

**PROIECTAREA ȘI REALIZAREA SURSEI LINIARE DE CURENT CONTINUU
PENTRU CIRCUITUL DE COMUTARE LA TENSIUNE ZERO**

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A LINEAR DIRECT CURRENT POWER
SUPPLY FOR A ZERO VOLTAGE SWITCHING CIRCUIT**

Cosmin PĂDURE,

Specialitatea Inginerie și Management în Construcții de Mașini, gr. IMCM 2201,
Coordonator științific: **Nicolae BALCĂNUȚĂ**, dr., conf. univ.,
Centrul Universitar „Bogdan Petriceicu Hasdeu” din Cahul
al Universității Tehnice a Moldovei

Rezumat: *Lucrarea prezintă proiectarea, realizarea și validarea experimentală a unei surse liniare de curent continuu destinate alimentării unui circuit de comutare la tensiune zero (Zero Voltage Switching, ZVS). Tema pornește de la necesitatea asigurării unei alimentări stabile pentru montajele ZVS, în care regimul de oscilație și eficiența depind direct de calitatea tensiunii furnizate. Soluția propusă include un transformator de coborâre cu trei trepte de tensiune pe secundar, de 12 V, 24 V și 36 V, un comutator manual de selecție, o punte redresoare și un filtru capacitiv. Un element distinctiv al lucrării îl constituie utilizarea diodelor Schottky în puntea redresoare, alegere justificată prin reducerea căderii de tensiune, a pierderilor energetice și a solicitărilor termice. Cercetarea a fost finalizată prin realizarea practică a blocului complet de alimentare, echipat cu instrumente analogice de măsură, ceea ce a permis verificarea funcționării în condiții de laborator. Rezultatele obținute confirmă că soluția propusă este simplă, robustă și adecvată pentru aplicații experimentale și didactice, contribuind totodată la dezvoltarea competențelor de proiectare și cercetare ale studentului.*

Cuvinte-cheie: *sursă liniară, circuit ZVS, diode Schottky, redresare, alimentare experimentală*

Abstract: *This paper presents the design, construction, and experimental validation of a linear direct current power supply intended for a zero voltage switching circuit. The research is based on the need to ensure a stable power source for ZVS systems, where the oscillation regime and overall efficiency depend directly on the quality of the supplied voltage. The proposed solution includes a step-down transformer with three secondary voltage levels, 12 V, 24 V, and 36 V, a manual selector switch, a bridge rectifier, and a capacitive filter. A distinctive feature of the work is the use of Schottky diodes in the rectifier bridge, selected because of their reduced voltage drop, lower power losses, and improved thermal behavior. The study was completed through the practical implementation of the full power supply block, equipped with analog measuring instruments, which made it possible to verify its operation under laboratory conditions. The obtained results confirm that the proposed solution is simple, robust, and suitable for experimental and educational applications, while also supporting the development of the student's design and research skills.*

Keywords: *linear power supply, ZVS circuit, Schottky diodes, rectification, experimental power block*

Electronica de putere modernă urmărește, în mod constant, reducerea pierderilor energetice și creșterea randamentului sistemelor de conversie, (Zero Voltage Switching ZVS). În acest context, tehnicile de comutație rezonantă au devenit deosebit de

importante, deoarece permit diminuarea solicitărilor electrice și termice asupra componentelor active. Literatura de specialitate arată că performanța convertoarelor depinde nu doar de topologia adoptată, ci și de modul în care energia este transferată și controlată în regim dinamic [2, 7]. În cazul circuitelor de comutare la tensiune zero, interesul este cu atât mai mare, deoarece aceste montaje reduc pierderile de comutație prin comandarea tranzistoarelor în momentele în care tensiunea la bornele lor este nulă sau foarte mică.

Importanța practică a unei astfel de soluții este strâns legată de comportarea dispozitivelor semiconductoare de putere. MOSFET-urile utilizate în convertoarele de frecvență înaltă sunt influențate de parametri precum pierderile la comutație, disiparea termică și regimul de tensiune suportat în stare blocată. Din acest motiv, alegerea unei topologii de tip ZVS contribuie la protejarea dispozitivelor și la creșterea eficienței globale a instalației [3]. În practică, una dintre cele mai cunoscute și accesibile soluții este convertorul ZVS de tip Mazzilli, utilizat frecvent în montaje experimentale și aplicații de înaltă tensiune [6]. Schema sa de principiu este bine cunoscută în literatura tehnică aplicativă și a constituit punctul de plecare pentru numeroase realizări practice [5].

