

목 차

I. 전기 절연유(신유)

1. 전기 절연유 품질 규격(KS C 2301-1994)
 - 가. 전기 절연유 종류
 - 나. 전기 절연유 품질
2. 전기 절연유 시험 방법(KS C 2101-1995)

II. 전기 절연유(사용유)

1. 적용범위
2. 전기절연유 관리 기준 개정 목적
3. 변압기 절연유중 용존가스 관리 기준 및 이상 진단
 - 가. 절연유중 용존가스 관리 기준
 - 나. 절연유중 CO₂ 가스 관리 기준
 - 다. 변압기 이상 진단 방법
4. 절연유의 품질관리 기준
 - 가. 변압기 운전 개시전
 - 나. 변압기 운전중
5. 절연유의 시료채취
 - 가. 품질시험용 시료
 - 나. 용존가스용 시료
6. 절연유의 분석방법
 - 가. 용존가스 분석
 - 나. 미량 수분 시험
 - 다. 절연파괴 전압 시험
 - 라. 전산값 시험

※ 참고자료

- 외국의 절연유 관리 기준
 1. 용존가스 관리 기준(IEEE,대만전력)
 2. 절연유 품질 관리 기준(JPI)
 3. 절연유 관리 기준 비교

※ 별 첨

- 변압기 절연유중 용존가스 발생 경향(발전용,변전용)

I. 전기 절연유(신유)

유입콘덴서, 유입케이블, 유입변압기, 유입차단기 등에 사용하는 전기 절연유는 종전의 광유계 절연유 외에 각종 합성계 절연유가 사용되고 있으며, 특히 고전압 대용량 변압기 등에는 광유에 알킬벤젠 등을 혼합한 합성 절연유가 사용될 것에 대비하여 규격화 되어 있다.

1. 전기 절연유 품질 규격(KS C 2301-1994)

가. 전기 절연유 종류

종류		주성분	적용(용도)	
1종	1호	광유	주로 유입콘덴서, 유입케이블 등에 사용되는 것	
	2호 ⁽²⁾		주로 유입변압기, 유입차단기 등에 사용되는 것	
	3호 ⁽²⁾		주로 매우 추운곳 이외의 장소에서 사용되는 유입변압기, 유입차단기 등에 사용되는 것	
	4호 ⁽²⁾		주로 고전압 대용량 유입변압기에 사용되는 것	
2종	1호	알킬벤젠	분쇄기형으로 저점도의 것	주로 유입케이블, 유입콘덴서 등에 사용되는 것
	2호		분쇄기형으로 고점도의 것	
	3호		직쇄기형으로 저점도의 것	
	4호		직쇄기형으로 고점도의 것	
3종	1호	폴리부덴	저점도의 것	주로 유입케이블, 유입콘덴서 등에 사용되는 것
	2호		중점도의 것	
	3호		고점도의 것	
4종	1호	알킬나프	저점도의 것	주로 유입콘덴서 등에 사용되는 것
	2호	탈렌	고점도의 것	
5종	알킬디페닐에탄	주로 유입콘덴서 등에 사용되는 것		
6종	실리콘유	주로 유입변압기 등에 사용되는 것		
7종 ⁽¹⁾	1호	광유, 알킬벤젠	주로 유입콘덴서, 유입케이블 등에 사용되는 것	
	2호 ⁽²⁾		주로 일반유입변압기, 유입차단기 등에 사용되는 것	
	3호 ⁽²⁾		주로 매우 추운곳 이외의 장소에서 사용되는 유입차단기 등에 사용되는 것	
	4호 ⁽²⁾		주로 고전압 대용량 유입변압기에 사용되는 것	

주⁽¹⁾ 7종 절연유는 1종 절연유와 2종 절연유의 혼합유이고 혼합성분의 종류 및 기호를 나타낸다.
(예: 혼합성분1종 2호, 2종 2호)

혼합비율은 인수·인도 당사자간 협정에 따른다.

⁽²⁾ BTA첨가의 유무 및 그 첨가량 등에 대하여는 인수·인도 당사자간 협정에 의하며 BTA 첨가 절연유임을 나타낸다.(예:벤조트리아졸 첨가)

※ 첨가제 : 절연유의 특성을 개선할 목적으로 소량 첨가하는것.

나. 전기 절연유 품질

종류	주성분	비중 (15/4 ℃)	동점도 cSt(mm ² /s)		유동점 ℃	인화점℃		연소성 mm/s	증발량 %		비분산 25℃			
			40℃	100℃		개방식	밀폐식		98℃ 5Hr	150℃ 24Hr				
1종	1호	광유	0.91 이하	13 이하	4 이하	-27.5 이하	-	-	-	-	-	110이상		
	2호												140 이상	
	3호													
	4호													
2종	1호	알킬벤젠	-	10미만	3이하	-45이하	-	-	0.4 이하	-	-	-		
	2호			10이상 50이하	6이하	-35이하							130이상	150이상
	3호			5미만	2이하	-45이하							150이상	130이상
	4호			5이상 50이하	6이하	-35이하							130이상	150이상
3종	1호	폴리부텐	-	300 미만		-20이하	-	-	-	-	-	-		
	2호			300 이상	400 미만	0이하							150이상	130이상
	3호			-	400 이상	-							200이상	130이상
4종	1호	알킬나프 탈렌	-	8이하	2미만	-40이하	-	-	-	-	-	-		
	2호			12이상 15이하	2이상 3이하	-30이하							140 이상	
5종	알킬디페 닐에탄			7이하	2이하	-40이하								
6종	실리콘유			36이상 49이하	13이상 19이하	-50이하	300 이상	-	1.5 이하	-	0.30 이하			
7종	1호	광유, 알킬벤젠	0.91 이하	13이하	4이하	-27.5 이하	-	-	-	0.4 이하	-	-	110이상	
	2호					140 이상								
	3호													
	4호													

