

К. т. н. О. Н. НЕГОДЕНКО, С. А. ЧЕРЕВКО

Россия, Таганрогский гос. радиотехнический университет
E-mail: metbis@fep.tsure.ru

Дата поступления в редакцию
08.02 2002 г.

Оппонент к. т. н. В. С. ГОЛУБ
(НПФ "VD MAIS", г. Киев)

ПЛАНАРНЫЕ ВЗАИМОИНДУКТИВНЫЕ СЕНСОРЫ ДЛЯ ДАТЧИКОВ ПОЛОЖЕНИЯ И ПРИБЛИЖЕНИЯ

Предварительная разбалансировка индуктивного балансного сенсора открывает новые возможности в использовании планарных катушек индуктивности.

Принцип действия выпускаемых промышленностью индуктивных датчиков приближения, широко используемых в устройствах автоматики, основан на уменьшении (или срыве) амплитуды колебаний генератора с колебательным контуром за счет внесения в него затухания от приближающейся металлической пластины. К добротности и температурной стабильности используемой катушки индуктивности предъявляются высокие требования, номинальное расстояние переключения между датчиком и металлической пластиной составляет 30—50% от диаметра катушки.

В 2—3 раза увеличить расстояние переключения позволяет использование индуктивного балансного сенсора (ИБС) [1] в качестве чувствительного элемента. Такой сенсор состоит из двух планарных катушек. Если он сбалансирован путем установления определенного расстояния между катушками, то при подаче гармонического сигнала на входную (первую) катушку сигнал на клеммах выходной (второй) катушки отсутствует. Приближение металлической пластины к ИБС ведет к росту выходного сигнала.

Катушки ИБС могут изготавливаться групповым методом по технологии интегральных микросхем и печатных плат, они дешевые и стабильные. С целью сохранения уже разработанной и применяемой электронной части выпускаемых промышленностью датчиков приближения при использовании дешевых планарных катушек необходимо изменить характер поведения выходного напряжения ИБС по мере приближения металлической пластины (выходное напряжение должно уменьшаться). Оказалось, что этого удастся достичь, если ИБС предварительно разбалансировать. Особенности характеристик разбалансированных ИБС, которые можно назвать взаимноиндуктивными сенсорами, пока не изучены.

В настоящей работе характеристики разбалансированных ИБС исследовались экспериментально. На вход ИБС подавался синусоидальный сигнал с амплитудой $U_m = 2$ В и частотой $f = 500$ кГц от генератора, а

выходная катушка подключалась к осциллографу. Для исключения резонансных явлений катушки ИБС шунтировались резисторами с сопротивлением 1,2 кОм. Катушки изготавливались из провода ПЭВ-0,2 с числом витков $N = 20$, причем размеры площади поперечного сечения всех проводов составляли менее 5% от других размеров катушек.

В эксперименте использовались катушки прямоугольной, кольцевой и треугольной формы. Высота прямоугольника $h = 134$ мм, его основание $a = 47$ мм, диаметры кольцевых катушек D равны 67 и 107 мм. Размер стороны катушки в виде равностороннего треугольника $b = 116$ мм. Частота $f = 500$ кГц выбрана из условия обеспечения высокой чувствительности ИБС, представляемой как отношение приращения амплитуды выходного напряжения $U_{m \text{ вых}}$ к приращению расстояния l между ИБС и параллельной ему металлической пластиной с площадью, существенно превышающей площадь ИБС. Экспериментально выявлено, что при оговоренных выше размерах катушек высокая чувствительность наблюдается при частотах 0,5—2 МГц. При более низких частотах уменьшается область распространения электромагнитного поля, а при более высоких частотах сказывается шунтирующее действие собственной емкости катушек.

(Размеры катушек выбраны произвольно из условия удобства работы с ними. При других размерах катушек меняются частоты, соответствующие высокой чувствительности сенсоров, и амплитуда входного напряжения, но выявленные закономерности сохраняются.)

