

전력계통의 고장 및 보호계전기 동작에 대한 분석

김호표, 한상섭, 박응주
한국전력공사

The Analysis of Fault and Relay Operation in System of Power Network

Ho-Pyo Kim, Sang-Seob Han, Eung-Ju Park
KEPCO

Abstract - As the amount of electric power consumption is increasing rapidly, the power systems are complex and growing larger. It is required that the quality of electricity is better. To satisfy this demands It is required to analyze the data of the fault accurately and then to find a cause and to enforce a countermeasure. We analyzed the fault of transmission & substation installation over 66kV statistically to operate the power system well. We introduced the faults that are classified into the cause, the facilities, the voltage.

This paper explains the experience of the fault in electric power coporation that is operating the large power system. This paper will be meaningful, because this paper gives the data of real power system. We wish that the reliability of power suppliment will be improved, as using this paper properly and this paper is helpful to the growth of this field and the development of technology.

1. 서 론

‘전력수요의 증대로 전력계통이 복잡화·대용량화 되고 전기품질 향상에 대한 고객의 요구가 높아지면서 이를 충족하기 위해서 전력계통에서 발생한 고장에 대한 각종정보를 정밀분석하고 문제점 파악 및 대책 등을 강구 시행하여 전력계통의 효율적 운영을 기할 수 있도록 현재 전력계통에서 운전중인 66kV이상 송변전 설비의 고장을 대상으로 세부적인 통계 분석을 실시하여 고장현상을 종류별, 원인별, 설비별 점유율 및 보호계전기의 동작상황 등으로 다양하게 분류 분석하였다.

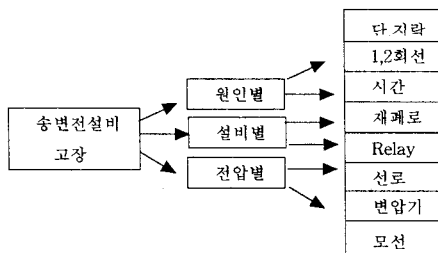


그림 1. 분석 구조

Fig. 1 architecture of analysis

본 논문에서는 2000년도 송변전 설비의 고장을 고장 종류 등 6가지 유형과 보호계전기 동작분석 3가지 유형으로 통계 분석을 실시하고, 과거 사례와 비교 분석하여 실제적인 전력계통 고장분석자료로 활용할 수 있도록 하였다.

2. 전력계통의 고장 및 보호계전기 동작에 대한 분석

이 논문에서 나타난 통계자료중 송변전 설비고장이란 송전선로, 변압기, 모선 등 3가지의 설비에 실제 발생한 고장을 말하며, 모선용 피뢰기는 모선고장에, 선로에 부착된 PT는 선로에 포함하여 「2.1」 ~ 「2.6」 항목의 통계 분석에 사용 하였으며 보호계전기의 오동작 또는 인적실수에 의한 정전 등은 송변전설비 고장통계의 범위에서 제외하였다. 즉, 설비에 직접적으로 전기적 고장현상이 발생한 경우에 한하여 설비고장 통계에 반영 하였다. 다만, 「2.7」 ~ 「2.9」 항목의 보호계전기 동작을 분석 등에서는 통계 특성상 보호계전기 오동작에 의한 동작건수도 통계자료로 이용하여 설비 고장건수와 보호계전기 동작건수가 차이가 발생한다.

또한 이 논문에 나타난 통계자료에 자연환경, 계통상황 등을 고려해야 할 경우가 있다. 「2.1 설비별 고장」에서 보여주듯이 선로에 집중되어 고장이 발생하는 원인 등이 그러하다. 이러한 통계상의 문제점을 최소화 하기 위해서는 하나의 원인을 계속적으로 여러 가지 경우로 더욱 세분하여 통계 분석하는 방법을 사용하면 어느정도 효과 있는 통계 분석과 대책을 마련 할 수 있을 것으로 생각되며 가능한 통계분석을 세분화 시켜야 한다.

2.1 설비별 고장

'00년 66kV이상 송변전 설비중 송전선로, 모선, 변압기의 실 고장건수는 총 301건으로 송전선로 고장이 264건으로 87.7%를 차지해 변압기22건(7.3%), 모선15건(5.0%) 등에 비해 대부분을 차지하는 것을 알 수 있다. 통계분석대상인 운전 현황을 보면 66kV이상 변압기(1,454M.TR(3상기준)), 선로(1329T/L), 모선(1146(2BUS / 1S/S))순으로 고장발생 빈도 순 하고 다른 경우를 볼 수 있다. 설비 수량 면에서는 비슷하지만 고장발생빈도가 선로에서 높은 것은 산악지대에 있는 등 자연에 노출되어 낙뢰 또는 태풍, 산불 등이 발생할 확률이 높은 것이다.

