

МЕТОД ЗА ФОРМИРАНЕ НА РЕГУЛИРУЕМИ СИНУСОИДАЛНИ ШИМ СИГНАЛИ

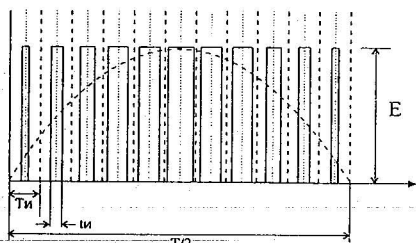
доц. д-р Петър Трифонов Горанов, доц. д-р Марин Христов Христов,
гл. ас. д-р Мариана Евстатиева Горанова,
инж. Антоний Трифонов Трифонов
Технически университет - София, България

Abstract – The work describes a method for forming sinusoidal pulse-width modulated (PWM) signals which are used in power electronic circuits for the asynchronous motor drives control and in uninterruptible power supplies (UPS). The selected method is based on reading the pulse width data written onto a ROM memory for a half period of the output sinusoidal voltage and permits a modulation ratio control. The design process is performed and the digital circuit is realized using the software system Synopsys.

Въведение

Целта на изследването е синтезиране и проектиране на цифрова интегрална схема за формиране на синусоидални широчинно-импулсно модулирани (ШИМ) сигнали, с възможност за плавно регулиране на дълбочината на модулацията. За проверка на метода, позволяващ получаване на такива сигнали, са използвани специализирани технологични и програмни продукти.

Такъв вид управляващи сигнали се използват в мощни електронни преобразуватели, изходното напрежение на които е със синусоидална форма, каквито са източниците за непрекъсваемо захранване (т.н. UPS), устройствата за честотно управление на асинхронни електродвигатели и др. Чрез тях се реализират значителни икономии на енергия при високо качество на управление на процесите.



Фиг. 1

Формирането на синусоидални напрежения чрез използване на широчинно-импулсно модулирани (ШИМ) сигнали е най-разпространеното и ефективно решение. Един полупериод на еднополярният вариант на синусоидална двустранна ШИМ е показан на фиг. 1.

Всеки полупериод ($T/2$) на синтезираната синусоида е

съставен от серия импулси с променяща се продължителност. Честотата на серията импулси f_n се нарича носеща и обикновено е значително по-висока от основната $F=1/T$. Средната стойност на напрежението във всеки импулс е $u_n = E \cdot t_n/T$. Ако изменението на продължителността на импулса t_n става по синусоидален закон, се получава синусоидална ШИМ, за която $t_n/T = \mu \cdot \sin \Omega t$, откъдето средната стойност на напрежението в импулсите е $u_n = \mu \cdot E \cdot \sin \Omega t$. Коефициентът $\mu = 0 \div 1$ се нарича дълбочина на модулацията, а $\Omega = 2\pi/T$ е кръговата честота на формираната синусоида. Вижда се, че амплитудата на резултантното синусоидално напрежение ($\mu \cdot E$), съответно ефективната му стойност, може да се променя с изменение на коефициента μ .

Изисквания към формираните ШИМ сигнали

При синтезирането на синусоидални ШИМ сигнали трябва да удовлетворяват следните изисквания:

- продължителността на импулсите в поредицата модулирани сигнали да се изменя по синусоидален закон;
- схемата да позволява регулиране на дълбочината на модулацията без това да се отразява на качеството на формираните ШИМ сигнали;
- модулацията е симетрична, т.е. изменението на продължителността на импулсите при всеки следващ период на носещата честота или при регулиране трябва да е симетрично спрямо средата на този период;
- изменението на основната честота също да не се отразява върху формата на синтезираното синусоидално напрежение.

Синусоидална ШИМ поредица импулси може да се формира чрез различни схемни решения. Обикновено не се използва регулиране на изходното напрежение (фиксирана ШИМ), или то е реализирано сложно – в цифров вид най-често с няколко записа на синусоиди за различни стойности на дълбочината на модулацията.

В случая се предлага цифрова схема за формиране на ШИМ сигнали, при която може да се регулира дълбочината на модулацията μ . Това удовлетворява изискванията към силовите електронни преобразуватели за регулиране на ефективната стойност на изходното им напрежение.

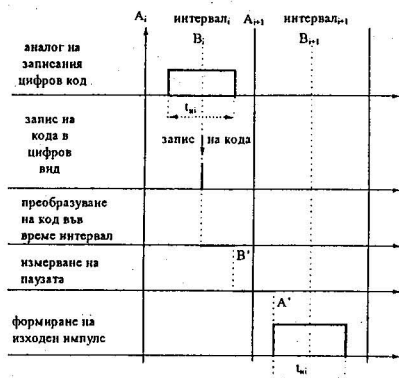
Принцип на получаване на модулираните сигнали

Идеята, използвана за формиране на синусоидална ШИМ, е илюстрирана с времедиagramите, показани на фиг. 2.

