

Високочестотна с MOS-транзистори индукционна топилна уредба за стоматологията

инж. Петър Томчев Иванов

инж. Деян Тодоров Алексиев
ТУ - Габрово

The paper treats the questions connected with high-frequency power sources for induction with resonant inverters realized with MOSFETs.

The developed converter has been designed for melting different quantities (2-60 g) of Ni-Cr-Co alloys in a ceramic crucible, as well as non-ferrous metals in a graphite crucible, which are predominantly used in stomatology.

The range of variation in the load parameters and the operating mode of the inverter has been established analytically and by means of computer experiments with different quantities, composition and temperature of the metal being melted. On the basis of this an algorithm for initial starting has been proposed, as well as a principle of automatic regulation of the converter during the technological process, the optimum use of MOSFETs in voltage being emphasized.

Постоянното развитие и усъвършенстване на съвременните MOS транзистори по отношение, както на номиналните токове и разсейвана мощност, така и по честотните им възможности, доведе до все по-широкото навлизане на транзistorните преобразуватели, като захранващи технологични източници при честоти до 100 и повече kHz. Разбира се, много са областите, където все още приоритет имат ламповите генератори, а има и такива, където понастоящем се използват конкуриращи се и двата вида преобразуватели, транзисторните с техните неоспорими технико-икономически предимства и ламповите, които все още имат по-голяма надеждност.

Такава област представлява индукционното топене на малки количества Ni - Cr - Co сплави и благородни метали за нуждите на стоматологията. В случая, технологичният процес е твърде сложен и налага сериозни изисквания към преобразувателя. По-основните от тях са:

1. Възможност за работа с керамичен тигел при топене на Ni-Cr-Co сплави и с графитна вложка - при благородни метали.

2. Голям диапазон на изменение на вида и количеството топен метал (от 2 до 60 g).

3. Относително кратко времетраене на технологичния процес 40 + 50 s, при това едно и също, независимо от количеството и вида на топения метал.

4. Относително високи за транзисторните инвертори работни честоти (от 100 до 130 kHz), определени от малките количества топен метал, което води до малки размери на индуктора. Желателно е и използването на стандартни поти.

Комплексът от сложни изисквания и дадености налага да се търси

подходящо решение, както по отношение избора на схемен вариант на транзисторния инвертор и на неговото проектиране, така и на принципа (алгоритъм) на управление и регулиране с оглед съгласуване на инвертора с товара.

Научните и приложни проблеми, които се третират в настоящата работа, са посветени на проектирането на високочестотен резонансен последователно-паралелен инвертор без обратни диоди, изпълнен с MOS транзистори, работещ в режим на прекъснат ток (РПТ), както и на избор на алгоритъм за пускане в действие и принцип за автоматично регулиране на преобразувателя по време на технологичния процес, като е наблюдано на оптималното използване на транзисторите по напрежение.

На фиг.1 е показана принципната схема на инвертора и блок-схемата на системата му за управление, а на фиг.2 - времедиаграмите на основните величини, характеризиращи работата му. Показаните времедиаграми са получени чрез симулиране със системата „PSPICE“ на действието на разглеждания инвертор с изчислените стойности на неговите схемни елементи.

За нормалната и надеждна работа на инвертора е необходимо той да работи в режим на прекъснат ток с осигурено отрицателно напрежение на транзисторите в течение на цялата пауза, независимо от количеството и вида на топения метал, както и от фазата на технологичния процес. Освен това, максималната стойност на напрежението U_{Gm} в променливотоковия диагонал на инвертора, което е равно на максималната стойност на напрежението върху MOS транзисторите U_{Dsm} , не трябва да превишава зададена стойност, определена от параметрите на използваниите транзистори.

Тези две условия са противоречиви. Удовлетворяването им е възможно чрез прецизно оразмеряване на силовата схема и наличие на подходяща система за управление и автоматично регулиране.

Аналитично и експериментално е установен диапазона на изменение параметрите на товара и режима на работа на инвертора при различни количества Ni - Hr - Co сплави ($2 + 60$ g), топени в керамичен тигел и благородни метали - в графитен тигел.

