



### 01. 내전압시험기란 무엇인가.

내전압(耐電壓, 또는 내압)시험이란 전기적으로 접촉되어 있지 않은 두 개의 도체 사이에 얼마나 높은 전압을 인가해 보아도 견딜 수 있는가를 시험해 보는 것이다. 그렇다고 해서 어느 곳이든 떨어져 있는 두 개의 도체 사이에 모두 내전압 시험을 해 볼 이유는 없다.

당연히 두 개의 도체가 가까이 있는 중에서도 그 중 한 도체(또는 전선)에 전기가 인입 되어 있고 또 다른 한 도체가 노출되어 인체에 접촉될 수 있는 경우, 또는 접지되어 있을 경우에만 내전압 시험이 필요하게 된다.

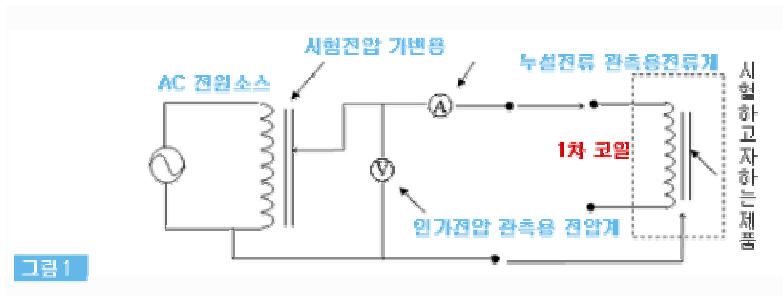
즉, 두 개의 전선 사이나, 적어도 한 개의 도체에 전기가 인입 되어 있어 그 두 도체가 서로 닿거나 그 사이의 절연이 불량해서 누전이 되면 위험하거나, 또는 감전이 될 우려가 있을 때 내전압 시험이 필요하다는 이야기이다.

이 말은 영어로는 Puncture Test, Hipo(High Potential Voltage) Test, Withstanding Voltage Test라고도 하며, 모두 같은 뜻이다.

### 02. 내전압 시험의 목적

내전압 시험의 목적은 Motor나 Transformer, Relay, 발전기, 차량용 부품과 냉장고, 세탁기, 전기밥솥과 같은 가전제품에서 충전부(전기인입선)와 비충전부(접지될 수 있거나 사람의 손이 닿는 외부 금속체)사이에, Motor에서는 권선과 코어사이, 트랜스에서 1차코일과 코어사이, 1차코일과 2차코일 사이, 2차코일과 코어 사이에 얼마만한 전압이 인가되어도 견딜수 있는가를 시험해 보는 일이며, 이러한 시험을 통해 절연의 완벽성 여부, 파손위험 여부, 이물질 개입, 또는 비정상적인 근접부위가 있는지를 미리 알아 보아 제품의 전기적 안전성, 품질을 가늠해 보기 위한 것이다.

### 03. 내전압 시험방법



내전압 시험을 위해서는 (그림1)과 같이, 말 그대로 시험해 보고자 하는 부위(미리 떨어져 있는 두개의 도체 사이, 그림에서는 트랜스의 1차코일과 코어 사이)에 외부에서 전압을 인가해 보고, 이때 흐르는 누설전류를 전류계로 읽어 누설전류가 비정상적으로 많을 경우 무언가 이상이 있을 것이라는 생각에 불량으로 판정하는 방식이다.

