

누설電流計에 의한 低壓配線의 絶緣判定

일반가정 등 일반용 전기공작물의 조사는 전기사업법에 의거하여 각 가정을 격년 1 회의 비율로 실시하고 있는데 이 업무 중 옥내배선의 절연저항의 측정은 가장 중요한 업무에 속한다.

최근에는 이 업무를 수행함에 있어 각 가정을 몇번씩 방문해도 부재중이므로 옥내배선의 절연저항 측정을 할 수 없는 경우가 많다. 이론바 부재수용가는 증가하는 경향에 있는데 이와 같은 가정에 대해서도 옥내배선의 절연상태의 양부 판정을 하여 전기안전의 확보는 해야되는 것이다. 또한 옥내배선을 절연저항계에 의하여 절연저항 측정을 할 경우에 도저히 정전이 되면 곤란한 수용가도 있다.

여기서 오래 전부터 부재수용가의 옥내배선의 절연판정을 옥외에서 실시하는 방법 즉 정전하지 않고 절연판정을 하는 방법으로서 누설전류계를 도입하여 그 절연판정의 확실성을 검토하고 있었는데 많은 필드테스트의 결과가 종합되어 거의 실용적으로 문제점이 없는 상태에까지 도달했으므로 소개하기로 한다.

이 판정기술은 자가용 전기공작물의 저압 옥내배선에서도 정전하지 않고 절연상태를 판정할 수 있는 이론바 인서비스 인스펙션의 기술이며 먼저 누설전류계로 측정하여 문제가 있는 회로를 절연저항계에 의하여 절연저항 측정을 하는 것은 보수업무의 효율화에 크게 유용하다.

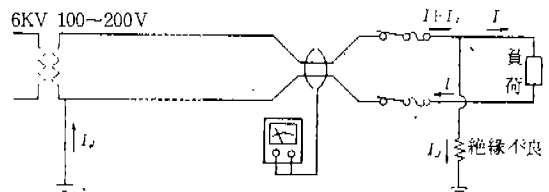
(註) 此項중 實地調査결과 및 통계등은 日本의 경우임을 밝힌다.

1. 基本原理

그림 1 과 같이 배선의 전압측 전선에 절연불량이 있고 I_g 의 누설전류가 흐르면 그 I_g 는 누설전류계의 측정 클램프를 통과하지 않으므로 불평형이 되어 I_g 를 측정할 수가 있다.

이 원리에 의하면 접지측 전선에 절연불량이 있는 경우에는 I_g 가 흐르지 않으므로 절연불량을 판정할 수가 없다. 실제문제로서는 접지측 전선에 절연불량이 있어도 감전이나 누전화재의 위험성은 없다.

전압측 전선과 매지 간에 큰 정전용량이 존재하면 이 용량을 통하여 I_{gc} 가 흐르므로 절연상태가 좋아도 불량으로 판정하는 경우가 있다. 이같은 경우



〈그림-1〉 漏洩電流의 測定

에는 절연저항계에 의하여 다시 절연저항이 규정치 이상인지 여부를 확인하고 있으므로 전기 안전면에서는 문제시 되지 않는 예러라고 할 수 있다.

2. 絶緣抵抗値와 漏洩電流値와의 相關

전기설비기술기준령에서는 육내배선의 절연저항의 판정기준으로서 분기회로별로 100V회로 0.1MΩ 이상, 200V회로 0.2MΩ 이상, 400V회로 0.4MΩ 이상으로 정하고 있다. 즉 누설전류로 환산하면 1mA를 초과하면 절연불량으로 하고 있다.

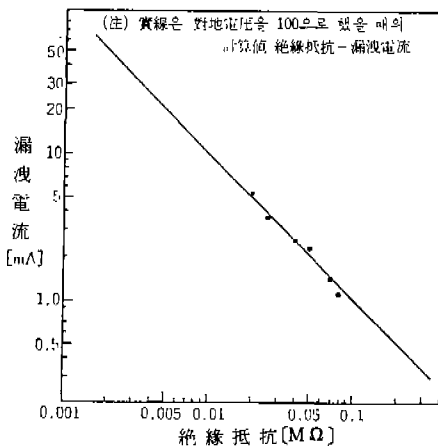
사용하는 누설전류 측정기가 1mA의 전류를 정확히 판정할 수 있는 것이라야 되는데 측정기술의 발달로 핸디한 누설전류 측정기로 1mA의 판정을 충분히 할 수 있는 것이 개발되어 있다.

표 1, 그림 2는 범용의 누설전류 측정기에 의하여 그 판정률 조사를 한 것으로 측정기의 오차가 어느 정도는 있으나 실용상 문제가 없는 판정률 얻고 있다.