Pe baza acestor considerente, în lucrarea de față s-a urmărit proiectarea și realizarea unei surse liniare de curent continuu, destinată alimentării unui circuit de comutare la tensiune zero. Alegerea unei surse liniare a fost motivată de necesitatea unei soluții simple, robuste și ușor de analizat în condiții de laborator. Spre deosebire de o sursă în comutație, care ar introduce un nivel suplimentar de complexitate, o sursă liniară permite observarea clară a etapelor de transformare a energiei: coborârea tensiunii, redresarea și filtrarea. În plus, aceasta este potrivită pentru scopuri didactice și experimentale, deoarece evidențiază într-o manieră directă rolul fiecărui bloc funcțional din instalație.

Sursa realizată este alcătuită dintr-un transformator de coborâre, un comutator de putere pentru selectarea tensiunii de ieșire, o punte redresoare și o baterie de condensatoare pentru filtraj. Transformatorul a fost prevăzut cu trei trepte de tensiune pe secundar, de 12 V, 24 V și 36 V, ceea ce permite adaptarea regimului de alimentare în funcție de condițiile experimentale. Această soluție oferă flexibilitate în exploatare și asigură posibilitatea testării circuitului ZVS la niveluri diferite de tensiune, fără modificări structurale ale montajului.

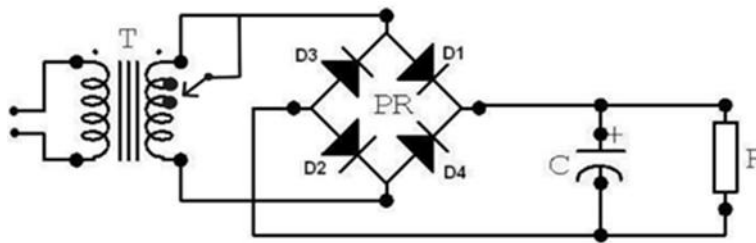


Figura 1. Schema generală a sursei liniare de alimentare pentru circuitul ZVS
Sursa: preluată din sursa [8]

Schema generală evidențiază traseul energetic al sursei. Tensiunea alternativă furnizată de transformator este aplicată unei punți redresoare, iar după redresare semnalul este filtrat prin condensatoare electrolitice. Rolul filtrului este de a reduce ondulațiile și de a furniza o tensiune continuă suficient de stabilă pentru alimentarea etajului ZVS. Într-un circuit rezonant, această stabilitate este importantă, deoarece variațiile mari ale tensiunii de alimentare influențează regimul de oscilație, frecvența de lucru și solicitarea tranzistoarelor.

Un element de originalitate al lucrării îl reprezintă utilizarea diodelor Schottky în puntea redresoare. În locul unei punți clasice compacte, s-a ales realizarea redresorului din patru diode Schottky, implementate practic sub forma a două capsule duale cu catod comun.

Această interpretare constructivă permite montarea ușoară pe radiator și conduce la îmbunătățirea regimului termic al sursei. Avantajul fundamental al diodelor Schottky constă în căderea redusă de tensiune în conducție, ceea ce înseamnă pierderi mai mici și o disipare termică mai redusă în comparație cu diodele redresoare convenționale.

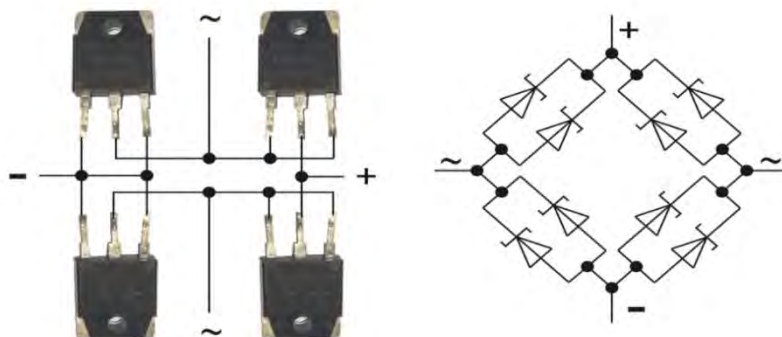


Figura 2. Configurația punții redresoare realizate cu diode Schottky

Sursa: preluată din sursa [3]

