

배전변압기의 고장원인 분석과 발전방안



산업자원부 과장 이우공

고도의 산업화와 급속한 경제성장으로 전력수요가 매년 최고치를 갱신하고 있다. 이로 인해 전력을 공급하는 변압기의 용량이 한계를 초과하게 되어 고장, 소손이 자주 발생한다. 전력설비중 변압기사고로 인하여 가중되는 경제적 손실을 무시할 수 없다.

본지에서는 변압기의 설치현황과 소손원인을 알아보고, 품질제고 및 각종 보호장치의 현실화 등에 대한 대처방안을 기술하고자 한다.

1. 개요

우리나라는 경제의 급속한 성장과 국민생활의 질적 향상속도가 매우 빨라 전력의 수요가 급격히 늘어나고 있다. 특히 가정용 전기기기, 전자의료기기, 그리고 각종 이미용기기 등의 사용이 크게 확대되고 있다.

최근에 와서는 게임기와 PC 등 정보통신기기의 보급확대에 따라 가정의 전기전자기기가 급속히 증가되고 있다.

이렇게 전력수요가 급증하다보니 전력을 공급하는 변압기의 용량이 한계를 초과하게 되어 고장이 나거나 타버리는 경우가 자주 발생하게 된다.

물론 변압기의 소손이나 고장이 한전측의 잘못으로만 발생하는 것은 아니다. 제작회사에서 불량 제품을 만든다든지, 시공과정에서 변압기에 충격을 주어서 고장을 유발하는 경우도 많이 있는 것이다. 그러나 시공과정에서의 변압기 충격 등은 잘 확인되지 않고 있으며, 제작과정에서의 불량도 비교적 많이 나타나고 있으나 제작불량에 대한 확인방법과 판단기준이 매우 애매하여 신중한 검토가 이루어져야 할 것이다.

배전변압기에는 주상용 변압기와 지상용 변압기 두 종류가 있으나 여기에서는 설치대수와 고장이나 소손도 많은 주상변압기를 대상으로 설치현황과 소손원인을 알아보고 변압기 소손으로 인한 손실 및 정전예방과 변압기의 품질제고 및 공사중의 안전취급 그리고 변압기의 각종 보호장치의 현실화 등에 대한 대처방안을 강구해 보고자 한다.

2. 변압기의 설치현황 분석

우리나라의 주상변압기 설치현황은 '94년 837,336대, '96년에는 979,881대로 2년 사이에 142,545대가 늘어났고 '97년에는 1,046,166대로 '96년보다 약 66,285대가 늘었다(표 1).

변압기 대수의 증가는 수용가의 증가와 전력사용량 증가의 복합적인 요소로 나타나고 있으며, 대수의 증가도 의미가 있겠지만 전체적인 용량이 얼마나 증가하였는가가 더 중요한 의미를 갖게 된다.

<표 1> 경과년수별 변압기 설치현황

(단위 : 대)

경과년수	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년	10년이상	계
'94	177,786	86,705	118,518	92,995	83,346	63,813	50,180	49,454	33,712	28,393	52,434	837,336
'96	60,393	53,672	5,786	128,858	47,088	147,770	146,383	138,514	98,329	46,308	97,850	979,881
'97	96,001	56,253	6,137	135,007	49,094	154,440	152,395	144,212	102,278	48,071	102,278	1,046,166

자료 : 한국전력공사('95. 9. '97. 12. '98. 4)

<표 2> 지역별 변압기 설치현황

(단위 : 대)

서울	경기	인천	강원	충북	충남	전북	전남
134,036	101,067	67,144	24,540	43,040	90,790	60,483	109,871
경북	경남	부산	제주	강릉	안동	의정부	계
115,276	75,640	90,935	20,552	22,083	32,329	58,280	1,046,166

자료 : 한국전력공사('98. 4)

<표 3> 용량별 변압기 설치현황

(단위 : 대)

연도 \ 용량	5kVA	10kVA	15kVA	20kVA	30kVA	50kVA	75kVA	100kVA	계
'94	12,763	191,430	42,580	167,519	140,005	146,581	116,550	19,688	837,336
'96	13,762	220,371	38,177	202,559	167,711	177,054	134,719	25,527	979,880
'97	6,258	220,667	35,526	219,915	181,647	197,875	153,426	30,852	1,046,166

자료 : 한국전력공사('95. 9. '97. 12. '98. 4)

물론 정전예방이라는 차원에서 보면 같은 용량 규모에서 변압기 대수가 많으면 그만큼 소손으로 인한 피해는 감소하겠지만 반대로 고장을 일으킬 확률이 높아 안전도는 낮아질 것이다.

