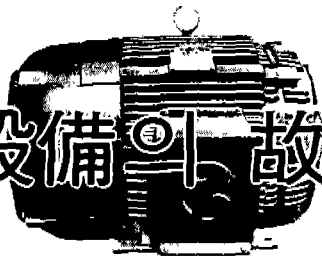


電氣設備의 故障診斷



(6)



[6,000V 메가의 特徵과 사용방법]

1. 머리말

메가, 메가링이라는 말은 $R = \frac{E}{I}$ 의 옴의 法則, 또한 볼트, 암페어, 옴이라는 말과 함께 전기기술자라면 모르는 사람이 없을 정도로 일반화되어 있다. 그러나 「메가」란 외국 메이커

의 商品名인 것이다(영국의 에버슈드社). 그만큼 보급, 일반화되어 있는 메가도 표 1과 같이 6,000V 메가라는 것은 존재하지 않는다.

정식명칭은 絶緣抵抗計(Insulation Resistance Testers)로서 KS C 1301에는 發電機式의 것, KS C 1302에는 電池式의 절연저항계의 규격이 있다. 이 규격 밖인 6,000V 메가란 어떤 것이며, 어떤 특징이 있고, 통상의 1,000V 메가와와의 차이와 또한 사용상의 유의점에 대하여 설명하기로 한다.

〈표 1〉 絶緣抵抗測定器 定格과 시방

종류	측정시방	유효측정범위	주요 사용례
1	100V 20MΩ	0.02~20MΩ	저압피뢰기를 가지고 있는 通信回線 및 통신기기
2	250V 50MΩ	0.05~50MΩ	통신기기 및 船舶 등의 부설 低壓回線
3	500V 100MΩ	0.1~100MΩ	일반 低壓回路, 저압기기
4	500V 1,000MΩ	1~1,000MΩ	通信用 케이블
5	1,000V 2,000MΩ	2~2,000MΩ	特高, 高壓機器回路
6	2,000V 5,000MΩ	5~5,000MΩ	上 同

2. 絶緣抵抗計(Insulation Resistance Testers)의 규격

주변에서 많이 사용되고 있는데 비하여 규격이 대해서는 알지 못하는 사람이 많으므로 필요한 것만을 발췌, 요약해 본다(KS C 1302의 電池式에 대하여).

1. 適用範圍

이 규격은 電池를 내장하는 정격측정전압

100V 이상의 휴대용 아날로그 지시의 直讀形 絶縁抵抗計(이하 절연저항계라 한다)에 대해서 규정한다.

2. 用語의 뜻

이 규격에 사용된 용어의 뜻은 다음에 따른다.

(1) 定格測定電圧: 측정단자를 개방했을 때의 測定端子전압의 공칭치로서 절연저항계에 표시된 전압.

(2) 有效最大눈금 값: 유효측정범위에 있어서 무한대 눈금에 제일 가까운 눈금의 값으로서 절연저항계에 표시된 저항치.

(3) 有效測定範圍: 측정범위 중에서 이 규격의 精密度가 보증되는 범위를 말하고, 유효최대눈금치의 1/1,000로부터 1/2에 가까운 1, 2, 5 또는 그것들의 10ⁿ (n은 정수)의 저항치까지를 第1 有效測定範圍, 그 값을 넘는 유효 최대 눈금치까지를 제 2 유효측정범위라고 한다.

3. 端 子

절연저항계에는 선로단자 및 접지단자 또는 이와 동등한 것을 설치하고 선로단자는 電源의 “-”극측에, 접지단자는 “+”극측에 각각 접속하는 것으로 한다. 또한 선로단자에는 필요에 따라 電源의 “-”극측에 접속된 보호환을 붙인다. 유효최대 눈금치가 1,000M Ω 이상의 것에는 保護端子を 붙이고 이것을 電源의 “-”극측에 접속한다.

線路端子, 接地端子 및 保護端子에는 각각 “선로” 또는 “Line”, “접지” 또는 “Earth”, “보호” 또는 “Guard”라고 明示하여야 한다.

4. 電池 有效範圍 表示裝置

절연저항계에는 전지유효범위를 표시하는 장치를 붙이지 않으면 안된다.

5. 許容差, 特性 및 強度

표준시험상태에 있어서 다음의 규격치를 만족시켜야 한다.

(1) 許容差

절연저항계의 허용차는 다음에 의한다.

(1) 절연저항계의 허용차는 눈금지시치에 대하여 제 1 유효범위에서 $\pm 5\%$, 제 2 유효측정범위에서 $\pm 10\%$ 로 한다. 또 無限大눈금 및 0 눈금 또는 최소눈금에 있어서 지침의 變位는 전 눈금길이의 0.7% 이하이어야 한다.

