배전급 저압피뢰기 임펄스 특성 연구

(The Study on the Impulse Characteristic of Secondary Arresters in Power Distribution System)

강문호* · 박상만 · 박영근 · 장상옥 · 이흥호

(Moon-Ho Kang · Sang-Man Lee · Young-Keun Park · Sang-Ok Jang · Heung-Ho Lee)

Abstract

The overvoltage generated by the lightning strokes has been doing considerable damage to the distribution network as well as the consumer facility until now. Because most of the lightning strokes are accompanied by a storm, the aftermath of damage to the consumer is so serious. Therefore it is very important to survey the optimal operation plan by the field test of distribution lightning facilities. In this paper we have accomplished the field test to verify the impulse characteristic of Secondary Arrester(SA), and analyzed the effect of the SA in power distribution system.

1. 서 론

정보화기술과 디지털기술의 발전으로 대부분의 정보화 및 통신기기와 제어설비들은 소형의 디지털 부품으로 제작되고 있다. 이것은 절연측면에서 낮은 전압에서도 절연파괴에 의한 소손고장의 발생가능성을 높이는 결과로 이어졌다. 이와 같은 소손피해를 줄이기 위해 특별한 기기에는 서지 흡수기(surge absorber)와 같은 서지 보호장치를 부착하여 서지의 침입으로부터 해당설비를 보호함으로써 고장을 예방하고 있다. 그럼에도 불구하고 낙뢰로 인한 수용가측 피해는 해마다 줄어들지 않고 있다. 또한 수용가에게 전력을 공급하는 배전선로의 주상변압기도 낙뢰로 인해 소손고장이 많이 발생하고 있다. 해외자료에 의하면 주상변압기의 소손고장 중 상당부분이 과전압에 의한 것으로 조사되었으며, 이 가운데 절반이 변압기 2차측에서 발생한 서지에 의한 것으로 나타났다. 따라서 뇌 서지에 의한 배전선로 변압기 2차측 서지전압을 저감시켜 주상변압기의 소손사고와 수용가의 가전기기 피해를 감소시킬 필요성이 대두하고 있다. 본 논문에서는 저압선로에서 발생한 임펄스 전압이 변압기를 경유하여 고압선로로 진행하는 경우를 대상으로 배전급 저압피뢰기의 임펄스 응답특성을 시험하였으며 또한 배전급 저압피뢰기에 대한 임펄스 제한전압특성 및 임펄스 방전내량시험 결과를 나타내었다.

2. 본 론

2.1 임펄스 시험선로 구성

저압선로에 발생하는 뇌 과전압 저감장치인 저압피뢰기의 설치효과를 검토하기 위해 배전 실증시험장에 저압피뢰기 실증시험선로를 구성하였다. 저압측에서 발생한 서지가 주상변압기를 통해 특고압측으로 진행하는 경우를 모의하기 위해 기존선로와 분리하여 저압피뢰기 실증시험선로 10경간을 신설하였다. 또한 임펄스 발생장치는 충전전압이 최대 10kV인 임펄스 발생장치를 이용하였다.

역류뢰 및 저압선로 인근 뇌격의 경우와 같이 저압선로에 뇌 임펄스 전압이 발생하는 경우를 모의하기 위해 그림 1과 같이 저압선로를 신설하고 저압선로에 저압 임펄스 발생장치를 설치하여 저압피뢰기 실증시험선로를 구성하였다.

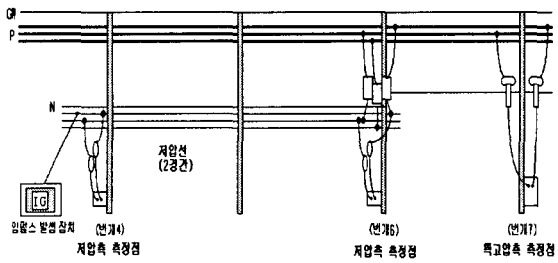

그림 1. 저압피뢰기 임펄스 시험선로 구성도
Fig. 1. Test system configuration of the secondary arresters

이때 저압선로의 임펄스 발생점의 임펄스 전압은 선로의 서지 임피던스에 따라 다른 크기로 진행하여 주상변압기 1차측인 특고압측으로 진행할 것이다. 따라서 이 경우 특고압측, 변압기단, 임펄스 발생장치의 임펄스

전압파형을 측정할 수 있도록 측정위치별 임펄스 전압 측정용 분압기와 오실로스코프를 설치하여 시험회로를 구성하였다.

