

АВТОНОМНИ ИНВЕРТОРИ С ДОЗИРАНЕ НА ЕНЕРГИЯТА В УСТРОИСТВАТА ЗА ИНДУКЦИОННО НАГРЯВАНЕ

инж. Николай Димитров Маджаров

инж. Деян Тодоров Алексиев

инж. Николай Христов Ненов

ВМЕИ - Габрово

Настоящата работа е посветена на проблемите при съгласуването на изходните характеристики на автономните инвертори (АИ) и товарите в уредите за индукционно нагряване (ИН). Тук под съгласуване се разбира осигуряване от АИ на такова напрежение върху индукционния нагревател, при което се получава мощност, равна на зададената (номиналната). Проблемът има отношение към създаването на АИ с подобрени регулировъчни характеристики, притежаващи универсалност по отношение на товара. Регулирането на изходното напрежение на АИ се налага по две причини: а) за съгласуване; б) за осигуряване на необходимите електрически величини, с цел правилното протичане на технологията процес.

При повърхностното ИН, което е обект на настоящата работа, съществуват допълнителни трудности. Поради нискоомния товар, съгласуването се осъществява чрез високочестотен трансформатор, посредством превключване на първичната му намотка. Стъпаловидната промяна на коефициента на трансформация и ограниченият брой степени са причина не винаги да се получава оптимално съгласуване.

Възможност за решаване на проблемите по съгласуването, създава разработеният метод и обезпечаващите го схемни варианти за дозиране на мощността в товара. Същността му се състои в това, че енергията постъпваща от изправителя към АИ се дозира чрез дозирано устройство (ДУ), в резултат на което изходните величини на АИ се изменят така, че в товара се получава зададената мощност, независимо от неговите параметри.

По същество това е един класически АИ, входното напрежение на който нейно се регулира чрез тиристорно-капакондензаторния преобразувател VS5-VS8 - фиг. 1. От известните режими на ра-

вата [3,5], най-добри регулиращи и дозиращи възможности прите-
жава режимът на последователна - кондензаторна комутация. При
последователното отпускане на VS5,VS7 и VS6,VS8 , енергията W ,
респективно мощността P , постъпваща към АИ за един такт е фик-
сирана и се определя от стойността на кондензатора Cd и напре-
жението - E на захранващия източник, тъй като входът на АИ е
шунтиран от обратен диод. Очевидни са съотношенията:

$$W = 2.C.E^2 = \text{const.} \quad (1)$$

$$P = Ed \cdot Id = 4.Cd.f.E^2, \quad (2)$$

където Ed и Id са входните напрежение и ток на АИ, а f - ра-
ботна честота на ДУ.

От този израз ясно проличават стабилизиращите възможнос-
ти на метода по отношение на мощността. Вижда се, че всички
величини в лявата част на (2) са постоянни. От това следва,
че при изменение на еквивалентните параметри на товара, нас-
тъпва противоположно изменение на Ed и Id така, че мощността
се запазва постоянна.

Външната характеристика е падаща и се дава със следния
аналитичен израз:

$$Ed = 4.Cd.f.E^2/Id = k/Id \quad (3)$$

Съгласно (2), регулирането на изходната мощност може да
се осъществи, чрез промяна на f или Cd . При дълбоко регули-
ране - $P=(0.1-0.2).Pn$, за предпочтение е регулиране чрез Cd .

Предимство на разработеният схемен вариант е, че се оси-
гурява сигурна защита на АИ, тъй като и в работни и в аварий-
ни режими мощността е равна на зададената.

Освен това, ДУ подобрява пусковите характеристики на АИ,
тъй като още при първия полупериод на входа на АИ се подава
напрежение - $E+Ucd = 2.E = Ed$.

