

EXPERIMENTÁLNA TECHNIKA

GRAFICKÝ VÝPOČET ELEKTROLYTICKÝCH PROCESOV

VLADIMÍR KRIŽAN

Katedra technológie a tovaroznalectva Vysokiej školy ekonomickej v Bratislave

Na základe zákonov o elektrolýze možno výpočet elektrolýzy riešiť aj grafickým spôsobom, a to s presnosťou vyhovujúcou potrebám ekonóma, plánovača alebo štatistika.

Faradayove zákony, spotrebu prúdu i cenu prúdu, prípadne objem plynov z ich váhového množstva možno riešiť napr. aj na logaritmickom pravítku, ktoré by mohlo byť aj na tento účel osobitne interpolované. Pri sériových výpočtoch je však názornejšie použiť niektorú grafickú metódu, napr. nomogram.

Pri intenzite prúdu I ampérov prejde za čas t sekúnd množstvo elektriny $Q = I \cdot t$ coulombov. Tento vzťah možno graficky riešiť napr. spojnicovým nomogramom pre súčin, po logaritmovaní (aby sme dostali tri rovnobežné priamočiare stupnice) spojnicovým nomogramom pre súčet.

Vzťah

$$\log I + \log t = \log Q$$

možno porovnať so všeobecným vzťahom

$$F_1(x) + F_2(y) = F_3(z)$$

Pre tento vzťah platia z nomografie známe zobrazovacie rovnice:

$$\begin{aligned} \xi_1 &= 0 & \eta_1 &= q_1 F_1(x) \\ \xi_2 &= d & \eta_2 &= q_2 F_2(y) \\ \xi_3 &= d \frac{q_1}{q_1 + q_2} & \eta_3 &= \frac{q_1 q_2 F_3(x)}{q_1 + q_2} \end{aligned}$$

Premenná x sa teda zobrazí na priamej stupnici v osi η , premenná y tak isto na priamej stupnici rovnobežnej s η a vzdialenej od nej o d . Premenná z je na priamej stupnici, od η vzdialená o $\frac{d \cdot q_1}{q_1 + q_2}$.

Zobrazovacie rovnice pre vzťah

$$\log Q = \log I + \log t$$

budú:

$$\begin{aligned} \xi_1 &= 0 & \eta_1 &= q_1 \cdot \log I = \log I \quad (q_1 = 1) \\ \xi_2 &= d = 10 \text{ (zvolené)} & \eta_2 &= q_2 \cdot \log t = \log t \quad (q_2 = 1) \\ \xi_3 &= \frac{10}{1+1} = 5 & \eta_3 &= \frac{\log Q}{1+1} = \frac{1}{2} \log Q \end{aligned}$$

Ak t je čas v sekundách, súčin $I \cdot t = Q$ je v coulomboch. Ak však prúd prechádzal t minút, Q_2 je šesťdesiatkrát väčší. Ak t značí hodiny, $Q_3 = Q_2 \cdot 60 = Q_1 \cdot 3600$. Napokon ak prúd prechádzal t dní, Q_4 (pre t dní) $= 24 Q_3$. Čísla na nomograme v rubrikách Q_1, Q_2, Q_3 a Q_4 značia počet coulombov množstva elektriny, ktoré prejde elektrolytom pri intenzite I za čas t sekúnd, minút, hodín a dní.

Čítanie nomogramu: spojením I s t udáva priesečnica s Q výsledok v coulomboch.

Z napätia elektrolyzéra a množstva prúdu, ktoré prešlo elektrolytom, možno vypočítať spotrebu prúdu v jednotkách práce, wattsekundách (Wsec, t. j. J), resp. v kilowatthodinách (KWh). Súčin E MS a množstva prúdu Q

$$L = E \cdot Q$$

možno opäť po logaritmovaní riešiť spojnicovým nomogramom pre súčet.

Ak stupnicu Q (s modulom $\frac{1}{2}$) zvolíme za os η , t. j. $\xi_1 = 0$, zobrazovacie rovnice budú:

$$\begin{array}{ll} \xi_1 = 0 & \eta_1 = \frac{1}{2} \log Q \quad (q_1 \text{ je } \frac{1}{2}) \\ \xi_2 = 21 \text{ (zvolené)} & \eta_2 = \log E \quad (q_2 \text{ zvol. } 1) \\ \xi_3 = 21 \frac{\frac{1}{2}}{1 + \frac{1}{2}} = 7 & \eta_3 = \frac{1}{3} \log L \end{array}$$

Stupnica L je štvormo kótovaná pre počítanie s Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 ako L_1, L_2, L_3 a L_4 . Spotreba prúdu L je v nomograme udaná vo wattsekundách i v kilowatthodinách.

