

공장전기설비의 수명과 보전에 관한 앙케이트 조사보고

김선경/역

1. 머리말

공장 생산설비의 규모가 커짐에 따라 전기설비의 고장에 따른 정지로 생산에 미치는 영향 및 손실은 해마다 증가하는 경향이다.

전기설비에 대한 메인テナンス도 사후보전에서 예방보전 나아가 생산보전 토탈예방보전(TPM: Total Preveative Maintenance)으로 사고방식이 변하여지고 있다.

또 예방보전에 의하여 기기의 장수명화가 도모되는 한편 수명에 대한 사고방식도 변하여지고 있다.

공장전기설비 조사위원회에서는 공장전기설비의 수명과 메인テナンス의 실태조사를 유저 대상으로 앙케이트방식에 의하여 실시하였다.

이 조사양식은 별지와 같으나 조사내용은 주로 다음과 같은 현상의 실태 파악을 목적으로 하였다.

- (1) 기기수명의 실적고 수명결정의 요인.
- (2) 예방보전기술(고장진단 수법)의 활용상황.
- (3) 주요기기마다의 교환품의 갈아 끼우는 주기

2. 조사대상공장의 개요

2-1 업종별 회수수

앙케이트 용지를 업종별로 보면 다음과 같다.

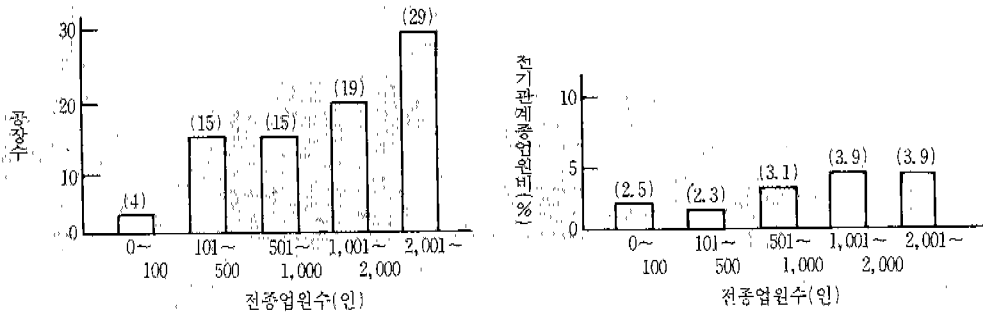
()내는 앙케이트수를 표시함.

	앙케이트수	회수공장수
① 석공	7	4(4)
② 섬유	10	7(6)
③ 펄프지	6	5(4)
④ 화학공업	49	34(27)
⑤ 고무	3	1(1)
⑥ 철강	13	8(6)
⑦ 비철금속	6	2(2)
⑧ 가스	6	6(4)
⑨ 시멘트	4	2(2)
⑩ 자동차	5	1(1)
⑪ 기기전박	10	7(5)
⑫ 전기기계	8	5(4)
⑬ 기타	2	0(0)
합 계	129	82(66)

2-2 전기관계종업원수

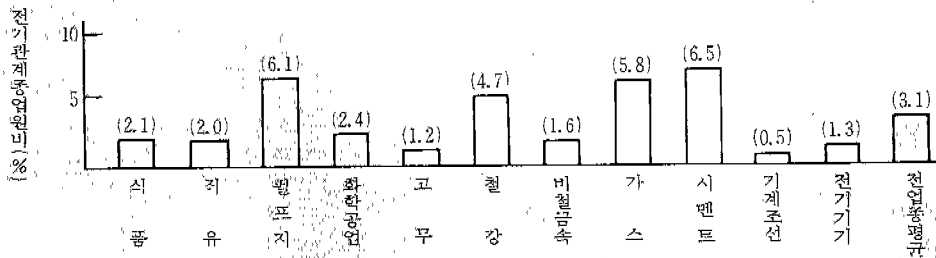
82 공장의 전종업원수 및 전기관계종업원수를 <그림 1>에 표시한다(계장관계를 제외). 또 사용전력과 전기관계종업원의 관계를 <그림 2>에 표시한다.

<그림 2>에서 밝힌 바와 같이 전업종평균의 kW/人是 자가발전기를 보유한 공장으로 2,360kW/人, 자가발전기가 없는 공장에서는 1,650kW/人이고 앞서 조사한 결과에 비하여 각기 34%, 41%가 증가되었다.

