

Коммутация MEMS-переключателя осуществляется с помощью электромагнита, обеспечивающего в области размещения переключателя необходимую для устойчивой коммутации величину индукции магнитного поля 0,33 мТл. Питание электромагнита осуществляется от регулируемого (0-30 В) источника постоянного напряжения НУ3010. Номинальное значение напряжения источника в ходе выполнения измерений устанавливается на уровне 20 В. Коммутация электромагнита выполняется с помощью MOSFET-транзистора T1, управляемого сигналами с устройства сопряжения BNC-2120. Исследуемый магнитоуправляемый MEMS-переключатель включен в цепь, содержащую источник питания (выход ЦАП устройства сопряжения BNC-2120) и токоограничительный резистор нагрузки R1. При выполнении исследований номинальное значение тока через MEMS-коммутатор составляет 1 мА. При выполнении измерений магнитоуправляемый MEMS-переключатель работает на резистивную нагрузку, при этом в разомкнутом состоянии напряжение на нем составляет 5 В.

С помощью стенда возможно выполнение наработки с фиксацией первого сбоя (залипания контактов или, наоборот, отсутствия замыкания контактов при наличии управляющего сигнала) и измерения контактного сопротивления. Переключение тех или иных режимов измерения осуществляется с помощью переключателей S1 и S2.

Измерение временных характеристик выполняется при использовании цифрового осциллографа. При этом первый канал осциллографа подключается к сопротивлению нагрузки MEMS-коммутатора, второй канал – к шунту тока в цепи электромагнита, третий – к выходу управляющего сигнала. Пример получаемых осциллограмм представлен на рис. 2. Сразу после подачи импульса управления начинает расти ток через электромагнит. В момент времени, когда значение магнитного поля станет достаточным для коммутации MEMS-переключателя, появится напряжение на нагрузке (сопротивление R1). Задержка между временем подачи нулевого управляющего напряжения и временем размыкания контактов коммутатора обусловлена ЭДС самоиндукции электромагнита, ток в цепи которого замыкается через диод VD1. Наличие на временных диаграммах электромагнитных наводок обусловлено недостаточной степенью экранировки сигнальной части схемы.

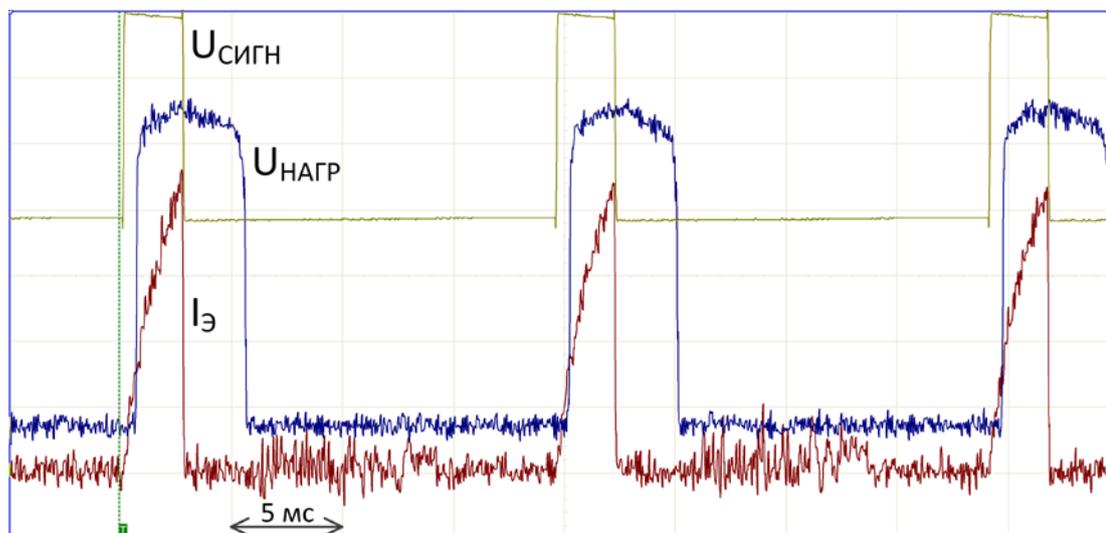


Рис. 2. Временные диаграммы работы стенда (5 мс/клетка): $U_{СИГН}$ - управляющее напряжение (масштаб - 5 В/клетка), $U_{НАГР}$ - напряжение на сопротивлении нагрузки в цепи MEMS-коммутатора (масштаб - 1 В/клетка), $I_{Э}$ - ток в цепи электромагнита (масштаб - 25 мА/клетка)