2.2 고장종류(전기적 고장)

'00년도 전체 고장건수는 총 301건이 발생하였으며 이중 고장Data 부족등으로 원인 분석이 어려운 경우(17건)를 제외하고 284건을 분석한 결과 지락 209건(73.6%), 단락45건(15.8%), 단지락 30건(10.63%) 순으로 나타났다. 이는 '99년 통계 분석치인 지락 58.6%, 단락11.8%, 단지락29.6%에 비해 지락고장이 15%늘어났으며, 단지락은 20%가까이 줄어드는 경향을 보였다 이는 통계분석방법 및 통계자의 주관의 차이(분석이 어려운 경우 또는 고장이 지락에서 단락으로 진전되는 경우에 통계분석에 어떻게 반영하는가에 대한 차이)등이 통계의 차이를 발생 할 수 있어 통계의 기준을 분명히 하는 것이 무엇보다 필요하다. '99년에는 단락 지락 고장구분이 안 되는 고장이 없었으며 '00년에는 확실한 경우는 통계에서 제외하여 분석의 정확도를 높이는 방법을 선택하였다.

지락고장의 경우 전체 고장 중 대략 60~70%를 차지하고 「2.6 송전선로 재패로 계전기 동작분석」에서 알 수 있듯이 재패로 성공률이 85.8%점을 고려할 때 고장의 대부분이 순간 지락고장인 것을 알 수 있다. 전력시스템을 설계할 때 순간 지락고장이 차지하는 비율을 고려하는 것도 매우 중요하다.

2.3 송전선로 회선별 고장 점유율

'00년 송전선로 고장 261건중 분석이 가능한 255건에 대한 통계분석결과 1회선고장(184건)72.2%, 2회선고장(71건) 27.8%의 점유율을 보였다. 이는 '99년 통계치(각각 70.1%, 29.9%)와 거의 유사하다. 이 통계로 보아 3~4건의 고장중 1건은 ROUTE고장이 발생하므로 전력시스템 설계 및 운영시 2회선 동시고장에 대비한 계통운영은 항상 염두에 두어야 하겠다.

2.4 고장지속시간

송전선로고장 261건 중 고장지속시간에 대한 분석이 가능한 194건(70건은 고장분석자료 부족으로 분석대상에서 제외)에 대하여 통계분석한 결과 165건(84.6%)는 5Hz이내, 19건(10.2%)는 5~10Hz이내, 그외 10건(5.2%)는 10Hz이상 지속된 것으로 분석되었다. 여기서 고장지속시간은 고장발생부터 차단기가 동작하여 고장이 차단된 시점까지의 시간이며 대략 고장의 85%는 5Hz이내에 고장이 제거됨을 알 수 있다. 또한 보호계전기 종류별 동작상태를 분석하면 총동작 건수의 97.7%의 보호계전기가 고속도(1~3Hz)로 응답(C/R, ZONE1, 87(순시), 67(순시))한 것으로 나타났다. 최근의 디지털 보호계전기는 Pick-up부터 Trip신호출력(동작속도)까지 보통 30ms(1.8Hz정도)이하이며, 일부 계전기는 1Hz미만인 경우도 있다. 이는 Digital 특성과 mechanical특성과의 차이에 기인한다. 10Hz이상지속된 경우는 보호계전기 불량으로 고장이 지속되어 인근의 보호 계전기가 Back-up Trip (ZONE3) 및 B/F Trip 한 경우와 고 저항 지락 고장으로 계전기 지연동작이 된 것으로 분석되었다.

2.5 원인별 고장분석

총고장 301건중 자연재해(낙뢰, 산불 등) 191건(63.4%), 이물접촉(비닐류접촉, 조류감전, 포크레인 등) 48건(16.0%), 기기불량(노후 등) 23건(7.7%), 기타(원인불명, 파급고장 등) 39건(12.9%)으로 통계분석되었다. 산불방지, 조류에 의한 고장 예방, 포크레인접촉 및 기기불량, 오동작, 시험불량 등에 대하여 지속적으로 철저한 대책을 수립·시행함으로써 고장을 감소할 수 있을 것으로 분석 되었다.

2.6 월별 고장분석

송변전설비의 월별 고장발생 빈도는 총고장건수 301건중4월~5월에 57건(33.89%), 7월~8월에 105건(34.88%)으로, 이 시기에 고장의 약69%가 집중됨을 알 수 있다. 1, 2월, 11, 12월의 겨울철 보다[4개월간의 고장빈도율(10.3%)] 4월, 5월에 고장이 집중되는 것은 계절 특성상 사람이 출입이 빈번하여 실화에 의한 산불발생이 많기 때문인 것으로 추정된다. 7,8월은 낙뢰, 장마 및 태풍등 자연재해의 영향인 것으로 나타났다.

