

В.М. МОВСИСЯН, А.С. МУРАДЯН

ЦИФРОВОЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Ելելով հարձույթների արված շերտում ընդհանուր կենդանի նվազարկման պայմանից անտաղդրվող 1 ինվերտորի ուժային բախտների փոխանցատեսանկյունների որոշման խնդիրը Տեղադրությունների արդյունքները ցուցադրված են գրաֆիկների օգնությամբ, բունդով կարելի է քննարկ փոխանցատեսանկյունների յախարկված հաշտողականություններ կրթին սխեմայից յարման անսխեմայի կարգափոխման համար:

Ставится задача определения углов переключений ключей силового инвертора, исходя из условия минимизации общей энергии в данном диапазоне гармоник. Результаты исследования представлены в виде графиков, по которым можно выбрать оптимальные последовательности углов переключений с тем, чтобы контролировать амплитуду выходного синусоидального напряжения.

Որ. 4. Библиогр. 2 նաշ

The problem of determining the switching angles in inverter power switches in terms of the whole energy minimization condition in given harmonic range is studied. The results of accomplished investigations are illustrated by means of diagrams permitting to choose the optimal sequences of switching angles to control the output sinusoidal voltage amplitude.

Որ. 4. Ref 2

Полупроводниковые преобразователи постоянного напряжения в переменный строятся на основе инверторов напряжения или тока (рис. 1а). Качество выходного переменного напряжения оценивается формой напряжения, т.е. приближенностью к синусоиде, стабильностью амплитуды первой гармоники и частоты. В настоящее время распространен ШИМ-метод формирования выходного напряжения (рис. 1б). Гармонический состав формирующегося напряжения зависит от значений углов переключения силовых ключей инвертора [1]. Обычно на выходе преобразователя имеется фильтр низких частот, с помощью которого освобождаются от высших гармоник. Для минимизации массогабаритных параметров фильтра необходимо из гармонического состава сигнала исключить низшие гармоники (кроме первого).

Широко распространены метод исключения низших гармоник и метод их минимизации. В первом случае углы $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M$ выбираются из условия исключения данных конкретных гармоник, а во втором - из условия минимизации амплитуд высших гармоник [2]. Принимая в расчет высокую надежность и стабильность параметров цифровых устройств, в настоящее время более перспективными считаются цифровые методы формирования напряжения. В случае метода исключения гармоник считываются фиксированные значения углов переключений $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M$, которые обеспечивают заданную

форму. Однако при этом фиксируется также амплитуда первой гармоники, что затрудняет задачу стабилизации [2].

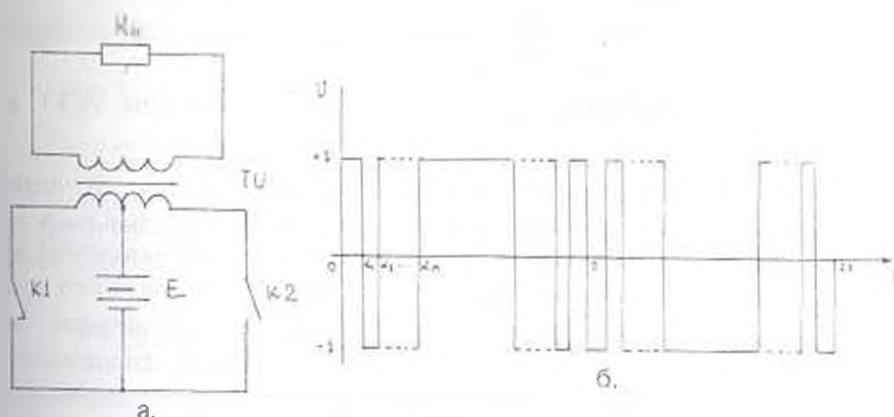


Рис. 1: а - схема инвертора; б - вид выходного напряжения

В представленной работе ставится задача определения углов переключений из условия минимизации общей энергии в данном диапазоне гармоник. Выбор углов переключения по этому критерию дает возможность контролировать амплитуду первой гармоники выходного напряжения. Ограничивая энергию гармоник в конкретном диапазоне, с помощью различных значений углов можно основную часть энергии распределить между первой и высшими гармониками, находящимися вне этого диапазона, так, чтобы обеспечить необходимый диапазон регулирования амплитуды основной гармоники. Считается, что эти высшие гармоники легко можно фильтровать с помощью выходного фильтра низких частот.

Качество выходного напряжения предлагается оценить значением усеченного коэффициента гармоник:

$$K_{ГУ} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \Lambda^2(i) / A(1)}, \quad (1)$$

где $A(1)$ — амплитуда первой гармоники, $\Lambda(i)$ — амплитуда i -й гармоники, N — верхняя граница выбранного диапазона гармоник.

