

УДК 681.2.08

А.П. Васютенко, канд. техн. наук, доцент;**Л.В. Недобой, ассистент;****В.А. Губарев, инженер***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: ps@sevgtu14.sebastopol.ua***ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ЕМКОСТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Приведена схема емкостного преобразователя с переменной величиной площади и воздушного зазора, дано теоретическое обоснование принципа измерения и представлены результаты моделирования статических характеристик.

Современное состояние техники характеризуется широкой автоматизацией различных технологических процессов, невозможных без контроля и измерения различных величин. В свою очередь большое число контролируемых объектов требует автоматизации самих процессов измерения и контроля с применением высокоточных и надежных измерительных устройств.

В технологических процессах, где необходим непрерывный быстродействующий контроль свойств или состояний веществ, разбраковка продукции по свойствам или геометрическим размерам, все более широкое применение находят емкостные преобразователи. Емкостным преобразователям характерны незначительные напряженности электрических полей, малое механическое сопротивление перемещению электродов относительно друг друга, искробезопасность, миниатюрность, дешевизна, механическая прочность [1].

Анализ емкостных преобразователей различных типов показывает, что преобразователи с переменной величиной воздушного зазора обладают высокой точностью, но малой величиной прямолинейного участка статической характеристики. Преобразователи с переменной площадью воздушного зазора имеют большой прямолинейный участок характеристики, но более низкую точность.

Целью работы является обоснование возможности объединения достоинств двух схем емкостных преобразователей с целью расширения пределов их измерения при сохранении высокой точности измерения. Для этого предлагается расположить пластины конденсатора под углом к направлению их перемещения. Такая компоновка позволит создать схему преобразователя, который будет одновременно чувствителен как к изменению воздушного зазора между пластинами, так и к изменению площади. На рисунке 1 изображена схема такого преобразователя.

Когда диэлектриком преобразователя является воздух, емкость определяется следующим образом [2]:

$$C = \epsilon_0 [\sum_1^r \epsilon_B g_r + \sum_1^a \epsilon_B g_a] = \epsilon_0 \epsilon_B [g_1 + 2(g_2 + g_4 + g_6 + g_8 + g_{10} + g_{12})] . \quad (1)$$

$\epsilon_0 = 8,86$ (Ф/м); $\epsilon_B = 1,0059$; $g_1 = ab/h$ – значение пространственной характеристики поля в зазоре; $g_2 = 0,26b$; $g_4 = 0,26a$; $g_6 = b/\pi \ln(2m/h+1)$; $g_8 = a/\pi \ln(2m/h+1)$; $g_{10} = 0,777h$; $g_{12} = m/4$ – значения пространственных характеристик поля рассеивания; a – ширина пластины; b – длина пластины; h – зазор между пластинами.

Подставив эти значения в формулу (1) и выполнив преобразования, получим:

$$C = 8,86 ab / h \cdot 10^{-12} + 8,86 \{ [0,52 + 0,63 \ln(2m/h+1)] \times (a+b) + 0,308h + m \} 10^{-12} = C_0 + C_B , \quad (2)$$

где C_0 – основная емкость конденсатора; C_B – емкость конденсатора вследствие наличия полей рассеивания.

Если принять $C_B = 0$ и обозначить в формуле (2) $h = \delta$, то емкость плоскопараллельного конденсатора определяется по формуле:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_B q_1 = 8,86(ab/\delta) \cdot 10^{-12} . \quad (3)$$

