

폐 유입 변압기 안전처리 방안에 관한 연구

이건호, 배석영, 김선구, 김종민
한국전기안전공사 전기안전연구원

A study on the safe disposal scheme for scrapped oil-transformers.

Geon-Ho Yi, Seok-Myung Bae, Sun-Gu Kim, Chong-Min Kim
Electrical Safety Research Institute, KESCO

Abstract - 스톡홀름협약(04. 5.17 발효)은 PCBs를 다이옥신과 함께 대표적인 관리대상물질로 정하여 지구적 차원의 근절 노력을 본격화하고 있으며, 우리나라도 최근 조사결과 국내 변압기 중 상당수가 PCBs에 오염된 것으로 밝혀져 PCBs에 대한 안전관리대책 마련이 시급한 실정이며 이에 따라, 2007년까지 PCBs 함유 전력장비에 대한 국가목록작성 및 우선 관리대상 설정을 위하여 유입식 변압기에 대한 전국사용현황 파악이 필요한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 전국 유입변압기에 대한 PCBs 오염 측정·분석 조사 수행을 위해 전기설비 수용가내 유입변압기 현황을 바탕으로 우선 관리대상을 선정하고 처리 대상 유입변압기에 대한 안전처리 방안을 제시하고자 한다.

1. 서 론

PCBs는 염소계 유기화합물의 일종으로 전기절연성이 뛰어나고, 열, 산 및 알칼리 등에 대하여 화학적 안정성이 뛰어나기 뿐만 아니라 신전성(伸展性), 접착성 등이 우수한 화합물로서 변압기의 절연유 등으로 광범위하게 사용되어 왔다. PCBs를 함유하는 제품을 사용하거나 배출이 가능할 것으로 예상되는 전기기기는 업무용 빌딩, 산업체 등 사회 전반에 걸쳐 사용되어 지고 있으며, 그 종류로는 특고압 유입변압기, 특고압 유입변성기, 유입 차단기, 유입 콘덴서, 유입 리액터, OF케이블, 유입 기동장치, 안정기 등이 있다.

PCBs는 1929년 미국 Monsanto사가 최초로 상업적으로 생산한 이후 독일, 영국, 일본 등에서 생산되어 세계적으로 광범위하게 사용되었다. 그러나 강한 독성과 생체내 잔류성 등으로 '70년대 후반부터 국제적으로 규제되고 있다.

국내에서도 1979년부터 PCBs 수입과 사용이 금지되어 있으나 과거에 사용되었던 기기나 제품에서 나온 물질이 재활용되는 과정에서 지금까지 일부 유통되고 있는 것으로 알려지고 있다. 하지만 정확한 유통 경로나 현황 등은 파악되지 않고 있는 실정이다.

최근에는 스톡홀름협약(04. 5. 17 발효)을 통해서 PCBs를 다이옥신과 함께 대표적인 관리대상물질로 정하여 지구적 차원의 근절 노력을 본격화하고 있으며, 우리나라도 최근 조사결과 국내 전력기기 중 상당수가 PCBs에 오염된 것으로 밝혀져 PCBs에 대한 안전관리대책 마련이 시급한 실정인 것으로 나타났다.

이에 따라, 2007년까지 PCBs 함유 전력장비에 대한 국가목록작성 및 우선 관리대상 설정을 위하여 유입식 변압기에 대한 전국사용현황 파악이 필요한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 전국 유입변압기에 대한 PCBs 오염 측정·분석 조사 수행을 위한 전기설비 수용가내 유입변압기에 대한 사용실태조사 결과를 바탕으로 우선 관리대상을 선정하고 처리 대상 유입변압기에 대한 안전 처리 방안에 대하여 논하고자 한다.

2. 전국 수용가 유입변압기 보유현황 실태조사

2.1 실태조사 개요

환경부는 PCBs 함유 유입변압기의 국가목록작성을 위한 실태조사를 크게 공공부분과 민간부분 2가지로 나누어 진행하고 있다. 공공부분은 각 주 관부처별의 협조 즉, 군부대는 국방부, 전력시설은 한국전력 및 6개 발전회사 그리고 지방자치단체 등의 관공서는 각 시도 지방자치단체 등의 협조를 받아 변압기 사용실태조사 및 국가목록 작성을 진행하고 있다.

따라서 본 조사에서는 이들 공공부분을 제외한 산업체, 빌딩, 아파트 및 상가 등 전국의 민간부분 전기설비 수용가의 대상파악을 위해서 한국전기안전공사 본사 전산시스템에 등록된 전국 65개 지역사업소관할하의 10만여개 전기설비 수용가 현황자료를 토대로 조사대상을 선정하였다.

