

아날로그 테스터와 디지털 테스터

— 계측기의 동작원리와 취급방법(4) —

역/대한전기기사협회 기술실

계측기의 디지털화가 진보되어 테스터도 디지털 테스터가 사용되고 있다. 여기서 아날로그 테스터와 디지털 테스터를 비교하여 각각의 특징에 대해서 설명하기로 한다.

4.1 아날로그 및 디지털 테스터의 회로 구성

테스터에는 지시전기계기를 사용하여 눈금판에서 측정치를 읽는 아날로그방식의 테스터와 표시를 숫자로 하는 디지털방식이 있다. 아날로그방식의 테스

터를 아날로그 테스터, 디지털방식의 테스터를 디지털 테스터라고 한다.

양 방식의 회로 구성은 <그림 4.1>과 같이 아날로그 테스터는 직류 전류계가, 디지털 테스터는 직류전압계(A-D 변환)가 계기로 사용되며, 이들에 배율기, 분압기, 분류기, 정류기, AC-DC 변환기 및 저항-전압변압기 등을 조합시켜 전압, 전류 및 저항을 측정하고 있다.

4.1.1. 전압 측정

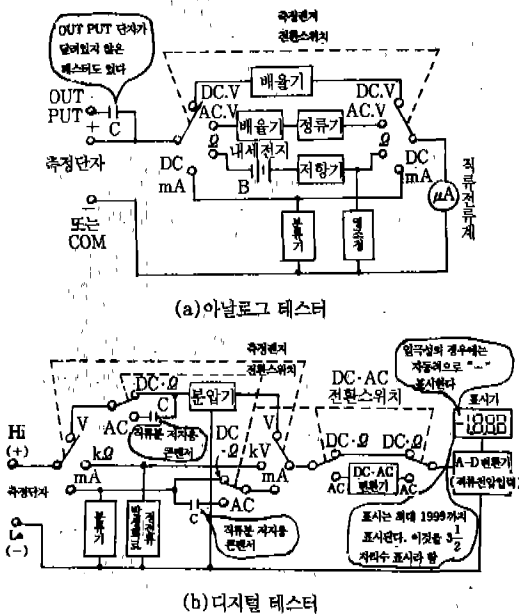
아날로그 테스터는 지시전기계에 직류전류계를 사용하고 직류전류계에 배율기를 사용하여 전압을 측정한다. 배율기를 사용하면 <그림 4.2>의 (a)와 같이 전자 렌지를 바꾸면 테스터의 내부저항(테스터의 측정단자에서 본 테스터 내부의 저항)의 값이 달라진다.

그 값은 일반적으로 사용되고 있는 것으로 $20k\Omega/V$, 고감도의 것으로 $100k\Omega/V$ 정도이다.

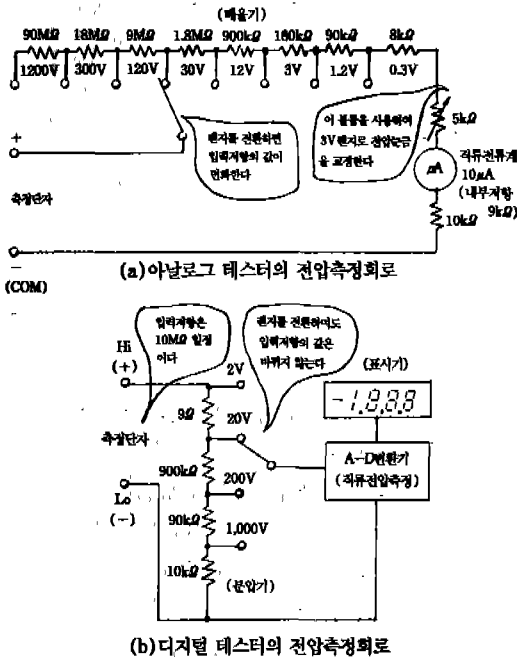
한편, 디지털 테스터는 <그림 4.2>의 (b)와 같이 분압기를 사용하고 있기 때문에 테스터의 내부저항의 값은 렌지를 바꾸어도 일정하다. 또한 낮은 전압 렌지에 있어서는 아날로그 테스터에 비해 그 값이 크다. 일반적으로 사용되고 있는 디지털 테스터의 내부저항은 $10M\Omega$ 정도의 값이다.