Согласно рисунку 1 величина зазора зависит от перемещения пластин X и угла их наклона α

$$\Delta \delta = X \sin \alpha . \quad (4)$$

При перемещении пластин в вертикальном направлении меняется рабочая длина пластин:

$$\Delta b = X \cos \alpha . \quad (5)$$

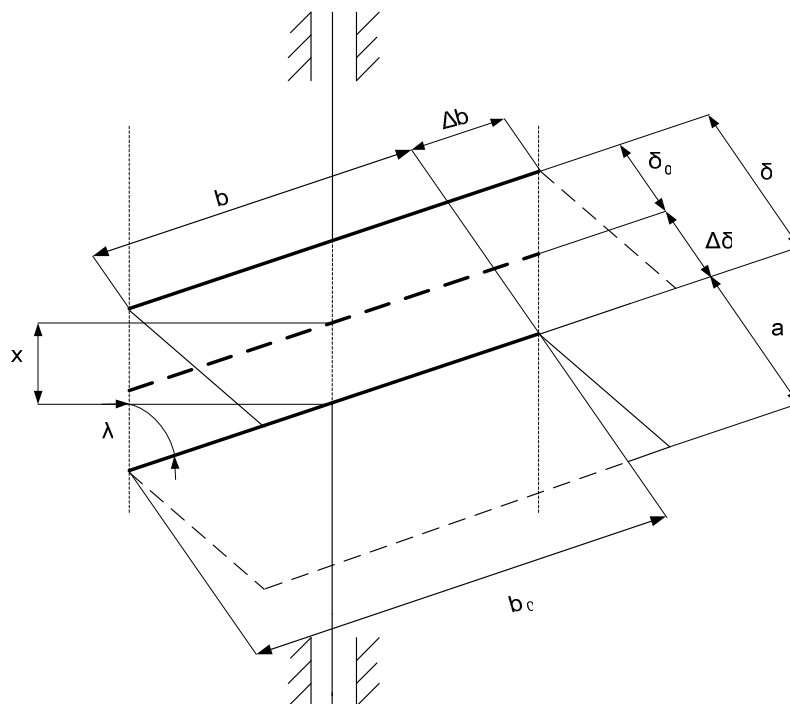


Рисунок 1 – Схема емкостного преобразователя:

δ_0 – начальный воздушный зазор между пластинами; X – рабочее перемещение пластин;
 α – угол наклона пластин; b_0 – длина пластин; a – ширина пластин.

Подставив значения $\Delta\delta$ и Δb согласно (4) и (5) в выражение (3), получим:

$$C = 8,85 \cdot 10^{-12} (aX \cos \alpha / X \sin \alpha). \quad (6)$$

С учетом начальной рабочей длины пластины b_0 и начального зазора δ_0 формула (6) примет вид:

