

Development of the Precision AC/DC Power Measuring System on the Basis of Thermal Converters

朴榮泰*·張錫明**

(Young-Tae Park · Seok-Myeong Jang)

Abstract - The high precision of electrical power and energy measurements with wide range of frequency and power factor can be achieved by using the thermo-electrical power comparators. The paper describes the development of a precision power measuring system by using a ac/dc power comparator for measurement of power. Based on a thermal principle, the instrument performs ac-dc transfer for ac power measurements in the range of currents from 0 to 5 A_{rms}, voltages from 0 to 240 V_{rms}, power factors from 0 to 1 and frequencies from 0 to 1000 Hz. Two thermal converters with two heater are used in the functional element of the comparators. The ac-dc transfer accuracy is better than 20 ppm at unity power factor and better than 50 ppm at 0.5 power factor.

Key Words : Power comparator, ac-dc transfer, thermal-electrical Power

1. 서론

AC 전력의 정밀측정을 위하여 교류를 직류로 변환할 수 있는 기능을 가진 열전형변환기(thermal converter)를 사용하여 왔고 계속하여 열전 변환원리를 이용한 고정도의 열전형전력계를 개발하고 있다[1-6]. 그리고 전력표준의 국제비교를 위한 휴대용 전력 표준장치를 각국에서 개발하고 있으며 이러한 목적을 위하여 몇몇 나라에서는 기준기급 ac전력계를 성공적으로 개발하였다[6-8]. 이러한 기준기급 ac 전력계들은 ac전력을 dc 전력으로 직접 변환시킬 수 있는 장점을 가지고 있고 ac전력 측정에서 정확도, 안정도 그리고 선형도 등 우수한 특성을 나타낸다. 그러나 dc전력을 측정할 경우에는 동작되지 않는 단점을 가지고 있으며 정밀 정확한 전력계의 교정(calibration)에는 반드시 dc전력으로 비교측정하여 교정해야 하는데 이럴 경우 문제가 있다.

본 연구에서 개발된 교류직류전력비교기는 제안된 정밀전력 측정장치의 핵심 부분이며 정확도, 안정도, 선형도 뿐만 아니라 dc전력으로 교정할 수 있어 위의 문제를 만족시키고 있다. 본 연구에서의 교류직류전력비교기는 열전변환 원리를 기본으로 하여 ac전력 뿐만 아니라 dc전력도 측정할 수 있다. 즉, 열전변환기의 히터에 전류가 흐르면 히터에 발생하는 열이 절연체를 통하여 열전형변환기 출력에 열기전력을 발생시킨다. 발생하는 열기전력은 열의 함수로 선형적인 관계를 가진다. 그리고 발생하는 열기전력은 직류일때와 교류일때 각각 다른 특성을 가져 교류직류전달오차(ac/dc transfer error)를 발생 시킨다. 이러한 교류직류전달오차를 줄이기 위하여 열전형변환기의 성능을 개

선하는 방법이나, 교류직류전달오차를 줄일 수 있는 측정기술을 개선하는 방법이 있다. 이제까지 열전형변환기를 이용하여 제작한 교류직류전력비교기는 1 개의 히터를 가진 열전형변환기를 사용함으로써 열전형변환기의 특성관계 때문에 교류직류 전달오차가 크게 개선되지 못했다. 본 연구에서는 교류직류 전달오차를 줄이기 위하여 2 개의 히터를 가진 2 개의 열전형변환기를 교류직류비교 소자로 사용하였고, 열전형변환기의 히터에 발생하는 열을 동일하게 발생시키는 방법을 사용함으로써 이러한 문제를 해결하였다. 개발된 장치는 측정전류범위 0에서 5 A_{rms}, 측정전압범위 0에서 240 V_{rms}, 측정역률범위 0에서 1, 측정주파수 범위는 0에서 20 kHz이며 전력주파수의 역률 1에서 정확도는 20 ppm, 역률 0.5에서 정확도 50 ppm의 특성을 나타내었다.

