

변전설비의 보수 정비 사례 및 고장실태 조사 분석

이석규 · 박희우 · 김인건 · 이종학 · 이만선
한국전력공사 수원전력관리처 신인천전력소

1. 머리말

최근 전력수요의 급증에 따라 변전설비는 대용량화, 복잡·다양화되어 가고 있으며 고객의 의식수준 향상 및 산업의 고도화에 따라 설비에 대한 신뢰도 확보가 가일층 요구되고 있다.

전력공급의 중추적 역할을 담당하는 변전설비의 안정적인 운전 측면에서 설비별 고장발생 현황 및 보수사례, 계통고장 실태 분석을 통하여 고장감소 방안을 모색하는 것은 변전설비 운용담당자에게 설비의 사전예방 및 사후보수 활동의 중요한 자료로서 전력공급 신뢰도를 향상시킬 수 있는 매우 중요한 사항이다.

따라서 본고에서는 한전 신인천전력소에서 실제 순시 또는 운전중 발생한 고장 및 보수사례, 휴전사례, 실 계통 고장사례 분석을 통한 연구결과를 토대로 변전설비의 제작, 시공, 유지보수, 계통운영 측면에서 중점적으로 착안할 사항 및 개선방안을 제시해 보고자 한다.

2. 신인천전력소 소개 및 변전설비 운전 현황

신인천전력소는 '89년 1급 전력소로 발족하여 현재 급전분소 1개소 외 17개 변전소(유인:9, 무인:8)를 운영

하고 있으며 인근 발전사업소인 인천화력 및 서인천 복합화력발전소의 발전전력을 서울로 공급하여 주고 인천화력, 부천복합, 한화발전소의 발전량을 관할 변전소에서 공급받아 인천광역시와 수도권 일원에 전력을 공급하고 있는 사업장으로서, 주요 임무로는 인천광역시 및 수도권 일원 전력계통의 안정적 운전, 송·변전 통신설비에 대한 신증설 및 운영·정비 등 유지관리, 관내 전력설비의 품질·안전관리·시설방호 등이 있다.

또한 관할지역이 대단위 공업단지 및 아파트 밀집지역으로 동국제강, 대우자동차, 인천제철 등과 중동·연수지구의 신도시 지역에 전력을 공급하고 있는 국내 최대의 1급 전력소로서 안정적인 전력공급을 위해서는 다양한 변전설비의 고장예방 대책 등이 강구되어야 할 사업장이다.

신인천전력소의 변전설비 운전현황은 345kV 신인천 변전소 외 16개 변전소(154kV 변전소: 15, 66kV 변전소:1)의 변압기 Bank수가 총 63Bank(5,097MVA)이며 CB 대수는 총 880대이고 기타 변전설비 운전현황은 표 1과 같다.

3. 변전설비 종류별 보수 실적 분석

1995년부터 1998년까지 신인천전력소에서 변전설비

〈표 1〉 신인천전력소 변전설비 운전현황

(99. 10. 30 현재)

전압 kV	S/S (개소)	M.Tr (뱅크)	CB (대)	DS (조)	배전반 (면)	SC,SR (뱅크)	기타 (대)	계
345	1	3	17	0	23	0	48	92
154	15	56	175	124	208	0	347	925
66	1	4	11	17	8	0	80	121
23	0	0	677	460	346	53	1041	2577
계	17	63	880	601	585	53	1516	3715

주) 기타 : 소내변압기, NGR, 전위변성기, LA, 총전기, 축전지, 방전코일, 직렬리액터

운전중 이상이 발견되어 보수한 실적은 총 630건이며, 그중 주변압기에 대한 보수건수가 148건으로 가장 많은 점유율을 보였고 가스절연개폐기(GIS), 가스차단기(GCB)가 105건, 배전반 87건, 단로기(DS) 83건, 진공 차단기(VCB) 51건 순으로 나타났다. 이 중 변압기, GIS, GCB의 보수건수가 가장 많은 이유는 설비의 대용량화 및 정밀성, 복잡성 등이 요구되는 기기 특성요인과 절연매체로 사용되는 절연유, SF₆ GAS의 절연 및 기밀유지와 관련한 고장 보수사례가 많은 분포를 차지하였기 때문이다(표 2, 그림 1 참조).