종류	주성분	반응	전산값 mg KOH/ g	부식 성 황	산화안정성 120℃ 75Hr		브롬 값 gBr ₂ / 100g	수분 ppm	절연과 괴전압 kV(2.5 mm)	유전 정접 % (60Hz z 80℃)	비유 전율 (60Hz 80℃)	부피 저항률 Ω·c m (80℃)		
					슬러 지 %	전산가 mgKOH /g								
1종	1호	광유	0.02 이하	비 부 식 성	-	-	-	-	40이상	0.1 이하	-	5x10 ¹³ 이상		
	2호				0.4 이하	0.6 이하			30이상	-		1x10 ¹³ 이상		
	3호								-	-		-		
	4호				30이하 ⁽³⁾ 40이하 ⁽⁴⁾	0.1 이하			5x10 ¹³ 이상					
2종	1호	알킬벤젠	0.02 이하	비 부 식 성	-	-	-	-	40이상	-	-	-		
	2호													
	3호													
	4호													
3종	1호	폴리부텐	0.02 이하	비 부 식 성	-	-	-	-	-	0.05 이하	-	1x10 ¹⁴ 이상		
	2호												30 이상	30이상
	3호												10 이상	
4종	1호	알킬나프 탈렌	0.02 이하	비 부 식 성	-	-	-	-	40이상	-	2.50 ±0.05	-		
	2호										2.50 ±0.05			
5종	알킬디페 닐에탄	0.02 이하	비 부 식 성	-	-	-	-	-	40이상	-	2.50 ±0.05	-		
6종	실리콘유	0.02 이하	비 부 식 성	-	-	-	-	60이하	50이상	-	2.50 ±0.05	-		
7종	1호	광유, 알킬벤젠	0.02 이하	비 부 식 성	-	-	-	-	40이상	0.1 이하	-	5x10 ¹³ 이상		
	2호								0.4 이하	0.6 이하		30이상	-	1x10 ¹³ 이상
	3호											-	-	-
	4호								30이하 ⁽³⁾ 40이하 ⁽⁴⁾	0.1 이하		5x10 ¹³ 이상		

주⁽³⁾ 탱크차의 경우

(⁴) 드럼의 경우

2. 전기 절연유 시험 방법(KS C 2101-1995)

시험의 종류	시험 적용	내 용
겉 모 양	KS C 2101	시료를 깨끗하고 무색 투명한 유리용기에 채취하여 혼탁이나 먼지 등의 유무를 조사
색	KS M 2029	석유제품 세이볼트식 색 시험 방법
밀 도	KS M 2002	원유 및 석유제품의 밀도 시험 방법
동 점 도	KS M 2014	원유 및 석유제품의 동점도 시험 방법
유 동 점	KS M 2016	원유 및 석유제품의 유동점 및 석유제품의 담점 시험 방법
저온 유동성	KS C 2101	유동점 강하제 첨가 절연유가 저온에 방치된 경우 유동점 이상의 온도에서 유동성을 잃지 않음을 확인 시험
인 화 점	KS M 2010	원유 및 석유제품 인화점 시험 방법
연 소 성	KS C 2101	능직 유리 테이프를 시료속에 담갔다가 꺼내어 수평으로 펴고 점화기로 착화시켜 두점의 표점간 300mm의 연소시간 측정
증 발 량	KS C 2101	시료(실리콘유)를 150±3℃의 항온조에서 24시간 유지하여 증발감량을 구하고 이 감량의 백분율을 증발량으로 산출
굴절율 및 비분산	KS C 2101	굴절율은 절연유의 조성 및 기름 속의 불순물 양에 따라 변화하고, 비분산은 기름 속의 방향족화합물의 구조 및 양에 따라 좌우됨(아베굴절계나 폴프리히 굴절계를 사용하여 측정)
반 응	KS M 2012	석유제품 반응 시험 방법
전 산 값	KS C 2101	절연유 1g속에 함유되는 전체 산성성분을 중화 시키는데 필요한 수산화 칼륨 mg수
부 식 성 황	KS C 2101	절연유는 일반적으로 각종 금속과 접촉하는 상태에서 사용되지만 조건에 따라 기름속에 존재하는 황 화합물 또는 산소를 함유한 산성 물질이 금속 특히 구리와 반응해서 변색케하므로 시료의 구리에 대한 부식 변색의 정도 판단
산화 안정성	KS C 2101	구리 촉매 존재하에서 대기압+0.8kPa(6mmHg)의 산소를 도입하고 120℃, 75Hr하에서 시료를 열화 시켜 열화후의 슬러지 및 전체 산값을 측정
브 롬 값	KS M 2119	석유제품 브롬값 시험 방법
수 분	KS C 2101	시료를 채취하여 용량 적정 방법 또는 전기량 적정 방법으로 미량수분 측정
벤조트리아졸 정량	KS C 2101	강제 냉각식 유입 전기 기기에서 발생하는 유동대전을 억제하기위하여 절연유에 첨가한 벤조트리아졸을 정량
절연 파괴 전압	KS C 2101	시료를 매초 약 3kV의 비율로 전압을 상승시켜 절연유의 상용 주파수에서의 절연 파괴 전압 측정
유전정점 및 비유전율	KS C 2101	시료를 정전용량 측정기에 의해 일정한 교류전압을 인가해서 유전정점 및 비유전율을 측정
부피 저항률	KS C 2101	절연유에 250V/mm의 직류 전계를 인가하고 1분후의 전류값에서 부피 저항률 측정
확 인	KS C 2101	절연유는 그 조성에 따라 적외 흡수 스펙트럼이 다르므로 시료의 흡수 스펙트럼을 측정하여 절연유 종류를 대략적으로 식별

※ 시험상태는 특별히 지정이 없는한 KS A 0006에 규정된 상온 상습(온도 20±15℃, 습도 65±20%)으로 한다.

II. 전기 절연유(사용유)

1. 적용범위

전기 절연유의 용존가스 및 품질관리 기준은 발전용 주, 기동, 보조, 여자, 소내 변압기 및 송변전용 주변압기, 345kV S/R에 적용하고, 소형 변압기와 전기절연유를 사용하고 있는 기타 기기는 일부 필요한 항목만 적용한다.

2. 전기절연유 관리 기준 개정 목적

변압기는 안정적인 양질의 전력공급에 매우 중요한 설비로 돌발적인 사고가 발생하게 되면 산업과 국민생활에 큰 불편을 끼침은 물론 경제적으로도 막대한 손실을 초래하기 때문에 이를 사전에 예방하기 위하여 관리에 많은 노력을 기울이고 있다. 우리 공사에서는 1985년 변압기 절연유중의 용존가스 관리기준을 마련하고 변압기 내부이상 진단을 실시하여 사고예방에 큰 성과를 거두어 오고 있으나, 그동안 축적된 가스분석 자료의 종합 검토와 “이상”으로 판정된 변압기의 내부점검 결과 및 변압기의 가스발생 특성에 대한 연구결과를 토대로 “요주의” 이상으로 판정되는 변압기의 숫자를 가능한 한 줄여 관리비용을 절감하고 운영부서의 운전애 따른 부담감을 경감시키는 한편, 사고시 미치는 파급효과가 보다 큰 설비(345kV 이상의 변압기)에 대해서는 현행 관리기준의 일부를 개정하고, 현재 통일된 관리기준이 없어 사업소 마다 적용을 달리하고 있는 절연유의 품질관리 기준을 마련 “전기 절연유의 관리기준”으로 통합 제정하여 ‘98.10.1부터 시행하므로써 변압기 사고예방과 수명연장에 기여하고자 함.

