مجله علوم و فنون هسته اي
شماره J. of Nuclear Sci. and Tech. ۱۳۸۱ ,۱۰-۱ No. 26, pp. 10-16, 2003

منابع تغذيه پالسي در ليزرهاي بخار مس

داود صالحي نيا*، كامران خراساني
مركز تحقيقات وكاربرد ليزر ، سازمان انرژي اتمي ايران، صندوق پستي: ۸۴۸۶- ۱۱۳۶۵, ايران - تهران

چكيده: منابع تغذيه‌اي كه به طور متداول در ليزرهاي پالسي با ساز وكار دمش الكتريكي بكار مي‌روند در واقع نوعي دستگاه مولّد پالس هستند. اين دستگاهها به علت كاربردهاي وسيعشان به ويژه در ليزرهاي پالسي از اهميت خاصي برخوردارند. در اين كار پژوهشي، ويژگيهاي يك دستگاه منبع تغذيه پالسي كه در ليزرهاي بخار فلزي از جمله ليزر بخار مس بكار برده مي‌شود مورد بحث قرار گرفته است. طرّاحي مدار، ساخت و اندازه‌گيري پارامترهاي بكار رفته نيز ارائه شده‌اند. بيشينه ولتاژ خروجي سيستم ۱۰ kV، پهناي پالس تقريباً ۱µs و شدت جريان متوسّط ۳۴۰ mA است. آهنگ تكرار پالس منبع تغذيه تا ۲۹ كيلوهرتز قابل تغيير است.

واژه هاي كليدي: *منبع تغذيه، ليزر بخار فلزي، ليزر بخار مس*

Pulsed Power Supplies in CVL Lasers

D. Salehinia*, K. Khorasani

Laser Research Center, AEOI, P.O.Box:11365- 8486, Tehran - Iran

Abstract: Power supplies which are commonly used in pulsed lasers with the mechanism of electrical pumping are in fact a kind of pulse generator. These systems are of particular importance due to their wide variety of applications, and their use in pulsed lasers are the most important subject of interest. In this article specifications of a pulsed generator which is designed for metal vapor lasers such as CVL lasers will be introduced. Details of the designed circuit, construction, and measurements of the working parameters will be also presented. The maximum output voltage is 10 kV with the pulse width of ~1µsec. The average current is 340 mA and the pulse repetition rate is 29 kHz.

Keywords: ***power supply, metal vapor laser, CVL laser***

---

*email:dsalehi@seai.neda.net
تاريخ پذيرش مقاله: ۱۳۸۱/۷/۲۷
تاريخ دريافت مقاله: ۱۳۸۰/۱۱/۲

۱ - مقدمه

ليزرهاي بخار فلزي به لحاظ نوع محيط فعّالشان، جزو ليزرهاي گازي محسوب مي‌شوند [۲و۱]. محيط فعّال اين نوع ليزرها، همانطور كه از نامشان برمي‌آيد، بخاريك فلز است. تبخير فلز به روشهاي گوناگون صورت مي‌گيرد، از جمله: حرارت دادن مستقيم فلز، بمباران فلز به وسيلهٔ باريكه‌هاي الكتروني، همچنين گرم كردن آن به روش ايجاد تخليه الكتريكي در يك گازكمكي مانند هليوم يا نئون كه بيشتر مورد توجّه است. چنانچه ليزرها برحسب نوع سيستم دمش طبقه بندي شوند جزو ليزرهايي با دمش الكتريكي پالسي دسته‌بندي مي‌گردند. با توجّه به نوع محيط فعّال وخواص فيزيكي فلز بكار رفته، مانند مشخّصات ترازهاي انرژي كه در فرايند ليزري دخالت دارند، همچنين مشخّصات و ابعاد كاواك ليزري، پالسهاي مورد نياز مشخّصات خاصي دارند [۶و۲]. در بعضي از ليزرهاي بخار فلزي، مانند ليزرهاي نمك فلزي، فرايند تشكيل محيط فعّال، يعني اتمهاي فلز مورد نظر، با تبخير نمك آن فلز و تشكيل بخار حاوي مولكولهاي آن، سپس شكستن اين مولكولها و جدا شدن اتمهاي فلز از نمك انجام مي‌گيرد. بنابراين، دو پالس مورد نياز است : پالس اول مولكولهاي نمك را شكسته و اتمهاي فلز را آزاد مي‌كند و پالس دوم عمل تحريك و فرايند ليزري را انجام مي‌دهد[۳].