Исследуемые варианты ИБС показаны на **рис. 1** (катушки условно показаны одновитковыми). Если ИБС были сбалансированы, то выходное напряжение увеличивалось по мере приближения к ИБС медной пластины, что показано на **рис. 2** (кривые $b—10$). Степень разбалансировки ИБС влияла на характер изменения выходного напряжения при приближении к ИБС медной пластины. Если ИБС разбалансирован путем раздвижения катушек относительно состояния балансировки (уменьшен размер c), то при приближении медной пластины уже увеличившееся выходное напряжение продолжает увеличиваться, или сначала увеличивается, а затем уменьшается. Если ИБС разбалансирован путем сближения катушек (увеличен размер c), то уже увеличившееся выходное напряжение при приближении медной пластины сначала

Работа выполнена при поддержке совместного гранта Минобрзаования РФ и Американского фонда гражданских исследований и развития № REC-004.

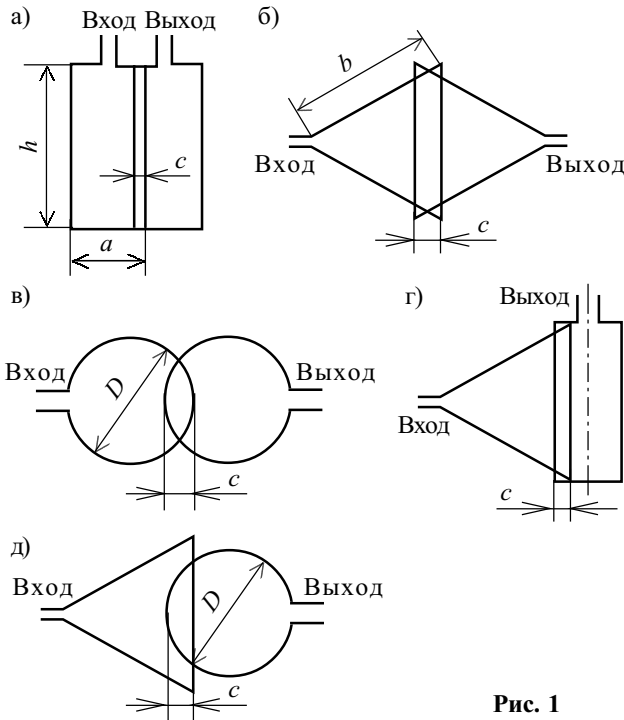


Рис. 1

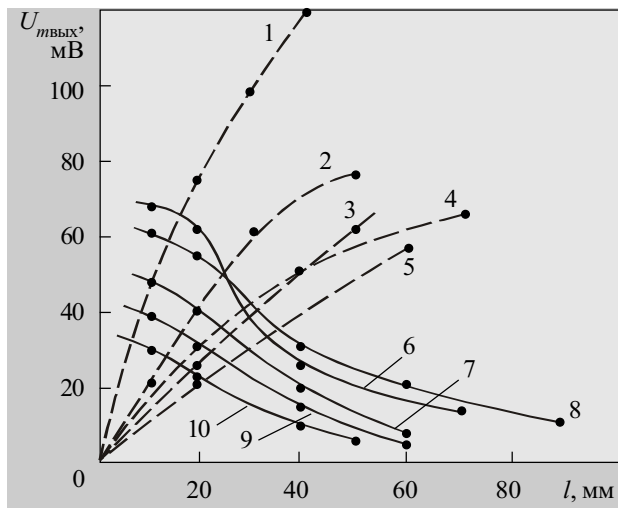


Рис. 2

— баланс; - - - разбаланс

a-d — варианты ИБС по рис. 1:

1 ($c=16$ мм), 9 ($c=10$ мм) — вариант б; 2 ($c=30$ мм), 8 ($c=15$ мм) — вариант д; 3 ($c=15$ мм), 10 ($c=10$ мм) — вариант г; 4 ($c=12$ мм), 6 ($c=8$ мм) — вариант а; 5 ($c=20$ мм), 7 ($c=15$ мм) — вариант в

ла уменьшается до нуля, а затем увеличивается, причем изменением расстояния c можно получить нулевое значение выходного напряжения при любом расстоянии между ИБС и медной пластиной в пределах зоны чувствительности. Это явление можно использовать в датчиках положения для фиксации прохождения медной пластиной определенного положения, в котором датчик выключается, а затем опять включается при дальнейшем движении пластины. Можно установить такое расстояние c , при котором нулевое выходное напряжение ИБС будет соответствовать нулевому расстоянию l , что показано на рис. 2 (кривые 1—5).

