

## 젖소의 자동 체온 측정 시스템 개발

김형주 · 정길도<sup>1</sup> · 김용준\* · 한병성\*\* · 김명순\*\*\*  
진북대 제어계측과, \*진북대 수의학과,  
\*\*진북대 전기과, \*\*\*우석대 생물학과

### Development of an Automatic Body Temperature Measuring System for Dairy Cattle

Hyung Joo Kim, Kil To Chong<sup>1</sup>, Yong-Jun Kim\*,

Byung-Sung Han\*\* and Myung Soon Kim\*\*\*

<sup>1</sup>Dept of Cont and Inst, \*College of Veterinary Medicine,

\*\*Dept of Elec Engr, Chonbuk National University, Chonju, 560-756 Korea

\*\*\*Dept of Biology, Usuk University, Samye, 565-756 Korea

**ABSTRACT :** In this paper the development of an automatic body temperature measuring system which can be attached to the milking machine has been studied. Since the disease is highly related to the body temperature of the cattle, early detection of the abnormal temperature would prevent the severe problems which may occur in dairy farms. The electronic component AD590 is used as a temperature sensor for the system. The device is highly robust against the noise since the output signal is the current. So it can be applied to the long distance sensing. The resolution of the signal is 0.1°C and the current is 10 mV. Also the A/D converter is designed for interfacing the sensor with a computer. A temperature measuring experiment using the developed system has been done for measuring the temperature of human beings and the system was proven to be useful for measuring the body temperature of the dairy cattle properly.

**Key word :** Automatic Temperature Measuring System (자동 온도 측정 시스템), Temperature Sensor (온도 센서), Disease (질병)

## 서 론

국제 무역의 개방에 따라 우리 나라 축산업의 경쟁력 제고가 절실히 요구되고 있으나, 생산비의 상승으로 우리 나라의 주요 산업 분야는 물론 축산업의 경쟁력이 약화되고 있는 실정이다<sup>3</sup>.

낙농업의 경영 규모와 작업 단계별 노동 투하 시간을 분석한 결과에 의하면, 착유 준비 및 착유, 사료의 준비 및 급여, 분뇨 처리가 전체 관리 작업의 72~77%를 차지하고 있어 이들 관리 작업의 기계화와 자동화가 필요함을 알 수 있다. 또한 생산성 향상과 생력화에 의한 생산비 절감을 위해서는 가축의 발육 상태, 질병, 발정 등의 생체 정보에 따라 정밀하게 가축을

관리할 필요가 있으며, 체온, 맥박, 개체 구분 등 제반 생체 정보를 신속, 정확하게 측정할 수 있는 방법이 우선 강구되어야 한다<sup>4,5</sup>.

일반적으로 젖소의 체온 측정은 동물용 수은 체온계를 직장 내에 삽입하여 측정하는데, 측정 시간이 오래 걸릴 뿐만 아니라, 측정 시간 또는 체온계를 읽는 위치에 따라 오차가 발생하기 쉽다. 또한 이러한 체온 측정 방법은 대단히 번거롭고 가축에게 스트레스를 주게 되어 바람직하지 못하다. 최근 전자 공학의 발달과 각종 센서의 발달은 농업 및 축산업에 있어서 자동화 기술을 확대시키고 있으며, 고감도 센서와 컴퓨터 시스템에 의한 동식물의 집단 진단, 농산물 품질 상황 판단을 가능하게 하고 있다. 본 연구에서는 전자 부품을 이용하여 젖소의 체온을 착유시 자동으로 측정할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

<sup>1</sup>Corresponding author.

현재 산업계에서는 주로 열전쌍, 써미스터, 백금 저항 측온체, 그리고 다이오드 온도계를 온도 센서로 이용하고 있다. 이들은 대부분 외부에 장착된 선형화 회로를 필요로 하고 그것을 통하여 선형화 출력을 얻을 수 있다. 그러나 최근 센서와 선형 회로를 일체화한 집적회로(IC) 온도 센서가 개발되었으며, 이 집적회로 온도 센서를 이용함으로써 외부적으로 선형화를 하지 않더라도 편리하게 사용할 수 있다. 집적회로 온도 센서 중에서도 특히 AD590은 전류 출력이므로, 직렬로 수백 오옴( $\Omega$ )의 저항을 연결하여도 오차가 거의 발생하지 않는다. 또한 AD590은 원거리 체온 측정 시스템을 개발하기 위해서 많은 장점을 지니고 있다.

