

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ШИРОКОПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ РАДИОЧАСТОТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ЗАДАННОЙ ФОРМЫ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ЯМР ТОМОГРАФА

Анашкин В.Н., Зарипов Р.Н., Васильев Г.И., Скирда В.Д.

*КФТИ им. Е.К.Завойского КНЦ РАН.
Казанский Государственный Университет.*

Введение

Магнитно-резонансная томография находит все более широкое применение в медицинской практике и отличается от других методов получения медицинских изображений высоким контрастом мягких тканей. При построении МРТ-изображений тела человека основную роль играют такие параметры живых тканей, как протонная плотность, время спин-решеточной и спин-спиновой релаксаций. Для массовых исследований наиболее перспективными являются низко- и среднеполевые томографы. Эти аппараты, будучи относительно недорогими, позволяют получать качественные изображения и обеспечивать возможность проведения подавляющего большинства наиболее часто встречающихся диагностических исследований.

Качество МРТ-изображений и время их получения наряду с другими факторами сильно зависит от использования различных методик получения МРТ-томограм. В зависимости от применяемой методики получения МРТ-изображений необходимо использование различных импульсных последовательностей радиочастотных импульсов (РЧ-импульсов)

На контраст изображения в МР-томографии наряду с другими техническими параметрами сильно влияет форма РЧ-импульса. Использование различных импульсных последовательностей радиочастотных импульсов накладывает различные требования на усилитель мощности (передатчик), в котором формируется РЧ-импульсы. Основными требованиями предъявляемые к передатчику являются возможность получения пачки мощных РЧ-импульсов заданной формы, длительностью до нескольких миллисекунды, и высокая линейность в широком диапазоне выходной мощности передатчика.

Для работы в составе МР-томографа был рассчитан, сконструирован и изготовлен передатчик, отвечающий всем вышеперечисленным требованиям. Селективный метод возбуждения, применяемый для получения изображения, требует воздействия мощных РЧ-импульсов сложной формы, так называемых «sinc», где фаза РЧ-заполнения циклически меняется по команде из программатора в течении одного импульса несколько раз.

Блок схема передатчика

Структурная схема передатчика представлена на рис.1.

С выхода синтезатора частот сигнал частотой $4f_c$ (10,5 МГц) поступает на вход фазорасщипителя, на выходе которого формируется четыре дискретные фазы с шагом 90° на резонансной частоте томографа f_c . Эти частоты и установки необходимой фазы частоты заполнения и длительность РЧ-импульса подаются на управляемый электронный ключ (ЭК), на выходе которого формируется заданный РЧ-импульс.

