

нием как статической нагрузки прижима образца к инструменту, так и скорости резания степень ультразвукового воздействия на снижение сил резания уменьшается, что объясняется повышением величины натяга в акустической колебательной системе.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально установлено, что за счет возбуждения в материале диска-притира изгибных ультразвуковых волн можно снизить величину сил резания, действующих в процессе алмазной доводки ювелирных камней.

2. Показано, что доминирующее влияние на снижение сил резания оказывают вертикально направленные колебания точек рабочей поверхности диска-притира, обусловленные действием поперечной составляющей изгибной волны. При этом эффект снижения сил резания проявляется только в том случае, когда взаимодействие обрабатываемой заготовки с поверхностью инструмента протекает в виброударном режиме, с повышением интенсивности которого степень ультразвукового воздействия на снижение сил резания возрастает.

3. Установлено, что для реализации виброударного режима доводки необходимо, чтобы величина амплитуды вертикально направленных колебаний точек рабочей поверхности диска-притира превосходила значение суммар-

ного натяга в акустической колебательной системе, обусловленного как ее силовым, так и скоростным нагружением. По мере увеличения этого неравенства степень снижения сил резания при доводке с ультразвуком возрастает. Если указанное условие не обеспечивается, то взаимодействие обрабатываемой заготовки с инструментом протекает в режиме скользящего акустического контакта и ощутимого влияния на величину сил резания ультразвук не оказывает.

4. Выявленные закономерности позволяют обоснованно и целенаправленно назначать значения акустических и технологических режимов обработки, при которых обеспечивается соответствующий уровень снижения сил резания при алмазной доводке ювелирных камней с ультразвуком, что, в свою очередь, дает возможность в широких пределах управлять одним из важнейших параметров рассматриваемого процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаришин К. В., Диркс Г. Г., Драшлин М. Г. Закономерности движения деталей по колеблющейся плите при инерционной круговой доводке // Алмазно-абразивная обработка. – 1969. – № 64. – С. 132–144.

2. Киселев М. Г., Минченя В. Т., Ибрагимов В. А. Ультразвук в поверхностной обработке материалов. – Мн.: Тесей, 2002. – 344 с.

3. Марков А. И. Ультразвуковая обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1980. – 237 с.

УДК 621.317+539.143.44

ПЕРВИЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЯМР-СПЕКТРОМЕТРА

Канд. техн. наук, доц. ОРОБЕЙ И. О., асп. САРОКА В. В.

Белорусский государственный технологический университет

Спектрометры ядерного магнитного резонанса (ЯМР) широко применяются для определения состава и свойств веществ. Наиболее критичным узлом радиоспектрометра является первичный преобразователь. Для использования в жестких условиях технологического про-

цесса преобразователь должен обладать высокой помехоустойчивостью к электромагнитным и механическим воздействиям и малым энергопотреблением. Этим требованиям удовлетворяет первичный преобразователь на основе постоянных магнитов с ярмом броневого

типа. Кроме того, для получения сигнала ЯМР поле в рабочем зазоре в месте расположения образца должно быть не менее 0,1 Тл с относительной неоднородностью не более 10^{-5} [1]. Схема преобразователя, удовлетворяющего перечисленным требованиям, представлена на рис. 1.

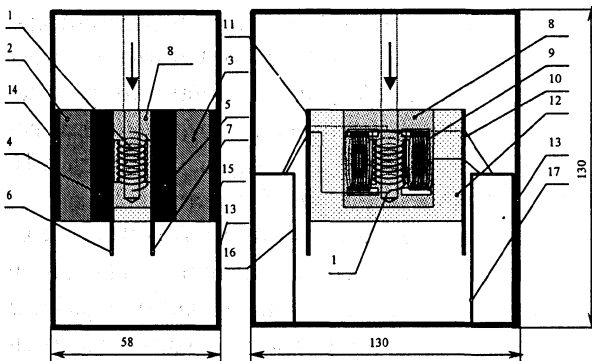


Рис. 1. Первичный преобразователь импульсного ЯМР-спектрометра: 1 – приемная катушка; 2, 3 – постоянные магниты; 4, 5 – полюсные наконечники; 6, 7 – токовые шиммы; 8 – корпус кюветы; 9 – катушка возбуждения; 10, 11 – клемные колодки; 12 – латунный экран кюветы; 13 – ярмо магнитной системы; 14, 15 – ферромагнитные вставки; 16 – приемный усилитель; 17 – блок управления вектором намагниченности