2. 전력측정 장치의 동작원리

2.1 전력측정 장치

전력측정 장치에서 핵심이 되는 전력비교기는 교류전력과 직류전력을 비교할 수 있는 장치이다. 즉, 전력비교기에서 비교되는 교류전력과 직류전력 사이에는 식(1)과 같은 관계가 있다.

$$P^{\sim} = U^{\sim} I^{\sim} \cos \psi = U_0 I_0 = P_0 \quad (1)$$

여기서 P^{\sim} 는 교류전력을, P_0 는 직류전력을 나타낸다. 그리고 U^{\sim} , I^{\sim} , $\cos \psi$ 는 각각 교류전압, 교류전류, 위상을 나타내고 U_0 , I_0 는 직류전압, 직류전류를 나타낸다. 이것은 직류전압과 직류전류를 곱한 값이 메타에 읽어졌을 경우 그 값은 교류전압과 교류전류를 곱한 값과 같음을 의미한다.

그림 1은 교류직류전력비교기를 포함한 전력측정시스템을 나타내었다. 입력교류전압 U^{\sim} 은 전압분할기(voltage divider)VD에 의하여 작은 전압신호 U_0^{\sim} 로 변환되고 입력교류전류 I^{\sim} 도 분리기(shunt) R_{sh} 에 의해 작은 교류전압신호 U_1^{\sim} 로 변환된다.

* 正會員 : 韓國標準科學研究院 電磁氣研究部 先任研究員

** 正會員 : 忠南大 工大 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 1995年 7月 24日

1次 修正 : 1995年 10月 28日

2次 修正 : 1995年 11月 24日

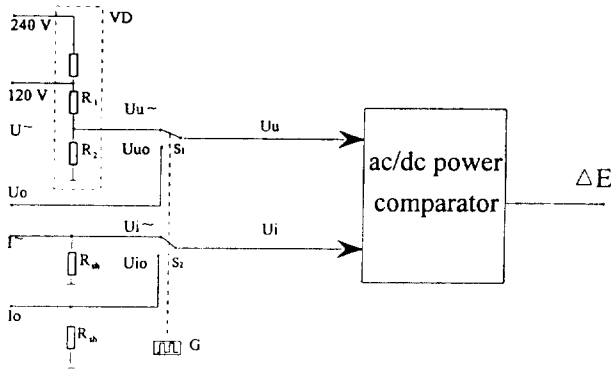


그림 1 전력측정장치
Fig. 1 Power measuring system

입력직류전압 U_0 는 직접 작은 직류신호전압 U_{i0} 로 공급되고 직류입력전류 I_0 는 분류기에 의해 작은 직류전압 U_{i0} 로 변환하여 공급한다. 변환된 작은 신호들은 스위치 위치를 바꾸어 주는 펄스와 G에 의해 전력비교장치에 공급된다. 이때 전력비교기의 출력신호 ΔE 는 P^- 와 P_0 의 차이 전압만 나타낸다.

$$\Delta E = N_1 P^- - N_2 P_0 \quad (2)$$

이때 $\Delta E = 0$ 가 되면 교류전력과 직류전력 사이에는 식(3)과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$N_1 C_{vd} Z_{sh} U^- I^- \cos \psi = N_2 C_{vd} R_{sh} U_0 I_0 \quad (3)$$

식(3)에 식(1)을 삽입하여 전력으로 다시 표현하면 다음과 같다.

$$P^- P_0 \left[\frac{N_2 C_{vd} R_{sh}}{N_1 C_{vd} Z_{sh}} \right] \quad (4)$$

N_1 과 N_2 는 전력비교기의 입력채널에 의한 전력변환상수를 각각 나타내었다. 그리고 C_{vd} , C_{vf} 는 직류와 교류 일때의 전압 분할기의 값을 나타내었고 R_{sh} , Z_{sh} 는 직류와 교류 일때의 분류기의 값을 각각 나타내었다. 만약 식(4)에서 $C_{vd} = C_{vf}$, $R_{sh} = Z_{sh}$, $N_1 = N_2$ 이면 $P^- = P_0$ 가 되어 직류전력과 교류전력이 같아짐을 알 수 있다. 그러나 실제로 열전형변환기의 성능과 전압 분할기, 분류기 등의 특성에 의해서 직류전력과 교류전력이 같아지지 않지만 그림에서 나타난 것과 같이 전압 U_0 를 조정하여 $\Delta E = 0$ 가 되게 조정하면 교류전력과 직류전력의 차이를 알 수 있다. 이때 공급되고 있는 직류전력을 알고 있으므로 상대적으로 교류전력을 알 수 있다. 즉 직류전력 값에 직류교류전력의 차를 합하면 측정하려고 하는 교류전력을 알 수 있다.