〈표 1〉 絶緣抵抗과 漏洩電流의 測定結果

對地電壓 [V]	絶緣抵抗		漏洩電流		備 考
	測定値 [MΩ]	計算値 [mA]	測定値 [mA]	誤 差 [mA]	
103.1	0.001	10.2	9.8	-0.4	
102.0	0.020	5.1	5.4	0.3	
102.7	0.026	4.0	3.7	-0.3	
100.5	0.040	2.5	2.5	0	
100.1	0.050	2.0	2.2	0.2	
101.6	0.070	1.5	1.4	-0.1	
107.0	0.080	1.3	1.2	-0.1	
100.9	0.200	0.5	0.4	-0.1	

〈備考〉 測定値에는 日分값으로 日 誤差가 포함되어 있다.



〈그림 2〉 絶緣抵抗과 漏洩電流의 整合性테스트

현재의 누설전류 측정기의 허용오차는 메이커 설계규격에서는 ± 2% 이내로 되어 있다. 완성품의 발체검사를 한 결과는 -0.5% ~ +0.3% 정도의 오차로 나타났다.

3. 實態調査의 結果

누설전류계에 의한 부재수용가의 절연판정을 하기 위해 35000건에 달하는 샘플링 조사를 실시했다.

(1) 實態調査의 方法

샘플링 조사를 한 수용가는 특정기간 중에 정기 조사를 실시한 수용가 중 절연저항측정과 누설전류 측정의 양쪽 측정이 가능했다. 일반주택, 상점, 사무실, 공장이다.

(2) 調査結果

조사결과는 표 2와 같다. 100V 회로의 전동수용가의 경우에는 31,270건중 정합되어 있는 것은 30,902건으로 98.82%가 올바른 판정을 하였고 200V 수용가의 경우에는 4,562건중 정합되어 있는 것은 4,446건으로 97.46%가 올바른 판정을 하고 있다. 전술한 바와 같이 절연저항치가 0.1MΩ 또는 0.2MΩ 이상이고 누설전류치가 1mA를 초과하는 것은 부정합인데 이것은 전기안전상 문제가 되지 않는 부정합이므로 이것을 제외하면 전동의 경우에는 99.4%, 전력의 경우에는 99.99%의 확률로 절연불량을 발견하고 있다.

(1) 不整合의 原因의 究明

부정합의 원인을 구명한 결과는 표 3과 같으며 누설전류계에 의한 절연판정상 문제가 되는 것은 절연불량임에도 불구하고 1mA 이하의 누설전류밖에 검출되지 않은 경우이다.

(a) 絶緣不良이 있는데 1mA 이하인 경우

이 경우는 전동에서는 175건(전체의 0.6%), 전력은 4건(전체의 0.01%)인데 접지측 전선의 불량 이 전동은 58건이었다 「무충전상태의 전압측의 절연 불량」이라고 하는 것은 육내배선에서 분기한 배선, 이른바 탭의 부분에 기기 전용의 스위치가 있고 그

〈丑-2〉 絶緣抵抗値와 漏洩電流値와의 相關關係

漏洩電流値	絶緣抵抗値	電燈實績		電力實績	
		件數	構成比[%]	件數	構成比[%]
1mA 超過	0.1MΩ 以上 (不整合)	193	0.62	112	2.45
	0.1MΩ 未滿 (整合)	304	0.97	71	1.56
	計	497	1.59	183	4.01
1mA 以下	0.1MΩ 以上 (整合)	30598	97.85	4375	95.90
	0.1MΩ 未滿 (不整合)	175	0.56	4	0.09
	計	30773	98.41	4379	95.99
調査需用家件數合計		31270	100.00	4562	100.00
整 台		30902	98.82	4446	97.46
不 整 台		368	1.18	116	2.54

(주) 전력의 절연저항치는 0.2MΩ으로 한다.

〈丑-3〉 電燈 및 電力需用家の 不整合 原因

區 分	原 因	電燈需要家件數	電力需要家件數
절연불량이었던 누설전류가 적었던 것 (절연저항치가 0.1MΩ 미만으로 누설전류가 1mA이하인 경우)	①무중전상태의 전압측의 절연불량	6	0
	②접지측 배선의 절연불량	58	1
	③기기의 내부에서 절연불량	99	3
	④추적조사를 하지 못한 것 및 이유불명	12	0
	계	175	4
절연이 양호했던 누설전류가 많았던 것 (절연저항치가 0.1MΩ 이상이고 누설전류가 1mA초과인 경우)	①분기회로 및 기기 단체에서는 누설전류가 1mA이하인데 배선일괄의 누설전류가 1mA를 초과하는 것	164	72
	②기기단체의 누설전류가 1mA를 초과하는 것	21	34
	(주요기기에)	컴퓨터 (7)	공작기계 (6)
	잠음방지용콘덴서(3)	에어컨 (5)	
렌트겐 (2)	엘리베이터 (5)		
③추적조사를 하지 못한 것 및 이유불명	8	6	
계	193	112	
계	368	116	