Для получения первоначальной однородности магнитного поля отношение характерного размера полюсных наконечников (диаметра или стороны квадрата) к длине рабочего зазора должно быть не менее 5. По конструктивным соображениям необходима длина рабочего зазора 10 мм, поэтому габаритные размеры зазора выбраны равными 60×60×10 мм. Для создания магнитного поля применены два постоянных магнита из феррита стронция 27СА220 размерами 60×60×15 мм. Расчет параметров магнитной системы проводился с целью получения максимальной индукции магнитного поля в центре рабочего зазора по методике, предложенной в [2]. Расчетное значение индукции составило 0,145 Тл для магнитной системы с ярмом броневого типа, имеющим габаритные размеры 130×130×58 мм.

По результатам расчета изготовлена магнитная система преобразователя. Толщина полюсных наконечников оптимизированной магнитной системы составляет 4,5 мм, что выравнивает неоднородность намагничивания по-

стоянных магнитов. Ферромагнитные вставки обеспечивают получение оптимизированных размеров магнитной системы. Кроме концентрации магнитного потока, магнитная система броневого типа обеспечивает также защиту от электромагнитных помех. Ярмо выполнено из пластин электротехнической стали толщиной 1,5 мм. В центре рабочего зазора получено пятно однородного поля 10×10 мм с индукцией 0,15 Тл, что хорошо согласовывается с расчетным значением. Топография магнитного поля в рабочем зазоре снималась при помощи датчика Холла.

Кювета с анализируемым образцом имеет Ø5 мм, длину 45 мм и проходит через пятно однородности. Радиочастотная часть спектрометра выполнена на основе скрещенных катушек Блоха, оси которых расположены под углом 90°. Рабочий объем кюветы с образцом находится в центре скрещенных катушек Блоха в пределах пятна однородности поля. Катушка возбуждения содержит 160 витков провода ПЭВ 0,2 мм и имеет индуктивность 134,5 мкН, сопротивление 9,8 Ом. Ее ось ортогональна оси кюветы с образцом. Приемная катушка содержит 100 витков ПЭВ 0,2 мм, имеет сопротивление 2,13 Ом, индуктивность 46 мкН. Она располагается соосно с кюветой.

Кювета с катушками Блоха монтируется на латунный корпус, имеющий плоскопараллельные рабочие поверхности, к которым прижимаются полюсные наконечники. Начальная однородность магнитного поля обеспечивается за счет параллельности плоскостей латунного корпуса. Окончательная юстировка поля осуществляется при помощи токовых шиммов, расположенных между полюсными наконечниками. Шиммы позволяют изменять градиент магнитного поля в двух ортогональных направлениях, что обеспечивает компенсацию остаточного или установку необходимого градиента при помощи управляемых источников постоянного тока. Конфигурация токовых шиммов заимствована из [3]. Катушки экранированы медной фольгой, присоединенной к корпусу.

Выводы катушек и шиммов присоединяются к платам с электронными компонентами, которые смонтированы внутри ярма магнитной системы, что позволило уменьшить паразит-

ные емкости и микрофонный эффект. На платах расположены блок управления вектором ядерной намагниченности и приемный усилитель сигналов ЯМР.

Принципиальная схема приемного усилителя сигнала ЯМР приведена на рис. 2. Он состоит из параллельного контура, включающего приемную катушку L1, истокового повторителя на VT1, двух дифференциальных усилительных каскадов на VT2 – VT5, стабилизаторов напряжения $\pm 8,2$ В на VT6, VT7 и выходного эмиттерного повторителя на VT8. Настройка на резонансную частоту осуществляется изменением емкости конденсатора C1. Питание приемного усилителя осуществляется от стабилизированных источников ± 15 В. Потребляемая усилителем мощность равна 100 мВт.

