

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЗАРЯДНО - РАЗРЯДЕН МЕТОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА КАПАЦИТЕТ ПРИ НАЛИЧИЕ НА АКТИВНО СЪПРОТИВЛЕНИЕ - II ЧАСТ

Пл. Никовски*, Ив. Маслинков, Е. Мурджева

Университет по хранителни технологии - Пловдив, Технически факултет
гр. Пловдив, 4000, бул. "Марица" №26, e-mail*: plmnn@uft-plovdiv.bg

APPLICATION OF CHARGER - DISCHARGE METHOD FOR DETERMINING THE CAPACITY IN THE PRESENCE OF RESISTANCE - PART II

Pl. Nikovski*, Iv. Maslinkov, E. Murdzheva

University of Food Technologies - Plovdiv, Engineering Faculty
Plovdiv, 4000, bul. "Mariza" №26, e-mail*: plmnn@uft-plovdiv.bg

ABSTRACT

This work is considered an application of charge - discharge method for determining the capacity of the sensor represented by RC equivalent circuit of a series type. Attention is paid to cases where no prior information about the exact value of the resistance of the sensor, but are known limits of its variation. Determined the capacity of the sensor, after the actual value of the resistor is replaced with a preliminary chosen fixed value. Establishes the terms, under which occurred in this case methodological error is reduced to 0,076% for sensors activated by voltage source and to 0.5% for sensors activated by a current source.

Key words: measure, capacity, charge-discharge, sensor, one port circuit.

Въведение

В промишлената практика, определянето на капацитет, чрез времето необходимо за неговото зареждане - разреждане е един от често срещаните методи за измерване [2,4,6-10]. Използването на време в качеството на информативен параметър за капацитета, предлага редица предимства: може да се измери с висока точност, без това да изисква значителни разходи, може да се възприема непосредствено от цифрови входове, лесно се пренася и преобразува в други параметри. Ето защо интересът към използването на зарядно - разрядния метод (ЗРМ) за решаване на нови измервателни задачи, продължава да бъде значителен.

В [1] са разгледани две приложения на ЗРМ за определяне на капацитет на капацитивен сензор (КС), който съдържа активно съпротивление. При първото, КС се свързва през активен резистор R_E към източник на напрежение $-E_1$, или $+E_1$. КС се превключва всеки път, когато напрежението на изводите на сензора достигне някой от праговете на превключване $+E_2$, $-E_2$. Когато КС е представен с RC еквивалентна схема от последователен тип, периодът T_E на превключване е пропорционален на капацитета C на сензора:

$$C = \frac{1}{2 \cdot (R_E + R) \cdot \ln \left(\frac{R_E}{R_E + R} \cdot \frac{E_1 + E_2}{E_1 - E_2} - \frac{R}{R_E + R} \right)} \cdot T_E. \quad (1)$$

Във втория случай КС е присъединен към източник на ток $-I_1$ или $+I_1$. КС се превключва всеки път, когато напрежението на изводите на сензора, достигне някой от праговете на превключване $+E_2$, $-E_2$. При периодичен стационарен режим и КС представен с RC еквивалентна схема от последователен тип

$$C = \frac{1}{4 \cdot (E_2 / I_1 - R)} \cdot T_E. \quad (2)$$

Съгласно (1) и (2) независимо от начина на активиране на сензора, за да се определи стойността на C е необходимо предварително да се познава точната стойност на неговото активно съпротивление R . Това изискване създава трудности и ограничава приложението на разглеждания метод.

Определяне на капацитета на сензор след замяна на действителната стойност на активното съпротивление с предварително избрана фиксирана стойност

Когато липсва информация за стойността на активното съпротивление или то се променя по време на измерването, за определяне на капацитета, вместо действителната R , може да се използва предварително избрана фиксирана стойност R' .

Използването на

$$C' = C|_{R=R'} \tag{3}$$

вместо C е свързано с допускане на методическа грешката δ ,

$$\delta, \% = \frac{C' - C}{C} \cdot 100, \tag{4}$$

Когато КС се активира от източник на напрежение от (1), (3) и (4) се получава:

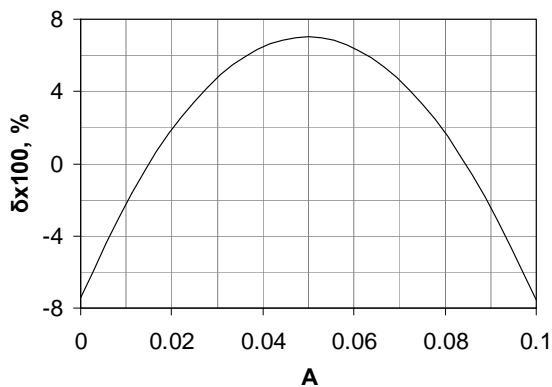
$$C' = \frac{1}{2 \cdot (R_E + R') \cdot \ln\left(\frac{R_E}{R_E + R'} \cdot \frac{E_1 + E_2}{E_1 - E_2} - \frac{R'}{R_E + R'}\right)} \cdot T_E, \tag{5}$$

$$\delta, \% = \left(\frac{1 + A}{1 + A'} \cdot \frac{\ln\left(\frac{B - A + 1 + A \cdot B}{A - B + 1 - A \cdot B}\right)}{\ln\left(\frac{B - A' + 1 + A' \cdot B}{A' - B + 1 - A' \cdot B}\right)} - 1 \right) \cdot 100, \tag{6}$$