스위치 이하의 짧은 부분의 배선의 절연불량이다. 스위치는 전압측에 있으므로 이것이 켜진 경우에는 절연불량이 있어도 누설전류는 흐르지 않는다. 「기기 내부의 절연불량」 중에는 전술한 스위치로 끊어

진 회로에 접속되어 있는 기기 즉 무중전기기와 중전은 되어 있어도 기기의 절연불량장소가 접지측 전선의 가까이에 있어 I_{le}를 충분히 흐르게 할만한 전압이 없었기 때문에 절연저항에 적합한 누설전류

가 흐르지 않은 것이 포함된다. 전등의 99건 중 63건이 무충전상태에 의하여 누설전류가 검출되지 않은 것이다. 이 63건은 기기가 충전상태로 되어 있으면 당연히 발견되었을 것이다.

(b) 絶緣良好인데 1mA를 초과하는 경우

이 경우는 누설전류계에 의하여 절연불량으로 판정되어도 절연저항계에 의한 절연저항측정을 실시하게 되어 있다.

누설전류계로는 옥외 미터 가까이에 있는 인입선에 상당하는 부분에서 측정을 하므로 많은 분기회로를 일괄 측정하게 된다. 따라서 하나의 분기회로에서는 1mA 이하라도 일괄 측정에서는 1mA를 초과하는 경우가 대부분을 점하고 있다.

기타는 기기 단체의 대지 정전용량에 의한 것으로 이것은 동력기기가 많고 특수기기에 내장된 잠음방지용 콘덴서, 라인필터가 많다.

또한 특수한 예로서 TV방송 수신장해방지기(콘덴서 0.067 μ F, 충전전류 4mA)의 것이 151건이었는데 레어케이스의 것으로 이 통계에는 들어 있지 않다.

이들 옥내배선의 대지 정전용량이 어느 정도인지에 대해서도 참고로 실태조사를 실시한 결과가 표 4이다. 單3의 50A 계약의 가정에서는 0.4mA, 單2의 20~30A 계약의 가정에서는 0.1~0.05mA였다. 또한 절연저항치가 0.5M Ω 이상인 각종 가전기기에 대하여 大地 透過電流를 측정할 결과는 표 5와 같이 1,276개 측정할 결과 92%에 해당하는

〈표-5〉 絶緣抵抗値 0.5M Ω 이상의 家電機器의 大地透過電流測定

漏洩電流實測値	洗濯機	冷蔵庫	에어컨	電子레인지	컴퓨터	計
1.1mA 以下	371	302	13	16	1	793
0.2mA 以下	182	157	20	16	3	378
0.3mA 以下	63	21	4	4	0	92
0.5mA 以下	1	3	2	1	0	7
0.8mA 以下	3	2	1	0	0	6
計	620	575	40	37	4	1276

(注) 표의 mA는 기기의 운전상태에서의 측정치이다.

1,171개가 0.2mA 이하였다.

이 실태조사에서 일반주택에서는 옥내배선 및 가전기기의 대지 정전용량에 의한 종합충전전류(무효전류)는 절연저항에 의한 누설전류(유효전류)와의 백터 합에서 누설전류계로 측정할 누설전류치에 거의 영향을 미치지 않는 범위라는 것을 알 수 있다.

이상과 같은 실태조사를 실시한 결과 몇번 방문을 해도 부재인 가정에 대해서는 누설전류계에 의한 누설전류 측정을 실시하고 있다. 그리고 1mA 초과 결과 나온 것에 대해서는 절연불량의 염려가 있으므로 그 취지를 기재하여 정밀조사를 받도록 요청하고 있다.

누설전류가 1mA를 초과하는 전등수용가인 경우에는 표 2와 같이 전측정 수용가의 1.59%인데 이중 61.2%가 0.1M Ω 미만의 절연불량이었다. 당연히 누설전류치가 많을수록 절연불량의 확률은 높아진다. 그 관계를 다시 조사한 결과를 표 6에 들

표-4) 일반 주택의 屋內配線의 靜電容量 測定

	需用家 A	需用家 B	需用家 C	需用家 D	需用家 E	需用家 F	需用家 G	需用家 H
建物の構造	木造2層建物	木造2層建物	鐵筋集合住宅	木造2層建物	鐵筋集合住宅	木造2層建物	木造2層建物	APT
建物の面積[m ²]	100	130	60	80	60	60	70	20
契約容量[A]	單3 50	單3 40	單2 20	單2 30	單2 20	單2 20	單2 30	單2 10
絶緣抵抗値[M Ω]	50	20	50	10	15	20	5	50
1/2 合成靜電容量[pF]	10300	6700	3600	2100	2700	900	1800	300
計算充電電流[mA]	0.34	0.22	0.12	0.07	0.09	0.03	0.06	0.01
漏洩電流實測値[mA]	0.40	0.20	0.12	0.10	0.10	0.05	0.08	0.02

(주) 1. 누설전류치란은 고감도 누설전류계를 사용한 측정치
2. 單3회로는 兩電壓側 배선의 대지정전용량의 차로 한다.

