

УДК 615.8-7

С.П. Шкарупо, А.С. Коблош

## Разработка генератора тока высокой частоты для катетерных абляций на сердце

Представлена разработка высокочастотного генератора для радиочастотной катетерной абляции на сердце.

**Ключевые слова:** генератор, катетер, радиочастотная абляция.

### Введение

Катетерная абляция относится к хирургическим вмешательствам, которые выполняются с помощью зондов-электродов (специальных катетеров), введенных в полости сердца для повреждения патологических участков с использованием электрического генератора высокой частоты (радиочастот). Радиочастотная абляция применяется при пароксизмальных наджелудочковых тахикардиях, мерцательной аритмии. Эффективность процедуры многократно доказана клиническими испытаниями. После успешно проведенной процедуры радиочастотной абляции пациент не нуждается в медикаментозном лечении и полностью восстанавливает трудоспособность, что позволяет говорить не только о высокой эффективности процедуры, но и о значительном комфорте, который испытывает пациент в восстановительном периоде. Для проведения абляции необходим высокочастотный генератор с частотой 440 кГц. Главной особенностью генератора является то, что он под-

ключается непосредственно к сердцу. Из этого вытекает необходимость контроля температуры для повреждения аритмогенной области сердца (рис. 1).

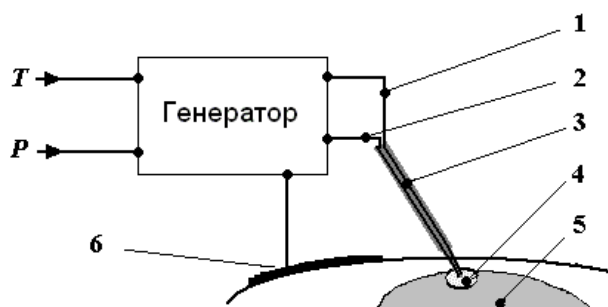


Рис. 1. Способ применения генератора:  
1 – канал высокочастотного тока;  
2 – канал термодатчика;  
3 – катетер; 4 – область воздействия;  
5 – сердце; 6 – нейтральный электрод

Внутри электрода в наконечнике катетера имеется датчик контроля температуры. Выходная мощность управляется сигналом  $P$ , а температура – сигналом  $T$ . Исходные данные для разработки: напряжение питания 12 В, частота генерации 440 кГц, диапазон сопротивления нагрузки 50–250 Ом, диапазон выходной мощности 0–200 Вт, защита от короткого замыкания и холостого хода, высоковольтная гальваническая развязка, наименьшая проходная емкость.

**Цель работы:** разработка высокочастотного генератора для катетерной абляции на сердце.

Структурно генератор разделен на два блока:  $A1$  и  $A2$  (рис. 2).

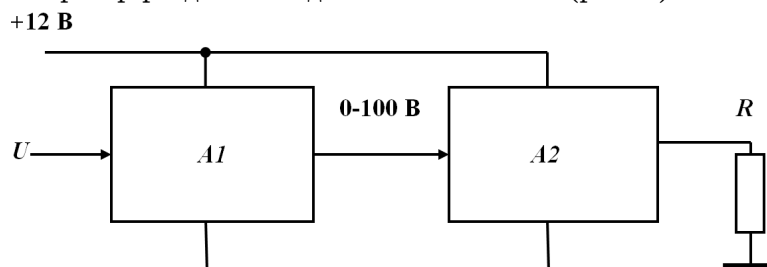


Рис. 2. Структурная схема генератора

Блок  $A1$  выполняет функции повышающего преобразователя DC/DC, блок  $A2$  – высокочастотный генератор. Блок  $A1$  и  $A2$  выполнены на ШИМ контроллере K1156EY2 [2]. Напряжение питания 12 В.

Для уменьшения пульсации в блоке  $A1$  два выходных трансформатора. Выходное напряжение лежит в интервале 0–100 В. Его регулировка осуществляется изменением

скважности импульсов, для этого достаточно изменить потенциал  $U$  на выводе 8 К1156ЕУ2 (рис. 3). Выходное напряжение  $A1$  поступает на выходные трансформаторы блока  $A2$  нагруженные на нагрузку  $R$ . Регулировка температуры в области воздействия осуществляется изменением амплитуды напряжения подводимого к электродам. Изменив потенциал  $U$ , изменяется напряжение на трансформаторе блока  $A2$ , вследствие чего изменится и амплитуда выходного напряжения.