디지털 테스터는 A-D 변환기(아날로그-디지털 변환기)에 의해 아날로그량을 디지털량으로 변환하여 디지털량으로 표시하고 있다.

A-D 변환기에는 LSI(대규모 집적회로)가 사용



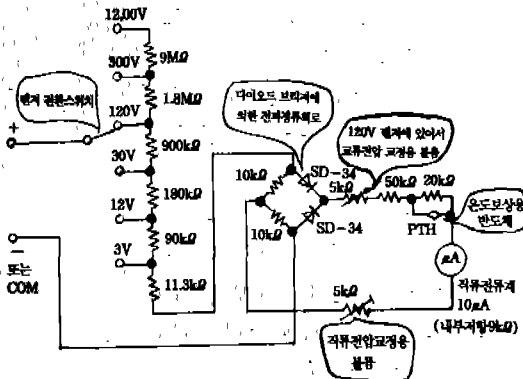
<그림 4.1> 테스터의 내부구성



<그림 4.2> 테스터의 직류전압 측정회로

되고 변환기 입력에는 직류전압이 사용되고 있다. 따라서 아날로그 테스터는 직류전류계가 기본이 되고, 디지털 테스터는 직류전압계가 기본이 되고 있다.

직류전압 측정 이외에서는 전류-전압변환기, 저항-전압변환기 및 교류-직류변환기를 사용하여

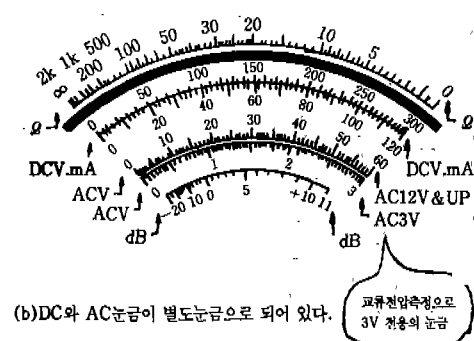
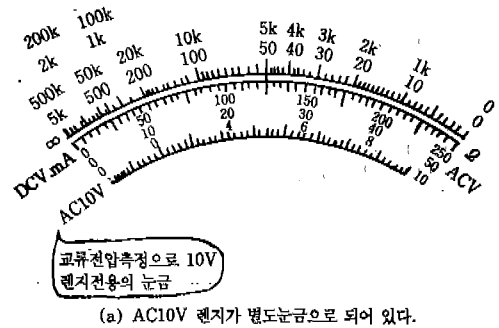


각 측정량을 직류전압으로 변환한 후 A-D 변환기에 가하여 디지털 표시를 하고 있다.

교류전압 측정은 아날로그 테스터에서는 <그림 4.3>에 표시하듯이 교류전압용 배율기를 거쳐 정류기에 의해 교류를 정류하고 직류전류계에 가하여 교류전압을 측정하고 있다.

교류전압 측정에서는 정류기의 정류특성에 의해 직류전압 눈금과는 달리 전압이 낮은 쪽에서 눈금이 끝나게 된다. 그리고 낮은 전압의 측정에 있어서는 <그림 4.4>와 같이 별도로 눈금을 설치한 것도 있다. 따라서 교류전압 측정에 있어서는 측정눈금에 각별히 주의해야 한다.

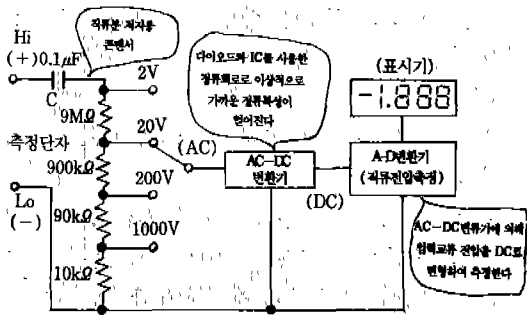
내부눈금의 값은 정류기를 사용하고 있기 때문에 직류전압 측정의 경우에 비하여 낮아 일반적인 것이 4kΩ/V, 고감도의 것이 10kΩ/V 정도이다. 디지털 테스터에서는 <그림 4.5>와 같이 직류전압 측정용



<그림 4.4> 아날로그 테스터의 눈금판

분압기 앞에 직류분 전기용 콘덴서가 직렬로 들어갔을 뿐이고 입력저항의 값은 $10M\Omega$ 으로 직류전압 측정의 경우와 상이하지 않다.

