

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА НАКАЧКИ CuBr-ЛАЗЕРА

Васнев Н.А.¹, Тригуб М.В.^{1,2}

Научный руководитель: Тригуб М.В.,

1 – Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

2 – Институт оптики атмосферы СО РАН, Россия, 634055, Томск, пл. Академика Зюева В.Е., 1

E-mail: vasnev.nickol@yandex.ru

На сегодняшний день лазерные системы весьма активно применяются для решения ряда задач, как в промышленности, так и в медицине. Широкое применение лазерных комплексов объясняется их многоплановостью и разнообразием. К ним предъявляется ряд требований, среди которых можно выделить регулировку основных параметров работающей лазерной системы в процессе ее эксплуатации. Другими словами, современные лазерные установки должны обладать системой управления, которая позволит пользователю без труда изменять текущий режим работы лазера.

Одним из приоритетных направлений в промышленности является визуализации быстротекущих процессов, экранированных от наблюдателя мощной фоновой засветкой [1]. Для решения задач в этой области используют лазеры на парах металлов, в частности, на парах меди. Работа любого лазера предусматривает накачку его активной среды. Для возбуждения лазеров на парах меди, довольно часто используют источники на базе газоразрядных коммутационных приборов, таких как тиратрон и модуляторные лампы. При этом для источника накачки весьма важное значение имеет длительность фронта импульса напряжения, поскольку при наибольшей крутизне фронта наблюдается более эффективное заселение резонансного уровня в сравнении с нижним метастабильным уровнем. Затянутость фронта, в свою очередь, способствует заселению нижних метастабильных уровней, в результате чего мощность генерации вынужденного излучения и его эффективность работы лазера падают. Применение уже упомянутых газоразрядных приборов в отличие от полупроводниковой техники обеспечивает коммутацию с высокой скоростью тока при напряжении порядка десятка кВ [2].

Помимо этого энергетические характеристики лазерного излучения зависят от частоты следования импульсов накачки, которая, в том числе, ограничена коммутационными способностями используемых газоразрядных приборов. Частотное ограничение коммутации обуславливается тем, что при эксплуатации газоразрядного прибора необходимо обеспечивать время для протекания процесса релаксации, необходимое для восстановления электрической прочности прибора [3]. Таким образом, частота следования импульсов накачки лазерного вещества может быть увеличена в два раза за счет работы двух коммутационных приборов на одну нагрузку.

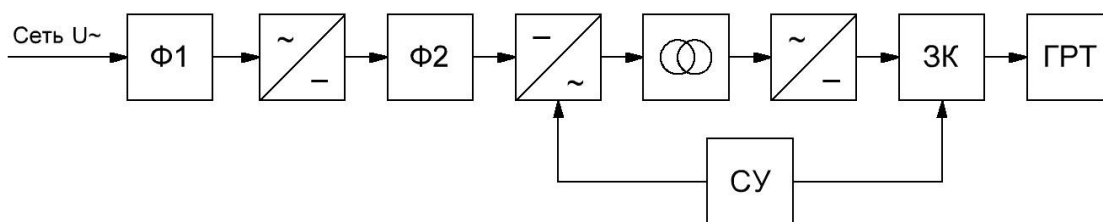


Рис. 1. Структурная схема источника с импульсным зарядом рабочей емкости: Ф1, Ф2 – фильтры, ЗК – зарядный контур, СУ – система управления, ГРТ – газоразрядная трубка.

Разработка такой системы управления для лазера на парах меди проводилась в Лаборатории квантовой электроники ИОА СО РАН г. Томск.

На рис.1 представлена структурная схема источника накачки лазера на парах меди с импульсным зарядом рабочей емкости [1, 3]. В качестве коммутационного прибора в зарядном контуре было решено использовать тиратрон в силу вышеуказанных достоинств данного прибора в сравнении с полупроводниковыми.

Кратко рассмотрим процессы в управляемой части схемы при работе одного тиратрона на газоразрядную трубку. Система управления формирует две серии импульсов, поочередно отпирающих два силовых транзистора, на которых построен управляемый инвертор. Через открытый транзистор происходит заряд накопительной емкости в зарядном контуре. После запираания транзистора следует задержка порядка 2 мкс, по окончании которой на сетку тиратрона приходит импульс от системы управления. Далее происходит коммутация тиратрона, и накопительная емкость разряжается на газоразрядную трубку.

Затем следует пауза, необходимая для протекания процессов релаксации тиратрона, после чего открывается другой транзистора и все процессы повторяются.