2.2 전력비교기의 원리

직류전력과 교류전력의 차이를 알면 정확하게 교류전력을 알 수 있다. 직류전력은 항상 교류전력의 기준이 될 뿐만 아니라 정확하게 값을 알 수 있으며 실현하기 쉽기 때문이다. 따라서 교류전력을 정확하게 알기 위하여 직류전력과 비교측정할 수 있는 전력비교기가 필요하며 전력비교기의 소자로 열전형변환

기를 사용한다.

그림 2는 열전형변환기를 사용한 열전형전력비교기의 동작원리를 나타내었다. 전력비교기는 3 부분으로 구성되어 있다. 첫째는 입력신호 U_u 와 U_i 의 합을 변환시키는 회로, 두번째는 입력신호 U_u 와 U_i 의 차를 변환시키는 회로, 세번째는 다중접합 열전형변환기(multijunction thermal converter) MTC1, MTC2로 구성된 열전형변환기 블록으로 이루어져 있다.

MTC블록의 출력신호는 두 MTC출력 E_1 과 E_2 의 열기전력(emf) 차를 나타낸다. 합과 차의 승산방법은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$4AB = (A+B)^2 - (A-B)^2 \quad (5)$$

여기서 $A=U_u$, $B=U_i$ 로 각각 대체할 수 있다. 따라서 $U_u + U_i$, $U_u - U_i$ 의 신호가 열전형변환기의 히터에 공급된다. 만약 2개의 열전형변환기가 동일한 특성을 가지고 있다면 출력은

$$E_1 = nI_{h1}^2, \quad E_2 = nI_{h2}^2 \quad (6)$$

로 나타낼 수 있으며 n 은 MTC의 열변환상수이고 I_{h1} , I_{h2} 는 MTC의 히터전류를 나타낸다. 식(5)와 식(6)으로부터

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{n}{r_h} (U_u + U_i)^2 - \frac{n}{r_h} (U_u - U_i)^2 = NU_u U_i \quad (7)$$

로 표현할 수 있다. r_h 는 MTC의 히터 저항을 나타내고 N 은 변환상수를 나타낸다. 따라서 열전형변환기의 출력은 입력신호들의 곱에 비례하여 나타난다. 여기서 출력전력 $U_u U_i$ 는 공급되는 신호가 직류일때, 직류전력 $P_0 (= C_{vd} R_{sh} U_0 I_0)$ 로 되고 교류일때 교류전력 $P^- (= C_{vf} Z_{sh} U^- I^- \cos \psi)$ 로 나타낼 수 있다. 여기서 MTC의 출력은 공급되는 신호가 직류일때나 교류일때나 모두 직류전압으로 나타난다. 그리고 ΔE 는 직류 교류전력에 비례하게 된다. 만약 $\Delta E^- = \Delta E_0$ 가 된다면

$$P^- = P_0 (1 + \gamma_{ac/dc}) \quad (8)$$

로 표현된다. 여기서 $\gamma_{ac/dc}$ 는 직류교류전달 불확도를 나타낸다. 따라서 측정하고자 하는 교류전력은 전력비교기를 통하여 비교기의 출력이 0이 될 때까지 공급함으로써 측정되어진다. 즉 비교기의 출력이 0이 될 때 공급되고 있는 직류전력 값이 측정하고자 하는 교류전력 값이 된다. 그러나 실제의 MTC의 출력은 교류신호와 직류신호의 변환 과정에서 MTC의 성능에 따라 다르겠지만 교류직류전달오차를 가지게 되는데 다음과 같이 표현된다.

$$E_1 = n_1 (I_{h1}^2)^a, \quad E_2 = n_2 (I_{h2}^2)^b \quad (9)$$

이경우 만약 $n_1 \neq n_2$ 이고 $a \neq b \neq 1$ 이면

$$\Delta E = P_0 \pm F(U_u, U_i, \cos \psi) \quad (10)$$

의 관계를 가지게 되므로써 MTC의 출력은 교류전압, 전류, 위상의 함수에 관계되어 측정의 오차가 커지게 된다. 그리고 $n_1 \neq n_2$ 이고 $a = b = 1$ 일 경우

$$\Delta E = 2(n_1 + n_2)U_u U_i + (n_1 - n_2)U_u^2 + (n_1 - n_2)U_i^2 \quad (11)$$