가. 주변압기 보수 실적 분석

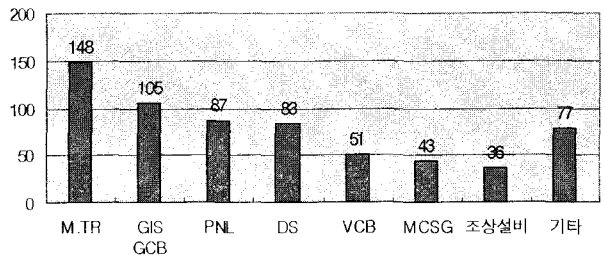
주변압기의 가장 많은 보수 실적으로는 접합부의 볼트 이완 및 Packing류의 열화 등에 의한 기밀유지 불량사항(절연유 누유)이 가장 많은 빈도수를 보였고 이에 따른 누유개소 보수가 41%를 점유하고 있으며 절연유 보존장치인 질소 봉입장치의 N₂ Gas 보충작업도 29%를 점유하고 있어 주변압기 전체 보수건에 대한 누유, 누기 보수작업은 변압기 전체 보수 실적의 70%를 점유하고 있다(표 3 참조).

나. 가스절연개폐기(GIS), 가스차단기(GCB) 보수 실적 분석

GIS 및 GCB 보수 실적은 총 105건으로 이중 기밀유

〈표 2〉 변전설비 종류별 보수 실적 현황

구분	변압기	GIS GCB	PNL	DS	VCB	MCSG	조상 설비	기타	계 (건)
'95	48	24	22	27	10	8	5	28	172
'96	32	33	37	18	8	21	11	21	181
'97	16	18	18	20	16	5	11	10	114
'98	52	30	10	18	17	9	9	18	163
계	148	105	87	83	51	43	36	77	630

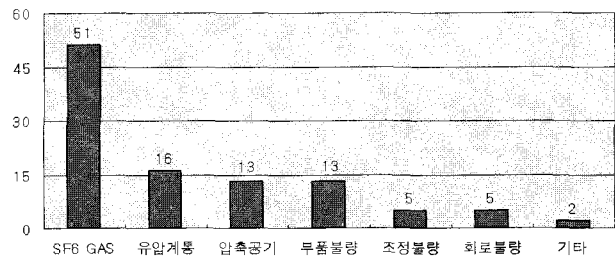


〈그림 1〉 변전설비 종류별 보수 실적 현황

〈표 3〉 주변압기 보수 실적 현황

항목	OT 누유	N ₂ Gas 부족	냉각 Fan	지시 계기	전압 조정 장치	경보 장치	유압 부족	SW 류	기타	계
건수	59	42	12	11	11	2	2	2	7	148
%	41	29	8	7	7	1	1	1	5	100

지 보수가 가장 많은 비중을 점유하고 있으며 유형별 보수 실적을 분석해 보면 SF₆ Gas 부족(51건), 유압계통 누유(16건) 압축공기 계통 누기(13건) 순으로 나타나고 있다(그림 2 참조).



〈그림 2〉 GIS GCB 유형별 보수 실적 현황

다. Control 및 보호배전반 보수 실적 분석

보호배전반 계통에서 가장 많은 보수 항목은 지시계기 및 경보장치의 순이다. 이는 평상시에도 상시 감시되어야 하는 특성과 정밀성을 요구하는 계기류의 특성요인 때문이며 경보장치 또한 관련 보조회로의 복잡성(다연계)에서 기인되는 불량개소 보수건수가 많기 때문이다.

이 외에도 변전소 근무자 및 순시 점검자가 가장 많이 감시하는 설비특성으로 인하여 손쉽게 설비 불량사항을 구분할 수 있는 특징 때문으로 분석된다(표 4 참조).