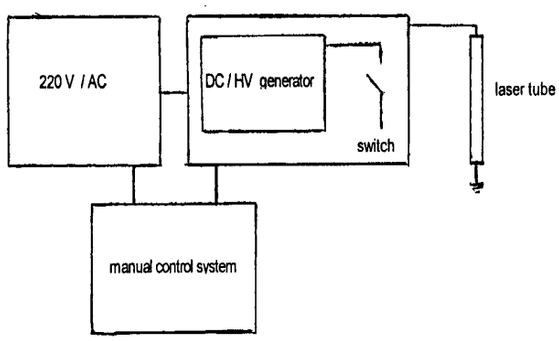
مشخّصات ليزرهاي بخار فلزي به ويژگيهاي فيزيكي اتمهاي فلزّ مربوط، مانند فاصله انرژي ترازهاي بالايي و پاييني ليزر و مدّت توقّف الكترونها در اين ترازها و همچنين به سينتيك محيط فعّال گازي و مشخّصات آن مانند فشار، دما، حجم، برخورد ذرّات تشكيل‌دهنده محيط فعّال با يكديگر و ديواره‌هاي لوله و ابعاد كاواك تشديدكننده بستگي دارد[۶و۴]. بنابراين قبل از طرّاحي و ساخت منبع تغذيه آنها بايد مشخّصات پالسهاي مورد نياز، ازجمله ولتاژ، زمان فرو افت، بسامد تكرار پالسها و غيره مشخص شود. بعنوان مثال، پاره‌اي از پالسهاي الكتريكي مورد استفاده در فرايند دمش يك نوع از ليزرهاي بخار مس به شرح زير است:

قلّه ولتاژ آنود لوله	kV ۵
پهناي پالس ولتاژ	µs ~۱
بسامد	kHz
۲۰ ~ زمان فرو افت	µs ۰/۳
زمان اوج	۰/ ۳ µs
شيب فروافت ولتاژ	~۱۷۰۰ V/µs

در طرّاحي منبع تغذيه اي با مشخّصات پيش‌گفته لازم است به عوامل مهمّ ديگري مانند بازدهي دستگاه، حجم آن و قيمتي كه تمام مي‌شود نيز توجّه داشت.

۲- اساس‌كارمنابع تغذيه ليزرهاي بخار فلزّي

اساس كار منابع پالسهاي الكتريكي با ولتاژ زياد و بسامد نسبتاً بالا را مي‌توان چنين بيان كرد: توسّط يك دستگاه مبدّل AC به DC، شامل ترانسفورماتور افزاينده ومدار يكسوكننده، خط ولتاژDC توليد مي‌شود سپس اين ولتاژ به وسيلهٔ يك كليد الكترونيكي روي دو سرلوله ليزر كليدزني مي‌شود (شكل۱).



شكل۱- ساختار اساسي منبع تغذيه پالسي

بنابراين درآغاز كار مي‌توان اين دستگاه را به سه قسمت

شامل سيستم كنترل دستي (كليدها، فيوزها و نشانگرها)، كليد الكترونيكي و منبع تغذيه DC تقسيم بندي نمود. قسمت اول همانند سيستمهاي كنترلي و نظارتي رايج است و از پرداختن به جزئيات آن صرفنظر مي‌شود.

۲-۱-كليد الكترونيكي

اين كليد بايد با آهنگ تكرار زياد (در محدوده‌ٔ ٥ تا ۲٥ كيلوهرتز) ودر مدّت كوتاهي، حدودچند ميكرو ثانيه، عمل كليدزني را انجام دهد. شايد بتوان گفت كه مناسبترين كليد با چنين ويژگيهائي لامپ تايراترون[۱] است. اساس كار اين لامپ در حالت اتّصال بر پايه ايجاد تخليه الكتريكي در گاز هيدروژن قرار دارد. لامپ بايد توسّط سيستمي تحت كنترل و فرمان قرارگيرد يا به

اصطلاح آتش شود. بنابراين مداري به

عنوان مدار فرمان يا تريگر[۲] لازم است تا از طريق اعمال پالسهايي به پايه فرمان[۳] تايراترون عمل كليد زني آنرا كنترل كند[٥]. مشخّصات پالسهاي تريگر بستگي به نوع و مدل تايراترون بكار رفته دارد به عنوان مثال بعضي از مشخّصات پالسهاي لازم براي راه اندازي مدلي از تايراترون عرضه مي‌شود:

قلّه ولتاژ ۵۰۰-۱۲۰۰V

پهناي پالس ولتاژ ۳-۷μ s

بسامد ~ ٥٠ k Hz

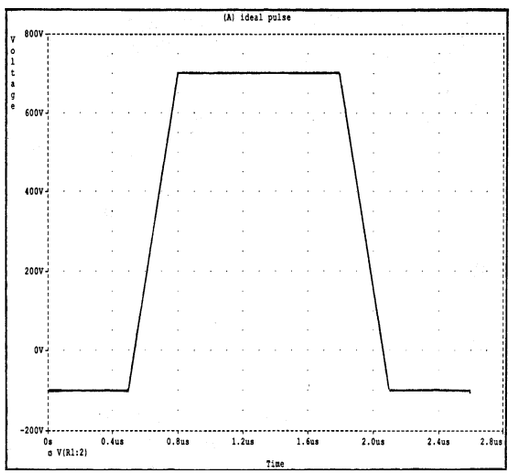
شيب فروافت پالس ولتاژ ۱۷۰۰ V /μ s

قلّه شدّت جريان ~ ۱۰ A

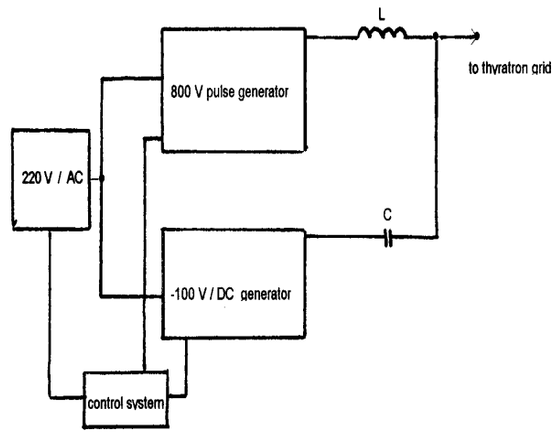
پس از وصل شدن تايراترون معمولاً لازم است با اعمال بايا‌س معكوس سريعاً آنرا به حالت قطع بازگرداند، ولتاژ بايا‌س معكوس حدود ۱۰۰V است. پالسهاي فرمان مورد نياز براي تايراترون در شكل ۲ نشان داده شده‌اند.

شكل ۳، طرح كلي مداري را كه با آن مي‌توان پالسها را توليد كرد نشان مي‌دهد. مدل طراحي شده نيز در شكل ٤ نشان داده شده است.

در اين طرح و در بخش مولّد پالسهايV ۸۰۰ ، ازيك مدار مولّد پالسهاي V ۱۲ كه در آن " LM331 " بكار رفته است استفاده مي‌شود بطوريكه پهناي پالسهاي توليد شده در آن، به وسيله‌ٔ مدار مشتقگير تا اندازه مورد نظر تنظيم مي‌شود و از اين پالسها براي راه‌اندازي يك كليد، مانند SCR[٤] يا IGBT[٥] استفاده



شكل٢- پالس تريگر



مي‌گردد. اين كليد ولتاژي در حدود ٤٠٠V.DC را كليدزني مي‌كند و در نتيجه، پالسهايي با ولتاژ تقريباً ٤٠٠ V توليد مي‌شوند.

شكل٣- مدلي از مدار مولّد پالسهاي تريگر همراه با بايا‌س منفي

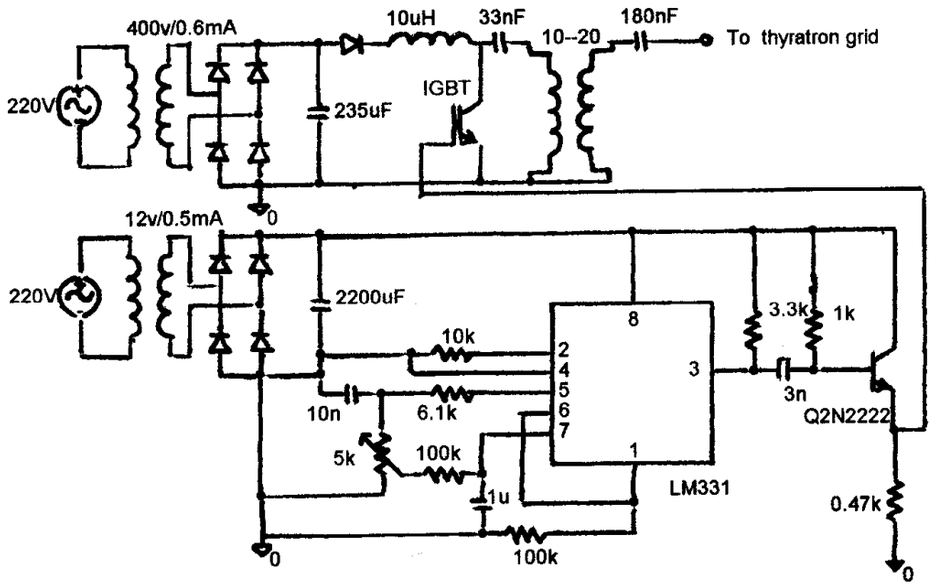
طرح كلّي اين مدار در شكل ٥ نشان داده شده است.

