

Изследване на един клас кондуктометри с честотен изход при минимално усилване в контура на обратната връзка

Аврам Леви, Снежинка Захариева, Веляна Желязова

Study of a class of conductivity with frequency output with minimum loop gain of the feedback:

The paper analyze class conductivity with frequency output and operational amplifiers. We found the conditions for self-excitation with minimal effort In terms of conductometric titration of motor oils. The experimental results for the motor oil Prista Super 25W40 prove the applicability of this type conductivity in assessing the alkaline reserve of oil.

Key words: conductivity with frequency output, conductometric titration of motor oils, alkaline reserve of oil.

ВЪВЕДЕНИЕ

Кондуктометричният анализ е метод на количествения химичен анализ, базиран на измененията на елетропроводимостта на изследвания разтвор. При моторните масла, чрез кондуктометрично титруване с парадодецилбензолсулфонова киселина много точно може да се установи остатъчния алкален резерв [1].

Природата на всеки проводник определя относителното му съпротивление $\rho[\Omega.m]$, а относителната проводимост $\chi = 1/\rho$ при слаби електролити е свързана със степента на йонното дисоцииране α посредством съотношението:

$$\chi = K_c \cdot \alpha (U^+ - U^-) \quad (1)$$

където: U^+ , U^- - подвижност на йоните;
 K_c - концентрация на йоните [mol/l].

Установено е [1], че зависимостта (1) е неприложима при силни електролити. Затова в кондуктометрията се използва еквивалентната електропроводимост λ :

$$\lambda = \frac{1000}{K_c} \cdot \chi \quad (2)$$

Параметърът λ определя електропроводимостта на разтвора в слой със сечение $1cm^2$ и дебелина $1cm$, ако в него са разтворени $1 [mol/l]$ йони.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Поради силно изразените поляризационни ефекти, използването на постояннотоковите кондуктометри е невъзможно при моторните масла [2]. Поради това широко приложение са намерили променливотоковите мостове и преобразувателите с честотен изход, към които спада представената на фиг.1 схема на кондуктометър с операционни усилватели.

В кондуктометричната клетка 5 е налят изследвания електролит 4, който покрива пространството между електродите 1, 2 и 3 (пластини от аустенитна стомана, никелирани или посребрени). Централният (средният) електрод 2 е заземен. Еквивалентното съпротивление между електродите 1 – 2 се постулира като R_1 , а между 2 – 3 съответно - R_2 .

Разстоянията между електродите са подбрани така, че $R_1 = R_2 = R_x$. Тогава условието за самовъзбуждането на схемата може да се представи със следната зависимост на детерминантата на обобщения многополюсник $\Delta(p)$:

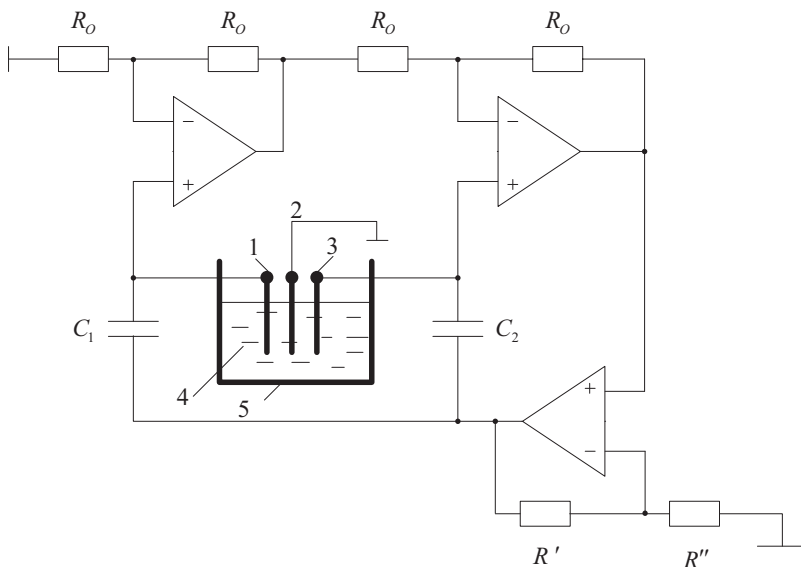
$$\Delta(p) = -2Y_0 A_0 A^* p C_1 (Y_2 + p C_2) - Y_0 A_0 (Y_2 + p C_2) \cdot (Y_1 + p C_1) + p C_2 A_0 A^* (2Y_0) \cdot (Y_1 + p C_1) = 0 \quad (3)$$

където: $A_0 = A_{dd}$ – диференциален коефициент на усилване на операционния усилвател (ОУ);

$A^* = 1 + R'/R''$ – усилване в контура на обратната връзка;

$p = j\omega$ – оператор на Лаплас; $j = \sqrt{-1}$;

ω – кръгова честота.