3. 변압기 절연유중 용존가스 관리 기준 및 이상 진단

변압기 절연유중의 분석 목적은 크게 두가지로 나눌 수 있다. 하나는 변압기 내부의 이상을 조기에 발견하여 사고를 예방하기 위한 것으로 여기에 이용되는 가스는 수소와 아세틸렌 등의 탄화수소 가스로 CO₂ 가스는 제외되며, 다른 하나는 절연재의 열화정도를 진단 변압기의 잔존 수명을 예측하여 적절한 교체시기를 결정하기 위한 것으로 여기에 이용되는 가스는 CO₂와 CO 가스 이다. 사용중인 변압기의 절연유를 분석하여 용존가스관리 기준에 따라 내부 이상유무 진단 실시 및 CO₂ 가스 관리 기준에 따라 열화정도를 판정하여 적기에 예방보수를 실시하므로써 설비의 신뢰도를 향상시켜 사고를 미연에 방지하고 전력의 안정적인 공급에 기여하고자 함.

가. 절연유중 용존가스 관리 기준

(단위 : ppm)

관 정 전 압 항 목 (kV)	要注意 (Caution)		異常 (Abnormal)		危險 (Danger)	
	200 이하	345 이상	200 이하	345 이상	200 이하	345 이상
H ₂	400~800		801~1,200			
C ₂ H ₂	25~80	20~60	81~100	61~80	150 이상	120 이상
CO	400~700	350~600	701~1,000	601~800		
C ₂ H ₄	300~750		751~1,000			
CH ₄	250~750		751~1,000			
C ₂ H ₆	250~750		751~1,000			
Total Combustible Gas (T.C.G)	1,000~2,500		2,501~4,000		4,000 초과	
T.C.G 증가량	正常 상태에서 200/월 이상		要注意 상태에서 200/월 이상		異常 상태에서 300/월 이상	
조 치 사 항	추적조사 실시 (3개월 1회)		추적조사 실시 (1개월 1회)		운전정지후 내부점검 실시	
신설 변압기 초기치 관리	신설 변압기의 “요주의” 관정은(운전개시 1~4개월) 상기 운전중인 변압기의 요주의 관리기준치 50%를 초과하는 경우에 적용하며, 1개월 주기로 추적조사를 실시하여 내부 정밀점검 및 교체여부를 제작사측과 협의하여 결정한다.					

- * “요주의”라 함은 절연유중 용존가스 분석결과 변압기 내부에 약간의 이상 징후가 있는 것으로 추정되므로 추적조사(1회/3월)를 통하여 지속적인 관리를 필요로 하는 경우이나 돌발적인 사고로 이어질 수 있는 상태는 아님을 말함.
- * “이상”이라 함은 절연유중 용존가스 분석결과 변압기 내부에 이상 징후가 농후하므로 분석주기를 단축하여 변화추세를 면밀히(1회/1월) 관찰하고 내부점검 계획 수립 등을 필요로 하는 상태를 말함.
- * “위험”이라 함은 절연유중 용존가스 분석결과 변압기 내부에서 이상이 있는 것으로 확실시 되어 계속운전시 심각한 사고를 유발시킬 수 있는 경우로서 전기적시험, 외부 일반점검 및 운전보수이력 등을 종합한 정밀진단 결과를 토대로 운전정지 시기를 결정하여, 운전 정지후 변압기의 내부점검 등을 실시하여야 하는 상태를 말함.
- ※ 절연유중의 가스농도가 높은 경우 진공여과를 실시해도 일시적으로 농도가 낮아질뿐 가스발생 원인이 되는 내부의 이상이 제거된 것은 아니므로 운전 개시후 다시 높아지게 됨. 따라서 수분함량이 많거나 내부점검 실시후 재 가동을 위한 경우를 제외하고는 단순히 가스농도를 낮추기 위하여 진공여과를 실시하는 것은 비용낭비만 초래할 뿐이며, 오히려 가스농도의 증가경향 및 내부 이상정도 추정 등에 어려움을 가중시켜 추적관리에 역효과를 가져다 줄 수 있음.

나. 절연유중 CO₂ 가스 관리 기준

CO₂ 가스는 내부의 급성적인 이상보다는 만성적인 절연재의 열화정도를 판정하여 잔존 수명을 예측하는 폭발성 우려가 없는 비교적 안정한 가스로서 변압기의 내부 이상과 무관하게 자연열화에 의해서도 서서히 생성되고 80℃ 이상에서는 절연유에 용존되어 있으나 유온이 내려 갈수록 고체 절연물에의 함침성이 높아져 30℃에서는 20% 정도만 절연유중에 남는 특징적인 가스이다. 따라서 “변압기 절연유중 CO₂ 및 CO 가스의 관리기준치 설정연구” 과제의 수행결과를 토대로 별도의 관리 기준을 아래와 같이 제정 하였음.

CO ₂ Gas (ppm)	관 정	조 치 사 항
5,000 미만	正常(Normal)	○ 조치사항 없음
5,000 - 7,000		○ 변압기의 관리방법 변경 1. 절연유 유온을 낮춤(냉각장치 추가기동) 2. 절연유의 절연과피전압 측정 : 반기 1회 3. 절연유의 함유수분 분석 : 반기 1회(가스분석시 병행)
7,000 초과	要注意(Caution)	○ 변압기 절연재 열화도 진단 1. 절연유 : CO ₂ , CO Gas 및 Furfural 분석 2. 절연지 : 인장강도 및 평균중합도 분석

- * 시료채취 시기(유온,부하률 등)에 따라서 가스발생 특성이 다른 가스이므로 관리대상 변압기는 하절기에 시료(절연유)를 채취하여 CO₂, CO Gas 및 furfural 분석을 실시한다.
- * 향후 “절연유중의 furfural 농도분석 및 절연재의 열화평가 방법에 대한 연구”를 수행하여 변압기 수명예측을 실시할 예정임.

