

АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРНЕ СТАБИЛНОСТИ РЕФЕРЕНТНОГ ЕТАЛОНА ЗА ЕЛЕКТРИЧНУ КАПАЦИТИВНОСТ GR 1408

Никола Јовичић, Слободан Суботић, Славко Вуканић

Кључне речи: електрична капацитивност, температура, мерна несигурност, еталон

КРАТАК САДРЖАЈ

У раду је приказана анализа температурне стабилности референтног еталона за електричну капацитивност GR 1408 праћењем варијације температуре унутар кућишта еталона у односу на декларисану вредност $30^{\circ}\text{C} \pm 0,01^{\circ}\text{C}$.

THE TEMPERATURE STABILITY ANALYSIS OF THE REFERENCE STANDARD FOR ELECTRICAL CAPACITANCE GR 1408

Keywords: electrical capacitance, temperature, measurement uncertainty, standard

ABSTRACT

The paper presents an analysis of the temperature stability of the reference standard for electrical capacitance GR 1408, by monitoring the temperature variation inside the standard's housing in relation to the declared value of $30^{\circ}\text{C} \pm 0,01^{\circ}\text{C}$.

УВОД

Референтни еталон електричне капацитивности у лабораторији за основне електричне величине, Техничког опитног центра у Београду, је кондензатор GR 1408. За преношење јединице електричне капацитивности са референтног еталона на еталон нижег реда, користимо мерни систем за мерење капацитивности GR 1621.

КАРАКТЕРИСТИКЕ КОНДЕНЗАТОРА GR 1408

У погледу карактеристика које имају кондензатори типа GR 1408 сматрају се за најсавршеније комерцијално доступне еталоне. Направљени су са златним електродама на носивој структури од топљеног кварца као диелектриком, и херметички су затворени у простору испуњеном сувим азотом. Уграђени су у термостатирано ваздушно купатило, које омогућава да промене њихове температуре буду мање од $\pm 0,01$ °C. Одликују се врло великом временском стабилношћу, годишње промене капацитивности нису веће од $0,3 \cdot 10^{-6}$. Угао губитка им је мањи од $1 \cdot 10^{-5}$ на 1 kHz, а температурни коефицијент око $12 \cdot 10^{-6}$ / °C, док су релативно независни од фреквенције.



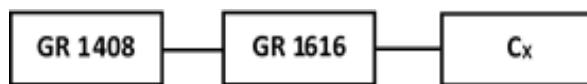
Слика 1. Кондензатор GR 1408



Слика 2. Мерни систем за мерење капацитивности GR 1621

ПРИНЦИП МЕРЕЊА КАПАЦИТИВНОСТИ

Мерење непознате вредности електричне капацитивности врши се поређењем са еталоном електричне капацитивности GR 1408 мерним системом GR 1621. Мерење се врши у опсегу 1 pF до 1000 pF (дискретне вредности 1, 2, 3....9, 10, 20, 30,... 90, 100, 200, 300, ...900, 1000). Мерна фреквенција је 1 kHz, јер су на тој фреквенцији познате вредности електричне капацитивности референтног еталона GR 1408, и мерни систем GR 1621 на њој даје најбоље резултате. Напон мерења се бира у зависности од жељене резолуције и потребне осетљивости мерења, углавном износи 15 V. Повезивање је трокрајно. Блок шема мерења електричне капацитивности у односу на референтни еталон GR 1408 дата је на слици 3.



Слика 3. Блок шема мерења електричне капацитивности

Резултат мерења је исказан релацијом:

$$C_x = C_S \cdot N_{EM} \cdot N_{RM} + C_{O\check{C}} \cdot N_{RM} \quad (1)$$

Где су:

C_S – капацитивност референтног еталона

C_x – непозната капацитивност

N_{RM} – мултипл на преклопнику READOUT MULTIPLIER

N_{EM} – мултипл на преклопнику EXT MULTIPLIER

$C_{O\check{C}}$ – очитана вредност на мосту при постигнутом балансу.

Преклопници READOUT MULTIPLIER (вредности 1 и 10) и EXT MULTIPLIER (вредности -0,1, 0, 0,1, 0,2, 0,3, ..., 0,9 и 1,0) налазе се на мерном систему GR 1621 и постављају се у положај који обезбеђује оптимални однос између C_x и C_S . Мерење се врши на температури околине $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ и релативној влажности мањој од 60%.

