

Embedded micro processor를 이용한 저항용접기용 SCR 위상제어장치 개발

이 영준, 최 영준, 최 웅범, 양 항준, 홍 순욱, 이 학성
(주)효성 중공업 연구소 전력팀

Development of SCR Phase Controller of SPOT Welder using an Embedded u-Processor

Y.J. Lee, Y.J. Choi, Y.B. Choi, H.J. Yang, S.W. Hong, H.S. Lee
Power System Team, R&D Institute, Industrial Performance Group, HYOSUNG CORPORATION

Abstract - In this paper, an embedded micro processor based resistance spot welding controller is introduced which has been recently developed by Hyosung Co. Ltd. The performance of rapid and constant high current control is tested experimentally. This paper shows configurations of measuring system for high current and realtime RMS conversion techniques of sampled discrete data. A digital proportional control is adopted for this system and the result shows that this new product is working well at wide range of welding current and the performance is improved compared with some other commercially available controllers that are widely used in our industries. User friendly MMI system and a computer network system to monitor each welding processes are also presented.

접합부의 형성을 위해 전류를 통전한 이후에도 전극압력을 일정시간 유지해 준다음 공정을 끝낸다. 그림 1에 저항 점용접의 간략도가 도시되어 있다.

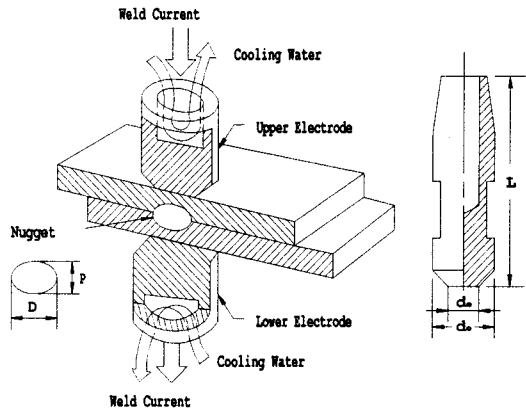


그림 1. Schematic Diagram of Resistance Spot Welding

1. 서 론

저항용접은 1877년 미국의 E. Thomson에 의해 고안된 이후 박판용접 분야에 적용되면서 현재까지 많은 발전을 거듭해 왔다[1]. 특히 자동차 및 철도차량 등의 생산현장에서 저항용접공정은 차체 구조물 접합공정 등에 비중 있는 역할을 하고 있다. 그러나 국내 용접공업의 기술력은 주로 일본의 용접기 메이커에 종속되어, 현재까지는 이들 현장의 요구에 효과적으로 대응하기에 충분한 자체기술이 부족했다. 본 논문에서는 국내 수요에 적합하도록 자체개발한 저항용접기용 정전류 제어장치에 적용된 계측 및 전류 제어기법의 고찰과 기존 외국제품과의 비교를 통해 개발품의 성능을 검증하고, 향후 발전 방향을 제시한다.

저항 용접기용 제어기라 함은 이와같은 일련의 sequence 및 용접에 필요한 입열을 얻기위한 전류제어를 동시에 행하여 주는 장치를 말한다. 한정된 전원으로부터 대전류를 효과적으로 얻기 위하여 권수비가 높은 변압기를 사용하는 것이 보편적인 방법이며, 저항용접의 초기에는 이러한 변압기의 탭절환에 의하여 용접전류를 조정했다. 전력제어 기술이 발달하면서 저항용접의 전류 제어 방법으로 SCR 소자를 이용한 변압기 1차측 전류의 위상제어 방법이 적용되기 시작했고, 최근에는 마이크로 프로세서를 이용하여 전원전압에 동기(synchronize)시켜 점화각 발생시점을 정확하게 제어하는 방법이 널리 사용되고 있다. 본 논문에 소개된 개발품의 경우도 이같은 방법으로 전류제어를 행하고 있다. 다음에 본 개발품에 적용된 계측 및 제어 시스템에 대한 설명과 단순히 점화시점만을 지정해준 open-loop 제어결과 및 통전량을 1/2 cycle 마다 A/D 변환기로 검출하여 전류의 RMS를 실시간으로 계산, 이를 이용한 closed-loop 제어결과를 보인다.

2. 본 론

2.1 전류제어

저항(점)용접은 모재의 접촉저항을 이용하여 주울열을 발생, 박판(sheet metal) 등의 접합공정에 적용된다[2]. 이때 모재의 용융에 필요한 충분한 주울열을 얻기 위해 대전류(2,000~50,000A)를 필요로 한다. 특히 저항 점용접의 경우는 한 점(spot)으로 접합부가 형성되는 공정이므로 통전은 극히 짧은 시간동안(20 cycle 이내)만 이루어 진다.