ترانسفورماتور پالس اين مدار داراي هسته فريّتي است كه ولتاژ ٤٠٠ پالسهاي توليد شده را تا حدود٨٠٠V بالا مي‌برد.

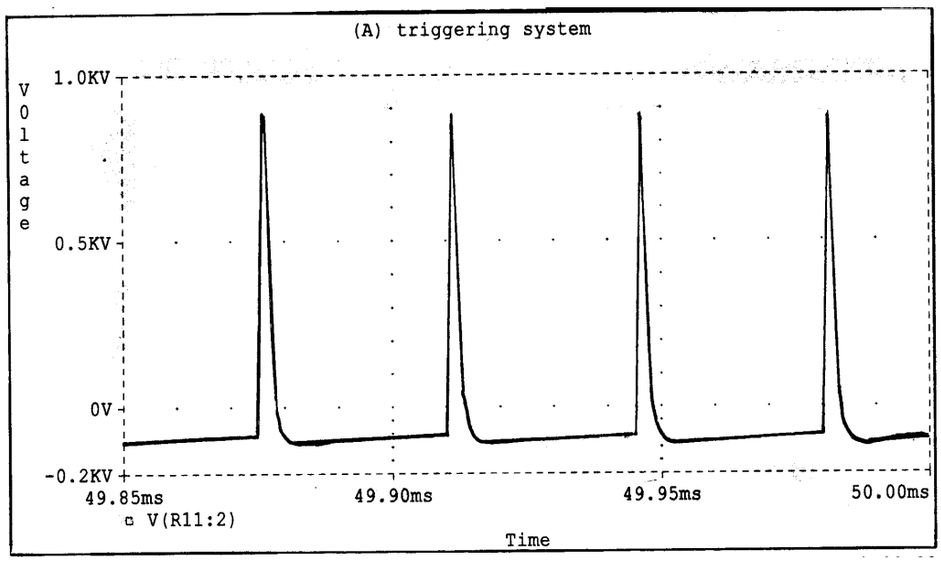
نمونه‌اي از پالسهاي مدار فرمان طرّاحي شده، كه توسط نرم افزار Spice تحليل گرديده، در شكل ٦ نشان داده شده است.

پالسهاي حاصل از مدار طراحي شده درحالت بدون بار در شكل ٧ و پالسهاي اين مدار در حالت اتّصال به تايروترون در شكل ٨ نشان داده شده اند.

شكل ٤- مدل تريگر طراحي شده



شكل٥- مدارمولّدپالس تريگر بدون بايا‌س معكوس



شكل ٦- نمونه اي ازپالسهاي مدار فرمان

شكل۷- پالسهاي ولتاژ حاصل از مدار تريگر طراحي شده درحالت بدون بار.

شكل۸- پالسهاي ولتاژحاصل از مدار تريگر طراحي شده در حالت اتصال به تايروترون.

۳- منبع DC

با استفاده از مدارهاي ديودي و روشهايي مانند آن مي‌توان، ولتاژ را تا حدود دو برابر افزايش داد. بنابراين براي كم كردن حجم سيستم و قيمت تمام شده آن كافي است در بخش مدار DC،

ولتاژي در حدود نصف ولتاژ مورد نظر توليد و با استفاده از مدارهاي ديودي آنرا دو برابر كرد. طرح كلي اين

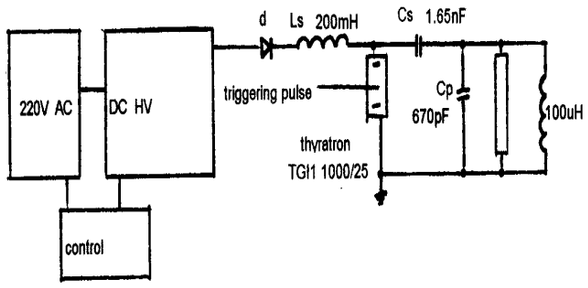
قسمت در شكل ٩ نشان داده شده است.

