

Martin Olejár, Vladimír Cviklovič, Bohumír Brachtýr, Juraj Jablonický

Riadenie pohonov prostredníctvom PLC

Nitra 2023

Názov: Riadenie pohonov prostredníctvom PLC

Autori: doc. Ing. Martin Olejár, PhD. (7,52 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Technická fakulta

doc. Ing. Vladimír Cviklovič, PhD. (1,66 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Technická fakulta

Ing. Bohumír Brachtýr, PhD. (1,79 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Technická fakulta

prof. Ing. Juraj Jablonický, PhD. (0,83 AH)
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Technická fakulta

Recenzenti: prof. Ing. Dušan Hrubý, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Ing. Juraj Bielesch
B+R automatizace spol. s.r.o. – org. zložka Nové Mesto nad Váhom

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 23. 1. 2023
ako vysokoškolskú učebnicu pre študentov SPU v Nitre.

ISBN 978-80-552-2575-3

OBSAH

ZOZNAM SKRATIEK A ZNAČIEK	5
ÚVOD.....	9
1 ZÁKLADNÉ ASPEKTY MECHATRONIKY	11
2 ČASTI ELEKTRICKÝCH POHONOV	13
2.1 Elektrické motory	13
2.1.1 Jednosmerný motor	13
2.1.2 Krokový motor	21
2.1.3 Synchronný motor	28
2.1.4 Asynchronný motor	30
2.1.5 Lineárny motor	36
2.1.6 Mechanické charakteristiky pohonov	36
2.1.7 Statická stabilita elektrických pohonov	38
2.2 Mechanické prevody	39
2.2.1 Ozubené prevody	40
2.2.2 Planétové prevodovky	43
2.2.3 Harmonické prevodovky	46
2.2.4 Cykloidné prevodovky	50
2.2.5 Guľôčková skrutka	51
2.2.6 Valčeková skrutka	53
2.3 Snímače polohy	53
2.3.1 Indukčné snímače polohy	54
2.3.2 Optické snímače polohy	56
2.4 Meniče	64
2.4.1 Meniče pre jednosmerné motory	64
2.4.2 Meniče pre krokové motory	67
2.4.3 Meniče pre servo motory	70
2.4.4 Meniče pre asynchrónne motory	71
3 KONCEPCIA RIADIACEHO SYSTÉMU POHONOV	75
3.1 Hardvérová koncepcia	75
3.2 Softvérová koncepcia	77
4 KONFIGURÁCIA SYSTÉMU PRE RIADENIE POHONOV.....	80
4.1 Konfigurácia systému pre riadenie jednosmerného motora	80

4.2	Konfigurácia systému pre riadenie servo motora.....	82
4.2.1	Konfigurácia digitálnych vstupov servo meniča	93
4.3	Konfigurácia systému pre riadenie krokového motora	96
4.3.1	Konfigurácia digitálnych vstupov meniča pre riadenie krokového motora ..	99
4.4	Konfigurácia systému pre riadenie asynchrónneho motora	100
4.4.1	Konfigurácia systému pre riadenie asynchrónneho motora prostredníctvom I/O Mapping	100
4.4.2	Konfigurácia systému pre riadenie asynchrónneho motora prostredníctvom PLCopen Motion Control	102
5	TESTOVANIE A DIAGNOSTIKA POHONOV	105
6	PROGRAMOVÉ RIADENIE POHONOV	122
6.1	Riadenie jednosmerného motora.....	122
6.2	Riadenie servo motora	124
6.2.1	Štandard PLCopen Motion Control	124
6.2.2	Ovládanie funkčných blokov.....	125
6.2.3	Prehľad stavov pri riadení pohybu osí.....	127
6.2.4	Základné funkčné bloky knižnice ACP10_MC pre riadenie jednej osi	130
6.2.5	Vybrané funkčné bloky knižnice ACP10_MC pre riadenie viacerých osí	144
6.3	Riadenie krokového motora.....	179
6.4	Riadenie asynchrónneho motora.....	180
6.4.1	Riadenie asynchrónneho motora prostredníctvom I/O Mapping	180
6.4.2	Riadenie asynchrónneho motora prostredníctvom PLCopen Motion Control	181
7	VZOROVÉ PROGRAMY PRE RIADENIE SERVOPOHONU, ASYNCHRÓNNEHO A KROKOVÉHO POHONU	182
7.1	Riadenie jednej osi.....	184
7.2	Elektronická prevodovka	185
7.3	Elektronická vačka.....	187
7.4	Váčkový automat	189
8	POUŽITÁ LITERATÚRA	192