Также в блоке  $A1$  выполнены несколько защит: ограничение тока ключей, защита от холостого хода и короткого замыкания. Цепь ограничения тока ключей изображена на рис. 3.

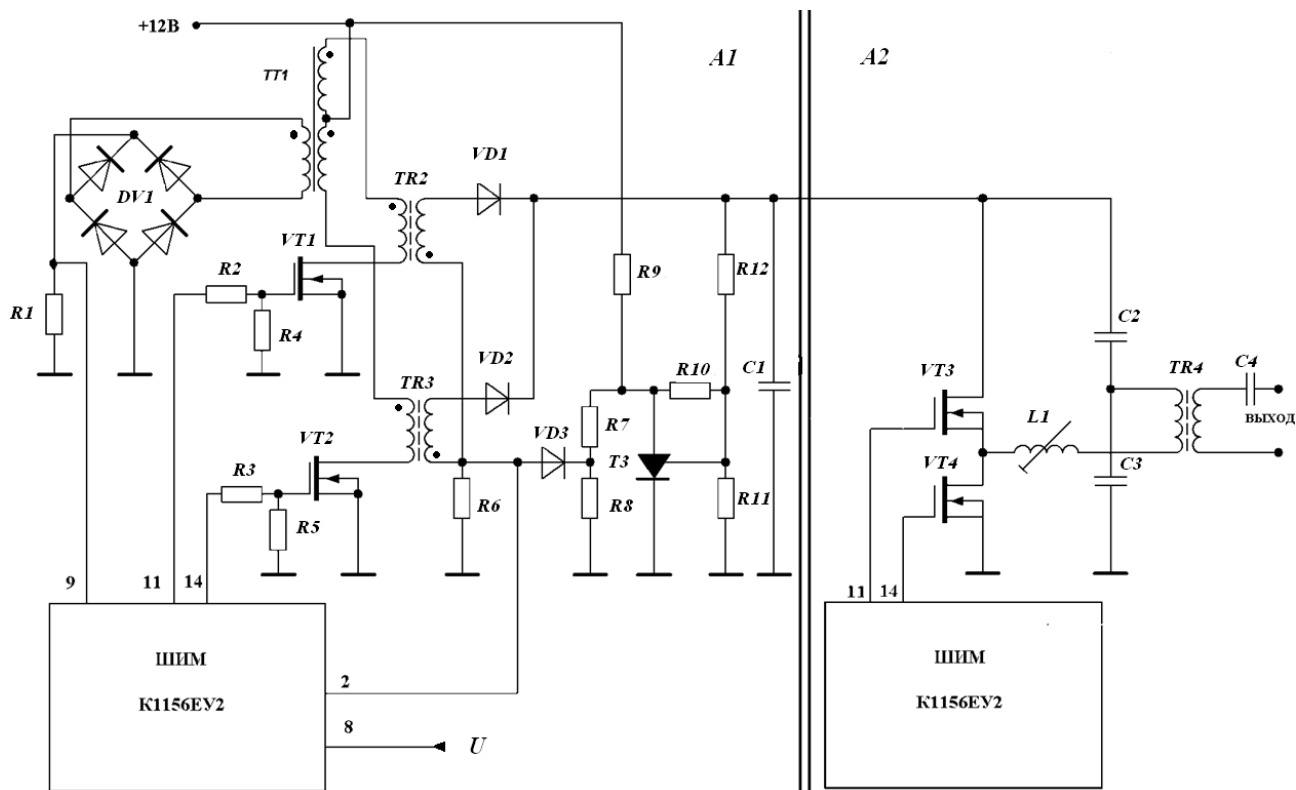


Рис. 3. Электрическая схема генератора

При протекании тока через трансформатор  $TT1$  во вторичной обмотке возникает ЭДС, выпрямляется диодным мостом  $DV1$ , нагруженным на резистор  $R1$ , напряжение поступает на усилитель в ШИМ контроллере. Резистором  $R1$  устанавливается порог срабатывания защиты. Если это напряжение достигает критического значения, то генерация импульсов прекращается.

Защита от холостого хода работает так: при превышении выходного напряжения  $A1$  максимальной величины срабатывает трёхвыводный регулируемый параллельный стабилизатор  $T3$ , вследствие этого потенциал на выводе 2 микросхемы ШИМ понижается до критического уровня, при котором генерация прекращается.

