

ничество Белорусского государственного института метрологии и Белорусского государственного центра аккредитации по вопросам реализации программ ПК, организуемых провайдером Республики Беларусь, позволит:

– реализовать требования международного сообщества в сфере метрологии и аккредитации, которое рассматривает проверки квалификации, как важный аспект, участвующий в сопоставимости измерений;

– выполнить важное условие снятия технических барьеров при обращении продукции в странах-партнерах ЕАЭС, определенное в Договоре о ЕАЭС и документах 2-го уровня;

– охватить проверками квалификации наиболее востребованные сферы деятельности и удовлетворить потребности органов государственного управления и промышленности в компетентной оценке соответствия продукции.

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗОНАНСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОСЦИЛЛЯТОРА ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Омелян А.В.¹, Петренко С.Ф.¹, Новаковський О.Г.², Антонюк В.С.²

¹Научно-производственное предприятие ООО «Лилея», Киев, Украина

²Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

Манипулятор – это неотъемлемый инструмент в медикобиологической технике, например для выполнения микроопераций на клеточном уровне, мембранные технологии, технологии для искусственного оплодотворенной и т. д. Такие манипуляторы могут широко использоваться и в других областях, например в электронной, химической промышленности и т. д. [1, 2].

В последние 40 лет моторизованные микроманипуляторы строились по стандартной схеме конвертации вращательного движения двигателя (шагового или постоянного тока) в поступательное движение линейной каретки, напр. микроманипуляторы PSF-3, PSF-3 IVF [3].

Эта довольно сложная схема выдвигала жесткие требования к узлам конвертации вращательного движения в поступательное. Такие схемы достаточно сложные и практически не подвергаются дальнейшей миниатюризации и удешевлению. Они имеют ограниченный диапазон по скорости и линейному перемещению.

Предложенный микроманипулятор выполнен по принципиально новой схеме с непосредственным сообщением пьезоэлектрического актюатора с прецизионной стандартной направляющей, которая была элементом самого двигателя. Все корпусные элементы микроманипулятора были изготовлены с использованием технологии 3D печати. Направляющая выполнена на базе трех линейных подшипников LM3U. Это значительно уменьшило размер манипулятора и расширило его диапазон перемещения. Микроманипулятор был свободным от мертвого хода и гистерезиса. Микроманипулятор представляет три линейных двигателя, которые были соединены между собой с помощью переходных кронштейнов.

Две нижние координаты X и Y, а верхняя – Z. Двигатели оснащены линейными энкодерами с уровнем разрешения 2 мкм.

Каждая координата установлена непосредственно на направляющую или основу соответствующего двигателя.

Таким образом, основой манипулятора основа нижнего двигателя (координата X), второй двигатель (координата Y) был установлен на направляющую первого двигателя.

Третий двигатель (координата Z) был установлен на направляющую второго двигателя.

Рабочей платформой манипулятора является направляющая третьего двигателя – координата Z.

Такая компоновка обеспечила значительное уменьшение массо-габаритных параметров (масса 180 г), жесткость конструкции и стабильность движения в микропространстве.

На практике качество пьезоэлектрического двигателя проверяется путем измерения параметров его электрического резонанса, то есть измерения зависимости тока потребления двигателя от частоты возбуждения пьезоэлектрического резонатора [1].

Этот параметр в значительной степени определяет как скорость пьезоэлектрического двигателя, так и его момент или силу. В зависимости от резонансной характеристики выбирается частотная рабочая точка двигателя – левый или правый ее склон [4].

Также эта зависимость является главным параметром для драйвера пьезоэлектрического двигателя. Все эти свойства в значительной степени зависят как от материала пьезоэлектрического резонатора, так и его геометрических размеров.

При серийном изготовлении пьезоэлектрических резонаторов в значительной степени важно знать допуски на геометрические размеры при изготовлении резонатора.

Поэтому, в предлагаемой работе рассматривается стенд для контроля резонансных характеристик осцилляторов (резонатор с элементами

крепления в составе двигателя) с целью выявления влияния геометрических допусков резонаторов при их изготовлении на резонансную характеристику.

Структурная схема стенда представлена на рис. 1. Стенд включал в себя последовательно соединенные персональный компьютер (ПК), преобразователь USB-UART, микроконтроллер (МК), усилитель сигналов генератора возбуждения, двигатель с исследуемым осциллятором.