저항 점용접 공정을 간단히 설명하면 다음과 같다. 접합이 필요한 모재를 포개어 전극으로 가압하면 모재의 접촉면에서 접촉저항이 발생한다. 이때 큰 전류를 전극을 통해 흘려주면 이 접촉저항에 의해 주울열($Q = I^2 R t$)이 발생하고 전극으로 가압되어 있는 모재의 접촉면에 용융지(molten pool)가 형성된다. 이러한 과정은 모두 10 ~ 20 cycle 이내에 이루어지며, 용융부의 냉각 및

2.1.1 계측 시스템

그림 2에 본 개발품에 적용된 계측 및 제어 시스템의 블록도가 도시되어 있다. 전원은 단상 교류전원을 사용하며, 이의 위상제어를 위하여 SCR소자를 역병렬로 연결, 변압기의 1차측 입력전원을 제어한다. 용접전류를 검출하는 방법은 용접전극에 toroidal coil을 설치하여 실제 용접전류를 직접 검출하는 방법이 있고, 변압기 1차측 전류를 C/T로 검출하여 변압기의 권수비에 의해 용접전류로 환산하는 간접적인 방법도 있다. 본 논문에는 후자의 방법으로 검출하고 제어한 결과가 제시되어 있다.

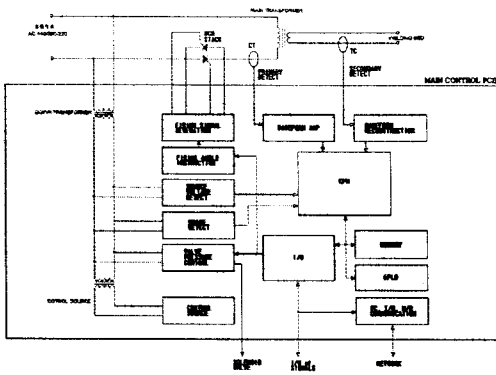
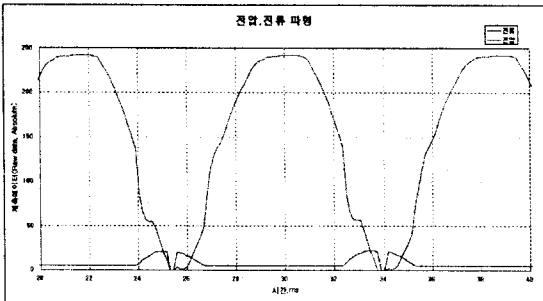


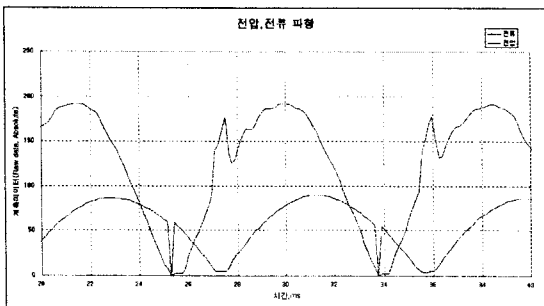
그림 2. Block Diagram of Resistance Spot Welder Controller

2.1.2 Open-loop 제어결과 및 전류검출 결과

본 개발품은 적용하고자 하는 용접 system의 역률 등을 고려하여 SCR 점화각을 50~150°로 제한하였다. 그림 3에는 점화각 50°와 150°에서의 전원전압 및 1차전류의 파형을 비교하여 도시했다. 이 파형의 관측에 적용된 용접용 변압기는 용량 150kVA, 권수비 16:1의 portable spot welder용 변압기를 사용하였다.



(a) 점화각 150°



(b) 점화각 50°

그림 3. Open-loop 전류제어 파형

그림 4에는 점화각을 150 ~ 50°까지 5°단위로 변화시켜가며 10cyc동안 통전하였을 때 저항용접용 전용 계측기인 weld-checker를 이용하여 실측한 2차측 용접전류값과 본 개발품의 검출회로를 이용하여 검출한 1차전류값과의 선형성을 도시하였다. 본 개발품은 INTEL

사의 embedded micro processor인 80c196kc를 사용하며 C/T를 거친 1차전류의 analog 검출값은 processor에 내장된 A/D 변환기를 이용하여 1/2 cycle 동안 60회 sampling 한다. 이 검출 데이터는 다음 식에 의해 검출구간에서의 RMS값으로 계산된다.