〈표 4〉 보호배전반 보수 실적 현황

구분	지시 계기	경보 회로	조작 회로	계전기	보호 회로	DC 회로	PT 회로	기타	계
건수	34	16	14	9	7	2	2	3	87
%	39	18	16	10	8	3	3	3	100

라. 단로기(DS) 보수실적 분석

GIS 내장 DS의 보수 사항으로는 SF₆ Gas 보충이 가장 많은 건수를 보였고 옥외 DS의 경우는 전동조작 관련 조작회로 불량 및 조작기구 불량으로 인한 보수 실적이 전체건수의 40% 이상을 점유하고 있으며 단자부의 볼트 이완, 접촉면 불량으로 인한 과열 보수도 13%를 점유하였다(표 5 참조).

〈표 5〉 DS 보수 실적 현황

구분	조작 회로	조작 기구	단 자	가 동 자	고 정 자	지 지 애자	조 작 합	SF ₆ Gas 보충	기타	계
건수	18	14	11	6	6	5	5	17	1	83
%	22	17	13	7	7	6	6	20	2	100

마. 진공차단기(VCB) 보수 실적 분석

VCB의 보수 실적은 조작기구의 Spring 축세장치 고장이 27건(52%)을 점유하고 있는데 이는 전력용콘덴서(SC)의 빈번한 개폐조작에 따른 것으로 분석되고 있어

축세장치의 내구성 향상에 대한 근본적 대책이 필요한 것으로 판단된다.

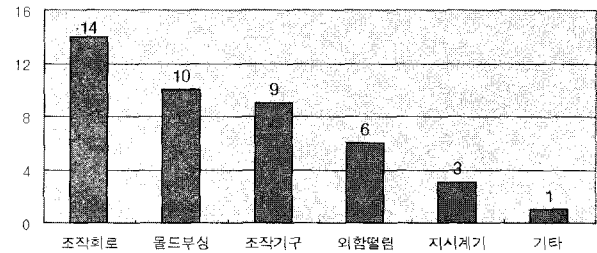
참고로 현재 한전에서는 조상설비(SC)의 개폐장치 선정에 있어 개폐서지에 대한 문제점 때문에 VCB를 사용하지 않고 GCB를 사용하고 있는 추세이다(표 6 참조).

〈표 6〉 VCB 보수 실적 현황

구분	모 터 공회전	모 터 연결축	Pin Bolt 이완	조작 회로	리미트 SW	Trip 기능	기타	계
건수	14	13	8	7	5	3	1	51
%	27	25	16	14	10	6	2	100

바. 금속폐쇄배전반(MCSG) 보수실적 분석

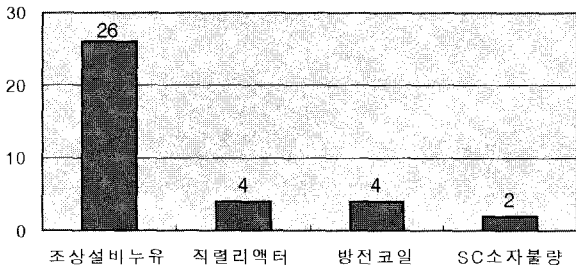
MCSG의 보수사항은 조작 관련 회로(14건) 및 조작기구 결함(8건)이 가장 많지만 몰드부싱의 흡습에 의한 절연내력 저하 및 코로나 발생이 심각한 문제로 대두되고 있으며 전자력에 의한 외함의 떨림 현상도 자주 발생되고 있다(그림 3 참조).



〈그림 3〉 MCSG 보수 실적 현황

사. 조상설비 보수 실적 분석

조상설비(SC, Sh.R)의 보수 실적을 살펴보면 전력용 콘덴서(SC) 누유가 대부분이다. 그중 부상 단자의 구조적 결함에 의한 누유가 전체 횡수의 72%를 점유하고 있으므로 부상 단자 조립시에 기밀유지 관련 품질향상 방안이 이루어져야 하겠다(그림 4 참조).



