

80. ZnO 소자의 전기적 특성과 열화진단기술에 관한 연구

전기공학과 박영호
지도교수 길경석

산업구조가 거대화, 복잡화됨에 따라 전력수요가 급증하고 전력 공급의 고신뢰성이 요구되면서 송·배전 전력계통설비의 수명예측에 관한 기술과 경제적 절연협조에 많은 관심이 집중되고 있다. 전력공급의 고신뢰성을 확보하기 위해서는 전력계통에 설치되어 있는 설비 상호간에 최적의 절연협조 체계를 구축하여 사고에 대한 과급범위를 최소화하고, 설비의 기능을 상시 점검함으로써 수명을 예측하여 기술적, 경제적으로 안정한 상태를 유지해야 한다.

전력설비의 기능과 수명은 대부분이 절연내력의 저하로 발생하며, 외부로부터의 낙뢰나 계통내의 개폐기 조작에 의한 이상전압이 원인이 되고 있다. 이상전압은 계통내의 차단기, 변압기와 같은 중전기기의 절연을 위협하게 되며, 실제 전력계통에서는 이상전압으로 기기의 절연이 파괴되고 1선 지락 또는 선간 단락사고로 진전하여 전력공급이 중단되고 막대한 경제적 손실을

초래한다. 전력계통의 고신뢰성을 확보하기 위해서는 전력계통에 설치되어 있는 설비 상호간에 최적의 절연협조 체계를 구축하여 사고에 대한 과급범위를 최소화하고, 설비의 기능을 상시 점검함으로써 수명을 예측하여 기술적, 경제적으로 안정한 상태를 유지해야 한다.



유발시킨다. 수 십년 전부터 이상전압은 송·배전 전력계통에서 사고 발생의 주된 요인으로 취급되어 왔으며, 전력계통이 점차 복잡·다단화됨에 따라 이상전압의 발생 빈도도 급격히 증가하고 있어 이에 대한 보호대책 연구는 꾸준히 진행되어 오고 있다.

이상전압에 대한 보호대책으로 피뢰기는 전력계통에 발생하는 이상전압을 강제적으로 피보호 기기의 절연내력 이하로 억제시켜 기기를 안전하게 보호하는 역할을 하는 장치로, 전력계통에서 기기나 선로에 병렬로 설치하고 있다. 이상전압에 대한 피뢰기의 보호동작은 계통에 이상전압이 발생하면 피뢰기의 특성요인 ZnO 소자의 비선형 저항특성에 의해 낮은 전압으로 억제시키고, ZnO 소자를 통해 방전전류를 대지로 방출시킨다. 이 과정에서 ZnO 소자는 열화가 발생하며, 열화된 소자가 계속 계통에 남아 있으면 정상 운전전압에서도 과열되고, 그 후 계속되는 보호동작에서 지락사고로 진전하면서 2차적인 인적·물적 사고를 유발시키게 된다.

ZnO 소자는 열화가 진전됨에 따라 상용주파수 동작개시전압과 제한전압의 감소, 누설전류의 증가, 절연저항의 감소 등의 전기적특성 변화가 나타나므로, 이들에 관한 전기적 파라미터를 관측·분석하여 열화를 판단하고 있다. 피뢰기의 누설전류는 온라인 상태에서도 관측이 가능하며, 누설전류성분 중 저항분 누설전류는 열화진전에 따라 현저히 증가하므로 열화 판단에 저항분 누설전류 또는 이와 관계하는 전기적 정보의 검출법에 여러 가지 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 국내 배전계통의 피뢰기에 사용하는 여러 가지 ZnO 소자의 기본적인 전기적 특성과 열화 진전에 따른 특성 변화를 분석하여 열화진단기술에 관한 기초적 연구를 수행하였다.

ZnO 소자의 정격전압과 운전전압에서 기본 동작특성을 파악하고, 뇌충격전류에 의해 소자를 가속 열화시켜 초기 특성과 비교하였다. 전력계통의 정상 운전상태에서 열화된 피뢰기를 모의하기 위하여 $8/20 \mu\text{s}$ 3 kA의 표준 뇌임펄스 전류를 400회까지 인가하고, 15회마다 전기적 특성을 분석하는 방법으로 가속열화 실험을 수행하였다. 가속열화 실험에는 ZnO 피뢰기 소자에 관한 국내 시험규격(ESB153)과 국제 시험규격(IEC 60099-4, IEEE C62.11)을 적용하였다.

실험 결과로부터 ZnO 소자의 열화 진전에 따라 저항분 누설전류 및 전체누설전류의 3조파 성분이 현저하게 증가하는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 ZnO 소자의 열화진단장치를 설계·제작하였으며, 열화진단장치는 전체누설전류, 저항분 누설전류 및 전체누설전류의 3조파 성분을 측정할 수 있도록 구성하였다.

본 연구 결과는 국내 전력계통에 사용되는 ZnO 피뢰기 소자의 열화 진전에 관한 특성을 이해하고, 열화진단기술을 확립하는데 중요한 기초적 자료가 될 것임은 물론, ZnO 소자의 성능향상과 열화진단장치 개발에도 광범위하게 활용될 것으로 기대된다.