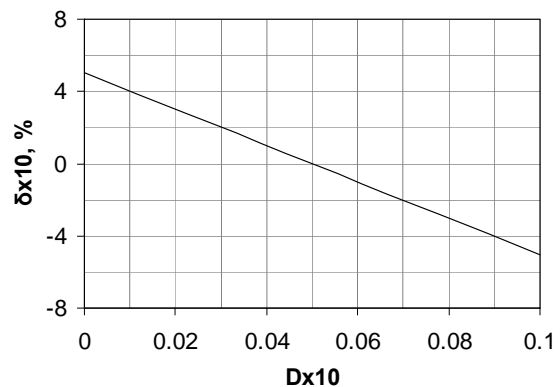
където

$$A = \frac{R}{R_E}, \quad A' = \frac{R'}{R_E}, \quad B = \frac{E_2}{E_1} \tag{7}$$

са относителните стойности на R , R' и прага на превключване E_2 .



Фиг.1 При $A=0 \div 0,1$, $A'=0,015$ и $B=0,585$, грешката δ не надхвърля $\pm 0,076\%$.



Фиг.2 При $D=0 \div 0,01$, $D'=0,005$ грешката на δ не надхвърля $\pm 0,5\%$.

Съгласно (6) и (7) изборът на R' се свежда до определянето на такава стойност за A' , която минимизира абсолютната стойност на грешката в определени интервали на изменение на A . Тази оптимизационна задача може да бъде решена за конкретна стойност на B , или приемайки B (подобно на A') за неизвестно. Приет е втория подход и е приложен градиентен алгоритъм [3,5] за определяне на минималната абсолютната стойност на δ при следните условия:

$$\text{Исл. } 0 \leq A \leq 0,1, \quad 0 \leq A' \leq 1, \quad 0 \leq B \leq 1; \quad (8)$$

$$\text{Псл. } 0 \leq A \leq 1, \quad 0 \leq A' \leq 1, \quad 0 \leq B \leq 1. \quad (9)$$

В първия случай, когато измервателния преобразовател (ИП) има праг на превключване $B=0,585$ и капацитетът се определя съгласно (5), при $A'=0,015$, допуснатата грешка е минимална и не превишава $\pm 0,076\%$ (фиг.1). Във втория случай, оптималната стойност на B е $0,707$, а допуснатата грешка при $A'=0,139$, не превишава $\pm 3,81\%$.

Когато КС се активира от източник на ток от (2), (3) и (4) се получава

$$C' = \frac{1}{4 \cdot (E_2 / I_1 - R')} \cdot T_E, \quad (10)$$

$$\delta = \left(\frac{1-D}{1-D'} - 1 \right) \cdot 100 \quad (11)$$

където

$$D = \frac{R \cdot I_1}{E_2}, \quad D' = \frac{R' \cdot I_1}{E_2} \quad (12)$$

са относителните стойности на R и R' . Непосредствено от (11), може да се установи, че оптималните стойности на D' се определят от средата на избрания интервал на изменение на D . Когато капацитетът се намира съгласно (10) при $D'=0,005$, допуснатата грешка за $D=0 \div 0,01$, е минимална и не превишава $\pm 0,50\%$ (фиг.2). В случая $A=0 \div 0,1$, оптималната стойност на D' е $0,05$, а допуснатата грешка не превишава $\pm 5,26\%$.

Работната област на измервателните преобразуватели реализиращи Зарядно - разряден метод при наличие на активно съпротивление

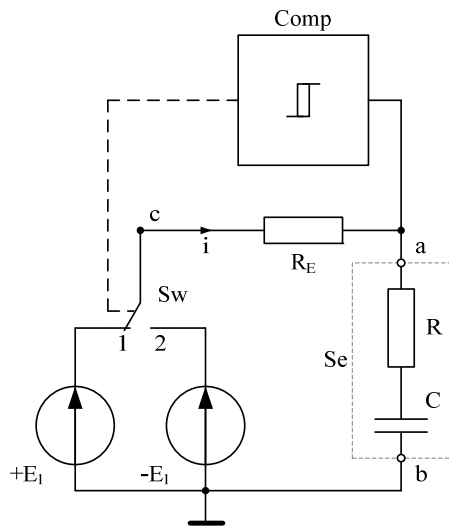
Анализирайки схемата показана на фиг.3, става ясно, че напрежението на капацитета u_C достига своята максимална стойност в края на всеки полупериод ($t=t'_0, t''_0, \dots$) [1]. Модулът на тази стойност се определя лесно, отчитайки симетричния характер на стационарния процес ($u_C(t'_0) = -u_C(t''_0) = \dots$), фиг.4:

$$U_{\max} = |u_C(t''_0)| = E_2 - R \cdot \frac{E_1 - E_2}{R_E}. \quad (13)$$

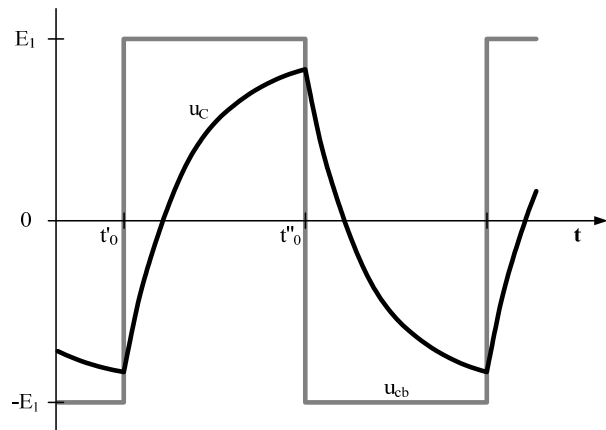
Съгласно (13) когато R нараства, U_{\max} намалява и при

$$R = R_E \cdot \frac{E_2}{E_1 - E_2} \quad (14)$$

става равно на нула. От този момент нататък уравнението (1) престава да бъде функция на преобразуване на ИП, тъй като C няма отношение към формирането на напрежението u_{ab} . Следователно уравнението



Фиг.3 Схема на измервателен преобразовател реализиращ ЗРМ. Тук сензора Se се активира от източници на постоянно напрежение, със големина $\pm E_1$.



Фиг.4 Графичен вид на напрежението u_C и u_{cb} във входната верига, при стационарен режим на работа на измервателния преобразовател.

$$U_{\max} = 0 \Leftrightarrow \frac{A}{1+A} = B, \quad (15)$$

определя границата, а неравенството

$$0 < U_{\max} \Leftrightarrow \frac{A}{1+A} < B \quad (16)$$

и самата работната област на ИП. Веднага се вижда, че при $A=0 \div 1$, B трябва да бъде по-голямо от 0,5. Това условие се изпълнява от всички оптимални стойности на B определени в предходния параграф.

В случаите, когато КС се активира от източник на ток [1], работната област на ИП се определя от неравенството

$$0 < D < 1. \quad (17)$$

Условие (17) се изпълнява от всички оптимални стойности на D , определени по - рано.

Заклучение

В представената работа е разгледано едно приложение на зарядно - разрядния метод за определяне на капацитет на сензор представен с RC еквивалентна схема от последователен тип. Обърнато е внимание на случаите, в които липсва предварителна информация за точната стойност на активното съпротивление на сензора, но са известни границите на неговото изменение. Ако в уравнението (1), действителната стойност на активното съпротивление R се замени с $0,015 \cdot R_E$ (фиг.3) е възможно да се изберат такива настройки на измервателния преобразовател, при които допуснатата методическа грешка не надхвърля 0,076% за всяко $R/R_E \leq 0,1$. Подобни разглеждания са направени за $R/R_E \leq 1$, както и за случаите, в които сензора се активира от източник на ток.

Литература

1. Никовски Пл., Ив. Маслинков, 2012. Приложение на зарядно – разряден метод за определяне на капацитет при наличие на активно съпротивление - част I, Наука и технологии, Съюз на учените - Стара Загора, бр.2, 5с.

2. Русев, Д., Д.Самоковлийски, Е.Манов, 1989. Електронни измервания, Техника, 231с.
3. Arora J., 2011. Introduction to Optimum Design, Academic Press, p. 896.
4. Baxter L., 1996. Capacitive sensors, John Wiley and Sons, p.320.
5. Deb K., 2004. Optimization for engineering design: algorithms and examples, PHI Learning, p.396.
6. Perme T., 2007. Introduction to Capacitive Sensing, application note AN1101, Microchip Technology Inc., p.10.
7. Raven M., D. Raven, 1977. New Approaches to the Direct Measurement of Capacitance, Electrocomponent Science and Technology, vol. 4, pp. 37-42.
8. Reverter F., Ò. Casas, 2008. Direct interface circuit for capacitive humidity sensors, Sensors and Actuators A 143, p.315-322.
9. Seguire R., 2007. Capacitive sensing techniques and considerations - the basics, Design line, December 03.
10. Toth F., 1997. A design methodology for low-cost, high-performance capacitive sensors, Delft University - Netherlands, p.152.