〈그림 4〉 조상설비 보수 실적 현황

아. 기밀유지 관련 보수 실적 분석

변전설비에 대한 전체 보수 실적 중 각종기기의 Gas 보충 및 누기, 누유개소 보수건이 전체 630건 중 226건으로 36%를 점유하고 있어 이번 보수 실적 분석 대상 중 가장 많은 건수를 차지하고 있다.

이는 온도변화에 따른 기기 내부압력 변화로 Gas류의 자연손실 및 설비의 노후화에 따른 자연열화 현상도 있으나 특히 기밀유지 장치의 불량으로 인한 누유, 누기 현상도 102(16%)건이나 점유하고 있어 기기제작 및 조립 과정에서 기밀유지 관련 품질향상 방안도 함께 강구되어야 하겠다.

특히 운영부서측의 유지보수 과정에서는 이 부분에 대해 중점점검 항목으로 관리하여 유지보수 과정 중 결함요인 제거에 최선을 다해야 하겠다(표 7 참조).

〈표 7〉 기밀유지 관련 보수 현황

구분	SF ₆ Gas 보충	N ₂ Gas 보충	OT 누유 보수	Air 누기	유압 계통 누유	계	전체
건수	66	42	84	18	16	226	630
%	29	19	37	8	7	100	36

자. 휴전작업 실적 분석

신인천전력소의 1995~1998년까지 변전설비별 휴전작업 실적을 살펴보면 전체 휴전작업 건수 중 CB가 542건(31%), DS 252건(14%), M.Tr이 226건(13%),

GIS가 216건(12%)의 순으로 나타나고 있으며 4년간 휴전작업 건수는 총 1,778건, 연평균 445건으로서 변전설비의 유지보수에서 휴전작업이 점유하는 비중이 얼마나 큰지 잘 알 수 있다(표 8 참조).

〈표 8〉 휴전작업 실적 현황

구분	CB	DS	M.Tr	GIS	Rv	변성기	기타	계
건수	542	252	226	216	102	78	362	1,778
%	31	14	13	12	6	4	20	100

휴전작업 횟수가 가장 많은 순서로 대표적 변전설비별 휴전작업을 유형별로 분석해 보면 표 9와 같다.

〈표 9〉 변전설비별 휴전작업 유형 분석

(단위: 건수)

구분	점검	보수	대체	도장	하자	보강	기타
CB	381	34	42	50	4	3	28
DS	97	69	53	2	0	0	31
M.Tr	84	44	11	5	12	4	66
GIS	143	18	48	6	1	0	0
계	705	165	154	63	17	7	125

상기 도표에서 나타난 바와 같이 휴전작업 건수가 많은 변전설비의 휴전유형을 살펴보면 점검관련이 705건(40%), 보수가 165건(9%), 대체가 154건(9%), 도장 63건(4%) 순으로 나타나고 있다. 점검 관련 휴전 작업 건수가 가장 많은 이유는 변전설비의 성능유지 및 확보를 위하여 정기적인 기기점검을 하는 것이 주된 원인이고 GIS 관련 휴전작업 중 대체가 점유하는 비중이 총 216건 중 48건(22%)을 점유하는 것은 변전설비의 환경 및 유지보수 차원에서 GIS 설비로 신·증설하였기 때문이다.

특히 설비보수와 관련된 휴전작업 건수도 전체 건수(1,778) 중 165건(9%)을 점유하고 있는데 이는 기기점검에 따른 계획 휴전작업의 체계적 관리를 통하여 불필요한 휴전작업 건수를 감소시킬 수는 있으나 천재지변, 기타 불가항력적인 사유로 휴전작업 건수가 증가되는 경우가 종종 발생되고 있기 때문이다.

차. 계통고장 분석

신인천전력소 관내에서 최근 4년간 발생되었던 송전선로 고장현황을 분석해 보면 표 10과 같다.