Принципиальная схема блока управления вектором ядерной намагниченности приведена на рис. 3. Он представляет собой высокочастотный генератор с электронной перестройкой частоты. В качестве задающего генератора использована схема автодина [4]. Управление вектором ядерной намагниченности осуществляется путем воздействия на образец электромагнитным полем резонансной частоты. Это поле создается передающей катушкой индуктивности L2. Задающий генератор выполнен на

основе дифференциального усилителя VT2 – VT4 с частотнозависимой положительной обратной связью. Амплитуда колебаний регулируется изменением напряжения на базе источника тока на VT4. Частота колебаний определяется параллельным колебательным контуром, выполненным на L1, C1, C3, C4, VD1, ее подстройка осуществляется изменением емкости VD1. Колебания генератора через эмиттерный повторитель на VT5 поступают на электронный ключ DA1, при помощи которого задается длительность пачки резонансных колебаний. Эти колебания через каскад на VT6 задают ток в катушку возбуждения L2.

Управление частотой и амплитудой генерации блока управления, длительностью пачки генерируемых импульсов, а также обработка сигнала ЯМР с приемного блока осуществляются блоком регистрации, в котором реализована низкочастотная часть импульсного спектрометра ЯМР.

Испытания первичного преобразователя проводились на водопроводной воде, дизельном топливе и водных растворах парамагнитных солей. Частота принимаемого сигнала от протонов воды составляла 6,38 МГц, что соответствует гиромагнитному отношению для протонов 42,57 МГц/Тл.

