2. СП 11-114–2004. Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений / Госстрой России. М.: Производственный и науч.-исследовательский ин-т по инженерным изысканиям в строительстве (ФГУП «ПНИИИС») Госстроя России, 2004.

3. ТУ. Аппаратура «Изыскание» ТСЮИ.461531.020. СПб.: ОАО «РИРВ», 2003.

4. ТУ. Аппаратура «ГККС» ТСЮИ.461531.016. СПб.: ОАО «РИРВ», 2003.

5. Немов А. В., Немов Д. А., Соколов А. А. Специальное программное обеспечение аппаратно-программного модуля спутниковых навигационных систем (СПО АПМ СНС) / Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2012616531. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 19.07.2012.

6. BL-Geo for Windows. Постобработка спутниковых измерений. Руководство пользователя. СПб.: ОАО «РИРВ», 2003.

7. Geo-RTK. Руководство пользователя. СПб.: ОАО «РИРВ», 2003.

8. Казаринов Ю. М., Немов А. В., Никехин А. А. Измерение ориентации динамичных платформ по спутниковым радионавигационным системам 2-го поколения//Оборонная техника. 1998. № 6, 7. С. 31–35.

A. M. Ivanov, M. A. Chistov, A. V. Nemov, D. A. Nemov, D. Y. Tyuftyakov

THE HARDWARE-SOFTWARE APPARATUS FOR MARINE PRECISION INSTRUMENTATION

The prototype model of a unique hardware-software apparatus for afloat coordinates and velocity estimation is produced. High technologies of global satellite navigation, satellite communications and Internet are put into practice contemporaneously for the first time. The describable complex can be used both for navigation and metrological purpose. Absolute coordinates post-processing measurement accuracy of about 10 centimeters and relative coordinates measurement millimetric accuracy in the real-time kinematic mode are guaranteed.

Marine satellite geotronics, hardware-software apparatus, continental shelf, uniqueness

УДК 620.179

П. В. Пашков, Г. А. Петров, Т. В. Самойлова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-АКУСТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Надежность является одним из основных показателей, характеризующих качество MLCC-конденсаторов. Наличие технологических дефектов в исходных материалах, возникновение дефектов при сборке и монтаже элементов с различными физическими, химическими и механическими характеристиками приводят к снижению надежности компонентов и ухудшению их технических характеристик. Разрабатываемые системы контроля должны обеспечивать необходимую производительность контроля. Авторами предложена методика контроля, основанная на использовании электромагнитно-акустических преобразователей. Описано исследование, целью которого является определение возможной производительности будущей системы, построенной с применением предложенной методики.

MLCC, керамические конденсаторы поверхностного монтажа, электромагнитно-акустический преобразователь

Производство электронных компонентов является одной из составляющих электронной отрасли. Номенклатура товара, к которому относятся электронные компоненты, настолько велика, что насчитывает несколько миллионов позиций. Электронные компоненты являются элементами высокоточного электронного оборудования, где недопустимы любые неточности.

Увеличение интеграции микросхем побуждает разработчиков к поиску новых конструкторских решений в их компоновке. В этом плане особенно эффективными являются компоненты поверхностного монтажа (SMD). В настоящее время общемировое потребление SMD-компонентов продолжает свой быстрый рост. Если текущие темпы роста будут сохраняться, то общее потребление индустрии очень скоро достигнет одного триллиона SMD-компонентов в год.

Конденсатор является одним из наиболее распространенных электронных элементов, формирующих основу любой радиоэлектронной схемы. Количество конденсаторов в современной микросхеме может достигать нескольких сотен тысяч. Крупнейшие мировые компании выпускают свыше 14.5 млрд конденсаторов ежемесячно, более 80 % из которых составляют многослойные керамические конденсаторы поверхностного монтажа (MLCC)[1]. В условиях жесткой конкуренции на рынке электронных компонентов, особенно важной становится задача повышения качества готовых изделий, которое возможно только путем жесткого выходного контроля MLCC. Не менее важно при этом обеспечить высокую производительность контроля, ведь в условиях современного поточного производства количество выпускаемых конденсаторов может достигать тысячи штук в минуту.