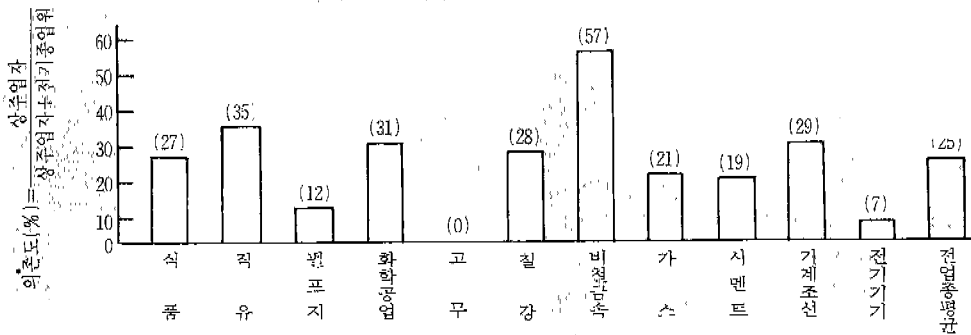


(1) 공장의 전종업원수

(2) 전기관계종업원의 비율



(3) 업종별 전기관계종업원의 비율



(4) 업종별 전기보수상주업자 의존도

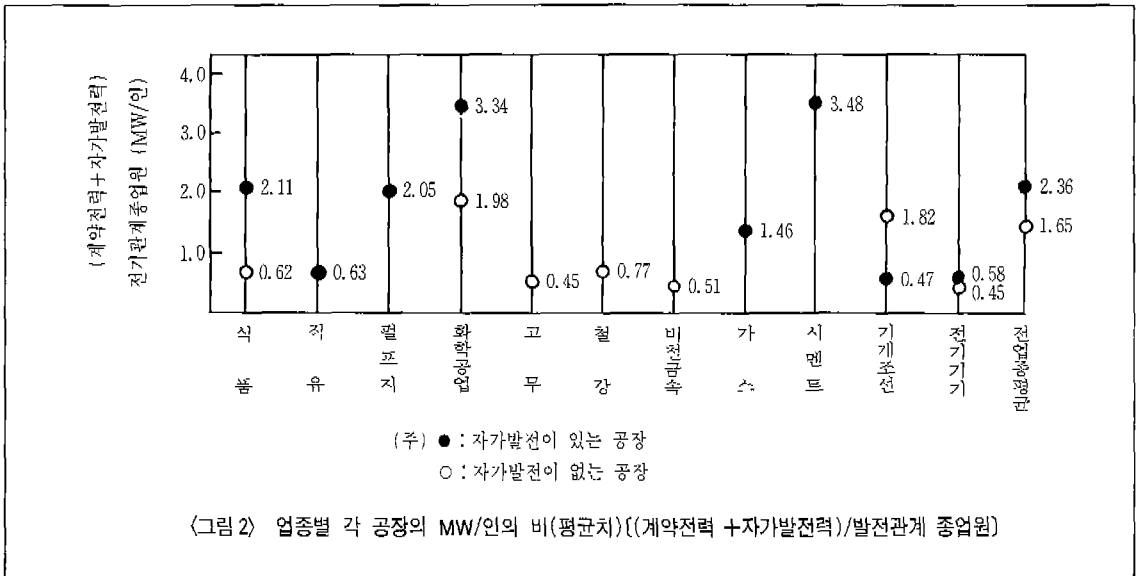
주) 상주업자란, 상시 공장내에 사무소를 두고 보수를 하고 있는 업자임.

〈그림 1〉 각 공장의 종업원수

또, 업종별 전기관계종업원수를 비교하면 시멘트, 펄프지, 가스의 전종업원에 대한 전기관계종업원의 비율이 높다. 한편 업종별 전기보수업자 의존도에서는 펄프지, 시멘트, 가스의 의존도가 알려져 있다. 이상의 결과로 보아 이들의 업계는 자사 전기관계종업원에 의한 보수를 하고 있는 업

제라 할 수 있다.

또 이번의 앙케이트에서는 공장에서의 전력운용 상황을 파악하기 위하여 예비전력의 계약전력에 대하여 조사를 하였으나 업종별, 계약전력의 규모와의 사이에 명확한 관계는 알수 없었다.



3. 전기기기의 수명에 관한 앙케이트의 고찰

3-1 수명의 연수

실적에서 상정하여 기기의 수명은 몇년이라고 생각하고 있습니까? 라는 물음에 대하여 조사결과를 (표 1)에 정리하였다.