Анализът на електромагнитните процеси е извършен по ме-
тода на хармоничния анализ (ХА). По изведените аналитични изра-
зи е съставена инженерна методика за проектиране на схемата.
Основните изрази - за напрежението - Ug в променливотоковата
верига и фазата - φ на първата хармонична на входния ток, имат
съответно вида:

$$Ug = \lambda / [2 \cdot \cos(\delta - \varphi_L)] \quad (4)$$

$$\operatorname{ctg} \varphi = \lambda \cdot Q \cdot \pi / [4 \cdot (\cos \lambda - 1 + \lambda \cdot \pi / 4)] - \operatorname{tg} \delta, \quad (5)$$

където λ - ъгъл на работа на приборите на AU , b - фазов ъгъл на променливотоковата верига на AI , Q - качествен фактор на еквивалентната схема.

В [2] са описани подробно проблемите при ИЗ и са формулирани основните съвременни изисквания към захранвания високо-частотен източник:

- възможност за работа с набор от индуктори, изискващи различни напрежения;
- съгласуването при смяна на индукторите да се извърши не чрез регулируем закалочен трансформатор, а чрез самия инвертор. По възможност да липсва трансформатор.

В този аспект са извършени разностранини изследвания и експерименти върху схемата, влизаша в състава на уредба за индукционно закаляване с помощта на програма, създадена на основата на ХА и чрез програмния симулатор PSPICE.

Използвани са следните технически параметри : $P = 100kW$, работна честота на AI и AU - $f = 10 kHz$, $E = 500 V$, $\cos \varphi_f = 0.35$, индуктори с напрежение 30 - 50 V.

В графичен вид на фиг.2 е показана зависимостта на на входните ток и напрежение на AI във функция от работното напрежение на индуктора.

Тъй като мощността, отдавана към AI е постоянна (2) , то при изменението на Ed при смяна на индукторите не се изменят в противоположна посока Id . За да не се претоварват полупроводниковите прибори или преоразмерява инвертора е целесъобразно увеличаване на тока Id до 1.5 пъти. При такава постановка, осигуряването на необходимите напрежения за различните индуктори, в границите 30-50 V, се осъществява с едно превключване на паралелния кондензатор , с цел намаляване на капацитета му. На фиг.2 - характеристиките с прекъсната линия са без промяна на C , а с пътна - с промяна 1.5 пъти.

Някои от по-важните времедиаграми, получени чрез програмния симулатор PSPICE, са показани на фиг.3 до фиг.6 в следния ред:

- фиг.3 и фиг.4 напрежението на входа на инвертора - Ed и напрежението върху тиристора VS1, при $Ui = 30V$
- фиг.4 и фиг.5 - същите времедиаграми при $Ui = 50V$,

без корекция на схемни елементи.

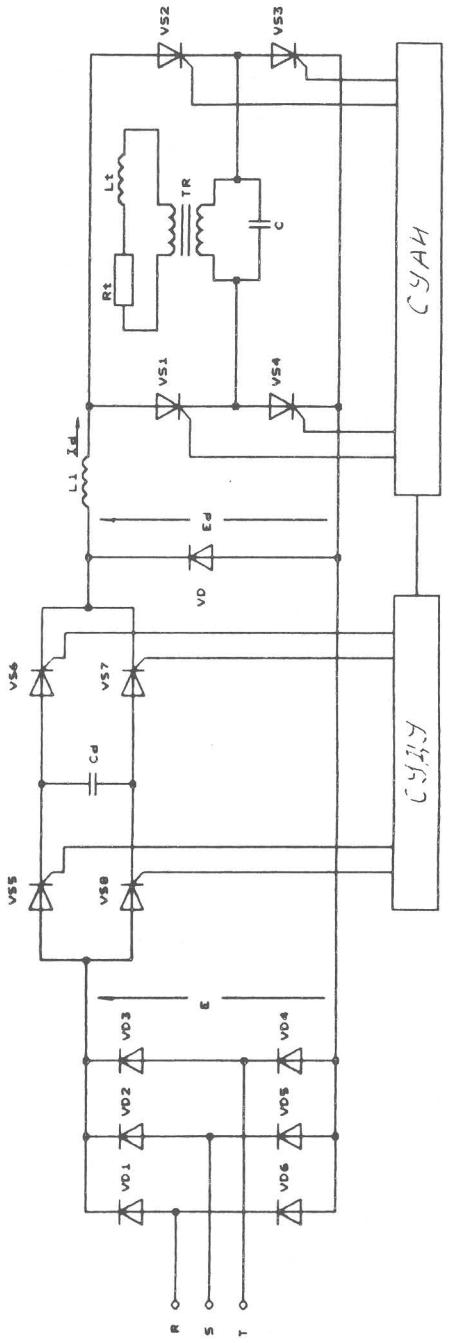
Разгледаният схемен вариант на фиг.1 послужи за основа на разработването и на други схеми. Целесъобразно в случая се оказа съвместяването в едно на дозираната и преобразувателна та част, както в случая е инвертора от фиг.7. Принципа на работата е илюстриран с помощта на времелингратите от фиг.8. Тук новият момент е, че с промяна на момента на отпушване на триистора-VS6 може да се извърши широчинно - импулсно регулиране при постоянна работна честота, и с това да се засява нивото на поддържаната мощност.