2.7 송전선로 재패로 계전기 동작 분석

2000년도의 송전선로 재패로계전기 동작상태 통계 분석을 보면 성공률 85.8%로, 실패 12.5%, 재패로계전기 부동작 1.7%으로 집계 되었다 차단기 공기압저하 등의 이유로 부동작한 경우를 제외하면 대부분의 고장이 낙뢰, 수목접촉 등 순간고장이며, 보호 계전기가 순시로 고장을 제거하고 재패로 시도를 했음을 알 수 있다. 전력계통의 안정적인 운영을 위해 재패로계전기는 매우 유용하다고 할 수 있다. 재패로 계전기가 정상적으로 동작하기 위해서는 보호계전기가 순시동작으로 고장을 제거하는 것이 우선 이루어 져야 하므로 전력계통의 운영에 있어서 보호계전기의 신뢰도는 매우 중요하다고 할 수 있다.

2.8 제작사별 보호계전기 점유율 및 정동작율

2001년1월 현재 운전중인 154kV이상 송전선로 보호계전기는 Toshiba 41.2%, Mitsubishi 36.2%, G.E 10.7%, ABB 9.8% 기타 2.2% 순이며 Toshiba 와 Mitsubishi가 대략80%를 차지하고 있다. 보호계전기는 여러첨단 기술이 종합적으로 집적된 고도의 전문분야로 국내에서는 최근 국산제품이 등장하고 있다. 제작사별 보호계전기 정동작율은 각각 97.4%, 99.6%, 96.3%, 97.4%로 나타났다.

2.9 설비별 보호계전기 정동작율

2000년도 66kV이상 송변전설비별 보호계전기 정동작율은 선로 98.16%, 모선 94.44%, 변압기 60.32%로 통계 분석되었다. 송전선로의 보호계전기는 선로고장이 전체고장의 80%를 차지하는 많은 고장에도 불구하고 꾸준히 동작신뢰도 향상을 위해 디지털화의 추진등 성능향상이 이루어졌기 때문인 것으로 분석 되었으며 모선고장에 비해 변압기 고장시 보호계전기 정동작율이 낮은 것

은 배전선로용 계전기의 부동작시 변압기용 보호계전기 동작 등 파급고장 및 배전선로의 고장시 발생한 Noise 및 Surge등이 변압기용 보호계전기(필터 기능없는 계전기 적용)에 영향을 준 것으로 분석되었다. 최근 디지털 기술이 발전됨에 따라 보호 계전기분야에서 국산화가 활발히 이루어 지고 있다. 관련분야의 종사자들은 보호계전기의 디지털 성능 뿐만 아니라 각종 Surge등에 충분히 견딜 수 있도록 내환경(Electromagnetic Capibility) 시험 등을 강화하여 불필요한 고장파급을 방지 하여야 한다.

3. 결 론

본 논문에서는 학술적인 측면보다 실제 계통 현장에서 발생한 복잡한 고장모델을 단순 세분화 시켜 통계 분석 자료로 사용 하였다. 새로운 통계자료를 얻고자 할 경우에는 지금보다 더욱 구체화 하면 원하고자 하는 통계 분석자료를 얻을 수 있다. 또한 세분화한 여러유형을 혼합하는 방법도 통계 Error를 줄이는데 많은 도움이 된다. 본문에서 분석된 9개의 유형별 계통의 고장현상을 혼합 분석하면 다음과 같다. 외부환경에 노출된 1회선(72.2%)의 송전선로(87.7%)에 고장발생률이 높으며, 그때의 고장은 주로 1선지락(73.6%) 고장이다. 또한 거의 대부분(80%) Toshiba 또는 Mitsubishi 보호계전기에 의해 보통 5Hz이내(85%)에 고장이 제거되며 고장 발생시기 및 원인은 2건중 1건은 낙뢰 산불 등 자연 재해(63.4%)가 대부분이고 4,5월 또는 7,8월에 발생(69%)한다. 재폐로가 정상적으로 동작(85.8%)하여 전력보호 시스템(선로용 보호계전기 정동작율 98.16%)에 특별히 문제가 없는한 계통은 안정적으로 운영되어 진다. 따라서 전력시스템에서 보호계전기의 중요도는 매우 높다 하겠다. 이 논문에서 통계 분석된 자료를 활용하여 전력기술분야의 학술 및 기술발전에 도움이 되길 기대한다.

[참 고 문 헌]

- [1] " 1999 보호계전기 동작상태분석보고서"
한국전력공사 2000
- [2] " 2000년도 송변전 보호계전기 동작통계"
한국전력공사 2001.4