



МОДИФИЦИРАН МЕТОД ЗА ОПЕРАТИВНА ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ НА ЕЛЕКТРОЗАДВИЖВАНЕТО

Людмил Попов, Васил Димитров

lucy6@abv.bg, vdimitroff@abv.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
София, ул. „Гео Милев № 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: *постояннотоково електрозадвижване, механична време-константа, електромагнитна времеконстанта*

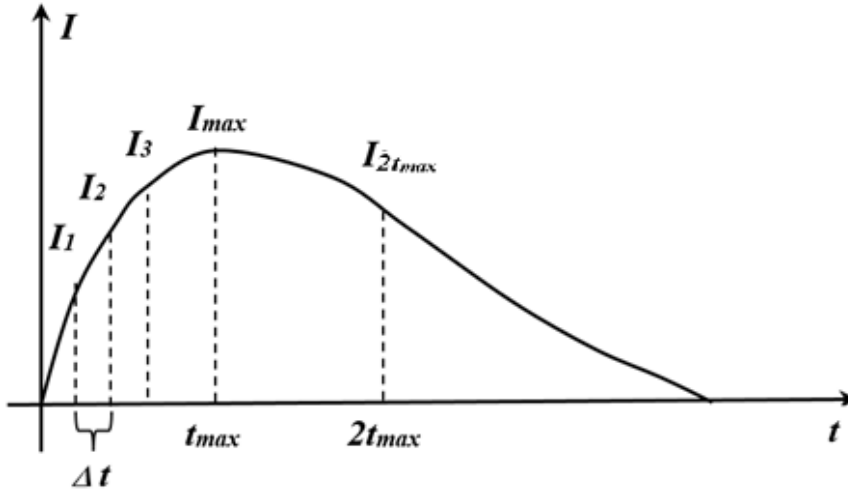
Резюме: *Методът на Цыпкин е бил разработен за определяне едновременно на двете времеконстанти на електрозадвижвания с постояннотоков двигател с независимо възбуждане – механичната T_M (свързана с големината на въртящите се маси) и електромагнитната T_{Σ} (функция от индуктивността и съпротивлението на котвената верига). За целта се определя само една изходна координата – котвеният ток като носител на информация както за електромагнитните, така и за механичните процеси в обекта. Основното ограничение на метода е изискването за единично входно въздействие. Точността при намирането на механичната времеконстанта е неголяма, като тя нараства с намаляване на периода на дискретизация Δt . Освен това T_M не може да се определя в режим на реална експлоатация.*

Целта на модификацията на метода е съкращаване на времето на експеримента, като се преобразуват изразите от класическия метод. Така за определяне на T_{Σ} е достатъчно да се знаят стойностите на токовете от началото на процеса до $t=4\Delta t$, а за определяне на T_M модификацията се свежда до използването на израза за механичната времеконстанта от модифицирания метод на Суворов, като времето на интегриране в случая е $4\Delta t$. Извършената симулация на така модифицирания метод с модула Simulink го верифицират като метод за оперативна идентификация с минимална продължителност на експеримента - $4\Delta t$ и значително по-голяма точност от класическия метод.

СЪЩНОСТ НА МЕТОДА НА ЦЫПКИН

Методът е разработен за настройка на електрозадвижвания с електродвигатели за постоянен ток с независимо възбуждане [1]. Контролира се само една изходна координата – ток на котвената намотка, като носител на информация както за електромагнитните, така и за механичните процеси в обекта. От метода се определят едновременно двете времеконстанти – механичната T_M и електромагнитната T_{Σ} .

При единично входно въздействие, което е ограничението на метода, преходната характеристика на тока на котвената намотка е експонента от *втори* ред с нулево начално и нулево крайно условие (фиг. 1).



