

СИСТЕМА СЖАТИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ПРИНИМАЕМЫХ СИГНАЛОВ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Д. С. АСТАХОВ, В. В. ГОРОДНИЧИЙ

Рассматривается электромагнитно-акустический (ЭМА) преобразователь, ослабляющий помехи от зондирующего импульса при непрерывном излучении. Предложена схема электрическая принципиальная такого ЭМА преобразователя и его конструкция.

The paper deals with electromagneto-acoustic (EMA) transducer weakening the probing pulse noise at continuous radiation. An elementary diagram of such an EMA transducer and its design are proposed.

Развитие бесконтактных методов УЗ НК, в частности, электромагнитно-акустического (ЭМА), требует повышения достоверности системы контроля в целом, поскольку коэффициент двойного ЭМА преобразования очень мал ($10^{-6} \dots 10^{-7}$) [1].

Для увеличения достоверности ЭМА системы контроля необходимо увеличивать отношение сигнал–шум (ОСШ) на входе приемника. Для этого наиболее целесообразно использовать сложные сигналы и применять к ним оптимальную обработку [1]. Поскольку для значительного увеличения ОСШ необходимо использование сигналов большой длительности, возникает необходимость одновременного приема полезного сигнала и передачи зондирующего. При поточном контроле в производстве в принимающем ЭМА преобразователе наводится как полезный сигнал, так и зондирующий. Для приемника зондирующий сигнал является помехой, поэтому его необходимо компенсировать. Сложностью компенсации помехи для ЭМА метода является использование сигналов высокого уровня, достигающих единиц киловольт. Для проведения обработки сигнала необходимо понизить его амплитуду до уровня, с которым может работать приемник системы контроля. Для этого предлагается система сжатия динамического диапазона принимаемых сигналов. Данная система представляет собой две пары дифференциально включенных между собой катушек индуктивностей [2]. Общий вид конструкции системы представлен на рис. 1. Генератор 1, усилитель 2, излучающие высокочастотные катушки 3 и 4, соединенные с выходом генератора 1, и приемные катушки 5 и 6 соединены последовательно-встречно и подключены ко входу усилителя 2. При подаче электрического сигнала на преобразователь токи в катушках 1 и 2 протекают в одинаковых направлениях, поэтому ЭДС, наводимые токами в катушках 5,

6, взаимно компенсируются и на вход усилителя электрический сигнал не поступает, что уменьшает «электронную» мертвую зону. При приеме упругих волн токи в наружных катушках протекают в противоположных направлениях, в результате ЭДС, наводимые токами во внутренних катушках, суммируются. Электрическая схема соединения приемных и передающих катушек индуктивности показана на рис. 2. При импульсном режиме работы генератор нагружен на низкоомную нагрузку, а на усилитель подается сигнал с высокоомных катушек. В результате эффективность регистрации электромагнитных колебаний повышается. При использовании сложных сигналов большой длительности такой преобразователь неэффективен, поскольку прием и передача сигналов ведется одновременно. Поэтому необходимо изменить его электрическую часть, оставив при этом неизменной конструкцию (рис. 3).

Конденсатор $C1$ подбирается таким образом, чтобы в передающей цепи возникал резонанс. При этом передающие катушки не будут нагружены на выходные каскады усилителя мощности во время приема. Конденсаторы $C2-C4$ играют роль сумматора, а также служат для компенсации емкостной связи между катушками. Конденсатор $C4$ необходим для точной балансировки сумматора.

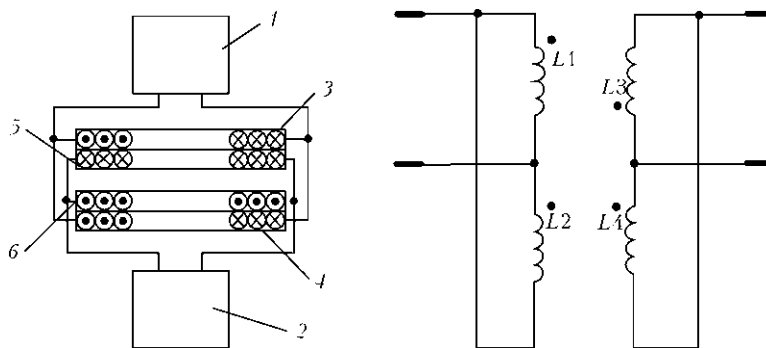


Рис. 1. Схема конструкции системы сжатия (обозначения см. в тексте)

Рис. 2. Электрическая схема соединения приемных ($L1, L2$) и передающих ($L3, L4$) катушек

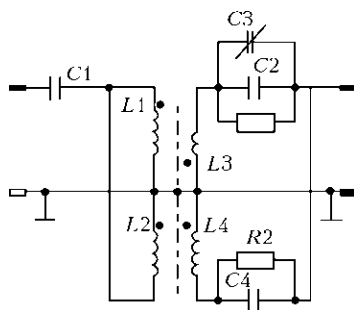


Рис. 3. Электрическая схема измененного ЭМА преобразователя: $L1, L2$ — излучающие, $L3, L4$ — приемные катушки

Поскольку приемные катушки находятся в разных рабочих условиях, схема оказывается несимметричной, в результате возникает фазовый сдвиг между сигналами в катушках $L3, L4$. Для его компенсации необходимы сопротивления $R1, R2$.

