

송변전계통 전력개폐설비의 고장 실태조사 연구

이봉희 · 이희성
한국전력공사 중앙교육원

Analysis on Fault for Switching Devices in Transmission & Substation System

Bong-hee Lee · Hie-sung Lee
Central Education Institute, KEPCO

Abstract - Recently, Reliability of switching devices for transmission & substation system is very important. Therefore, We have investigated fault trend of switching devices from 1982 to 1998. This paper presents fault analysis on Circuit Breakers, Disconnecting Switch, Gas Insulated Switchgear, etc. Thus, this paper will help improve design, manufacture, construction technology and maintenance method.

1. 서 론

전력개폐설비는 송변전계통에서 선로나 기기를 구분, 개폐하여 조류제어 및 고장구간을 분리해 주는 기능을 담당하고 있으며, 사용증가 및 대용량화 추세에 따라 그 동작신뢰성이 검증되고 있다.

전력공급의 신뢰도 제고 면에서 볼 때 전력개폐설비의 고장발생 현황 및 그 요인을 분석하여, 고장감소방안을 모색하는 것은 계통 운용 관리자에게 매우 유의한 과제라고 본다. 따라서 본고에서는 1982년~1998년(17년간)까지 한전 송변전계통에서 실제 발생한 개폐설비 고장에 대하여 기기별, 계절별, 원인별, 전압별, 사용기간별, 고장부위별 현황과 고장분석 결과를 통해서 개폐설비의 설계, 제작, 시공, 운영, 유지보수 측면에서 고려되어야 할 사항들을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 국내 송변전계통 개폐설비 사용현황

국내 송변전계통의 개폐설비는 1980년 이전에는 대부분 옥외철구 변전소로 공기절연 방식의 단로기, 모선구성에 유입차단기, 공기차단기가 주로 사용되어 왔으나, 1980년도 이후에는 가스절연개폐장치(Gas Insulated Switchgear), MCSG(Metal Clad Switchgear)등 복합 개폐설비를 이용하여 옥내,옥외 GIS형태로 사용하고 있다.

차단기의 경우 170kV이상 계통에서는 주로 가스차단기를 사용하며, 25.8kV계통에서는 MCSG 또는 GIS시스템에 적합한 진공차단기가 주로 사용되고 있다. [표1]

표 1 송변전 설비중 차단기 사용현황

기기	OCB	VCB	GCB	GIS	기타	계
대수	1,701	6,826	2,592	5,765	32	16,916
%	10.0	40.3	15.3	34.1	0.3	100

2.2 개폐설비 종합 고장분석

1982년~1998년까지 한전 송변전계통에서 발생한 총고장건수는 935건이며 그중 차단기, 모선, 단로기, GIS, MCSG등 개폐설비의 고장건수는 411건으로 44%의 점유율을 보이고 있다. 연도별로 전체 고장건수는 감소하고 있지만, 개폐설비의 고장 점유비율은 점차 증가하고 있는 추세이다. [표2]

표 2 1982~1998년간 송변전계통 고장현황

연도	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	총합
전체	44	78	73	64	73	75	65	62	50	49	58	54	54	38	44	32	22	935
개폐설비	16	38	28	34	37	31	31	28	14	16	17	21	22	20	29	16	13	411
점유율	36%	52%	38%	53%	51%	41%	48%	45%	28%	33%	29%	39%	41%	53%	66%	50%	59%	44%

개폐설비중 고장발생이 가장 많은 기기는 차단기로 전체 411건 중 154건(37%의 점유율)이며 다음으로는 단로기(108건), 모선(68건), MCSG(35건), GIS(34건), 25.8kVGIS(12건)순이다. [그림1]

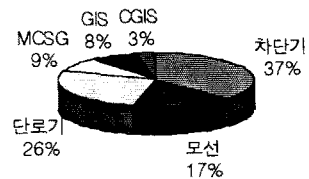


그림 1 개폐설비 종류별 고장분포

계절별 고장분포도에서 고장발생이 가장 많은 계절은 여름으로 34%(138건)를 점유하였고, 겨울26%(108건), 가을22%(90건), 봄18%(75건)순이었으며, 날씨에 대한 영향은 맑음58%, 비22%, 흐림16%, 강풍3%, 낙뢰1%로 나타나서 개폐설비 고장과 날씨변화와는 무관함을 알 수 있었다.