Необходимо определить углы переключения силовых ключей $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M$ так, чтобы выполнялись ограничения:

$$K_{ГУ} \leq K_{ГУ3}, \quad A(1)_{\max} / A(1)_{\min} > \gamma_1, \quad (2)$$

где $K_{ГУ3}$ — заданное значение усеченного коэффициента гармоник; γ_1 — заданный диапазон регулирования амплитуды основной гармоники.

По данным ограничениям определяются углы переключений за четверть периода ($\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M$), которым соответствует минимальный коэффициент $K_{ГУ}$. Расчеты производились на компьютерах IBM PC по программе на алгоритмическом языке Паскаль для случаев $n=32, 64, 128, 256$ и 512 (n — число отсчетов за период). Рассчитаны амплитуды от 1 до 15 гармоник ряда Фурье

сигналов соответствующих последовательностей $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M$ по следующей формуле:

$$A(k) = \frac{1}{k\pi} \left[2 \sum_{i=1}^M (-1)^{i-1} \cos k(\alpha_i) - 1 \right]. \quad (3)$$

Для каждой последовательности $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M$ рассчитаны $A(k)$ и $K_{г\gamma}$ для $k=3 \dots 15$ [1].

По полученным данным построены зависимости $K_{г\gamma}$ от числа переключений за $1/4$ периода (рис. 2) для различных значений n . Для фиксированной n вместе с увеличением числа переключений M коэффициент $K_{г\gamma}$ уменьшается до некоторого (минимального для данной n) значения, после чего дальнейшее увеличение M приводит к увеличению $K_{г\gamma}$. Следовательно, для фиксированного значения n во время цифрового метода формирования выходного напряжения имеется некоторое число переключений M , дальнейшее увеличение которого не приводит к улучшению формы сигнала. Это объясняется тем, что увеличением M можно приблизить форму ШИМ-сигнала к синусоиде в том случае, когда рост числа переключений можно сопровождать формированием необходимых, относительно коротких интервалов. Но при малых n невозможно формировать большое количество коротких интервалов, и дальнейшее увеличение M приводит просто к искажению формы сигнала. Кроме того, это приводит к увеличению коммутационных потерь в силовых ключах инвертора.

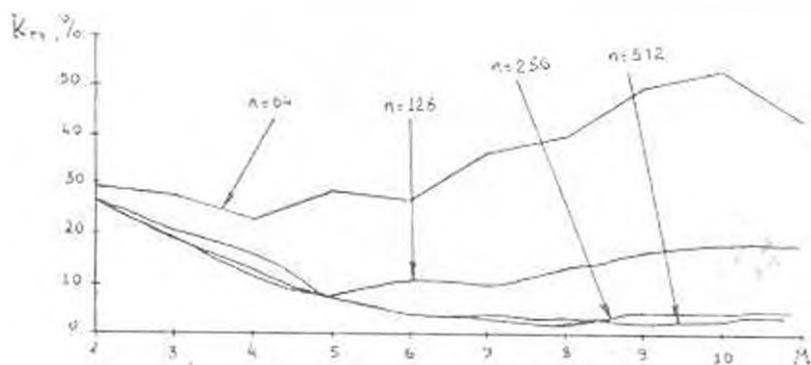


Рис. 2. Зависимость коэффициента гармоник $K_{г\gamma}$ от числа переключений M

На рис. 3 показана зависимость $K_{г\gamma}$ от числа дискретизации $k=f(n)$. С увеличением n увеличивается точность задания углов переключений, следовательно, полученный сигнал аппроксимирует синусоиду более точно. Поэтому увеличение n сопровождается уменьшением $K_{г\gamma}$. На рис. 4 приведены зависимости $A(1) = f(k)$ (k - номера тех последовательностей, при которых возможно произвести стабилизацию $A(1)$ при данном значении $K_{г\gamma}$) для

$K_{ГГ} < 30\%$, $K_{ГГ} < 20\%$, $K_{ГГ} < 10\%$. Очевидно, что при уменьшении $K_{ГГ}$ (улучшение качества сигнала) уменьшается диапазон регулировки $A(1)$ (уменьшение возможности регулировки).

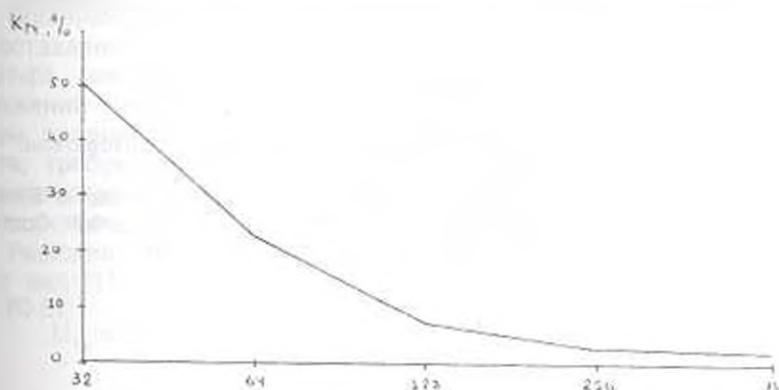


Рис. 3. Зависимость минимального коэффициента гармоник $K_{ГГ}$ от числа дискретизации n

Как видно из полученных зависимостей, выбором некоторого диапазона гармоник (3-15) и распределением энергии между первой и высшими гармониками можно получить различные последовательности углов переключений, которые обеспечивают регулируемость первой гармоники в данном диапазоне.