디지털 테스터에 사용되는 AC-DC 변환기는 다



<그림 4.5> 디지털의 교류전압 측정회로

이오드와 IC를 조합하여 <그림 4.6>과 같은 이상적인 정류특성에 의해 정류를 하여 직류전압을 얻고 있다. 따라서 표시도 직류전압 측정의 경우와 동일한 표시기에 의해 교류전압을 읽을 수가 있다.

4.1.2 전류 측정

아날로그 테스터는 직류전류기에 분류기를 사용하

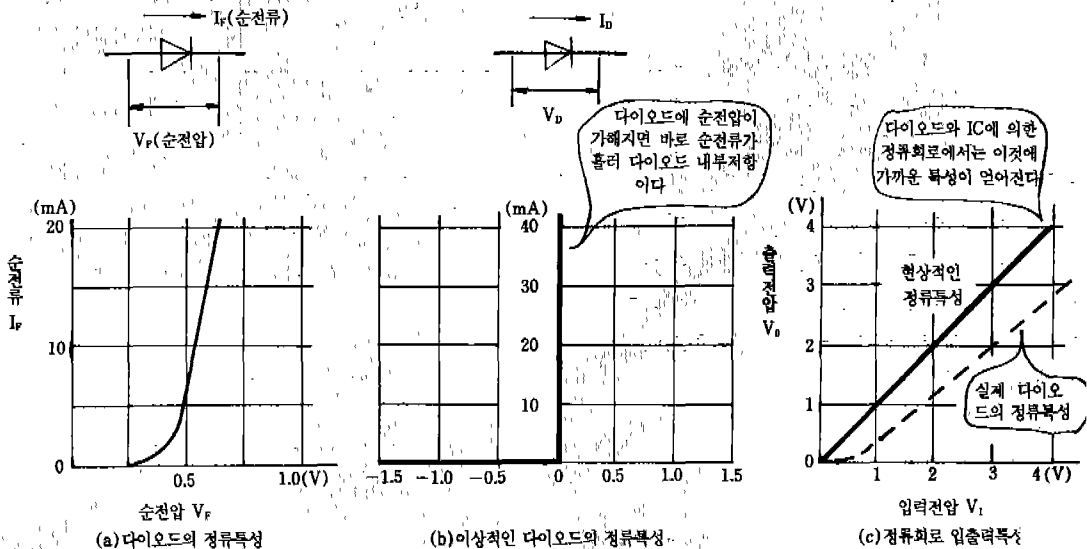
여 직류 전류를 측정하고 있다. 측정할 수 있는 전류의 값도 $3mA \sim 1.2A$ 정도까지, 그리고 범위가 넓은 것으로 $300\mu A \sim 1.2A$ 정도까지이다.

큰 값의 전류를 측정할 수 없는 이유는 테스터의 렌지 전환용 스위치 점점의 전류용량이나 내부에 들어가 있는 분류기용 저항기의 용량 및 발열 등과 같은 문제가 있어 큰 값의 전류를 측정할 수 없다.

KS에 전류측정에 있어 단자간 전압강하(테스터의 측정 단자간 전압)의 값이 규정되어 있는데, 그 값은 $500mV$ 이하로 정해져 있다. 눈금은 직류전압과 동일한 눈금을 사용한다.

디지털 테스터에서는 아날로그 테스터와 동일한 이유에 의해 전류 측정이 $1A$ 이하로서, $2mA \sim 1A$ 또는 $200\mu A \sim 200mA$ 정도까지의 전류 측정이 가능하다.

교류전류 측정에 있어서는 아날로그 테스터에는 교류전류의 측정 렌지가 없어 교류전류는 측정할 수가 없다. 이 이유는 교류전압 측정에서도 언급한 바와 같이 정류기의 정류특성에 의한 것으로서, 단자간 전압강하가 커져 전류측정에는 부적당하기 때문이다.



<그림 4.6> 테스터의 정류특성

한편, 디지털 테스트로는 직류전류 측정과 동일하게 교류전류의 측정도 가능하고 또 동일 렌지에 의해 측정할 수가 있다.

