

전기설비의

효율적 운용과 안전한 유지관리 I

1980년대 초반부터 1990년 후반 무렵까지의 건설붐의 전성기라 할 수 있다. 고도성장시대에 건설된 전기설비는 현재 노후화, 경년열화화 하여 정전사고 및 효율이 떨어져 유지관리를 필요로 하는 전기시설물은 해를 거듭할수록 그 수가 증가하고 있다.

글 _ 박영섭(No. 9930) 기술이사 | 협회 기술이사 / 사고조사위원 / 한국전기안전서비스(주)

우리나라 국가경제의 바탕을 이루는 전기시설물(공장·빌딩 등)은 경공업 단계에서 현재는 중공업산업과 IT 및 자동차, 반도체 산업이 그 축을 구성하여, 부흥과 함께 여러 단계를 거치면서 고도성장시대에 대부분 건설되었다.

특히, 1980년대 초반부터 1990년 후반 무렵까지의 건설붐의 전성기라 할 수 있다. 따라서 고도성장시대에 건설된 전기설비는 현재 노후화, 경년열화화 하여 정전사고 및 효율이 떨어져 유지관리를 필요로 하는 전기시설물은 해를 거듭할수록 그 수가 증가하고 있다.

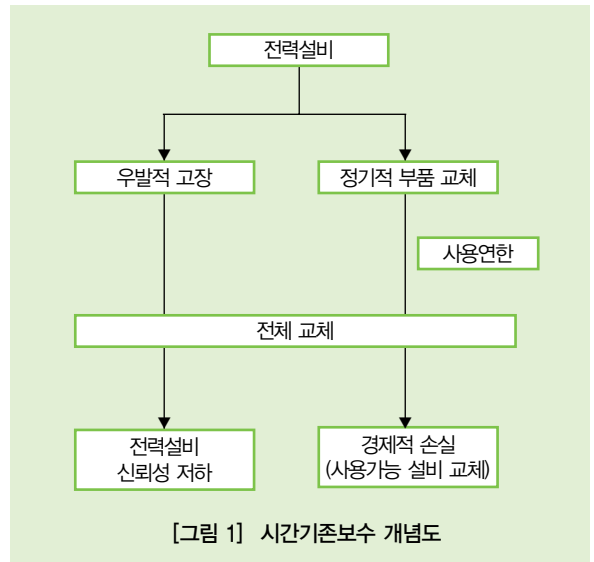
I. 국내외 전력설비 대개체 기준

국내의 전력설비 대개체 기준 경향은 1980년도 이전에는 각 기기별 사용연한을 정하여 사용연한 도래시 교체하는 시간기준보수(TBM : Time Base Maintenance)를 실시하였고, 80년도 이후에는 기기의 열화상태를 정밀진단하여 기기 수명 한계 이전에 교체하는 상태기준보수(CBM : Condition Base Maintenance) 개념으로 바뀌고 있다.

1. 시간기준보수(TBM)

1.-1 개요

시간기준 보수는 [그림1]과 같이 전력설비 사용연한을 정하여 사용연한에 따라 부품교체 또는 예방정비를 실시하고 사용연한 도래시 설비를 전체 교체하는 방법이다.



[표 1] 전력설비별 사용연한

설비명	사용연한(년)		비고
	한국	일본	
변압기	15	15	
차단기	15	15	
변류기	15	15	MOF포함
선로개폐기	15	15	
구분개폐기	15	15	
배전반	15	15	
모선장치	15	30	
피뢰기	10	10	
축전지	5	5	