Подходът и конкретната методика за проектирането са изяснени в [1]. Главното е, така да се изберат стойностите на схемните елементи, при известната номинална честота, че да се гарантира РПТ със зададената пауза t_0 в интервала на която напрежението U_{DS} да е отрицателно. Това изисква, съгласно задължителното условие за резонансните инвертори (РИ) $\operatorname{tg} \delta > \omega_{CK}/\omega$, да се работи с възможно по-голям фазов ъгъл δ в променливотоковата верига (ПТВ). От друга страна използването на MOS транзистори налага да се минимизира напрежението U_{Gm} , което изисква малък ъгъл δ . Намерен е оптимум при

съотношение $\lg \delta = (1.4 \div 1.6) \omega_{CK} / \omega$. В РПТ $\frac{\omega_{CK}}{\omega} = \frac{\pi}{\pi - t_0} > 1$.

След избора на $\lg \delta$ е възможно да се намери U_{Gm} по формулата [1]

$$U_{Gm} = \frac{(\pi - t_0)E}{\cos(\delta - \varphi_1) + \cos(\delta - \varphi_1 + t_0)},$$

напрежение u_{Tef} и параметри на товара - разстройката ζ_0 и капацитета C на трептящия кръг, последователния капацитет C , и входната индуктивност L_1 . Във формулата за U_{Gm} ѝътъл φ , е фаза на първата хармонична на входния ток на инвертора, която може да се приеме [1] $\varphi_1 = 1.36 t_0 / 2$.

Индуктивността L_1 се изчислява по съотношението

$$L_1 = \frac{Q \cdot R_e}{\omega} = \frac{R_e}{2\omega} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{CK}} \right)^2 \left[\lg \delta + \sqrt{\lg^2 \delta + \left(\frac{\omega_{CK}}{\omega} \right)^2} \right],$$

където R_e е еквивалентно активно съпротивление на ПТВ на инвертора.

Оптимизирането на стойностите на схемните елементи и на обобщените параметри на инвертора е съчетано и с подходящ алгоритъм за пускане в действие и принцип за автоматично регулиране на неизменно напрежение U_{Gm} , т.е. $U_{DSm} = const$, независимо от вида на товара. За целта реализираната СУ, чрез автоматично изменение на честотата, поддържа постоянно отношението на напрежението U_{Gm} и захранващото напрежение E , т.е. $U_{Gm}/E = const$, а при условие, че $E = const$ (нерегулируем изправител), следва че $U_{Gm} = U_{DSm} = const$. При това се удовлетворяват и условията за добър режим на РИ, независимо от вида на товара и фазата на технологичния процес.

Трябва да се отбележи, че описаният алгоритъм на работа, с поддържане неизменно напрежението U_{Gm} на инвертора (U_{DS} на транзисторите), осигурява и относително постоянно време за топене в рамките на $40 \div 50$ s, при всяко от количествата топен метал. Това се дължи на различната консумирана мощност, която е пропорционална на степента на запълване на тигела на пещта с метал.

Поддържането на напрежение $U_{DSm} = const$ и на благоприятен режим на прекъснат ток (наличие на пауза, равна или близка до избраната и напрежение U_{DS} отрицателно в течение на паузата) се доказва с осцилограмите, показани на фиг.3, заснети в условията на реално действуващ преобразувател при топене на номинално - 30 g, минимално - 2 g и максимално - 60 g количество Ni - Cr - Co сплав.

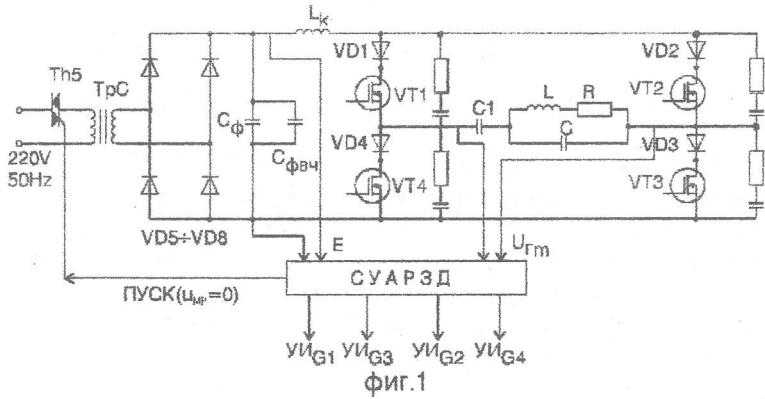
Основните технически данни на високочестотната с MOS транзистори индукционна топилна уредба са поместени в таблица 1.