Podľa druhého Faradayovho zákona množstvo iónu vylúčeného elektrolyzou je úmerné násobku Faradayovho náboja a množstvo vylúčenej látky v gramoch je pri rovnakom množstve prúdu, ktoré prešlo elektrolytom, funkciou iba atómovej váhy prvku (resp. súčtu atómových váh, ktoré vylúčený ión tvoria), ako aj mocenstva vylúčeného iónu.

Ak teda atómovú váhu (iónovú váhu) delenú mocenstvom prvku (iónu) označíme A , množstvo vylúčeného prvku (iónu) G je dané vzťahom

$$G = \frac{A \cdot Q}{96\,500} \text{ gramov}$$

Pretože konštanta $k = \frac{1}{96\,500}$ je pre všetky hodnoty A i Q rovnaká, netreba ju pri zostrojovaní nomogramu brať do úvahy. Avšak pri opisovaní stupnice G (v gramoch) treba číslom 96 500 (presnejšie 96 450) súčin $A \cdot Q$ vydeliť. Je teda hodnota

$$G = \frac{1}{96\,450} \cdot A \cdot Q = k \cdot A \cdot Q$$

Vzťah $G = A \cdot Q$ dáva po logaritmovaní

$$\log G = \log A + \log Q$$

Uvedený vzťah možno opäť riešiť spojnicovým nomogramom pre súčet, pričom stupnica Q (vynesená s modulom $1/2$) je pre prehľadnosť posunutá doľava. Ak tento vzťah porovnáme so základným typom spojnicového nomogramu pre súčet, dostaneme zobrazovacie rovnice:

$$\begin{array}{ll} \xi_1 = 0 \text{ (pre } Q) & \eta_1 = 1/2 \log Q \text{ (modul } 1/2 \text{ je z pôvodnej stupnice } Q) \\ \xi_2 = -12 \text{ (pre } A) & \eta_2 = \log A \text{ (modul } 1 \text{ zvol.)} \\ \xi_3 = -4 & \eta_3 = 1/3 \log G \text{ (modul } 1/3 \text{ vychádza výpočtom)} \end{array}$$

Stupnica pre G je však opísaná pre počítanie s Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 ako $G_1 = k Q_1 A$, $G_2 = k Q_2 A$, $G_3 = k Q_3 A$, $G_4 = k Q_4 A$, kde $k = \frac{1}{96 \cdot 500}$ (presnejšie 1 : 96 450).

Grammolekula ľubovoľného ideálneho plynu zaujíma pri 0 °C a tlaku 1 atm objem $V_0 = 22,414$ l. Ten istý počet gramov rozličných plynov má (pri normálnej teplote a tlaku) toľkokrát menší objem ako ten istý počet gramov vodíka, koľkokrát väčšia je molekulová váha určitého plynu ako molekulová váha vodíka. Objem plynov (pri ich rovnakej váhe, rovnakom tlaku a rovnakej teplote) je teda funkciou ich molekulovej váhy.

Počet gramov plynu s dvojatómovou molekulou dáva po delení dvojnásobkom jeho atómovej váhy počet grammolekúl plynu a ďalším delením číslom 22,414 objem plynu v litroch, ktorý tento zaujíma pri normálnych podmienkach (tlaku a teplote). Stupnica Q je teda súčasne stupnicou V_0 (pre objemy plynov pri teplote 0 °C a tlaku 1 atm). Pre váhy plynov G_1, G_2, G_3, G_4 odpovedajú objemy V_1, V_2, V_3, V_4 . Pri výpočtoch objemu plynov s viacatómovými molekulami treba počet gramov deliť molekulovou váhou plynu pričom ďalším delením 22,4 vychádza objem. Avogadrov a Boylov zákon bolo by opäť možné riešiť graficky.

Vhodnou kombináciou spojnicových nomogramov možno teda robiť orientačné výpočty rozličných údajov elektrolýzy. Spotrebu množstva elektrickej energie (z nomogramu $I-Q-t$) možno vypočítať z údajov intenzity prúdu pri elektrolýze a z času, za ktorý prúd prechádzal. Spojnicou I a t odčíta sa na Q množstvo prúdu. Z množstva elektriny, ktoré pri elektrolýze prešlo elektrolýtom, a z napätia elektrolýzéra (E voltov) možno odčítať prácu vo Wsec (= jouloch), prípadne v kWh (Q coulombov. E voltov = L joulov = L Wsec). Spojnicou Q a E sa odčíta na L .

