

УДК 621.318.56

ПЛЕНОЧНЫЕ МНОГОСЛОЙНЫЕ ЕМКОСТНЫЕ СТРУКТУРЫ
С ИЗМЕНЯЕМОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ

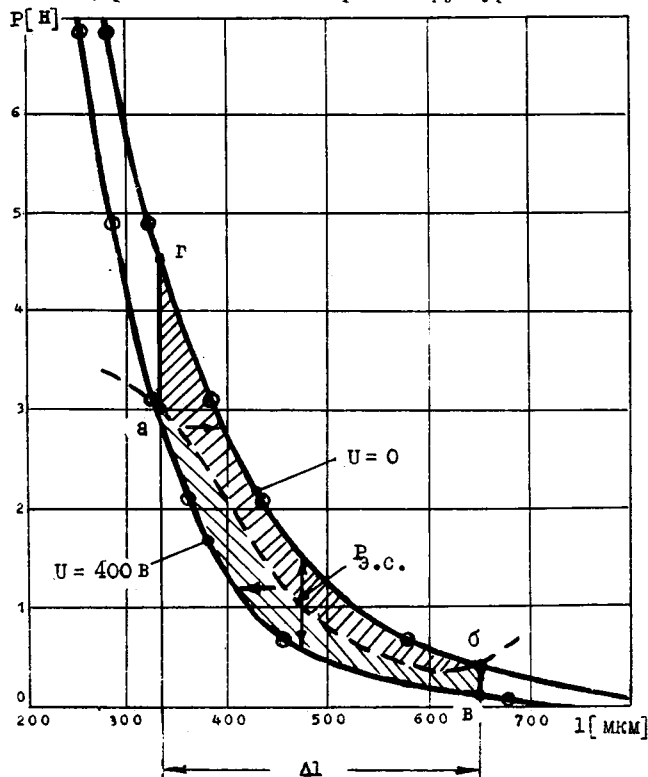
В.Л. Дятлов, Ю.А. Пьянков, А.А. Хороменко

Многослойная емкостная структура (пакет) пленочного электростатического двигателя с возвратно-поступательным движением [1] может быть использована как электромеханический элемент, подобный электромагниту, и как пружина с изменяемой жесткостью. Сила, действующая на подвижный коллектор структуры, в этих двух случаях будет иметь разные направления. В первом случае она направлена в сторону структуры [2], а во втором случае в сторону от структуры, т.е. является силой реакции структуры. Возможно использование структуры и в промежуточном режиме - режиме двухтактного двигателя [3], когда она представляет собою при сокращении элемент, подобный электромагниту (при малой или равной нулю силе на коллекторе), а при расширении - элемент, подобный пружине (при относительно большой силе на коллекторе, действующей в направлении от структуры).

В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования многослойной структуры [1], используемой как пружина с изменяемой жесткостью при изменении напряжения управления.

Структура выполнена из тонких волнообразно деформированных металлических (пермаллой 77НМД, толщиной 1,5 мкм) и тонких лавсановых пленок (толщиной 3 мкм). Из металлических пленок изготовлены две группы обкладок плоского конденсатора структуры с гибкими токопроводами, а из лавсановых пленок - изоляция конденсатора структуры (по два слоя в каждой промежутке между соседними обкладками). Площадь каждой обкладки из металла составляет 1200 мм² (обкладки имеют вид круга с круговым отверстием в средней части).

Площадь каждой изоляционной пленки несколько больше 1200 мм^2 , поскольку они выступают своими краями за края металлических обкладок приблизительно на 2 мм . Металлические и лавсановые пленки расположены в структуре этажами, семь обкладок подключены к одному полюсу и шесть обкладок к другому полюсу источника напряжения. В структуре 15 двойных слоев лавсановой изоляции (два двойных слоя лавсана служат для изоляции пластин двух коллекторов - монолитных плоских пластин, расположенных на краях структуры).



Экспериментальные зависимости силы реакции пакета P в зависимости от толщины пакета l изображены на рисунке при напряжении на конденсаторе пакета $U = 0$ и $U = 400 \text{ В}$ (эксперименты проведены в вакууме 10^{-5} мм Hg). Ход пакета зависит от вида зависимости $P(l)$ сжимающей пакет нагрузки. На рисунке показан ход пакета для одной из зависимостей $P(l)$ сжимающей нагрузки при изменении напряжения

на конденсаторе пакета от 0 до 400 в (штриховая кривая). Площадь абв - работа сил сжатия пакета, площадь абг - работа сил расширения пакета.

Разность сил реакции пакета при $U = 0$, $P_{U=0}(1)$ и $U = U_m$, $P_{U=U_m}(1)$ есть усредненные значения электростатической силы $P_{э.с.}(1)$ т.е. $P_{U=0}(1) - P_{U=U_m}(1) = P_{э.с.}(1)$. В свою очередь

$$P_{э.с.} = \frac{U^2}{2} \cdot \frac{dC}{dl},$$

где C - емкость пакета. Поэтому площадь абгв

$$A_{абгв} = \int_{C_{min}}^{C_{max}} P_{э.с.} dl = \int_{C_{min}}^{C_{max}} \frac{U^2}{2} dC. \quad (1)$$

С другой стороны, $A_{абгв}$ - работа сил сжатия-расширения пакета за один цикл. Отсюда следует, согласно (1), что работа сил сжатия-расширения за один цикл может быть определена по соответствующей площади на кривой зависимости $C(x)$, где $x = U^2/2$ [3]. Такое равенство соответствующих площадей на плоскостях (l, P) и (x, C) было проверено экспериментально. Оно выполняется с точностью 15%.

Площадь между зависимостями $P_{U=0}(1)$ и $P_{U=400}(1)$ и прямыми $P=7n$ и $P=0$ равна $3 \cdot 10^{-4}$ дж. Вес пакета (все пермаллоевые и лавсановые пленки) равен $4 \cdot 10^{-4}$ кг. Таким образом, некоторая расчетная энергоемкость исследуемого пакета равна 0,75 дж/кг. Эта энергоемкость приблизительно равна расчетной энергоемкости электромагнитов [2]. С другой стороны, запасаемая расчетная энергия в конденсаторе пакета при полном его сжатии $CU^2/2 = 60 \cdot 10^{-4}$ дж (при $U = 400$ в). Отсюда видно, что исследуемый пакет используется не более чем на 10%.

В заключение авторы выражают благодарность ведущему инженеру Потапову Б.С. и ст. инженеру Коняшкину В.В. за полезные обсуждения и помощь в проведении экспериментов.

Л и т е р а т у р а

1. А.с.744877 (СССР). Электростатический двигатель с возвратно-поступательным движением / Дятлов В.Л., Колмогоров А.Б., Коняшкин В.В., Луцет М.К., Потапов Б.С. - Оpubл. в Б.И. 1980, № 24.

2. ДЯТЛОВ В.Л. Пленочная электромеханика - основа создания пленочных емкостных двигателей с высокой энергоемкостью. - В кн.: Моделирование в пленочной электромеханике (Вычислительные системы, вып. 84). Новосибирск, 1981, с. 3-32.

3. ДЯТЛОВ В.Л., КОНЯШКИН В.В., ПОТАПОВ Б.С. Структуры М-Г-Д-М с подвижными пленками. - Настоящий сборник, с. 3-23.

Поступила в ред.-изд.отд.

29 сентября 1982 года