Уредбата е усвоена за производство във фирма VOP - Ботевград.

Тематиката е по договор ТН - 457/94 от фонд "НИ" към МОНТ.

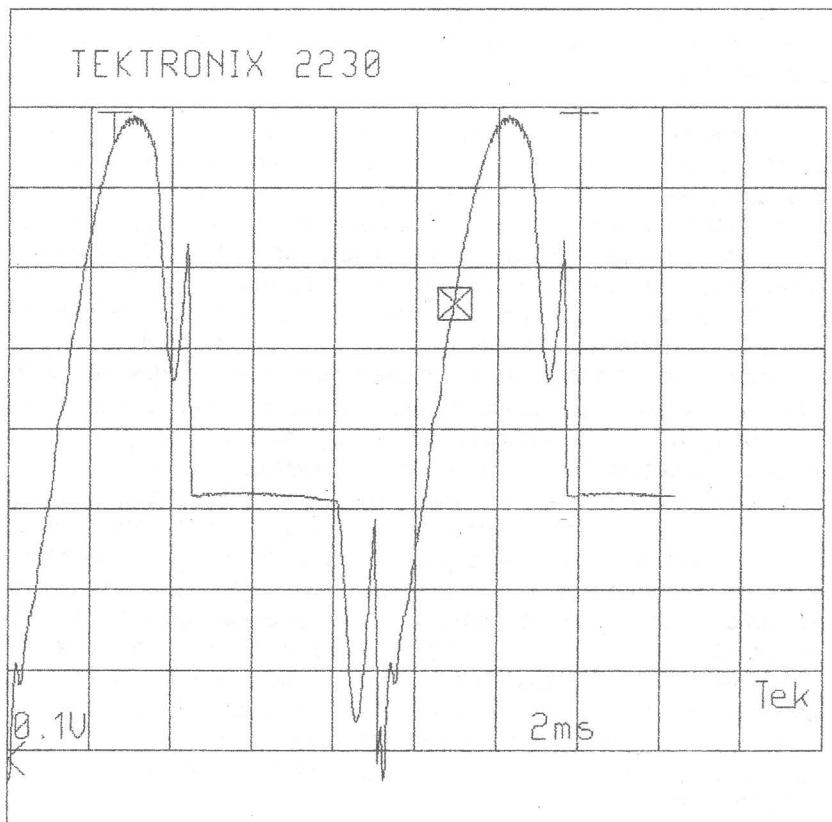
ЛИТЕРАТУРА

1. Тодоров Т.С., Маджаров Н.Д., Алексиев Д.Т., Иванов П.Т. Автономни инвертори. Габрово 1996г.