따라서 본 연구에서는 착유시 자동으로 젖소의 체온을 측정하고, 정상 체온에서 벗어나면 경고를 울리게 하여 체온 변화에 따른 이상이 있는 젖소를 조기에 발견함으로써 질병을 예방할 수 있도록 하기 위하여 IC 온도 센서인 AD590 소자를 이용하여 가축의 자동 체온 측정 시스템을 구성하고 실험하고자 한다. 또한 이 시스템이 가축에 이용될 수 있는지를 알아보기 위하여 사람 체온을 측정하여 사용 가능성을 알아보았다.

**재료 및 방법**

젖소의 질병을 조기에 발견하는 방법으로 체온의 변화를 착유시 자동으로 측정하는 시스템을 전자 소자 AD590을 이용하여 설계하였다. AD590은 현재 시장에서 구입이 가능한 온도 측정 집적회로 온도 센서로서 신뢰도와 정확도가 우수하다. 이 소자를 이용하여 젖소의 체온을 인식하며, 출력 전류 및 전압을 마이크로 컴퓨터를 통하여 측정이 가능하도록 회로를 설계하고 실험을 통해 검증하였다. 시스템 설계에 이

용된 AD590의 특성과 회로의 설계는 다음과 같이 구성하였다.

**시스템 구성 및 실험**

자동 체온 측정 시스템의 회로를 Fig 1과 같이 구성하였다. 본 연구의 자동 온도 측정 회로는 0.1°C당 10 mV의 출력 값이 A/D 변환기로 전달된다. 회로에서 OFFSET ADJ 저항으로 교정(calibration) 할 수 있도록 설계하였다. 예를 들면 25°C에서 GAIN ADJ 저항을 통하여 25  $\mu$ A가 흐르도록 조정한다. 또한, GAIN ADJ 저항으로 출력되는 전압 크기를 조절할 수 있도록 설계하였다. 시스템의 전체 교정은 여러 가지 온도에서 가능하지만 일반적인 공기 온도인 25°C일 때 출력 전압이 250 mV를 출력하도록 OFFSET ADJ 저항과 GAIN ADJ 저항을 조정함으로 교정하였다.

자동 체온 측정 시스템에 사용한 AD590은 트랜지

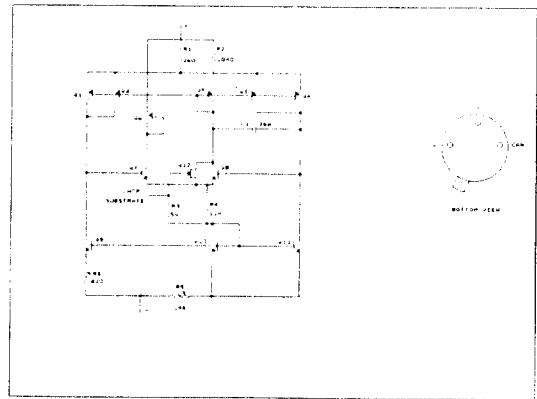


Fig 2. Internal circuit of AD590.

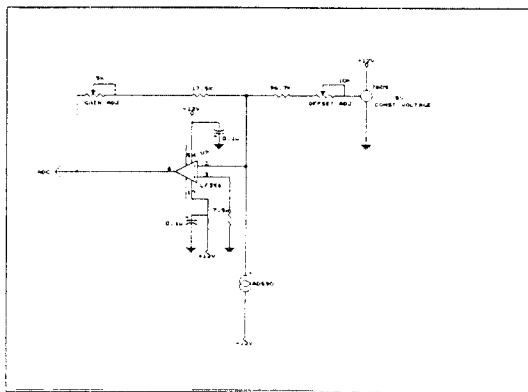


Fig 1. Automatic temperature sensing system.

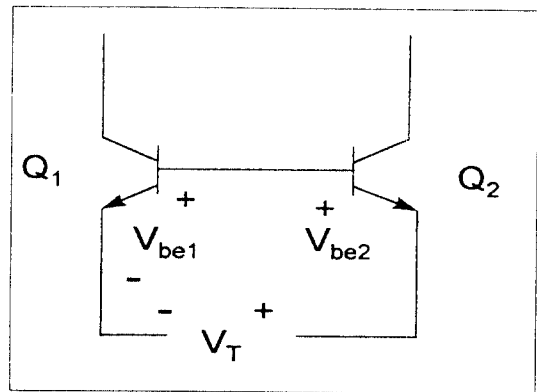


Fig 3. The circuit diagram of current mirror.

