

DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2020.01.078>

УДК 621.3.08

**АНАЛИЗ ИМПЕДАНСНОЙ МОДЕЛИ ДВУХЭЛЕКТРОДНОЙ КОНТАКТНОЙ
КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ**

Журнал	Технічна електродинаміка
Издатель	Институт электродинамики Национальной академии наук Украины
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Выпуск	№ 1, 2020 (январь/февраль)
Страницы	78 – 86

Авторы**А.А. Михаль***, докт.техн.наук, **Д.В. Мелешук,**** канд.техн.наукИнститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна,
e-mail: a_mikhal@ukr.net, mdim@meta.ua* ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-7816-8880>** ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0003-2591-1583>

Представлены результаты исследования электрической модели двухэлектродной кондуктометрической ячейки при измерении на переменном токе. Предложенная модель основана на последовательном соединении двух импедансов, которые описывают приэлектродные процессы и процессы в объеме исследуемого раствора. Она позволяет отдельно оценивать информативные и неинформативные параметры эквивалентных схем замещения. Приведены результаты теоретического исследования частотных свойств приэлектродного и объемного импедансов. На их основе предложены упрощения эквивалентной схемы замещения импеданса ячейки для частотных поддиапазонов измерений. Приведены результаты исследования составляющих импеданса ячейки. Определен ряд параметров, которые позволяют экспериментально оценить правомерность упрощений и адекватность рассмотренной электрической модели ячейки. Библ. 30, рис. 5.

Ключевые слова: кондуктометрия, ячейка, электрическая модель, импеданс, электролитическая проводимость.

Поступила	16.05.2019
Окончательный вариант	14.11.2019
Подписано в печать	16.01.2020

УДК 621.3.08

АНАЛІЗ ІМПЕДАНСНОЇ МОДЕЛІ ДВОЕЛЕКТРОДНОЇ КОНТАКТНОЇ КОНДУКТОМЕТРИЧНОЇ КОМІРКИ

Журнал	Технічна електродинаміка
Видавець	Інститут електродинаміки Національної академії наук України
ISSN	1607-7970 (print), 2218-1903 (online)
Випуск	№ 1, 2020 (січень/лютий)
Сторінки	73 – 86

Автори

О.О. Міхаль, докт.техн.наук, **Д.В. Мелешук**, канд.техн.наук
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ, 03057, Україна,
e-mail: a_mikhal@ukr.net, mdim@meta.ua

Наведено результати досліджень електричної моделі двоелектродної кондуктометричної комірки у разі вимірювання на змінному струмі. Запропонована модель базується на послідовному з'єднанні двох імпедансів, що описують приелектродні процеси та процеси в об'ємі досліджуваного розчину. Вона дає можливість окремо оцінювати інформативні та неінформативні параметри еквівалентних заступних схем. Наведено результати теоретичного дослідження частотних властивостей приелектродного та об'ємного імпедансів. На їхній основі запропоновано спрощення еквівалентної заступної схеми імпедансу комірки для частотних піддіапазонів вимірювань. Наведено результати досліджень складових імпедансу комірки. Визначено ряд параметрів, що дають змогу експериментально оцінити правомірність спрощень та адекватність розглянутої електричної моделі комірки. Бібл. 30, рис. 5.

Ключові слова: кондуктометрія, комірка, електрична модель, імпеданс, електролітична провідність.

Надійшла	16.05.2019
Остаточний варіант	14.11.2019
Підписано до друку	16.01.2020

Работа выполнена по бюджетной теме “Розвиток наукових основ підвищення точності кондуктометричних вимірювань з еталонними двоелектродними комірками”, шифр теми “ДИПОЛЬ-2”, регистрационный номер 0119U001281.

Література

1. Грилихес М.С., Филановский Б.К. Контактная кондуктометрия. Л.: Химия, 1980. 176 с.
2. Лопатин Б.А. Теоретические основы электрохимических методов анализа. М.: Высш. школа, 1975. 295 с.
3. Графов Б.М., Укше Е.А. Электрохимические цепи переменного тока. М.: Наука, 1973. 128 с.
4. Андреев В.С. Кондуктометрические методы и приборы в биологии и медицине. М.: Медицина, 1973. 335 с.
5. Bard A.J., Faulkner L.R. *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*. Wiley, 2000. 864 p.
6. Bottauscio O., Capra P., Durbiano F., Manzin A. Modeling of Cells for Electrolytic Conductivity Measurements. *IEEE Transactions on magnetics*. 2006. Vol. 42. No 4. Pp. 1423–1426. DOI: <https://doi.org/10.1109/TMAG.2006.871443>
7. Thirstrup C., Snedden A., Deleebeeck L. Addressing the challenges of traceable electrolytic conductivity measurements in water. *Measurement Science and Technology*. 2017. Vol. 28. No 12. 9 p. DOI: <http://doi.org/10.1088/1361-6501/aa875d>
8. Дзядевич С.В., Солдаткін О.П. Наукові та технологічні засади створення мініатюрних електрохімічних біосенсорів. К.: Наукова думка, 2006. 255 с.
9. Кнеллер В.Ю., Боровских Л.П. Определение параметров многоэлементных двухполюсников. М.: Энергоатомиздат, 1986. 144 с.
10. Seitz S., Manzin A., Jensen H.D., Jakobsen P.T., Spitzer P. Traceability of electrolytic conductivity measurements to the International System of Units in the sub mSm⁻¹ region and review of models of electrolytic conductivity cells. *Electrochimica Acta*. 2010. Vol. 55. No 22. Pp. 6323-6331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2010.06.008>
11. Manzin A., Bottauscio O., Ansalone D.P. Application of the thin-shell formulation to the numerical modeling of Stern layer in biomolecular electrostatics. *Journal of Computational Chemistry*. 2011. Vol. 32. No 14. Pp. 3105–3113. DOI: <https://doi.org/10.1002/jcc.21896>
12. Barbero G., Becchi M., Freire F.C.M. Contribution of the electrode-electrolyte interface to the impedance of an electrolytic cell. *Journal of Applied Physics*. 2008. No 104. Pp. 114111 - 114111-7. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.3033392>
13. Hubálek J. Iterative Precise Conductivity Measurement with IDEs. *Sensors*. 2015. Vol. 15 No 5. Pp. 12080-12091. DOI: <https://doi.org/10.3390/s150512080>
14. Brug G.J., van den Eeden A.L.G., Sluyters-Rehbach M., Sluyters J.H. The analysis of electrode impedances complicated by the presence of a constant phase element. *Journal of*

Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry

. 1984. Vol. 176. No 1-2. Pp. 275-295.

DOI:

[https://doi.org/10.1016/S0022-0728\(84\)80324-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0728(84)80324-1)

15. Seitz S., Spitzer P., Jensen H.D., Orru E., Durbiano F. Electrolytic conductivity as a quality indicator for bioethanol. *Acta Imeko*. 2014. Vol. 3. No 3. Pp. 38–42. DOI: https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v3i3.125

16. Rodríguez-López A., Reyes-Del Valle A., Juárez-García J.M., Monroy-Mendoza M., Avila-Salas M.J., Ortiz-Aparicio J.L., Antaño-López R. Electrochemical characterization of a primary electrolytic conductivity cell at CENAM. *Accreditation and Quality Assurance*. 2013. Vol. 18. No 5. Pp. 383–389.

DOI:

<https://doi.org/10.1007/s00769-013-1001-z>

17. Робинсон С., Стокс С. Растворы электролитов. М.: Издательство иностранной литературы, 1959. 647 с.

18. Czichos H., Saito T., Smith L. Springer Handbook of Metrology & Testing. London: Springer, 2011. 1500 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16641-9>

19. Mariassy M., Pratt K.W., Spitzer P. Major applications of electrochemical techniques at national metrology institutes. *Metrologia*. 2009. No 46. Pp. 199–213. DOI: <https://doi.org/10.1088/0026-1394/46/3/007>

20. Первухин Б.С., Кривобоков Д.Е., Суворова Н.В. Определение параметров контактных кондуктометрических ячеек. *Ползуновский альманах*. 2014. № 1. С. 63–65.

21. Langereis G.R. An integrated sensor system for monitoring washing processes. Enschede: Universiteit Twente, 1999. 239 p.

22. Xiaoping S., Spitzer P., Sudmeier U. Novel method for bulk resistance evaluation in conductivity measurement for high-purity water. *Accreditation and Quality Assurance*. 2007. Vol. 12. No 7. Pp. 351–355.

DOI:

<https://doi.org/10.1007/s00769-007-0258-5>

23. Wang J. Analytical electrochemistry. New York: Wiley-VCH, 2001. 222 p.

24. Шелудко А.Д. Коллоидная химия. М.: Мир, 1984. 320 с.

25. Brinkmann F., Ebbe Dam N., Deák E., Durbiano F., Ferrara E., Fükö J., Jensen H.D., Máriássy M., Shreiner R.H., Spitzer P., Sudmeier U., Surdu M., Vyskocil L. General paper: Primary methods for the measurement of electrolytic conductivity. *Accred Qual Assur*. 2003. No 8. Pp. 346 – 353.

DOI:

<https://doi.org/10.1007/s00769-003-0645-5>

26. Moron Z., Pomiary przewodnosci elektrycznej cieczy przy malych czestotliwosciach. Politechnika Wroclawska, 2003. 163 p.

27. Mikhal A.A., Glukhenkyi A.I., Warsza Z.L. Factors of AC Field Inhomogeneity in Impedance Measurement of Cylindrical Conductors. Recent Advances in Systems, Control and Information Technology, Advances in Intelligent Systems and Computing 543. Springer, 2017. Pp. 535-545. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-48923-0_57

28. Глухенький А.И., Михаль А.А. Расчетная оценка составляющих импеданса цилиндрического проводника при их измерении на переменном токе. *Технічна електродинаміка*

2010. № 1. С. 15–22.

29. Иоссель Ю.Я., Кочанов Э.С., Струнский М.Г. Расчет электрической емкости. Л.: Энергоиздат, 1981. 288 с.

30. Михаль А.А., Мелешук Д.В., Гребеньков И.Н. Экспериментальные исследования импеданса кондукто-метрического интерфейса Pt/H₂O и Pt/KCl на частотах 10кГц–1МГц. *Технічна електродинаміка*. 2016. № 6. С. 76–82. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2016.06.076>

[PDF](#)



Цей твір ліцензовано на умовах [Ліцензії Creative Commons Із Зазначенням Авторства — Некомерційна — Без Похідних 4.0 Міжнародна](#)