가 된다. 만일 MTC의 열변환상수 n 들이 동일한 특성을 가진다면 식(7)과 같이 되어 직류교류에 의한 차이가 제거될 수 있

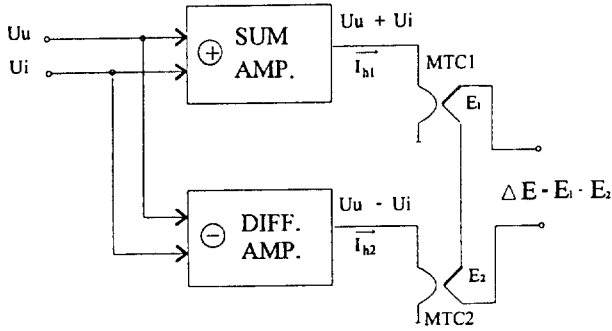


그림 2 열전형전력비교기의 동작원리
Fig. 2 Principle of thermal power comparator

지만 실제 MTC의 특성은 상수 n들이 동일한 성능을 가지지 못한다.

MTC는 열전대(thermocouple)들과 히터(heater) 그리고 열전대와 히터 사이의 절연체로 구성되어 있다. 히터는 저항 값이 큰 니크롬선으로 만들어졌고 15 x 5 um의 사각형으로 감겨졌으며 길이는 10 mm이다. 열전대와 히터 사이의 절연체는 얇은 마이카 판(5 um)으로 되어 있다. 히터에 전류가 흐르면 히터에 발생하는 열이 절연체를 통하여 열전대의 출력에 열기전력이 발생된다. 발생하는 열기전력은 열의 함수로 선형적인 관계를 가진다. 그리고 발생하는 열기전력은 직류일때와 교류일때 각각 다른 특성을 가져 교류직류전달오차를 발생시킨다. 이러한 교류직류전달오차를 줄이기 위하여 두 가지를 생각할 수 있다. 하나는 MTC의 성능을 향상시키는 방법이 있고 다른 하나는 전달오차를 줄일 수 있는 측정방법을 개선하는 것이다. 본 연구에서는 교류직류전달오차를 줄이기 위하여 2 개의 히터를 가진 MTC를 두 개 사용하고, 히터에 발생하는 열을 동일하게 발생시키는 방법을 사용함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있는 교류직류전력비교기를 개발하였다.

3. 교류직류전력비교기의 제작

그림 3에 개발한 교류직류전력비교기를 나타내었다. MTC₁과 MTC₂의 발생열을 동등하게 하기 위하여 그림에 나타난 바와 같이 히터 1/1과 히터 2/1을 전력 P[~] 혹은 P₀를 변환하기 위하여 사용하고 히터 1/2와 히터 2/2는 보조전압 U_{ua}와 U_{ia}를 곱한 전력 P₀를 변환하기 위하여 사용하였다. MTC₁의 출력 E₁의 기전력은 (U_u + U_i)와 (U_{ua} - U_{ia})의 곱에 의한 값이 출력되고, MTC₂의 출력 E₂의 emf는 (U_u - U_i)와 (U_{ua} + U_{ia})의 곱에 의한 값이 출력되어 진다.

$$E_1 = [n(2U_u U_i + U_u^2 + U_i^2) + m(-2U_{ua} U_{ia} + U_{ua}^2 + U_{ia}^2)]$$

$$E_2 = [n(-2U_u U_i + U_u^2 + U_i^2) + m(2U_{ua} U_{ia} + U_{ua}^2 + U_{ia}^2)]$$

(12)

전압 U_{ia}를 ΔE = E₁ - E₂ = 0 혹은 4n U_u U_i = 4mU_{ua} U_{ia}가 될 때까지 조절한다. 따라서 출력전력은

$$P = \frac{m}{n} U_{us} U_{ia}$$

(13)