조사기간은 2005. 9 ~ 2006. 1까지 6개월간 실시하였으며, 상주 전기안전관리자가 없는 1,000kW 미만의 수용가에 대해서는 한국전기안전공사의 전국 65개 사업소를 통하여 총 85,459개 수용가의 유입변압기 사용실태조사를 실시하였고, 전기안전관리자가 상주하고 있는 1,000kW 이상의 수용가에 대해서는 자체 전기설비를 가장 정확하게 파악할 수 있는 전기안전관리자를 대상으로 하여 총 16,554개 수용가에 대하여 우편 설문조사를 실시하였다. 이중 설문조사에 응답한 수용가는 4,617개소(회신율 : 27.9%)였으며 응답 호

수 중 유입변압기를 보유하고 있는 수용가는 3,393개소인 것으로 파악되었다.

2.2 실태조사 결과 및 분석

2.2.1 제조년도별 유입변압기 현황

표 1은 조사대상 중 제조년도별 유입변압기 총 대수를 조사한 결과이다. 표에서 보는 바와 같이 1,000kW 미만 수용가에 있어서 유입변압기 총 대수는 135,466대이며 수용가 1호당 평균 유입변압기 보유대수는 약 1.6대 꼴인 것으로 조사되었다. 또한 1,000kW 이상 회신 수용가 3,393호에 있어서 유입변압기 총 대수는 20,882대이며, 이는 수용가 1호당 평균 유입변압기 보유대수가 약 6.15대인 것으로 분석되었다.

〈표 1〉 제조년도별 유입변압기 현황

변압기 구분	제조 년도							미확인	계
	~1979	1980~ 1984	1985~ 1989	1990~ 1994	1995~ 1999	2000~			
1000kW 미만 수용가	1,720	1,877	8,426	32,352	31,607	51,293	8,191	135,466	
1000kW 이상 수용가	1,057	1,186	2,836	4,939	5,029	4,877	958	20,882	

2.2.2 절연유 교체주기별 유입변압기 대수 및 절연유량

이번 조사에서는 향후 배출될 변압기의 절연유량을 예측하기 위하여 변압기 절연유량과 교체주기를 조사하였으며, 조사결과 1,000kW 미만 수용가가 보유하고 있는 총 전기절연유량은 약 37,398[kℓ]이며, 이는 수용가 1호당 약 438[ℓ]를 보유하고 있는 것이며, 유입변압기 1대당 약 276[ℓ]의 절연유를 함유하고 있는 것으로 파악되었다. 또한 1,000kW 이상 수용가가 보유하고 있는 총 전기절연유량은 약 33,305[kℓ]이며, 이는 수용가 1호당 약 9,816[ℓ]를 보유하고 있는 것이며, 유입변압기 1대당은 약 1,595[ℓ]를 갖고 있는 것으로 조사되었다. 1,000kW 이상 수용가가 보유하고 있는 총 전기절연유량은 회신율(27.9%) 감안하면 119,373[kℓ]인 것으로 추산할 수 있다.

표 2는 절연유 교체주기별 유입변압기 대수 및 절연유량을 조사한 결과이다.

〈표 2〉 절연유 교체주기별 유입변압기 대수 및 절연유량

절연유 교체주기	구분	1000kW 미만 수용가		1000kW 이상 수용가	
		절연유 교체 변압기 대수	교체 절연유량[ℓ]	절연유 교체 변압기 대수	교체 절연유량[ℓ]
1년		299	98,618	210	179,994
2년		251	80,198	1,280	1,016,319
3년		23,190	6,721,019	3,492	3,107,214
4년		9,103	2,547,778	1,021	1,119,185
5년		51,147	14,157,273	8,594	17,249,912
6년		18,805	5,513,613	1,744	1,707,129
7년		7,451	2,320,123	1,418	1,944,602
8년		6,501	1,988,294	250	379,578
9년		3,955	1,197,315	78	54,049
10년 이상		14,764	2,773,827	2,795	6,547,459
계		135,466	37,398,058	20,882	33,305,441

조사 결과를 근거로 매년 절연유를 교체해야할 변압기 평균대수를 계산하여 보면 1,000kW 미만 수용가의 경우 매년 교체하는 평균 변압기 대수는 약 1,916대, 평균 절연유량은 약 7,757[kℓ]이며, 1,000kW 이상 수용가의 경우에는 약 4,801대, 6,724[kℓ]인 것으로 분석된다. 여기서 1,000kW 이상 수용가는 희석율(27.9%)을 감안하면 약 17,208대, 24,101[kℓ]인 것으로 추산할 수 있다.