$$C = \kappa [a(b_0 - 2X \cos \alpha) / (\delta_0 + X \sin \alpha)], \quad (7)$$

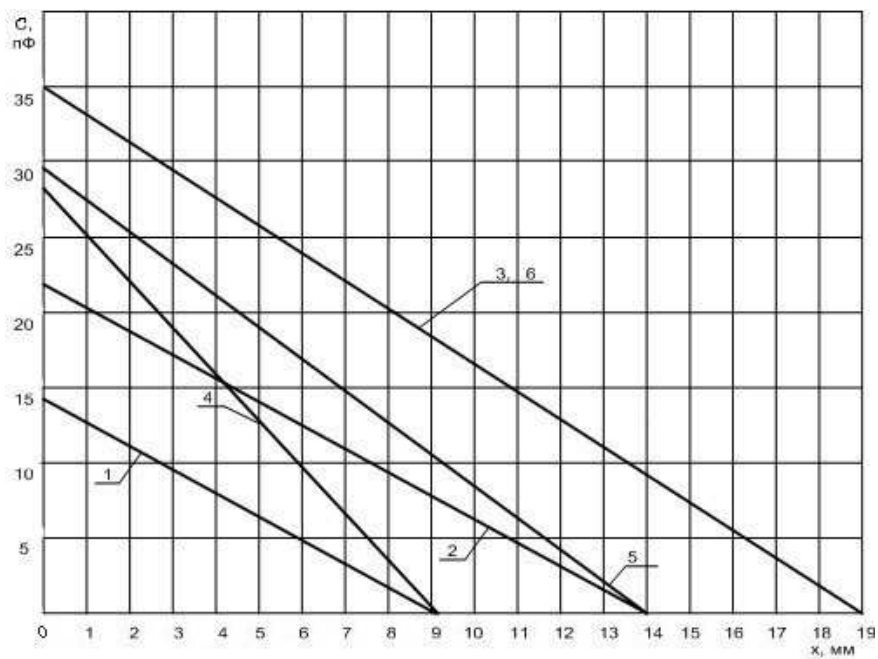
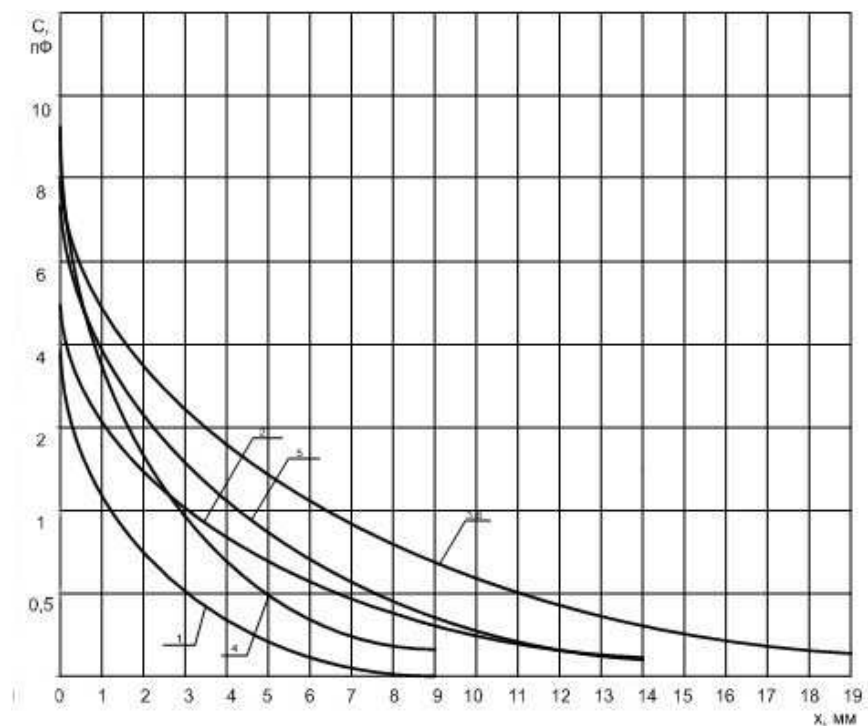
где $\kappa = 8,85 \cdot 10^{-12}$ – постоянный коэффициент.

При решении задач автоматизации контроля в машино-приборостроении возникает необходимость в создании измерительных устройств как с малым диапазоном измерения и высокой чувствительностью, так и устройств с широким диапазоном измерения и чувствительностью, удовлетворяющей требуемой точности измерения, например для станков с программным управлением при контроле диаметров различных ступеней валов. Поэтому при моделировании статических характеристик комбинированного преобразователя рассмотрены сочетания параметров, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры комбинированного емкостного преобразователя

Наименование параметра	Обозначение	Значения									
Угол наклона пластин	α , град	0	15		30		45		90		
Ширина пластин	a , м	$20 \cdot 10^{-3}$									
Начальная длина пластин	b_0 , м	$10 \cdot 10^{-3}$			$15 \cdot 10^{-3}$			$20 \cdot 10^{-3}$			
Начальный воздушный зазор	δ_0 , м	10^{-4}									
Рабочее перемещение	X, мм	1	2	5	8	10	12	15	18	20	

На рисунках 2–4 показаны статические характеристики преобразователя при углах наклона пластин $\alpha = 0^\circ$; 15° и 90° .

