

전기전도도적정분석용 수자식전기전도도계의 제작에 대한 연구

량용만, 정철국

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《...학교들에서 필요한 과학실험설비들을 자체로 만들어쓰기 위한 투쟁을 힘있게 벌려야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제10권 493~494페이지)

전기전도도측정[3-5]과 전기전도도적정분석[2]은 화학공업, 농업, 식료공업, 양어, 전력공업 등 인민경제 여러 부문에서 매우 중요한 역할을 한다.

지난 시기 전기전도도측정에는 교류전기다리를 리용하는 방법을 비롯하여 여러가지 방법[1]이 리용되었지만 최근에는 고성능집적회로를 리용하여 설계한 전기전도도측정장치들이 많이 개발리용되고있다.

우리는 고성능연산증폭기[2, 3]를 리용하여 전기전도도적정분석에 리용할수 있는 수자식전기전도도계를 설계제작하였다.

1. 수자식전기전도도계의 구성체계

우리는 고성능연산증폭기, 백금전기전도도수감부와 기타 주변요소들로 수자식전기전도도계를 구성하였다.(그림 1)

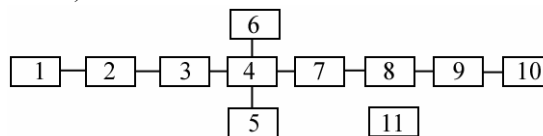


그림 1. 수자식전기전도도계의 구성체계

1-시누스파발진회로, 2-완충회로, 3-백금전기전도도수감부, 4-전기전도도측정회로,
5-대역절환회로, 6-온도보상회로, 7-그릇상수교정회로, 8-정밀검파 및 려파회로,
9-상사-수자변환회로, 10-수자표시부, 11-전원단

그림 1에서 1은 시누스파발진회로이다. 용액의 전기전도도(또는 비전기전도도)측정에는 직류를 쓸수 없으므로 전기분해를 일으키지 않는 교류를 리용한다. 시누스파발진회로에서는 전기전도도를 측정하는데 필요한 주파수가 1 000Hz인 시누스파교류를 만들어낸다. 시누스파교류는 전기전도도측정회로에 들어간다. 그런데 전기전도도측정회로는 입구저항이 작으므로 여기에 시누스파발진회로를 직접 련결하면 발진이 일어나지 못하거나 발진하는 경우에도 안정한 발진을 할수 없다.

이것을 막기 위하여 완충회로를 설치한다. 완충회로는 입구저항이 매우 크므로 시누스파발진회로가 안전하게 발진하게 하며 또 출구저항이 매우 작으므로 발진되는 시누스파가 이지러짐이 없이 안정하게 전기전도도측정회로에 들어가게 한다.

전기전도도수감부는 백금전기전도도수감부 DJS-1C를 리용하였으며 이것은 전해질용액에서 용액의 저항변화 즉 전기전도도변화를 수감한다.

전기전도도측정회로는 전기전도도수감부를 리용하여 용액의 전기전도도를 측정하는

기능을 수행한다.

용액의 전기전도도는 온도가 증가함에 따라 증가한다. 이 변화값은 무시할수 없으며 온도에 따라 보상해주어야 한다. 온도보상회로는 온도를 수동으로 설정하여 내부에서 자동적으로 온도를 보상해주는 기능을 수행한다.

대역절환회로는 전기전도도측정장치가 넓은 대역에서 전기전도도를 측정할수 있게 하는 기능을 수행한다. 우리는 비전기전도도를 $0\sim0.02$, $0\sim0.2$, $0\sim2$, $0\sim20\text{mS/cm}$ 에서 측정할수 있게 대역을 설정하였다.

그릇상수교정회로는 그릇상수를 교정하는 기능을 수행한다.

정밀검파 및 려파회로는 용액의 전기전도도에 비례하는 교류신호를 선형적으로 정밀하게 직류로 검파변환한 다음 려파한다. 얻어진 직류전압의 크기는 용액의 전기전도도의 크기에 정확히 비례한다.

상사-수자변환회로는 측정단출구전압을 상사-수자변환하여 수자표시부에 전기전도도값을 수값으로 표시하여주는 역할을 수행한다.

전원단은 수자식전기전도도측정체계를 동작시키는데 필요한 안정전압을 보장한다.

2. 수자식전기전도도계의 제작 및 기술적특성

그림 1에 기초하여 수자식전기전도도계를 설계제작하였다.

시누스파발진회로는 전기전도도를 측정하는데 필요한 주파수가 $1\text{ }000\text{Hz}$ 인 시누스파를 만들어내는 기능을 수행한다.(그림 2)

그림 2에서 C_1-C_4 는 발진방지 및 전원려파콘덴사이다. R_1, R_2, R_3, R_4, C_5 는 발진요소들이며 발진주파수를 결정한다.

완충회로는 전압반복기로 되어있으며 따라서 입구저항은 크고 출구저항은 매우 작다.

전기전도도측정회로에서 연산증폭기는 반전증폭회로로 동작하며 연산증폭기의 입구전압 $E_{\text{입}}$ 과 출구전압 $E_{\text{출}}$ 사이에는 다음의 관계가 성립한다.

$$E_{\text{출}} = \frac{R_{\text{표}}}{R_x} E_{\text{입}}$$

만일 $R_{\text{표}}=1\text{k}\Omega$, $E_{\text{입}}=1\text{V}$ 이면 $E_{\text{출}}=1/R_x$ 로 된다. 즉 출구전압이 그대로 전기전도도값으로 된다.