C_s خازن ذخيره‌سازي وC_p خازن باريك كننده‌ٔ پالس[٦] است. اين مدار در واقع شامل دو مدار باردار‌كردن و تخليه است كه در مرحله باردار‌كردن خازن C_s شارژ مي شود و در مرحله‌ٔ تخليه خازن C_p از طريق L_2 (قبل از شروع تخليه الكتريكي) و يا در لوله (بعد از شروع تخليه الكتريكي) تخليه مي‌گردد. در شكل١٠ پالسهاي ولتاژ آند تايراترون نشان داده شده است.

٤- بحث ونتيجه گيري

ويژگي منبع تغذيه‌اي كه در آزمايشگاه ليزر بخار مس "مركز تحقيقات وكاربرد ليزر" ساخته شده اين است كه طرّاحي آن به طور كامل در اين آزمايشگاه انجام گرفته وتمام قطعات بكار رفته در آن نيز از بازار داخلي كشور تهيه شده است؛ در نتيجه، قيمت تمام شده آن مناسب مي‌باشد و بخش تريگر آن را مي‌توان به عنوان دستگاه مادر در راه اندازي انواع مختلف تايراترونها بكار برد، زيرا دامنه‌ٔ بسامد آن تا KHz ٢٩ است و ساير مشخّصات آن نيز براي انواع تايروترونهايي كه در ليزرهاي بخار مس بكار مي‌روند مناسبت دارد. همچنين، بيشتر بخشهاي دستگاه، قبل از ساخته شدن، به وسيله‌ٔ نرم افزارهايي مانند Pspice و Mathcad تجزيه وتحليل شده‌اند. علاوه براين، بنا به نيازمي‌توان بعضي از مشخّصات دستگاه را با انجام تغييراتي، از جمله تغيير پهناي پالس وتغيير زمان صعود پالسهاي تريگر تغيير داد.

درجدول ١ بعضي از مشخّصات اين مدار با تريگر موجود در منبع تغذيه مدل CVL 20 ساخت كشور چين مقايسه شده است.



شكل٩- طرح كلي مدار باردار كردن و تخليه

جدول ١ - مقايسه پاره‌اي از مشخّصات مدار تريگر طراحي شده با مدار تريگر مورد استفاده در منبع تغذيه CVL 20 ساخت كشور چين .

مشخصات مدارها	مدار تريگر طراحي شده	مدار تريگر ساخت چين
بسامد كار(KHz)	٢٩	٨
كليد الكترونيكي	IGBT	SCR وتايروترون كوچك
پهناي پالس(µs)	٠/٥-٣	٣
ابعاد مدار(cm) (ارتفاع×عرض×طول)	٢٨×٢٢×١٢	٧٠×٥٠×٢٢

شکل ۱۰ - پالسهاي ولتاژ آند تایراترون

پی‌نوشت‌ها :

۱- thyrotron
۲- trigger
۳- gate
٤ - silicon controled rectifier
٥- insulated gate bipolar transistor
٦- sharpening capacitor

References:

1. W. T. Walter ,N. Soltimene, M. Piltch, "Efficient pulsed gas discharge lasers," IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. QE-2, No.9, 474 (1966).

2. J. T. Verdeyen, Laser Electronics, 2 nd edition, Printice – Hall International, Inc, 305-360 (1989).

3. A. A. Vetter, "Quantitive effect of initial current rise on pumping the double pulsed copper chloride laser," IEEE Jornal of Quantum Electronics, Vol. QE-13, No.11, 889 (1977).

4. L. J. Kieffer, "A compilation of electron collision cross section data for modeling gas discharge laser," JILA Infornation Center Report Sep, No.13 (1973).

5. K. G.Rischmuller, "Switching with MOSFET, s and IGBT,s, 50 Hz to 200 kHz," Conf. Record 1990, PCIM Europe Conf. (1990).

6. P. A. Bokhan, V. A. Gerasimov, "Optimization of the excitation condition in a copper vapor laser," Sov. J. Quantum Electron. Vol.8, No.3, 273 (1979).