Измеритель тока подключен к усилителю сигналов генератора возбуждения и микроконтроллера.

Работа стенда осуществлялась следующим образом. ПК посылал параметры измерения на МК PIC16F18325, таких как диапазон заданных частот, шаг изменения частоты генератора и время удержания частоты генератора.

После этого МК генерировал сигнал возбуждения для пьезоэлектрического двигателя с начальной частотой, соответствующей правой границе заданного диапазона частот. Этот сигнал поступал на блок усиления сигналов генератора возбуждения для усиления выходной мощности, а дальше на двигатель.

Измеритель тока потребления двигателя был реализован на шунтовом резисторе с последующим усилением напряжения на нем по использованию операционного усилителя LMV321 1LT.

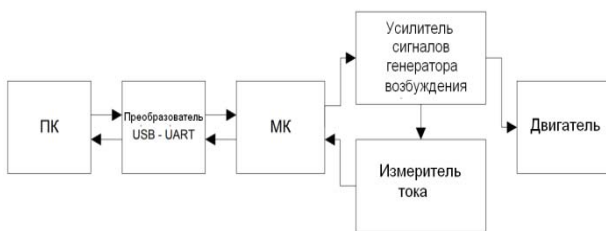


Рисунок 1 – Структурная схема стенда

Выходной сигнал усилителя фильтровался низкочастотным RC-фильтром. Отфильтрованный сигнал был оцифрован с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с частотой ~ 31 кГц, встроенного в МК. Измерение продолжалось в течение указанного временного параметра, такого как время удержания частоты генератора.

После этого полученное значение тока и значение частоты генератора были направлены на ПК. Частота генератора уменьшалась на значение, которое соответствовало параметра шага изменения частоты генератора.

Далее измерения выполнялось повторно до тех пор, пока частота генератора не станет равной левой границы заданного диапазона частот.

После завершения измерения ПК выполнял расчеты тока, хранил полученные данные в файл и строил график зависимости тока от частоты возбуждения пьезоэлектрического двигателя.

В работе исследовались прямоугольные плоские резонаторы малогабаритного пьезоэлектрического двигателя PM-510R [5] с характерными размерами резонатора 10 мм.

Исследовались две группы резонаторов:

- группа I с допуском изготовления резонаторов 50 мкм;
- группа II с допуском изготовления резонаторов 200 мкм.

Результаты тестирования резонаторов представлено на рис.3 (шаг изменения частоты генератора ~ 75 Гц, время удержания частоты генератора – 100 мс, количество измерений усреднения ~ 3100 , количество измерений в диапазоне частот ~ 400).

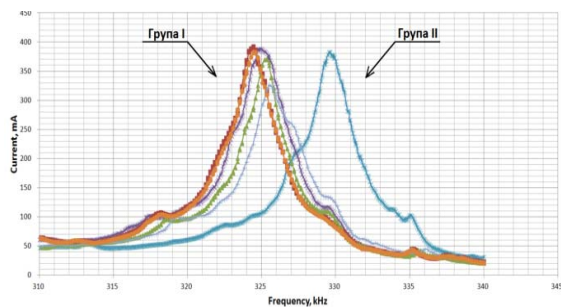


Рисунок 2 – Резонансные характеристики осцилляторов с различным геометрическим допуском их изготовления

Из результатов исследования видно (Рис. 2), что расхождение по резонансной частоте резонаторов группы I и группы II составляла около 5 кГц хорошо согласовывалось с теоретическими оценками.

Таким образом, было подтверждено работоспособность такого стенда для применения его при серийном производстве пьезоэлектрических двигателей, а конструкция микроманипулятора подтвердила возможность его использования как в клеточных технологиях, так и в качестве микроробота для различных применений в области микротехнологий.

Литература

1. Петренко С.Ф. Пьезоэлектрический двигатель в приборостроении / С.Ф. Петренко. – Корнійчук, 2002. – С. 96.
2. Антонюк В.С. Підвищення точності позиціонування лінійних направляючих мікрomanipуляційних систем з п'єзоелектричним двигуном / В.С. Антонюк., А.В. Белова, С.Ф. Петренко // Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць Харків: НТУ «ПШ», 2008. – Вип. 2 (17). – С. 12–20.
3. Piezo Technologies [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Электронные данные. – Киев : Piezo Technologies, 1992– 2018. – Режим доступа: www.piezotech.com.ua.