다. 변압기 이상 진단 방법

1) 異常 類型別 主 發生 가스

異常 類型		主 發生 가스
절연유의 과열	저온(300℃ 以下)	에탄, 메탄, 에틸렌
	중온(300 - 700℃)	메탄, 에틸렌, 에탄
	고온(700℃ 以上)	에틸렌, 메탄, 에탄
고체절연물의 과열 (200℃ 以上)		일산화탄소, 이산화탄소, 메탄
절연중 ARC (1,000℃ 以上)		아세틸렌, 수소, 에틸렌, 메탄
절연중 CORONA (1,000℃ 以上)		수소, 아세틸렌, 에틸렌, 메탄
절연물, 절연유의 열화		이산화탄소, 일산화탄소

2) 개량 IEC 법 Code에 의한 類型 판단

Gas 성분의 비율	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆
< 0.1	0	1	0
0.1 - 1	1	0	0
1 - 3	1	2	1
> 3	2	2	2

改良 IEC Code	類型	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	CH ₄ /H ₂	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	비고
020	過熱(低溫)	0	2	0	
001		0	0	1	
021	過熱(中溫)	0	2	1	※
022	過熱(高溫)	0	2	2	※
012		0	1	2	
002		0	0	2	
102	Arc 放電	1	0	2	※
		1	0	1	
101		1	0	0	
110		1	1	0	
		1	1	2	
		1	2	2	
212	部分放電	2	1	0	※
		2	1	1	
201		2	1	2	
200		2	0	2	
		2	0	1	
		2	0	0	
000	經年 劣化	0	0	0	

※ 표시 : 대표적 사례(발생빈도 높다)

3) Pattern별 분류(ECSG: Electricity Cooperative Study Group, Japan)

가스패턴에 의한 진단방법을 그림 1-1~1-4에 나타내었다. 이 방법은 횡축에 가스 성분을 종축에 성분가스의 농도(최대농도를 1.0 으로 함)를 Plot하여 모형을 그리고 그 형상에 따라서 이상의 내용을 진단하는 것이다. 이 진단법은 아나로그 표시이기 때문에 현상을 감각적으로 이해하기 쉽고 이상현상의 내용변화가 곧 모형의 변화로 되어 나타나고, 또한 과거의 사고사례와 대비에 의한 진단이 용이하다는 특징을 지니고 있다. 그림 1-1에서는 H₂ 주도형은 부분방전이나 아크 방전에 의한 이상이 많고, 그림 1-2와 1-4에서는 C₂H₄, CH₄ 주도형은 접촉불량, 누설전류에 의한 과열의 이상이 많고, 그림 1-3에서는 C₂H₂ 주도형은 섬락 등의 아크방전이 많이 발생한다는 특징을 나타내고 있다.

H ₂ 주도형		
	Pattern	이상의 내용
H ₂ -A		<p>-부분방전 및 아크방전에 의한 경우가 많고, 아크방전인 경우 Pattern D에 나타난 바와 같이 C₂H₂의 비율이 커진다.</p> <p>-H₂ 주도형에 속하는 이상의 구체적 사례로서</p> <ol style="list-style-type: none"> ① Coil의 층간단락 ② 코일의 용단 ③ Tap changer 점점간의 아크발생 ④ 순환전류에 의한 아크발생 등이 있으나, 네 가지 Pattern과 일치하지는 않는다.
H ₂ -B		
H ₂ -C		
H ₂ -D		

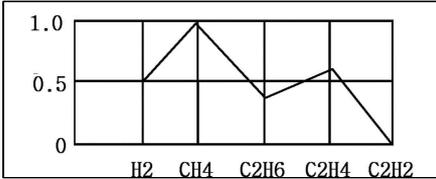
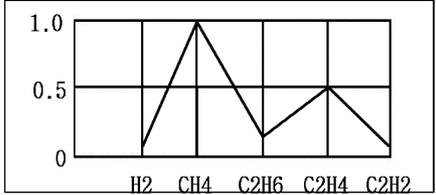
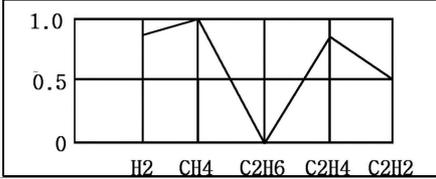
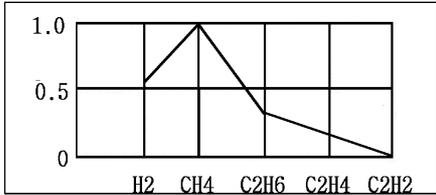
그림 1-1. Pattern에 의한 진단방법(H₂ 주도형)

C ₂ H ₄ 주도형		
	Pattern	이상의 내용
C ₂ H ₄ -A		<p>-접촉불량, 누설전류 등에 의한 과열인 경우가 많다. 과열이 부분방전 및 아크방전으로까지 진전된 경우에는 Pattern C에 나타난 바와 같이 H₂ 및 C₂H₂의 비율이 커진다.</p> <p>-C₂H₄ 주도형에 속하는 이상의 구체적인 사례로서</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 절환기의 접촉불량 ② 접속부의 이완 ③ 절연불량 ④ 다점접지에 의한 국부과열 등이 있으나, 네 가지 Pattern과 일치하지는 않는다.
C ₂ H ₄ -B		
C ₂ H ₄ -C		
C ₂ H ₄ -D		

1-2. Pattern에 의한 진단방법(C₂H₄ 주도형)

C ₂ H ₂ 주도형		
	Pattern	이상의 내용
C ₂ H ₂ -A		<p>-코일단락, Tap changer의 섬락과 같은 아크 방전이 많다.</p>

그림 1-3. Pattern에 의한 진단방법(C₂H₂ 주도형)

CH ₄ 주도형		
	Pattern	이상의 내용
CH ₄ -A		<p>-C₂H₄ 주도형과 매우 유사하다.</p>
CH ₄ -B		
CH ₄ -C		
CH ₄ -D		

1-4. Pattern에 의한 진단방법(CH₄ 주도형)

4. 절연유의 품질 관리 기준

전기절연유의 열화정도를 가장 잘 나타내주는 항목들에 대해서 관리기준을 규정하였으며, 변압기 운전개시전과 운전중으로 구분하여 각각의 관리기준을 마련하였음.

가. 변압기 운전개시 전

변압기 설치 완료후 제작사에서 실시하는 품질평가 시험에 입회하여 품질을 확인(시험 성적서 수령)하거나 자체적 또는 전력연구원에 분석을 의뢰하여 다음의 기준에 적합할 경우에 운전을 개시함.