Очевидным становится тот факт, что большинство разработанных в настоящее время методов контроля [1], не в состоянии обеспечить необходимую производительность системы. В лучшем случае речь может идти о выборочном контроле отдельных конденсаторов с последующей статистической оценкой всей партии на основе статистических методов.

В статье [2] авторами была предложена методика контроля многослойных керамических конденсаторов поверхностного монтажа, основанная на применении электромагнитно-акустических преобразователей (ЭМАП) [3]. Ожидаемой особенностью подобных систем является их производительность с сохранением необходимой чувствительности и достоверности контроля. Процесс контроля теоретически может занимать несколько миллисекунд, поскольку достаточно одного зондирующего импульса для получения отклика от исследуемого конденсатора.

Одним из крупнейших мировых производителей SMD-компонентов был высказан интерес к подобным системам и возможности их внедрения в производственную линию предприятия. Однако, как и ожидалось, основным требованием заказчика стало обеспечение необходимой производительности будущего оборудования – 1000 конденсаторов в минуту. Для определения возможной производительности системы, основанной на ЭМАП, был проведен ряд исследований, результаты которых представлены далее.

Эксперименты были проведены с использованием специально разработанного стенда, схематическое изображение которого представлено на рис. 1. Фотография экспериментального стенда приведена на рис. 2. На металлической основе располагалось колесо *1*, соединенное через редуктор *2* с электромотором *3*, подключенным к источнику питания. На вертикальной оси под колесом располагалась подставка с закрепленной на ней катуш-

[1] См.: http://www.murata.com/products/catalog/pdf/c02e.pdf.

кой ЭМА преобразователя *4*, для создания постоянного магнитного поля использовался постоянный магнит *5*. ЭМАП был подключен к стандартному комплекту электроники «Nordinkraft 1 MHz», результаты контроля выводились на экран компьютера.