(2) 절연저항계의 無限大 눈금에 있어서 測定端子電圧의 許容差는 정격전압의 $\pm 10\%$ 로 한다. 다만, 핸들의 回轉數는 5.6의 회전수 또는 그 150%를 범위로 한다.

(2) 測定端子電圧

절연저항계의 중앙눈금에 있어서 측정단자전압은 定格測定電圧의 90% 이상이어야 한다.

이상의 각종 규격에 의거한 絶縁抵抗計(이하 메가라고 한다)는 표 1과 같이 통신용설비, 일반 저압전력설비, 특별고압, 고압전력설비의 定格電圧 및 絶縁階級에 따라 그 측정기를 선택하여 손쉽게 할 수 있는 현장의 절연 체커로서 그 위력을 발휘하고 있다.

低壓回路 절연판정은 전기설비기술기준규칙 제 14조에 최저로 유지해야 될 저연저항치가 규정되어 있으며 이른바 M Ω 의 數値로 良否의 판단이 가능하다. 고압전력설비의 測定區分은 여러가지가 있는데 M Ω 值만으로는 良否의 판정규격은 없다. 일단의 기준으로 표 2의 수치가 사용되고 있다.

〈표 2〉 特高, 高压回路 絶緣抵抗 許容値表

機 器 (회 路)	判 定 基 準	
特 高 高压回路	計器用変圧器	100MΩ 이상
	変 圧 器	300MΩ 이상 (20℃환산치)
	콘 텐 서	1,000MΩ 이상 (20℃환산치)
	케 이 블	100MΩ 이상
	避 雷 器	종류에 따라 다르다
기타의 機 器	500MΩ 이상	

註: 高压機器는 최고사용전압의 규정의 倍數에서 10분간 견디는 절연능력을 가지고 있어야 된다 (기술기준에 의거하여 絶緣抵抗値는 규정되어 있지 않다. 따라서 上記의 수치는 경험적 장려치). 단, 特高, 高压回路에서 雨天인 경우에는 그러하지 아니하다.

3. 絶緣抵抗計 (메가) 에서의 疑問點과 問題點

(1) 絶緣抵抗은 측정전압에 따라 값이 다르다.

500V 메가에서는 100MΩ이었던 것이 1,000V 메가에서는 5MΩ이거나 또는 좀더 낮을 수도 있다.

(2) 定格電壓과 測定電壓이 다르다

메가의 중앙눈금에서의 측정단자간의 전압은 메가의 定格電壓의 90%라야 된다는 것이 규정되어 있다. 따라서 지시가 중앙눈금 이하인 경우에는 測定電壓이 상당히 저하되어 있는 것을 알아야 된다. 1,000V 메가로 100MΩ을 측정하면 760V, 5MΩ에서는 560V로 저하되는 메가도 있다. 메가와 形式에 따라 달라지는 것이다. 이 사실은 「500V 메가로 測定한 결과 0.1MΩ 이상이었다」고 해도 이 단자전압이 몇V였는지의 의문이 남는다(최근에는 이 문제점이 개량된 것이 출현하고 있다).

(3) 局部的인 吸濕劣化는 발견할 수 없다

절연물이 고르게 吸濕되면 절연저항은 매우 나빠진다. 그러나 국부적으로는 심하게 흡수되어

도 그 부분이 樹脂系 등의 透水性이 적은 절연물과 함께 구성되어 있으면 절연저항치로서는 높아지며 良好하다고 판정해버리는 수가 있다. 따라서 메가로 절연상태의 良否가 정확히 판정되는 것은 A종 절연물 등으로 한정된다.

(4) 局部的인 보이드나 클래크의 발견이 곤란하다

절연물 중에 보이드, 클래크의 핀홀이 있어도 測定電壓이 1,000V에서는 MΩ計의 變化로는 검출할 수 없다.

(5) 總 括

절연재료는 A종 절연물에서 H종, F종으로 그 진보는 눈부신 바가 있다. 電力用 케이블은 PTA, SL, BN에서 CV케이블로 변천하여 20년이 지났다. 그래도 絶緣管理를 1,000V 메가로 실시하고 그 효율은 올라가고 있었다. 그러나 이 효과는 다른 요인에 의한 것임을 알았다. 그것은 A종의 劣化에 대해서는 메가로 검출하고 그 판정결과에 대하여는 적의 대응, 처리했다. 그러나 高分子系 절연재료는 거의 2,000MΩ 이상이고 1,000V 메가에 의한 측정결과는 양호했다. 또한 사실 사고도 없고 絶緣의 유지, 관리는 만전을 기하고 있었다. 그 후 세월이 흘렀고 「뜻하지 않은」 사실에 봉착했다. 지금까지 무엇을 해 온 것일까라는 의문과 무엇을 하면 좋을까 하는 문제이다.

