펄스 전달

현재의 배전계통에서는 특고압선로를 통해 주상변압기 2차측 저압선로로 진행되는 임펄스 전압을 제한할 수 있는 저압측 과전압 저감장치로 저압피뢰기를 주상변압기 2차측, 저압선로 말단 및 양쪽 개소 모두에 설치하고 특고압측에서 저압측으로 진행되는 임펄스 전압파형을 측정하여 분석하였다.

I. 미설치한 경우

현재의 배전계통과 같이 저압피뢰기를 설치하지 않은 경우에 측정된 임펄스 전압파형은 아래와 같다.

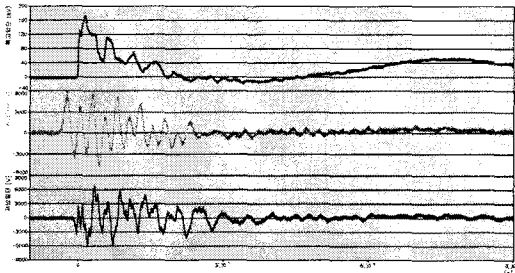


그림 4. 저압피뢰기 미설치시 임펄스 전압파형

측정된 임펄스 전압파형을 분석하면 현재의 배전계통에서 특고압측에 발생한 임펄스 전압은 주상변압기를 경유하면서 고주파성분이 많이 포함되며, 권수비의 절만 정도 크기의 과전압이 발생하였다.

II. 주상변압기 2차에만 설치

주상변압기 2차에만 저압피뢰기를 설치한 경우에 측정된 임펄스 전압파형은 아래와 같다.

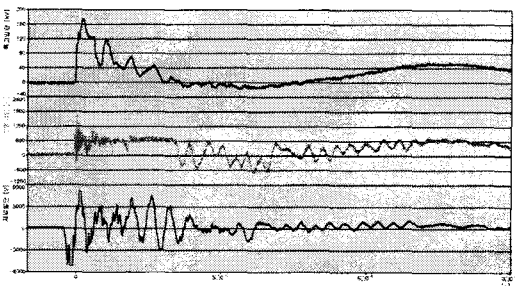


그림 5. 주상변압기 2차에만 설치시 임펄스 전압파형

측정된 임펄스 전압파형에서 저압피뢰기가 미설치된 저압말단에는 임펄스 전압의 변화가 없으나, 설치된 주상변압기단의 전압은 초기 과도상태를 제외하면 약 600V 정도로 저압피뢰기를 통해 임펄스 전압의 상당한 부분이 저감되었음을 알 수 있다.

III. 저압선로 말단에만 설치

저압선로의 경간제한은 선로의 부하특성에 따라 상이하기 때문에 본 논문에서는 주상변압기로부터 4경간 떨어진 지점을 저압선로 말단으로 가정하고 임펄스 전압파형을 측정하였으며, 측정된 전압파형은 아래와 같다.

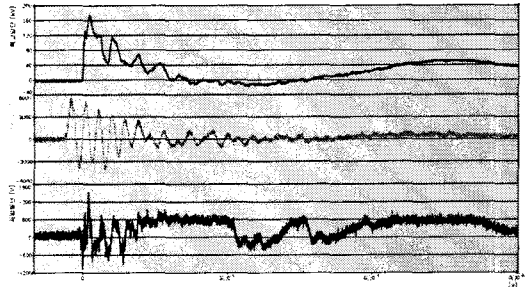


그림 3. 저압선로 말단에 설치시 임펄스 전압파형

시험 II의 분석결과와 같이 저압피뢰기가 설치되지 않은 변압기 2차측의 임펄스 전압은 변화가 없으나, 설치된 저압말단의 전압이 초기 과도상태를 제외하면 약 600V 정도로 저압피뢰기를 통해 임펄스 전압이 상당히 저감되었음을 알 수 있다.

IV. 주상변압기 2차 및 저압선로 말단에 설치

외국문헌에 의하면 주상변압기 2차측 및 저압선로 말단(수용가 인입점)에 모두 설치하는 것이 양측 설비보호에 효과적이라는 내용이 있으며, 이 경우에 측정된 임펄스 전압파형은 아래와 같다.

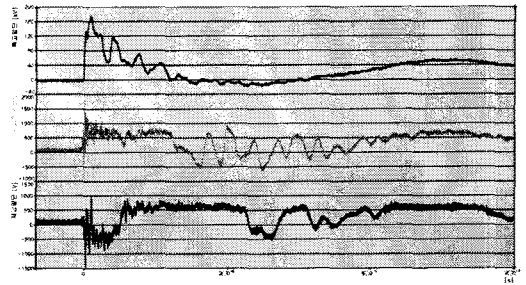


그림 6. 주상변압기 2차측 및 저압선로 말단에 설치시 임펄스 전압파형

측정 임펄스 전압파형을 통해 양쪽개소에 저압피뢰기를 설치한 경우 임펄스 전압이 양쪽 모두 약 600V 정도로 상당히 저감되었음을 알 수 있다.

따라서 특고압측에서 발생하여 저압선로측으로 진행되는 임펄스 전압을 저압측에서 저감시키기 위해서는 저압피뢰기를 투·반사가 생기는 저압선로 말단 및 변압기 2차에 설치하는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

시험 I, II, III, IV에서 측정된 설치개소별 임펄스 전압의 피크값은 아래의 표 2와 같다.

