

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЄМНОСТІ ВІД ПЕРЕМІЩЕННЯ З ВРАХУВАННЯМ
НЕОДНОРІДНОСТІ СТАТИЧНОГО ПОЛЯ

UDC 621.326

V.M. Holovaty, D.O. Derkach, R.A. Mediukh, T.S. Dubyniak Ph.D, Assoc.Prof.

DEPENDENCE OF CAPACITY ON MOVEMENT TAKING INTO ACCOUNT
STATIC FIELD INHOMOGENEITIES

Чутливим елементом ємнісного датчика переміщення є одна з його обкладок, що переміщується під дією вимірювального штока. Вирази для ємності таких ємнісних перетворювачів можуть бути отримані із слідуєчих співвідношень.

Під дією вимірювального штока, з яким жорстко з'єднана одна з обкладинок конденсатора, остання переміщується і змінює зазор між ними, а значить і ємність перетворювача. Енергія даного конденсатора буде обчислюватись за формулою:

$$W = \frac{q^2}{2c} \quad (1)$$

де W – енергія даного зарядженого конденсатора, Дж; q – заряд на обкладках конденсатора, Кн; c – ємність конденсатора, Ф.

З іншої сторони енергія цього конденсатора може обчислюватись за формулою:

$$W = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2 V}{2} \quad (2)$$

де ε – діелектрична проникність середовища між обкладинками; ε_0 – електрична стала, $\varepsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; E – напруженість V – об'єм простору між обкладинками, м³.

В усіх випадках електростатичне поле по краях конденсатора розсіюється і значить, що поле по краях є неоднорідним, а з цього слідує що напруженість поля по краях обкладок також зменшується у напрямку країв.

Виходячи з цього запишемо формулу енергії конденсатора враховуючи розсіювання поля по краям обкладок:

$$W = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{2} \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{x^2} \right)^2 \pi(R-x)^2 x + \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{2} \int_{R-x}^R \left(\frac{qx}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^3} \right)^2 x \cdot 2\pi r dr ;$$

$$W = \frac{q^2}{32\pi\varepsilon\varepsilon_0} \cdot \frac{(R-x)^2}{x^3} + \frac{q^2}{32\pi\varepsilon\varepsilon_0} \int_{R-x}^R \frac{2x^3}{r^5} dr ; W = \frac{q^2}{32\pi\varepsilon\varepsilon_0} \left(\frac{(R-x)^2}{x^3} - \left(\frac{x^3}{2r^4} \Big|_{R-x}^R \right) \right) ; \quad (3)$$

$$W = \frac{q^2}{32\pi\varepsilon\varepsilon_0} \left(\frac{(R-x)^2}{x^3} + \frac{x^3}{2(R-x)^4} - \frac{x^3}{2R^4} \right) ;$$

де c – ємність конденсатора, Ф; ε – діелектрична проникність середовища між обкладинками; ε_0 – електрична стала, $\varepsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; R – радіус обкладок конденсатора, м; x – відстань між обкладками, м.

Тепер, прирівнявши формули (1) і (3) між собою і провівши певні перестановки ми дістанемо загальну формулу залежності ємності ємнісного перетворювача від переміщення штоку, з врахуванням розсіювання статичного поля по краях обкладок:

$$\frac{q^2}{2c} = \frac{q^2}{32\pi\epsilon\epsilon_0} \left(\frac{(R-x)^2}{x^3} + \frac{x^3}{2(R-x)^4} - \frac{x^3}{2R^4} \right); C = \frac{16\pi\epsilon\epsilon_0}{\frac{(R-x)^2}{x^3} + \frac{x^3}{2(R-x)^4} - \frac{x^3}{2R^4}} \quad (4)$$

Формула (4) є кінцевою формулою для обчислення ємності ємнісного перетворювача з врахуванням неоднорідності статичного поля по краях обкладок.

Залежність ємності від переміщення з врахуванням неоднорідності статичного поля від переміщення показана на рис. 1