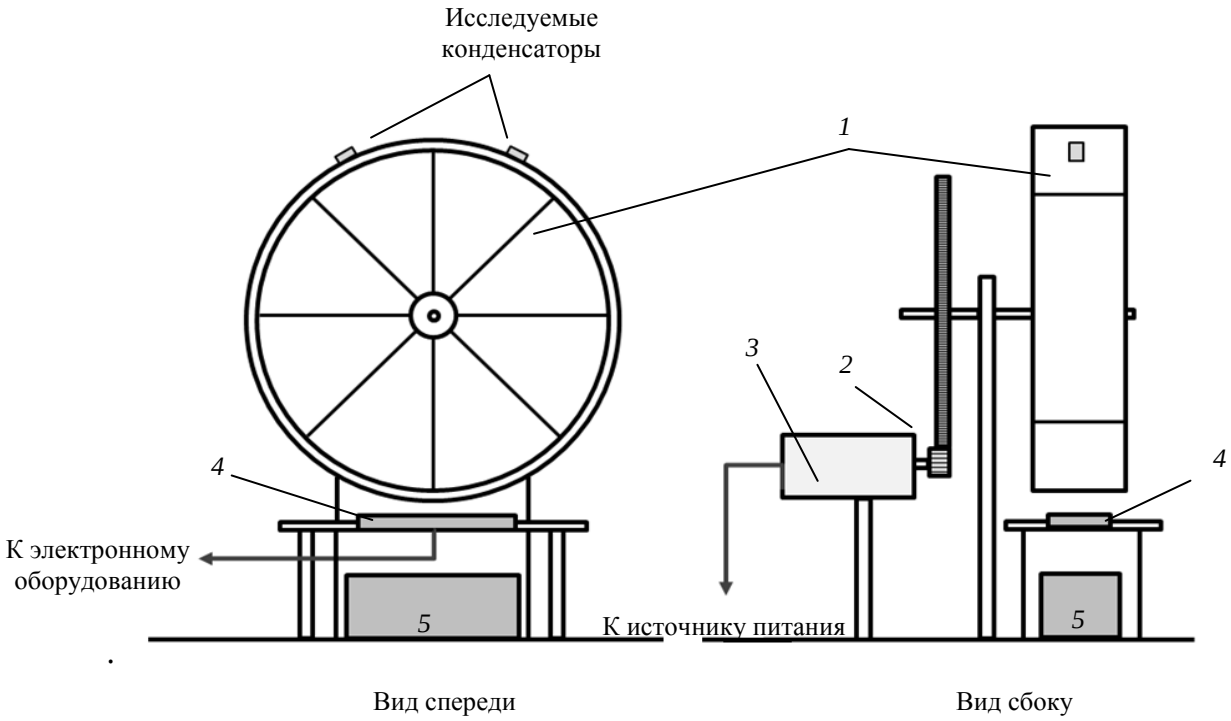

Рис. 1

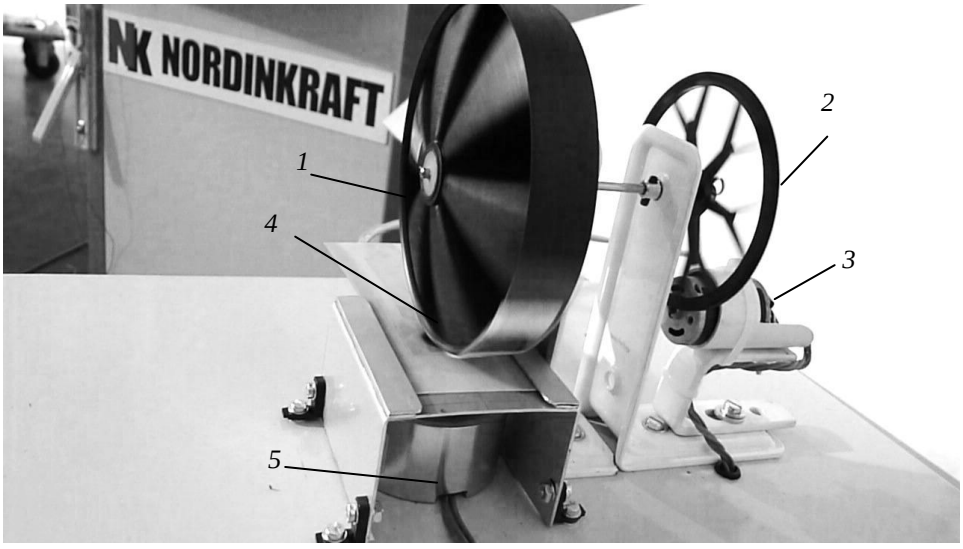

Рис. 2

Предварительно партия конденсаторов была протестирована методами радиографического контроля и из нее отобраны заведомо «дефектный» и «бездефектный» образцы. Выбранные конденсаторы закреплялись по окружности колеса, как это показано на рис. 1. При вращении колеса, тестируемые конденсаторы поочередно заходили в рабочую зону преобразователя, в них по средствам магнитострикционного эффекта возбуждались упругие колебания. Прием колебаний осуществлялся при помощи того же ЭМАП, результаты фиксировались на экране компьютера.

В ходе эксперимента подбирались оптимальные параметры контроля, при этом основным достигаемым показателем должна была являться производительность системы: 1000 конденсаторов в минуту или 17 конденсаторов в секунду. Варьируемыми параметрами в ходе эксперимента были расстояние между соседними конденсаторами и частота вращения колеса. Также с помощью компьютерной программы изменились параметры зондирующего импульса.

