

экономичные по энергопотреблению устройства, позволяющие осуществлять полный эксплуатационный контроль рабочего состояния лопастей несущего винта вертолета.

## РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ МОДИФИКАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

С. А. Борминский, М. С. Боранбаев

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет),  
г. Самара

При модификации многокомпонентной смеси, например бензина, каждая молекула имеет свой резонансный набор частот, который позволяет селективно модифицировать именно тот компонент, который определяет заданный показатель качества, что может использоваться для улучшения качества нефтепродуктов [1].

Разработана функциональная схема технологической установки, реализующая предложенную методику модификации на основе ядерного магнитного резонанса. Установка состоит из двух частей: формирователя постоянного магнитного поля и источника переменного электромагнитного поля (рис.1). Для достижения постоянного магнитного поля с напряженностью 1,4Тл необходимо применить мощный электромагнит с сердечником из специальной трансформаторной стали с высоким уровнем магнитного насыщения. Переменное поле в емкости с нефтепродуктом целесообразнее получать с помощью индуктора.



Рис. 1. Функциональная схема установки модификации

Основным управляющим элементом схемы является главный микроконтроллер. На основе полученных данных о напряжениях и фазах микроконтроллером производится автоматическое регулирование, в частности подстройка амплитуды и частоты на выходе генератора. Частота генератора может быть задана как вручную, так и найдена в автоматическом режиме. При этом критерием поиска является максимум поглощения, которое возникает в веществе. Формирование требуемого сигнала осуществляется с помощью задающего генератора – синтезатора частот.

В качестве главного микроконтроллера используется AT91SAM7S256 фирмы Atmel. Это представитель серии флэш-микроконтроллеров, выполненный на основе 32-разрядного RISC-процессора ARM, содержащий высокоскоростную флэш-память размером 256 кбайт и СОЗУ размером 64 кбайт, большое количество периферии, в том числе контроллер устройства USB 2.0, позволяющий вести скоростной обмен полученными данными с компьютером, а также использующийся для программирования и отладки. Важным периферийным модулем в данном микроконтроллере является 10 разрядный 8 канальный АЦП последовательного приближения, использующийся для определения фазы тока и напряжения в индукторе.

Задачами микроконтроллера являются: сбор данных, обработка, управление задающим генератором, управление всей системой, выведение данных на дисплей, контроль системы в автономном режиме, взаимодействие с ПК. На основе полученных данных о напряжениях и фазах производится автоматическое регулирование, в частности подстройка амплитуды и частоты на выходе генератора, аварийное ограничение тока в случае короткого замыкания.

Установка имеет возможность передавать данные о частоте резонанса, уровне мощности сигнала на выходе. Возможна реализация передачи данных, необходимых для построения спектральных характеристик нефтепродуктов.

Задающим генератором установки модификации является DDS синтезатор AD8954. Цифровой синтезатор AD9854 – это устройство с высокой степенью интеграции, в котором используется комбинация усовершенствованной технологии прямого цифрового синтеза (DDS) и двух быстродействующих, высококачественных квадратурных ЦАП, обеспечивающая синтез квадратурных сигналов с цифровым программированием частоты. При подаче сигнала от внешнего стабильного источника опорной частоты AD9854 формирует

высокостабильные выходные сигналы с программируемыми частотой, фазой и амплитудой, в последующем усиленные ВЧ усилителем, которые используются для создания переменного магнитного поля в индукторе. Инновационное быстродействующее ядро DDSAD9854 обеспечивает 48-разрядное разрешение по частоте (разрешение настройки по частоте 1 мкГц при частоте SYSCLK 300 МГц). Такая разрешающая способность является крайне актуальной в данном проекте по причине узкого спектра частот, в котором происходит ядерный магнитный резонанс.

Для создания прецизионного синтезатора необходим точный опорный тактовый сигнал, которым является прецизионный термостатированный генератор для поверхностного монтажа ГК115-ТС. Данный элемент имеет высокую температурную стабильность порядка  $\pm 5 \times 10^{-9}$ , долговременную нестабильность частоты не более  $\pm 1 \times 10^{-7}$ .

Разработан блок питания для усилителя ВЧ, построенный на драйвере SM6805. Эта микросхема является комбинированным ШИМ модулятором с встроенной системой коррекции коэффициента мощности. Выбор данной микросхемы обусловлен требованиями надежности (наличие защиты от КЗ, перегрева, плавный пуск), экономичности и электромагнитной совместимости. Данный драйвер позволил создать высокоэффективный, надежный регулируемый импульсный источник питания с выходным напряжением от 0 до 40 Вольт при токах до 10 Ампер. Блок питания построен по однотактной схеме и имеет полную гальваническую развязку с сетью.

В качестве источника тока для питания постоянного магнита была разработана схема, главными элементами которой являются: силовой полевой транзистор, микроконтроллер, цепь ОС на основе шунта с усилителем ошибки. Схема имеет аппаратную защиту от короткого замыкания в цепи магнита. Использование МК позволяет работать источнику тока не только в ведомом режиме посредством управления от главного микроконтроллера, но и в автономном, при помощи собственной дисплея и матричной клавиатуры.

Теоретическое обоснование процесса модификации основывается на элементах спиновой химии и будет являться предметом дальнейших исследований на следующих этапах работы. Анализ ЯМР – спектров n – гексана показывает, на каких частотах реагирует каждая молекулярная группа.

Это дает основание полагать, что воздействуя именно данной частотой на выбранную связь можно разрушить молекулу в нужном месте. Например, для разрушения молекулы гексана при постоянном магнитном



поле 1,4Тл в точке связей  $\text{CH}_2 - \text{CH}_2$  необходимо приложить частоту  $\omega = 89560114$  Гц [2]. Для того, чтобы оторвать крайний радикал  $\text{CH}_3$  необходимо подать частоту  $\omega = 89560179$  Гц. Задача формирования и удержания такой частоты с точностью  $\pm 5$  Гц технически решается разработанным генератором.

### Список использованных источников

1.Скворцов Б. В., Борминский С. А., Солнцева А. В., Шаталов, Д. П. Теоретические предпосылки электромагнитной селективной модификации нефтепродуктов на частотах ядерного магнитного резонанса // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2012. Т. 14, №6. С. 198-205.

2.Борминский С. А., Скворцов Б. В., Солнцева А. В. Методы измерения количественных и качественных характеристик жидких энергоносителей. – Самара: издательство СНЦ РАН, 2012. – 222с.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИМПУЛЬСНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА И КОЛИЧЕСТВА ТОВАРНОГО ПРОДУКТА ВРЕЗЕРВУАРНОМ ПАРКЕ

А. В. Солнцева, Б. В. Скворцов  
Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет),  
г. Самара

Для определения качественных и количественных характеристик жидких энергоносителей, находящихся в емкости резервуарного парка, таких как уровень слива/налива продукта, плотность сливаемого/наливаемого товарного продукта и т.п. может быть применен метод импульсного зондирования среды акустическим или электромагнитным сигналом.

На рис. 1 представлена схематично изображенная емкость с