Stupnica Q je prenesená na ľavú stranu nomogramu (stupnica QV). Súčin množstva prúdu Q coulombov a atómovej váhy (stupnica A) jednomocného iónu, delený 96 500, udáva počet gramov iónu vylúčeného elektrolýzou. Spojnica $Q-A$ udáva výsledok na stupnici G (pre rôzne Q). Pre dvojmocné, resp. trojmocné atómy (ióny) treba na stupnici A odčítať polovicu, resp. tretinu atómovej (iónovej) váhy.

Grammolekula ideálneho plynu má pri 0 °C a tlaku 1 atm objem 22,4 l. (Reálne plyny majú objem trochu odlišný). Z molekulovej váhy plynu (odčítanej na stupnici A) a z množstva v gramoch (na stupnici G) možno priamo odčítať objem V ($V = \frac{22,4 G}{A}$).

Pri plynoch s dvojatómovými molekulami treba na stupnici A odčítať dvojnásobok atómovej váhy. Spojnica $A-G$ dáva na stupnici V výsledok výpočtu $\frac{22,4 G}{A}$, t. j. udáva objem plynu vylúčeného za normálnych podmienok.

Po strane nomogramu je tabuľka elektrochemických ekvivalentov iónov, t. j. množstvo iónov, ktoré vylúči jeden coulomb. Udáva sa jednak ako $\frac{\text{mg iónu vylúčené}}{\text{za 1 ampérsekundu}}$ alebo ako $\frac{\text{g iónu vylúčené}}{\text{za 1 ampérhodinu}}$.

Pri vynesení do stupnice bolo by možné zostrojiť napr. aj spojnicový nomogram pre výpočet množstva vylúčených ekvivalentov z množstva prúdu v coulomboch (Asec) a z veľkosti jedného elektrochemického ekvivalentu v $\frac{\text{mg}}{\text{Asec}}$, prípadne $\frac{\text{g}}{\text{Ahod}}$.

Na pravej strane nomogramu je výpočet spotreby prúdu v Kčs. Pri halierovej sadzbe na stupnici hal/kWh a spotrebe prúdu na stupnici kWh udáva priesečník tejto spojnice so stupnicou Kčs cenu prúdu.

Súhrn

Grafické zobrazenie zákonov elektrolyzy možno s výhodou aplikovať na rýchle výpočty pri plánovaní, v štatistike, aj v ekonomickom hodnotení elektrolytických procesov. Vhodným doplnením možno graficky riešiť aj váhové a objemové množstvá elektrolyzou vylúčených látok, najmä plynov, ba možno riešiť aj cenu prúdu spotrebovaného pri elektrolyze, a to pri rozličnej sadzbe.

Došlo do redakcie 15. 3. 1956

ГРАФИЧЕСКОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

ВЛАДИМИР КРИЖАН

Кафедра технологии и товароведения Высшей экономической школы
в Bratislave

Выводы

Графическое изображение законов электролиза можно с успехом применить для быстрых вычислений при планировании, в статистике и при экономическом обсуждении

электролитических процессов. Соответствующим дополнением можно графическим способом решить и весовые и объемные количества электролизом полученных веществ, главным образом газов а также решить и цену тока, применяемого при электролизе даже и при различном тарифе.

Поступило в редакцию 15. 3. 1956 г.

GRAPHISCHE BERECHNUNG ELEKTROLYTISCHER PROZESSE

VLADIMÍR KRIŽAN

Lehrstuhl für Technologie und Warenkunde an der Wirtschaftshochschule in Bratislava

Zusammenfassung

Die graphische bildliche Darstellung der Gesetze der Elektrolyse kann man vorteilhaft für eine rasche Berechnung bei der Planung, in der Statistik, ebenso aber auch bei der ekonomischen Bewertung elektrolytischer Prozesse applizieren. Durch eine geeignete Ergänzung kann man graphisch auch die Gewichts- und Volummengen der bei der Elektrolyse ausgeschiedenen Stoffe berechnen, namentlich die Gase, ebenso ist es auch möglich, den Preis des bei der Elektrolyse verbrauchten Stroms, u. zw. bei verschiedenem Tarif, zu berechnen.

In die Redaktion eingelangt den 15. 3. 1956