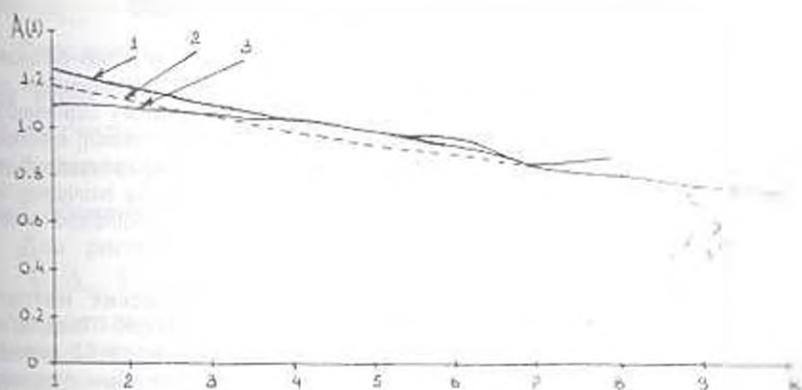


Рис. 4. Регулировочная характеристика $A(1) \rightarrow k$: 1- $K_{ГГ} < 30\%$, 2- $K_{ГГ} < 20\%$, 3- $K_{ГГ} < 10\%$

Стабилизация амплитуды выходного напряжения должна производиться так, чтобы коэффициент $K_{ГГ}$ не превысил данное значение. Таким образом, последовательность углов выбирается по сигналу обратной связи (ошибка регулировки) соответствующей характеристики регулировки на рис. 4. Эти последовательности хранятся в памяти в виде таблицы так, что на i -й строке записана i -я последовательность, а номер строки соответствует значению $A(1)$.

В результате исследований получены тактовая частота регулированной последовательности и множество углов регулировки. При данном пороге коэффициента гармоник получено множество регулировочных последовательностей, которые обеспечивают необходимые ресурсы для стабилизации выходного напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моин В.С. Стабилизированные транзисторные преобразователи. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 375 с.
2. Kato T., Kataoka A. Double Buffer Control by a Microcomputer in Sinusoidal PWM Inverter for a Wide Band Harmonic Elimination // Proc. Int. Conf. Ind. Electron. Contr. and Instrum. - 1985. - № 11. - P. 483- 488.

ГИУА

15.08.1995

Изв. НАН и ГНУ Армении (сер. ТН), т. L, № 3, 1997, с. 216-220.

УДК 621.3.01

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Г.Д. АКОПДЖАНЫН, В.С. САФАРЯН

О РАСЧЕТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И АЛГЕБРЫ СТРУКТУРНЫХ ЧИСЕЛ

Դիտարկվում է տեղաչափական սերիալների և կառուցվածքային թվերի համարակազմի կիրառումը էլեկտրական շղթաների հաշվարկի համար: Կառուցվելու է էլեկտրական շղթայի գրաֆիկ «2-ձառ» և նրա նկատմամբ երկրային («2-լրացում» կոչված) ենթագրաֆների առանձնահատուկ ուղղորդված Կառուցվածքային թվերի հանրահաշվի կիրառումը էլեկտրական շղթաների հաշվարկման համար հնարավորություն է ստեղծում: Օգտվելով էլեկտրական շղթայի գրաֆի կառուցվածքային կամ րացուցիչ կառուցվածքային թվերից, սրանց հաշվարկը դժվար չէ լուծել խնդիրն առանց հավասարումների կազմման և լուծման: Օգտվելով ստացված շանտաներից Խնդրի լուծումը հեշտությամբ ծրագրավորվում է:

Рассматриваются вопросы применения топологических методов и алгебры структурных чисел к расчету электрических цепей. Предлагается алгоритм выделения из графа электрической цепи подграфов "2-дерева" и дуальных им (названных "2-дополнениями"). Применение алгебры структурных чисел к расчету электрических цепей дает возможность, пользуясь структурным или дополнительным структурным числом графа цепи, которые легко определяются из графа, решить задачу без составления и решения уравнений с помощью полученных в работе формул. Решение задачи легко программируется.

Ил. 1. Библиогр. 4 назв.

Problems of using topological methods and structured number algebra for electric circuit design is considered. An algorithm for extracting from the graph the electric circuit of the subgraphs "2-trees" and dual (called 2-additions) is proposed. Application of structured number algebra to the electric circuit design enables to solve the problem without drawing up and solving equations using the structured or additional