「CV 케이블이 2,000MΩ 이상의 絶緣 능력이 있는데 地格事故가 발생했다», 「高压 모터의 절연이 300MΩ이나 되었는데 절연과파가 되어 버렸다», 「絶緣抵抗測定에서는 모두 1,000MΩ 이상의 케이블과 機器인데 때때로 지락계전기가 동작해 버린다」등 지금까지의 경험과 대응으로는 처리할 수 없는 것이 많아졌다. 그렇다고 해서 絶緣耐力試驗을 10분간 실시하는 것도 위험을 느끼게 되었다. 이미 1,000V 메가 일변도로는 절연관리를 할 수 없는 절연 재료, 즉 전력 설비로 되었다는 것이다.

4. 새로운 絶緣測定의 필요성과 그 방법

電力設備事故의 대부분이 地格事故이며 그 원인은 絶緣物의 劣化로 인한 絶緣 파괴이다. 전기 설비기술기준 제14조~제18조에 絶緣 및 絶緣 耐力에 대한 규정이 있다. 이것은 매년 이 絶緣 내력시험의 실시가 의무화되어 있는 것은 아닌데 항상 이런 정도의 絶緣내력을 가진 電路이며 器具라야 된다는 것을 규정하고 있는 것이다. 거기서 上記의 絶緣내력을 가지고 있는지, 즉, 운전 에 필요한 絶緣내력이 있는지를 判斷, 判定하기 위해서 絶緣진단을 실시해야 된다.

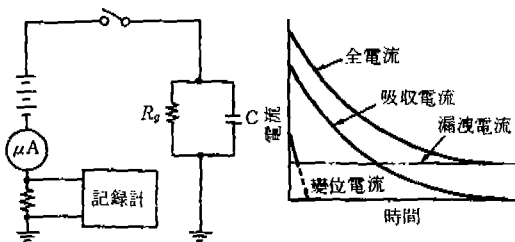
1,000V 메가나 2,000V 메가도 絶緣진단의 한 방법이기는 해도 上記의 이유에 의하여 그 효과를 기대할 수가 없다.

여기서 現場診斷으로서 많이 사용되고 있는 絶緣진단의 네가지 방법에 대하여 그 原理를 간단히 소개한다.

(1) 直流高压法

이것은 吸濕의 정도를 判定하려는 것으로 메가보다 數段高度의 진단이 가능하다.

原理 絶緣物의 等價回路를 들면 그림 1(a)와 같이 純靜電容量과 거기에 병렬로 R_g 인 누설 저항이 접속된 것이다. 그림 (a)에서 일정한 전압을 印加하면 그 기록에는 그림 (b)와 같이



C : 被診斷器의 對地靜電容量(純)
 R_g : 漏洩抵抗
 (a) 直流高压法의 回路 (b) 直流印加의 時間的變化

〈그림 1〉 直流高压法의 설명

순수하게 C에 흐르는 變位電流와 吸收電流 및 R_g 에 흐르는 누설전류의 合成電流가 흐르는 것을 알 수 있다. 上記의 2者는 吸濕에 대하여 不變인데 대하여 누설전류는 吸濕劣化되면 R_g 가 低下되고 증가되는 것을 의미한다. 즉 全電流의 감쇠의 완급은 누설전류의 대소에 달렸다. 여기서 全電流의 1分値와 3分 또는 5分후의 그것과의 비율은 進전한 경우에는 그 비율이 크고 吸濕되면 작아진다는 것을 알 수 있다. 이 값을 極指數(Pi)라고 한다. 또한 絶緣저항($M\Omega$)과 전압특성을 보면 進전한 것은 저항의 최대치가 電壓이 높은 쪽에 있는데 吸濕되면 平坦해지며 최대치도 전압이 낮은 쪽으로 이동한다. 이것을 數式으로 표현한 것이 弱點比라고 하는 것이다. 기타 시간-전류 특성에서 電流變動 ick 현상을 개치하여 큰 보이드클래크 등의 발견이 가능하다. 케이블의 경우에는 上記 외에

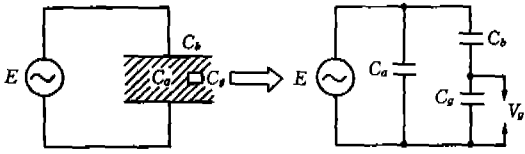
$$\text{相間不平衡率} = \frac{3 \text{相 중의 누설전류 max-min}}{3 \text{相의 누설전류의 平均値}}$$

에 의하여 진단 判定을 하는 것이다.