Измерение контактного сопротивления MEMS-коммутатора осуществляется с помощью цифрового вольтметра при замкнутом коммутаторе и постоянном значении тока в цепи нагрузки. В ходе выполнения испытаний опытных образцов магнитоуправляемых коммутаторов измеренное значение контактного сопротивления находилось в пределах 1,4-2,2 Ом.

Выполнение ресурсных испытаний осуществляется при подключении сигнала с нагрузки MEMS-коммутатора к выходу АЦП устройства сопряжения BNC-2120.

Формирование импульсов управления, счет циклов коммутации и определение сбоев осуществляются с помощью специализированной программы управления (выполненной в среде графического программирования LabVIEW), сопряженной с платой сбора данных серии NI X 6361.

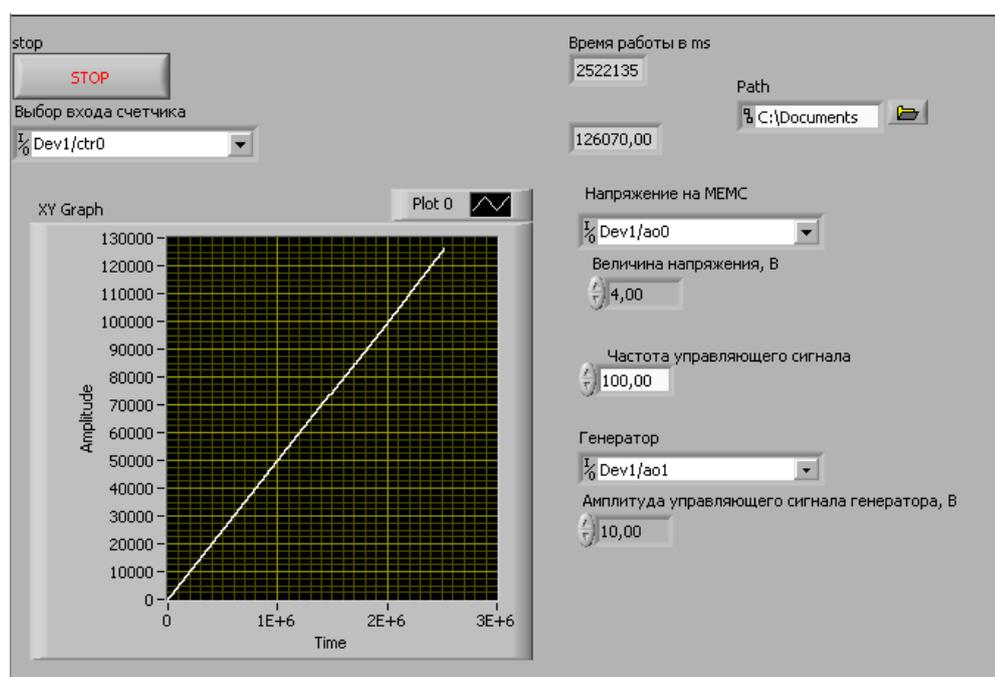
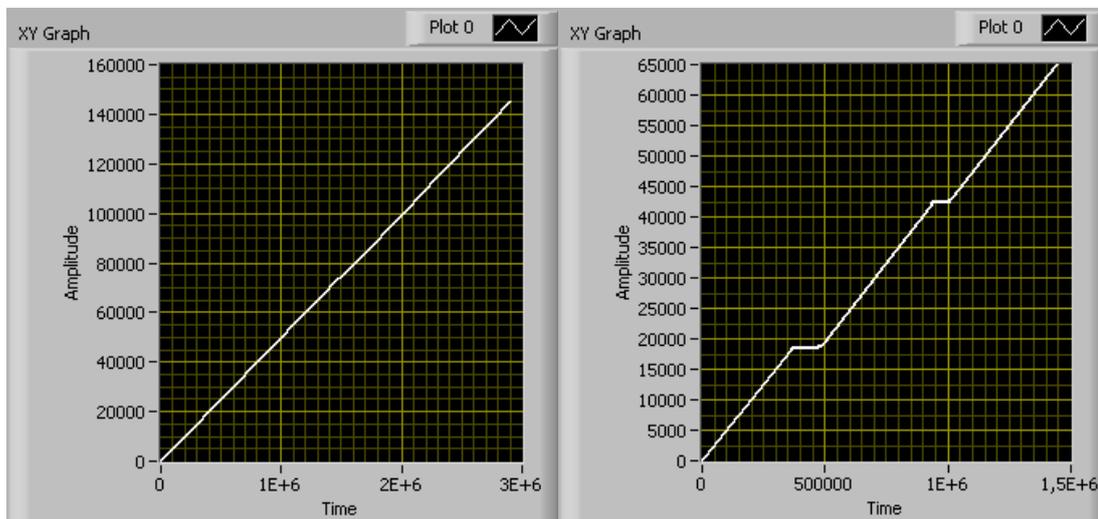


