

한전 송변전계통 전력용변압기 현황과 고장분석

김동현, 이옥배, 주병수
 한국전력공사 서울전력관리처, 한국전력공사 중앙교육원, 한국전력공사 제천전력관리처

KEPCO substation power transformer status and fault analysis

Kim dong hyun, Lee ok bae, Ju byung su
 KEPCO SEOUL T/O, KEPCO CEI, KEPCO JECHON T/O

Abstract - This paper present recent the KEPCO's substation power transformer status and power transformer fault analysis by the fault part, the cause of fault, the manufacture etc.

1. 서 론

전력수요의 증가에 따른 계통의 확대와 이에 수반되는 전력용변압기 이용 또한 증가하고 있다.

전력수급은 한전 송변전계통의 전력용변압기를 통하여 이루어지고 있으나, 최근의 전력용변압기 사용 현황이 조사되어 발표된 것이 없었으며, 또한 국내 전력용변압기의 고장에 대한 분석이 제대로 이루어진 적이 없어 국내 전력용변압기의 이용 수준과 제작 수준을 가늠할 수 없었다.

이에 따라 현황 자료를 제공하고, 고장의 종류와 원인 등을 분석하여 전력용변압기의 이용 수준과 제작 수준을 참고하여 일반 수용가들의 전력용변압기 사용에 도움을 주고자 한다.

2. 본 론

2.1 송변전계통 전력용변압기 현황

2.1.1 전압별/제작사별 전력용변압기 현황

전력용변압기는 1970년 중반까지는 외국산 변압기가 다수 있었으나, 1980년이래 국내산 변압기로 설치되었으며, 기술개발과 산업합리화법 적용 등에 따라 일정기간 국내 특정제작사의 독점체제로 특정제작사의 변압기만 사용하였고, 산업합리화법의 폐지에 따라 경쟁체제로 돌입하였으나 과점체제를 유지하고 있다.

[98.12월 기준]

전압	효성	현대	이천	한영	쌍용	국제	대명	신한	외국산	계	점유율 (%)
345 kV	220	80	7						8	315	13.6
154 kV	삼상	509	148	36	28	19			77	740	32
	단상	420	447	135						1,002	43.3
	계	929	595	171	28	19			77	1,742	75.3
66 kV	삼상	3	1	19	33	2	31	11	22	134	5.9
	단상								3	3	
	계	3	1	19	33	2	31	11	22	15	137
기타	8	2		9		5	1	9	7	41	1.8
계	1160	678	197	70	21	36	12	31	107	2,312	100
점유율	50.2	29.3	8.5	3.0	0.9	1.6	0.5	1.3	4.7	100	

2.1.2 외국산 전력용변압기 현황

대부분 사용기간이 20년 이상이며, 사용수명한계의 도래로 상당 부분이 빠른 시일 안에 국내산 변압기로 대체 될 것으로 전망된다.

제작사명	345 kV	154 kV	기타	합계	사용기간
AEG		1		1	38년
AICHI		1	1	2	24년, 36년
DOMINT		1		1	38년
ELIN		12		12	28년(6), 29년(6)
G.E		4		4	27 ~ 30년
G.E.C	8	5		13	21~22년, 5~7년(5)
HITACHI		2		2	28년, 37년
MEIDENSHA		8	3	11	23년 ~ 43년
MITSUBISHI		12	8	20	21 ~ 44년
OSAKA		5	4	9	24년 ~ 33년
PENSIL		1		1	43년
STARK-STROM		13		13	23년 ~ 24년
TOSHIBA		1		1	30년
TRAFO		1		1	23년
W.H		5	3	8	20년 ~ 30년
계	8	72	19	99	

2.1.3 전력용변압기 사용기간별 현황

사용기간	상별		제작국별		계	점유율
	삼상	단상	국내	외국		
40년이상	1	6	0	7	7	0.3
35년-40년미만	4	1	0	5	5	0.2
30년-35년미만	28	0	4	24	28	1.2
25년-30년미만	60	1	32	29	61	2.6
20년-25년미만	129	14	114	29	143	6.2
15년-20년미만	118	38	156	0	156	6.8
10년-15년미만	211	55	266	0	266	11.5
5년-10년미만	318	67	380	5	385	16.7
4년- 5년미만	66	31	97	0	97	4.2
3년-4년미만	36	291	327	0	327	14.1
2년-3년미만	4	381	385	0	385	16.7
1년-2년미만	12	407	419	0	419	18.1
1년미만	0	33	33	0	33	1.4
계	987	1,325	2,213	99	2,312	100

2.1.4 장기 사용 전력용변압기

154kV급 전력용변압기 국산 1호기(한영, 1969 제작, 30/40MVA, Y-Y-△)는 현재 철거하였으며 서군산S/S에 보관중이다.

