

800KV 전력계통의 개폐과전압예측 및 절연계급 선정에 관한 연구

A Study on Switching Overvoltage Analysis and Insulation Level Selection for 800KV Power System

이 김 순*

한국전력

국 학 토

승전대학교

1. 서론

전력계통은 전력수요의 지속적인 신장, 전원의 편재 및 원거화, 발전소 대형화등으로 초고압 및 초초고압화 되고있다.

각국의 초고압 송전계통의 발달과정을 보면 1920 년대의 220KV 계통전압을 표시로 1950년에는 300KV 및 500KV 전압의 계통이 도입되었다

그후 1960년대 후기에는 800KV급(735KV, 765KV) 초초고압이 운전되었으며 앞으로 1990년대말에는 1000KV - 1500KV급 전압이 도입될 것으로 전망되고 있으며 연구 및 시험이 활발히 진행중에 있다 우리나라에는 1976년에 345KV 초고압 계통이 운전되었으며 장기적으로 볼때 이보다 높은 800KV급 초초고압 전압의 도입이 필요한 것으로 전망되고 있다.

이와같이 계통전압이 초고압화됨에 따라 기기나 설비는 대응량화되고 가격도 상승하게 되어 전기적 특성이나 설계제원에 대한 충분한 검토가 필요하게 된다. 전기적 특성이나 설계제원은 계통의 절연계급에 따라 결정되므로 절연의 중요도가 증대되고 있다. 따라서 본 논문은 우리나라 전력계통에 적용될수 있는 800KV의 모델계통에 대한 개폐과전압을 예측하여 과전압의 억제방법을 검토하고 과전압 적정치를 구하였다. 그리고 확률통계적 방법에 의하여 800KV 모델 계통의 적정절연계급을 구하였다.

2. 800KV 전력계통의 개폐과전압예측

(1) 개폐과전압 예측방법

개폐과전압을 예측하기 위하여서는 실험계통을 모의하여 Analog식으로 분석하는 TNA가 사용되고 있으나 이것은 설비가 복잡하고 설치비가 고가로 전력회사가 독자적으로 설치하기는 곤란하여 해외주요 기기제작회사가 보유하고 있다 본 논문에서는 총공장 500Km의 송전선과 3개변전소로 구성되는 800KV 모델계통에 대하여 Digital Method를 이용하여 개폐과전압을 계산하였다

(2) 개폐과전압 예측결과

800KV계통의 개폐과전압에 대한 분석결과 Shunt Reactor 70%보상시 최대 개폐과전압은 2.75 Pu로 나타났다. 또한 개폐과전압의 크기는 Shunt Compensation을 증가시키면 감소하는 것으로 나타났다 송전선공장이 적으면 개폐과전압도 감소되는 것으로 나타났다. 그리고 이와같은 과전압을 억제시키기 위하여 차단기에 투입저항기를 취부하여 주접촉부가 닫히기 전에 투입하도록 하였으며 그결과 개폐과전압 1.4 Pu까지 억제시킬수 있었다. 투입저항기의 저항치는 400Ω이 적정인 것으로 판명되었다. 또한 과전압의 발생빈도에 대한 예측을 실시하였다. 개폐과전압 분석결과 70%의 Shunt Compensation이 필요하고 400Ω의 투입저항기를 취부하여야하므로 발생빈도는 이와같이 조건에서 예측되었으며

개폐과전압의 평균치는 1.22 Pu 표준편차는 10%로 나타났다.

3. 800 KV 전력계통 접연계급의 선정

(1) 접연계급 선정방법

통계적 방법에 의하여 개폐과전압에 의한 절연파괴 사고율을 계산하여 접연계급의 적정치를 선정하였다. 먼저 800 KV 전력계통에 발생하는 개폐과전압의 발생율을 구한다.