수명의 연수의 평균치를 보면 15년정도의 기기는 배터리, 20년 정도의 기기는 반도체응용품, 25년 정도는 콘덴서, 개폐기, 옥외폐쇄배전반, 케이블, 저압 및 직류전동기 비상용 발전설비, 30년 정도의 기기는 변압기, 변성기, 차단기, 옥내 및 기타 배전반, 고압전동기이다.

이 결과는 앞서 조사(1960년)결과 (배터리는 15년 전후, 변압기는 30년이상, 기타는 25~30년이 되었다)와 거의 같고 평균치로서는 타당한 선이라 생각된다.

앙케이트 회답수가 앙케이트 회수수의 70% 이하의 기기는 진공차단기, 가스차단기, 진공개폐기, 고압동기전동기, 직류전동기, 비상용 발전설비이다. 앞의 3기종은 비교적 새로운 기종인것, 후의 3기종은 특수용도이기 때문에 사용실적이 다른 기종보다 적기 때문에 회답수가 적었던 것으로 생각된다.

다.

의견중에도 진술되어 있으나 전기기기의 수명은 환경상태, 개폐빈도, 부하상태 등의 사용조건 및 보전상황에 따라 크게 좌우된다.

수명연수의 앙케이트결과 중심치가 15년 이상 분산된 기기는 옥외 폐쇄배전반, 기타 배전반, 저압 CV케이블, 저압유도전동기, 비상용 발전설비이다. 옥외 폐쇄배전반은 환경조건에 좌우되며 기타의 기종은 그에 더하여 사용조건에 좌우되기 때문에 수명의 중심치가 분산되어 있다고 생각된다.

수명의 판단, 특히 노후된 설비의 갱신시기를 결정하는데 있어서는 설비의 중요성(안전의 보장)과 경제성이 영켜 고민하는 듯한 현상이다. 앙케이트 결과에서 갱신을 고려하는 시기는 배터리는 10년 경과시부터 개폐기, 옥외폐쇄배전반, 고압CV케이블 반도체응용품은 15년 경과시부터 콘덴서, 건식변성기 차단기, 단로기 및 옥내 및 기타 배전반, 저압 CV케이블, 전동기, 비상용 발전설비는 20년 경과시부터 변압기, 유입변성기는 25년 경과시부터라고 말할 수 있을 것이다.

열화의 판정은 근년의 진단기술의 진보에 의하여 일부 판정치를 설정하고 있는 것도 있으나, 전반적으로는 개개의 상황에 따라 열화경향 등을 고려하

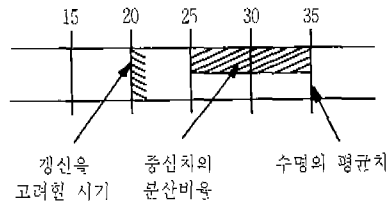
(표 1) 전기기기의 수명에 관한 앙케이트 조사결과

NO.	기기의 종류	수명의 평균치	수 명 의 연 수						※ 수명의증기상태					앙케이트 회 답 수
			10	15	20	25	30	35	1	2	3	4	5	
1-1	유입변압기	32.4									○	○		83
-2	건식 몰드변압기	31.0									○	○		64
2	콘덴서	27.2											○	80
3-1	유입변성기(P·CT)	30.8											○	73
-2	건식변성기(〃)	27.8											○	80
4-1	유입차단기	29.0								○		○		72
-2	소유량차단기	29.3								○		○		63
-3	풍기차단기	30.4								○		○		59
-4	자기차단기	29.2								○		○		62
-5	진공차단기	28.2								○		○		52
-6	가스차단기	31.5								○		○		41
5	단로기	29.8											○	81
6-1	기중개폐기	24.5											○	77
-2	유입개폐기	25.8											○	62
-3	진공개폐기	25.6											○	51
7-1	실외폐쇄배전반	24.5											○	71
-2	실내폐쇄배전반	29.8											○	80
-3	기타배전반류	27.6											○	77
8-1	고압 CV케이블	24.0											○	80
-2	저압 CV케이블	26.6											○	82
9-1	고압유도전동기(B종)	28.1											○	80
-2	고압동기전동기(B종)	28.9											○	58
-3	저압유도전동기(E종)	26.7											○	78
-4	직류전동기	24.9											○	58
10	비상용발전설비(D/C)	28.2											○	46
11-1	연باط터리	14.5											○	75
-2	알카리باط터리	16.8											○	66
12	반도체응용품(VVVF,CVCF)	20.5											○	63