3. 유입변압기에 대한 현장 측정 분석조사 방법

3.1 우선조사 대상 유입변압기의 선정

우선조사 대상 유입변압기의 선정은 절연유 누출에 의한 환경오염 피해가 커질 수 있는 민감지역(도심지역, 공단지역, 강 및 바닷가 주변)을 선정하여 유입변압기의 PCBs 오염 현장측정을 우선적으로 실시하여 이에 대한 대책을 수립하는 것이 바람직하다.

또한 우리나라에서는 전기설비 기술기준령에 의해 1979년 처음으로 전기기기의 PCBs 사용을 금지하였으며, 1980년 이후부터 유해 화학물질 관리법에 의해 PCBs 물질의 사용을 금지하였다. 1997년부터 유해 화학물질 관리법을 개정하였고 1998년도 PCBs 물질 및 50ppm 이상 함유한 혼합물질의 수입·제조·사용을 금지하였다. 따라서 1999년도 이전의 유입변압기에 대하여 우선 조사 대상으로 선정하는 것이 바람직하다.

그러나 1999년도 이전의 유입변압기를 우선 선정하여 PCBs 오염 현장 측정할 경우에는 수용가의 수전용 및 구내 배전용 유입변압기에는 제작년도가 혼합하여 설치되어 있어 1999년도 이전의 유입변압기만을 선정하여 PCBs 오염 현장 측정하는 경우에는 대상 수용가 전체를 방문하여야 한다. 이에 따라 경제적 부담과 측정시간이 많이 소요될 것으로 판단된다.

수전용 유입변압기를 보유하고 있는 수용가는 3년에 1회씩 전기설비에 대하여 정기검사를 받게 되어 있으며, 정기검사는 정전을 수반하며 유입변압기의 전기절연유에 대하여 절연내력 및 산기도 시험을 실시하고 있다.

따라서 수용가 전기설비의 정기검사 주기에 맞추어 민감지역(도심지역, 공단지역, 강 및 바닷가 주변)의 노후된 유입변압기(1999년 이전 제품)를 선정하여 PCBs 오염 현장 측정을 하는 경우에는 별도 전문 인력과 정전을 시킬 필요가 없으므로 경제적 부담이 적어지며, 측정시간이 대폭적으로 감소될 것으로 판단된다.

다만, 해당 수용가 전체에 대하여 PCBs 오염 현장 측정을 할 경우에는 3년이라는 시간이 소요되는 단점이 있고 또한, 구내 배전설비의 유입변압기에 대해서는 수용가의 협조가 필요하다.

3.2 유입변압기의 PCBs 오염 현장 측정 방법

3.2.1 측정 대상 유입변압기의 절연유 채취 방법

수용가 전기설비 중 유입변압기는 수전실 및 구내변전실의 지상, 옥상, 지하 및 주상에 설치되어 있다. 또한 유입변압기에서 절연유를 채취 방법으로는 유입변압기 하단에 밸브가 설치된 경우에는 정전을 하지 않고 채취가 가능하지만, 밸브가 없는 유입변압기는 상단 뚜껑을 열어서 절연유를 채취하여야 하므로 필히 정전을 수반하여야 한다.

그리고 지상, 옥상, 지하에 설치된 유입변압기는 절연유 채취가 용이하지만 주상(H 변대)에 설치되어 있는 유입변압기는 받침대 위에 올라가서 절연유를 채취하여야 하므로 추락의 위험이 있는 상태이다.

또한 유입변압기는 특고압, 고압이 항상 인가되고 있는 상태이므로 절연유를 채취하기 위하여 근접하는 경우에는 전기안전사고에 대하여 항상 대비하여야 한다.

따라서 유입변압기의 절연유 채취 방법은 전기관련 전문가를 선정하고, 대상 수용가의 정전이 가능한 일자를 협의 한 후에 직접 방문하여 안전조치를 한 다음에 절연유를 채취하여야 한다.

3.2.2 유입변압기 절연유의 PCBs 현장 측정 방법

전국의 우선 대상 유입변압기에 대한 정밀측정은 비용과 시간이 많이 소요되며 또한 현장에서 측정이 불가능하므로 간이측정 및 분석을 시행하여 PCBs 함유율이 일정량(예: 2ppm) 이상인 유입변압기에 대하여 국가관리대상 변압기 라벨 부착을 하고 정밀분석을 시행하여 판별하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4. 폐유입변압기 안전처리를 위한 적정 수거 방안

4.1 전국 유입변압기 PCBs 농도 검사 및 관리방안의 제정

폐유입변압기의 확실한 관리를 위하여 전기사업법의 정기검사 항목에 PCBs 농도검사를 추가하고 전국적으로 유입변압기에 대한 PCBs 오염 농도 검사를 실시하여 PCBs 오염 유입변압기에 대한 국가목록을 데이터베이스화하고 관리하여야 할 것으로 사료된다.