로 나타낼 수 있다. 만약 식(13)에서 P가 교류전력 P[~]라고 하고

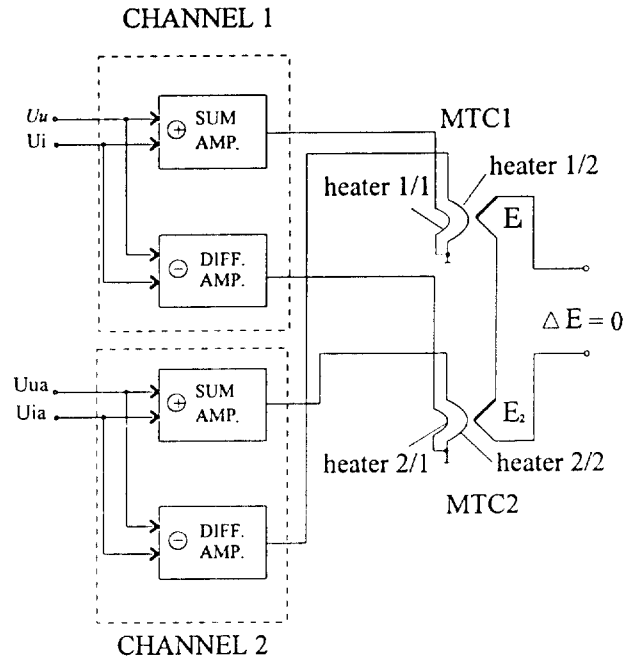


그림 3 개발된 교류직류전력비교기의 동작원리
Fig. 3 Principle of the developed ac/dc power comparator

직류전력을 (m/n)U_{ua}U_{ia}라고 하면 측정전력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P^{\sim} = U^{\sim} I^{\sim} \cos \psi = (m/n)P_0$$

(14)

n과 m은 채널 1(교류전력 P[~])과 채널 2(직류전력 P₀)의 변환 상수를 나타낸다. m과 n이 동일한 특성을 가진다면 정확히 교류전력과 직류전력이 같지만 실제로 동일한 특성을 가지지 못한다. 따라서 이러한 문제를 줄이기 위하여 채널 1, 채널 2에 번갈아 가면서 교류전력 P[~]와 직류전력 P₀를 공급하여 열전형 변환기의 출력 ΔE의 평균값을 취하면 m과 n의 특성에 의한 오차를 제거할 수 있다. 이러한 측정의 결과를 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$[1] P^{\sim} = (m/n)P_{01} \quad [2] P^{\sim} = (n/m)P_{02}$$

$$\text{혹은 } P = \frac{P_{01} + P_{02}}{2} = \frac{1}{2}(n/m + m/n)P^{\sim}$$

(15)

P₀₁과 P₀₂는 교류전력을 채널에 번갈아 공급할 때의 출력직류전력을 나타낸다.

4. 전력측정 시스템의 성능 평가

개발된 전력측정 시스템을 호주의 국립측정표준연구기관인 NML과 국제비교 측정을 하였으며 그 결과를 표 1에 나타내었다. 측정입력은 120 V_{rms}, 1A_{rms}에서 역률 1과 0.5, 그리고 주파수 53 Hz와 400 Hz에서 호주의 전력표준장치와 비교측정하였다. 역률 1과 주파수 53 Hz에서 비교측정한 결과는 1 ppm의 차이를 나타내었고 역률 0.5에서 15 ppm, 그리고 역률 0에서 5 ppm의 결과를 나타내었다. 자료에 의하면 호주의 국립측정표준연구기관인 NML에서 유지하고 있는 전력국가 표준기는 역률 1에서 정확도가 15 ppm 수준에 있고 본 연구에서 개발된

전력측정 시스템과 1 ppm의 차이를 나타내므로 본 시스템의 정확도는 20 ppm 보다 우수함을 알 수 있다. 역률 0.5에서 NML은 35 ppm으로 유지하고 있으므로 본 시스템의 정확도는 50 ppm 수준임을 평가할 수 있다.