Фиг. 1. Функция на тока във времето

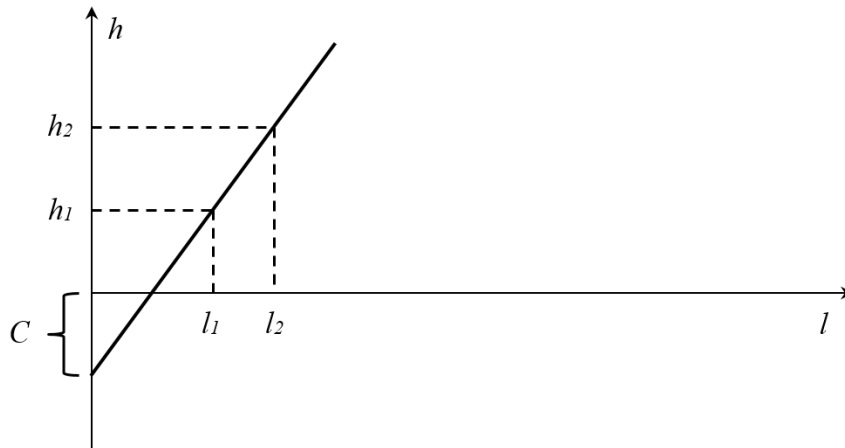
Развитието на тази функция във времето в началото (от нулата до максимума) се определя основно от електромагнитната времеконстанта, а след максимума – от механичната.

За определяне на електромагнитната времеконстанта се строи зависимостта $h(l)$, където:

$$(1) h_l = \frac{I_l}{I_{max}} \text{ и } l_l = \frac{t_l}{t_{max}}, \text{ където } l = 1, 2;$$

Свойствата на конкретния обект в случая са такива, че зависимостта $h(l)$ е права линия. Това дава основание тя да се построи на базата на две стойности на h и l , съответстващи на токове, отчетени от самото начало на преходния процес.

Екстраполира се правата $h(l)$ до пресичането ѝ с ординатната ос. Получената стойност за разстоянието C е отрицателна (фиг. 2).



Фиг. 2 Зависимост $h(l)$

Електромагнитната времеконстанта се определя от израза:

$$(2) T_{\alpha} = -\frac{\Delta t}{m|C|},$$

където Δt е стъпката по време, между отчетените стойности на токовете (фиг. 1).

За определяне на механичната времеконстанта се използва израза:

$$(3) T_M = \frac{\int_0^{\infty} i dt}{\frac{I_{\max}}{I_{\text{atmax}}}}$$

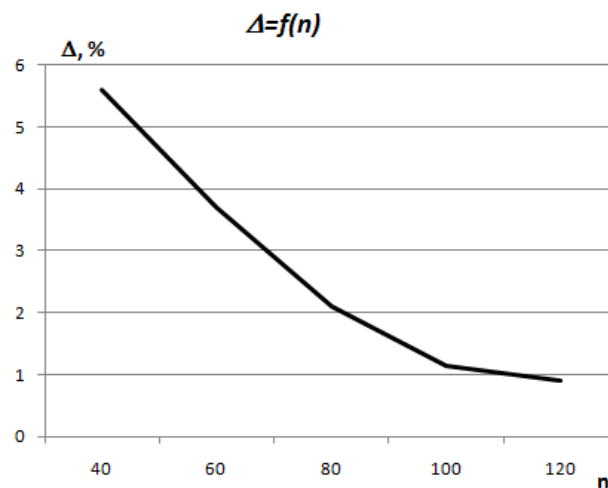
където значението на отделните величини се разбира от означенията на фиг. 1.

ТОЧНОСТ НА МЕТОДА НА ЦЫПКИН

Грешката при определянето на механичната времеконстанта спада под 1% при брой на стъпките на интегриране над 100. Грешката при определянето на електромагнитната времеконстанта е много малка и не надхвърля 0,001%. Методът на Цыпкин, специално за определянето на електромагнитната времеконстанта, се доближава до изискванията на оперативната идентификация и само изразът за механичната времеконстанта (3) прави методът да бъде причисляван към методите за аналитична идентификация.

На фиг. 3 е показана зависимостта на грешката при определянето на механичната времеконстанта от броя на стъпките на интеграционната процедура.

Вижда се, че точността расте с намаляването на периода на дискретизация Δt .