Расстояние между конденсаторами было выбрано в первую очередь исходя из конструктивных особенностей вращающегося колеса. Диаметр колеса – 100 мм, следовательно, длина окружности – 314 мм (округлим до 300 мм). Удобно было расположить конденсаторы на расстоянии 30 мм по дуге друг от друга, тогда по всей длине окружности располагались бы ровно 10 штук. После закрепления конденсаторов необходимо было подобрать оптимальную частоту вращения колеса, таким образом, ответные импульсы от двух соседних конденсаторов фиксировались бы раздело. Частота вращения колеса регулировалась путем изменения параметров питания. В результате эксперимента была подобрана оптимальная частота вращения, равная 2 об/с. Именно при такой частоте вращения импульсы от соседних конденсаторов фиксируются раздельно и с необходимым запасом по чувствительности. Кроме того, при подобранной частоте вращения за секунду будет протестировано 20 конденсаторов, что вполне удовлетворяет поставленным условиям эксперимента.

Поскольку наиболее информативным параметром при оценке качества конденсаторов является амплитуда принимаемых сигналов [3], в ходе эксперимента значение амплитуды фиксировалось непрерывно. Полученный график амплитуды принимаемого сигнала представлен на рис. 3. На графике, можно выделить три чередующиеся области:

– область № 1 – амплитуда сигнала в отсутствие исследуемого конденсатора в рабочей зоне преобразователя;

– область № 2 – амплитуда сигнала, принимаемого от «дефектного» конденсатора;

– область № 3 – амплитуда сигнала, принимаемого от «бездефектного» конденсатора.

Расстояние между двумя соседними одинаковыми пиками (обозначено T на рис. 3), соответственно, равно одному полному обороту колеса. При выбранной частоте вращения 2 об/с рассматривался, соответственно, участок, обозначенный $2T$ на рис. 3. Очевидно, что сигналы от исследуемых преобразователей принимаются уверенно и раздельно, при этом сигнал с меньшим значением амплитуды соответствует «дефектному» конденсатору, с большим значением – «бездефектому». В эксперименте участвовали только два SMD-конденсатора; очевидно, что при закреплении по окружности колеса 10 конденсаторов, график амплитуды представлял бы собой равномерную последовательность откликов. При этом на интервале $2T$ помещалось бы ровно 20 импульсов.

Штриховой линией на рис. 3 обозначен «браковочный уровень» оценки качества тестируемых конденсаторов. Так, если отклик по амплитуде меньше установленного браковочного уровня, то тестируемому конденсатору присваивается статус «дефектный», в

противном случае – конденсатор отмечаются как «годный». К примеру, на рисунке «браковочный уровень» выставлен на значение –40 дБ. Настройка чувствительности будущей системы будет зависеть от конкретных требований к качеству конденсаторов. Не исключена также возможность введения нескольких «браковочных уровней», что обеспечит возможность более тонкой сортировки конденсаторов.

