

УДК 621.3.316.721

© П. А. Гнатюк, А. Г. Виноградов

ЭЛЕКТРОННЫЙ МОДУЛЯТОР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИМИ ЗАТВОРАМИ С НАРУШЕНИЕМ ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ

Модулятор формирует на пьезокерамических пластинах затвора последовательность разнополярных импульсов напряжения с регулируемой амплитудой, длительностью и задержкой импульсов относительно друг друга. Средняя потребляемая мощность при частоте 5 Гц не превышает 0.02 Вт, что позволило создать схему, работающую и от сети, и от собственного источника.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из компонентов лазерных систем является пьезокерамический затвор, управляемый электронным модулятором. Функционально затвор обеспечивает модуляцию добротности лазера. Помимо оптической системы затвор включает несколько механически и электрически связанных керамических пластин. Принцип работы затвора связан с изменением толщины пластин в случае приложения к ним импульсов напряжения положительной или отрицательной полярности. Так как пластины механически связаны с оптической системой, то изменение напряжения на пластинах приводит к изменению состояния оптической системы, которая либо пропускает, либо блокирует лазерное излучение. Механические процессы в керамических пластинах, находящихся на разных расстояниях от оптической системы, носят сугубо резонансный характер и требуют синхронизации. Для эффективного переключения затвора необходима синхронность воздействия на оптическую систему всех керамических пластин. Эту задачу решает электронный модулятор, формирующий на пластинах последовательность разнополярных импульсов напряжения определенной длительности, сдвинутых друг относительно друга на определенные временные интервалы. И длительности импульсов, и временные интервалы между ними зависят от геометрических размеров и конструкции компонентов затвора. Поэтому при построении схемы модулятора должна быть предусмотрена возможность изменения временных параметров импульсов в необходимых пределах (рис. 1а, 1б).

СХЕМА ЭЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯТОРА

На рис. 2а, 2б приведена принципиальная

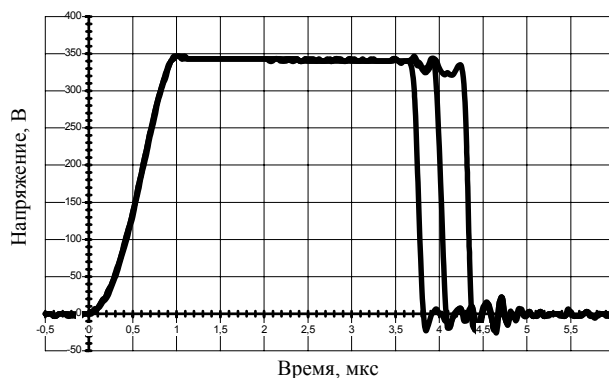


Рис. 1а. Осциллограмма импульсов в однополярном режиме

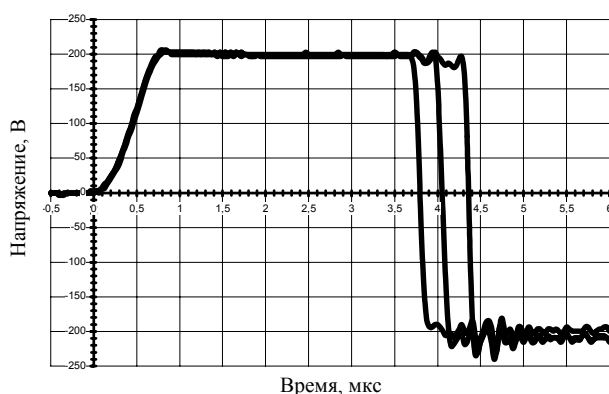


Рис. 1б. Осциллограмма импульсов в двуполярном режиме

электрическая схема модулятора, управляющего затвором с тремя пьезокерамическими пластинами.

Осциллограммы импульсов напряжения, формируемых модулятором на трех пластинах, показаны на рис. 1а и 1б.