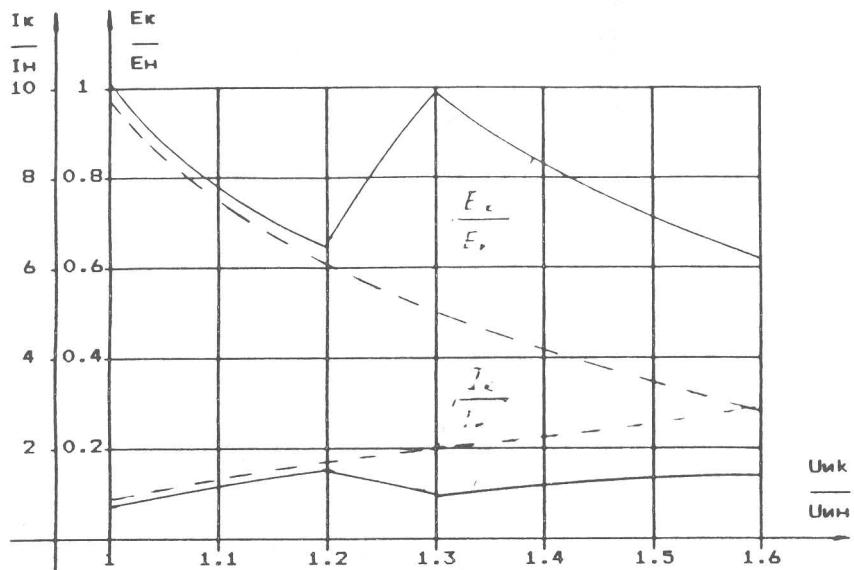
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработен е метод и обезпечаващи го схемни варианти на дозиране и поддържане на постоянна мощност в товара, независимо от неговите параметри, в резултат на което се създава възможност за автоматично самосъгласуване, без да се използват традиционните начини като превключване на малотките на високочестотния трансформатор, промяна на работната честота или захранващото напрежение на АИ.

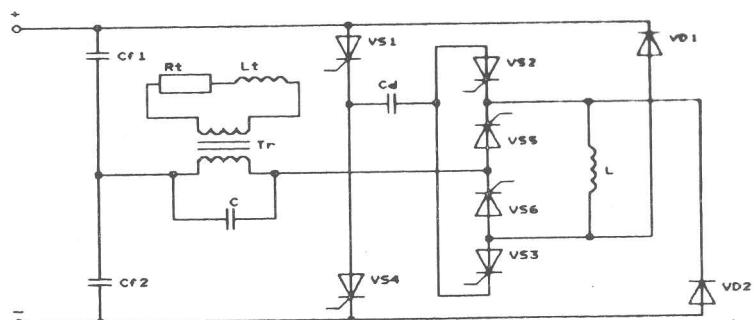
ЛИТЕРАТУРА

1. Тодоров Т.С. Единен подход в анализа и проектирането на резонансните инвертори с различни схеми и начини на действие. Втора национална научно-приложна конференция ЕТ '93. София 1993г.
2. Сенко В.И., Тодоров Т.С., "Силови електронни устройства" Г., 1975г.
3. Булатов О.Г., "Сравнение принципов построения бързодействующих компенсаторов на базе инверторов с промежуточной высокой частоты", М., "Проблемы силовой электроники", 1993г.
4. Yuan Shin and Fred C.Y.Lee."Constant-frequency parallel-resonant converter.", "Transactions on industry applications" january/february 1989
5. Маджаров Н.Д., Алексиев Д.Т."Регулирование автономных инверторов в установках индукционного нагрева дозированием мощности", Научны проблемы высокочастотных технологий, Санкт Петербург - 1994г.