Din punct de vedere energetic, folosirea diodelor Schottky conduce la o soluție mai eficientă, deoarece puterea disipată pe elementele redresoare scade semnificativ. În raport cu punțile redresoare utilizate în mod tradițional, cum este KBP5010, soluția adoptată în acest proiect permite un regim termic mai favorabil și o încălzire mai redusă a radiatorului. Acest aspect este deosebit de important în instalațiile de laborator, unde funcționarea repetată și testarea în diferite regimuri pot genera solicitări termice considerabile.

Dincolo de structura teoretică, proiectul a fost materializat într-un bloc complet de alimentare. Acesta include transformatorul de putere, puntea redresoare montată pe radiator, condensatoarele de filtrare, aparatele analogice de măsură pentru tensiune și curent și comutatorul manual de selecție a tensiunii. Realizarea practică a confirmat faptul că schema proiectată poate fi implementată cu succes într-o instalație experimentală funcțională.

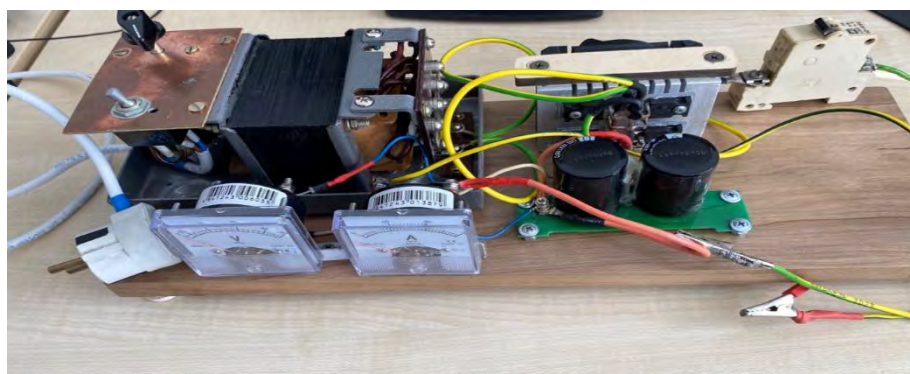


Figura 3. Blocul complet de alimentare realizat

Sursa: elaborat de autor conform experimentului

Fotografia blocului de alimentare evidențiază corespondența fizică a schemei teoretice și demonstrează modul în care au fost integrate componentele într-un ansamblu coerent. Se observă transformatorul, elementele de redresare și filtraj, precum și

instrumentele de măsură, care permit monitorizarea parametrilor electrici în timpul funcționării. Din perspectivă didactică, această realizare este valoroasă deoarece transformă noțiunile teoretice în obiect de studiu concret, ușor de analizat și verificat experimental.

Integrarea sursei în instalația ZVS oferă și o justificare aplicativă importantă. Convertorul ZVS de tip Mazzilli este utilizat în numeroase aplicații de înaltă tensiune, inclusiv în surse experimentale destinate electrospinning-ului fără ac sau altor procese care necesită tensiuni mari și comandă rezonantă [4]. În acest sens, blocul de alimentare realizat nu reprezintă doar un exercițiu tehnic izolat, ci o etapă fundamentală în construcția unei instalații funcționale capabile să susțină cercetări aplicative.