충전장치	10	10	
접지장치	15	15	
직매케이블	30	30	
관로케이블	30	30	
케이블헤드	15	-	

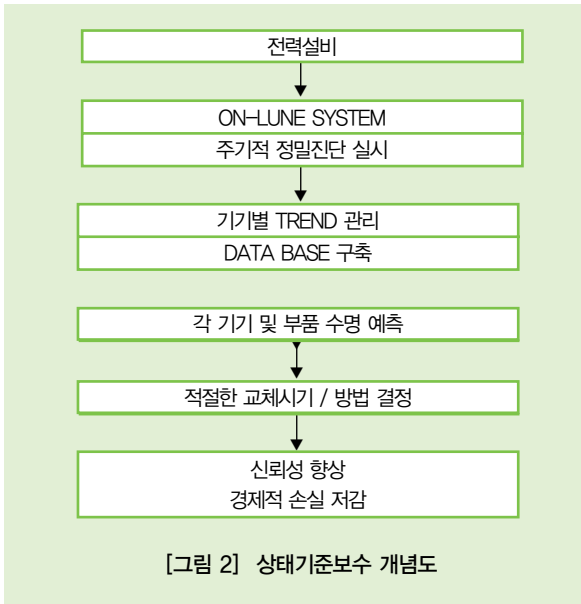
주) 한국 : 전기사업법(제27조 회계처리기준) / 일본 : 전기사업회계규칙

1.-2 시간기준보수의 장·단점

장점	<ul style="list-style-type: none"> 상시 감시체계 구축비가 필요없이 초기 공사비 저렴 설비의 제작년도와 사용연한만으로 대개체 계획을 수립 하므로 계획수립이 간단하다.
단점	<ul style="list-style-type: none"> 우발사고의 가능성이 높아 전문인력 상시대기가 필요 사고 대처에 장시간 소요됨 잔존수명과 관계없이 설비를 교체하므로 경제적 손실이 큼

2. 시간기준보수(TBM)

2.-1 개요



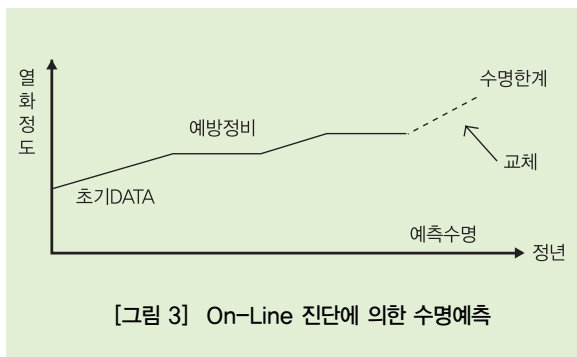
[그림 2] 상태기준보수 개념도

상태기준보수는 상시감시시스템(On-Line System) 및 주기적인 정밀진단을 실시하여 각 설비별로 Trend를 정밀 분석하여 잔존수명을 예측하고 적절한 시기에 설비를 교체하는 방법으로 캐나다, 독일, 일본, 한국(일부기업) 등 많은 나라에서 사용하고 있다.

2.-2 대개체 판단방법

가. On-Line System에 의한 대개체 판단

On-Line System은 각종 열화감지 센서와 통신기술, Data 분석기술을 이용하여 설비별 열화정도 Trend를 감시 및 분석하고 적절한 시기에 예방정비를 실시하여 설비의 수명한계를 연장시키며 설비의 고장발생을 사전에 방지한다.



[그림 3] On-Line 진단에 의한 수명예측

나. 정밀진단에 의한 대개체 판단

- 설비 제작공장에서 실시하는 정밀진단

[표 2] 전력설비별 제작공장 시험항목

설비명	정밀진단항목	국내·외 적용항목			
		유럽	미국	일본	한국
변압기	권선저항 측정	○	○	○	○
	변압비, 극성, 위상각 측정	○	○	○	○
	임피던스 전압, 부하손 측정	○	○	○	○
	무부하 손실, 전류측정	○	○	○	○
	온도상승 시험	○	○	○	○
	절연시험	○	○	○	○
	소음측정	○		○	○
	절연역률 시험		○		
차단기	충격전압 시험		○	○	○
	유도내전압 시험			○	○
	기계적 시험, 누기시험	○	○	○	○
	온도상승시험	○		○	○
	절연시험	○	○		
	단시간전류 시험	○	○	○	○
	충전전류 시험	○			
	콘덴서 बैं크 차단시험	○			
케이블	제어회로 시험		○	○	
	단락차단 시험	○	○		○
	무전압 개폐시험			○	○
	내전압 시험	○	○	○	○

[표 2] 전력설비별 제작공장 시험항목

설비명	정밀진단항목	국내 · 외 적용항목			
		유럽	미국	일본	한국
케이블	직류 누설전류 측정	○	○	○	○
	부분방전 측정	○	○	○	○
	유전정접 측정	○	○	○	○
	내전압 측정	○	○	○	○
	절연저항 측정	○	○	○	○
	수트리 측정			○	
	흡수량 측정			○	