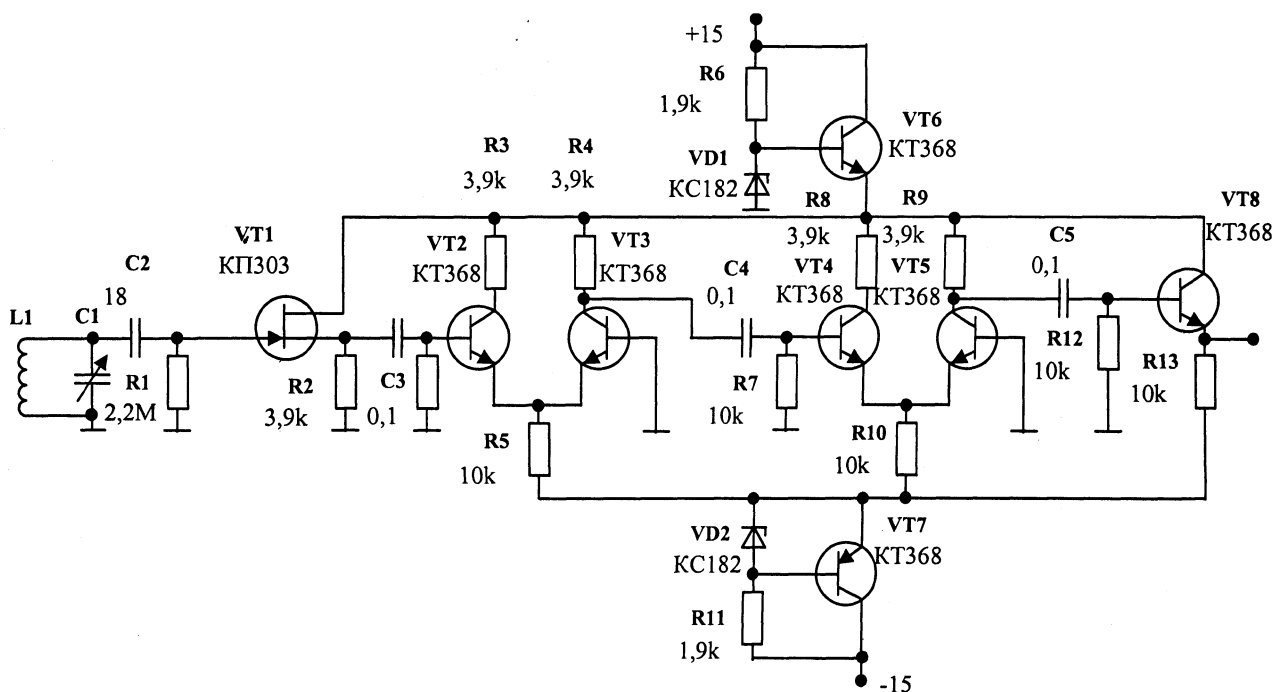


Рис. 2

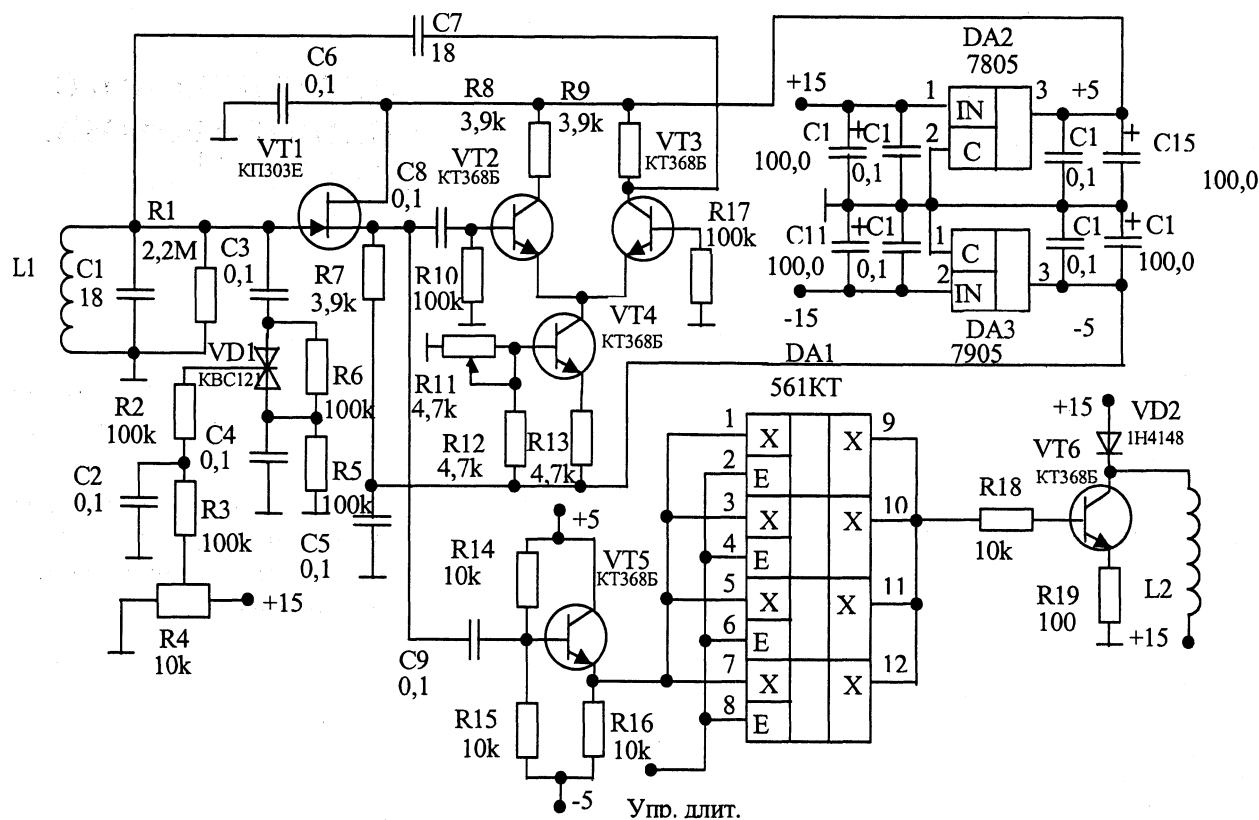


Рис. 3

Спектрометр ЯМР, в состав которого входит разработанный первичный измерительный преобразователь, позволяет наблюдать сигналы ЯМР от неподвижных жидкостей при большой модуляции и проводить запись производной кривой поглощения с постоянными времени синхронного детектора 0,1; 0,3; 1 и 3 с на самописце. Разрешающая способность спектрометра 100 мГц. Установка дала возможность изучить зависимости времен релаксации протонов в воде при температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ и частоте 6,38 МГц от концентрации ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} , а также позволила определить время релаксации различных сортов автомобильного топлива при температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$: для бен-

зинов А-76 – 1,6 с, АИ-93 – 1,9 с и дизельного топлива летнего – 0,49 с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леше А. Ядерная индукция / Пер. с нем. – М.: ИИЛ, 1963.
2. Постоянные магниты: Справ. / Под ред. Ю. М. Пятинина – М.: Энергия, 1980.
3. Borer K., Fremont G. The nuclear magnetic resonance magnetometer type 9298 // CERN 77-19. Experimental physics division. 26.10.1977.
4. Пряхин А. Е. Следящий магнитометр ядерного магнитного резонанса с цифровой индикацией в гауссах // Приборы и техника эксперимента. – 1981. – № 6. – С. 127–131.