전 압 (kV) 항 목	66 이하	154-200	345 이상	Tap changer	참고자료
수 분, ppm	30 이하	30 이하	20 이하	30 이하	KS
절연 파괴 전압, kV	40 이상	50 이상	50 이상	40 이상	JIS,IEC
전 산 값, mgKOH/g	0.02 이하	0.02 이하	0.02 이하	0.02 이하	KS
부피 저항률, $\Omega \cdot \text{cm}$ (80℃)	5×10^{12} 이상	1×10^{13} 이상	1×10^{13} 이상	5×10^{12} 이상	JIS

※ 변압기 제작사(효성중공업,현대중공업)로부터 기준(안)에 대한 검토의뢰 결과 준수 가능함을 통보 받았음.

※ 신유의 품질규격에 대해서는 KS C 2301에 규정하는 바에 따른다.

나. 변압기 운전중

변압기 운전중 분석주기에 따라 사업소 자체적으로 분석가능한 항목에 대해서 1차적으로 분석을 실시하고 “요주의” 또는 “이상”으로 판정된 전기절연유에 대해서는 전력연구원에 의뢰하여 정밀분석을 실시하며 종합적인 품질평가를 실시한후 그 결과에 따라 조치함.

항 목	전 압 판 정 (kV)	66 이하	154-200	345 이상	참고자료
		수 분 (ppm)	정 상	50 미만	
요 주의	50~60		40~50	30~40	
이 상	60 초과		50 초과	40 초과	
절연파괴 전압 (kV)	정 상	30 초과	40 초과	50 초과	IEC
	요 주의	-	30~40	40~50	
	이 상	30 미만	30 미만	40 미만	
전 산 값 (mgKOH/g)	정 상	0.20 이하	0.10 이하		JIS
	요 주의	0.21~0.40	0.11~0.30		
	이 상	0.41 이상	0.31 이상		
분 석 주 기	정 상	3년 1회 또는 예방점검전			
	요 주의	1년 1회	6개월 1회(절연파괴 전압) 1년 1회(수분, 전산값)		
	이 상	1. 정밀분석에 의한 종합적인 품질평가 2. 분석결과에 따른 조치			
Tap changer	정 상	절연파괴 전압 20 kV 이상			
	이 상	절연파괴 전압 20 kV 미만 : 절연유 교체			
	교체시기	1. 여과장치 있는 경우 : 2년 1회 또는 동작횟수 30,000회 2. 여과장치 없는 경우 : 동작횟수 15,000회			

- * “요주의”라 함은 전기절연유의 분석결과 품질에 이상의 징후가 있거나 열화가 진행중에 있는 것으로 추정되어 분석주기를 단축하여 추적조사할 필요가 있는 상태를 말함.
- * “이상”이라 함은 전기절연유의 분석결과 열화의 정도가 심하여 종합적인 품질평가를 통하여 계속사용 가능여부를 판단하여 교체 등의 조치를 필요로 하는 상태를 말함.
- ※ 전산값은 편의상 A급(신유기준), B급(정상), C급(요주의), D급(이상)으로 구분하여 관리하며, A급은 신유와 동일한 수준의 양호한 품질, B급은 다른 조치없이 계속 사용이 가능한 양호한 품질, C급은 여과 및 정제작업을 통하여 산화성 슬러지를 제거한후 사용해야 하는 정도의

품질, D급은 절연유의 열화정도가 심하여 더 이상 사용이 불가능하므로 전량 교체를 요하는 품질을 나타낸다.

5. 절연유의 시료채취

가. 품질시험용 시료

유입기기로 부터 절연유를 채취할때는 전기 절연유 시험방법(KS C 2101-1995) 4.7 사용 중인 기름의 시료채취 방법에 준하여 아래와 같이 채취한다.

- ① 사용중인 기름의 시료를 채취할 경우에는 안전에 충분히 주의하여야 한다.
- ② 시료용기는 유리병, 캔 등 세정이 쉽고 기름의 특성에 영향을 주지 않는 것으로 하고 뚜껑은 시료를 오염시킬 우려가 없는 것으로 외기와 완전히 격리시킬수 있는 것을 사용한다.
- ③ 외기에 따른 시료의 오염에 주의하고 특히 날씨가 나쁠 경우에는 가급적 채취를 피한다.
- ④ 콧 또는 밸브의 개폐에 의해 시료를 채취할 때 고장으로 인한 기름유출 등의 재해를 일으킬 위험이 있으므로 이에 대비하여 채취시 2인 이상이 협력해서 한다.
- ⑤ 밀봉식 유입 전기 기기 및 유입 케이블에 대해서는 기밀을 손상시키지 않도록 주의한다.
- ⑥ 채취된 시료가 바뀌지 않도록 미리 준비한 label을 현장에서 부착한후 운반한다.

나. 용존가스 분석용 시료

운전중인 변압기로 부터 절연유를 채취하며 상기 품질시험용 시료채취 방법과 아래의 채취요령을 유념하여 채취하여야 한다.

- ① 변압기 tank 저부의 drain valve 에서 채취하여 대표시료로 한다. 이는 변압기 내부의 이상 부위에서 생성된 열분해 gas가 기포상으로 되어 tank 상부로 이동하면서 절연유에 확산 용존된후 절연유의 강제 또는 자연순환에 의해 gas의 분포상태가 균일하게 되기 때문이다. 정확한 변압기의 상태진단을 위해서는 시료채취가 가장 중요하다.
- ② Drain line의 end cover를 풀고 그 끝을 깨끗이 닦은후 고무마개 adaptor를 연결하여 drain line에 있는 절연유를 1L정도 뽑아내고, 이 뽑아낸 절연유로 용기를 세척한 다음 adaptor 도관 끝이 채유용기의 밑바닥에 닿도록 한다.
- ③ Valve를 가만히 열고 adaptor를 짝 밀어 기포가 생성되지 않도록하여 시료를 약 300ml 알미늄캔 또는 유리병 용기위로 넘치게하면서 용기 모퉁이를 가볍게 툭툭쳐서 남은 공기를 배출시킨후 도관을 서서히 빼낸다 (도관에 기포가 생길때는 adaptor를 짝 조이고 valve를 조금 더 열어 주어야 한다).
- ④ 채유가 끝나면 대기와 접촉이 없도록 신속하게 P.E 속뚜껑으로 시료용기를 막고 속뚜껑이 훼손되지 않도록 겉뚜껑으로 잘 막는다.
- ⑤ 채취된 시료가 바뀌지 않도록 미리 준비한 label을 현장에서 부착한후 운반한다.
- ⑥ 운휴중인 변압기와 변압기 상부 ULTC는 gas 분석용 절연유의 시료채취를 하지 않는다. ULTC 절연유는 별도의 교체기준에 따라 관리한다 (변압기 2대를 교대로 운전할 경우 운전중에 시료를 채취하여 각각 시험을 의뢰하고, 만일 시료채취 오류로 ULTC 절연유의 가스분석을 실시하면 tap changer에서 과다 발생한 가스로 인하여 정밀분석 기기가 오염되므로 특히 주의를 요한다).