우리나라에 설치된 주상변압기의 경과년수별 설치현황을 보면 '96년을 기준으로, 설치한지 1년 이하가 60,393대, 1년에서 5년 이하가 304,797대, 5년에서 10년 이하가 577,234대 10년 이상이 97,850대로 나타나고 있다.

우리나라의 '97년말 현재 지역별 변압기 설치현황을 살펴보면 변압기가 가장 많이 설치되어 있는 지역은 서울지역으로 총설치대수중 12.8%인 134,036대가 설치되어 있고, 다음이 경북 11%, 전남 10.5%, 경기 9.7%의 설치현황을 보이고 있다 (표 2).

우리나라에 설치되어있는 주상변압기는 8종류가 있으나 주로 10, 20, 30, 50, 75kVA의 5종이 주류를 이루고 있으며, 그중에서도 10, 20kVA의 두종류가 가장 많이 설치되어 있다.

따라서 변압기의 종류를 보다 단순화하여 한전

의 변압기 관리업무와 제작회사의 원가절감과 공정개선을 감안하고 향후 변압기의 규격화 및 표준화의 추진을 위하여 5, 15, 100kVA의 변압기는 구 매 및 추가설치를 제한하는 것이 바람직할 것이다 (표 3).

3. 변압기의 소손현황 분석

우리나라의 주상변압기 소손량은 '95년을 고비로 서서히 증가하고 있는 추세이고, 일본에 비해 많은량이 소손되고 있다. 일본의 동경전력과 관서전력 등은 연간 2~7대의 소손을 보이고 있는데, 이를 한전과 비교할 때 엄청난 차이가 발생하고 있어 문제에 대한 심각성을 일깨워 주고 있다.

소손원인을 구체적으로 분석하여 보면 변압기 용량별 소손율은 '94~'97까지의 합계에서 10kVA 이하가 전체의 28.1%, 30kVA가 16.5%, 50kVA가 14.4%, 15kVA가 6%, 그리고 100kVA 이상이 3.7%로 나타났다. 15kVA와 100kVA 변압기의 소손이 가장 적은 것은 설치대수가 상대적으로 적기 때문

<표 4> 변압기 용량별 연도별 소손율 비교

(단위 : 대)

연도	용량[kVA]	용량							계
		10 이하	15	20	30	50	75	100 이상	
'94	소손대수	920	217	604	491	474	417	124	3,247
	설치대수	204,193	42,580	167,519	140,005	146,581	116,550	19,688	837,336
	소손율[%]	0.45	0.51	0.36	0.35	0.32	0.36	0.63	0.39
'95	소손대수	538	115	392	387	291	246	66	2,035
	설치대수	212,438	40,256	183,532	152,483	158,274	123,316	22,175	892,474
	소손율[%]	0.25	0.29	0.21	0.25	0.18	0.20	0.30	0.23
'96	소손대수	375	71	255	181	168	149	39	1,238
	설치대수	234,133	38,177	202,559	167,711	177,054	134,719	25,527	979,880
	소손율[%]	0.16	0.19	0.11	0.11	0.09	0.11	0.15	0.13
'97	소손대수	361	64	250	228	193	145	60	1,301
	설치대수	226,925	35,526	219,915	181,647	179,875	153,426	30,852	1,046,166
	소손율[%]	0.16	0.18	0.11	0.13	0.11	0.09	0.19	0.12

자료 : 한국전력공사('95. 9. '97. 12. '98. 4)

<표 5> 원인별 소손현황

(단위 : 대)

연도	원인	뇌격	과부하	자연열화	제작불량	일반과실	풍우	보수불량	시공불량	원인불명	기타	계
'94		1,036	1,139	536	147	107	31	30	20	42	159	3,247
'95		493	133	98	23	5	25	-	3	11	47	1,042
'96		677	160	180	33	21	91	3	3	7	63	1,238
'97		377	113	104	13	4	26	2	2	7	71	791
계		2,583	1,545	918	216	353	173	35	28	67	340	6,318

주) '95년은 1~8월까지, '97년은 1~9월까지의 자료 [한국전력공사('95. 9. '97. 12)]

으로 분석된다.

10kVA와 15kVA의 변압기는 대체적으로 인구가 밀집한 지역에 설치되어 있고, 100kVA의 변압기는 비교적 인구가 적고 신규 개발지역에 많이 설치되어 있다는 점에 비추어 볼 때 인구밀집 지역은 주로 가정마다 문화생활의 향상에 따라 조금씩 늘어나는 전력수요에 미처 대비하지 못하여 용량이 수요를 감당하지 못해 소손이 많이 일어나는 것이고, 신규 개발지역은 입주자들의 갑작스런 증가로 전력수요가 예상보다 빨리 증가하여 이에 대처하지 못하여 소손이 일어나는 것으로 분석되고 있다(표 4).