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (1)$$

여기서 I_{RMS} : 전류의 cycle RMS
 x : sampled current data
 n : sampling 개수

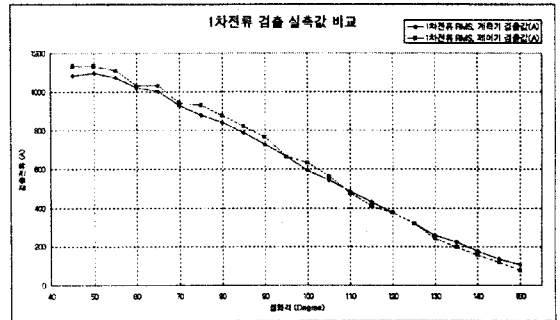


그림 4. 1차전류 검출값 유효성 평가

2.1.3 Closed-loop 제어결과

정전류 제어를 위하여 앞서의 1/2 cycle 마다의 전류검출값을 이용하며, 이의 설정 전류에 대한 차이와 현재 점화각에 대한 다음 1/2 cycle에서의 점화각에 대한 차이가 비례하도록 다음 1/2 cycle에서의 점화각을 결정해 준다. 정전류 제어의 결과를 그림 5에 도시하였다. 그림에 나타난 것 처럼 정상상태 도달시간은 2 cycle 이내이다. 제어기의 성능평가를 위한 설정전류 대비 실측전류의 선형성이 그림 6에 도시되어 있다. 여기에는 기존에 주로 사용되던 일본 M사 및 D사 제품의 결과도 함께 도시되어 있으며, 그림에서 보여주는 것과 같이 선형성이 보장되는 제어영역이 기존 수입제품보다 넓게 분포함을 볼 수 있다.

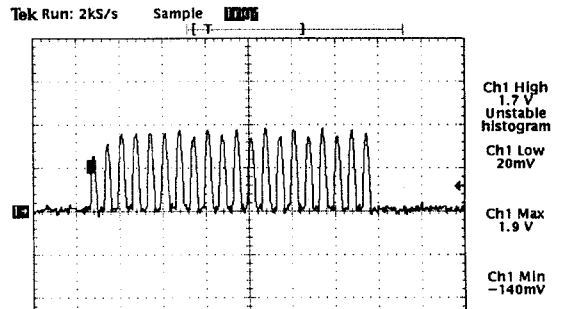


그림 5. 정전류 제어시의 전류파형 (용접전류 : 10 kA 설정시)

2.2 사용자 Interface

본 개발품의 사용자 interface는 손쉽게 접근할 수 있도록 한글화 된 프로그래밍 터미널과 용접결과와 신속한 모니터링을 위한 모니터링 터미널로 구성되어 있다. 특히 모니터링 터미널은 본 개발품이 검출할 수 있는 모든 검출 데이터 및 이상내역을 신속하게 사용자가 검색할 수 있도록 설계되어 있다.

3. 결 론

이상에서 살펴본 바와 같이 개발된 저항용접제어기는 기존 수입제품과 비교하여 성능 및 기능적으로 대등하거나 우수성을 실험을 통하여 확인하였다. 또한 사용자를 위한 편의성 측면에서도 기존 제품을 보다 많은 개선이 있었으며, 네트워크 기능과 같은 관리적 측면에서도 향상된 기능을 제공하고 있다.

저항 점용접은 서론에서도 언급한 바와 같이 자동차 산업에서 큰 부분을 차지하는 공정이다. 따라서 저항 용접 제어기의 성능향상은 곧 자동차의 품질향상으로 이어진다. 또, 자동차 업계의 국제 경쟁력 강화를 위하여 용접 품질의 실시간 감시 및 이력관리가 필요하다. 본 논문에 간략히 소개된 네트워크 시스템의 적용이 이를 위한 효과적인 해법이 될 수 있음을 제안한다.

최근의 자동차 산업은 연비절감을 위한 차량 경량화의 일환으로 알루미늄 차체의 적용을 고려하거나 현실화 하는 연구를 진행하고 있다. 이러한 변화는 저항 점용접이 주를 이루는 기존 집합 방식에 큰 변화를 주고 있다. 따라서 향후 용접기 업계에서는 이러한 수요처의 변화에 인버터 스폿 용접기용 제어기의 개발 등으로 대응해 나가야 할 것이다.