Работа двух тиратронов на одну газоразрядную трубку позволяет увеличить частоту накачки в два раза (см. рис. 2). Для реализации такой системы управления был выбран микроконтроллер STM32F100RB. Такой выбор обусловлен рядом достоинств данного микроконтроллера, среди которых можно выделить его большой функционал, сравнительно высокую частоту работы (24 МГц), большое количество внешних прерываний и различные режимы работы аналого-цифрового преобразователя. Последнее достоинство является одним из наиболее важных, поскольку использование АЦП позволяет осуществлять плавную регулировку частоты следования импульсов накачки, а также изменение временного интервала между генерируемыми импульсами управления.

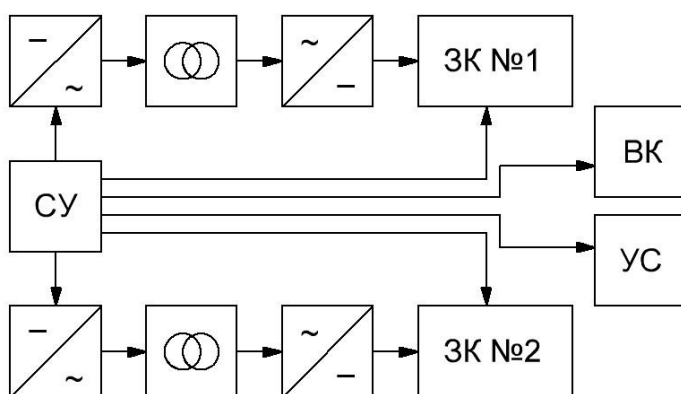


Рис. 2. Систему управления, работающая на два источника накачки: СУ – система управления, ЗК №1 и ЗК №2 – зарядные контуры 1 и 2 соответственно, ВК – видеокамера, УС – устройство синхронизации.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в выбранном микроконтроллере содержит 18 мультиплексированных каналов, позволяющих ему измерять сигналы от 16 внешних и двух внутренних источников. Высокая разрядность регистров (от 16-ти до 32-бит) без труда позволяет осуществлять логические операции над 32-х битными числами. Помимо группы регулярных каналов АЦП выбранного контролле-

ра содержит группу инжектированных каналов, которая может состоять максимум из 4-х преобразований. Особенностью использования инжектированных каналов является то, что результат преобразования каждого канала АЦП записывается в свой отдельный регистр. Именно использование группы инжектированных каналов позволило реализовать независимую регулировку времени длительности импульсов накачки и времени длительности паузы между ними.

Для реализации данной системы управления было использовано четыре внешних прерывания, два таймера-счетчика, а также АЦП. Как оговаривалось ранее, работа АЦП обеспечивает плавную регулировку необходимых временных интервалов. После завершения каждого преобразования инжектированной группы каналов выходной код АЦП подвергается необходимым логическим и арифметическим операциям, после чего полученный результат записывается в регистр таймера, содержимое которого определяет время его переполнения. Таймер отсчитывает время длительности каждого импульса и времени пауза между ними. Внешние прерывания нужны для обеспечения условий независимой регулировки указанных временных интервалов.

При использовании лазерных систем на парах меди для визуализации быстропротекающих процессов возникает также потребность в запуске видеорегирующего устройства и синхронизации его работы с исследуемым процессом. Для решения такого рода задач в разработанную систему управления целесообразно добавить блок, отвечающий за запуск устройства скоростной покадровой визуализации путем генерации синхроимпульса. На рис. 2 в качестве видеорегирующего устройства представлена видеокамера. Также рис.2 включает в себя блок УС (устройство синхронизации), который предназначен для обеспечения синхронизации работы видеокамеры необходимой точности.

Таким образом, частота импульсов накачки при работе двух газоразрядных коммутационных приборов может варьироваться от 50 до 100 кГц. Диапазон изменения длительности одного импульса накачки составляет от 10 до 50 мкс с шагом изменения до 3 мкс. Задержка перед запуском тиратрона является фиксированной и составляет 2 мкс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. И.В. Красников, М.В. Тригуб, Г.С. Евтушенко. Источник накачки sub μ -лазера с импульсным зарядом рабочей емкости // Вестник науки Сибири. - 2012. - № 5 (6). – С. 54 – 58.
2. В.М. Батенин, В.В. Бучанов, М.А. Казарян. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов – М.: «Научная книга». 1998 – 544 с.
3. Тригуб М.В., Огородников Д.Н., Димаки В.А. Исследование источника накачки лазера на парах металлов с импульсным зарядом рабочей емкости. // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27. № 12. С. 1112-1115.