4. Петренко С.Ф., Омелян А.В., Анто-
нюк В.С., Новаковский О.Г «Система керування
п'єзоелектричним двигуном» / Вісник НТУУ
«КПІ». Серія Приладобудування. – 2018. –
Вип. 55. – С. 5–10.

5. Digital International Technology [Электрон-
ный ресурс] : [Веб-сайт]. – Электронные дан-
ные. – USA: Digital International Technology,
2017. – Режим доступа: www.dtimotors.com.

УДК 615.849.11: 615.032

ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ ТРАНСКУТАННОМ МЕТОДЕ ВВЕДЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ Паньков С.Б., Терещенко Н.Ф.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт
имени Игоря Сикорского», Киев, Украина*

На сегодняшний день все большее внимание стали уделять неинвазивным технологиям транскутанного введения фармацевтических препаратов (ФП) в организм человека. Толчком для этого стали устаревшие методики введения лекарственных средств, которые имеют существенные недостатки и вредное действие на организм пациента.

Благодаря научным исследованиям биофизических особенностей поверхностных слоев кожи при воздействии различных физических факторов и совершенства современных медицинских аппаратов появилась возможность доставлять активные субстанции через кожные покровы (рогового слоя, эпидермиса, дермы) достигая значительного проникновения в глубинные слои ткани, с не меньшей эффективностью, чем в случае инъекций с помощью шприца [1].

Транскутанная доставка, по сравнению с доставкой через кровяное русло, позволяет избежать нежелательных побочных эффектов, снизить эффективную дозу препарата за счет существенного повышения его локальной концентрации. Если для препаратов, попадающих в организм перорально или в результате инъекции, увеличение концентрации во времени описывается характерной кинетической кривой первого порядка (концентрация экспоненциально увеличивается во времени), то в случае использования трансдермальных методов наблюдается идеальная временная зависимость нулевого порядка (равномерное увеличение концентрации препарата во времени). Это позволяет более точно планировать дозировки препарата и пролонгировать его действие [2].

Ключевой проблемой транскутанной доставки является затруднения при проникновении ФП через кожу. На основании информации о строении кожного покрова можно сделать вывод, что транскутанная доставка будет эффективной при условии, если ФП, преодолев эпидермис, поступит в достаточном количестве в дерму, где расположены капилляры кровеносных сосудов. Для того чтобы преодолеть роговой слой кожи, являющийся основной барьерной функцией покровов тела на практике используются методы физического и химического воздействия.

Стрелками на рис.1 показаны возможные пути проникновения веществ через кожу – как с помощью пассивного переноса, так и под действием физических и химических факторов.

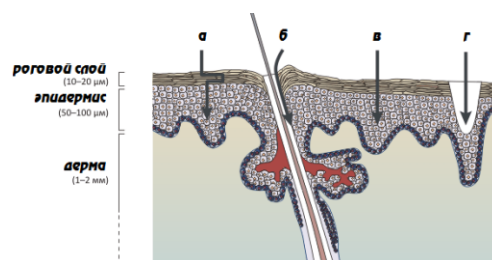


Рисунок 1 – Пути чрескожной диффузии лекарственных веществ при трансдермальной доставке: а – трансэпидермальный; б – трансгранулярный / трансфолликулярный; в – чресклеточный; г – через созданные микроотверстия

Рассмотрим рис.1, на котором *трансэпидермальный* или «извилистый» путь трансдермальной диффузии может быть облегчен с помощью химических энхансеров – веществ, сравнительно легко преодолевающих липидный барьер и «увлекающих» за собой молекулы доставляемого лекарства. Низковольтный ионофорез облегчает проникновение веществ *трансфолликулярным путем* – через волосяные фолликулы и протоки потовых желез. Высоковольтная электропорация временно дестабилизирует липидные бислои, «приоткрывая» дверь доставляемому веществу. Сонофорез (влияние ультразвуком) дополнительно может увеличить эффективность путей переноса а, б и г. *Микроиглы* и *термопорация* создают в коже отверстия микронного размера, через которые может осуществляться транспорт. Из-за малости отверстий, эти процедуры безболезненны, а сами отверстия очень быстро затягиваются [3].

На сегодняшний день частично реализованы возможности доставлять активные субстанции через кожные покровы достигая значительного проникновения в глубокие слои ткани с использованием ультразвука (УЗ). Это позволяет создать высокую концентрацию препарата в локальной зоне и являться наиболее эффективными, когда