이것은 분류기 양단에 생긴 전압의 측정 때문이며, 교류전압 측정의 경우와 동일하다. 다만 렌지전 환용 스위치의 전류 용량, 분류기의 용량 및 발열 등의 문제가 있기 때문에 큰 값의 전류는 측정할 수 없고 직류전류 측정의 경우와 동일한 값이다.

4.1.3 저항 측정

아날로그 테스터에 의한 저항 측정은 <그림 4.1>에 나타낸 바와 같이 테스터에 내장되어 있는 전지에 의해 피측정 저항에 전류를 흘려 흐르는 전류의 크기에 따라 저항을 측정하고 있다.

따라서 전압 및 전류 측정의 경우와 눈금이 반대가 되며, 풀 스케일에서 저항눈금이 0, 그리고 전압 및 전류가 0인 곳에서는 저항 눈금이 ∞로 되어 있다.

측정단자도 “-” 또는 “COM” 단자에서 “f” 단자로 측정전류가 흐른다. 다이오드나 트랜지스터의 극성 시험이나 저항 측정에는 주의해야 한다.

저항측정 범위는 내장전지에도 따르지만 0~2MΩ 정도, 고감도의 테스터로는 0~20MΩ 정도의 측정이 가능하다.

디지털 테스터의 저항 측정에는 각종 방식이 있다. 많은 테스터는 정전류 전원에 의해 피측정 저항에 정전류를 흘리고 피측정 저항 양단에 생긴 전압을 측정하여 이것을 저항값으로 표시하고 있다.

디지털 테스터는 아날로그 테스터와 달리 테스터의 측정단자 “Hi” 단자에서 “Lo” 단자로 측정전류가 흐르고 다이오드나 트랜지스터의 극성시험이나 저항 측정은 아날로그 테스터와 극성이 상이하므로 주의해야 한다.

4.2 테스터의 성능

테스터의 성능에 대해서 아날로그 계기는 KS C 1306에서 정하고 있는 성능을 충족시키는 것이어야

한다. 한편, 디지털 테스터에 대해서는 그 성능에 대한 규정은 없고 그 시험법이 KS C 1006에 정해져 있다.

여기서는 아날로그 테스터와 디지털 테스터의 기본적인 것을 설명하고, 다음에 아날로그 테스터 및 디지털 테스터의 취급상 주의사항과 사용방법에 대해서 설명한다.

4.2.1 오차

테스터의 오차 표시방법은 아날로그 테스터와 디지털 테스터가 상이하다.

아날로그 테스터는 오차를 허용차로 표시하는데 측정량의 허용차는 <표 4.1>에 표시하는 값이다. 아날로그 테스터의 허용차는 최대 눈금치에 대한 백분율로 표시하고 있다.

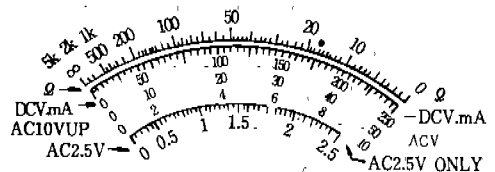
예를 들면 <그림 4.7>에 나타내는 눈금의 테스터에서 10V 렌지를 사용해서 최대 눈금값이 10V인 경우에는 그 오차가 ±0.3V까지 허용된다.

이 10V 렌지로 5V의 전압을 측정한 경우 10V 렌지는 ±0.3V까지의 오차가 허용되므로 5V에서의

<표 4.1> 허용차

측정량의 종류	허용차 (%)
직 류 전 압 직 류 전 류	최대눈금값의 ±3
교 류 전 압 ⁽¹⁾ 저 주 파 출 력 ⁽²⁾	최대눈금값의 ±4
저 항	눈금길이의 ±3%

주 : (1) A급, B급의 최대눈금 3V 이하의 교류전압(저주파 출력 포함)의 측정범위에 대해서는 최대 눈금값의 ±6%로 한다.
(2) dB눈금의 경우는 최대눈금을 전압으로 환산한 값으로 한다.



<그림 4.7> 아날로그 테스터의 눈금

오차로서는 $5V \pm 0.3V$ 가 되고 그 오차는 $\pm 6\%$ 가 된다.

또 10V 렌지로 1V의 전압을 측정하면 1V에 대해서 $\pm 0.3V$ 의 오차이다. 따라서 그 오차는 1V에 대해서 $\pm 30\%$ 오차가 되어 최대 눈금값의 10V를 측정한 경우의 오차에 대해서 10배나 되는 오차가 된다.