6. 절연유의 분석방법

가. 용존가스 분석

1) 용존가스 추출 방법

시료중에 용존하는 gas의 추출율에 따라 분석값에 미치는 영향은 매우 크기 때문에 가능한한 전량이 추출될수 있도록 장치의 선정 및 조작에 신중을 기하고 추출 gas가 시료유에 재 용존되는 것을 방지할수 있어야 한다.

용존가스 추출장치

추출방식	장점 및 단점	분석값	비고
Toepler pump	추출성능이 가장 우수하나 장치가 복잡하므로 숙련이 요구되며 정밀분석에 적합	절대값	현재 전력연구원에서 정밀분석 및 2차 분석용으로 사용
Head Space	장치가 단순하고 시료를 다량 연속해서 자동으로 분석이 가능하며 간이분석용으로 Trend 분석에 적합	상대값	남서울,대전전력관리처에서 1차 분석용으로 사용

2) 용존가스 분석 방법(Varian 3600 G/C 사용)

용존가스 분석방법은 ASTM D 3612-94 에 준한다.

- ① Calibration은 STD gas를 5회 이상 반복 분석하여 재현성을 확인하고 분석 Method (TGA 2)의 peak table factor를 보정해 둔다.
- ② 용존가스 추출장치(Toepler pump)의 진공 system을 이용하여 절연유 시료에서 추출한 용존가스를 수은주로 압축하여 1기압 상태에서 measuring하여 분석 시료의 ppm산출에 필요한 Divisor(1/measuring ml)와 Multiplier(추출에 사용된 시료량 및 진공공간과 압축공간의 ratio로 산출)를 구하여 입력한다.
- ③ 시료가스를 gas chromatography sample loop에 주입하면 carrier gas와 함께 70℃로 유지되는 oven내의 column을 통과하면서 column 충전물과의 친화력 차이에 의하여 분리되며 친화력이 적은 gas가 먼저 통과하여 나온다.
- ④ 분리된 가스는 9종류로 TCD (thermal conductivity detector, 120℃)에서 H₂, O₂, N₂ gas가 검출되고 CO, CO₂ gas 는 고온의 Methanizer(10% nickel nitrate 촉매, 380℃)를 통과 시킨후 FID(flame ionization detector, 250℃)에서 CH₄, C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆ gas 와 함께 검출한다.
- ⑤ 분석값은 각 gas 고유의 R.T(retention time)에 따라 나타내는 peak 면적과 STD gas peak 의 면적비로 결정되며 ppm으로 산출한다.
- ⑥ 변압기 가스분석 판정 기준치 및 개량 IEC법 Code에 의해 상태판정과 유형을 판단하고 내부이상이 예견될때는 전기적시험, 외부 일반점검, 운전 보수이력, 제작사별 특성과 절연유 용존가스 분석결과를 종합하여 이상진단을 실시하고 최종적인 조치를 결정한다.

3) 분석 주기

- ① 정기분석 : 1년에 1회 주·보조 변압기의 내부 이상유무 진단실시.
- ② 추적조사 분석 : 이상, 요주의 판정 변압기의 상태 진행상황을 파악하여 사고예방에 적극 대처할수 있도록 지정한 기간별로 실시하며 가스 증가량이 많을수록 추적분석 기간을 단축하여 운용함.
- ③ 초기분석 : 신설,이설 변압기의 제작 및 설치상 결함 조기발견과 초기분석치 설정.
정밀점검 및 진공여과 변압기의 건전성 확인과 초기분석치 설정.
 - 신설,이설 변압기 : 가압운전후 2회 분석(1회-1개월, 2회-4개월).
 - 점검,여과 변압기 : 가압운전후 2회 분석(1회-1주일, 2회-4개월).
- ④ 임시분석 : 보호계전기 동작시나 과전류 등 이상징후가 있을 때 즉시 실시.
- ⑤ O/H 전 분석 : O/H 개시 2개월전에 분석하여 예방보수 계획을 수립.
- ⑥ O/H 후 분석 : O/H 중 정밀점검 및 진공여과한 변압기의 분석을 실시하여 건전성 유지.

수분 ppm	반복허용차
30 ppm 이하	3 ppm
30 ppm 초과	평균값의 10%

다. 절연파괴 전압 시험

절연 파괴 전압은 절연유를 채취하여 전극간 간극을 2.5mm로 조정된 구(球) 전극을 사용하여 매초 약 3kV의 비율로 전압을 상승시켜 절연유의 절연 파괴 전압을 측정한다. 절연유가 전압 시스템하에서 사용 가능한지 어떤지를 판정하는 하나의 척도이며 또 절연유 속의 수분, 먼지 또는 유전성 입자에 의해서 절연 파괴 전압은 저하되므로 이러한 불순물의 유무를 판정하는 척도이기도 하다.

◆ 분석 방법(MEGGER FOSTER Oil Test Sets OTS60AF/2 사용)

① 전기 절연유 시험방법(KS C 2101-1995) 22.절연파괴 전압 시험에 따르며 계측기를 사용한다.

② 정량방법

절연 파괴 전압 시험은 시료를 glass test vessel의 표시선까지 채우고 전극간 간극을 2.5mm로 조정된 지름 12.5mm의 상응하는 구(球) 전극을 사용하여 매초 약 3kV의 비율로 전압을 상승시켜 절연유의 상응주파수에서의 절연파괴 전압을 측정한다.

장치는 변압기, 회로 차단기, 저항기, 전압 조정장치, 전극, 용기 및 전압계로 이루어져 있다

③ 정량범위 : 0 - 60 kV

④ 절연파괴 전압은 동일 시험유에서 2개의 시료를 채취하여 각 시료에 대해서 5회씩 측정한 결과중에서, 각각 처음의 값을 제거한 합계 8개의 평균값을 다음 식에 따라서 구한다. 단위는 kV로 하고 소수점 이하 첫째 자리까지 구하며 KS A 0021에 따라 정수로 끝맺음한다. 또한 측정값에는 시료의 시험온도를 명기한다.

$$V = \frac{(V_2+V_3+V_4+V_5) + (V_2'+V_3'+V_4'+V_5')}{8}$$

8

V : 절연 파괴 전압

$V_2+V_3+V_4+V_5$: 1개째 시료의 각각 2, 3, 4, 5회째의 측정값

$V_2'+V_3'+V_4'+V_5'$: 2개째 시료의 각각 2, 3, 4, 5회째의 측정값

다만 실리콘유일 경우에는 동일 시험유에서 5개의 시료를 채취하여 1회씩 측정한 5개의 평균값으로 한다.

