

저항 점용접에서의 입열량과 동저항의 실시간 측정에 관한 연구

Realtime Measurement of Power and Dynamic Resistance in Resistance Spot Welding

장희석*, 조승범**

* 명지대학교 기계공학부

** 명지대학교 기계공학부 대학원

ABSTRACT The purpose of research is to measure power and dynamic resistance value through RMS module. Specially designed RMS-DC hardware module was tested. Its output which is obtained every half cycle was compared with that of commercial weld checker. The results show good agreement and the relative error in the measurement was found to be around 5%.

1. 서 론

저항 점용접공정에서 용접품질에 영향을 끼치는 중요한 변수는 용접전류이다. 현재 저항 점용접분야에서 용접전류를 제어하는 주요한 방식은 정전류제어이다. 이 방식에서 전류값과 전압값은 마이크로프로세서를 기반으로 하고 아날로그-디지털 컨버터를 이용한 소프트웨어적인 측정방식을 택하고 있다. 현재 시중에서 판매되고 있는 RMS-DC컨버터로는 Analog사의 제품이 다수인데 이 제품의 단점은 실효값을 평균값으로 대체하는 방식을 취하기 때문에 완만한 파형의 실효값측정에는 애러가 적지만 SCR제어를 통한 불연속적인 신호파형에는 오차가 크다. 그리고 출력안정화타임이 밀리초(msec)단위로 되기 때문에 사이클(cycle)단위로 전류가 제어되는 저항 점용접공정에서는 응용하기가 어렵다. 본 연구는 통전도중 전류 및 전압실효값을 하드웨어만 이용하여 매 반사이클마다 실시간으로 측정하여 용접 공정중 중요한 변수인 입열량과 동저항을 계산하는 회로에 관한 연구에 주요한 목적을 두었다. 이는 저항 점용접에서의 정전류제어방식보다 우수하다고 판명된 입열량제어를 실현하는데 필요한 기초연구가 될 것이다.

2. 실효값측정회로 및 측정결과

2.1 실시간 측정회로

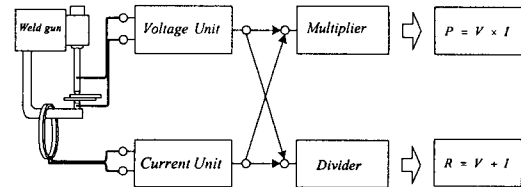


Fig.1 실효값측정회로 블록도

실시간으로 동저항과 입열량(power)을 측정하기 위한 회로에서는 Toroid coil 에서 전류값을 측정하였으며 용접건의 전극팁양단에 전압 Pickup 단자를 물려서 전압을 측정하였다. 전류값과 전압값은 실효값측정회로를 통하여 매 반사이클마다의 DC실효값이 출력된다. 이 값들은 각각 analog multiplier와 divider를 통하여 실시간으로 파워 ($P = V \times I$)와 동저항 ($R = \frac{V}{I}$)이 출력된다.

2.2 실효값회로

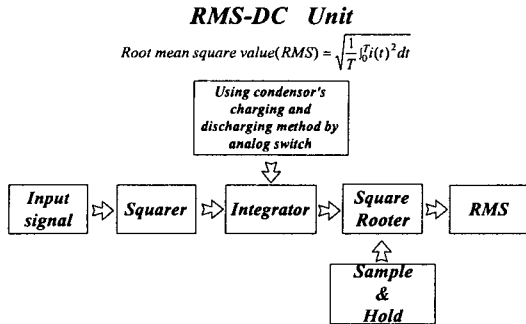


Fig.2 실효값측정 원리도

RMS-DC 회로에서는 적분시 콘덴서에 의한 충, 방전효과를 이용하여 매 반사이클마다 입력 신호에 대한 실효값을 추출한다. 그리고 이 값들을 매 반사이클마다 직류형태로 나타내기 위해 샘플 & 홀드회로를 사용하여 직류타입의 실시간 파형을 추출하였다.