Рисунок 2 – Графическая зависимость емкости от перемещения при угле наклона пластин $\alpha = 0$ градРисунок 3 – Графическая зависимость емкости от перемещения при угле наклона пластин $\alpha = 15$ град

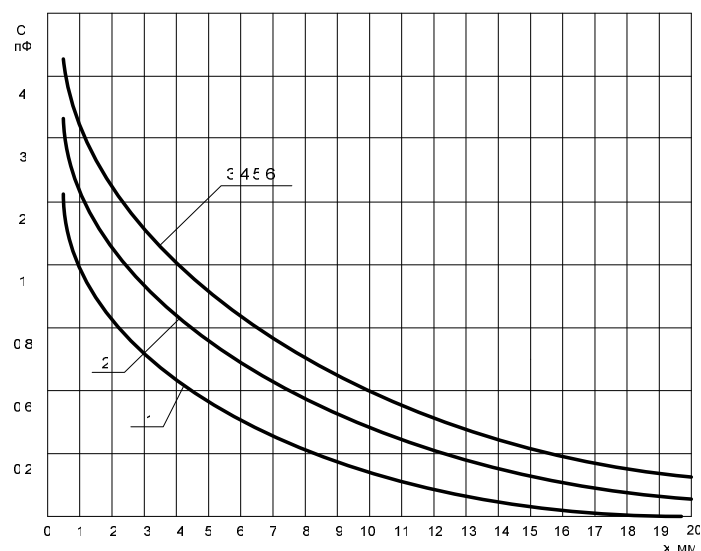


Рисунок 4 – Графическая зависимость емкости от перемещения при угле наклона пластин $\alpha = 90$ град.

По графикам статических характеристик определены прямолинейные участки Δl и чувствительность $k = \Delta C / \Delta l$. На рисунке 5 показана зависимость чувствительности преобразователя от угла наклона пластин.

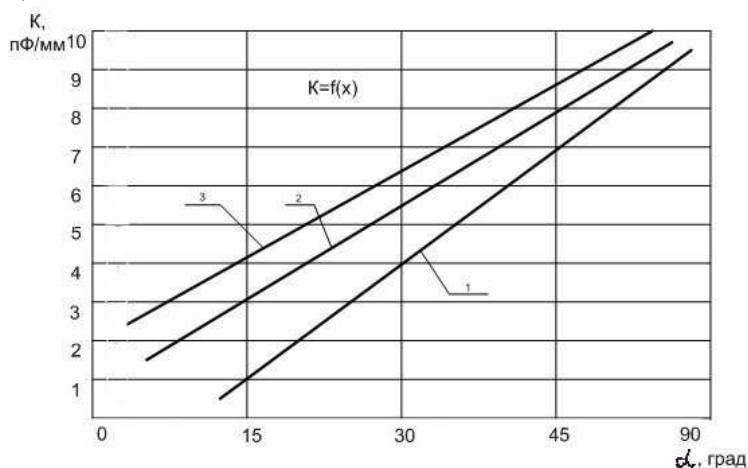


Рисунок 5 – Зависимость чувствительности k от угла наклона пластин α : 1 – $b = 10$ мм; 2 – $b = 15$ мм; 3 – $b = 20$ мм

Зависимость чувствительности преобразователя от длины пластин показана на рисунке 6, а длины прямолинейного участка от угла наклона – на рисунке 7.