În raport cu schema driverului flyback ZVS de tip Mazzilli, sursa liniară de curent continuu realizată în cadrul lucrării îndeplinește funcția de bloc energetic primar, având rolul de a furniza o tensiune stabilă și suficient de bine filtrată pentru menținerea regimului autooscilant al convertorului. Deși performanța topologiei ZVS este legată în mod direct de configurația rezonantă a etajului de comutație, funcționarea practică a montajului depinde în aceeași măsură de calitatea sursei de alimentare, deoarece variațiile de tensiune, undulațiile excesive sau instabilitatea în sarcină pot influența atât frecvența de lucru, cât și solicitarea termică a tranzistoarelor și a elementelor reactive [2, 7]. Din această perspectivă, sursa proiectată nu trebuie privită ca un subsistem auxiliar, ci ca o parte integrantă a instalației ZVS, responsabilă pentru condițiile inițiale și permanente de funcționare ale convertorului. Alegerea unei surse liniare cu transformator de coborâre, redresare și filtraj capacitiv a fost justificată prin robustețe, simplitate constructivă și posibilitatea de a obține mai multe trepte de tensiune utile în regim experimental. Totodată, utilizarea acesteia permite evaluarea comportării circuitului ZVS la diferite valori de alimentare, respectiv 12 V, 24 V și 36 V, ceea ce oferă un cadru adecvat pentru observații comparative și validări practice. În acest mod, legătura dintre sursa liniară și etajul de comutare la tensiune zero devine una funcțională și metodologică, deoarece blocul de alimentare susține nu doar regimul electric al instalației, ci și analiza experimentală a topologiei Mazzilli în condiții controlate [3, 5].

În consecință, pentru a asigura alimentarea controlată a convertorului ZVS și pentru a crea condiții stabile de experimentare, a fost proiectată și realizată o sursă liniară de curent continuu, a cărei structură funcțională este prezentată în figura următoare.



Sursa: preluată din sursa [9]

Așa cum se observă în Fig. 4, funcționarea montajului se bazează pe alternanța controlată a celor două ramuri simetrice, ceea ce permite excitarea eficientă a înfășurării primare și menținerea regimului rezonant necesar comutării la tensiune zero.

Concluzii: Proiectarea și realizarea sursei liniare de curent continuu pentru alimentarea unui circuit de comutare la tensiune zero au demonstrat importanța blocului de alimentare în funcționarea stabilă a unui sistem rezonant. Soluția adoptată, bazată pe transformator cu trepte multiple de tensiune, redresare cu diode Schottky și filtraj capacitiv, s-a dovedit adecvată pentru utilizare experimentală și didactică. Utilizarea diodelor Schottky a permis reducerea pierderilor și a solicitărilor termice, iar realizarea practică a blocului de alimentare a confirmat viabilitatea soluției propuse. În același timp, lucrarea evidențiază faptul că activitatea de proiectare și construcție a unei surse aparent simple poate deveni un demers științific relevant atunci când este fundamentată, argumentată și verificată experimental. Prin această perspectivă, proiectul contribuie atât la dezvoltarea unei instalații funcționale, cât și la formarea competențelor de cercetare ale studentului.

Bibliografie:

1. Baliga B. J. *Power Semiconductor Devices*. 3rd ed. PWS Publishing, 2008.
2. Erickson R. W., Maksimovic, D. *Fundamentals of Power Electronics*. 2nd ed. Springer, 2001.
3. Erbis A. Diodnii most Šottki [video online]. În: YouTube, 13 septembrie 2024 [citât 18.04.2026]. Disponibil: <https://youtube.com/watch?v=-I5BG0YhKds>
4. Gomez M. A. et al. „Design and Development of a Series-configuration Mazzilli Zero Voltage Switching Flyback Converter as a High-voltage Power Supply for Needleless Electrospinning”. În: *Journal of Electrostatics*, 2017, vol. 85, pp. 1–8.
5. Mazzilli V. *Mazzilli ZVS Flyback Converter Circuit* [online]. ResearchGate [citât 18.04.2026]. Disponibil pe ResearchGate.
6. Mazzilli V. *ZVS Flyback Driver* [online]. Tefa's Electronics [citât 18.04.2026]. Disponibil pe site-ul Tefa's Electronics.
7. Rashid M. H. *Power Electronics Handbook*. 4th ed. Academic Press, 2018.
8. Rusu C. Aplicații ale diodelor redresoare [online]. Bistrița: Electronică Teorie și practică, 2012 [citât 18.04.2026]. Disponibil: <https://eprof.ro/docs/electronica/carte/diode-redresoare-aplicatii.pdf>
9. *Расчёт резистора затвора полевого* [discuție online]. În: [cxem.net](https://forum.cxem.net) Forum [citât 18.04.2026]. Disponibil: <https://forum.cxem.net/topic/280033расчет-резистора-затвора-полевого/>