Продължителността на импулсите за всеки интервал на носещата честота е изчислен и записан в памет за $\mu = 1$. Особеното е, че записаните импулси не формират директно изходните, работните импулси, а се обработват в течение на един период на носещата честота и след това се подават към изхода. Докато в

изхода на схемата се формира i -тият импулс, се обработва информацията за $(i+1)$ -вия

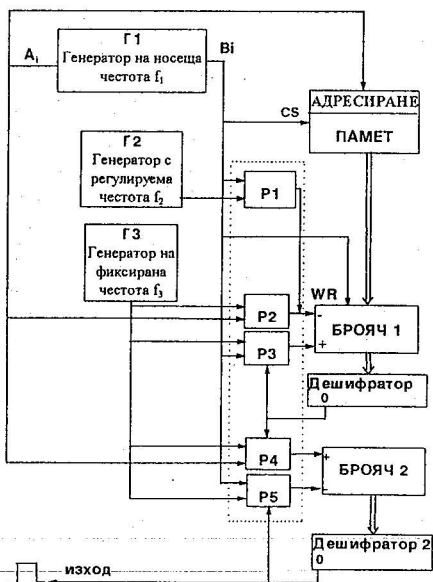
Действието на схемата се определя от поредица реперни импулси "А":



Фиг. 2

" A_i " за i -тия интервал, " $A_{(i+1)}$ " за $(i+1)$ -вия и т.н. В средата на всеки интервал се разполага спомогателна поредица реперни импулси "В". Продължителността на импулсите за $(i+1)$ -вия интервал започва да се формира в момента B_i , когато започва преобразуването на записания код във време интервал. Скоростта на преобразуването определя момента V' , пропорционален на записаната продължителност на импулса. След това се измерва интервалът $V'-A_{(i+1)}$ и се пренася след т. $A_{(i+1)}$ до т. A' . Спрямо т. $B_{(i+1)}$ симетрично се формира импулсът за $(i+1)$ -вия интервал с продължителност равна на удвоената продължителност на интервала $A'-B_{(i+1)}$, като той е пропорционален на записания в паметта код.

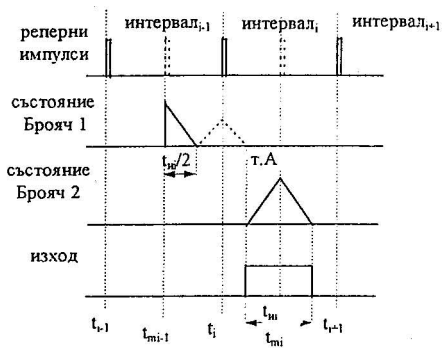
Ако се управлява скоростта на преобразуването код-аналог, то се получават различни по продължителност импулси при един и същи записан код, което е еквивалентно на промяна на дълбочината на модулацията. Конкретен схемен вариант, реализиращ описаната идея е показан на фиг. 3. Принципът ѝ на действие се пояснява с времедиаграмите на фиг. 4. Състоянието на броячите е показано в аналогов вид. Блоките P_1, P_2, \dots, P_5 разрешават преминаването на



Фиг. 3

импулси от генераторите към броячите в съответствие с описания принцип на работа.

Предполага се, че в постоянната памет е записана информация за продължителността на импулсите t_{ii} за един полупериод на синтезираната



Фиг. 4

синусоида.

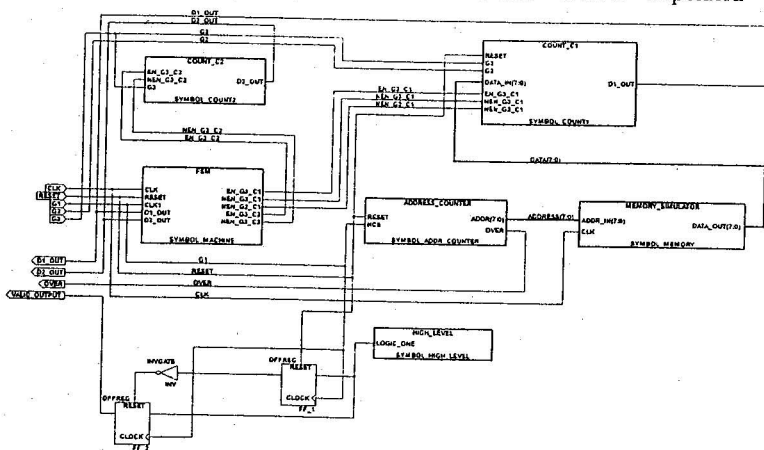
Реперните импулси се задават от импулсен генератор Г1 с фиксирана честота. Изходният импулс за i -тия интервал се подготвя в $(i-1)$ -вия интервал. В момента $t_{m(i-1)}$ се прави запис на кода за продължителността на импулса t_{ii} от паметта в Брояч 1, след което той започва да брой на изваждане. Скоростта му на броене се управлява от импулсен генератор Г2 с регулируема честота. По