[99.4월 기준]

구분	제조사	계산년도	사용연수	사용장소	전압	상수	비고
외국산	MIT'S	'54. 8	44년 8개월	진영S/S	154/66	1상×3	
	MEIDEN	'56	44년	송산S/S	66/3.3	1상×3	
국산	국 제	'67. 7	31년10개월	송계S/S	66/23	삼상	#2
	한 영	'67.12	31년 4개월	송계S/S	66/23	삼상	#1
	이 천	'68. 7	30년10개월	모습S/S	66/6.6	삼상	

기타* : 시공불량, 보수불량, 오조작, 이물접촉
기타** : 컨서베이터, 애자, Reactor, 기타
※ ()내 숫자는 부위별 고장원인의 백분율을 표시함

2.1.5 지역별 전력용변압기 수량 및 용량 점유율 [98.12 기준]

구분	서울	남서울	수원	제천	대전	광주	대구	부산	창원	제주	계
345 kV	31	26	47	24	45	23	47	42	30	-	315
154 kV	221	192	275	149	249	144	248	179	131	31	1,819
66 kV 이하	30	2	12	39	11	29	19	3	2	31	178
계	282	220	334	212	305	196	314	224	163	62	2,312
점유율	12	9.9	15	7.5	13	7.8	13.9	11.4	8.1	1.4	100

2.2.3 제작사별 고장부위

	권선	OLTC	Ry	붓심	LA	NLTC	기타	계	점유율
효성	90(59)	19	27	4	0	1	12	153	47.4
현대	1	0	8	1	0	0	2	12	3.7
이천	18(86)	1	2	0	0	0	0	21	6.5
한영	17(50)	9	5	0	0	1	2	34	10.5
쌍용	24	6	0	1	0	0	0	31	9.6
신한	7	0	0	0	0	0	0	7	2.2
국제	3	0	1	1	0	1	0	6	1.9
ELIN	11(79)	0	2	0	0	0	1	14	4.3
G.E.C	1	3	0	0	0	0	2	6	1.9
G.E	3	0	2	0	0	0	0	5	1.5
MEDEN	0	1	1	1	1	0	1	5	1.5
기타	10	2	4	1	3	1	8	29	9.0
계	185	41	52	9	4	4	28	323	100

2.2 전력용변압기 고장분석

2.2.1 연도별 고장건수와 고장추이 분석

년 도	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
고장건수	345 kV				2	2	2	2	1	1
	154 kV	9	10	14	14	13	14	7	13	14
	기타	10	7	6	3	3	2	1	4	8
	계	19	17	20	17	18	18	10	19	15
고장율	0.89	0.73	0.80	0.58	0.55	0.50	0.25	0.43	0.32	0.48
설비용량	21,246	23,310	25,064	29,540	32,913	36,306	39,434	43,891	46,546	51,684

년 도	91	92	93	94	95	96	97	98	99	합계
고장건수	345 kV	7	8	3	1	2		1		32
	154 kV	14	24	32	13	6	6	11	5	237
	기타	2	1	1	3	3				54
	계	23	33	36	17	11	6	11	6	2
고장율	0.41	0.53	0.53	0.23	0.13	0.06	0.10	0.05	-	
설비용량	56,763	61,931	67,670	72,889	85,961	96,160	106,835	112,290	-	

※ 고장율 : 고장건수/IGVA, 설비용량 : [MVA]

2.2.2 고장부위별 고장원인

부위	원인	제작 불량	자연 열화	고장 파급	낙뢰	오동작	작업 과실	기타*	계	점유율
권선	101(55)	43(23)	29	8	0	2	2	2	185	57.3
OLTC	32(78)	6	1	0	0	0	2	4	41	12.7
계전기	11(21)	2	0	0	36(69)	2	1	1	52	16.1
붓심	7(78)	2	0	0	0	0	0	0	9	2.8
피뢰기	1	1	3						4	1.2
NLTC	1	1	1				1	4	4	1.2
기타**	4	1	7		1	7	8	28	8.7	
계	156	56	38	11	37	11	14	323	100	
점유율	18.3	17.3	11.8	3.4	11.5	3.4	4.3	100		