절연 파괴 전압 kV	반복허용차
동일 조건	10 kV 이하

라. 전산값 시험

전산값 시험은 절연유를 채취하여 혼합용제에 녹여서 지시약 적정 방법으로 측정한다. 절연유 1gr 속에 함유되는 전체 산성 성분을 중화시키는데 필요한 수산화칼륨 mg수로 나타내고 전산값이 높으면 절연유가 열화된 것임.

◆ 분석 방법(Titration Method 사용)

① 전기 절연유 시험방법(KS C 2101-1995) 16. 전산값 시험에 따른다.

② 정량방법

전산값 시험은 시료를 톨루엔 3용·에틸알콜 2용의 혼합용제 100ml에 녹여서 알카리 블루 6B 지시약 2ml를 첨가하여 수산화칼륨 표준용액으로 적정하여 중화에 사용된 수산화칼륨 표준용액량으로부터 전산값을 구한다. 실리콘유의 전산값을 측정 할 경우에는 시료를 톨루엔 1용·이소프로필 알코올 1용(또는 n-부틸알코올)의 혼합용제에 녹인다.

③ 정량범위 : 0.00 - 1.00 mgKOH/g

④ 시료 약 20gr(전산값이 높은 시료 또는 색상이 진한 시료 약 5gr)을 취하여 시험하며 전산값은 다음 식에 따라서 하고, 소수점 이하 셋째 자리까지 구하며 KS A 0021에 따라 소수점 이하 둘째 자리로 끝맺음한다.

$$\text{전 산값(mgKOH/g)} = \frac{N \times (A - B) \times 56.1}{W}$$

N : 1/10N 수산화칼륨 표준용액의 규정농도

A : 적정에 필요한 1/10N 수산화칼륨 표준용액의 양(ml)

B : 바탕시험에 필요한 1/10N 수산화칼륨 표준용액의 양(ml)

W : 시료의 무게(g)

전체 산값 (mgKOH/g)	반복 허용차 (mgKOH/g)	재현 허용차 (mgKOH/g)
0.00 초과 0.05 이하	0.01	0.02
0.05 초과 0.20 이하	0.02	0.03
0.20 초과	0.02	0.05

※ 참고자료

○ 외국의 절연유 관리 기준

1. 용존가스 관리 기준(IEEE, 대만전력)

◆ Dissolved Gas Concentrations(IEEE C57.104-1991)

(단위 : ppm)

Status	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	CO	CO ₂	TCG
Condition 1	100	120	35	50	65	350	2500	720
Condition 2	101-700	121-400	36-50	51-100	66-100	351-570	2,500-4,000	721-1,920
Condition 3	701-1,800	401-1,000	51-80	101-200	101-150	571-1,400	4,001-10,000	1,921-4,630
Condition 4	>1,800	>1,000	>80	>200	>150	>1,400	>10,000	>4,630

※ Condition 1 normal : Transformer is operating satisfactory

Condition 2 warning : Fault may be present

Condition 3 abnormal : Faults are probably present

Condition 4 danger : Continued operation could result in failure of the transformer

◆ Actions Based on TCG(IEEE C57.104-1991)

Status	TCG Levels(ppm)	TCG Rates(ppm/day)	Sampling Interval	Operating Procedures
Condition 4	>4630	>30	Daily	Consider removal from service.
		10-30	Daily	Advice manufacturer.
		<10	Weekly	Exercise extreme caution. Analyze for individual gases. Plan outage. Advice manufacturer.
Condition 3	1921-4630	>30	Weekly	Exercise extreme caution.
		10-30	Weekly	Analyze for individual gases.
		<10	Monthly	Plan outage. Advice manufacturer.
Condition 2	721-1920	>30	Monthly	Exercise extreme caution.
		10-30	Monthly	Analyze for individual gases.
		<10	Quarterly	Determine load dependence
Condition 1	≤720	>30	Monthly	Exercise extreme caution. Analyze for individual gases. Determine load dependence.
		10-30	Quarterly	Continue normal operation.
		<10	Annual	

◆ Classification of transformer performance(대만전력)

Voltage Level	Gas Content (ppm)							Increment of TCG
	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₂	CO	TCG	
≤69 kV	① 250	550	450	500	20	300	1,500	500 (ppm/year)
	② 500	1,100	900	1,000	40	600	3,000	125 (ppm/month)
161 kV	① 200	450	350	400	15	250	1,000	350 (ppm/year)
	② 400	900	700	800	30	500	2,000	85 (ppm/month)
345 kV	① 125	300	200	250	10	200	600	200 (ppm/year)
	② 250	600	400	500	20	400	1,200	50 (ppm/month)

※ ① Care-needed ② Abnormal

◆ Periods of sampling(대만전력)

Condition	Retest period	Voltage level	Increment of TCG(ppm/month)	Sampling for tracing test
Care-needed	3 month	≤69 kV	>125	1 month
			45 - 125	① Corona, Partial discharge : 1 month ② Over heating : 6 month
			<45	1 year
		161 kV	>85	1 month
			30 - 85	① Corona, Partial discharge : 1 month ② Over heating : 6 month
			<30	1 year
		345 kV	>50	1 month
			20 - 50	① Corona, Partial discharge : 1 month ② Over heating : 6 month
			<20	1 year
				≤69 kV 161 kV 345 kV
Abnormal	1 month	≤69 kV	>125	Half month
			45 - 125	① Corona, Partial discharge : 1 month ② Over heating : 3 month
			<45	6 month
		161 kV	>85	Half month
			30 - 85	① Corona, Partial discharge : 1 month ② Over heating : 3 month
			<30	6 month
		345 kV	>50	Half month
			20 - 50	① Corona, Partial discharge : 1 month ② Over heating : 3 month
			<20	6 month
				≤69 kV 161 kV 345 kV

※ note If the conclusion of the transformer diagnosis is "arcing", it'll be suggested that the transformer should stop running and inspected immediately.