그런데 내전압 시험에 인가해 보는 전압은 AC이다. 여기서 잠시 부연 설명하자면 내전압 시험은 절연저항 시험(Insulation Test)와는 다르다. 절연저항시험은 오로지 누전여부를 시험하는 것으로 시험에는 DC전압

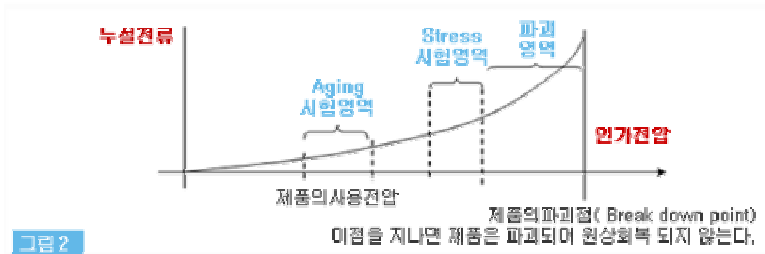


(500 V, 또는 1000 V)이 사용되며, 시험결과를 MΩ으로 나타내어 말 그대로 누전여부(감전가능성 여부)를 알아보는 것이나, 내전압 시험은 AC 전압을 이용, 제품의 누전여부뿐만 아니라 외부의 어느 정도 전기적 충격에도 견딜 수 있는지를 미리 시험해 보아 품질보증과 함께 수명보장, 안전성 보장을 한다는 뜻이다.

모든 품질 시험방법에는 충격시험(Stress)과 수명시험(Aging)의 두 가지가 있다.

Aging 시험이란 사용조건과 동일하거나 또는 조금 더 열악한 환경에서 장시간 동작시켜 보아 제품의 수명, 품질, 안전성 등을 확인해 보는 방법이다. 당연히 이 시험에는 아주 오랜 시간이 걸려 제품 모두를 시험해 볼 수 없기 때문에 Sampling 검사를 하게 된다.

한편 Stress 시험이란, 사용 조건보다 훨씬 가혹한 조건으로 제품을 시험해 보는 방법으로, 시험시간이 짧아 전 제품을 검사할 수 있는 전수검사(Total Inspection)방법이다. 내전압 시험 역시 Stress성 시험으로 짧은 시간 내에 이루어질 수 있으며 당연히 시험조건이 가혹하여 시험중 파괴되는 수도 있게 된다.



지금 (그림2)에서처럼 내압시험 역시 시험전압을 차츰 증가해 나가면 누설전류도 처음에는 전압증가에 비례한다. 그러나 어느 점 이상부터 전류의 증가분은 전압증가분 보다 더 많아지기 시작하고(그림에서는 Stress 영역)이보다 더 전압을 증가하면 어느 점에서 이 제품은 파괴되는데 이 점을 Break down point라고 한다. 물론 이 점을 한번 넘어선 제품은 회복되지 않는다.

### 05. 내압시험의 특성

여기서 내압시험 시 인가전압을 차츰 증가함에 따라 누설전류가 증가하는 이유는 모든 내압시험중인 제품에 부유용량(Stray Capacitance)이 있기 때문이다.(그림3)

즉 모든 전기제품의 두 개의 시험하고자 하는 도체 사이에는 제조자가 원하던 원하지 않던, 대전상태에 있으므로 용량성을 지니며, 시험전압이 AC이므로 이 용량성에 의해 전압증가에 따른 전류증가가 일어난다는 점이다.

일례로 실측한 결과에 따르면 부유용량(Capacitance)의 크기(여기서는 pF로 나타냈다)에 따른 시험전류증가 정도는 표1과 같다.

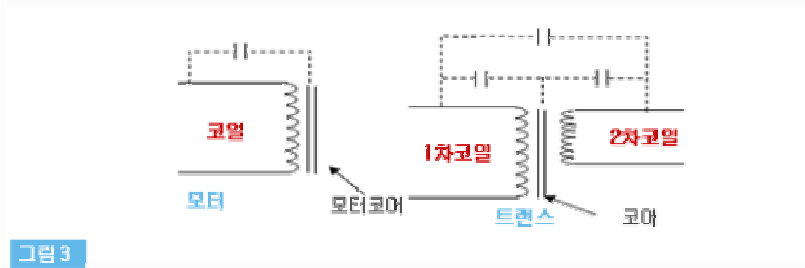


그림 3

(표1)용량과 인가전압에 따른 누설전류(단위 mA, 인가전압은 AC, 60 Hz)