사용기간별 고장분포는 사용기간이 확인된 262건중 사용개시후 6~10년이하 89건, 2년이하 56건, 3년~5년이하 56건, 11년~15년이하 35건, 16년이상 26건

순이었고, 사용기간이 짧은 5년이하 사용설비 고장분포가 112건(42%)으로 비중이 매우 높음을 알 수 있었다. [그림2]

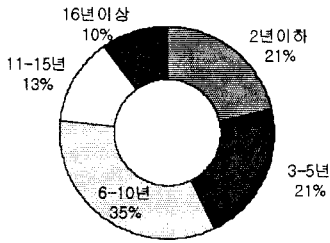


그림 2 사용기간별 고장분포

고장원인별 분석을 보면 원인이 확인된 총 385건중 제작불량(145건)이 가장 큰 원인이었고 작업자과실, 외물접촉, 자연열화순으로 나타났다. [표3]

표 3 개폐설비 원인별 고장분포

원인	제작불량	작업자과실	자연열화	외물접촉	보수불량	사고파급	낙뢰	빙설해	시공불량	기타	합계
건수	145	55	51	51	25	24	12	9	8	5	385
%	38	14	13	13	7	7	3	2	2	1	100

2.3 차단기 고장분석

차단기 고장은 연간 평균 9.07회이며, 전체 개폐설비 고장의 37%를 차지하고 있다. 연도별 고장건수는 90년도를 기점으로 줄어 82~89년간 평균 11.88건이었으나 90~98년간 평균 6.67로 감소되었다. 이는 개폐설비의 GIS화로 신뢰도가 향상에 된 것으로 추정된다. [그림3]

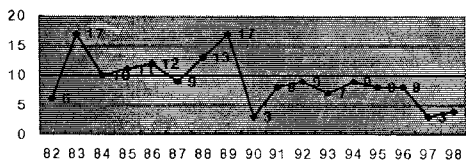


그림 3 차단기 연도별 고장건수 분포

차단기 부위별 고장분포를 분석해보면 총129건 중 붓싱 46건(36%), 차단부37건(29%), 제어회로18건(14%), 조작기구14건(10%), 트립코일11건(8.5%), BCT3건(2.5%)순이다. 차단기별, 사용기간별 고장발생 분석을 해보면 표4와 같다.

표 4 차단기별 사용기간에 따른 고장분포

기간별	1~2년	3~5년	6~10년	11~15년	16년이상	건수(%)
GCB	7	7	2	5		21(15)
VCB	12	5	8	4	2	31(22)
OCB	6	9	32	13	29	89(63)
건수	25	21	42	22	31	141
(%)	(18)	(15)	(29)	(15)	(23)	(100)

차단기 고장원인별 분석은 표5과 같다.

표 5 차단기 원인별 고장분석

원인	제작불량	자연열화	사고파급	보수불량	외물접촉	작업자과실	낙뢰	시공불량	빙설해	원인명	합계
건수	51	25	22	11	11	11	4	2	2		141
%	36	18	16	8	8	8	3	1	1		100

2.4 모선 고장분석

모선고장은 전체 개폐설비 고장중 17%를 차지하며 연도별 발생추이는 변전소 GIS화로 90년도 이후 급격히 감소되어 90~98년간 평균 1.5건이 발생되고 있다. [그림4]

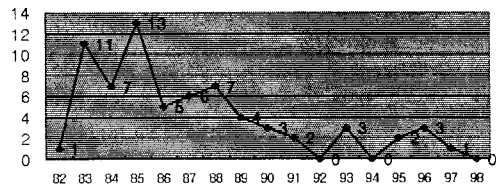


그림 4 연도별 모선 고장분포

고장원인별 분포는 표6과 같다.

표 6 모선 원인별 고장분석

원인	외물접촉	제작불량	작업자과실	자연열화	자연재해	보수불량	사고파급	시공불량	합계
건수	18	15	15	9	4	3	3	1	68
%	27	22	22	13	6	4	4	2	100

2.5 옥외형 단로기 고장분석

옥외형 단로기는 전체개폐설비고장중 26%를 차지하고 있으나, 변전소 옥내화 및 GIS화로 고장이 급격히 감소되고 있으며, 연도별 고장분포를 보면 그림5와 같다.