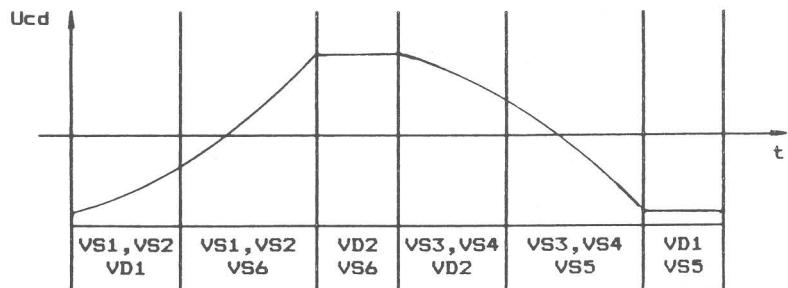




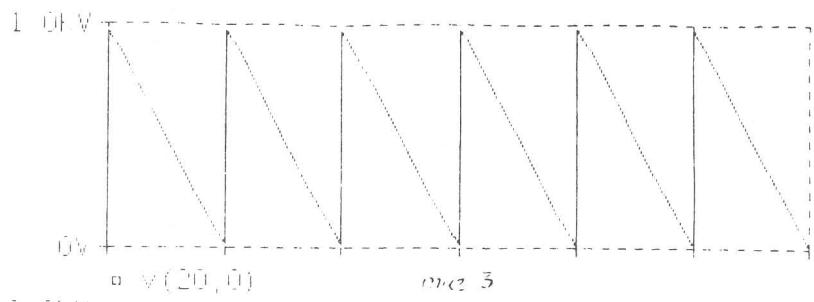
фиг. 2



фиг. 7

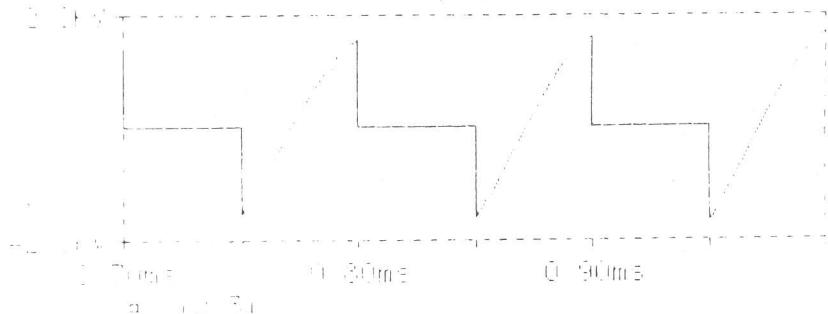
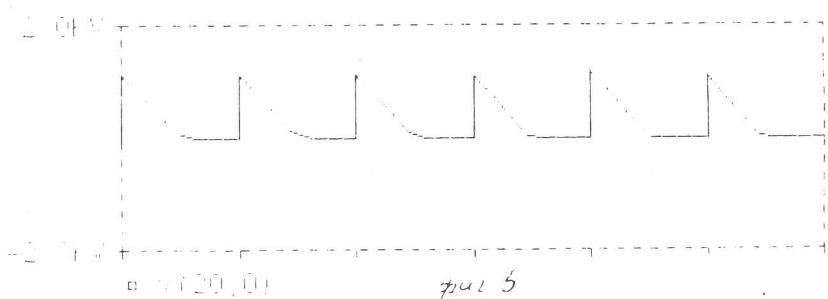


фиг. 8



0 - 70ms 0 - 80ms 0 - 90ms

phse 4



phse 5