

**ANALELE UNIVERSITĂȚII
"CONSTANTIN BRÂNCUȘI" DIN TÂRGU JIU**

**ANNALS OF THE "CONSTANTIN BRÂNCUȘI"
UNIVERSITY OF TÂRGU JIU**

**SERIA INGINERIE
ENGINEERING SERIES**

**NR. 2 / 2009
ISSUE 2 / 2009**

SIMULAREA PE COMPUTER A TOPOLOGIILOR CONVERTORILOR DE REZONANȚĂ FOLOSIȚI LA FIERBĂTOARELE CU INDUCȚIE

M-r. Goce Stefanov

Universitatea „Goce Delcev-Stip, Facultatea de Electrotehnică” R.Macedonia

REZUMAT: Lucrarea prezintă rezultatele comparației dintre topologia convertorului în punte și a convertorului în semipunte cu circuit rezonant în serie, obținut prin simularea pe computer. Rezultatele simulării prezintă diferențele din proiectarea convertoarelor în punte și a convertoarelor în semipunte cu circuit rezonant în serie. Una dintre aplicațiile primare ale configurației la convertorul în punte cu circuit rezonant în serie este modul dispozitivului de inducție pentru încălzirea metalelor. Pentru puterea și frecvența la ieșire a convertorului cu sarcină rezonantă în serie, simulările sunt efectuate în programul PowerSim, [10]. La finalul lucrării sunt prezentate rezultatele din programul de simulare semikron, Semisiel [11], pentru o topologie a convertorului în punte cu modul IGBT.

Cuvinte cheie: simulare, PowerSim, convertor în punte, dispozitiv de inducție

1. INTRODUCERE

Fierbătoarele cu inducție din gospodărie sunt realizate din bobină de cupru așezată sub o tavă fero-magnetică conform figurii 1(a).



(a)

COMPUTER SIMULATION ON THE TOPOLOGIES OF RESONANT CONVERTERS USED IN INDUCTION COOKERS

M-r. Goce Stefanov

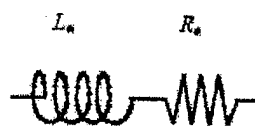
University „Goce Delcev-Stip, Electrotechnical faculty” R.Macedonia

ABSTRACT: The paper are given the results of the comparison between the topology of full bridge and half bridge converter with serial resonant circuit, obtained by computer simulation. Results of simulations should show the differences in the design of full bridge and half bridge converters burdened with serial resonant circuit. One of the primary applications of configuration to the bridge converter with serial resonant circuit is mode of induction device for heating the metals. For defined output power and frequency of converter with serial resonant load the simulations are made in the program PowerSim, [10]. On the end of the paper are given the results from the simulation project program of semikron, Semisiel [11], for one topology on full bridge converter with IGBT module.

Keywords: simulation, PowerSim, bridge convertor, induction device

1. INTRODUCTION

Domestic induction cookers are made up of a copper coil placed below a ferromagnetic pan as shown in figure 1(a).



(b)

Figura 1. (a) Inductor tavă, (b) Circuit echivalent L-R

Figure 1. (a) Pan-Inductor, (b) L-R equivalent circuit

Bobina de inducție este conectată la o sursă de curent de frecvență medie (3-100 kHz) care produce un câmp magnetic alternant,

The induction coil is connected to a medium frequency (3-100 kHz) power source producing an alternating magnetic field,

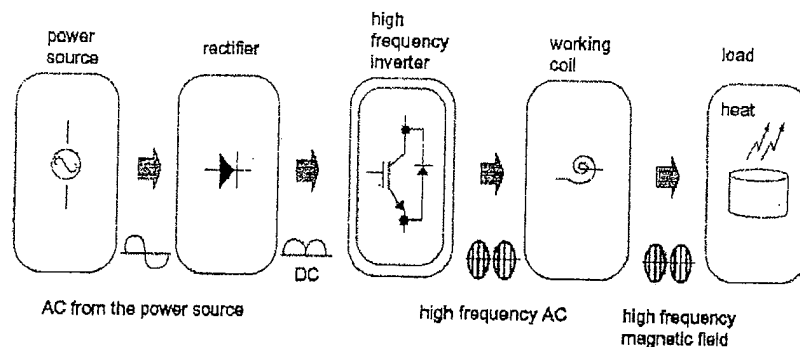


Figura 2. Aranjarea tipică a fierbătoarelor cu inducție

Figure 2. Typical arrangement of induction cookers

Aceleași specificații sunt necesare pentru a compara două topologii ale convertorului și sunt discutate după cum urmează:

- *Tensiunea la intrare (V_{rms}):* Tensiune la intrare de 230 V a fost aleasă pentru comparație.
- *putere maximă la ieșire (P_{max}):* Au fost presupuse puteri maxime la ieșire de 6000 W și 4000 W.
- *Frecvența de comutare (f_{sw}):* O frecvență de comutare de 30 kHz a fost presupusă pentru realizarea puterilor maxime. De asemenea, au fost folosite dispozitive IGBT pentru toate dispozitivele.