주) 근거 : 유럽(IEC), 미국(ANSI), 일본(JEC), 한국(KS)
 - 설비의 사용장소에서 실시하는 정밀진단(중요설비 발취)

[표 3] 전력설비별 사용장소에서 실시하는 시험 항목

설비명	정밀진단항목	양호판정기준
MOF	절연저항	상과 대지간 50[MΩ]이상
	적외선열화상	3상 비교법 및 재질별 온도상승 이내
PF	적외선열화상	3상 비교법(5°C미만)
VCB	절연저항	정격전압/(정격출력+1000)[MΩ]이상
	진공도	8[mA]이하
	동작특성	개로시간 : 83ms, 폐로시간 : 100ms 이하
	접촉저항	동일 기기와 비교
	유전정접	동일 기기와 비교
	적외선열화상	3상 비교법(5°C미만)
변압기	절연내력	시험전압에서 10분간 견딜
	성극비	(1분후 누설전류/10분후 누설전류)1
	권선저항	3상 비교법
	%Z	표준치의 ±7.5%이하
	유전정접	2.0% PF 미만
	절연저항	50[MΩ]이상
	적외선열화상	3상 비교법 및 재질별 온도상승 이내
케이블	절연내력	시험전압에서 10분간 견딜
	성극비	(1분후 누설전류/10분후 누설전류)1
	유전정접	5.0% PF 미만
	적외선열화상	3상 비교법 및 재질별 온도상승 이내
ATS	절연저항	상과 대지간 0.2[MΩ]이상
	접촉저항	500[mΩ]이하 (각상비교)
	적외선열화상	3상 비교법 및 재질별 온도상승 이내
	분해점검	아크흔적, 마모상태, 개폐시험 등

주) 근거 : KS 기술기준, 내선규정, 제작사 메뉴얼

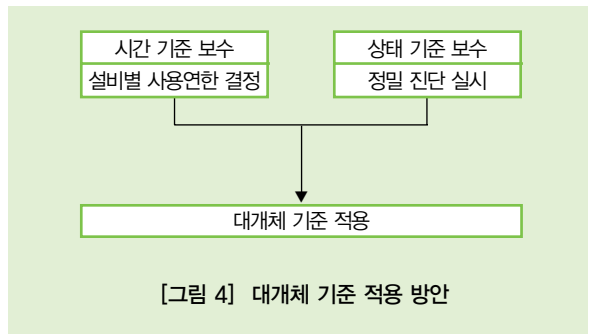
2.-3 상태기준 보수의 장 · 단점

장점	<ul style="list-style-type: none"> • 설비 각각의 수명을 예측하므로 적기에 교체가 가능 • 사고 발생전 이상징후를 감지하여 사고 예방이 가능 • 우발사고의 가능성이 낮아 전문인력의 축소가 가능
----	--

단점	<ul style="list-style-type: none"> • 상시감시시스템 구축에 초기비용 발생 • 정밀진단 실시의 경우 정전이 수반됨
----	--

3. 대개체 기준 적용 방안

전력설비 대개체 기준은 시간기준보수(TBM)방식에 상태 기준보수(CBM) 방식의 정밀진단을 추가하여 대개체 기준을 수립한다.



3.-1 설비별 등급결정

전력설비 수명에 밀접한 관계가 있는 사항을 종합 분석하고 각 설비별 설비등급을 정하여 설비 상태에 적절한 사용연한을 결정한다.