Фиг.1 Принципна схема на кондуктометъра
(1,2,3 – електроди, 4 – електролит, 5 – кондуктометрична клетка)

Ако зависимостта (3) бъде представена във вида $\Delta(j\omega) = \text{Re}[\Delta(j\omega)] + j\text{Im}[\Delta(j\omega)] = 0$ може да се получат условията за баланса на фазите и амплитудите в режим на автогенерация. В първия случай се получава уравнението (4):

$$2A^* p^2 C_1 C_2 + Y_1 Y_2 + p^2 C_1 C_2 = 2p^2 C_1 C_2 \quad (4)$$

От (4) може да се констатира, че автогенерационната честота f_0 при минимално усилване ($A^* = 1$) ще се определя от (5):

$$f_0 = \frac{1}{2R_X \sqrt{C_1 C_2}} \quad (5)$$

От баланса на амплитудите се получава съответно:

$$2A^*C_1Y_2 + C_2Y_1 + C_1Y_2 = 2C_2A^*Y_1 \quad (6)$$

За да се получи максимална чувствителност е необходимо $A^* \rightarrow \min$. Понеже $\min\{A^*\} = 1$ от зависимостта (6) следва:

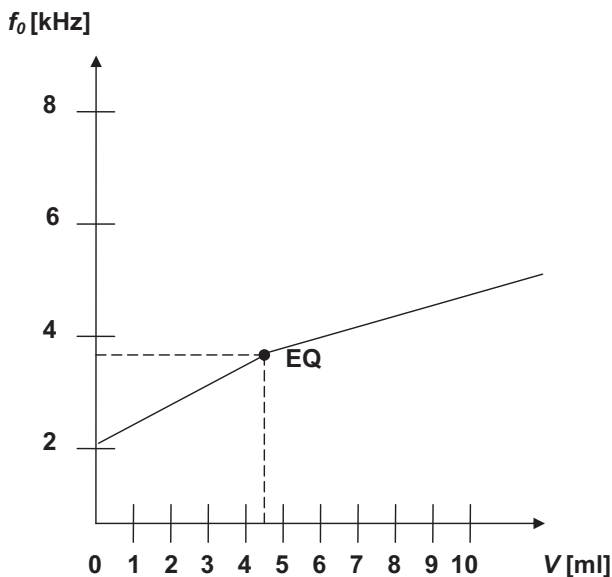
$$\frac{C_2}{R_1} = 3 \frac{C_1}{R_2} \quad (7)$$

Както бе указано по-горе, кондуктометричната клетка [3] специално е подбрана, така че $R_1 = R_2 = R_x$. При това положение самовъзбуждането при минимална добротност ще възникне, когато $C_2 = 3C_1$, респективно от аналитичната зависимост (5) може да се получи следния израз за λ :

$$\lambda = 2k_0\pi C_1 f_0 \sqrt{3} \quad (8)$$

където: k_0 – константа, зависеща от площта и геометрията на електродите.

На фиг.2 са показани експерименталните резултати при кондуктометрично титруване на моторно масло **Prista Super 25W40** с парадодецилбензолсулфонова киселина (V – обем на титранта).



Фиг. 2. Резултати от титруването

Анализът на графиката от фиг.2. показва, че еквивалентния пункт EQ съответства на 4,5 ml титрант. За пълно изразходване на алкалния резерв при чисто масло са необходими 10 ml, следователно 55% от резерва е неизразходван.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение е необходимо да се отбележи, че при изключително широкия диапазон на изменение на R_x (от $10^7 \Omega$, при чистото моторно масло до $10^3 \Omega$ при отработването) определянето на алкалния резерв от еквивалентния пункт на титруването EQ се осъществява с висока точност ($\pm 1\%$), въпреки разнообразието на замърсителите.

Предложеното устройство, поради малките си размери и ниската си себестойност е подходящо за използване и извън химичните лаборатории, даже при тест в полеви условия.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Skoog D.A., D.M. West, F.J. Holler, S.R. Crouch : Podstawy chemii analitycznej; t.1, t.2; Wydawnictwo PWN, Warszawa, 2007.

[2] Обрешков К., Леви А.: Определяне общата алкалност на присадки, пресни и отработени масла чрез потенциометрично титруване с алкилбензол-сулфонова киселина; Научни трудове на РУ"А.Кънчев", 1999 г., том 37, серия 10, с.93-99.

[3] Леви А., Ангелова М.: Кондуктометричен преобразувател с честотен изход за изследване на нефтопродукти; Юбилейна научна сесия /25-26.06.98г./ на ВВОВУ "В.Левски" – В.Търново, Сб. Научни трудове, 1998 г., кн.67, с.333-336.

За контакти:

Доц. д-р Аврам Леви, Катедра "Електроника", Русенски Университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 375, e-mail: alevi@ecs.uni-ruse.bg

Ас. д-р Снежинка Захариева, Катедра "Електроника", Русенски Университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888-516, e-mail: szaharieva@ecs.uni-ruse.bg

Маг. инж. Веляна Желязова, Катедра "Електроника", Русенски Университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888-516, e-mail: vzhelyazova@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.