(2) 部分放電 檢出法

최근의 絶緣재료는 高分子系 絶緣物이 채용되며 이들의 劣化는 吸濕보다는 오히려 보이드클래크에 의한 放電劣化에 기인된다. 이 보이드클래크에 대하여 가장 檢出感度가 높은 방법이 部分放電 檢出法이다.

原理 高電壓이 印加되어 있는 電力機器에 보이드클래크 등이 발생하면 그림 2와 같은 等價回路가 되며 보이드의 靜電容量 C_g 는 進전한 絶緣物에 의한 靜電容量 C_0 보다 훨씬 작다. 따라서 電壓分担은 靜電容量에 逆比例하기 때문에 C_g 에는 高電壓이 加壓되게 되며 放電電壓 V_g 에 상당하는 갭에서 항상 방전을 반복하게 되며 부분방전, 즉 코로나 放電을 발생한다. 이 방법은 이 코로나 放電을 檢出하며, 진단, 判定하는 것이다. 判定요소는 放電開始電壓 및 放電電荷量, 발생빈도 등에 달렸는데 코로나 발생 位相角에 의한 진단방법도 있다.



E: 對地電壓
 C_a : 케이블의 對地靜電容量
 (보이드와 並列의 健全部分靜電容量)
 C_b : 보이드와 直列로 들어가는 靜電容量
 C_a : 보이드靜電容量
 V_b : 보이드의 放電電壓

〈그림 2〉 결합(보이드)이 있는 절연물의
 等價回路

(3) 交流電流法

乾式絶緣物에 대하여 효과적인 진단법이다.

原 理 절연물에 교류전압을 서서히 印加해 가는 과정에서 충전전류 및 電流波形이 어떻게 변화해 가는지에 따라서 절연상태를 아는 방법이다. 그림 3과 같이 절연물에 교류전압을 印加하면 그 전류는 ωCV 로 V 에 비례하여 증가해 간다.

그러나 어떤 점 P_{i1} 에서 위상을 벗어나 다시 전압이 상승되어 가면 P_{i2} 점에서도 급증한다 이 電流急增點(P_{i1} P_{i2})의 전압에서 절연물의 파괴전압을 豫知하는 것이다.

(4) 誘電正接法

絶緣물의 형태, 크기에 관계없이 判定할 수 있는 진단법이다.

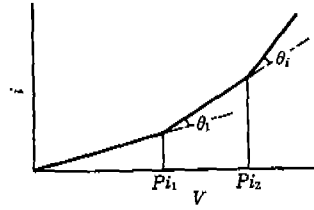
原 理 그림 4와 같이 절연물에 交流高電壓을 인가하여 그 充電電流의 지연각(損失)을 誘電體力率(\tan)로 표시하는 것으로 표시방법은 두가지 방법이 있다($\Delta \tan \alpha$ 와 $\tan \alpha_0$).

(診斷方法과 絶緣劣化)

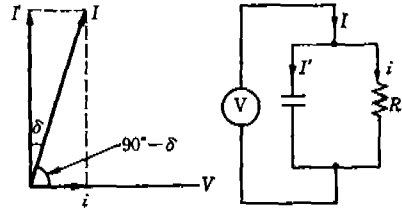
絶緣열화의 원인을 대별하면

- (i) 吸濕劣化
- (ii) 보이드클래크의 발생
- (iii) 枯化

등



〈그림 3〉 절연물 印加電壓 - 電流特性



$$\begin{aligned} \text{誘電體損} &= VI \cos(90^\circ - \delta) \\ &= VI \sin \delta \approx VI \tan \delta \\ \therefore \text{誘電體力率} &= \tan \delta \end{aligned}$$

〈그림 4〉 절연물의 等價回路와 벡터圖

진단방법의 원리에 따라 각각의 특징이 있다. 완전을 기하려면 두가지 방법 이상의 併用이 조건이 된다.

絶緣診斷의 포인트라는 것은 절연물의 絶緣劣化의 진행에 있어서 어떤 시점에서 檢知하여 良否의 判定을 하는지에 대한 것이다.

여기서 受變電設備의 모든 機器, 케이블에 대하여 두 가지, 세 가지 방법을 병용하여 절연진단을 실시하는 것은 시간적으로 어렵고 진단용 시험전원의 확보는 全停電 作業시에는 다른 공사 등도 실시되며 가령 확보되어도 電源變動 등이 크기 때문에 診斷電源으로는 될 수 없는 수가 많다. 그 준비와 진단에 있어서도 높은 기술력을 필요로 하며 高壓 모터 1臺의 진단에 많은 시간이 소요되며 1,000V 메가에 의한 측정과는 전혀 다른 것이다.

〈다음 號에 계속〉