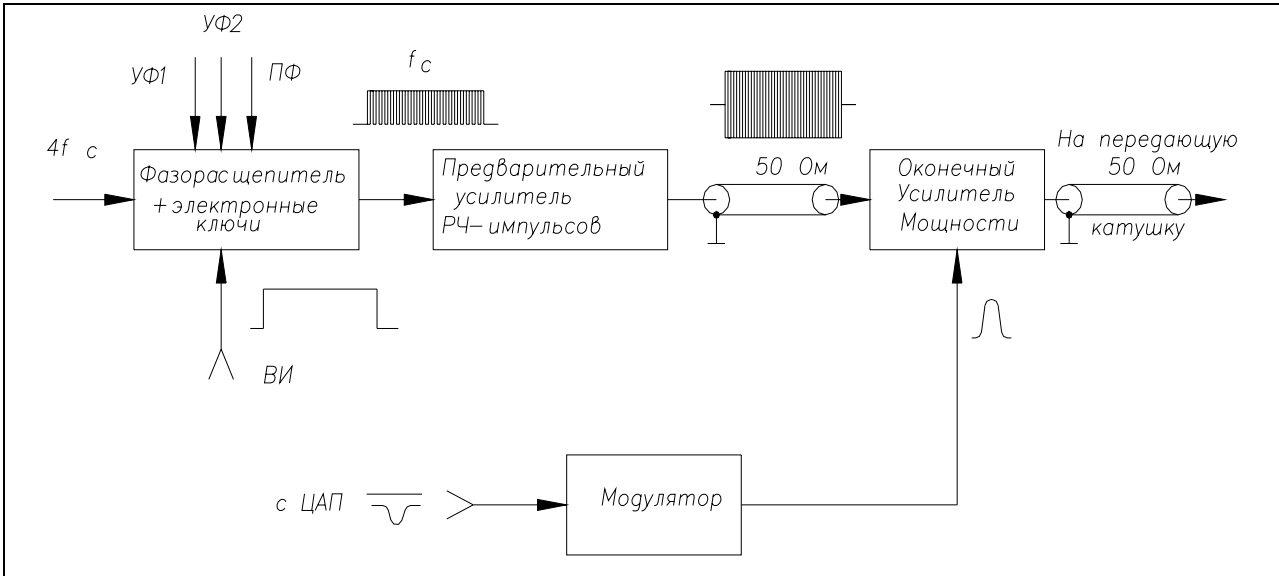


Рис.1.

Далее предварительный усилитель осуществляет усиление и передачу РЧ-импульса по кабелю с $Z=50$ Ом на расстоянии примерно 10 м. Оконечный усилитель мощности расположен в экранированной комнате в непосредственной близости от магнита и передающей катушки осуществляет дополнительное усиление РЧ-импульсов. Нагрузкой усилителя является передающая катушка МР – томографа. Питание выходного каскада УМ осуществляется модулятором. Форма и амплитуда выходного РЧ-импульса задается программатором и усиливается импульсным модулятором.

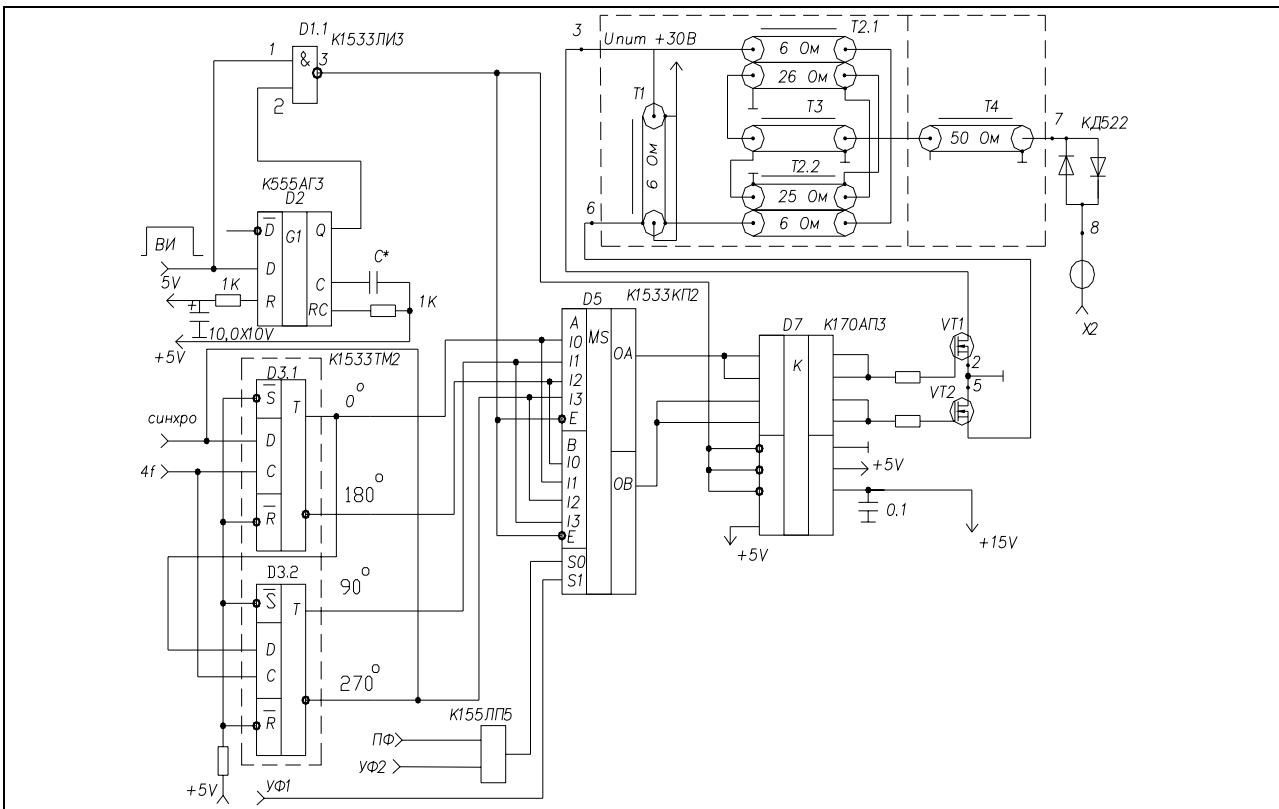


Рис.2.