Рис. 4. Интерфейс специализированной программы управления

Программный интерфейс стенда (рис. 4) содержит следующие элементы:

- кнопка запуска выполнения измерений;
- поле ввода значения напряжения в цепи включения MEMS-коммутатора;
- поле ввода значения частоты и амплитуды управляющего сигнала электромагнита;
- графическое поле, отображающее ход работы прибора;
- поле вывода времени проведения испытания (в миллисекундах);
- поле вывода общего числа тактов срабатывания MEMS-коммутатора;
- окно выбора директории сохранения файла с точками отказа коммутатора.

Используя представленные возможности управления, выполняется настройка условий ресурсных испытаний MEMS-коммутатора (возможно изменение частоты коммутаций, тока нагрузки). Работа со сбоями четко просматривается на графике зависимости числа циклов ВКЛ./ВЫКЛ. от времени (рис. 5). При сбоях видны горизонтальные участки, на которых, несмотря на наличие управляющих сигналов (их счетчик отложен по оси абсцисс) не происходит изменений состояния коммутатора (их счетчик отложен по оси ординат).



а

б

Рис. 5. Диаграммы хода работы прибора: а – нормальная работа, б – при наличии сбоев

С использованием стенда исследованы опытные образцы магнитоуправляемых MEMS-коммутаторов, получены временные диаграммы коммутируемого тока и напряжения на переключателе, и выполнены ресурсные испытания (число циклов коммутации до первого сбоя).

Разработанный стенд может использоваться для комплексных испытаний электрических характеристик магнитоуправляемых MEMS-коммутаторов. Особенностью стенда является использование программного интерфейса управления выполнения ресурсных испытаний, реализованного в среде графического программирования LabVIEW и позволяющего настраивать условия испытаний (частота коммутации, ток нагрузки).

Литература

1. M. Vincent, L. Chiesi, J.C. Fourrier, A. Garnier, B. Grappe, C. Lapiere, C. Coutier, A. Samperio and S. Paineau, "Electrical contact reliability in magnetic MEMS switch", in Proceedings of the 54th IEEE Holm Conference, Orlando, October 27-29, 2008, pp. 145-150.
2. C. Coutier, L. Chiesi, A. Garnier, J.C. Fourrier, C. Lapiere, M. Trouillon, B. Grappe, M. Vincent, A. Samperio, S. Borel, C. Dieppedale, E. Lorent and H. Sibuet, "A NEW MAGNETICALLY ACTUATED SWITCH FOR PRECISE POSITION DETECTION", in Proceedings of the 15th International Conference Transducers 2009, Denver, June 21-25, 2009, pp. 861-864.