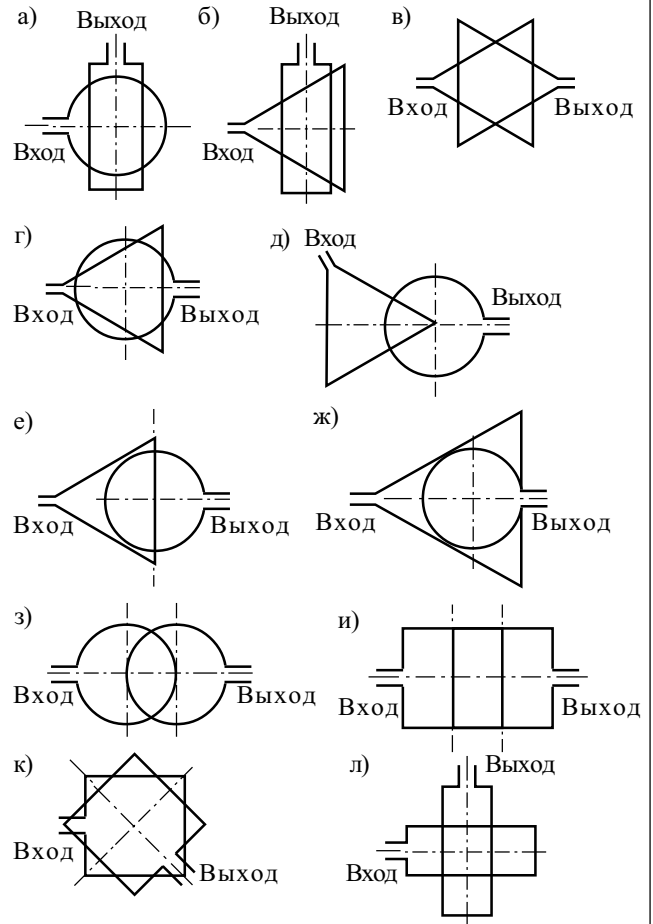


Рис. 3

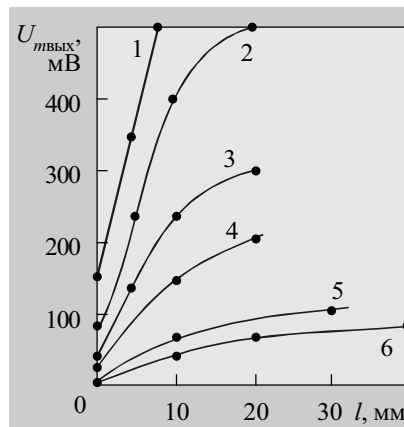


Рис. 4

a-л — варианты ИБС по рис. 3:

1-з, к; 2-в, е, ж, и; 3-а; 4-з; 5-б; 6-д, л

Уменьшение выходного напряжения при приближении металлической пластины связано с уменьшением мощности, идущей на создание электромагнитного поля (увеличивается вносимое активное сопротивление во входную катушку), экранированием катушек. Сравнивая кривые рис. 2, можно заметить, что чувствительность ИБС при сбалансированном состоянии составляет 0,5—1,5 мВ/мм, а при разбалансированном состоянии — 1—3,75 мВ/мм, т. е. в последнем случае она в несколько раз выше. При этом зона чувствительности для разбалансированного ИБС уменьшается в 2—3 раза по сравнению с зоной чувствительности сбалансированных ИБС.