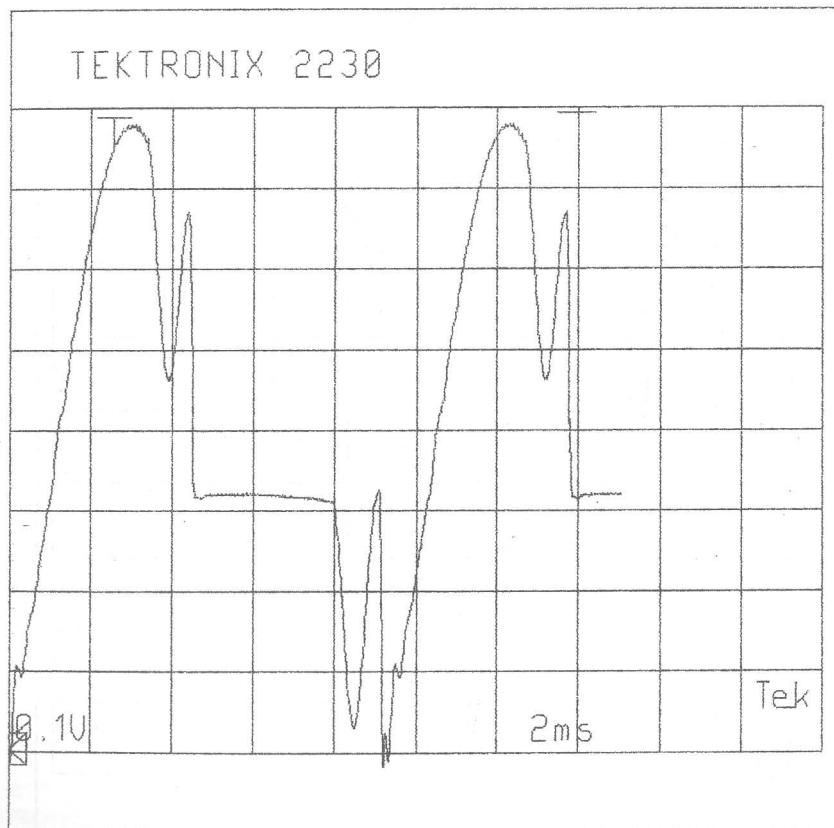
СУАРЗД

ФИГ.1

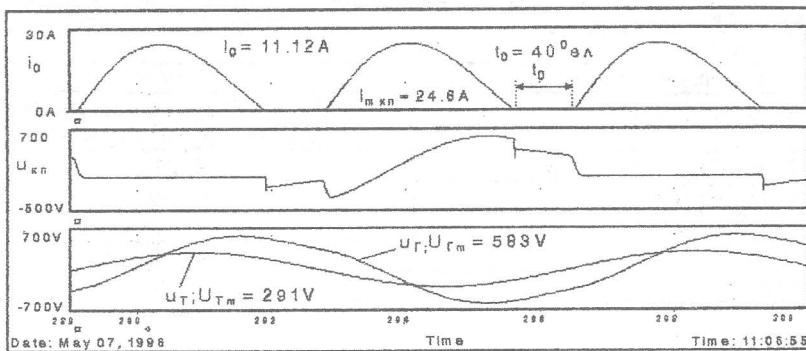


ФИГ.3 а

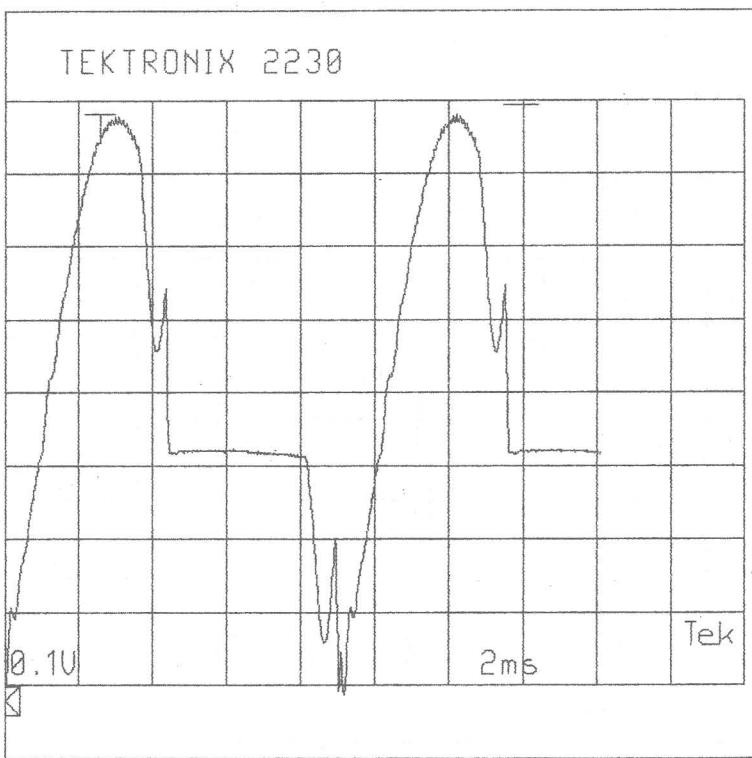
Захранване	монофазно, 220V, 50 Hz
Изходна мощност	1,8÷2,7 kW
Инсталирана мощност	3,0 kVA
Работна честота	107÷111 kHz при керамичен тигел 115 kHz при графитен тигел
Количество топен метал	2÷60 g
Време за топене	40÷50 s
Охлаждане	водно, автономно
Размери на ИТУ	600/620/1050 mm.
Маса	108 kg.



фиг. 3 б



Фиг.2



Фиг.3в