이와 같이 아날로그 테스터에 있어서는 값을 읽는 지침의 위치에 따라 오차의 값이 달라진다. 이 때문에 오차를 적게 측정값을 읽으려면 가급적 지침의 지시가 풀 스케일 가까이 지시하도록 테스터의 렌지를 선택하여 측정한다.

지금, 10V 렌지에 있어서 허용차가 최대 눈금치의 $\pm 3\%$ 인 경우, 그 오차곡선을 그리면 <그림 4.8>과 같은 곡선이 된다.

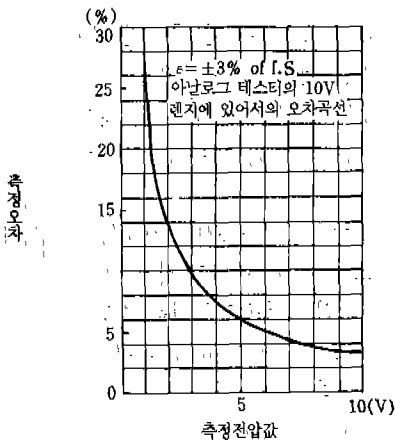
디지털 테스터는 테스터의 확실도를 표시하는데

$$\epsilon = \pm(\text{표시치의 } \alpha(\%) + \text{렌지의 } \beta(\%))$$

또는

$$\epsilon = \pm(\text{표시치의 } \alpha(\%) + n(\text{digit}))$$

로 하고 있다.



<그림 4.8> 아날로그 테스터의 오차곡선

이와 같이 디지털 테스터는 표시된 값에 대한 백분율과 렌지 또는 최소 자리수의 숫자에 의해 오차를 표시하고 있다.

예를 들면 2V 렌지로 그 확실도가

$$\epsilon = \pm 0.3\% \text{ rdg} \pm 0.15\% \text{ RNG}$$

로 표시된 것과

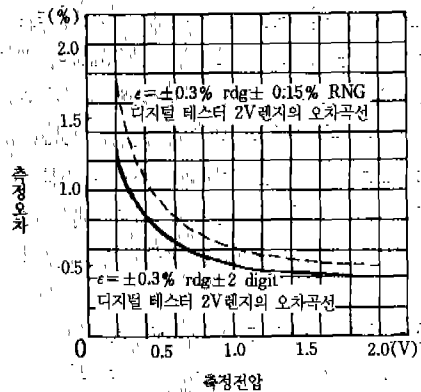
$$\epsilon = \pm 0.3\% \text{ rdg} \pm 2 \text{ digit}$$

로 표시한 것의 오차곡선을 그리면 <그림 4.9>와 같은 곡선이 된다. 디지털 테스터는 상기 어느 하나에 의해 그 오차가 규정되어 있다.

디지털 테스터의 확실도를 표시하는 중에서 rdg는 reading(표시값), RNG는 range(렌지), digit(디짓)의 약자이다.

또한 아날로그 테스터도 그 오차를

$$\epsilon = \pm 3\% \text{ f.S}$$



<그림 4.9> 디지털 테스터의 오차곡선

라고 표시하는 경우가 있다. 이 f.S는 full Scale(풀 스케일)의 약자이다.

4.2.2. 내부저항

이상적인 직류전압계란 내부저항의 값이 무한대인 것이다. 그러나 현실적인 직류전압계에 있어서는 직류전위차계 이외는 유한의 값을 나타낸다.

아날로그 테스터는 내부저항을 회로정수로 표시, 100kΩ/V나 18kΩ/V로 표시되고 있다. 여기에 표시되어 있는 Ω/V는 직류전압계의 감도의 기준으로서 사용되고 있다.

Ω/V란 직류전압계에 전압을 가하여 전압계의 지시가 어느 렌지에 있어서 최대값(풀 스케일)을 지시시키기 위해 1V당의 전압계 내부저항값이다.

예를 들면 직류전압계에 10V의 전압을 가했을 때 지시가 최대값(풀 스케일)을 지시했다고 한다. 이 전압계의 내부저항값이 100kΩ이었다고 하면

$$100k\Omega/10V=10k\Omega/V$$

가 되며, 이 값이 클수록 전압계의 내부저항값이 커진다. 따라서 전압계를 흐르는 측정전류의 값도 작아진다.