〈표 10〉 송전선로 고장현황 분석

(단위 : 건수)

구분	이물 접촉	선로 불량	기기 불량	파급	원인 불명	수용가	기타	계
'95	5	2	0	2	2	1	0	12
'96	8	2	3	2	1	0	0	16
'97	5	3	2	1	1	0	0	12
'98	2	0	0	0	3	0	3	8
계	20	7	5	5	7	1	3	48
%	42	15	10	10	15	2	6	100

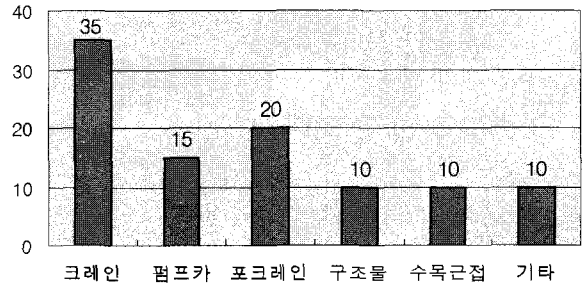
송전선로 고장현상 중 가장 많은 건수는 이물접촉 20건(42%), 선로불량 7건(15%), 기기불량 및 파급 고장이 각 5건(10%)을 차지하였으며 그 중에서도 증장비 및 굴착장비의 혼촉에 의한 인위적인 고장이 전체 이물접촉 고장 20건 중 15건(75%)을 점유하고 있다.

이는 신인천전력소 관내 송전선 경과지가 대부분 도심지를 통과하고 있는 관계로 가공 송전선로의 경우에는 선하지에서의 증장비 혼촉에 의한 고장발생과 지중 송전선로의 경우는 굴착장비 혼촉에 의한 고장발생이 주류를 이루고 있기 때문이다.

참고로 신인천전력소의 지중 송전선로 점유율은 전국 대비 10.5%(전국 1,363C-km, 신인천 143C-km)를 차지하고 있어 상대적으로 고장요인이 높게 상존하고 있는 바 향후 지중 송전선로에 대한 굴착장비 근접에 대한 고장예방 대책 및 가공 송전선로의 증장비 근접에 대한 고장예방 대책 등이 수립되어야 한다(그림 5 참조).

3. 맺음말

이 논문에서는 송변전 계통을 유지 보수하고 있는 1개 사업장의 변전설비 보수 사례 및 고장실태를 조사하고



〈그림 5〉 송전선 고장(이물접촉) 원인별 분석

그 결과를 분석하였으며 본문에서 조사된 유지보수 사항은 근무자 및 순시자에 의해 발견된 사항을 대상으로 조사, 분석하였으며 계획된 보수, 점검 사항은 본고에서 제외하였다.

특히 이번 조사 결과 고장의 특징은 고장발생 추세가 감소하지 않고 유사고장이 해마다 반복되고 있다는 점이며 이러한 고장예방을 위해서는 변전설비의 제작, 조립, 시공과정에서 철저한 관리감독과 관련 종사자의 교육훈련 강화, 시공품질 확보가 근원적인 해결방법이 될 수 있을 것으로 본다.

또한 변전설비 운영자 측면에서는 주요고장 사례를 중점점검 항목(Hold Point)으로 관리하면서 유지보수 과정중의 설비 결함요인을 사전에 적출, 제거하여 유사사례 고장 방지에 만전을 기하여야 할 것이다.

아울러 유지보수 사례의 철저한 자료관리 및 분석을 통하여 기기별, 유형별, 제작사별, 경년별, 부위별 등 세부적인 보수 실적을 추적 관리함으로써 제작 및 시공품질 확보에 중요한 자료로 활용될 수 있도록 각 자료들을 산·학·연 모두가 공유할 수 있는 시스템을 구성하여 종합적이고도 과학적인 접근을 통해 관리해 나감으로써 유사고장 방지에 기여할 수 있을 것이다. ■

[참 고 문 헌]

• 신인천전력소, “고장예방실적분석” 1995~1998