표 2는 입력주파수를 변화 시켜가면서 교류직류전력비교기의 교류직류전달오차를 측정하였다. 주파수가 증가함에 따라 전달 오차가 증가하는 것을 알 수 있다. 이렇게 나타나는 주된 원인은 교류를 직류로 변환시켜주는 열전형변환기의 히터에서 발생하는 열특성 때문이다. 열전형변환기의 히터에 직류전류가 흐를 때 발생하는 열 $T_0(t)$ 는 다음과 같이 나타낸다.

$$T_0(t) = T_0[1 - \exp(-t/\tau_h)] \tag{16}$$

여기서 τ_h 는 히터의 시정수를 나타낸다. 또 히터에 교류전류가 흐를 때

$$T(t) \sim T + T_0 \sin^2 \omega t \tag{17}$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 T는 T_0 의 평균이며 T_0 는 직류가 히터에 흐를 때 발생하는 $T_0(t)$ 의 정상상태의 값을 나타내고 ω 는 교류주파수를 나타낸다. 만약 $\omega \ll 1/\tau_h$ 의 관계를 가지면 $T(t) \sim T$ 가 감소하게 되고 주파수에 의한 영향이 줄어들게 된다. 또 히터에서 발생하는 표피효과에 의한 영향도 주파수 증가에 따라 크게 나타나고 있는 것으로 생각된다. 역률 1에서 주파수를 1 kHz까지 변화시켰을 때 교류직류전달오차는 20 ppm이고 주파수를 20 kHz까지 변화시켰을 때 교류직류전달오차는 110 ppm의 특성을 나타내었다.

주파수 57 Hz에서 입력전압과 입력전류 변화의 교류직류전달오차에 대한 선형도를 그림 4에 나타내었다. 입력전류를 1 A_{rms}에 고정시키고 입력전압을 0에서 240 V_{rms}까지 변화시켜 가면서 선형도를 측정하였다. 이때 입력전압 240 V_{rms}는 전압 분할기를 통하여 1 V_{rms}로 변환되고 48 V_{rms}는 0.2 V_{rms}로 변환된다. 또 입력전압을 120 V_{rms}에 고정시키고 입력전류를 0에서 5 A_{rms}로 변환시켜 가면서 측정하였다. 이때 입력전류는 분

표 1 개발된 전력측정장치와 NML(호주)의 전력표준기와 비교 측정

Table 1 Comparison of measurements between the developed power measuring system and NML's power standard

INPUT VOLTAGE (V)	INPUT CURRENT (A)	FREQUENCY (Hz)	POWER FACTOR	DIFFERENCE BETWEEN STANDARDS (ppm)
120	1	53	1	-1
120	1	53	0.5L(lag)	-5
120	1	53	0.5C(lead)	+14
120	1	400	1	-27
120	1	400	0.5L(lag)	-33
120	1	400	0.5C(lead)	+72
120	1	53	0	+5

표 2 주파수 변화에 의한 교류직류전달오차(PF=1)

Table 2 ac/dc transfer error versus frequencies variation

Freq.(Hz)	60	600	1,000	5,000	10,000	20,000
ac/dc error (ppm)	10	10	20	30	40	110

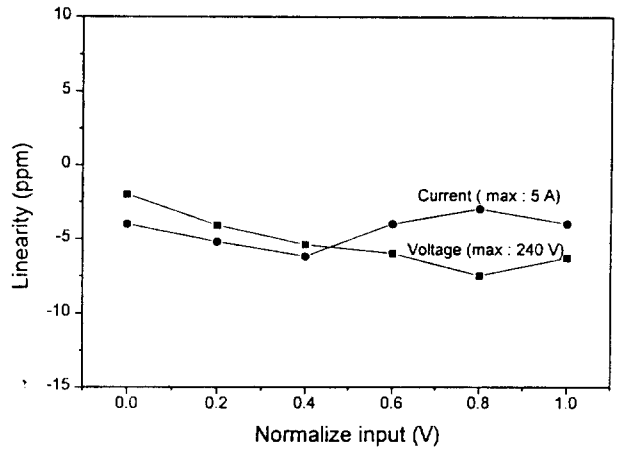


그림 4 입력신호 변화에 대한 교류직류 전달오차의 선형도
Fig. 4 Linearity of ac/dc transfer error versus input signals variation