전항의 개폐과전압 계산결과에 따라 평균치 (U_0) 와 표준편차 (σ_f) 가 구하여졌으므로 개폐 과전압 발생율을 나타내는 곡선, $f(v)$ 은 보편적으로 정규분포곡선으로 볼수 있으므로 $f(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_f} e^{-\frac{1}{2}(\frac{v-U_0}{\sigma_f})^2}$ 로 표시된다. 계통에 나타나는 과전압을 적당한 구간으로 나누어 임의구간 $V_1 \sim V_2$ 대의 과전압이 발생할수 있는 확률은 $\int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_f} e^{-\frac{1}{2}(\frac{v-U_0}{\sigma_f})^2} dv$ 로 구해진다. 그리고 800 KV 기기접연의 선택율을 나타내는 곡선, $F(v)$ 는 정규누적분포곡선으로 표시될수 있으므로 $F(v) = \int_{-\infty}^v \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_f} e^{-\frac{1}{2}(\frac{v-U_0}{\sigma_f})^2} dv$ 로 구해진다. 여기서 U_0 50% 는 50% 선택전압, σ_f 는 표준편차이다. 따라서 임의구간 $V_1 \sim V_2$ 대의 과전압이 기기에 침입하면 접연의 선택율은 $\int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_f} e^{-\frac{1}{2}(\frac{v-U_0}{\sigma_f})^2} dv$ 로 구해진다. 또한 임의구간 $V_1 \sim V_2$ 대 개폐과전압의 발생에 의한 기기 접연 파괴에 따른 사고율은 개폐과전압 발생율 $(\int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_f} e^{-\frac{1}{2}(\frac{v-U_0}{\sigma_f})^2} dv) \times$ 접연선택율 $(\int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_f} e^{-\frac{1}{2}(\frac{v-U_0}{\sigma_f})^2} dv)$ 로 계산되므로 개폐과전압에 의한 사고율은 ΔV 만큼 증가시켜 각 구간마다 계산하여 합하면 구해진다.

(2) 접연계급 선정결과

개폐과전압의 크기는 예측결과에 의하여 평균치 1.22 Pu, 표준편차 10%를 적용하였다. 기기접연의 50% 선택치 (U_{50}) 는 1100 KV, 1200 KV, 1300 KV, 1400 KV 로 가정하였다. 그리고 선택 표준편차(σ_f) 의 경우 실험치는 보통 6% 정도이고 현장 측정치는 이보다 높아져서 8% 정도가 되는 것으로 보고 6%, 8%, 10%로 가정하였다. 이와같은 과 조건별로 개폐과전압에 의한 절연파괴사고율을 계산한 결과는 다음과 같다.

$U_{50}(\% \text{ 인 } U_0)$	1,100	1,200	1,300	1,400
6	0.067	0.012	0.0008	0.00005
8	0.081	0.018	0.0042	0.00048
10	0.106	0.033	0.0086	0.0021

다음은 대상계통의 절연파괴 사고율의 허용치를 구하여야한다. 800 KV T/L 의 사고율은 3회/100 Km 년으로 보았다. 그리고 기기의 절연파괴사고는 기기 수명기간 15년에 1회 일어나는 것으로 보면 절연파괴사고율은 연간절연파괴 사고회수/년간 사고회수로 0.0022 가 되므로 800 KV 계통의 절연에 대한 50% 선택전압은 1360 KV 가 되어야하며 개폐과전압 접연계급은 10% 선택전압으로 표시되므로 $U_{50} - 1.3\sigma_f$ 에 의거 1220 KV 가 되며 이에 해당되는 IEC 표준은 1300 KV 이다. 따라서 800 KV 계통 접연계급은 아래와 같이 결정되었다.

개폐과전압 접연계급	뇌과전압 접연 계급
1300 KV	LA 보호기기 1300×1.2=1560 KV (IEC 표준 계급 1800 KV)
	LA 비보호기기 1300×1.4=1820 KV (IEC 표준 계급 2100 KV)

4. 결론

이상의 검토결과 고찰에서 아택와 같은 결론에 도달하였다.

- (1) 우리나라 전력계통에 적용될수 있는 800 KV 계통의 개폐과전압 치는 Shunt Compensation 실시시 2.75 pu 로 예상되고 이와같은 높은 과전압은 억제되어야하며 그대책으로 400A의 투입저항기를 설치하고 변전소의 선로측에 Shunt Reactor (70% 보상)를 설치하여야 한다.
- (2) 이와같은 개폐과전압에 대한 800 KV 계통의 접연계급은 1300 KV 가 적정할것으로 판단된다.
- (3) 뇌과전압 접연계급은 LA 보호기기의 경우 1800 KV, LA 비보호기기의 경우 2100 KV 가 적정할것으로 판단된다.