전기전도도측정 및 온도보상, 대역절환회로는 그림 3과 같다.

그림 3에서 절₁은 측정-교정절환스위치이고 절₂는 대역절환스위치이다. R_1 은 온도보상조절기인데 외부전면판에 설치하며 R_2 는 내부온도보상보조가변저항이다.

R_6, R_8, R_{10}, R_{12} 는 측정대역을 정밀하게 조종하는 내부반가변저항이다.

전기전도도수감부는 측정용액에 잠겨져있는 백금전기전도도수감부이다.

정밀검파 및 려파, 그릇상수교정회로는 그림 4와 같다.

그림 4에서 연산증폭기 IC_3 과 검파소자 D_1, D_2 , 저항 R_3 은 정밀검파회로를 이루며 R_1 은 그릇상수교정가변저항으로서 외부에 설치한다.

R_5, R_6, R_7, C_1, C_2 는 려파회로를 이룬다. 이 려파회로에서 교류신호는 선형적으로 정

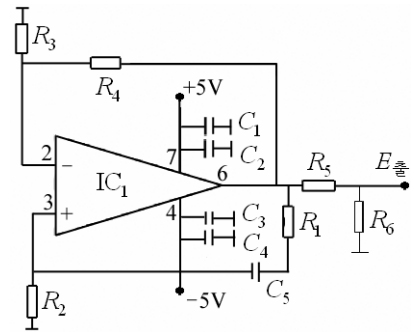


그림 2. 시누스파발진회로

밀하게 직류전압으로 변환된다.

정밀검파회로에서는 연산증폭기에 의하여 검파2극소자의 비선형성이 극복되고 정확한 선형성이 보장된다.

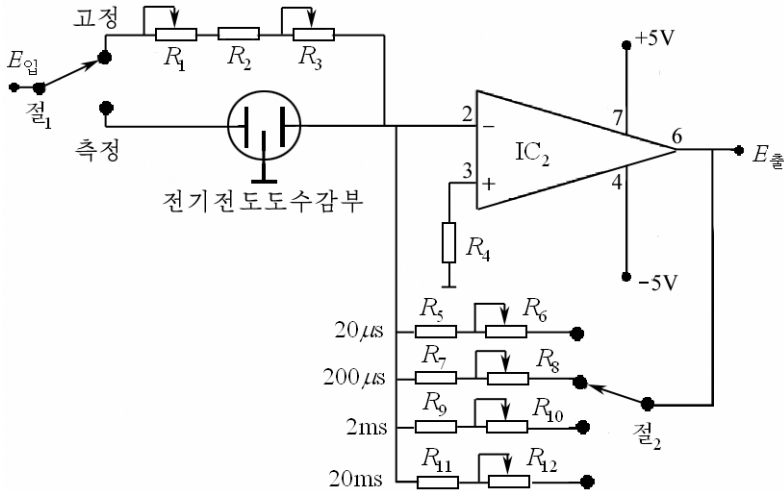


그림 3. 전기전도도측정 및 온도보상, 대역절환회로

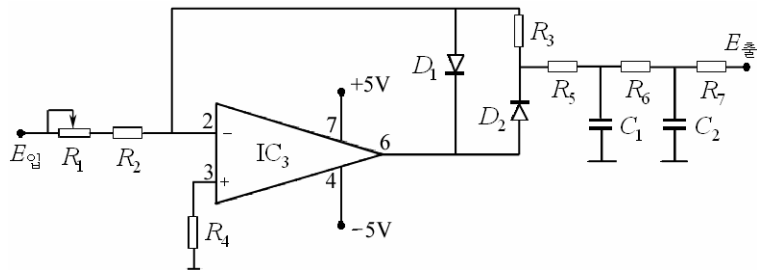


그림 4. 정밀검파 및 려파, 그릇상수교정회로

상사—수자변환부와 수자표시부는 12bit 상사—수자변환소자 MC14433P와 해신 및 구동소자 74LS47 그리고 4개의 LED표시소자 TR3064로 구성되어있다.

수자식전기전도도계의 기술적특성은 다음과 같다.

비전기전도도측정범위 0~0.02, 0~0.2, 0~2, 0~20mS/cm, 전기전도도측정분해능 $\pm(0.01\sim0.1)$, 사용전압범위 160~240V교류(50~60Hz)

맺는 말

고성능연산증폭기와 백금전기전도도수감부를 리용하여 전기전도도적정분석용 수자식 전기전도도계를 설계제작하였다. 그 기술적특성은 다음과 같다.

비전기전도도측정범위 0~0.02, 0~0.2, 0~2, 0~20mS/cm, 전기전도도측정분해능 $\pm(0.01\sim0.1)$

참 고 문 헌

- [1] 김일성 종합대학학보(자연과학), 56, 2, 92, 주체99(2010).
- [2] C. P. Shelor et al.; Anal. Chem., 89, 10063, 2017.
- [3] K. Stepurska et al.; Anal. Chim. Acta, 854, 161, 2015.
- [4] D. Kumar et al.; J. Phys. Org. Chem., 29, 394, 2016.
- [5] K. Ojo et al.; Electroanalysis, 28, 3000, 2016.

주체109(2020)년 4월 5일 원고접수

On the Manufacture of the Digital Electric Conductometer for the Conductometric Titrimetry

Ryang Yong Man, Jong Chol Guk

We manufactured the digital electric conductometer by using the high performance operation amplifier and platinum conductometric sensor.

The measurement range of the specific conductivity is 0~0.02, 0~0.2, 0~2 and 0~20mS/cm.

Keywords: digital electric conductometer, high performance operation amplifier