2.1. Topologia punte

Topologia punte este cea mai completă și permite multe posibilități de control. În acest caz, este analizată topologia punte cu o sarcină rezonanță în serie LRC (figura. 2.3). Următoarele caracteristici au fost presupuse pentru realizarea la putere maximă la ieșire:

- *Unda dreaptă:* deoarece asigură cea mai mare tensiune rms în sarcină (V_{out}), ecuația (2.1).
- *Frecvența de comutare egală cu frecvența oscilației sarcinii,* ecuația (2.2), deoarece furnizează factorul de putere pentru sarcină la frecvența de comutare este unu.
- In figura 2.4 și figura 2.5 sunt prezentate rezultatele simulării lucrând în programul de simulare PowerSim [10] pentru convertorul punte cu convertor rezonant RLC.

$$V_{out} = \frac{2V_{rms}\sqrt{2}}{\pi} \quad (2.1)$$

The same design specifications are needed to compare the two converter topologies and they are discussed as follows:

- *Input voltage (V_{rms}):* One input voltages 230 V were chosen for the comparison.
- *Maximum output power (P_{max}):* Maximum output powers of 6000 W and 4000 W were assumed.
- *Switching frequency (f_{sw}):* A switching frequency of 30 kHz was assumed for the design for maximum powers. Also, IGBT devices were assumed for all devices.

2.1. Full bridge topology

The full-bridge topology is the most complete allowing many control possibilities. In this case the full bridge topology with a series resonant load LRC is analyzed (figure. 2.3). The following characteristics were assumed for the design at maximum output power:

- *Square wave:* since it provides the highest rms voltage in the load (V_{out}), equation (2.1).
- *Switching frequency equal to natural oscillation frequency of the load,* equation (2.2), since it provides that the power factor for the load at the switching frequency is one.
- In the figure 2.4 and figure 2.5 are given the results of simulation working in the PowerSim simulation program [10] for full bridge converter with RLC resonant converter.

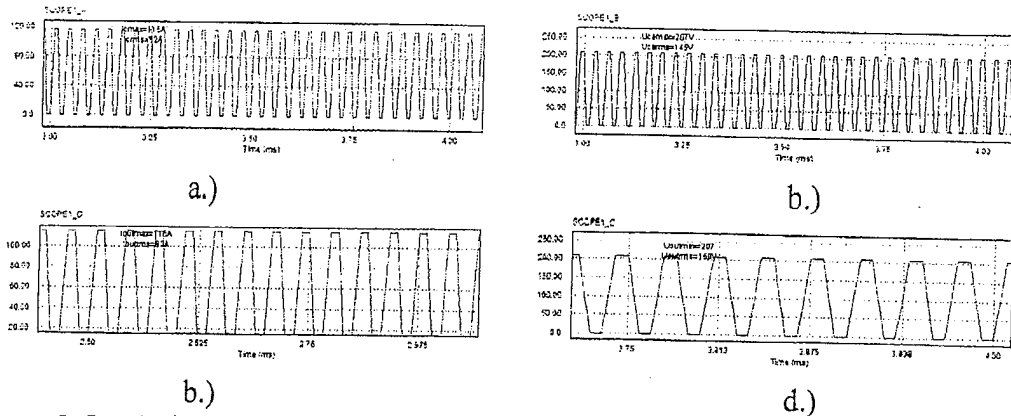


Figura 8. Ic a.) și Uce b.) ale IGBT și Iout c.) și Uout d.), pentru convertorul semipunte cu sarcina RLC, Poutmax=6000W, fsw=30kHz

Figure 8. Ic a.) and Uce b.) of IGBT and Iout c.) and Uout d.), for half bridge converter in with RLC load, Poutmax=6000W, fsw=30kHz

Valorile obținute ale componentelor și tensiunilor semiconductorilor pentru schițele alese sunt prezentate în tabelul 2.2

The values obtained of the components and semiconductor stresses for the chosen designs are shown in table 2.2

Tabelul 2.2

Vrms (V)	Poutmax (W)	Valorile componentelor			Tensiunile semiconductorilor		Valorile la ieșire	
		Re (Ω)	Le (μH)	Ce (nF)	Ucemax (V)	Icmax (A)	Uourms (V)	Iourms (A)
230	4000	2.6	24	1148	207	78	145	16.2
230	6000	1.8	16.3	1732	207	116	145	24.5

Table 2.2

Vrms (V)	Poutmax (W)	values of components			semiconductor stresses		output values	
		Re (Ω)	Le (μH)	Ce (nF)	Ucemax (V)	Icmax (A)	Uourms (V)	Iourms (A)
230	4000	2.6	24	1148	207	78	145	16.2
230	6000	1.8	16.3	1732	207	116	145	24.5

Compararea topologiei semipunte cu cea punte, ambele având o performanță similară. De fapt, schițele pot fi stabilite cu relație directă între ele, conform tabelului 2.3.