2.3 전류 및 전압 Calibration Table

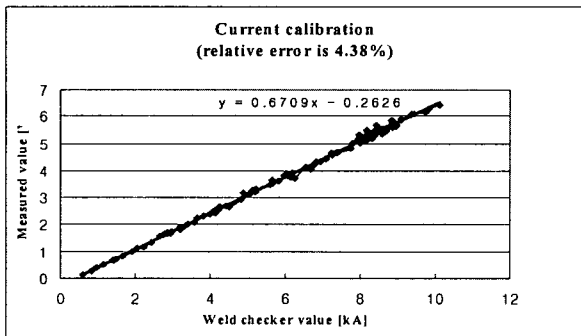


Fig.3-a 전류실효값 교정그래프

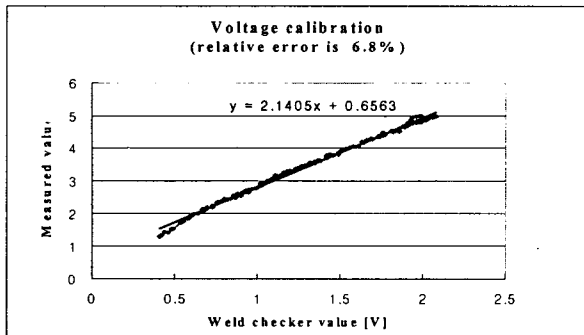


Fig.3-b 전압실효값 교정그래프

2.4 실효값측정회로를 통한 신호파형

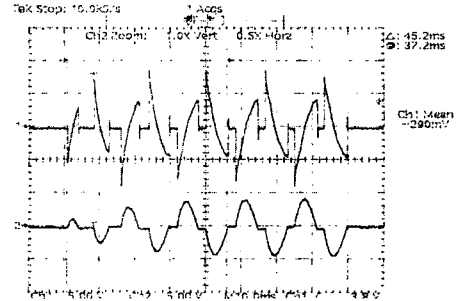


Fig.4-a Toroid coil output and its integrated output

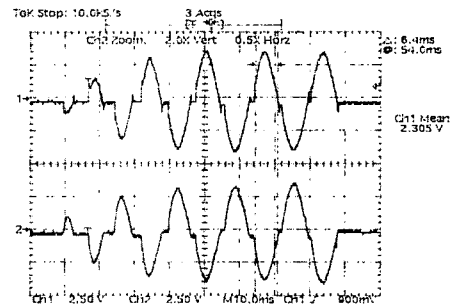


Fig.4-b Voltage and current waveform

그림 Fig.4는 토로이드코일과 전압Pickup단자로 측정된 전류와 전압파형이다. 토로이달코일에서 출력되는 파형은 그림 Fig.4-a의 Channel-1과 같이 전류의 $\frac{di(t)}{dt}$ 성분이다. 따라서 실제 전류값을 얻기 위해서는 아날로그 적분기를 통하여 $\frac{di(t)}{dt} \rightarrow i(t)$ 형태로 변환시켜야 한다.

그림 Fig.4-b의 Channel-2는 적분과정을 거쳐 얻어진 전류파형이다. 그림Fig.4-b에서는 전압 $v(t)$ 와 전류 $i(t)$ 값을 대비하였다. Channel-1은 전압파형이고 Channel-2는 전류파형이다. 그림에서는 전류파형과 전압파형이 SCR(Silicon Controlled Rectifier)를 통해 제어되는 모습을 볼 수 있다. SCR점화각의 크기에 따라서 실제로 용접전에 흐르는 전류의 크기가 결정되게 된다.

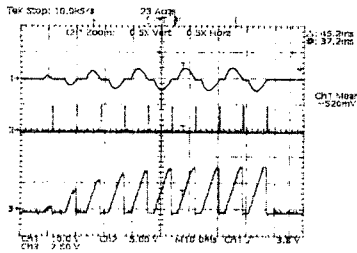


Fig.5 Integration synchronized with zero-crossing

그림 Fig.5는 실효값을 구하기 위한 적분기를 제어하는 Zero-crossing 신호와 이에 상응한 적분 신호파형을 나타내었다.

$$\text{실효값} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt} \quad (T : 8.33 \text{ msec})$$

실효값을 구하는 식에서 알수 있는바와 같이 실효값은 입력신호의 시간함수에 대한 정적분이다. 따라서 매 반사이클마다 정확하게 적분동작을 하기 위해서는 매 구간 $[0, T]$ 마다의 적분기에 대한 제어가 필요하다. 본 회로에서는 입력신호에 대한 Zero-crossing 신호를 이용하여 상응한 제어를 실현하였다. Channel-1은 Zero-crossing 기준이 되는 입력전류파형이고 Channel-2는 입력신호에 대한 매 반사이클마다의 Zero-crossing 신호이며 Channel-3은 매 반사이클마다의 적분되는 신호파형이다. 매 반사이클마다의 실효값은 적분파형의 최대값과 매칭(matching)이 된다.

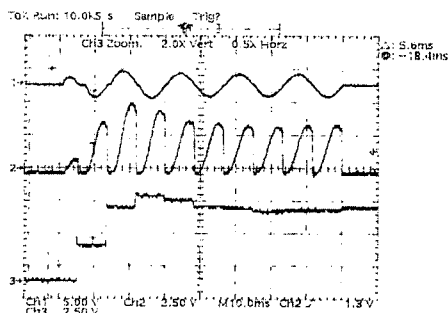


Fig.6 실효값출력

그림 Fig.6은 측정회로를 통해 실효값이 매 반사이클마다 실시간으로 출력되는 모습이다. 그림에서 Channel-1은 전류파형이고 Channel-2는

Anglog Linear Integrator를 통한 출력파형이며 Channel-3은 Sample & Hold회로를 통한 실효값파형이다. 그림에서는 실효값파형이 매 반사이클마다 정확하게 입력신호에 대한 실효값을 직류형태로 나타내는 것을 볼 수 있다.

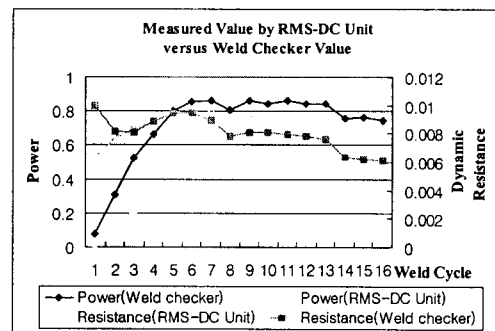


Fig.6 실효값측정회로값과 웰드체커값 비교

그림 Fig.6은 시중에서 판매되는 웰드체커로 측정된 동저항과 입열량, 그리고 본 측정회로로 구해진 동저항과 입열량 출력값을 비교한 그래프이다. 두 종류의 신호파형은 매 반사이클마다 정확하게 매칭이 되는 것을 볼 수 있다.

3. 결 론

실시간 실효값추출회로를 통하여 얻은 신호파형을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 용접공정중 중요변수인 입열량과 동저항의 실효값이 매 반사이클마다 실시간으로 직류형태로 추출된다.
- 2) 실효값측정회로의 상대오차는 전류측정시 4.38%, 전압측정시 6.80%를 나타냈다.

참고문헌

1. Resistance Welding, 1995, mj.Kim.
2. Robert F.Coughlin Operational amp and linear integrated circuits, 198 Prentice-hall.
3. Walter G.Jung Op-amp cookbook, 197 Howard W.Sams & Co.