УТИЦАЈ ТЕМПЕРАТУРЕ

Промена вредности капацитивности референтног еталона са температуром је последица варијације температуре у кућишту еталона и његовог температурног коефицијента. Декларисана температура у кућишту је $(30 \pm 0,01)^\circ\text{C}$, а температурни коефицијент еталона $12 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Сматрајући да је расподела униформна, стандардна несигурност промене вредности капацитивности еталона са температуром износи:

$$\frac{0,01 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot C_S}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

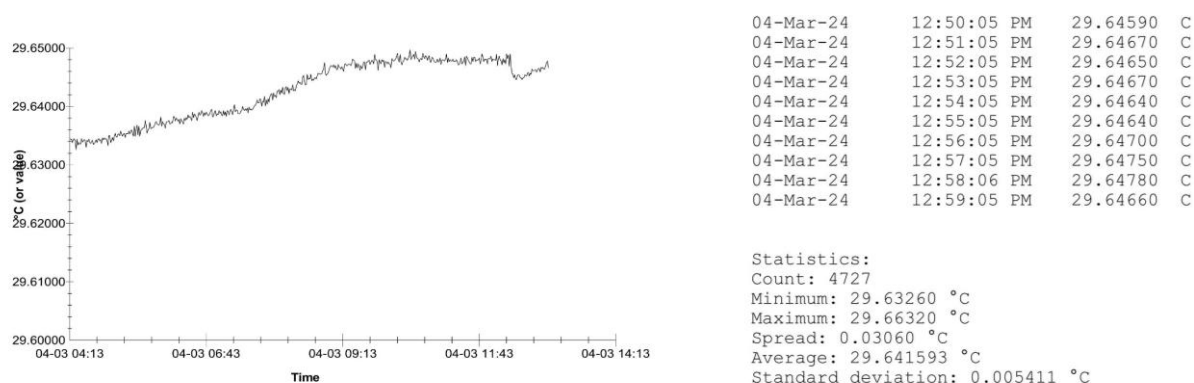
Резултати мерења температуре

Температуру у кућишту кондензатора GR 1408, као и вредности електричне капацитивности, пратимо на основу атеста из референтних лабораторија у којима вршимо еталонирање еталона капацитивности GR 1408. Ти резултати су дати у табели 1.

Табела 1. Резултати мерења температуре у референтним лабораторијама

Лабораторија	Капацитивност	Температура	Фреквенција
NBS	10,0001658 pF 99,999015 pF	29,8318°C	1 kHz
PTB	10,0001193 pF 99,999201 pF	$(29,7886 \pm 0,0031)^\circ\text{C}$	1 kHz
VNIIM	10,00007 pF 99,9992 pF	$(29,788 \pm 0,005)^\circ\text{C}$	1 kHz
NPL	10,000059 pF 99,99948 pF	$(28,767 \pm 0,05)^\circ\text{C}$	1 kHz

Посматрајући резултате из табеле 1 видимо да је температура у кућишту у NPL-и била за око 1°C мања него раније. На основу резултата капацитивности декларисаног температурног коефицијента кондензатора GR 1408 посумњали смо у коректност температуре. Због сумње извршили смо мерење температуре у кућишту. Мерење смо извршили користећи ПТ 100 сонду, и добили резултат $(29,642 \pm 0,12)^{\circ}\text{C}$. Мерење је трајало неколико узастопних дана по цео дан. Тај резултат је близак претходним и са правом га не можемо користити у прорачуну мерне несигурности при мерењу капацитивности у односу на референтни еталон GR 1408.



Слика 4. Приказ резултата мерења температуре у МЛ 01

Да бисмо што поузданије прорачунали мерну несигурност мерења електричне капацитивности у односу на референтни еталон GR 1408, односно утицај температуре, за време мерења капацитивности, мерићемо температуру у кућишту и одређивати њене промене.

ЗАКЉУЧАК

Обезбедити потребну и поуздану опрему за мерење температуре у кућишту кондензатора GR 1408. При томе се мисли на опрему која мери температуру са што мањом мерном несигурности. Покушати остварити контакт са NPL-ом, потврдити сумње да се можда ради о штампарској грешци.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Instruction Manual, TYPE 1408 REFERENCE STANDARD CAPACITOR, General Radio, October 1972.
- [2] Report of calibration, National Measurement Laboratory, Gaithersburg, MD 20899, April 1987.
- [3] Certificate of calibration, D.I.Mendeleyev Institute for Metrology (VNIIM), June 2002.
- [4] Certificate of calibration, National Physical Laboratory, Teddington Middlesex UK, February 2021.