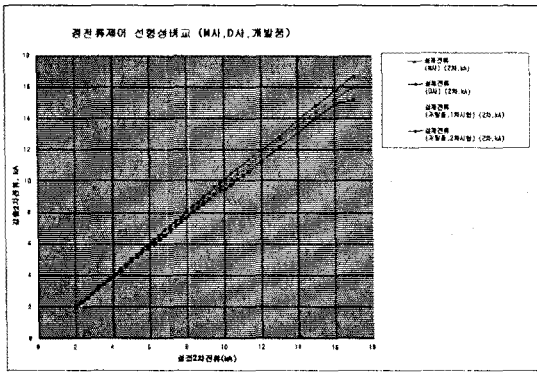


그림 6. 제어성능 비교

주요 검출정보로는 용접전류, 통전시간, 평균 통전각, 평균 점화각, 용접기의 역률, 전원전압, 전원 주파수, 통전시간동안의 전원전압 변동을 등이 있고, 이상검출 항목으로는 1차측 단락(SCR단락), 2차측 단락, 무통전, 전류 과소 및 과대 등이 있다.

2.3 네트워크

본 논문에 소개된 저항 용접용 제어기는 중앙집중관리를 위한 네트워크 기능을 제공하며, 기본 구성은 그림 7과 같다. 그림에서와 같이 각각의 제어기는 15대가 한 개의 통신선로를 통해 결과를 송출하며, 이들 선로를 중계 역할의 컴퓨터가 6개 까지 관리하며, 취합된 데이터를 중앙의 호스트 컴퓨터로 전송해 준다. 호스트는 3대의 중계 컴퓨터를 관리하여 최대 270대의 제어기를 관리할 수 있다.

이러한 네트워크 시스템을 이용할 경우 생산라인에 적용된 저항 용접 공정의 현황을 집중감시 할 수 있으며, 제어기 또는 라인에 이상 발생시 이를 신속히 처리할 수 있다. 또 양방향 통신에 의하여 네트워크이 구성되므로 각 제어기가 가지고 있는 용접조건을 중앙에서 모두 수정할 수 있어 기기의 설정에 소요되는 시간을 획기적으로 줄일 수 있게된다.

또 같은 조건에 대한 용접전류, 역률, 통전각 등 주요 인자의 장기적인 변화 추이를 감시하여 system의 진단 및 보수에 활용할 수 있고, 각종 소모품의 효과적인 교체주기를 결정할 수 있다.

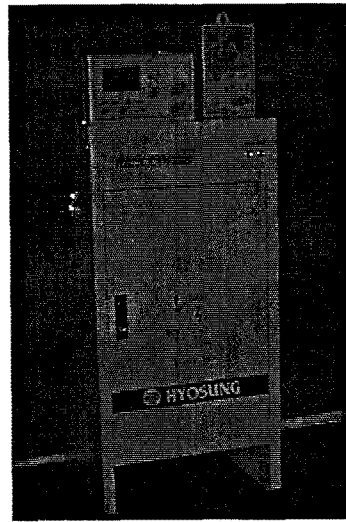


그림 8. 개발품 외관

(참 고 문 헌)

- [1] 최용범, 장희석, 조형석, "저항 점용접에서 인공지능회로 망을 이용한 용융부 추정에 관한 연구", 대한기계학회 논문집 제17권 제2호, (1993), pp.393-406
- [2] "Welding Handbook", American Welding Society
- [3] 김명준, "저항용접", 기문사, (1993)

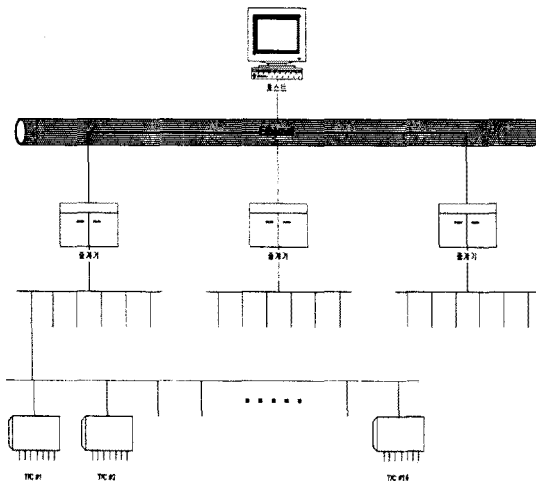


그림 7. 집중감시 네트워크 구성도