스터(transistor)의 베이스-에미터간의 전압 관계와 전류거울(current mirror)을 응용한 전자 소자이며, 내부 회로도 는 Fig 2와 같다. 이 온도 센서는 각종 교정 회로가 장착되어 있어 절대온도에 비례하는 전류를 출력하도록 구성되었으며, 내부적으로 제품의 출고시 교정된 집적회로 온도 센서이다. AD590에서 이용한 전류거울의 회로도는 Fig 3과 같으며, 트랜지스터의 에미터의 포화상태(saturation) 전류 밀도가 에미터의 전류 밀도에 비해 극히 작고 베이스가 서로 연결되어 있을 경우 출력 전압이 절대온도에 비례하는 특성을 지니게 된다.

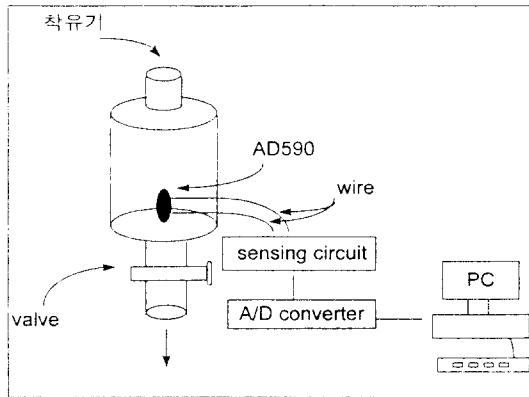
AD590 온도 센서는 절대온도에 선형적으로 비례하는 출력 전류를 얻을 수 있으며, 검출 온도 범위가 -55°C에서 +150°C로 넓다. 소형의 세라믹 패키지형도 개발되어 프로브로 사용하기 쉽고, 레이저 트림(laser trim)을 완료한 것으로서 거의 교정을 하지 않고 사용

할 수 있다. 또한 직선성이 우수하고 전원을 +4V에서 +30V까지 사용할 수 있어 범위가 넓다. 특히 절대온도에 비례하는 전류를 출력으로 하는 특성을 가지고 있고 내부적으로 교정(calibration)이 되어 있어 원거리 온도 측정 시에 도선을 통한 전류 오차가 없는 장점들을 지니고 있다.

위에서 기술한 특성을 지닌 전자 소자 AD590을 이용하여 Fig 4와 같이 착유기 설비에 부착하여 착유시 자동으로 젖소의 체온을 측정할 수 있도록 설계하였다. 일반적으로 이용되고 있는 착유기 설비의 소형 저유통에 AD590을 Fig 4와 같이 부착하고, 센서와 회로를 전선으로 연결하였다. 이때 출력되는 신호는 아날로그이며, 컴퓨터에 인식 가능한 신호는 디지털이므로 온도 센서와 컴퓨터 사이에 A/D 변환기를 연결하였다.

**온도센서의 검증 및 인체를 대상으로한 자동 체온 측정 임상실험**

Fig 1에서 구성한 온도 센서 회로가 실제 온도를 정확하게 측정할 수 있는지 검증하는 단계로 일반적으로 이용되는 온도계의 교정 방법을 이용하였다. 즉 AD590을 얼음(0°C)에 넣고 온도를 측정한 결과 출력 전압이 0 볼트(volt)가 측정되었다. 아울러 AD590온도 측정시스템을 가축에 이용할 수 있는지 알아보기 위한 예비 임상실험으로서 건강한 사람 10명을 대상으로 하여 체온을 측정하였으며, 이 측정치를 디지털 체온계로 측정한 온도와의 오차를 비교하였다.



**Fig 4.** The adherent method of AD590 in a milking machine.

**결 과**

젖소의 체온을 자동으로 측정하기 위해서 본 연구

**Table 1.** Body temperatures measured by AD590 and the commercial digital thermometer in 10 men

Thermometer	Individual man									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Digital Thermometer (°C)	36.49	37.31	36.77	37.18	35.91	36.98	37.58	35.45	36.44	36.65
AD590 Output Voltage (V)	3.64~3.65	3.74~3.75	3.67~3.69	3.69	3.63~3.64	3.71	3.72~3.76	3.56~3.57	3.66~3.67	3.67~3.68
AD590 Temperature (°C)	36.45	37.45	36.7	36.9	36.3	37.1	37.6	35.6	36.6	36.7
Difference Between Digital Thermometer and AD590	0.04	-0.14	0.07	0.28	-0.39	-0.12	-0.02	-0.15	-0.16	-0.05

에서 제안한 Fig 4와 같은 시설을 갖추어 착유기에 센서를 부착하기전 자동 체온 측정 시스템이 젖소에 이용될 수 있는지를 알아보기 위하여 건강한 사람 10명에 대해 AD590을 이용한 체온 측정을 하였으며, 동시에 현재 사람 체온 측정에 이용되고 있는 디지털 온도계를 이용하여 체온을 측정하여 비교한 결과는 Table 1과 같다.

