

완전저항-수자변환기에 의한 전해질농도측정체계

리세진, 손문호

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《인민경제 모든 부문의 생산기술공정과 생산방법, 경영활동을 새로운 과학적도대우에 올려세우기 위한 연구사업도 강화하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제11권 138페이지)

각이한 전해질용액의 농도를 정확히 측정하기 위하여 특정한 이온전극을 리용하거나 이온농도와 전기용량사이의 관계, 주파수관계를 리용하기 위한 여러가지 측정방법들이 제안되고있다.[1, 3, 4] 전기전도도를 측정하여 전해질농도를 결정하는 방안도 제기되었지만 개별요소들로 회로를 구성한것으로 하여 회로가 복잡하고 장치를 소형화하는데서 제한을 받고있다.[2]

우리는 완전저항-수자변환전용집적회로 AD5934[5]를 리용한 전해질농도측정체계에 대하여 연구하고 그 특성을 고찰하였다.

1. 완전저항-수자변환기를 리용한 전도도측정원리

전해질용액에서 전기전도도는 다음과 같이 표시된다.

$$\sigma = en_+\mu_+ + en_-\mu_-$$

여기서 n_+ 와 n_- 는 전해질용액의 양이온과 음이온의 농도이며 μ_+ 와 μ_- 는 전해질용액의 양이온과 음이온의 이동도이다.

분극현상과 전기분해현상을 막기 위하여 전해질용액에서는 보통 교류신호를 리용하여 측정을 진행한다. 그러므로 수감부에서 검출되는 전도도는 완전전도도이다. 수감부는 평판형 은전극으로서 면적이 32mm^2 이고 극간거리가 15mm 이다. 이 수감부는 측정에서 용량성저항으로 나타나며 여기에 시료의 유효저항이 병렬연결된것으로 등가시킬수 있다. 평판콘덴서의 전기용량이 수pF정도이고 주파수가 1kHz 이므로 용량성저항은 대단히 크다. 그에 비하여 시료용액의 저항은 수 Ω ~수십k Ω 정도로서 매우 작다고 볼수 있다. 따라서 등가저항은 시료용액의 저항에 의해 결정된다고 볼수 있다.

완전저항-수자변환기에 의한 전도도측정체계는 주파수특성 및 진폭특성이 안정한 직접수자식주파수합성기가 적재되어있고 여기에 12bit A/D변환기를 함께 결합하여 높은 정확도로 완전저항을 평가할수 있는 전용집적소자인 AD5934와 한소편컴퓨터, 전원장치와 현시장치, 건반과 대역설정부로 이루어졌다.(그림 1)

직접수자식주파수합성기는 조종기의 지령

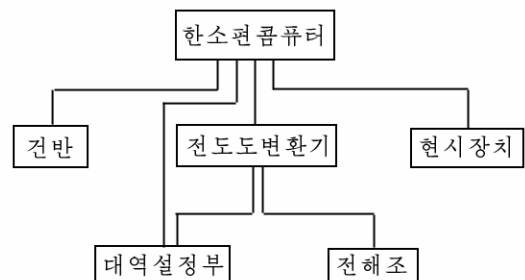


그림 1. 완전저항-수자변환기에 의한 전도도측정체계의 구성도

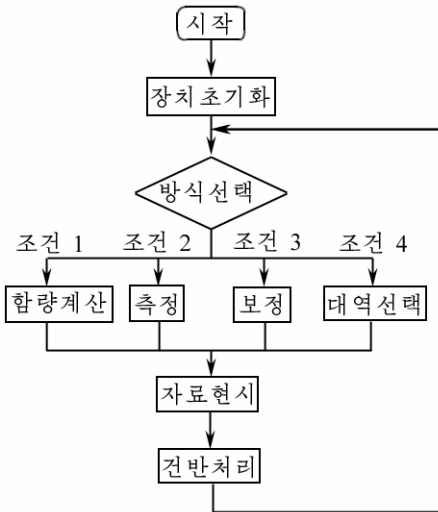


그림 2. 전기전도도측정알고리즘

이때 전도도와 온도사이의 관계를 고려하여 온도보상을 진행하였으며 해당 시료의 측정값은 SN비를 최대로 줄이는 원칙에서 평활법에 의하여 5번의 연속측정자료를 가지고 평가하였다.

2. 전해질농도측정체계의 특성평가

임의의 시료들에 대한 전해질농도측정체계의 응답특성을 평가하기 위하여 전해질로 류산카드미움, 류산아연, 류산동을 리용하였다.

먼저 측정장치에서 측정시료들에 대한 검량선을 작성하였다.

측정온도 20℃에서 류산카드미움, 류산아연, 류산동용액의 검량선작성그래프는 그림 3과 같다.

그림 3으로부터 검량선들에 대한 회귀식은 다음과 같다.