■ 설비등급 결정시 고려사항

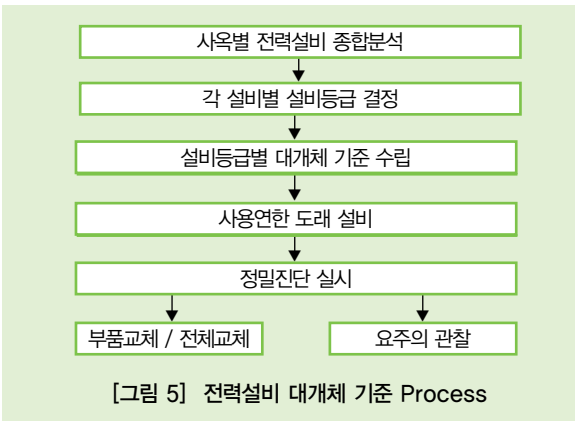
- 주위환경(온도, 습도, 염해 등)
 - 전력설비 열화에 밀접한 관계가 있는 요소등을 고려함
- 설비별 사용 부하율(변압기, 변성기, 케이블)
 - 전력설비 온도상승에 관계있는 부하율을 고려함
- 개폐횟수(차단기, 스위치)
 - 차단기 수명에 밀접한 관계있는 개폐횟수를 고려함
- 전류 고조파 함유량(변압기, 케이블, 콘덴서)
 - 전력설비 발열 및 진동 등에 관계있는 고조파량을 고려함
- 부하 중요도
 - 통신부하 등 중요부하에 공급하는 설비는 사용연한을 짧게하여 관리함
- 정밀진단 결과 반영
 - 정밀진단 결과 동일 기기와 비교하여 불량 판정치에 가까운 설비는 사용연한을 짧게하여 관리함
- 기타사항(한전권고사항, 상간 온도차등)

3.-2 정밀진단실시

전력설비 현황 및 설비등급에 따라 사용연한이 1년 이내로 도래한 설비 및 사용연한이 경과한 설비에 대하여 정밀진단을 실시하여 교체여부를 판단한다.

3.-3 설비의 교체 또는 보수

정밀진단 결과 불량인 설비에 대하여 적절한 시기에 전체 교체 또는 보수를 실시한다.



II. 전력계통분석

기존 전력설비가 최초 설비를 시설하고 추가로 설비를 증설 및 변경하면서 계통 전체적으로 안정성이 저하되고 설비의 노후화로 사고의 발생은 더욱 증가되고 있으며 설비의 사고 잠재요인을 사전에 발견하여 제거하고 만약 사고가 발생하더라도 파급을 최소화하기 위하여 사전에 전기설비의 상태를 진단, 분석하여 가장 합리적인 개선방향을 제시한다. 따라서, 주기적인 점검, 진단 및 개선이 요구되고 있으나 공정상 정전이 불가능하여 육안점검 등 일상적인 점검에 그치고 있는 실정이다. 최근 전력계통분석 Program이 개발되고 있으며 분석기법 또한 전문가가 주로 수행하고 있으며 정확한 진단 및 분석을 통하여 미연에 사고를 방지함은 물론, 고품질 전력사용과 설비의 효율적인 관리를 기할 수 있다.

1. FAULT CURRENT CALCULATION

계통의 3상단락전류 및 1선지락전류를 계산하여

- i) 차단기 차단용량 결정

- ii) 전력기기의 기계적 강도 및 정격 결정
- iii) 보호계전기 SETTING
- iv) 통신 유도 장애 검토
- v) 계통구성안 결정
- vi) 유효접지조건 검토 등에 활용한다.

2. RELAY COORDINATION

보호계통이 적정한가를 검토하고 각종 보호계전기 정격 값이 전위·후위보호계전기간 협조가 되도록 하여 안전하고 설비사고의 최소화 및 사고 시 주차단기가 트립되어 정전의 범위가 확대되는 것을 방지하기 위함이다.

3. 전력계통구성 및 보호 SYSTEM 검토

전력계통구성은 계통의 안정성과 효율적인 운용에 상당히 중요하며 부하규모, 부하위 중요도 등에 따라 인입선로, 변압기 뱅크구성, 강압방식, 모선구성, 배전구성, 연계선로 구성등 가장 합리적인 계통구성이 되도록 검토한다.

- i) 인입선로 검토
- ii) 변압기 BANK구성 검토
- iii) 수, 배전 모선구성 검토
- iv) 계통운용방안 검토

4. 기기정격 및 용량 검토

전기설비의 각종 기기 및 구성요소를 정확한 자료파악, 실측, 검토, 분석하여 불합리한 요소를 찾아내고, 가장 합리적인 개선방향을 제시한다.

- i) 변압기 용량 검토
- ii) 차단기 용량 검토
- iii) 케이블 굵기 검토
- iv) 변성기(CT, PT, ZCT, GPT) 검토
- v) 발전기, UPS, 축전지용량 검토
- vi) 기타 전력기기 검토

계속