Фиг.3 Зависимост на грешката от броя на стъпките

МОДИФИКАЦИЯ НА МЕТОДА НА ЦЫПКИН

В оригиналния метод на Цыпкин се вижда, че за определянето на електромагнитната времеконстанта T_{α} е достатъчно да се знаят първите няколко стойности на тока. От фиг. 2 за стойността на величината C , участваща във формулата за T_{α} (2), следва очевидната пропорция:

$$(4) \frac{C + i_1}{i_1} = \frac{C + i_2}{i_2}, \text{ откъдето следва:}$$

$$(5) C = \frac{i_2 i_1 - i_1 i_2}{i_2 - i_1} = \frac{i_1 i_2 - i_2^2}{i_2 - i_1}$$

И тогава (2) добива видът:

$$(6) T_{\alpha} = - \frac{\Delta t}{\ln \left| \frac{i_2 i_1 - i_2^2}{i_2 i_2 - i_2^2} \right|}$$

От тук следва, че за стойността на T_{α} е достатъчно да се знаят стойностите на токовете от началото на процеса до $t=4 \cdot \Delta t$.

Модификацията на метода на Цыпкин се свежда до използването на израза за механичната времеконстанта от модифицирания метод на Суворов: $T_M = \frac{\int_0^{4\Delta t} Idt}{\omega_r}$ [2], като времето на интегриране в случая е $4\Delta t$:

$$(7) \quad T_M = \frac{\int_0^{4\Delta t} Idt}{\omega_r}$$

За да се избегне необходимостта от нормиране в относителни единици, следва този израз да се представи в абсолютни единици:

$$(8) \quad T_M = \frac{\int_0^{4\Delta t} Idt}{\omega_r} = \frac{\omega_0 \int_0^{4\Delta t} Idt}{I_H \omega_r} = \frac{U \int_0^{4\Delta t} Idt}{c\Phi I_H \omega_r} = \frac{R_a \int_0^{4\Delta t} Idt}{c\Phi \omega_r}, \text{ където:}$$

$$(9) \quad \omega_0 = \frac{U}{c\Phi} \text{ и } \frac{U}{I_H} = R_a$$

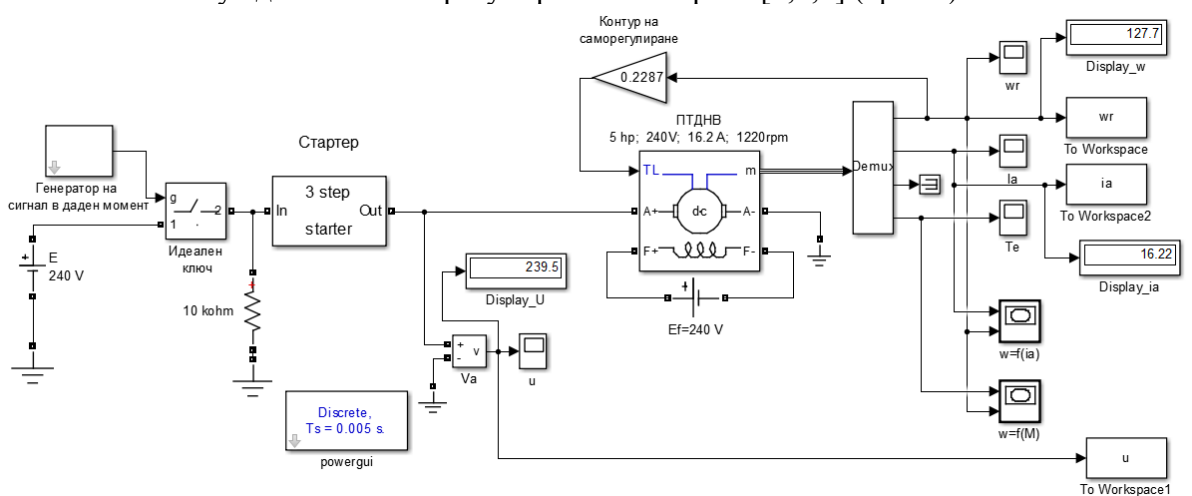
Окончателно се получава:

$$(10) \quad T_M = \frac{R_a \int_0^{4\Delta t} Idt}{c\Phi \omega_r},$$

В резултат така модифицираният метод на Цыпкин добива качествата на метод за оперативна идентификация с продължителност на експеримента $4\Delta t$.