2.2 저압피뢰기 사양

위와 같이 구성된 시험선로에 저압피뢰기를 설치한 경우와 설치하지 않은 경우에 대해 임펄스 전압을 발생하여 각 측정위치에서 파형을 측정하여 저압피뢰기의 임펄스 특성을 분석하였다. 시험은 저압측에서 주상변압기를 경유해 특고압측으로 진행하는 경우를 대상으로 저압피뢰기의 임펄스 특성을 분석하였다. 이번 시험에 사용된 저압피뢰기의 사양은 아래의 표 1과 같다.

표 1. 저압피뢰기 사양
Table 1. Specification of the secondary arrester

정격전압	공칭 방전전류	임펄스 방전내량	뇌 임펄스 제한전압
220V	10kA	65kA	최대 1200V

저압피뢰기의 뇌 임펄스 제한전압 시험데이터를 바탕으로 제한전압과 방전전류의 V-I 곡선을 구하였다. 곡선을 통해 시험에 사용된 저압피뢰기의 임펄스 제한전압이 규격사양에서 제시한 10kA에서 최대 1200V의 제한전압이하임을 확인할 수 있다. 아래의 그림 2에 저압피뢰기의 정극성과 부극성에 대한 V-I 특성곡선을 나타내었다.

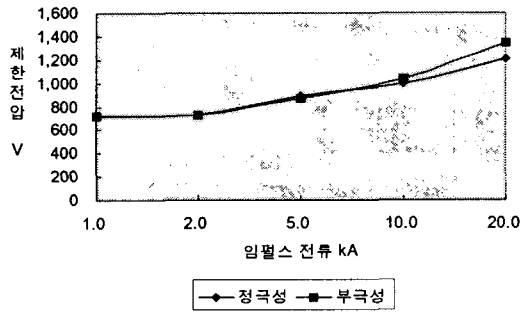

그림 2. 저압피뢰기 임펄스 제한전압
Fig. 2. Limiting voltage of the secondary arresters

피뢰기가 임펄스 전류을 방전할 경우 전류가 너무 크기 때문에 피뢰기는 파괴되거나 열화손상을 일으킬 수 있다. 이 한도를 임펄스 대전류 방전능력을 나타내며 방전내량을 의미한다. 임펄스 방전내량시험은 시험전후의 임펄스 제한전압의 변화율이 10% 이내이어야 하며, 시험 중 단로기는 동작하지 않아야 한다. 아래의 표 2. 에 저압피뢰기의 임펄스 방전내량 시험데이터를 나타내었다.

표 1. 저압피뢰기의 임펄스 방전내량
Table 1. Maximum surge current of the secondary arrester

측 정	임펄스 전 류 (kA)	제한전압(kV)		변화율
		시험전	시험후	
1	66	993	1,054	6%
2	66	1004	1064	6%

2.3. 임펄스특성 시험 방법

해외자료에 의하면 주상변압기의 소손원인 중 많은 부분이 저압선로에서 발생한 과전압 서지에 의한 것으로 기록되어 있다. 주상변압기의 소손고장은 저압수용가의 정전과 직결되는 부분이다. 따라서 본 논문에서는 주상변압기 2차측에 저압피뢰기를 설치하고 저압측에서 유입하는 임펄스 전압에 따른 임펄스 진행양상을 조사하였다. 이를 기존의 저압피뢰기 미설치시의 임펄스 진행양상과 비교함으로써 저압피뢰기의 임펄스특성을 시험하였다.

2.4. 임펄스 측정결과

현재의 배전계통 구성과 동일하게 저압피뢰기를 설치하지 않은 경우 저압측에서 발생하는 임펄스 전압의 진행에 따른 측정위치별 임펄스 전압파형을 측정하였다. 임펄스 인가전압이 각각 약 2kV인 경우와 5kV인 경우에 대한 측정파형을 아래의 그림 3에 나타내었다.

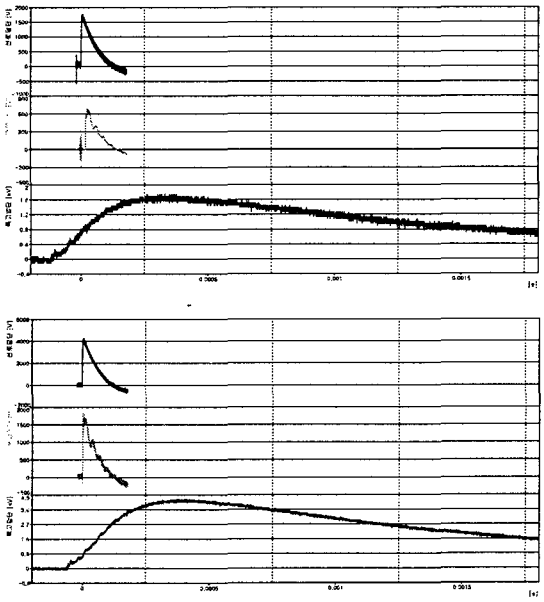

그림 3. 저압피뢰기 미설치시 임펄스 전압 측정 파형
Fig. 3. Impulse waveform of each measuring point without secondary arresters

측정파형을 분석하면 저압측에서 특고압측으로 진행하는 임펄스 전압은 진행함에 따라 투과와 반사 그리고 대지방전으로 변압기 2차측에서는 상당히 감쇄하였으며, 변압기 1차측(특고압단)에 저주파성분이 많이 포함된 완만한 파두장과 파미장을 갖는 임펄스 전압으로 변화하였으며, 최대 피크 전압값은 입력된 저압측 임펄스 전압과 거의 동일하였다.