※ 수명의 증기상태

1. 고장빈도가 높아져 정전에 의한 손실이 많아진 시점
2. 교환부품의 인수가 곤란하게 된 시점
3. 수리가 기술적으로 불가능하게 된 시점
4. 성능이 저하하고 사용상의 안전성이 유지가 안된다고 판단될때
5. 성능열화에 의하여 유지관리비의 증대가 현저하여진 시점

수명의 년수의 범례



여 판단하고 처치를 결정하고 있는 현상이다. 상기의 갱신을 고려하는 시기는 앙케이트결과에서 중심치의 분산 등을 고려하여 판단하였으나 진단기술 및 판정기준의 확실하지 않은 기종은 별지 C 「앙케이트조사결과(상세)」에 수명이라는 회답에 나타난 연수보다도 빠른 시기에서 수명을 고려한 진단을 개시하는 것이 필요할 것이다. 예를들면 유입변압기에 대하여는 15년 경과시부터 고압CV케이블, 전동기에 대하여는 10년 경과시부터라는 말과 같이 환경조건, 사용조건을 고려하여 진단시기를 결정하여야 할 것이다.

3-2 수명의 경기상태

모든 기종에 대하여 4항(성능이 저하하고 사용상의 안전성이 유지되지않는다고 판단한 점)이 경기(經期)상태로 생각되고 있어 콘덴서, 변성기, 단로기, 개폐기, 케이블 비상용 발전설비는 4항만이 경기상태의 판단에 가하여지고 있다.

3항(수리가 기술적으로 불가능하였을 때의 시점)을 경기상태의 판단에 가하여져 있는 기종은 변압기, 전동기이다.

5항(성능열화에 의하여 유지관리비의 증대가 많아진 시점)을 경기상태의 판단에 가하여진 기종은 배전반, 전동기, 밧데리이다. 반도체응용품은 4항, 2항, 5항, 3항에서 경기상태를 판단하고 있다.

4. 예방진단수법에 관한 앙케이트에 대한 고찰

4-1 예방진단수법

산업용 전기설비전반과 대표적 11기종의 12항목에 대하여 통계 80항목의 비교적 잘 알려져 있는 진단수법에 대하여 그 채택율, 진단주기 및 판정기준을 중심으로하여 앙케이트를 하였다.

앙케이트 회답의 집약에 있어서는 아래에 기술한 포맷을 채택하였다.

(1) 채택율

채택율의 표현은 회답공장의 75% 이상, 50% 이상 ○, 25% 이상 △, 25% 미만 ×로 하였다.

(2) 진단주기

진단주기의 표현에 있어서는 채택율이 50% 이상의 것을 대상으로 하여 하나의 주기가 피크가 되어 나타나는것 혹은 둘의 주기를 가하면 채택회답공장의 50% 이상이 되는 것에 대하여만 그 주기를 표시하였다.

(3) 판정기준

판정기준은 그 진단수법 채택율이 50% 이상의 것으로 그 회답내용에 너무 변동이 없는 것만 대상으로 하였다.

4-2 각 진단방법에 대한 회답내용의 고찰

여기서는 4종류 6항목의 진단방법에 대하여 앙케이트를 구하고 있으나 이들의 진단방법을 다시 온도에 관한 것, 절연에 관한 것 및 사고현장 해석에 관한 것으로 분류하면 다음과 같이 된다.

〈온도감시〉

진 단 방 법	채용율(%)
서머스터, 서모테이프 등에 의한 감시	86.8
적외선등에 의한 감시	25.3

〈절연감시〉

진 단 방 법	채용율(%)
파이로트에게에 의한 오손측정	19.3
절연저항측정	14.5
서어지성누와 전류에 의한 애자 오손감시	6.0

〈사고현상해석〉

진 단 방 법	채용율(%)
사고자동기록장치	34.9

1) 변압기류

변압기류에 대하여는 7종류 9항목의 진단방법에 대하여 앙케이트를 하였으나 이들 진단방법을 다시 본체의 절연에 관한 것, 절연유에 관한 것 및 온도에 관한 것으로 분류하면 다음과 같이 된다.