인가전압 (kV) 용량(pF)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
100 pF	0.01	0.05	0.08	0.11	0.15	0.18	0.22	0.25	0.29	0.33
200 pF	0.04	0.11	0.17	0.25	0.32	0.42	0.51	0.61	0.71	0.81
500 pF	0.1	0.22	0.35	0.5	0.66	0.82	0.93	1.13	1.29	1.45
1000 pF	0.2	0.46	0.75	1.06	1.34	1.61	1.85	2.06	2.26	2.43
2000 pF	0.4	0.9	1.45	2.02	2.56	3.06	3.33	3.93	4.29	4.46
5000 pF	1.05	2.37	3.62	4.78	5.77	6.6	7.33	7.94	8.46	8.95

위와 같이 내압시험을 위해 시험품에 AC전압을 인가해 보는 경우, 시험시의 누설전류는 시험품의 부유용량(Capacitance)의 크기에 비례한다. 이러한 이유는 내압시험에 사용되는 전압이 AC(50~60 Hz, 상용전원 주파수와 같은)이기 때문이다.

당연히 내압시험기에 시험품을 연결하지 않은채 고압리드선만을 연결해 두어도 케이블선 자체가 부유용량을 가지고 있어 누설 전류가 흐른다. (표2)는 이렇듯 내압시험기에 5 m 길이의 케이블만을 연결해 두었을 때의 내압기 출력전압 증가에 따른 누설전류량을 실측해 본 값이다.

(표2)내압시험기에 5 m 케이블만을 연결했을 때의 인가전압에 따른 누설전류량(mA)

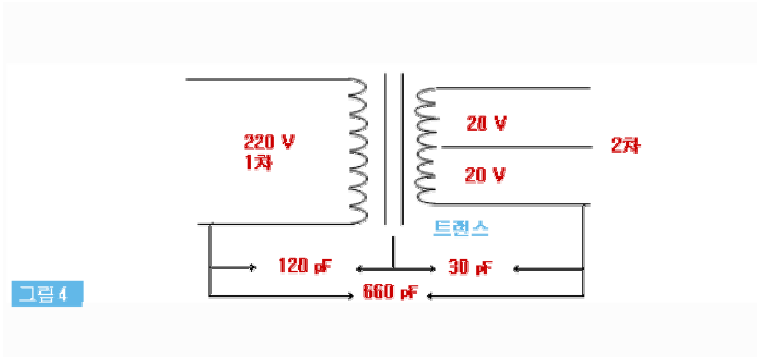
인가전압(kV)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
누설전류(mA)	0.04	0.11	0.17	0.24	0.3	0.36	0.43	0.49	0.56	0.65

한편 (그림4)는 몇가지 트랜스와 모터류에서의 부유용량을 직접 실측해 본 값들이다.

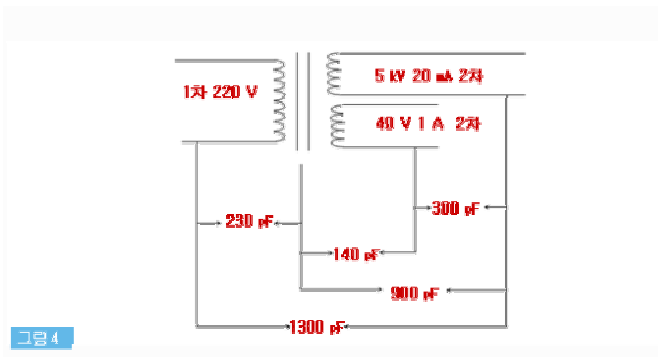
- 220 V 1/4마력 유도모터의 stator에서 coil과 core 사이의 용량 ?520 pF
- 220 V 1/8마력 유도모터의 stator에서 coil과 core 사이의 용량 ?320 pF
- 12 V 차량용 Blower모터에서 stator와 coil과 case 사이의 용량 ?550 pF
- 12 V 차량용 Blower 모터에서 아마추어 코일과 case 사이의 용량 ?510 pF
- 12 V 차량용 윈도우 와이퍼 모터의 코일과 case 사이의 용량 ? 180 pF
- 220 V 20 W 용량의 납땀 인두에서 히터와 외함사이의 용량 ? 55 pF



