

В. П. КИРИЕНКО, В. С. НАУМОВ

(Горький)

### ЗАРЯДНЫЙ ВЕНТИЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СО ЗВЕНОМ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ПИТАНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ОПТИЧЕСКИХ КВАНТОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

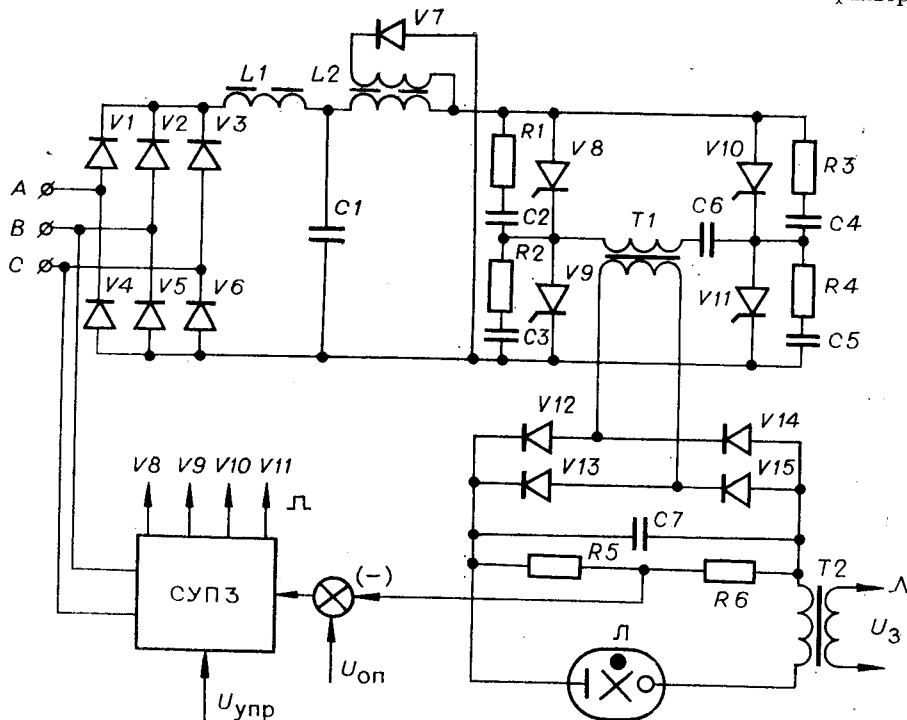
Значительное расширение круга задач, решаемых с помощью лазерных систем, работающих в импульсном режиме, тенденция к росту их мощности приводят не только к повышению уровня требований к энергетическим, весовым и габаритным показателям импульсных высоковольтных источников питания лазеров, но и к разработке новых схемных решений их построения на основе вентильных преобразователей, обладающих широкими функциональными возможностями.

Источник питания по существу представляет собой импульсный модулятор, предназначенный для питания газоразрядной лампы оптической накачки. Одним из основных функциональных элементов импульсного модулятора накачки является зарядный преобразователь, применяемый для преобразования электрической энергии и передачи ее в емкостный накопитель энергии (ЕНЭ).

Наиболее широкое применение в вентильных зарядных преобразователях находят ключевые схемы в сочетании с дозирующими реактивными элементами. Исходя из условий малой массы, высоких энергетических показателей целесообразно использовать в качестве ключевых схем автономные инверторы на тиристорах с трансформаторным выходом, работающие на повышенных частотах. Это позволяет не только осуществлять согласование напряжений первичного источника питания и ЕНЭ, но и полностью исключить из схемы специальные токоограничивающие элементы, повысить динамические и энергетические показатели преобразователя за счет возможности изменения закона управления зарядкой ЕНЭ соответствующим выбором параметров схемы.

В статье рассматривается зарядный вентильный преобразователь, входящий в источник питания импульсного твердотельного лазера и состоящий из неуправляемого трехфазного выпрямителя (диоды  $V1-V6$ ), сглаживающего  $LC$ -фильтра ( $L1, C1$ ), последовательного резонансного инвертора (тиристоры  $V8-V11$ ), согласующего повышающего импульсного трансформатора  $T1$ , накопительного импульсного конденсатора  $C7$ . Контур разряда ЕНЭ содержит лампу накачки  $\Lambda$  и устройство зажигания  $U_3$  (см. рисунок).

Выпрямленное напряжение, снимаемое с мостового выпрямителя, включенного в трехфазную промышленную сеть переменного тока, и сглаженное  $LC$ -фильтром,



Зарядный вентильный преобразователь со звеном повышенной частоты.