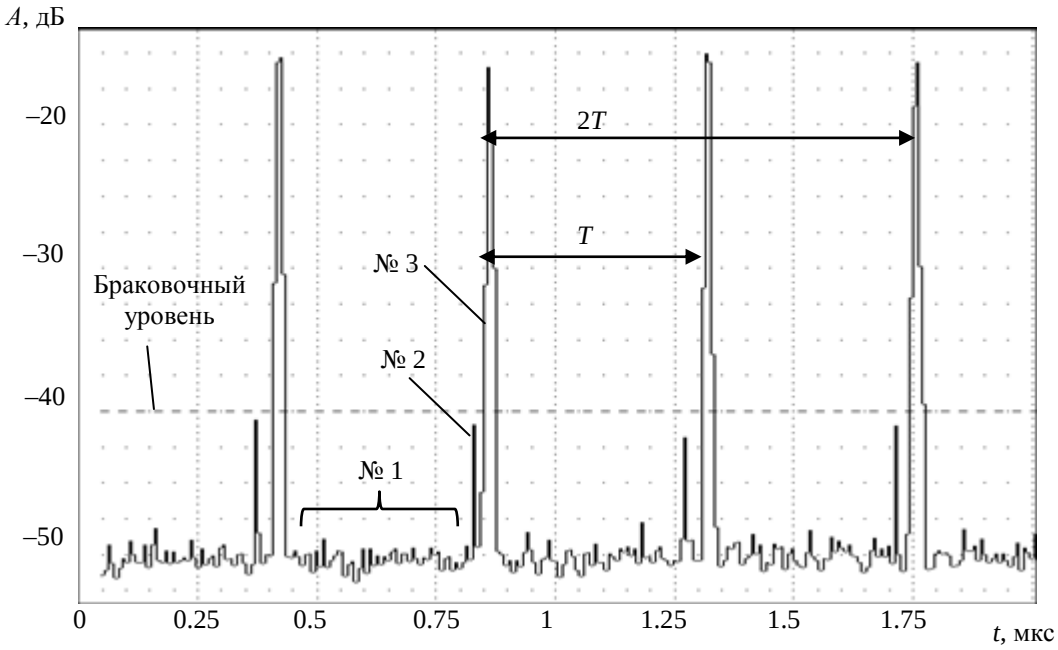

Рис. 3

Таким образом, по результатам проведенной экспериментальной работы можно сделать вывод о высокой перспективности предложенной методики контроля конденсаторов поверхностного монтажа с использованием ЭМА-преобразователей. Авторами произведены теоретические расчеты возможности производительности будущей системы контроля. Расчетные данные проверены на практике при помощи специально разработанного экспериментального стенда. Возможная производительность подобных систем может составлять до 20 конденсаторов в секунду (1200 штук в минуту). Также авторами предложена методика экспресс-оценки тестируемых конденсаторов с использованием понятия «браковочный уровень».

В дальнейшем планируется провести подробные расчеты с целью построения математической модели, описывающей толщинные колебания неоднородных слоистых структур; вывести расчетную формулу определения резонансных частот для различных типоразмеров SMD-конденсаторов; подробно изучить спектральный состав полученных сигналов для дальнейшего сопоставления экспериментальных данных с построенной математической моделью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. United States Patent App. № 408,420. Ultrasonic testing of multilayer ceramic capacitors. Inventor: Gordon R. Love. Assignee: Union Carbide Corporation, New York, N. Y. Feb. 22, 1977.

2. Пашков П. В., Петров Г. А., Самойлова Т. В. Контроль качества многослойных керамических конденсаторов поверхностного монтажа с использованием электромагнитно-акустических преобразователей // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. Вып. 2. С. 86–91.

3. Vorrichtung zum Testen von elektronischen Bauteilen mit mindestens einer eingebetteten, metallhaltigen Schicht, Verfahren, und Verwendung eines elektromagnetischakustischen Wandlers. Detsches Patent- und Markenamt DE 10 2011 009 915 A1, Int Cl.: G01R 31/265. Erfinder: A. Kirikov, P. Pashkov, F. Durnov, A. Smirnov, Anmelder: Nordinkraft AG, 71296, Heimsheim, DE. 2012. 08. 02.

P. V. Pashkov, G. A. Petrov, T. V. Samojlova

CHECKING OF POSSIBLE PRODUCTIVITY OF THE MULTILAYER CERAMIC CAPACITORS TESTING SYSTEM BASED ON ELECTROMAGNETIC-ACOUSTIC TRANSDUCERS

Reliability is one of the main characteristics of the MLCC quality. All the modern developed methods of capacitor nondestructive testing, had one disadvantage: impossibility of fast and reliable testing strait into the production line. The future MLCC testing system should provide high productivity of testing. The following article describes the experimental research for checking the possible productivity of the system, based on the electromagnetic-acoustic transducer using.

MLCC, SMD, ceramic capacitors, resonance method, electromagnetic-acoustic transducer