- 일반 상용 주파수용 220 V용 소형트랜스(50W)에서의 1차코일,코어, 2차코일 사이의 부유용량



- 일반 상용 주파수용 220 V, 1 kW용 2차 5 kV용 중형트랜스에서의 각부위별 부유용량



이렇듯 모든 전기, 전자제품은 제조자가 원하던 원하지 않든 얼마간의 부유용량(Stray capacitance)을 지니게 되어 있고, 내전압 시험시에 흐르는 누설전류의 양은 일차적으로 이러한 부유용량에 의해 결정된다.

여기서 내전압 시험시 양,부를 판정하는 기준으로 누설전류량의 많고 적음이 적용되는 방식이 매우 애매한 것임을 알 수 있다.

즉 내압시험이란, 어떤 시험품이 일반 표준품의 평균치보다 누설전류가 현저히 많을 경우 또는 적을 경우 무언가 이상이 있다는 추측에서 불량으로 판정하게 되는 간접시험 방법임을 알 수 있는 것이다.

누설전류의 증가 원인으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 비정상적인 근접부위
- ② 절연물의 파손
- ③ 이물질 개입
- ④ 다른 종류의 시험품
- ⑤ Corona, 또는 Spark의 발생

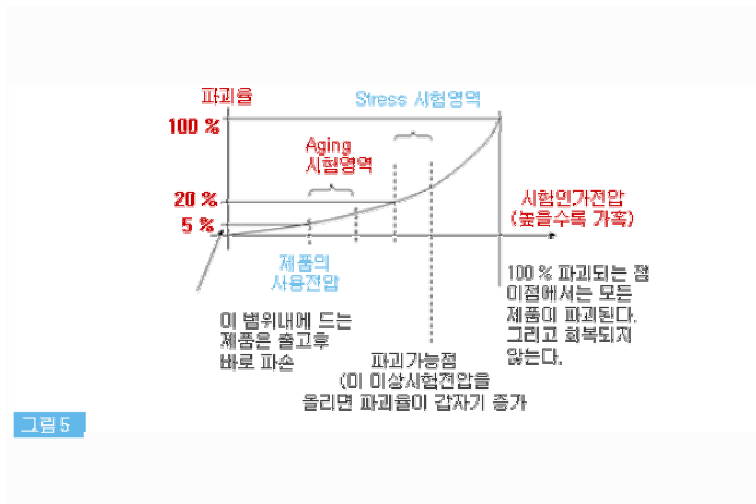
위의 항목 중 ⑤번 항에서와 같이 Corona, 또는 Spark가 발생하면, 누설전류가 급속히 증가하게 되는데, 이러한 불량은 시험품이 사용자의 어느 기준 전압에도 견딜 수 없기를 바라는 요구에 미흡하므로 당연히 견고성, 수명보장성의 항목에서 불량으로 분류되어야 한다.

(표4)는 필자가 직접 어느 모터(220 V용 1/4마력, 유도모터) 3개를 Stator코일과 코어 사이에 내전압 시험을 해 본 결과이다.