10명의 체온 측정 결과에서 기준 디지털 온도계로 측정했을 때 10명의 체온 범위는 35.45°C에서 37.58°C였으며, AD590을 이용한 체온 측정에서는 35.6°C에서 37.6°C의 체온 범위를 보였다. 이때 기준 디지털 온도계와 AD590 시스템의 체온 측정 온도의 차이를 살펴보면, -0.39°C에서 0.07°C의 오차가 있었다. 그리고 평균 오차는 0.142°C를 나타내었다.

## 고 찰

질병에 의한 경제적 손실을 최소한으로 줄이기 위해서는 질병의 조기 발견, 조기 치료가 가장 중요하다. 건강한 소의 체온은 일반적으로 37.5~39.0°C이며, 38.5°C 전후가 가장 많다<sup>2</sup>. 질병에 걸린 소의 체온 범위는 일반적으로 39.5°C~42°C와 37.5°C이하로 나타난다. 따라서 건강한 소의 체온 범위 38.5°C에서 ±1.0°C 이상 벗어나면 질병에 걸린 것으로 생각할 수 있으며, AD590을 이용한 자동 체온 측정 시스템을 이용한 젖소의 체온 측정을 통해 질병을 조기에 발견할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서 AD590 온도 센서의 검증을 위해 얼음(0°C)에 넣고 온도를 측정한 결과 0°C에 해당하는 출력전압 0 volt가 측정되었고, 아울러 인체에 적용한 결과 체온 36.5°C를 나타내는 전압인 0.365 volt에 근접한 출력전압이 측정된 것은 AD590을 인체 및 가축에 사용할 수 있는 것으로 확인된다.

또한 AD590을 이용하여 10명의 인체 체온 측정 임상실험을 통해 0.142의 평균 오차가 발생됨을 알 수 있었는데 이 오차는 AD590을 착유기에 설치했을 때 오차를 현격히 줄일 수 있으며, 또한 더욱 정확한 체온의 측정이 요구될 때는 A/D 변환기를 다시 설계하여 해상도(Resolution)를 높일 수 있을 것으로 본다. 그러나 현재 질병의 감염시 일반적으로 체온의 변화가 정상체온보다 ±1°C 이상 벗어나기 때문에 본 연구에

서 설계한 센서가 충분한 해상도를 가지고 있다고 사료된다.

## 결 론

젖소가 질병에 이환시 대부분 체온의 변화를 가져오는 경우가 많으므로 질병의 초기에 체온 변화를 통하여 조기에 발견하는 것은 경제적 손실을 미리 예방할 수 있다. 본 연구를 통하여 젖소의 건강 관리의 기초 자료인 체온을 측정하기 위해 AD590 집적회로 온도 센서를 이용하여 착유시에 자동으로 측정할 수 있는 시스템을 설계하였다. AD590은 출력으로 전류를 측정하는 특성을 갖고 있으므로 직렬로 수백 오옴( $\Omega$ )의 저항이 존재하는 원거리 온도 측정 응용 분야에서 이용할 수 있으며 외란(disturbance)에 강한 장점을 지니고 있다. 이러한 장점을 이용하여 체온을 자동으로 측정할 수 있는 시스템을 설계하였다. 또한 본 연구에서 개발한 젖소의 체온 측정 시스템은 0.1°C당 10 mV의 전압을 출력하므로 10 mV의 해상도를 가진 A/D 변환기를 설계하였으며, 설계한 자동 체온 시스템의 작동 여부와 신뢰성을 검증하기 위해 물의 어는점(0°C)과 사람 10명에 대한 디지털 체온계와 AD590 시스템으로 측정된 체온을 비교시 0.142의 오차를 얻음으로써 시스템이 정확히 작동됨을 검증하였다. 따라서 본 연구를 통해 개발한 자동 체온 측정 시스템을 착유기에 설치함으로써 젖소의 질병을 조기에 발견할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. Michael P Timko. A Two Terminal IC Temperature Transducer. IEEE Journal Of Solid-State Circuits 1976; Dec Vol SC-11: 784-788.
2. 김종은. 젖소 질병의 진단과 치료, 서울: 고분사, 1987: 11-131.
3. 박원규. 국제화 시대의 농업 기계화 현황과 발전 방향. SIEMSTA (농수축산박람회) 심포지엄, 1994; 31-44.
4. 이승규, 민영봉, 김태규. 축산 자동화를 위한 가축의 생체 정보 무선 계측 장치의 개발 (II). 한국 농업 기계학회지. 1991; 제16권 제6호: 267-271.
5. 장동일. 축산 기계화 현황과 발전 방향. SIEMSTA (농수축산박람회) 심포지엄. 1995; 103-131.