ДАТЧИКИ

На рис. 3 приведены конфигурации катушек и их расположение для разбалансированных ИБС как бы классической формы, когда не нужно подбирать расстояние c между катушками. Графики зависимости выходного напряжения таких ИБС от расстояния между ИБС и медной пластиной показаны на рис. 4. Видно, что зона чувствительности здесь также сокращена в два и более раз, некоторые ИБС позволяют получить нулевое выходное напряжение при нулевом расстоянии между ИБС и медной пластиной (b, d, l), у других ИБС оно не нулевое ($z, k, v, e, ж, u, a, z$), выходное напряжение более высокое, чем для ИБС, приведенных на рис. 1. Это дает чувствительность в пределах 4 — 4,5 мВ/мм, т. е. она в десятки раз выше, чем у сбалансированных ИБС. Такая же закономерность наблюдалась еще у 12 не приводимых в статье конфигураций планарных сенсоров.

Замечено также, что если катушки расположить на одной медной пластине и сбалансировать ИБС, то при приближении второй медной пластины к ИБС выходное напряжение сохраняет свое нулевое значение. Иначе ведет себя взаимноиндуктивный небалансире-

мый сенсор, расположенный на одной медной пластине: при приближении к сенсору другой медной пластины выходное напряжение уменьшается из-за улучшения экранирования катушек, внесения в первую катушку дополнительного активного сопротивления. При этом зона чувствительности невелика — она не превышает 10% от максимального размера ИБС. Это позволяет создавать датчики приближения, прикрепляемые на металлическую поверхность, что часто необходимо.

Рассмотренные взаимноиндуктивные небалансиреваемые сенсоры просты в проектировании при изготовлении их по технологии печатных плат, пленочных или полупроводниковых интегральных микросхем.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Негоденко О. Н., Семенцов В. И., Мардамшин Ю. П. Датчики приближения и положения на основе индуктивных балансных сенсоров // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2001. — № 4—5. — С. 53—55.

ВЫСТАВКИ. КОНФЕРЕНЦИИ. СИМПОЗИУМЫ

9—13 сентября 2002 г. в г. Севастополе состоялась 12-я Международная конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». На четырех пленарных и 24 секционных заседаниях было заслушано свыше 200 докладов по теоретическим, экспериментальным, производственно-технологическим, прикладным аспектам СВЧ-техники и телекоммуникационных технологий. В рамках конференции были проведен семинар «Мультисервисные сети широкополосного доступа» и «Применение СВЧ-техники в медицине и экологии». В работе конференции приняли участие около 180 ученых и специалистов из Бахрейна, Беларуси, Казахстана, Молдовы, Нидерландов, Португалии, Российской Федерации и Украины. Конференция была проведена на базе Черноморского филиала Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Севастопольского национального технического университета и Морского гидрофизического института НАН Украины.

Организаторами и спонсорами конференции выступили: ФГУП НПО «Орион» (Москва), ФГУП «ЦНИРТИ» (Москва), Компания «Укрспецэкспорт» (Киев), ОАО «Сатурн» (Киев), Interface Co. (Москва), ГНПП «Исток» (Фрязино), НИИ телекоммуникаций НТУУ «КПИ» (Киев), НИИ «Орион» (Киев), НИИ радиоматериалов (Минск), Черноморский филиал МГУ им. М. В. Ломоносова (Севастополь), Севастопольский национальный технический университет, Морской гидрофизический институт НАН Украины (Севастополь), Государственный испытательный центр «Омега» (Севастополь), Национальный центр управления и испытаний космических средств (Евпатория), Отдел радиоастрономии Крымской астрофизической обсерватории (Кацивели), предприятие «Вебер» (Севастополь). Техническими спонсорами конференции выступили: Таганрогский радиотехнический университет, IEEE ED Society, IEEE MTT/ED/ComSoc Central Chapter, Ukraine Section, IEEE AP Chapter, Russia Section, журнал «Технология и конструирование в электронной аппаратуре» (Одесса), журнал «Наукові вісті НТУУ КПІ» (Киев).

Конференция отметила, что важным фактором повышения качества разработок является углубление интеграции деятельности исследовательских и производственных коллективов Российской Федерации и Беларуси, а также начало аналогичных процессов в отношениях между предприятиями Российской Федерации и Украины.

13-я Международная конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» пройдет 8—12 сентября 2003 года в г. Севастополе.

К. т. н. П. П. ЕРМОЛОВ

E-mail: weber@execs.com

КрыМиКо
2003
Crimico