Силовая схема модулятора (рис. 2а) включает один формирователь импульсов прямого напряжения (положительной полярности) на транзисторе Q1 и три формирователя импульсов обратного напряжения (отрицательной полярности) на транзи-

сторах Q5, Q6, Q7. Импульс прямого напряжения подается одновременно на три пластины модулятора, а импульсы обратного напряжения — каждый на свою пластину с регулируемой задержкой относительно друг друга. Формирователь импульсов прямого напряжения собран по схеме транзисторного ключа с нагрузкой в цепи истока.

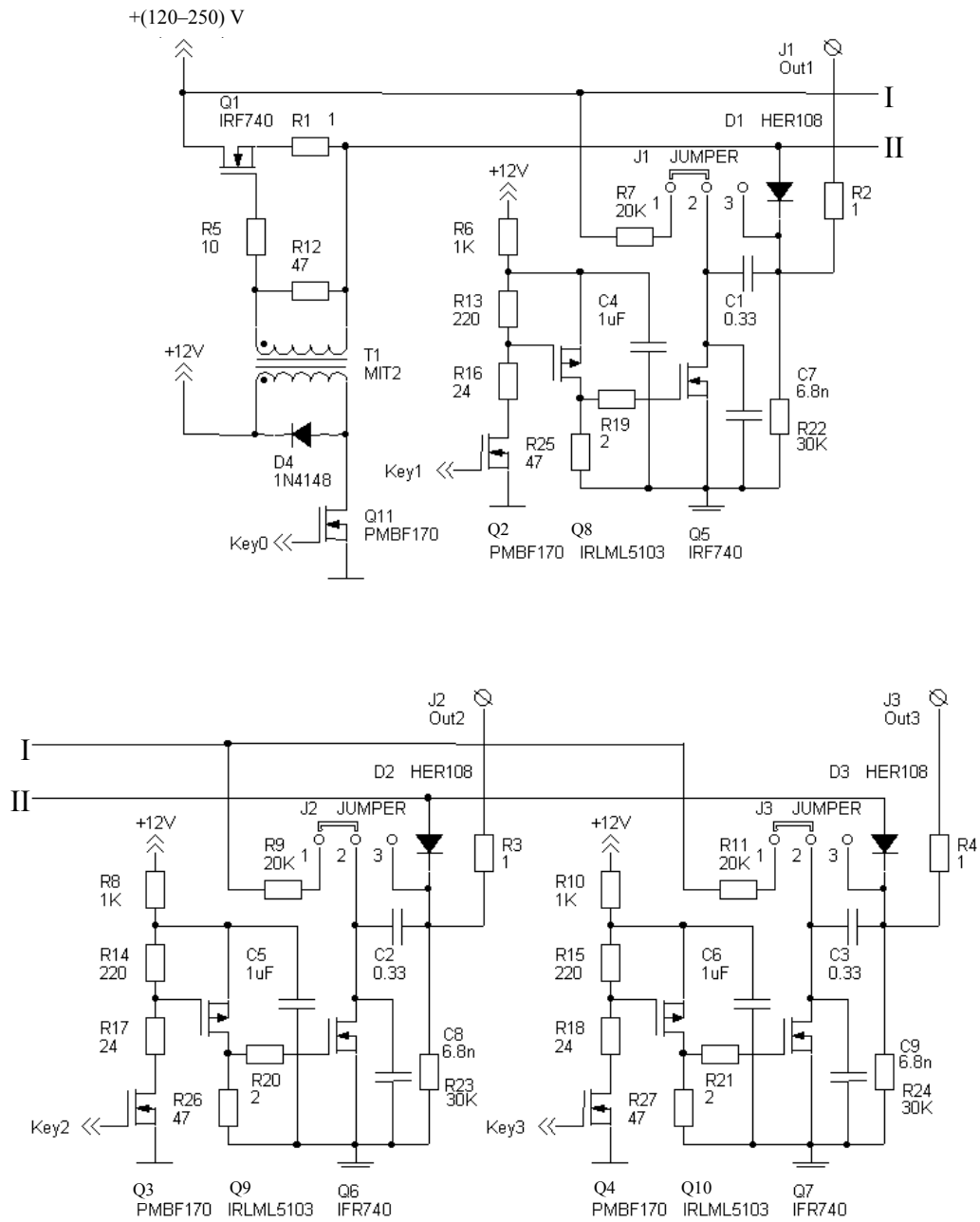


Рис. 2а. Электрическая схема модулятора. Силовая часть

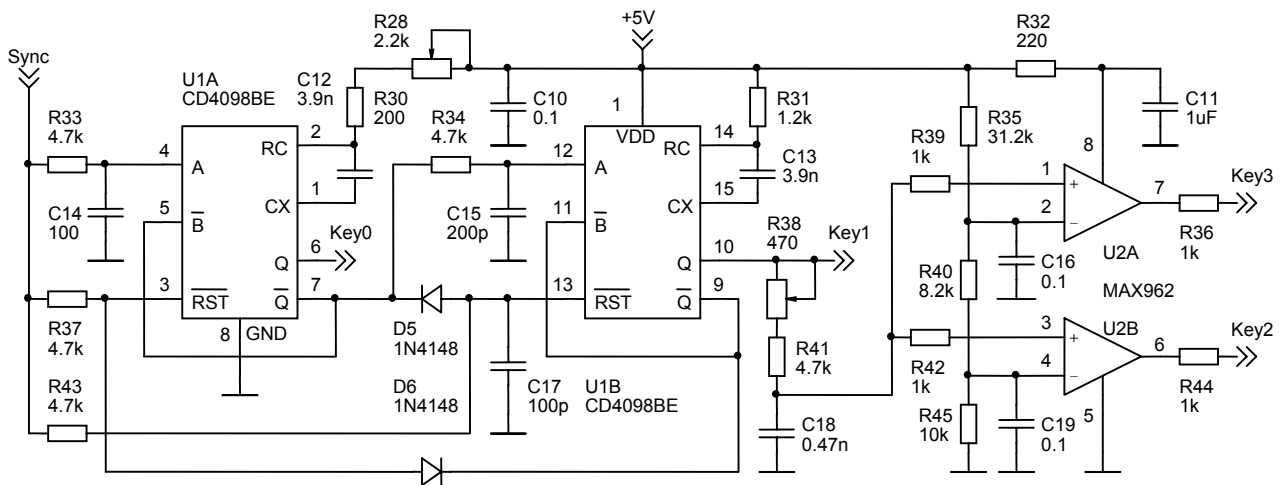


Рис. 26. Электрическая схема модулятора. Управление

Транзистор Q1 подключает напряжение +120 ... +250 В через низкоомные резисторы R2, R3, R4 и разделительные диоды D1, D2, D3 к трем пластинам модулятора (Out1, Out2, Out3). Формирователи импульсов обратного напряжения собраны по схеме модулятора с частичным разрядом накопительной емкости. Конденсаторы C1, C2, C3, заряжаемые в паузе до напряжения источника (120–250 В), через транзисторы Q5, Q6, Q7 последовательно подключаются к пластинам модулятора, формируя на них импульсы напряжения отрицательной полярности.

Схема управления (рис. 26) содержит одновибраторы U1A и U1B, формирующие прямоугольные импульсы регулируемой длительности, и компараторы U2A, U2B, обеспечивающие регулируемую задержку импульсов обратного напряжения относительно друг друга.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СХЕМЫ

Рассмотрим последовательность работы схемы. Синхроимпульсом, поступающим со схемы разрядного модуля на вход Sync, запускается одновибратор U1A (рис. 26). Сигнал с прямого выхода U1A (Key0) через усилитель с трансформаторным выходом на транзисторе Q11 (рис. 2а) включает формирователь импульсов прямого напряжения. Длительность этих импульсов регулируется резистором R28 в схеме U1A в диапазоне 1–5 мкс. Чтобы исключить ложный запуск одновибратора U1B, в период работы U1A осуществляется его стробирование по входу сброса RST через разделительный диод D5. По окончании импульса пря-

мого напряжения включается одновибратор U1B. При этом через разделительный диод D6 по входу сброса стробируется работа первого одновибратора. Импульс с прямого выхода U1B (Key1) через промежуточный усилитель на комплементарных транзисторах Q2, Q8 включает выходной транзистор Q5, формирующий первый импульс обратного напряжения.