В процессе эксплуатации генератора возможно короткое замыкание между электродами. Для предотвращения выхода из строя генератора предусмотрена защита от короткого замыкания. При коротком замыкании потенциал на выводе 2 ШИМ микросхемы из-за резистора  $R6$  падает, генерация прекращается. Таким образом, осуществляется защита.

Блок  $A2$  представляет собой высокочастотный генератор, работающий на частоте 440 кГц. Схема включения трансформатора полумостовая. Это обеспечивает возможность сконструировать разделительный выходной трансформатор с наименьшей проходной емкостью с развязкой в 4 кВ.

Высокочастотный генератор, описываемый в статье, прошёл тестирование и внедрён в серийное производство. На рис. 4 показан внешний вид разработанного устройства, а в таблице даны его характеристики.

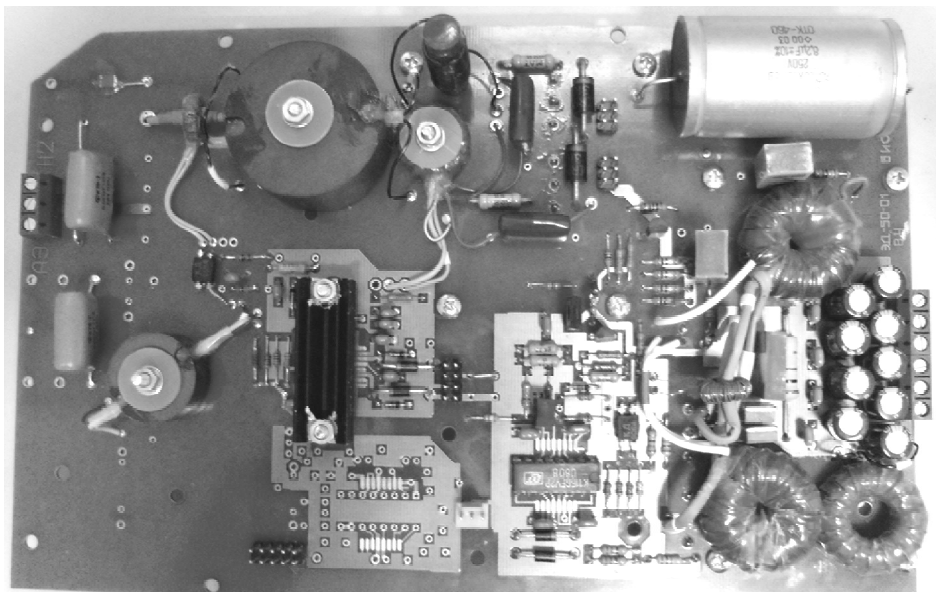


Рис. 4. Внешний вид готового устройства

#### Технические характеристики

Наименование	Значение
Напряжение питания, В	11–16
Потребляемая мощность, Вт	Не более 300
Диапазон выходной мощности, Вт	0–200
Рабочий диапазон сопротивления нагрузки, Ом	50–200
Диапазон управляющего напряжения, В	0–5
Пропускная емкость, пФ	Не более 40
Габариты, мм	220×140×65
Масса, кг	Около 0,7

#### Литература

1. Изделия медицинские электрические. ГОСТ 50267.0-92 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gost.ruscable.ru/cgi-bin/catalog/catalog.cgi?i=10182&l=>, свободный (дата обращения: 25.05.2010).
2. Документация K1156EУ2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sitsemi.ru/kat/1156eu23.pdf>, свободный (дата обращения: 25.05.2010).
3. Мэк Р. Импульсные источники. – М.: Додэка-XXI, 2008. – 272 с.
4. Электродеструктор проводящих путей сердца радиочастотный компьютеризированный ЭД-50-01-«БИОТОК ТУ 9444-003-42371130-2010: инструкция к прибору. – Томск: ООО «Лаборатория медицинской электроники «Биоток», 2010. – 1 с.

#### Шкарупо Семён Петрович

Студент каф. радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга ТУСУРа  
Тел.: 8-952-886-66-03  
Эл. почта: rk9uba@yandex.ru

#### Коблош Александр Сергеевич

Аспирант каф. комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем ТУСУРа  
Тел.: (382-2) 41-44-26  
Эл. почта: koblosh@biotok.ru

Shkarupo S.P., Koblosh A.S.

#### Development of a high frequency current generator for radiofrequency catheter ablations

Development of the high frequency current generator for radiofrequency catheter ablations is presented.

**Keywords:** generator, catheter, radiofrequency ablation.