На рис. 4 приведены внешние катушки при возбуждении и приеме упругих волн. Направление токов во внутренних катушках при возбуждении и приеме упругих волн показано на рис. 5.

Принцип работы преобразователя. Электрические сигналы с генератора 1 поступают на внешние катушки 3 и 4 (рис. 1). При протекании тока в них на поверхности изделия индуцируются вихревые токи. Последние, взаимодействуя с магнитным полем (источник магнитного поля не показан), вызывают упругие напряжения, являющиеся источниками упругих волн. Токи в катушках 3 и 4 протекают в одинаковых направлениях, поэтому наводимые при этом в катушках 5 и 6 ЭДС возбуждаются навстречу одна другой и компенсируются. При регистрации упругих волн смещения проводящих частиц изделия в магнитном поле вызывают явление электромагнитного поля, которое наводит ЭДС в нижней катушке. В результате в нижней катушке возникает ток, который замыкается через верхнюю катушку. Токи в этих катушках протекают в противоположных направлениях и наводимая в катушках $L3$ и $L4$ ЭДС суммируется. На вход усилителя поступает ЭДС, равная сумме ЭДС, наводимых в каждой катушке.

В результате использования предложенного ЭМА преобразователя можно добиться значительного уменьшения помехи от зондирующего импульса на входе приемника. Эффективность преобразователя во многом зависит от качества настройки и стабильности параметров элементов схемы.

Следует учесть, что при движении ЭМА преобразователя вдоль объекта контроля (ОК) меняется зазор. Это вызывает изменение коэффициента вза-

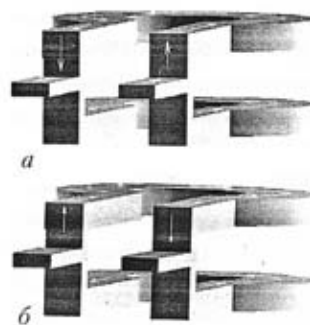


Рис. 4. Внешние катушки при возбуждении (а) и приеме (б) упругих волн

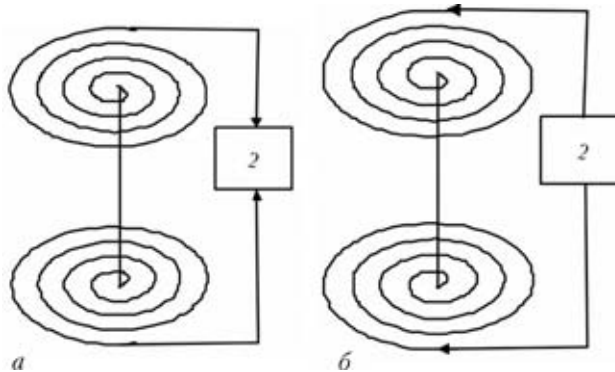


Рис. 5. Направление токов во внутренних катушках при возбуждении (а) и приеме (б) упругих волн

имной индукции между катушками и соответственно уровень наводимой помехи. Чем выше проводимость ОК, тем больше изменение помехи. Для компенсации колебания уровня помехи следующим этапом необходимо использовать автоматическую систему. Это позволит еще больше увеличить ОСП на входе приемника, и, таким образом, увеличить чувствительность системы контроля.

Оценочные расчеты показывают, что с помощью рассмотренного ЭМА преобразователя можно ослабить сигнал от зондирующего импульса примерно в 1000 раз. На практике удалось получить ослабление в 300 раз. При этом приемные и передающие катушки были выполнены печатным способом на фольгированном текстолите толщиной 0,5 мм. Эксперимент был проведен для катушек с количеством витков 20 и 30. В обоих случаях шаг спирали 1 мм, толщина проводника 0,5 мм.

1. *Неразрушающий контроль*: Справ. В 7 т. / Под общ. ред. В. В. Клюева. — Т. 3: Ультразвуковой контроль / И. Н. Ермолов, Ю. В. Ланге. — М.: Машиностроение, 2004. — 864 с.
2. А. с. 1357834 СССР, G 01 N 29/24. Электромагнитно-акустический преобразователь / С. Ю. Гуревич, Х. Б. Толпиков, Ю. Г. Гальцев. — Опубл. 06.01.86.