〈표-6〉 漏洩電流-絶緣抵抗의 상관에 관한 샘플링 調査結果(電燈)

● 누설전류와 절연저항과의 상관관계의 실태

絶緣抵抗値 R [MΩ]	漏 洩 電 流 I_g [mA]						合 計	構 成 比 [%]
	$I_g \leq 1$ mA	$1 \text{ mA} < I_g \leq 3$ mA	$3 \text{ mA} < I_g \leq 5$ mA	$5 \text{ mA} < I_g \leq 10$ mA	$10 \text{ mA} < I_g$	1 mA 超過總數		
$R < 0.1$	175	211	45	22	26	304	479	1.53
$0.1 \leq R \leq 0.5$	4114	123	5	2	1	131	4245	13.58
$0.5 < R \leq 1$	4368	23	3	1		27	4395	14.06
$1 < R \leq 5$	8249	21	3	1		25	8274	26.46
$5 < R \leq 10$	6218	6	1	2		9	6227	19.91
$10 < R$	7649	1				1	7650	24.46
合 計	30773	385	57	28	27	497	31270	100.00
構 成 比 [%]	98.41	1.23	0.18	0.09	0.09	1.59	100.00	

었다. 누설전류가 1mA초과인 전등수용가인 경우 497건 중 61.2%에 해당하는 304건이 절연불량이었다. 다시 3mA를 초과하면 그 확률은 커지며 112건 중 93건이 절연불량이고 10mA를 초과하면 27건 중 26건이 절연불량이다.

이상에서 누설전류가 큰 수용가에 대해서는 전화 등에 의한 연락을 하여 정밀조사를 받도록 요청하고 있다.

이 실태조사에서 누설전류계에 의한 절연판정은

부재수용가나 정전할 수 없는 수용가에 대하여 매우 유효하다는 것이다. 자가용 전기공작물의 저압 옥내배선의 절연측정 등에서도 그 회로의 정전용량이나 기기의 상태를 미리 알고 있으면 누설전류계에 의한 측정으로 거의 100%에 가까운 확률로 절연판정을 할 수가 있다.

정전하지 않고 간단히 절연상태의 판정을 할 수 있으므로 전력절약에도 유효하다. *

(註: 본내용중 통계·수치관계등은 일본의 경우임)

(65페이지에서 계속)

重電機부품 自給시급

對日 의존 높아 작년 換差損 社당 46억~60억

고압 重電機분야의 국산화를 제고가 시급히 요망되고 있다. 重電機의 원가구성에 50% 이상을 차지하고 있는 차단부 接點을 비롯 진공밸브 절연재 고압용부싱등 핵심부품의 경우 日本등에서 전량 수입하고 있어 換差損 부담이 심각한 것으로 나타났다. 重電機 국산화율은 △3백 54KV 급변압기가 48% △1백 54KV 급변압기 64% △차단기(1백 54KV 급) 60% △断路器(1백 70KV 급) 78% 등에 머물고 있는데다 外産부품 의존도가 日産에 편중, 日貨강세에 의한 환차

손이 46억원에 달한 것으로 알려졌다.

또한 釜屋計電은 지난해 日貨강세에 따른 환차손 부담이 60억원에 달한 것으로 알려졌으며 차단기부품등 중전기부품을 西獨에서 수입하고 있는 現代重電機는 日本의존업체보다 영향을 덜받고는 있으나 마르크貨의 강세로 휴우증이 컸던 것으로 알려졌다.

이에 따라 최근 관련 重電機업체는 重電機부품의 국산화와 함께 美國측으로 수입선전환을 서두르고 있다.

晝星重工業은 특히 對日 의존이 심한 애자류를 비롯 SF6 가스 절연재 등 고압가스 차단기부품의 수입선을 美國으로 전환할 것을 모색하고 있다.

釜屋計電은 전사적인 부품 국산화로 지난해 40억원의 수입대체 효과를 거둔데 힘입어 90년까지 고압중전기분야의 국산화율을 80%까지 끌어 올릴 장기계획을 수립했다.

이밖에 現代重電機·利川電機등도 중장기 국산화전략을 수립 적극적으로 추진중에 있다.

한편 重電機분야의 국산화는 막대한 시설투자가 요구되는데 반해 상대적으로 국내시장이 협소하여 설비투자에 많은 제약을 받고 있는데다 주변산업이 발전되지 않아 수입의존이 심한 것으로 분석되고 있다. *