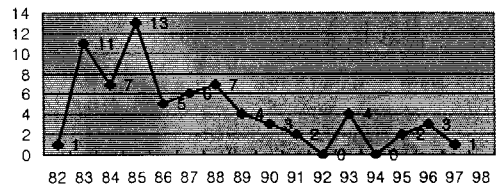


그림 5 옥외형 단로기 연도별 고장발생 건수

고장부위별 분포를 보면 지지애자(81%), 접촉자(9%), 제어회로(6%), 연결Connector(4%)순으로 분포되었고 고장원인별로는 표7과 같다.

표7 옥외형 단로기 고장원인 분석

원인	제작 불량	외물 접촉	작업자 과실	자연 열화	자연 재해	합계
건수	31	20	15	13	12	91
%	34	22	16	14	14	100

2.6 MCSG 고장분석

MCSG형태의 개폐설비는 GIS도입과 함께 1980년대에 처음 22.9kV 개폐설비로 사용하여 1990년초까지 신설변전소에 적용하였으나 고장민발 및 운용상 문제점이 있어 신규 건설분에 대해서는 25.8kV GIS System으로 대체되었다. 연간 고장건수 분포를 보면 그림6과 같다.

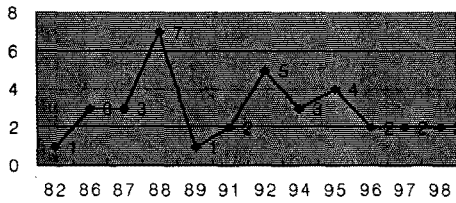


그림 6 MCSG 고장발생 현황

고장부위별 분포를 보면 물드형 기기의 제작품질 불량으로 BCT, PT, 건식 소내변압기등이 고장의 주를 이루고 있다.

표 8 MCSG 고장 발생 원인

원인	제작 불량	작업자 과실	자연 열화	외물 접촉	사고 파급	오동작	합계
건수	23	4	3	2	1	1	34
%	67	12	9	6	3	3	100

2.7 GIS 고장분석

GIS는 1980년도에 처음 설치가 시작되어, 154kV이상 개폐설비 시스템 중 61%를 차지하고 있다. 연도별 고장 발생 건수를 보면 설치대수의 증가에 따라 점차 그 고장이 증대되고 있음을 알 수 있다.

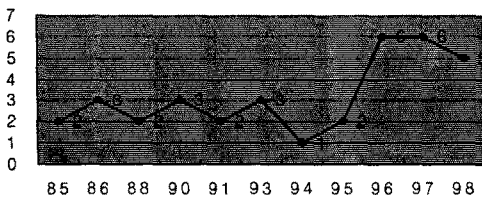


그림 7 GIS 연도별 고장횟수

고장부위별 분포를 보면 총 30건중 DS부분에서 20건의 고장이 발생하였고, 모선 8건, Spacer1건, Earthing Switch 1건등의 순이었고, 사용기간별 고장

발생의 분포를 보면 3년미만의 고장이 14건(50%)를 차지하여 제작 품질 및 시공관리가 GIS고장예방의 중요요소가 됨을 알 수 있다. [그림8]

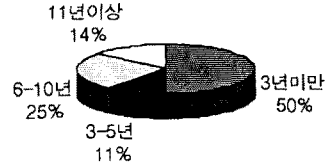


그림 8 사용년수별 고장분포

고장원인별 분포는 표9와 같다.

표 9 GIS 고장원인분포

원인	제작 불량	작업자 과실	시공불량	낙뢰	자연 열화	오동작	합계
건수	17	8	4	2	1	1	33
%	52	24	12	6	3	3	100

3. 결 론

본 논문에서는 국내 송변전계통의 개폐설비 설치 및 고장현황실태를 조사하고 그 결과를 분석하였다.

개폐설비의 고장분포는 Switchgear System 사용종류별로 감소 또는 증가하고 있으며, 특히 GIS 시스템의 경우 설치증가에 따라 고장이 증가되는 추세이다.

개폐설비의 고장은 제작 및 시공불량이 주요 원인으로 나타나 제작기술 및 시공품질 개선이 근원적인 고장예방대책으로 제시 될 수 있고, 충분한 교육훈련을 통해 작업자 과실방지도 예방대책의 일환이 될 수 있다.

또한 사후 고장대책 보다는 고장예방 측면에서 On Line 상태에서 Data를 분석하여 고장을 예측하고, 방지할 수 있는 예방보존시스템 기술을 개발, 전력개폐설비에 적용하는 것이 개폐설비 고장감소 대책으로 제시될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 한국전력공사 송변전처, "송변전고장실적분석 보고서" 1982~1998.