поступает на вход последовательного резонансного инвертора, нагрузкой которого является импульсный трансформатор Т1. При поочередном переключении тиристор-инвертора V8—V11 с повышенной частотой  $f=1-5$  кГц в первичной обмотке трансформатора Т1 возникают разнополярные импульсы ЭДС, под действием которых в его вторичной обмотке протекают импульсы зарядного тока ЕНЭ С7. При зарядке ЕНЭ до заданного значения напряжения вступает в действие система зажигания, и происходит быстрый его разряд на лампу накачки Л. Экспериментальные исследования показали, что при практической реализации зарядно-разрядных циклов в подобных схемах для повышения устойчивости работы резонансного инвертора и надежности преобразователя в период разряда ЕНЭ следует отключать зарядный контур от питающей сети. Ввиду этого для импульсных лазеров, работающих с постоянной частотой, система управления преобразователем (СУПЗ) в момент достижения необходимого уровня напряжения на ЕНЭ обеспечивает снятие управляющих импульсов с тиристор-инвертора и предусматривает повторное их включение с некоторой выдержкой времени.

Основным элементом высокочастотного преобразователя является последовательный резонансный инвертор в сочетании с высоковольтным импульсным трансформатором, вторичная обмотка которого через выпрямитель подключена к ЕНЭ. Включение первичной обмотки импульсного трансформатора в сочетании с коммутирующей емкостью резонансного инвертора С6 приводит к образованию высокодобротного контура, из-за чего резко возрастают величины тока и напряжения на реактивных элементах схемы, а это, в свою очередь, делает необходимым использование специального узла отвода избыточной реактивной энергии из коммутирующего контура инвертора\*. Применение с этой целью обратных диодов, шунтирующих тиристор, нежелательно, так как это приводит к существенному искажению формы передаваемого импульса, а следовательно, и к сокращению интервала передачи энергии в ЕНЭ. В рассматриваемой схеме узел отвода избыточной реактивной энергии из коммутирующего контура инвертора выполнен с помощью дополнительной обмотки входного дросселя инвертора L2 и обратного диода V7. Принцип работы этого узла основан на ограничении величины избыточной энергии в коммутирующем конденсаторе С6 путем ее перераспределения в обмотках входного дросселя L2.

Учитывая тот факт, что в процессе зарядки ЕНЭ режим работы импульсного трансформатора изменяется от короткозамкнутого до холостого хода, важной особенностью работы зарядного инвертора является то, что последний должен наряду с сохранением своей работоспособности во всем диапазоне изменения нагрузки реализовывать заданный закон управления процессом зарядки ЕНЭ. Так, например, при зарядке ЕНЭ в режиме неизменной потребляемой мощности из сети в рассматриваемой схеме необходимо осуществлять выбор параметров ее элементов таким образом, чтобы величина среднего значения тока в диагонали инвертора в процессе зарядки оставалась неизменной, а зарядная кривая приближалась к параболе.

Экспериментальные исследования проведены на макете при следующих параметрах схемы. Напряжение питающей сети — трехфазное, 220 В; диоды V1—V6—ВЛ-25-9, V12—V15—В2-320-18; тиристоры V8—V11—Т14-100-14; резисторы R1—R4—ПЭВ-40,40 Ом; конденсаторы C1, C7—МБГВ—100мкФ, 100 В, C2—C5—К15-5-0,15 мкФ, 3000 В (по 3 шт. параллельно), C6—МБГ4—4 мкФ, 750 В; дроссель L1—Д—0,04—1,4; L2—W1=W2=80; сердечник ШЛ 25×40 из стали Э-350 толщиной 0,08 мм; воздушный зазор 2 мм; импульсный трансформатор Т1—W1=17; W2=100; сердечник ШЛ 25×40 из стали Э-350 толщиной 0,08 мм.

Таким образом, предлагаемый вентильный преобразователь с автономным резонансным инвертором позволяет полностью исключить влияние состояния его нагрузки на питающую сеть и одновременно отказаться от специальных токоограничивающих элементов. При этом возникает возможность осуществлять управляемый процесс зарядки ЕНЭ в режиме неизменной потребляемой мощности из сети, что особенно важно для импульсных лазерных систем, работающих от автономного малоомощного первичного источника питания. Следует отметить, что высокая добротность контуров преобразователя обеспечивает также улучшение и энергетических показателей, которые определяются в основном потерями в стали импульсного трансформатора.

Простота регулирования средnezарядной мощности путем изменения частоты инвертора, современная элементная база зарядного контура, возможность использования модульной конструкции отдельных блоков позволяют на базе зарядного вентильного преобразователя со звеном повышенной частоты разрабатывать источники питания импульсных твердотельных лазеров с высокими энергетическими и массогабаритными показателями.

*Поступило в редакцию 16 декабря 1981 г.*

\* Беркович Е. П. и др. Тиристорные преобразователи высокой частоты.— Л.: Энергия, 1973.