〈본체의 절연〉

진 단 방 법	채용율(%)
절연저항측정	100
절연내압시험	36.1
유전정접(tanδ)측정	25.3
부분방전(코로나)측정	6.0

〈절연유〉

진 단 방 법	채용율(%)
수분·산값측정(사선)	59.0
수분·산값측정(활선)	53.0
유중가스분석(활선)	53.0
유중가스분석(사선)	42.2

〈온도감시〉

진 단 방 법	채용율(%)
유온 및 권선의 온도감시	92.8

2) 콘덴서

콘덴서에 대하여는 4종류 4항목의 진단방법에 대하여 앙케이트를 내었으나 진단방법을 다시 절연에 관한 것과 콘덴서 용량검증에 관한 것으로 분류하면 다음과 같이 된다.

〈절 선〉

진 단 방 법	채용율(%)
절연저항측정	11.6
절연내력시험	15.7
유전정접(tanδ)측정	10.8

〈용 량〉

진 단 방 법	채용율(%)
정전용량측정	12.1

3) 계기용 변성기류

계기용 변성기에 대하여는 4종류 4항목의 진단방법에 대하여 앙케이트를 냈으나 채택되고 있는 진단방법은 절연에 관한 것 뿐이었다. 판정기준은 콘덴서와 같이 절연저항에 의한 공장이 많았다.

〈절 연〉

진 단 방 법	채용율(%)
절연저항측정	95.2
절연내력시험	28.9
유전정접(tanδ)측정	4.8
보조권선을 사용한 오차측정	0

4) 차단기

차단기에 대하여는 8종류 9항목의 진단방법에 대하여 앙케이트를 냈으나 이들 진단방법을 다시 절연에 관한 것, 개폐동작에 관한 것 및 온도에 관한 것으로 나누면 다음과 같이 된다.

〈절 연〉

진 단 방 법	채용율(%)
절연저항측정	98.8
절연내력시험	31.3
소호매체의 특성조사	9.6

〈온도감시〉

진 단 방 법	채용율(%)
접촉저항측정	28.9
접촉부의 온도감시	19.1

〈개폐작동〉

진 단 방 법	채용율(%)
분해점검	95.2
제어회로의 시퀀스조사(사선)	85.5
개폐동작특성시험	81.9
제어회로의 감시(활선)	26.5

5) 단로기

단로기에서는 다섯가지의 진단방법에 대하여 앙케이트를 냈다. 이들 진단방법을 다시 시험법을 절연에 관한 것, 온도상승에 관한 것, 개폐동작에 관한 것으로 나누면 다음과 같이 된다.

〈절 연〉

진 단 방 법	채용율(%)
절연저항측정	95
절연내력시험	17

(온도상승)

진 단 방 법	채 용 율(%)
접촉부의 온도감시	66
접촉저항측정	10

(개폐동작)

진 단 방 법	채 용 율(%)
개폐동작특성시험	37

6) 배전반

배전반류에서는 다섯가지의 진단방법에 대하여 앙케이트를 냈다. 이들 진단방법을 다시 시험법으로 시퀀스에 관한 것과 절연에 관한 것으로 나누면 다음과 같이 된다.

(시퀀스)

진 단 방 법	채 용 율(%)
세전기류의 동작특성시험	96
시험입력에 의한 계기교정	66
모의입력에 의한 시퀀스	55

(절 연)

진 단 방 법	채 용 율(%)
절연저항측정	86
절연내력시험	8

기타 케이블류, 회전기류, 배터리, 반도체 응용 제품, 비상용 발전기 등의 집계결과에 대하여는 생략한다.

5. 교환부품에 관한 앙케이트의 고찰

5-1 교환주기

앙케이트에 대한 의견에서도 지적되고 있으나 교환부품의 주기는 사용빈도(개폐, 기동, 정지), 부하상황, 기기구조, 환경조건 등에 따라 많은 변동이 있다.

(1) 정기점검결과 또는 고장시에 교환하고 있으므로 교환주기로서는 파악이 안되고 있다(7공장).

(2) 설비가 비교적 새것이기 때문에 부품교환이

없다(6공장).

등에 의하여 회답율이 전체로 부진하였다고 생각되거나 교환주기를 어느정도 짐작이 가리라 생각된다. 또, 앙케이트집계는 다음과 같은 사항을 지적하고 있다.

(1) 회답율 30% 이상에 대하여서만 교환주기를 집계하여 고찰하였다.