2. 절연유 품질관리 기준(JEC:Japanese Petroleum Institute)

◆ Recommended Values for Supervision of Insulating Oil(commencement of operation)

Rated voltage (kV) Property	11 - 77	110 - 275	≥500	Tap changer
Water content, ppm	<30	<15(In case of 275kV) <20(Other than 275kV)	<10	<30
Breakdown voltage, kV	>40	>50	>60	>40
Resistivity, Ω · cm (80℃)	>5x10 ¹²	>1x10 ¹³	>1x10 ¹³	-
Total acid number, mgKOH/g	<0.05	<0.05	<0.05	-

◆ Recommended Values for Supervision of Insulating Oil(under operation)

Recommended values and frequency of test Rated voltage kV	Property	Water content ppm	Breakdown voltage kV	Resistivity Ω · cm (80℃)	Total acid number mgKOH/g
11-77	Recommended values	① <40 ② 40-50 ③ >50	>30 - <30	>1x10 ¹² 1x10 ¹¹ - 1x10 ¹² <1x10 ¹¹	<0.2 0.2-0.5 >0.5
	frequency of test	① Once 3 years ② Once a year ③ Action	Once 3 years - Action	Once 3 years Once a year Action	Once 3 years Once a year Action
110-275	Recommended values	① <30 ② 30-40 ③ >40	>40 30-40 <30	>1x10 ¹² 1x10 ¹¹ - 1x10 ¹² <1x10 ¹¹	<0.1 0.1-0.3 >0.3
	frequency of test	① Once 3 years ② Once a year ③ Action	Once 3 years Once 6 months Action	Once 3 years Once a year Action	Once 3 years Once a year Action
≥500	Recommended values	① <20 ② 20-30 ③ >30	>50 40-50 <40	>5x10 ¹² 1x10 ¹¹ - 5x10 ¹² <1x10 ¹¹	<0.1 0.1-0.3 >0.3
	frequency of test	① Once 3 years ② Once a year ③ Action	Once 3 years Once 6 months Action	Once 3 years Once a year Action	Once 3 years Once a year Action
Tap changer	Recommended values	① - ② - ③ -	>20 *1 - ≤20 *2	- - -	- - -
	frequency of test	*1 : In case with on load oil cleaner, Once 3 years or once 50,000 times of switching operation. In case without on load oil cleaner, Once 20,000 times. *2 : Action			

※① Normal ② Caution ③ Abnormal

3. 절연유 관리 기준 비교

◆ Water content

단위 : ppm

전압 (kV) 구분	일 본			IEC			ANSI		
	11-77	110-275	>500	<72.5	72.5-170	>170	<115	115-345	>345
운전개시전	<30	<20 275미만 <15 275이상	<10	-	<15	<10	<25	<20	<15
운전개시후	50	<40	<30	-	<40	<20	<30	<30	<15

◆ Breakdown voltage

단위 : kV

전압 (kV) 구분	일 본			IEC			ANSI		
	11-77	110-275	>500	<72.5	72.5-170	>170	<115	115-345	>345
운전개시전	>40	>50	>60	>40	>50	>60	>25 ↑	>35 ↑	>35 ↑
운전개시후	30	>30	>40	>30	>40	>50	>25 ↑	>29 ↑	>31 ↑

※ ↑ : ASTM D877에 의함

◆ Total acid number

단위 : mgKOH/g

전압 (kV) 구분	일 본			IEC			ANSI		
	11-77	110-275	>500	<72.5	72.5-170	>170	<115	115-345	>345
운전개시전	<0.05	<0.05	<0.05	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
운전개시후	<0.5	<0.3	<0.3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.3	<0.3	<0.28

◆ Resistivity

단위 : Ω · cm

전압 (kV) 구분	일 본(80℃ 기준)			IEC			ANSI		
	11-77	110-275	>500	<72.5	72.5-170	>170	<115	115-345	>345
운전개시전	>5x10 ¹²	>1x10 ¹³	>1x10 ¹³	-	-	-	-	-	-
운전개시후	>1x10 ¹¹	>1x10 ¹¹	>1x10 ¹¹	①>1x10 ¹¹ ②>2x10 ¹⁰	①>6x10 ¹¹ ②>2x10 ¹⁰	①>2x10 ¹² ②>1x10 ¹¹	-	-	-

※ 측정온도 ① 20℃ ② 90℃ 기준

Worksheet(한글)

작성자 : 최경화

공개 : ○ 비공개 :

◇주제분야 240100	
◇내용요약 절연유는 변압기, 콘덴서, 케이블, 차단기 등 송변전 설비와 배전기기에 사용되는 오일(油)로서 전기절연성과 냉각성이 요구되기 때문에 철심, 동선, 절연지, 절연목 등의 구성재료와 함께 중요한 요소가 된다. 이러한 전력기기들은 전력의 공유성 때문에 높은 신뢰성이 요구되며 전력수요 증가와 에너지 절약 차원에서 고전압화, 대용량화, 소형화, 경량화, 효율개선(저손실화, 고성능화)을 목표로 기술적 개선을 도모하고 있는 것은 이미 선진국에서는 오래된 일이고 우리나라 역시 전력기기의 제조업체와 절연유 제조업체, 우리 공사와 같은 절연유 수요처 등에서 많은 연구가 진행되고 있으며 상당한 기술수준에 이르고 있다. 신유에 대한 품질 및 평가방법은 한국산업규격에 명시되어 있으므로 간단히 소개하고, 여기서는 개정된 “전기절연유의 관리기준”에 대하여 상세하게 기술함. 1985년에 제정 현재까지 변압기 이상 진단에 적용하는 절연유 용존가스 관리 기준을 일부 변경 또는 추가하고, 절연유 품질관리 기준 및 신설 변압기 관리기준을 제정하여 현장에서 참조할수 있도록 새로운 관리 기준 및 분석방법을 종합 기술하여 향후 효과적인 절연유 관리업무에 만전을 기하므로써 돌발사고 예방과 수명연장에 기여하고자 함.	
◇보고서명 전기절연유의 관리 기준 및 분석방법에 관한 기술보고서	
◇저 자 재료부식연구소 정밀분석그룹 최경화,남창현	
◇보고서 번호 :	
◇페이지 수 : 28	
◇출판년도·언어 : 1998. 09, 한글	
◇Keyword - Electric insulating Oil - Gas Analysis - Water content - Breakdown voltage - Total acid number	
◇연구기간 : 1998. 7. 01 ~ 1998. 9. 21	◇총개발비 :
◇협력기관	