표 2. 저압피뢰기 설치개소별 피크전압

SA 설치개소	특고압단	변압기단	저압말단
미설치	172 kV	6.0 kV	6.8 kV
주상변압기	175 kV	1.8 kV	5.2 kV
저압말단	175 kV	6.0 kV	1.5 kV
양쪽 개소	172 kV	1.8 kV	0.9 kV

2.2.2 저압선로에서 특고압선로로 임펄스 전달

외국의 문헌에 의하면 주상변압기의 소손원인 중 많은 부분이 저압측에서 발생한 과전압에 의한 것으로 기록되어 있다. 주상변압기의 소손고장은 곧 저압수용가의 정전과 직결되는 부분이다. 따라서 본 논문에서는 주상변압기 2차측에 저압피뢰기 설치하고 저압측에 유입되는 임펄스 전압의 진행양상을 조사함으로써 저압피뢰기가 미설치된 경우와 비교하여 시설효과를 검토하였다.

I. 미설치한 경우

현재의 배전계통과 같이 저압피뢰기가 설치되지 않은 경우에 저압측에서 발생하는 임펄스 전압의 진행에 따른 위치별 임펄스 전압파형은 아래와 같다.

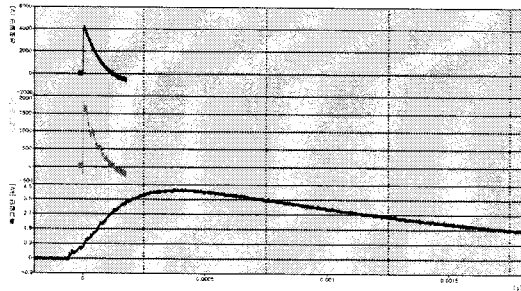


그림 7. 저압피뢰기 미설치시 임펄스 전압파형

저압측에서 특고압측으로 이행하는 임펄스 전압파형은 변압기 1차측(특고압단)에 저주파성분이 많이 포함된 완만한 파두장과 파미장을 갖는 전압을 발생시켰으며, 최대 피크 전압값은 입력된 저압측 임펄스 전압과 거의 동일하였다.

II. 주상변압기 2차에만 설치

저압측 발생 과전압의 저감효과를 확인하기 위해 주상변압기 2차측에 저압피뢰기를 설치하고 저압측에서 발생한 임펄스 전압의 진행에 따른 임펄스 전압파형의 측정 결과는 아래와 같다.

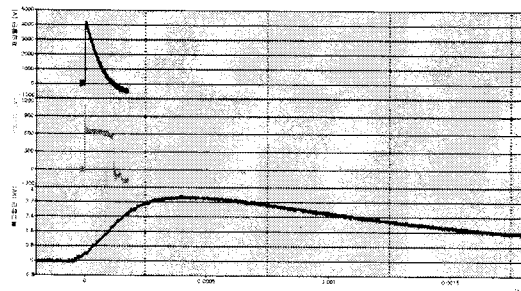


그림 8. 주상변압기 2차에 설치시 임펄스 전압파형

측정된 임펄스 전압파형에서 저압피뢰기가 설치된 변압기 2차측의 임펄스 전압이 초기 과도상태의 값을 제외하면 약 600V 정도로 과전압이 저감되었음을 알 수 있다.

3. 결 론

정보화기술과 디지털기술의 발전은 우리의 주변 환경을 휴대가 편리한 소규모의 디지털 부품의 천국으로 만들었다. 그러나 디지털 부품은 절연의 측면에서 낮은 전압에서도 절연파괴에 의한 소손고장이 쉽게 발생한다. 이와 같은 소손피해를 줄이기 위해서 서지 흡수기(surge absorber)와 같은 장치를 활용하지만 뇌 서지로 인한 수용가에게 피해를 해마다 줄어들지 않고 있다. 또한 수용가에 전기력을 공급하는 배전선로의 주상변압기에서도 낙뢰로 인해 소손고장이 많이 발생하고 있다.

따라서 본 논문에서는 특고압선로 및 저압선로에서 발생하는 뇌 서지 전압을 저감할 수 있는 저압피뢰기의 시설효과를 실증시험을 통해 분석하였으며 그 결과는 아래와 같다.

① 저압피뢰기를 투·반사가 생기는 저압선로 말단 및 주상변압기 2차에 설치한 경우, 특고압측에서 발생하여 저압선로측으로 진행되는 임펄스 전압은 효과적으로 저감되었다.

② 저압측에서 발생하여 특고압측으로 진행되는 과전압은 주상변압기 2차측에 저압피뢰기를 설치한 경우 2차측 과전압을 상당부분 효과적으로 저감할 수 있었다.

③ 현재의 배전계통에서 특고압측에서 저압측으로 진행되는 임펄스 전압은 권수비의 약 1/2 정도 크기인 과전압이 주상변압기 2차측에 발생하였다.

④ 현재의 배전계통에서 임펄스 전압이 저압측에서 특고압측으로 진행할 경우 변압기 1차측(특고압단)에 발생하는 전압은 권수비와 상관없이 파두장과 파미장이 완만해지고 저압측 발생 과전압과 거의 동일하다.

[참 고 문 헌]

[1] M. B. Marz, "Protecting Load Devices from the Effects of Low Side Surges", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 29, pp. 1196-1203, 1993
 [2] G. L. Goedde, Lj. A. Kojovic, E. S. Knabe, "Overvoltage Protection for Distribution and Low-Voltage Equipment Experiencing Sustained Overvoltages", IEEE Power Engineering Society 1999 Winter Meeting, Vol. 2, pp. 1202-1207, 1999
 [3] 강문호, 박상만, 류희석, 정동학, "배전시험설비 구축 및 내뢰설비 시설효과 분석 실증연구 최종보고서", KEPRI, 2003