(2) 기입대상설비별(A : 수변전설비, B : 부하설비, C : A 및 B의 양쪽) 및 설비장소의 환경이 따로 어떻게 교환주기가 변하는가도 조사하였으나 결과로서는 현저한 변화는 인정되지 않기때문에 이들의 구별을 하지않고 집계하였다.

(3) 앙케이트의 회답에서 ○○년~○○년으로 폭이 있는 것은 교환주기의 짧은편을 집계하였다. 이하에 각부품에 대하여 고찰한다.

5-2 각 부품에 대한 회답내용의 고찰

1) 변압기의 팬

축받이의 수명이 팬교환의 주인이라 생각되나 변동은 운전조건 축받이형식에 의한 것으로 생각된다.

전기협동연구회의 보고에서도 팬용 축받이의 교환시기는 10년으로 하고 있어 교환주기 10~20년은 타당하다고 생각된다.

2) 변압기의 계기·단전기류

상당한 변동이 있는 것은 유면계(構狀, 라이알), 유면계, 질소압력계, 브풀리레이, 압력리레이 등 종류가 많은 것도 영향된다고 생각된다.

3) 변압기의 흡습제

환경조건, 운전조건의 변동이라 생각되나 옥외설치가 대부분이기 때문에 1~5년은 타당한 선일 것이다.

4) 유입차단기의 접촉자

상당한 변동이 있는 것은 개폐빈도에 의한 영향도 크리라 생각된다. 일반적으로 개폐빈도가 많은 부하설비가 5~10년, 개폐빈도가 적은 수변전설비는 10~20년으로 대상설비에 의한 변화가 보인다.

5) 유입차단기의 투입, 트립장치부품

접촉자와 같이 개폐빈도(대상설비)에 의한 변동

이나 15~20년은 타당하다고 본다.

회답율이 적었으나 조각코일도 이와 같은 경향(다른 차단기도 같음)을 표시하고 있다.

6) 소유량차단기의 접촉자

변동은 유입차단기와 같은 이유에 의한 것으로 생각된다. 유입차단기에 비하여 전체로서 교환주기가 짧은 경향이다.

7) 차단기의 접촉자

변동은 개폐빈도에 의한 것이 아니고 환경조건이라 상정된다. 차단기보다 전체로서 교환주기가 긴 것은 개폐빈도의 차에 의한 것이라 생각된다. 또, 회답율이 적으나 조각기구부품도 이와 같은 경향을 나타내고 있다.

8) 배선용 차단기

교환주기의 변동은 개폐빈도일 것이다. 배전반부품중에 가장 교환주기가 짧은 것도 그에 기인한 것으로 생각된다.

9) 보호리레이

비교적 현저하게 10~20년에 집중하고 있다. 일반적으로 말하고 있는 교환주기(법정내용년수 15년)과도 합치되고 있다.

10) 보조리레이

저압콘택트와 같이 개폐빈도에 의하여 교환주기가 크게 영향한다고 생각된다.

11) 조각스위치류

변동의 원인은 개폐빈도라 생각된다.

12) 전동기의 축받이

상당히 변동이 있으나 2~3시간 연속운전으로 2, 3년 혹은 4년은 일반적으로 타당하다고 생각된다. 운전상황, 환경조건(환경별의 집계에서는 ① 鹽害重行損 ② 鹽害中行損 ③ 가스오손 및 분해의 순으로 교환주기가 짧은 경향을 표시하고 있다), 축받이의 종류, 보수기준 등에서 변동이 있다고 생각된다. 축받이는 각 유저 모두 예방보전을 하고 있으리라 생각되기 때문에 교환주기의 파악이 될뿐 아니라 위의 전동기는 거의 모두의 유저가 설비로서 보유하고 있기 때문에 회답율이 가장 많았던 것이라 생각된다.

13) 전동기의 계기류

비교적 현저하게 10~20년에 집중되어 있다. 변동은 환경(환경별의 집계에서는 ① 가스오손 및 분해 ② 鹽害重行損 ③ 鹽害中行損의 순으로 교환주기가 짧은 경향을 표시하고 있다)에 의한 것으로 생각된다.

또, 설치환경이 나쁜것(우외설치가 많다)을 같은 조건으로 동종(同種)의 기종인 전압기의 계기, 단전기류와 비교하여 전체로서는 교환주기가 짧은 경향을 나타내고 있는 것은 설비별 변압기는 A, B, C. 전동기는 거의가 B의 상위에서 오는 환경조건의 차(전동기쪽이 심하다)인 것으로 생각된다.