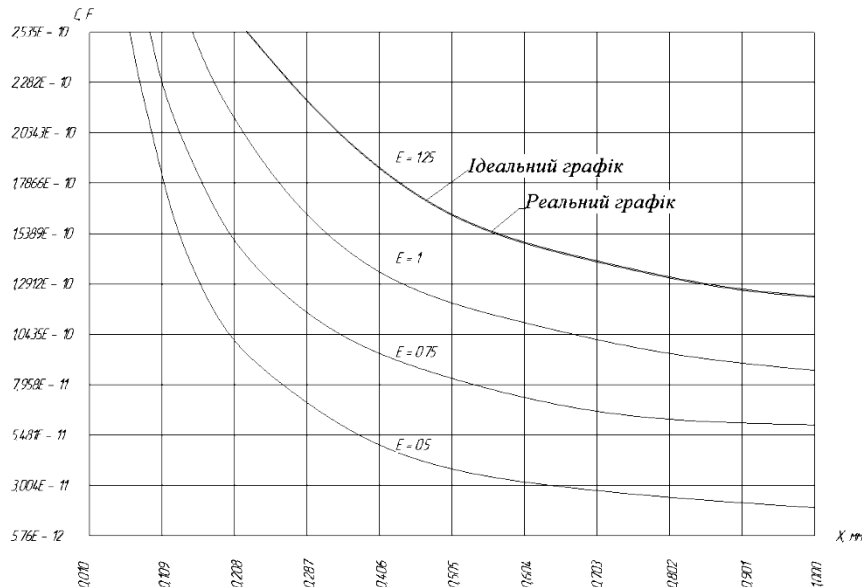


Рисунок 1. Залежність ємності від переміщення з врахуванням неоднорідності статичного поля від переміщення

Результати обрахунків:

E	x	Ci	Cp	DC
0.50	0.010	1.01E-10	1.01E-10	2.32E-20
0.50	0.109	3.59E-11	3.59E-11	5.22E-19
0.50	0.208	2.18E-11	2.18E-11	2.34E-18
0.50	0.307	1.57E-11	1.57E-11	6.34E-18
0.50	0.406	1.22E-11	1.22E-11	1.34E-17
0.50	0.505	1.00E-11	1.00E-11	2.45E-17
0.50	0.604	8.49E-12	8.49E-12	4.04E-17
0.50	0.703	7.37E-12	7.37E-12	6.22E-17
0.50	0.802	6.51E-12	6.51E-12	9.08E-17
0.50	0.901	6.15E-12	6.15E-12	1.08E-16
0.50	1.000	5.54E-12	5.54E-12	1.49E-16
0.75	0.010	1.52E-10	1.52E-10	3.48E-20
0.75	0.109	5.38E-11	5.38E-11	7.83E-19
0.75	0.208	3.27E-11	3.27E-11	3.51E-18
0.75	0.307	2.35E-11	2.35E-11	9.51E-18
0.75	0.406	1.83E-11	1.83E-11	2.01E-17
0.75	0.505	1.50E-11	1.50E-11	3.67E-17
0.75	0.604	1.27E-11	1.27E-11	6.06E-17
0.75	0.703	1.11E-11	1.11E-11	9.33E-17
0.75	0.802	9.76E-12	9.76E-12	1.36E-16
0.75	0.901	9.22E-12	9.22E-12	1.62E-16
0.75	1.000	8.30E-12	8.30E-12	2.23E-16

E	x	Ci	Cp	DC
1.00	0.010	2.02E-10	2.02E-10	4.64E-20
1.00	0.109	7.18E-11	7.18E-11	1.04E-18
1.00	0.208	4.36E-11	4.36E-11	4.67E-18
1.00	0.307	3.13E-11	3.13E-11	1.27E-17
1.00	0.406	2.45E-11	2.45E-11	2.68E-17
1.00	0.505	2.01E-11	2.01E-11	4.89E-17
1.00	0.604	1.70E-11	1.70E-11	8.08E-17
1.00	0.703	1.47E-11	1.47E-11	1.24E-16
1.00	0.802	1.30E-11	1.30E-11	1.82E-16
1.00	0.901	1.23E-11	1.23E-11	2.16E-16
1.00	1.000	1.11E-11	1.11E-11	2.97E-16
1.25	0.010	2.53E-10	2.53E-10	5.80E-20
1.25	0.109	8.97E-11	8.97E-11	1.31E-18
1.25	0.208	5.45E-11	5.45E-11	5.84E-18
1.25	0.307	3.92E-11	3.92E-11	1.58E-17
1.25	0.406	3.06E-11	3.06E-11	3.35E-17
1.25	0.505	2.51E-11	2.51E-11	6.12E-17
1.25	0.604	2.12E-11	2.12E-11	1.01E-16
1.25	0.703	1.84E-11	1.84E-11	1.56E-16
1.25	0.802	1.63E-11	1.63E-11	2.27E-16
1.25	0.901	1.54E-11	1.54E-11	2.70E-16
1.25	1.000	1.38E-11	1.38E-11	3.72E-16

Висновок: з виведеної формули після обрахунків видно, що вплив неоднорідності статичного поля по краях обкладки конденсатора незначний $\pm 1\%$.

Література.

1. Колкер Я.Д. Математический анализ точности механической обработки деталей. - Киев: Техніка, 1976. - 200 с.
2. Електричні вимірювання електричних та неелектричних величин / Під ред. Е.С. Поліщука.-К.:Вища школа,1978. - 352 с.