

## УДК 621.52

### ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭЛАСТОМЕРА

София Юрьевна Павлюк<sup>(1)</sup>, Виктория Сергеевна Щербакова<sup>(2)</sup>

*Студент 4 курса<sup>(1)</sup>, студент 3 курса<sup>(2)</sup>,  
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»  
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: А.М. Базиненков,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в  
машиностроении»*

Диэлектрический эластомер (ДЭ) – это интеллектуальный, композитный материал, представляющий подгруппу электроактивных полимеров - материалов, изменяющих форму и размеры при приложении к ним электрического поля. Данные материалы являются наиболее перспективными для использования в исполнительных механизмах за счет того, что устройства на их основе приобретают такие свойства, как: быстрая реакция на управляющий сигнал, высокая эффективность, способность испытывать большие обратимые деформации, возможность работы в сухой среде, а также относительная экономическая доступность [1].

Эластомер состоит из матрицы, наполнителя, а также прочих вспомогательных добавок, например, поверхностно-активного вещества, позволяющего избегать коагуляции частиц. Благодаря правильно подобранным компонентам, входящим в состав эластичного материала, можно получить более высокие значения характеристик, важных для получения значительных деформаций у исполнительных устройств. К данным характеристикам относятся: низкая жесткость, высокая диэлектрическая проницаемость (ДП) и высокая сила электрического пробоя [2].

На кафедре МТ11 осуществляется реализация актуатора типа «конденсатор», где в качестве вещества, не проводимого электрический ток, применяется диэлектрический эластомер.

Исходя из требований, предъявляемых к данному композитному материалу, были выбраны его компоненты. В качестве матрицы использовался каучук благодаря его высокой электрической прочности (от 50 до 350 кВ/мм), хорошей диэлектрической проницаемости (2-5) и высокому значению модуля упругости (до 10 Мпа)[3]. В роли наполнителя использовался титанат бария, обладающий очень высокой характеристикой проницаемости (3000).

Главной целью исследования являлось выявление зависимости деформации от диэлектрической проницаемости материала и концентрации используемого наполнителя. Поэтому помимо эластомеров с титанатом бария концентрацией 1:2, 1:4, 1:8, были изготовлены образцы на основе кварца соответствующих процентных составов, а также образцы без наполнителя.

Для проведения эксперимента был реализован стенд, включающий в себя актуатор, низкочастотный генератор, вольтметры и резистор (рисунок 1).

В качестве входных контролируемых факторов учитывались напряжение в собранной цепи, подаваемая частота. Выходными параметрами являлись напряжения на резисторе и конденсаторе, на основе которых вычислялась емкость актуатора, а далее диэлектрическая проницаемость эластомера [4].

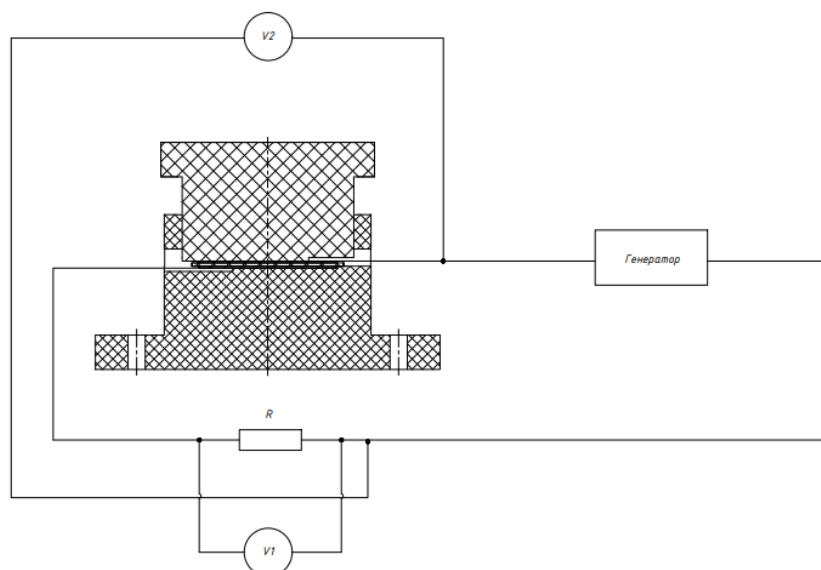


Рис.1. Экспериментальный стенд

Для оценки измеренных значений был произведен аналитический расчет по формуле Лихтенеккера:

$$\varepsilon = Q_1 * \ln(\varepsilon_1) + Q_2 * \ln(\varepsilon_2), \quad (1)$$

где  $Q_1, Q_2$  – объемные концентрации компонентов материала;  $\varepsilon, \varepsilon_1, \varepsilon_2$  – соответственно относительные диэлектрические проницаемости смеси и отдельных компонентов.

Проведенное исследование позволило выявить зависимость ДП от типа наполнителя: проницаемость эластомера с титанатом бария  $\varepsilon = 5 \dots 6$ , с диоксидом кремния  $\varepsilon = 2 \dots 3$ . Также показана зависимость данного коэффициента от концентрации используемого наполнителя. Так, при изменении концентрации с 1:2 до 1:4  $\varepsilon$  возрастает в 5 раз.

## Литература

1. *Guggi Kofod*. Dielectric elastomer actuator, Potsdam, Germany, 2008.
2. *Bauer.S*. Dielectric Elastomers Encyclopedia of Polymeric Nanomaterials Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014 – 9p. DOI 10.1007/978-3-642-36199-9\_289-1
3. *Brochu P., Pei Q.* Dielectric Elastomers for Actuators and Artificial Muscles In L. Rasmussen Electroactivity in Polymeric Materials Springer Sciens+Business Media New York, 2012 -56с. DOI 10.1007/978-1-4614-0878-9\_1
4. *Н.К.Веретимус, Ю.Ю. Инфимовский, Д.В. Креопалов.* Измерение диэлектрической проницаемости, МГТУ им. Баумана, Москва, 2011.