변압기의 원인별 소손현황을 살펴보면 '94~'97까지의 합계에서 뇌격에 의한 소손(40.9%)이 가장 많았으며, 다음으로 과부하(24.5%), 자연열화(14.5%), 일반인의 과실(5.6%) 등의 순으로 나타났다(표 5).

4. 변압기의 보호장치현황 분석

변압기의 보호장치는 여러가지 방법으로 구성되어 있는데, 전력계통에 사고가 발생하였을 경우 다른 전력계통으로 사고의 파급을 막음과 동시에 변압기도 보호하는 COS와 낙뢰로부터 변압기의 소손예방을 위한 피뢰기, 변압기 2차측의 부하계통에 이상이 발생하거나 과부하가 발생할 경우에 대비한 전선퓨즈, 컷처홀더, 고리퓨즈 등이 있으며, 최근에는 변압기에 과부하가 걸리거나 과전류가 흐를 경우 변압기내에 설치된 차단기가 동작하여 변압기를 보호하는 자기진단형 변압기 등이 있다.

COS 퓨즈링크의 용융특성은 정격전류가 1~3A까지는 10초에 최대로 10A의 전류가 흘러야 용융되고, 6~10A까지는 정격전류의 최소 2.25배, 최대 3.4배가 흘러야 용융되고, 12~25A까지는 최대 3.6

<표 6> COS 퓨즈링크 용융특성

(단위 : A)

정격전류		1	2	3	6	8	12	15	20	30	50
300초용융전류	최대	2.4	4.8	7.2	14.4	18	30	37.2	47	76	121
	최소	2	4	6	12	15	25	31	39	63	101
10초용융전류	최대	10	10	10	20.5	27	44	55	71	115	188
	최소	-	-	-	13.5	18	29.5	37	48	77.5	126

자료 : 한국전력공사 규격

<표 7> 변압기의 정격전류와 퓨즈링크용량 비교

변압기 용량 [kVA]	5	10	20	30	50	75	100
COS의 퓨즈 링크용량[A]		1	2	3	6	8	12
변압기 1차측 정격전류[A]	0.4	0.8	1.6	2.4	4	6	7.9

자료 : 한국전력공사 규격

<표 8> 변압기 2차측 보호장치 용량

변압기 용량 [kVA]	5	7.5	10	15
켓치홀더용량[A]	50	50	75	100
고리퓨즈용량[A]	40	50	75	100

자료 : 한국전력공사 규격

배가 흘러야 용융이 되며, 정격전류가 30A 이상에서는 최대 3.6배 이상에서 용융이 되도록 되어있다 (표 6).

변압기의 용량이 크면 클수록 퓨즈용량이 더커지며 변압기의 용량보다 퓨즈의 용량이 크기는 더 크기 때문에 용량 50kVA 이상의 용융전류는 변압기의 정격전류에 2.5~6배가 된다. 따라서 퓨즈링크의 퓨즈가 용융되기 전에 변압기가 소손되어 퓨즈링크로서는 변압기를 보호할 수 없게 된다(표 7).

변압기의 2차측의 보호장치로서 켓치홀더, 고리퓨즈 그리고 전선퓨즈가 있다. 이 보호장치는 수용기측의 전력 과다사용을 방지하기 위한 목적이 아니라 기기고장, 단락사고 등이 발생하였을 때 기기를 보호하기 위한 장치이다.

켓치홀더와 고리퓨즈의 용량은 5kVA의 경우 40~50A로서 정격전류는 0.4A이므로 전체 용량으로 환산해보면 1.2배나 높으며, 10kVA의 경우는 각각 75A, 0.8A이므로 변압기용량이 1.1배정도 크고, 15kVA일 때는 각각 75A, 1.2A이므로 변압기용량은 1.23배정도 크다(표 8).

일반수용가의 계약전력은 3kW이나 과전류차단

기의 용량은 6kVA이므로 켓치홀더와 고리퓨즈 및 전선퓨즈의 용량과는 상당한 차이가 있다. 또 220V 2.6mm의 인입선 전선퓨즈의 용량은 38A로 일반수용가의 차단기용량보다 훨씬 높다.

5. 기타 소손유발 원인

변압기의 제작불량으로 인한 소손은 전체소손의 3.4%에 불과하지만 일본에 비하면 높은 수치를 점유하고 있는데 여기에는 두 가지의 문제가 있는 것으로 분석된다.