저압피뢰기의 임펄스 저감특성을 확인하기 위해 주상변압기 2차측에 저압피뢰기를 설치하고 저압측 선로에서 임펄스 전압을 발생시켜 발생한 임펄스 전압의 진행에 따른 임펄스 전압파형의 진행추이를 측정하였다. 임펄스 인가전압은 각각 약 2kV인 경우와 5kV로 각 측정위치별 측정파형을 아래의 그림 4에 나타내었다.

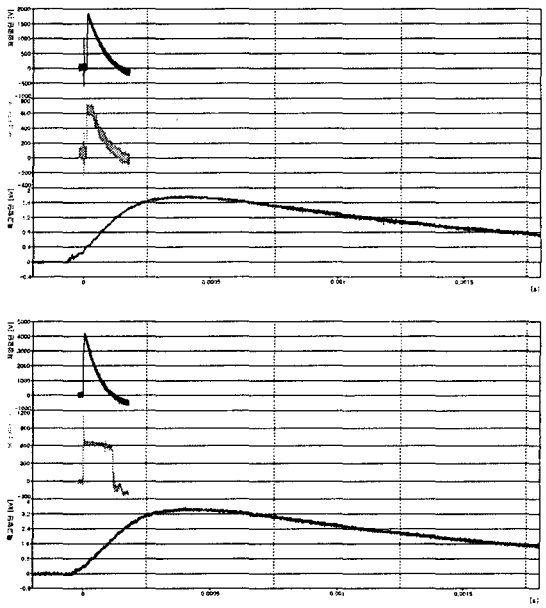

그림 4. 저압피뢰기 설치시 임펄스 전압 측정 파형
Fig. 4. Impulse waveform of each measuring point with secondary arresters

측정된 임펄스 전압파형을 분석하면 저압피뢰기가 설치된 변압기 2차측의 임펄스 전압이 초기 과도상태의 값을 제외하면 약 600V 정도로 임펄스 전압이 상당부분 저감되었음을 알 수 있다. 또한 저압피뢰기 미설치시의 파형과 유사하게 변압기 1차측(특고압단)에서 측정된 파형에서는 저주파성분이 많이 포함된 완만한 파두장과 파미장을 갖는 임펄스 전압이 나타났으며, 최대 피크 전압값은 입력된 저압측 임펄스 전압과 거의 동일하게 나타났다.

3. 결 론

오늘날 정보화기술과 디지털기술의 발전은 우리 주변의 설비를 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 의한 수용가측 피해는 해마다 줄어들지 않고 있다. 또한 수용가에게 전력을 공급하는 배전선로의 주상변압기에서도 낙뢰로 인해 소손고장이 많이 발생하고 있다.

따라서 본 논문에서는 저압선로에서 발생한 임펄스 전압이 변압기를 경유하여 고압선로로 진행하는 경우를 대상으로 배전급 저압피뢰기의 임펄스 응답특성을 시험하였으며 이를 바탕으로 저압피뢰기의 임펄스 특성을 분석하였다. 또한 배전급 저압피뢰기에 대한 임펄스 제한전압특성 및 임펄스 방전내량 시험결과를 분석하였으며 그 결과는 아래와 같다.

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

현재의 배전계통에서 특고압측에서 저압측으로 진행하는 임펄스 전압은 분압비의 약 50%정도 크기인 과전압이 주상변압기 2차측에 발생하였다.

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

시험에 이용된 저압피뢰기의 임펄스 제한전압특성과 임펄스 방전내량시험결과 규격에 적합한 제한전압과 방전내량을 나타내었다.

참 고 문 헌

[1] 강문호, 박상만, 류희석, 정동학, "배전시험설비 구축 및 내뢰설비 시설효과 분석 실증연구 최종보고서", KEPRI, 2003.

[2] M. B. Marz, "Protecting Load Devices from the Effects of Low-Side Surges", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 29, pp. 1196-1203, 1993.

[3] "IEEE Standard for Performance of Low-Voltage Surge-Protective Devices(Secondary Arrester)", IEEE Std C62.34-1996.

[4] 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.