Comparing the half bridge topology to the full bridge one both have a very similar performance. In fact, designs can be established with a direct relation between them, as are shown in table 2.3

Tabelul 2.3

	Valorile componentelor			Tensiunile semiconductorilor	
	Re	Le	Ce	Ucemax	Icmax
Punte/semipunte	1/4	1/4	4	1	4

Table 2.3

	values of components			semiconductor stress	
	Re	Le	Ce	Ucemax	Icmax
half bridge/full bridge	1/4	1/4	4	1	4

tensiunea la intrare.

- Curentul este proporțional cu puterea solicitată la ieșire și invers proporțională cu tensiunea la intrare.
- Valorile capacitorului și inductorului sunt invers proporționale cu frecvența de comutare.
- Valorile inductorului cresc odată cu tensiunea la intrare și invers proporționale cu puterea necesară. Cu toate acestea, valorile capacitorului cresc odată cu puterea și sunt invers proporționale cu tensiunea dreaptă.
- Convertorul punte funcționează cu un curent scăzut și necesită mai multe module de tranzistori de la convertorul semipunte, pentru aceeași putere la ieșire.
- Presiunile semiconductorilor (I_c) modulelor de tranzistori cu convertor semipunte sunt mai mari decât presiunea convertorului semipunte.
- În convertorul semipunte, tensiunea și curentul tranzistorului sunt aceleași pentru tensiunea la ieșire.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Dawson F.P. and Praveen Jain, "Sistemul pentru aplicațiile de încălzire și topire prin inducție, o comparație a invertorului comutat de sarcină" în *IEEE Energetică Specialist Conf. Rec* 1990, pp. 281-290.
- [2] Jang Y. și Jovanovic M.M. "Un nou convertor punte PWM ZVS," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 22, no. 3, pp. 987-994, Mai 2007.
- [3] Dede E.J. et al. "Generatoare de frecvență ridicată pentru încălzirea cu inducție", *PCIM Europe*, vol. 3, 1991.
- [4] Viriya P., Yongyuth N., Miki I., și Mats K., "Analiza funcționării circuitului în conc ZVS și condiții NON-ZVS în faza de comutar invertorului pentru încălzirea cu inducție," *Inst. Electr. Eng. Jpn. (IEEJ) Trans. Ind. Appl.*, vol. 126, no. 5, pp. 560-567, Mai 2006.
- [5] Hierholzer, M.; Brunner, H.; Laska, T.; Porst, A.: "Caracteristicile modulelor IGBT de tensiune ridicată " *PCIM 1995, Nürnberg; Proc. Power Electronics*, pp. 135-13.

• Every output voltage depends on the input voltage.

- Currents are proportional to the required output power and inversely proportional to the input voltage.
- Capacitor and inductor values are inversely proportional to the switching frequency.
- Inductor values are increased with the squared input voltage and are inversely proportional to the required power. However, capacitor values increase with the power while they are inversely proportional to the squared voltage.
- Full bridge converter is working with small current and requires bigger number transistors modules from half bridge converter, for same output power.
- Semiconductor stresses (I_c) of the transistors modules with half bridge converter is bigger than the stress of full bridge converter.
- In the half bridge converter the voltage and current of the transistor are same on the output voltage.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Dawson F.P. and Praveen Jain, "System for Induction Heating and Melting Applications, a comparison of Load Commuted Inverter" in *IEEE Power Electronics Specialist Conf. Rec* 1990, pp. 281-290.
- [2] Jang Y. and Jovanovic M.M. "A new PWM ZVS full-bridge converter," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 22, no. 3, pp. 987-994, May 2007.
- [3] Dede E.J. et al. "High frequency generators for induction heating", *PCIM Europe*, vol. 3, 1991.
- [4] Viriya P., Yongyuth N., Miki I., and Matsuse K., "Analysis of circuit operation under ZVS and NON-ZVS conditions in phase-shift inverter for induction heating," *Inst. Electr. Eng. Jpn. (IEEJ) Trans. Ind. Appl.*, vol. 126, no. 5, pp. 560-567, May