Принципиальная схема передатчика

Принципиальная схема фазорасщипителя, ЭК, предварительного усилителя РЧ-импульсов представлена на рис.2

Учетверенная частота резонанса $4f_c$ подаётся на четырехфазный триггер, собранный на двух D-триггерах по классической схеме. С выхода фазорасщипителя четыре сигнала на частоте резонанса f_c , сдвинутые по фазе относительно друг друга на 90° (0, 60, 180 и 270 градусов) поступают на ЭК, собранный на мультиплексоре К1533КП2, где формируются РЧ-импульсы необходимой длительности (ВИ) и фазой заполнения (УФ1, УФ2).

Для согласования входного сопротивления транзисторного выходного каскада с логическими уровнями ТТЛ используется стробируемый линейный усилитель К170АП3, с выхода которого 2 противофазных сигнала поступают на вход усилителя, собранного по 2-х тактной схеме на полевых транзисторах IRF640. С помощью симметрирующих трансформаторов, выход передатчика согласуется с кабелем с $Z = 50 \text{ Ом}$. Амплитуда импульсов на выходе предварительно усиливается $U_{\text{вых}}=120 \text{ В}$ на нагрузке 50 Ом .

Оконечный усилитель мощности представлен на рис.3.

Оконечный усилитель мощности передатчика собран по двухтактной схеме на полевых транзисторах IRF640. Трансформаторы Тр1-Тр3 осуществляют согласование несимметричного сопротивления 50 Ом с входным и импедансом двухтактного каскада и имеют коэффициент трансформации $1: 1/4$, а Тр4-Тр6 – согласуют несимметричное сопротивление 50 Ом с выходным импедансом и имеют коэффициент $1:12$.

Для изготовления трансформаторов использовалась полосковая линия марок РП-3-5-11 и РП-3-5-12.

Нагрузкой УМ является передающий контур томографа, импульсная мощность которого достигает $\sim 1,2 \text{ кВт}$.

Питание выходного каскада осуществляется импульсами заданной формы с выхода импульсного блока питания, амплитуда импульсов $40\text{-}80 \text{ В}$, ток в импульсе $70\text{-}80 \text{ А}$.

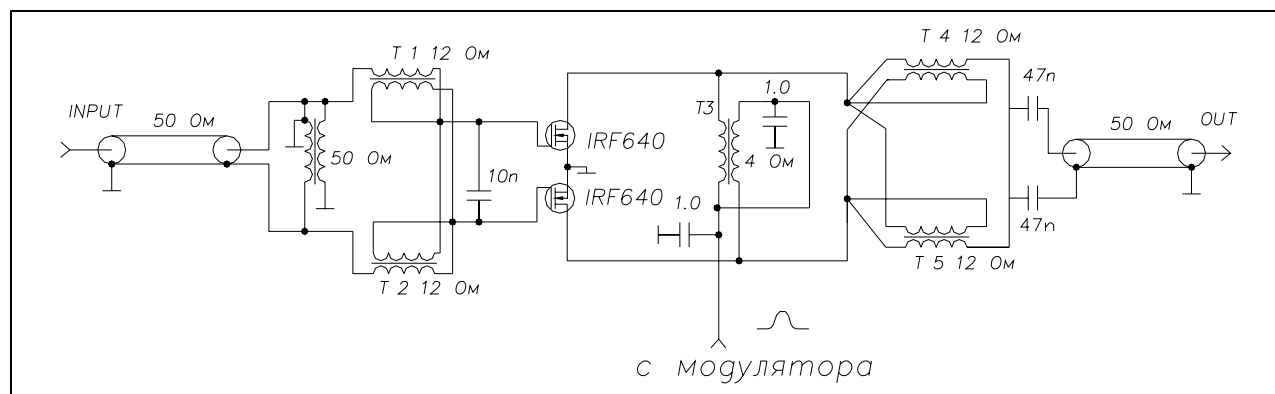


Рис.3.