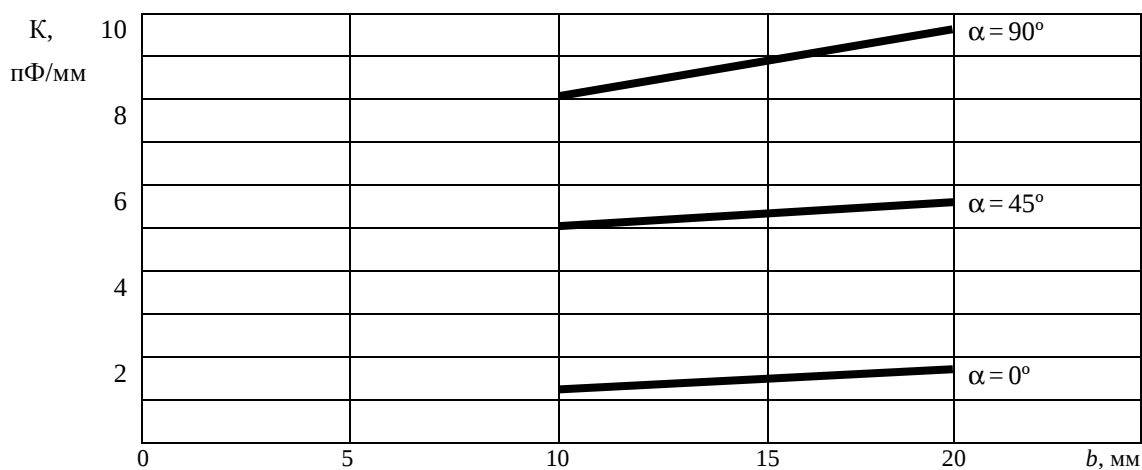


Рисунок 6 – Зависимость чувствительности от длины пластин

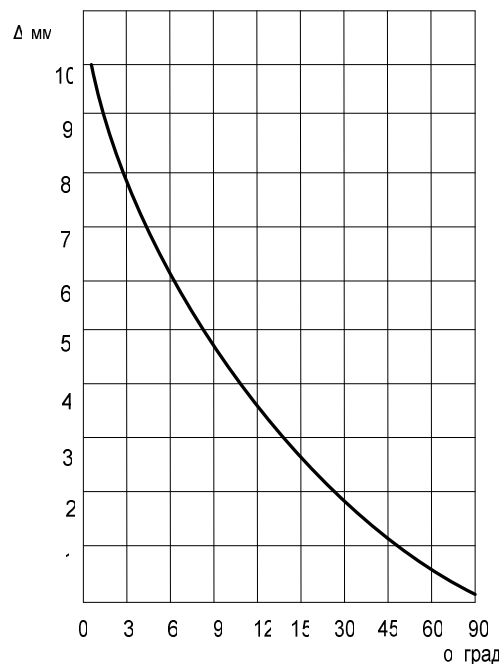


Рисунок 7 – Зависимость величины прямолинейного участка от угла наклона пластин

Согласно графику (рисунок 7) значительное увеличение диапазона измерения происходит при изменении угла наклона пластин в пределах от 0 до 15 градусов (таблица 2).

Таблица 2 – Значения прямолинейных участков статических характеристик

Δl \ α	Угол наклона пластин, град					
Величина участка, мм	0	3	6	9	12	15
	10	5,2	3,5	2,3	1,6	1,1

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы. При изменении угла наклона пластин от 90° до 0° чувствительность изменяется в пределах 8...1,6 пФ/мм, а прямолинейный участок характеристики – от 0,1 до 10 мм (при $b_0 = 10$ мм). Величина прямолинейного участка характеристики Δl зависит от размера b пластин, при измерении b от 10 до 20 мм максимальная величина прямолинейного участка характеристики изменяется в пределах 10...20 мм. Наиболее чувствителен преобразователь к изменению угла наклона пластин в диапазоне $0^\circ \dots 15^\circ$. При этом прямолинейный участок характеристики изменяется от 1,1 до 10 мм (при $b_0 = 10$ мм).

В дальнейшем следует рассмотреть модели и статические характеристики емкостных преобразователей со смещенными осями направляющих перемещения пластин при их различных начальных положениях, что и составит перспективы исследований в данном направлении.

Библиографический список

1. Педь Е.И. Активный контроль в машиностроении: справочное пособие / Е.И. Педь, А.В. Высоцкий, В.М. Машинистов. — М.: Машиностроение, 1975. — 336 с.
2. Бухгольц В.П. Емкостные преобразователи в системах автоматического контроля и управления / В.П. Бухгольц, Э.Г. Тисевич. — М.: Энергия, 1972. — 80 с.

Поступила в редакцию 29.07.2008 г.