2.2.4 제작사별 고장원인

	제작 불량	자연 열화	고장 파급	낙뢰	오동작	작업 과실	기타	계	점유율
효성	89(66)	13(8.5)	9	4	20(13)	4	4	153	47.4
현대	7(68)	0	0	0	4(33)	0	1	12	3.7
이천	7(33)	5(24)	3(14)	2	1	1	2	21	6.5
한영	11	10	6	1	3	1	2	34	10.5
쌍용	20	3	7	0	0	0	1	31	9.6
신한	1	2	4	0	0	0	0	7	2.2
국제	1	2	1	1	1	0	0	6	1.9
ELIN	2	8	1	0	2	1	0	14	4.3
G.E.C	3	2	0	0	0	0	1	6	1.9
G.E	0	0	3	0	1	1	0	5	1.5
MEDEN	0	2	0	1	1	0	1	5	1.5
기타	5	9	4	2	4	3	2	29	9.0
계	156	56	38	11	37	11	14	323	100

2.2.5 사용기간별 고장원인

사용기간 (년)	제작 불량	자연 열화	기타	계
0	14	0	1	15
1	26	0	10	36
2	16	0	4	20
3	12	0	2	14
4	12	1	7	20
5	10	0	9	19
5년계	90	1	33	124(38.4%)
6~10	39	15	32	86(26.6%)
11~15	20	20	19	59(18.3%)
16~20	5	15	13	33(10.2%)
20년초과	2	5	14	21(6.5%)
합계	156	56	111	323

2.2.6 사용기간별 고장부위

사용기간 (년)	권선	붓상	OLTC	NLTC	LA	기타	계
0	8	0	3	0	0	4	15
1	17	2	5	0	1	11	36
2	14	1	1	0	0	4	20
3	8	0	2	1	0	3	14
4	8	1	3	0	0	8	20
5	13	1	0	0	0	5	19
5년 계	68	5	14	1	1	35	124
6-10	55	2	13	1	2	13	86
11-15	37	0	8	1	1	12	59
16-20	19	1	4	1	0	8	33
20초과	6	1	2	0	0	12	21
합계	185	9	41	4	4	80	323

3. 결 론

고장부위별 점유는 권선(57.3%), OLTC(12.7%), 계전기(16.1%), 붓상(2.8%)의 순서이다.

가장 많은 고장부위인 권선에서 권선별 고장은 2차(81건), 1차(80건), 3차(19건), 혼축(3건), 기타(2건)이다. 권선 고장의 원인으로서는 제작불량(55%)과 자연열화(23%)에 의한 비율이 높음을 알 수 있다.

고장부위별 고장원인은 제작불량(48.3%), 자연열화(17.3%), 고장파급(11.8%), 보호기기 오동작(11.5%)의 순서임을 알 수 있다.

사용기간별 분석에서는 초기 5년간의 고장율이 38.4%로 가장 높고 장시간 사용할수록 고장율이 낮아지는 것을 알 수 있다. 또한, 고장부위별 분석에서도 장시간 사용할수록 고장율이 떨어진다.

고장율이 전형적인 고장곡선(Bathtub)의 형태가 아닌 것을 알 수 있으므로 시간기준정비(TBM) 보다는 상태기준정비(CBM)가 적합하며 CBM을 적용하는 경우 권선과 OLTC에 우선 적용할 필요가 있음을 알 수 있다.

전력용변압기 전체용량은 5.3배(21,246 →112,290) 증가하였음에도 불구하고 고장율은 약 1/18(5.6%)로 감소하였다. 이는 전력용변압기의 단위용량 증가를 감안해도 고장율은 현저하게 감소한 것이라 할 수 있으며, 특히 '92, '93년을 정점으로 '94년 이후 전력용변압기의 고장은 현저하게 감소하는 추세이다. 이는 사용자와 제작자의 지속적인 공장품질관리, 부품품질관리, 운반설치품질관리, 점검품질관리로 기기 제작과 운영 전반의 품질을 향상한 것과 NGR(중성점접지리액터)과 같은 보조기기를 23kV를 공급하는 전력용변압기의 중성점에 연결하여 큰 지락고장전류의 유입에 따른 권선고장 가능성을 감소시키는 등 일련의 꾸준한 운영방법의 과학화에 기인한 것이라 할 수 있다.

(참 고 문 헌)

[1] 한국전력공사 송변전처, "고장원인 분석 및 대책", 1982~2000