또한 폐유입변압기의 안전처리를 위한 적정수거 방안을 위하여 표 3과 같은 유입변압기 관리 방안이 제정되어야 한다.

이와 더불어 수용가에 대해서는 PCBs의 유해성과 위험성에 대한 홍보와 교육이 강화되어야 할 것이다.

〈표 3〉 유입변압기 관리 방안

	관리 내용	기록 및 관리	비고
유입변압기 정기검사	PCBs 농도 검사 항목추가	○관리지침 ○검사관리 대장 ○국가 목록 등록	현전기사업법 보완 (매3년 주기로 검사)
유입변압기 분류	비오염 변압기와 오염변압기의 라벨화, 봉인	○PCBs 오염 변압기 라벨	전산화
오염 유입변압기	보관, 이동, 처리 상황의 신고	○폐기물 발생 및 처리 신고	전산화
폐전기 절연유	보관, 이동, 처리 상황의 신고 절연유 재생 기준 마련	○폐기물 발생 및 처리 신고	전산화
전기 절연유교체	전기절연유 교체 기준 마련	○교체후 농도 등록	전산화

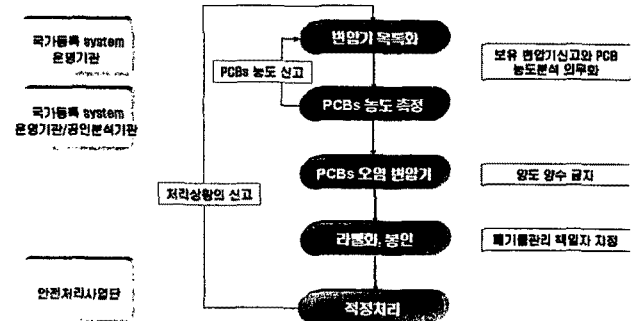
4.2 폐유입변압기에 대한 적정수거 방안

1) 폐유입변압기 PCBs 농도 검사를 의무화

현 폐유입변압기 폐기 시에 자율적으로 검사하게 되어 있는 PCBs 농도 검사를 의무화하여 PCBs 오염 정도를 정확히 구분할 하여야 한다.

2) 유입변압기 통합관리 시스템 구축

유입변압기 관리방안에 의하여 구분된 PCBs 오염 유입변압기 또한 폐유입변압기 중 PCBs 오염된 유입변압기는 그림 1과 같은 유입변압기 통합관리 시스템에 의하여 처리가 되도록 하여야 한다.



〈그림 1〉 유입변압기 통합관리 시스템

4.3 PCBs 오염된 폐유입변압기 및 폐전기절연유 처리 기술개발 시급

국내의 PCBs 처리기술 부족과 처리시의 고비용으로 관련업체에서 PCBs 오염된 폐유입변압기 및 폐전기절연유에 대한 처리를 기피하고 있는 실정 이어서 환경오염의 발생 가능성이 대단히 높은 상태이다.

따라서 국가에서 관련 연구기관에 적극적으로 지원하여 PCBs 오염된 폐유입변압기 및 폐전기절연유에 대하여 신속하고 정확하며 저비용의 처리기술개발을 신속히 진행하여야 한다.

5. 결 론

이번 조사결과를 향후 유입식 변압기의 체계적이고 효율적인 관리 및 유입변압기내 절연유의 PCBs 오염 정도를 측정하기 위한 자료로써 활용될 수 있으며, PCBs 오염 측정을 위한 우선 조사 대상 선정 및 측정에 소요되는 비용, 시간을 산출하고 측정 방법 등을 계획하는데 중요한 자료로써 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

또한 본 논문에서는 유입변압기내 PCBs 오염 절연유의 안전처리를 위해 선행되어야 하는 우선조사 대상 선정, 오염 정도 측정방법 및 안전수거 방안 에 관하여 조사된 내용을 바탕으로 제안하였다.

본 연구는 환경부 지원에 의해 수행된 연구결과의 일부임

〔참 고 문 헌〕

- [1] 한국전기안전공사, 전국 유입변압기 사용실태조사 및 목록 작성보고서, 2006
- [2] 한국환경정책·평가연구원, PCBs 함유 제품·폐기물의 적정처리시스템 마련 연구, 2005. 10