전압계의 내부저항의 값은 Ω/V의 값에 의해 구할 수가 있다. 그러나 전압계의 내부저항의 값은 테스트가 지시한 전압의 값에서 구하는 것이 아니고 테스트의 전압 렌지의 값에서 구해야 한다.

예를 들면 20kΩ/V의 회로 정수의 테스트로 10V의 렌지를 사용하는 경우 10V 렌지의 테스트 내부저항의 값은 20kΩ의 10배로 200kΩ이 된다. 또 이 10V 렌지로 어떤 전압을 측정할 때 5V를 지시했다고 한다. 이 경우의 내부저항값을 20kΩ의 5배, 100kΩ으로 하여서는 안된다. 10V 렌지를 사용하고 있기 때문에 10V 렌지에 대한 내부저항치 200kΩ이 10V 렌지의 테스트 내부저항의 값이 된다.

예를 들면 100V 렌지를 사용하면 20kΩ의 10배, 2MΩ이 되고, 또 2.5V 렌지이면 50kΩ이 된다.

교류전압 측정에 있어서는 테스트의 회로정수는 보통의 것으로 4kΩ/V, 고감도의 것이라도 10kΩ/V로서 직류전압 측정의 경우에 비해 그 내부저항의 값이 작다. 이 원인은 교류전압을 정류하여 직류로 하는 정류기의 특성 때문이다.

정류기에 의해 교류를 정류하는 경우 정류기에 흐르는 전류의 값을 어느 정도 크게 하지 않으면 정류 특성이 나빠진다. 따라서 교류전압을 측정하는 경우 배율기의 저항값을 작게 하여 정류기에 흐르는 전류를 최대한 많이 흐르도록 하여 정류특성을 좋게 하고 있다. 따라서 교류전압 측정에서는 내부저항의 값이 작아진다.

디지털 테스트에서는 분압기를 사용하여 렌지를 전환하고 있다. 렌지 전환을 입력단자측에서 전환하고 있지 않기 때문에 입력 임피던스가 일정한 값이

된다.

입력 임피던스는 일반적으로 사용되고 있는 디지털 테스트에 있어서는 10MΩ 정도의 것이 많이 사용되고 있다.

교류전압 측정의 경우도 동일한 값으로서, 입력 임피던스는 10MΩ정도로 렌지에 관계없이 일정한 값이다.

이상적인 전류계란 내부저항의 값이 0인 것이다. 그러나 현재로는 전류계에 있어 내부저항이 0인 것은 제작되고 있지 않다. 그러나 전류계의 내부저항 값은 작은 것이 바람직하다.

아날로그 테스트에 있어 전류계의 경우에는 내부저항의 값으로 표시하지 않고 단자간 전압강하로 표시하고 있다. KS에는 이 값이 500mV 이하로 되어 있다.

단자간 전압강하의 값은 테스트의 렌지를 바꾸어도 거의 일정하다. 그러나 렌지를 바꾸면 측정전류의 값은 달라진다.

예를 들면 단자간 전압강하 500mV 테스트로 100mA의 렌지를 사용하면 내부저항의 값은 5Ω이다.

렌지를 1mA로 전환하면 측정전류는 1mA가 되더라도 단자간 전압강하는 500mV이다. 따라서 내부저항의 값은 500Ω이 된다. 이와 같이 측정전류의 값이 작아지는 데 따라 내부저항의 값은 증가해 나간다.

디지털 테스트는 전류측정의 경우는 내부저항이라고 하지 않고 입력저항이라고 하고 있다.

디지털 테스트에 측정전류 I를 흘리고 그때의 단자간 전압 E를 측정하여 다음 식에 의해 입력저항 R를 구하고 있다.

$$R = \frac{E}{I}$$

디지털 테스트로 하는 전류측정은 테스트 내부에 있는 표준저항기(이 저항의 정밀도에 따라 전류측정의 정밀도가 정해진다)에 측정전류를 흘리고 표준저항기 양단에 생긴 전압을 측정, 이것을 전류치로 환

산하여 표시하고 있다.