14) 반도체응용품의 제어용품

회답율이 적었던 원인과 흡사한 경향을 표시하고 있으나 5년 이하가 있는 것은 제품의 변동이 불명하다.

5~15년은 유접점인 보조리레이와 비교하여 짧은 감이 있으나 사용실적 연수가 아직 짧기 때문에 상당한 추정이 된 것이라 생각된다.

15) 반도체응용품의 전해콘덴서

일반적으로 수명이 짧다고 하여 5~15년은 타당한 경향을 표시하고 있는 것으로 생각된다. 집계상에서도 많이 집중되고 있다.

16) 전동기코일 권선

15년 이하는 특별기 또는 특별한 사정이 아닌가 생각된다(1건 그와 같은 조건부로 10년이라 회답한 것도 있음). 환경, 운전조건 등의 차는 있으나 20년에 피크가 있다는 것은 일반적으로는 20년 정도의 권환주기가 아닌가 생각된다(권환은 고압전동기 중심이라 추정, 고압전동기 수명집계에서는 25~30년에 집중하고 있다).

17) 변압기류

절연유의 열화요인으로서 흡습, 산화, 과열을 들 수 있으므로 유열화 방지방식(콘서베이터의 유부, 브리저형, 밀봉형, 질소봉입형 등) 환경 및 운전조건에서 변동이 있다고 생각된다. 5~10년이라 회답한 것은 브리저형중심이라 생각된다.

18) 유입차단기

변동은 개폐빈도 및 사고사단회수에 의하는 것이

라 생각되나 5년 이하가 53.9%(28공장)로 있는 것은 설비구분에 관계없이 개폐빈도, 사고차단기가 비교적 많은 케이스가 집중된 것이라 생각된다.

19) 고압퓨우즈

현저하게 10~15년에 집중되어 있다.

전동기용등에서 다빈도 개폐에 의한 열화에 의한 소전류 차단능력에의 영향에 의하여 10년에 교환하였다고 하는 회답도 있었으나 용도에 따른 고압퓨우즈선정에 관하여는 JEC-201「전력퓨우즈」에 반복하여 과전류특성이 규정된 경위도 있어 선정의

문제가 상당히 수명에 영향을 끼친 것이라 생각된다.

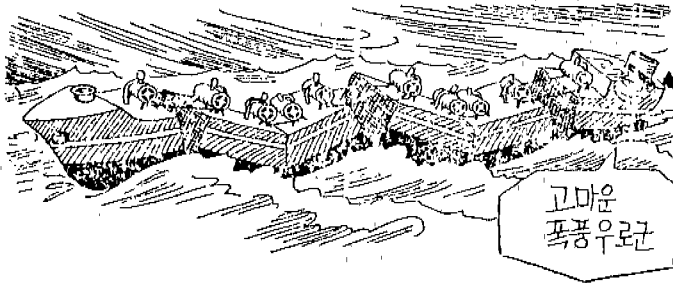
7. 맺는말

앙케이트 조사결과를 정리하여 고찰을 하였으나 나아가 간단하고 용이하며 확실하게 수명을 예지할 수 있는 합리적인 진단기술 및 판정기준의 확립이 바람직하다. ⊕

휴게실

♣ 쾌청한 날에는 항진하지 않는배

이것은 스페인 사람의 대발명이다. 옛날 무적함대를 만들어 5대양을 누비던 스페인이었으므로 이러한 것을 낳게 했다는 것을 생각하면 확실히 혈통이라는 것은 무시 못할 것인가 보다. 발명자는 카레 로테리아라는 기술자이다. 태평양의 삼각파로 보리바야호는 선체가 두 동강이가 나 침몰하였으나 이것은 그림을 보면 알 수 있듯이 처음부터 선체를 몇 동강으로 분리하고 있다.



이야기는 여기서부터가 본론이다. 그 분리된 각각을 선체에 있는 핀조인트로 연결해 둔다. 파도가 치더라도 그것 때문에 각 분리선은 상하로 운동한다. 그 운동을 적당한 장치로 변환하여 배가 항진하도록 하자는 것이 여기서 목적인 것이다. 따라서 풍량이 심하면 배는 맹속력으로 나아가게 된다. 그러나 조용한 바다에서는 정지상태가 된다. 고요한 바다 위에서 갈매기와 더불어 낭만을 즐기자는 구상도 결들인 것인지 모를 일이다.