Одновременно начинается заряд конденсатора C18, напряжение с которого подается на неинвертирующие входы компараторов U2A и U2B. На инвертирующие входы этих компараторов подаются опорные напряжения с делителя из сопротивлений R35, R40, R45. Как только напряжение на C18 достигнет меньшего из опорных напряжений, включается соответствующий выходной транзистор и формируется второй импульс обратного напряжения. Момент формирования третьего импульса обратного напряжения соответствует возрастанию напряжения на C18 до величины большего из опорных напряжений. Регулировка задержки второго импульса обратного напряжения относительно первого, а также третьего относительно второго осуществляется за счет изменения скорости заряда конденсатора C18. При линейном заряде конденсатора в начале импульса

$$\frac{du_c}{dt} = \frac{i_c}{C} \approx \frac{U}{RC}. \quad (1)$$

В этом выражении i_c и u_c — мгновенные значения тока через конденсатор и напряжения на конденсаторе, C и R — емкость зарядного конденсатора и суммарное сопротивление цепи заряда, U — напряжение на прямом выходе U1B. Задава-

ясь величиной опорного напряжения $U_{оп}$, из (1) найдем время задержки между импульсами

$$t_3 = RC \frac{U_{оп}}{U}.$$

В приведенной схеме для изменения величины du/dt предусмотрен потенциометр R38, обеспечивающий регулировку времени задержки в диапазоне 0.05–0.5 мкс. Величины сопротивлений R40 и R45 выбраны таким образом, чтобы задержки между импульсами обратных напряжений были одинаковыми.

В некоторых лазерных системах на пластины затвора подают только импульсы прямого напряжения. В схеме модулятора для реализации этого режима переключки (JUMPER), замыкающие клеммы 1 и 2 в формирователях обратного напряжения, устанавливаются в положение 2-3 и шунтируют накопительные конденсаторы C1, C2, C3. Кроме того, выходное напряжение внутреннего источника питания удваивается с помощью переключки в делителе напряжения обратной связи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При разработке схемы модулятора выбор режимов работы и типов электронных компонентов осуществлялся, исходя из условия высокой энергоэкономичности схемы. В частности, включение источника питания осуществляется непосредственно перед циклом формирования импульсов напряжения на пластинах. Внутренний источник питания собран на ШИМ-контроллере LT1073 по обратногоходовой схеме и при входном напряжении 5–12 В обеспечивает стабилизированное выходное напряжение, регулируемое в диапазоне 120–250 В в режиме двуполярных импульсов и 240–500 В — для однополярных. В итоге средняя потребляемая мощность при частоте 5 Гц составляет 0.02 Вт.

Принятые схемные решения позволили создать модулятор, работающий и от сети, и от стандартной батарейки с напряжением 9 В.

Приведем основные характеристики модулятора.

Амплитуда импульсов прямого напряжения, В	
для двуполярных импульсов	120–250
для однополярных импульсов	240–500
Длительность импульсов прямого напряжения, мкс	1–5
Длительность фронта импульсов прямого напряжения, мкс	0.8
Амплитуда импульсов обратного напряжения, В	120–250
Время коммутации с прямого напряжения на обратное при максимальных амплитудах импульсов, мкс	0.1
Время задержки импульсов обратного напряжения, мкс	0.05–0.5
Длительность импульсов обратного напряжения, мкс, не менее	10
Максимальная частота повторения импульсов, Гц	50
Входное напряжение, В	5–12
Потребляемая мощность при частоте 5 Гц, Вт	0.02

Разработанный блок управления затвором внедрен и тиражирован в объединении ЛОМО для использования в системе локации высоты облаков.

Санкт-Петербургский государственный институт точной механики и оптики (Технический университет)

Материал поступил в редакцию 10.04.2003.

ELECTRONIC MODULATOR FOR SHUTTER CONTROL WITH FRUSTRATED TOTAL INTERNAL REFLECTION

P. A. Gnatyuk, A. G. Vinogradov

Saint-Petersburg State Institute of Fine Mechanics and Optics (Technical University)

The modulator forms a sequence of bipolar pulses of controlled height, width, and interval at the piezoceramic plates of the optical shutter. The average power consumption at 5 Hz does not exceed 0.02 W, and the circuit can operate both from the mains and internal source.