СИМУЛАЦИЯ И АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Извършена е симулация с модула Simulink на двигател за постоянен ток с независимо възбуждане със саморегулиране по скорост [3,4,5] (фиг.4).



Фиг.4 Симулационен модел за определяне на ω_r , u , i_a

В схемата е използвано реостатно стартиране на двигателя, като стойностите на резисторите са $R_1=3,66 \Omega$, $R_2=1,64 \Omega$ и $R_3=0,74 \Omega$ и се изключват съответно на 2,8s, 4,8s и 6,8 s. Съпротивлението на котвената намотка е $R_a = 0,6 \Omega$. Отчитането на стойностите на тока в котвата – i_a са измерени в интервала между 0,24 sec и 0,31 sec от пуска на машината. Установената стойност на ъгловата честота на въртене на ротора – w_r е измерена в края на симулацията на 10^{-3} sec. След това са изчислени стойностите на C (по 5) и оттам T_a (по 6), а след това на Φ и R_a (по 9) и оттам T_M (по 10). Времеконстантите се получават: $T_a=1,2788$ и $T_M=0,0018$ (фиг. 5).



```
Command Window
>> CIP_2_2

Ta =

    1.2788

Tm =

    0.0018
```

Фиг.5 Изчисляване на T_a и T_m по метода

Вижда се, че след първите няколко секунди от началото на процеса, чрез контрол на тока в котвата, напрежението и ъгловата скорост са определени експериментално с голяма точност механичната и електромагнитната времеконстанти на постояннотоковия двигател.

ИЗВОДИ

В заключение може да се обобщи, че е модифициран методът на Цыпкин за аналитична идентификация на механичната и електромагнитната времеконстанти на звеното и в резултат е получен нов метод с по-голямо бързодействие и точност, т.е. приложим за целите на оперативната идентификация. Разработеният метод е верифициран с помощта на симулационен модел, реализиран с модула Simulink.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Цыпкин Я., Алгоритмы динамической адаптации, М., Наука, 1972.
- [2] Попов Л., Модификация на метода на Суворов за идентификация на апериодичен обект от втори ред, IV Международна научна конференция „Техника, технологии, образование, сигурност”, юни 2016 г., В. Търново
- [3] Терехин В., Основы моделирования в Matlab Часть2. Simulink, Новокузнецк, 2004.
- [4] Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink, ДМК Пресс, Москва 2008.
- [5] MathWorks, Simulink User's Guide, 2019.

MODIFIED METHOD FOR OPERATIONAL IDENTIFICATION OF BASIC PARAMETERS OF ELECTRICAL DRIVE

Ludmil Popov, Vasil Dimitrov
lucy6@abv.bg, vdimitroff@abv.bg

*Todor Kableskov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

Key words: *mechanical constant, electromagnetic constant*

Abstract: *Tsyarkin's method was developed to determine both time constants of DC motors with independent excitation - mechanical T_M (related to the inertia of rotating masses) and electromagnetic T_a (function of inductance and resistance of the armature winding). For the purpose, only one output coordinate is determined - the current of the armature winding, as a carrier of information for both electromagnetic and mechanical processes in the object. The main limitation of the method is the requirement for a single input impact. The accuracy in finding the mechanical time constant is low and it increases with decreasing sampling period Δt . In addition T_M cannot be determined in real operation mode.*

The modification of the method serves the purpose of shortening the time of the experiment by converting the expressions from the classical method. Thus, to determine T_a is enough to know the values of the currents from the beginning of the process until $t = 4 \cdot \Delta t$, whereas to determine T_M the modification is reduced to the use of the expression for the mechanical time constant from the modified Suvorov method, as integration time in this case is $4 \cdot \Delta t$. The performed simulation of the modified method with the Simulink module verifies it as a method for operative identification with a minimum experiment duration - $4 \cdot \Delta t$, and significantly higher accuracy than the classical method.