този начин при определен код, записан в паметта, съответстват различни по продължителност интервали $t_{ii}/2$, което позволява да се управлява дълбочината на модулацията. След нулирането му Брояч 1 започва да брой на сумиране със скорост, определена от генератор на импулси Г3 с фиксирана честота. Честотата на генератора определя точността на измерване на интервала до момента t_i . В момента t_i същият брояч започва да брой на изваждане. При нулирането му (точка А) се формира началото на i -тия изходен импулс. С помощта на Брояч 2, който брой на сумиране до момента t_{mi} и след това на изваждане, докато се нулира, изходният импулс се създава симетрично около момента t_{mi} .

Проектиране на цифровата схема и резултати

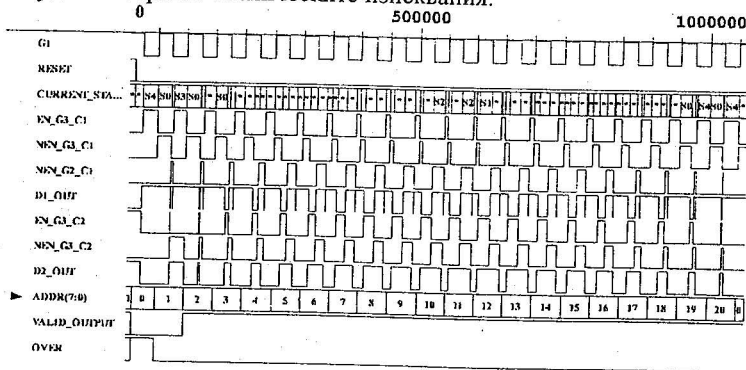
Въз основа на предложения метод е проектирана цифрова схема за формиране на регулируеми синусоидални ШИМ сигнали, като се използва системата за автоматизация на проектирането Synopsys. Със схемния редактор проектът се въвежда (фиг. 5) и след това се моделира чрез езика за описание на хардуер VHDL. Коректността на това описание се проверява чрез симулатора на системата. Ако функционалното описание е вярно и задоволява поставените изисквания, синтезира се оптимизирано описание на ниво гейт, което удовлетворява определена технология. При разработката е използвана компонентната библиотека на Alcatel-Mietec, която се основава на 2.4μ CMOS технология.

Работоспособността на синтезираната схема се проверява чрез симулатора на схемното описание на проекта, като се използва VHDL версията на



Фиг. 5

библиотеката за съответния 2.4μ CMOS технологичен процес. Резултатите от симулацията на синтезираната електрическа схема са представени на фиг. 6 и те напълно удовлетворяват техническите изисквания.



Фиг. 6

Заклучение

Предимството на предложения метод за формиране на регулируеми синусоидални ШИМ-сигнали се състои в това, че той осигурява плавно регулиране на дълбочината на модулацията, което е необходимо за повечето силови схеми. Вместо набор от синусоидални ШИМ сигнали, използва се само

един запис в постоянната памет, съдържащ данни за ширината на импулсите за един полупериод на изходното синусоидално напрежение. Въз основа на метода е проектирана и синтезирана цифрова схема, като се използват големите възможности на системата за автоматизирано проектиране Synopsys, което гарантира произвеждане на работоспособен прототип на специализираната интегрална схема.

Изследванията са направени по договор No ТН-616/96, финансиран от Национален фонд "Научни изследвания", и INCO Copernicus SYTIC Project 960170.

Литература

1. Agelidis V., P. Ziegas, An Optimum Modulation Strategy for a Novel 3 ϕ PWM Inverter, IEEE Trans. On Industry Application, vol. 30, No 1, 1994
2. Armstrong J. R., F. G. Gray, Structured Logic Design with VHDL, PTR Prentice Hall, 1993
3. Горанов П., М. Христов, М. Горанова, А. Трифонов, Синтезиране на управляващ блок в цифрова схема за формиране на сигнали със синусоидална ШИМ, 5^{та} Национална конференция с международно участие, Електроника'96, Книга 2, 27-29 септември, 1996, Созопол, България, 124-129