표 3 실험에 사용된 장비 목록

Table 3 Used instruments for test

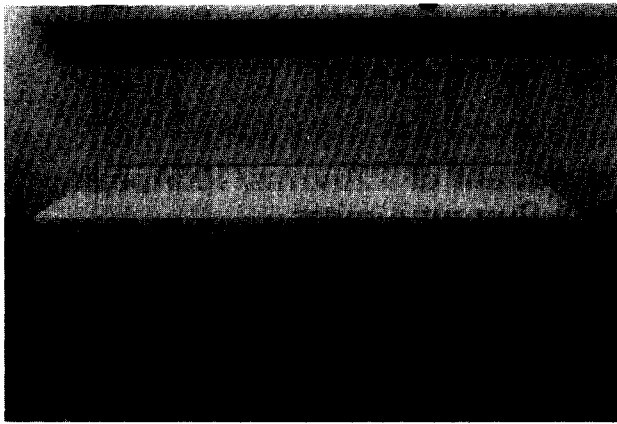
#	ITEM	MANUFACTURER	NUMBER	DESCRIPTION	Q'TY
1	Thermal RMS digital multi-meter	Fluke	8506A	ACCURACY 5 PPM	1
2	Sensitive digital voltmeter	Keithley	182	ACCURACY 5 PPM	1
3	DC Voltage standard differential voltmeter null detector	Fluke	335D	ACCURACY 10PPM	2
4	Thermal wattmeter	HEG	K2004	ACCURACY100PPM	1
5	Power wattmeter	HEG	C1-2	ACCURACY100PPM	1
6	Transconductance Amp.	Fluke	5220A	STABILITY100PPM	1
7	Precision power Amp.	Fluke	5025A	STABILITY200PPM	1
8	Phase standard	Clarke-hess	5000	RESOLUTION 0.1M	1
9	Power source	Zera	FG102	STABILITY 10PPM	1
10	DC/AC Power comparator	계 작			1
11	Voltage divider	계 작			1
12	Current shunt	계 작			2

류기를 통하여 5 A_{rms}는 1 V_{rms}로 변환되고 1 A_{rms}는 0.2 V_{rms}로 변환된다. 그림에 나타난 바와 같이 입력전압, 전류의 변화에 대한 교류직류전달오차의 선형도는 -10 ppm을 벗어나지 않았다. 이것은 교류직류전력비교기의 특성뿐만 아니라 전압분할기와 분류기의 성능이 우수함을 나타내고 있다. 여기서 사용한 전압분할기와 분류기는 입력신호의 직류교류에 의한 차이가 거의 발생하지 않는 구조로 제작하였다. 즉, 전압분할기는 1 W, 10 kΩ, 0.1 %, 온도계수 0.6 ppm/°C의 특성을 가진 Vishay 저항 13 개를 직렬 연결하고 입력 240 V_{rms}, 120 V_{rms}에 대해 출력 1 V_{rms}가 되도록 저항을 배열하고 조정을 위한 저항을 설치하였다.

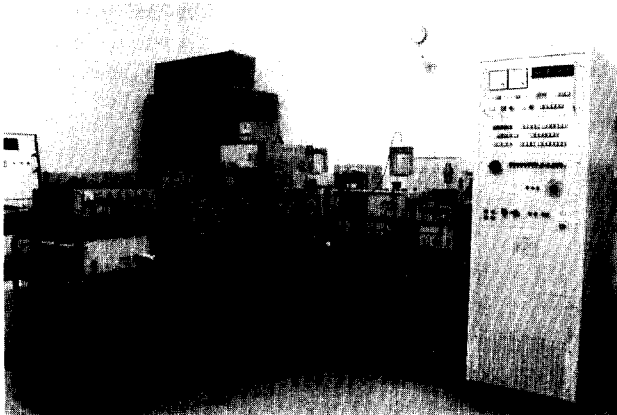
분류기는 5 A용과 1 A용을 구별하여 제작하였으며 5 A용은 10 Ω 저항 50 개를 병렬로 연결하여 0.2 Ω이 되게 하였고 1 A용은 50 Ω 저항 50 개를 병렬 연결하여 1 Ω이 되게 하였다. 저항을 병렬연결할 때 저항과 저항 사이에 발생할지 모르는 캐패시턴스 영향을 줄이기 위하여 저항들 사이를 동판으로 차폐시켰다. 그리고 모든 저항은 동판으로 된 2 개의 원판 사이에 설치하였다. 저항들 사이에 사용한 차폐용동판과 원판으로된 동판은 구조적으로 절연이 되게 하였다.