(표3) 모터의 Stator 코일과 코어사이에서 파손 되기까지의 내전압 시험을 진행한 결과와 누설전류(mA)

인가전압(kV) 모터	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
Motor 1	0.14	0.3	0.46	0.79	1.09	1.58	2.18	2.71	3.48	파손
Motor 2	0.15	0.3	0.48	0.8	1.25	3.2	파손			
Motor 3	0.1	0.23	0.36	0.52	0.7	1.28	파손			



- 내압시험은 Stress 시험이므로 당연히 시험중 파괴되는 수도 있다. 내압시험 전압범위 설정은 파괴가능점 이나 그 이하점에 있어야 한다. 그림에서는 내압시험중 파괴되는 제품이 20 %로 되어 있으나 실제로는 1 %이하가 되어야 손실을 줄일 수 있다. 또한 내압시험 전압은 높을수록 엄격한 시험이 이루어지므로 시험중 손실을 줄이기 위해서는 품질을 높여야 하는 것 역시 당연하다.

### 06. 몇 V의 전압으로 시험할 것인가.

제품에 따른 시험전압 설정은 법규에 의해 규정되어 있기도 하나, 때로는 구매자가 어떻게 시험해 주기를 요구하기도 한다.

여기서 내압시험을 몇 V의 전압으로 행해야 할지를 결정하는 공식은 다음과 같다. 단, 이 공식은 미국공업 협회의 권장치로 이 공식이 도출된 것은 어떤 불변의 원리에 의한 것이 아니라 경험상의 법칙(Rule of Thumb)에서 얻어진 것임을 밝혀둔다.

#### 내전압 시험전압 공식

$$Et = (Eo \times 2) + 1000 V$$

여기서 Et는 시험전압

Eo는 시험제품의 사용전압, 또는 최고출력전압

즉 Et는 시험품의 사용전압을 2배 한 값에 다시 1000 V를 더해서 구한다.

예를 들어 220 V용 모터에서 코일과 코어(외함)사이에서 시행되어야 할 전압은

$$Et = (2 \times 220 V) + 1000 V = 1440 V \text{ 가 되어}$$

1440 V로 시험하라는 뜻이다. 단, 이 전압으로 1분간 시험을 해야 한다.

여기서 보듯, 위의 공식에 따르면 어떤 사용전압의 제품도 최소한 1000 V 이상의 전압으로 내압시험을 하 라는 뜻인데, 이로 미루어 이 공식은 강전계통에서 유래된 듯 하다.

한편 <한국전기용품 안전관리협회>의 기준에 의하면 트랜스류에서의 내압시험전압은 아래(표6)과 같다.

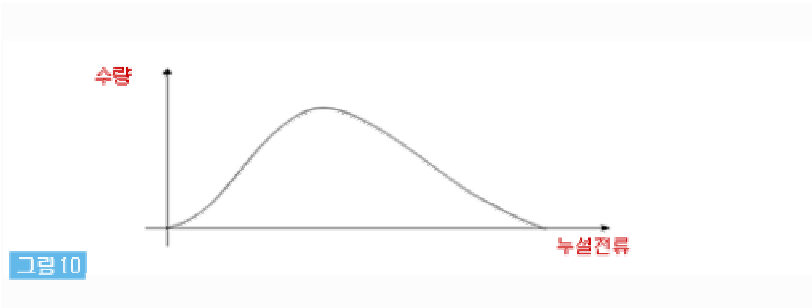


(표6)

사용전압의 구분	내압시험전압(교류)
30 V 이하	500 V
30 ~ 150 V	1000 V
150 ~ 300 V	1500 V
300 ~ 1000 V 이하	변압기 2차측전압(제일 높은 측)의 2배에 1000 V를 더한 값
1000 V 초과 3000 V 이하	2차측 전압의 1.5배에 500 V를 더한 값 (3000 V 미만일 경우에는 3000 V)
3000 V 초과	변압기 2차측 전압의 1.5배 (5000 V 미만일 경우 5000 V 로)

한 예로 일본에서는 차량용 전장품의 내압시험전압을 600 V로 1초간 행하는데 이는 JIS 규격에 따라 30 V 이하 제품이므로 500 V로 1분간 시험한다는 규정에서 시험시간을 1분에서 1초로 줄이는 대신 시험전압을 규정치보다 1.2배 높은 결과이다. 이렇듯 JIS 규격도 <한국전기용품 안전관리협회>의 규정과 같다. 어느 하나가 닮은 꼴이라는 이야기다.