류산아연

$$C = (8.35 \times G + 0.031) \times 10^{-4}$$

류산카드미움

$$C = (9.17 \times G + 0.042) \times 10^{-4}$$

류산동

$$C = (9.46 \times G + 0.079) \times 10^{-4}$$

다음으로 $2 \cdot 10^{-5}$, $3 \cdot 10^{-5}$ mol/L 류산아연용액, $4 \cdot 10^{-5}$, $5 \cdot 10^{-5}$ mol/L 류산카드미움용액, $2 \cdot 10^{-5}$, $4 \cdot 10^{-5}$ mol/L 류산동용액을 가지고 장치의 분석정확도를 평가하였다.

매 시료용액에 대하여 세번 반복측정하고 작성된 검량선들을 리용하여 시료용액의 농도를 결정하였다.

에 따라 0~100kHz의 범위에서 0.1Hz의 분해능으로 임의의 주파수를 가지는 시누스파교류신호를 합성해낼수 있다. 우리는 전해질용액에서의 분극특성과 전기분해현상을 고려하여 주파수를 1kHz로 고정시켰다. 또한 AD5934의 VOUT핀과 VIN핀사이에 연결시키는 귀환저항을 계전기로 이루어진 대역설정부분회로로 조절하여 0~1MΩ까지의 완전저항을 측정할수 있게 하였다.

AD5934에 의한 전기전도도측정알고리즘은 그림 2와 같다.

최소2제곱법으로 표준시료의 농도와 전도도측정값사이의 검량선을 구하는 프로그램을 작성하고 이 프로그램을 리용하여 미지시료에 대하여 측정한 전도도값을 전해질용액의 농도로 환산하도록 하였다.

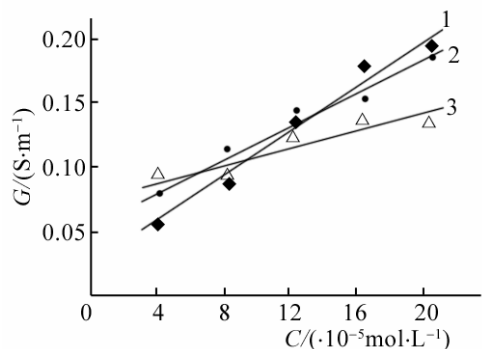


그림 3. 류산카드미움, 류산아연, 류산동용액의 검량선작성그래프

1-류산카드미움용액, 2-류산아연용액, 3-류산동용액

매 시료용액의 농도분석결과는 표와 같다.

표. 매 시료용액의 농도분석결과

시료종류	시료농도 $/(mol \cdot L^{-1})$	분석농도/ $(mol \cdot L^{-1})$			평균상대 오차/%
		1	2	3	
류산아연	$2 \cdot 10^{-5}$	$2.06 \cdot 10^{-5}$	$1.97 \cdot 10^{-5}$	$2.05 \cdot 10^{-5}$	2.00
	$3 \cdot 10^{-5}$	$3.04 \cdot 10^{-5}$	$3.11 \cdot 10^{-5}$	$3.06 \cdot 10^{-5}$	2.33
류산카드미움	$4 \cdot 10^{-5}$	$3.91 \cdot 10^{-5}$	$4.10 \cdot 10^{-5}$	$4.09 \cdot 10^{-5}$	0.75
	$5 \cdot 10^{-5}$	$4.89 \cdot 10^{-5}$	$4.96 \cdot 10^{-5}$	$5.07 \cdot 10^{-5}$	0.61
류산동	$2 \cdot 10^{-5}$	$1.96 \cdot 10^{-5}$	$2.04 \cdot 10^{-5}$	$2.11 \cdot 10^{-5}$	1.98
	$4 \cdot 10^{-5}$	$3.96 \cdot 10^{-5}$	$4.13 \cdot 10^{-5}$	$4.09 \cdot 10^{-5}$	1.50

표에서 보는바와 같이 $n \cdot 10^{-5} mol/L$ 정도의 비교적 낮은 농도에 대하여 평균상대오차 2.33%이하에서 분석할수 있다.

맺는말

완전저항—수자변환전용집적회로 AD5934를 리용한 전해질농도측정체계를 연구하고 그것의 특성을 평가하였다. $10^{-5} mol/L$ 정도의 비교적 낮은 농도의 전해질용액에 대하여 이온농도를 평균상대오차 2.33%이하에서 분석할수 있다.

참고문헌

- [1] 손문호 등; 조선민주주의인민공화국 과학원통보, 2, 46, 주체104(2015).
- [2] 리영재 등; 식료공업, 2, 23, 주체91(2002).
- [3] M. F. Mousavi et al.; Sensors and Actuators, B 73, 199, 2001.
- [4] O. Bilgen et al.; Mech. Syst. Signal Process., 27, 763, 2012.
- [5] AD5934 Manual, Analog Devices, 2005.

주체106(2017)년 8월 5일 원고접수

On the System for Measuring a Concentration of Electrolyte Solution with Impedance-Digital Converter

Ri Se Jin, Son Mun Ho

We set up the system for measuring a concentration of electrolyte solution with impedance-digital converter AD5934 and evaluated its character.

Key words: impedance, conductance, concentration of electrolyte solution