따라서 입력저항의 값은 디지털 테스터의 A-D 변환기의 전압감도에 따라 상이하며, 일반적으로 사용되고 있는 디지털 테스터의 단자간 전압은 보통의 것으로 2V 정도, 고감도의 것으로 200mV 정도이다.

따라서 단자간 전압이 2V인 경우, 측정전류가 200mA 렌지에서는 10 Ω , 2mA 렌지에서는 1,000 Ω 과 같이 아날로그 테스터와 동일하게 그 측정 렌지에 따라 입력저항의 값이 변화한다.

또 교류전류 측정은 아날로그 테스터로는 할 수 없었지만 디지털 테스터로는 표준저항기 양단에 생긴 전압을 측정하기 때문에 표준저항기 양단의 교류 전압을 측정하면 되고, 교류전류 측정 렌지의 입력 저항의 값은 직류전류 측정 렌지에 있어서의 입력 저항의 값과 동일하다.

4.3 디지털 테스터의 사용상 주의사항

디지털 테스터에는 각종 보호회로가 있어, 사용방법이 잘못되었을 때는 과전압 등에서 테스터를 보호하고 있다. 그러나 잘못해서 큰 전압이나 전류를 가하거나 저항측정 렌지로 전압을 측정하거나 하는 것은 좋지 않다. 여기서 디지털 테스터를 올바르게 사용하기 위한 사용상의 주의사항을 언급하기로 한다.

디지털 테스터는 전압, 전류 및 저항을 측정할 수 있으며 그 측정범위가 넓다. 따라서 입력저항의 값도 10M Ω 으로부터 1 Ω (0.1 Ω)과 같이 측정 렌지에 따라 그 값이 크게 변화한다.

만일 사용법을 잘못하여 상이한 렌지를 사용하면 디지털 테스터 자체에 큰 손상을 주게 되므로 전환 스위치의 위치나 측정 렌지에는 주의를 하고 사용해야 한다.

입력단자는 플로팅되어 있기 때문에 Lo단자와 테스터 케이스가 접촉되어 있지 않다. 따라서 반도체(SCR 등)를 사용해서 회로가 제어되어 있는 전기기구나 장치 가까이에서 사용하면 전기기구나 장치에

서 발생하는 잡음 등에 의해 정확한 지시가 얻어지지 않거나 지시가 안정되지 않는 경우가 있다.

특히 고저항을 측정하는 경우 유도잡음이나 외부 잡음에 의해 표시가 불안정해지는 일이 많다. 만일 표시가 불안정해지거나 하면 사용하고 있는 리드선을 실드선으로 바꾸고 실드측을 Lo단자에 접속하여 사용한다.

전류용량이 큰 강전관계의 측정은 가급적 피하는 것이 좋다. 또 전원에 건전지를 사용하고 있는 경우, 사용전에 건전지를 점검한다. 특히 장시간 방치하고 있었던 경우에는 반드시 건전지를 점검하고 나서 측정을 하도록 하여야 한다.

4.4 디지털 테스터 측정시의 주의사항

디지털 테스터를 사용하여 측정을 할 때는 다음과 같은 사항에 주의하고 측정하여야 한다.

(1) 측정에 들어가기 전에 반드시 팬션·렌지 등의 스위치 위치가 올바른가 확인한다.

(2) 측정시마다 반드시 렌지 위치를 확인한다.

(3) 측정코자 하는 전압 또는 전류의 값이 불명일 때는 반드시 제일 큰 렌지부터 측정에 들어가 측정치가 그 렌지보다 낮은 렌지로 측정할 수 있는 것을 확인하고 나서 낮은 렌지로 전환하도록 한다.

(4) 렌지를 전환할 때는 반드시 테스트봉을 회로에서 분리하고 렌지를 전환한다.

(5) 디지털 테스터에는 보호회로가 들어가 있지만 과도한 입력을 가하는 것은 절대 피한다.

(6) 직사일광이나 쇼크가 가해지는 조건에서의 사용을 피하고 또 고온, 다습, 결로 등과 같은 조건에서의 보존은 피한다.

(7) 건전지 교환은 반드시 전부의 전지를 동시에 교환한다.

(8) 수신중인 라디오 수신기나 텔레비전 수상기가 가까이에서 사용하면 라디오나 텔레비전에 잡음이 들어가는 일이 있으므로 주의해야 한다.

<다음호에 계속...>