표 3은 실험에 사용된 장비들의 특성을 나타낸 것으로 재현성과 정확도 및 신뢰도가 높은 장비들로 실험하였다.

그림5(a)는 개발된 교류직류전력비교기를 나타내었고 그림5(b)는 교류직류전력비교기를 포함한 전력측정장치를 나타내었다.



(a)



(b)

그림 5 전력측정장치

- (a) 개발된 교류직류 전력비교기
- (b) 교류직류전력 비교기를 포함한 전력측정장치

Fig. 5 Power measuring

- (a) the developed ac/dc power comparator
- (b) the power measuring system with the developed power comparator

5. 결 론

열전형 변환원리를 이용하여 직류전력 및 교류전력의 정밀측정용 열전형전력측정장치를 개발하였다. 이 열전형전력측정장치는 기준직류전력과 측정교류전력 및 측정직류전력을 비교측정함으로써 측정의 정확도를 향상시킬 수 있는 전력비교기를 중심으로 하고 있다. 열전형전력측정장치의 성능은 호주의 국립측정표준연구기관인 NML과 국제비교측정을 통하여 평가하였다. 측정 전류범위 0에서 5 A_{rms}, 측정 전압범위 0에서 240 V_{rms}, 측정 역률범위 0에서 1, 측정 주파수는 0에서 20 kHz 범위까지 가능하며 전력주파수의 역률 1에서 정확도는 20 ppm이며 역률 0.5에서 정확도는 50 ppm의 특성을 나타내었다. 이 전력비교기를 개발함으로써 국가전력의 표준이 선진국 수준으로 향상되었다. 또 현재 산업체에서 보유하고 있는 성능이 우수한 전력측정장치의 원활한 교정을 지원할 수 있다.

개발된 열전형전력측정장치는 측정의 정확도와 선형도 등이

우수한 반면 항상 직류전력과 비교측정해야하는 조작상의 복잡함이 따른다. 이것을 개선하기 위하여 마이크로 프로세서를 이용한 자동 직류교류전력비교 측정회로를 개발 중에 있다.

참 고 문 헌

- [1] G. Schuster, "Thermal measurement of AC power in comparison with the electrodynamic method", IEEE Trans. Instrum. Meas., vol.IM-25, PP.529-533, 1976
- [2] L. G. Cox and N. L. Kunsters, "A differential thermal wattmeter for the AC/DC transfer of power", IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. IM-25, pp.553-557, 1976
- [3] N. L. Kunsters and L. G. Cox, "The development of an automatic reversing differential thermal wattmeter", IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. IM-29, pp.426-431, 1980
- [4] L. Erard, R. Knop and R. Sourck, "Improvement in the use of the thermal wattmeter principle: Application to a broad-band device for nonsinusoidal waveform", IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. IM-36, no.2, pp.375-380, 1987
- [5] G. O. Tong, Z. T. Qian, X. Y. Xu and L. X. Liu, "A device for audio-frequency power measurement", IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. IM-39, no.3, pp.540-544, 1990
- [6] G. Shuster, "Thermal instrument for measurement of voltage, current, power, and energy at power frequency", IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. IM-29, pp.153-157, 1980
- [7] P. N. Miljanic, B. Stojanovic and P. Bosniacovic, "The development of a high precision time-division power meter", in Proc. Conf. Prec. Electromagn. Meas., Delft, The Netherlands, pp.67-68, 1984
- [8] P. S. Filipski, R. Arsenau and J. J. Zelle, "Watt and volt-ampere transfer standard", IEEE Trans, Instrum. Meas., vol.42, pp.170-175, 1993

저 자 소 개



박영태 (朴榮泰)

1952년 10월 31일생. 1982년 울산대학교 전자공학과 졸업. 1984년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 현재 충남대학교 대학원 전기공학과 박사과정. 한국표준과학연구원 선임연구원



장석명 (張錫明)

1949년 7월 3일생. 1976년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1978년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 충남대 공대 전기공학과 교수. 당학회 평의원