07. 어떻게 판정할 것인가.



1) 누설전류 평균값을 구한다.

이 도표에 따라 수량이 제일 많은 곳의 누설전류를 평균전류로 잡는다. 아니면 전체 수량의 평균 전류값을 구해도 된다.

2) 불량 판정 범위를 정한다.

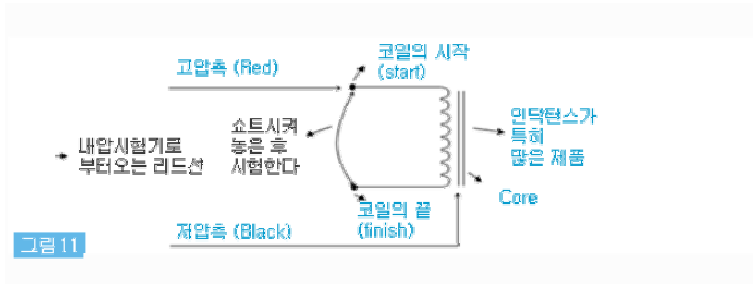
평균 누설전류값의 2배 이상, 또는 3배 이상일 때는 무언가 의심되므로 불량판정 하겠다는 규정을 정한다. 이 규정은 사용자(제품생산자)가 정해야 하며 외부에서 간여할 수 없다. 다만, 많은 곳에서 불량기준을 양품 평균 전류값(정상)의 “2배, 또는 3배 이상”으로 정하고 있다는 점을 참조할 수는 있다. 물론 어느 업체에서 불량값을 평균값의 2배로 정했을 때, 제품의 10 %가 불량으로 판정된다면 그때는 기준을 그만큼 검사기준이 해이해지더라도 3배(또는 4배,5배)이상으로 바꿀 수 밖에 없으리라. 제품의 질을 높일 수가 없다면 말이다.

-참조

① 내전압시험은 규정상 1분간 시행하도록 되어 있다. 기준이 그렇다. 그러나 모든 제품을 1분간씩 시험할 수는 없으므로 1분간 시험하는 시험전압의 1.2배로 1초간 시험하기도 한다. 단, 이는 편리성을 위한 방편일 뿐 규정은 아니다.



- ② 대부분의 내전압시험에서 불량기준은 누설전류가 많을 때만 불량으로 판정한다. 만일 어떤 제품의 누설전류가 양품의 평균값보다 현저히 작을 때는 어떻게 할까? 그 역시 불량이다. 무언가 정상이 아닐 것이라는 추측에 의해서다. 실제 내압시험 중 누설전류가 극히 적게 나타나는 경우에는 모델이 다른 품종이거나 시험품이 내압시험기에 연결되어 있지 않은 때가 대부분이기는 하지만
- ③ 시험품에 따라서는 부유용량이 많은 제품에서는 시험이 끝난 후에도 시험전압이 충전되어 있는 경우가 있다. 이런 경우 시험 전원선을 제거했더라도 손에 닿으면 엄청난 전기충격을 받을 수도 있다. 이러한 문제는 내압시험기의 제조방식에서 해결할 수 있다.
- ④ 일반적인 제품의 시험에서는 (코일과 코어, 또는 외함사이)코일의 어느 한쪽 Inductance가 아주 많은 제품(코일의 횡수가 많은 제품 : 예를 들어 네온트랜스나 구형 이그니션코일 등)에서는 내전압시험 시 코일의 양쪽 끝(Start와 Finish)두 가닥을 묶어 이곳에 내압시험기의 고압단자를 연결해 시험해야 한다. 그렇지 않으면 많은 인덕턴스에 의한 영향으로 내압시험이 완벽하게 이루어지지 않을 수도 있다.(그림11)



⑤ 내전압 측정방법