변압기의 발주에서 납품에 이르는 기간이 짧아 변압기를 완전하게 만들 수 있는 기간이 부족하고, 제작업체의 기술능력과 장비의 부족을 들 수 있다.

변압기의 시공은 어려운 공사중의 하나로서 중량물인 변압기에 충격이 가해지는 등 소홀히 취급하는 경우 열화, 소손 및 고장의 원인이 되어 수명을 단축시키게 되므로 공사중에는 반드시 감독자를 입회시켜 변압기의 보호와 안전확보를 강구해야 한다.

6. 발전방안

산업자원부가 '94년 변압기 소손방지에 대한 대책을 수립하여 소손이 현저하게 줄고는 있으나 아직도 소손되는 변압기가 연간 1천여대를 상회하고 있어 이에 대한 보완대책이 계속 추진되어야 한다.

그 대책으로는 변압기의 1차측에 보호장치를 강화하는 방안, 변압기의 제작 및 수리에 참여하는 업체의 능력과 품질관리에 관한 기준을 마련하여 시행하는 방안, 변압기 발주방식의 변경, 변압기의 부하관리방안, 변압기 자체에 안전장치를 부착하는 방안 그리고 시공관리철저 등이 있을 것이다.

변압기의 1차측에 보호장치를 강화하는 방안으로는 첫째, COS는 퓨즈링크용량을 변압기 1차측의 안전전류 용량과 대등하게 조절하여 변압기를 보호하는 것이다. 이는 전력계통과 변압기와의 상관관계를 잘 고려하여 결정해야 하는데 COS를 계통보호 목적으로만 전적으로 사용할 것인지 계통과 변압기보호의 이중목적으로 사용할 것인지를 먼저 결정한 후에 퓨즈링크의 용량을 결정해야 한다.

둘째, 성능이 우수한 피뢰기를 개발하여 오동작에 의한 단락, 정전 등의 피해를 줄여야 한다. 과감한 기술도입과 전문생산업체를 지정하여 집중적으로 육성하고 우수한 제품을 생산해서 변압기마다 부착하는 방안이다.

셋째, COS는 계통보호 목적에만 사용하고 과전류차단기 등 새로운 안전장치를 설치하는 방안이 검토되어야 할 것이다.

변압기 2차측의 보호장치인 진선퓨즈, 고리퓨즈, 캐치홀더 등은 수용가의 기기고장, 합선 등에 의한 과전류를 예방하기 위하여 설치하는 것으로 용량이 너무 크다고 판단된다. 따라서 합계용량을 감안하여 적절한 퓨즈용량을 선택해야 한다.

또한, 변압기의 1.2차측에 변압기용량에 맞는 보호장치를 설치하여 소손을 예방하여야 할 것이다.

최근에 개발된 과부하 보호장치(과부하시 경보음 또는 적색등 표시)나 중앙 부하관리시스템을 설치하여 운영할 경우 이는 각 변압기마다 부하가 얼마나 걸리고 있는가 또는 과부하가 걸리면 확인하여 교체하면 되는 것으로 가장 좋은 방법중의 하나이다. 그러나 이 두 방법은 현실성 결여, 시스

템의 복잡성, 과부하시의 감지성 등 아직도 많은 연구와 시간이 필요하다.

변압기의 질적향상을 위하여 제작업체의 기술능력 향상과 충분한 납기부여, 자격제한 등의 방안도 강구되어야 할 것이다.

변압기는 작은 충격에도 손상될 수 있으며, 그 결과 수명단축과 고장 및 소손의 원인이 된다. 그러므로 공사업체에 대한 시공안전교육과 함께 관계자의 현장감독이 선행되어야 할 것이다.

위에서 지적한 몇가지가 보완되면 변압기의 소손이 크게 줄어들 것이며, 소손으로 인한 정전도 줄어들게 되어 한전이나 수용가가 많은 경제적 이익을 얻게 될 것이므로 구체적인 보완대책을 수립하여 시행해야 할 것이다.

아!아!아!

컴퓨터 엔지니어

기계공학도와 전기공학도, 그리고 컴퓨터 엔지니어가 함께 차를 타고 가고 있었다. 갑자기 차가 멈춰서서 움직이지 않았다. 기계공학도가 말했다.

“아무래도 엔진이 고장 난 것 같은데?”

전기공학도가 말했다.

“누전이 있어서 전기배선이 끊어진게 아닐까?”

그리고는 둘이 컴퓨터 엔지니어를 쳐다보며 말했다.

“자넨 어떻게 생각하나?”

그러자 엔지니어가 말했다.

“없다 봐봐”

<http://www.iin.co.kr>