ZOZNAM SKRATIEK A ZNAČIEK

ABR	– prírastkový (inkrementálny) optický snímač polohy	
AC	– striedavý prúd (<i>Alternating current</i>)	
BiSS	– otvorený komunikačný protokol pre snímače a akčné členy	
BLDC	– bezkefový jednosmerný motor s permanentnými magnetmi (<i>Brushless direct current electric motor</i>)	
CNC	– počítačom riadený obrábací stroj (<i>Computer Numerical Control</i>)	
CPU	– centrálna procesorová jednotka (<i>Central Processing Unit</i>)	
DC	– jednosmerný prúd (<i>Direct current</i>)	
DTC	– priame riadenie elektromagnetického momentu (<i>Direct Torque Control</i>)	
EDS	– elektronický list výrobcu (<i>Electronic datasheet</i>)	
EEPROM	– elektricky zmazateľná semipermanentná pamäť (<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>)	
EIA	– elektronická priemyselná aliancia (<i>Electronic Industries Alliance</i>)	
EMC	– elektromagnetická kompatibilita (<i>Electro-Magnetic Compatibility</i>)	
HIPERFACE	– komunikačný protokol pre elektrické pohony	
ID	– identifikačné číslo (<i>Identification number</i>)	
IGBT	– Bipolárny tranzistor s izolovaným hradlom (<i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i>)	
LED	– luminiscenčná dióda (<i>Light-Emitting Diode</i>)	
NC	– číslicové riadenie (<i>Numerical Control</i>)	
OEM	– označenie výrobcu zariadenia, ktorého výrobok je propagovaný a predávaný pod inou obchodnou značkou (<i>Original Equipment Manufacturer</i>)	
PLC	– programovateľný logický automat (<i>Programmable Logic Controller</i>)	
PWM	– pulzne šírková modulácia (<i>Pulse-width modulation</i>)	
RS-485	– štandard sériovej komunikácie	
SDC	– (<i>Smart Device Controller</i>)	
SPI	– sériové periférne rozhranie (<i>Serial Peripheral Interface</i>)	
SSI	– synchronné sériové rozhranie (<i>Synchronous Serial Interface</i>)	
X2X	– systémová zbernica	
$\cos\varphi$	– účinník asynchrónneho motora	-
f_1	– frekvencia napájacieho napätia	Hz
f_2	– frekvencia napätia, ktoré sa indukuje v rotore	Hz
f_{pm}	– medzná prevádzková frekvencia krokového motora	Hz
f_{rm}	– medzná rozbehová frekvencia krokového motora	Hz
f_z	– frekvencia referenčného generátora impulzov	Hz
i	– prevodový pomer	-
i_{gp}	– prevodový pomer medzi generátorom vln a pružným ozubeným prstencom harmonickej prevodovky	-

i_{h1h8}	– prevodový pomer medzi hnacím členom a hnaným členom cykloidnej prevodovky	-
i_{xy}	– prevodový pomer medzi hnacím členom x a hnaným členom y	-
m	– modul ozubenia	-
n	– otáčky rotora	min^{-1}
n_g	– rýchlosť generátora vln harmonickej prevodovky	min^{-1}
n_k	– počet impulzov kanála Counter01 alebo Counter02	-
n_p	– rýchlosť pružného ozubeného kolesa harmonickej prevodovky	min^{-1}
n_s	– otáčky otáčavého magnetického poľa vytvoreného trojfázovým statorovým vinutím	min^{-1}
n_t	– rýchlosť tuhého ozubeného kolesa harmonickej prevodovky	min^{-1}
n_x	– otáčky ozubeného kolesa x	min^{-1}
p	– počet pólových dvojíc	-
s	– sklzové otáčky asynchrónneho motora	-
t	– čas	s
z_c	– počet zubov centrálneho kolesa planétovej prevodovky	-
z_k	– počet zubov korunového kolesa planétovej prevodovky	-
z_{kc}	– počet zubov korunového kolesa cykloidnej prevodovky	-
z_p	– počet zubov pružného ozubeného prstenca harmonickej prevodovky	-
z_{sc}	– počet zubov satelitov s cykloidným ozubením cykloidnej prevodovky	-
z_t	– počet zubov tuhého ozubeného kolesa harmonickej prevodovky	-
z_x	– počet zubov ozubeného kolesa x	-
D_x	– priemer rozstupovej kružnice ozubeného kolesa x	m
F_a	– sila zrýchlenia guľôčkovej skrutky	N
F_c	– celková sila guľôčkovej skrutky	N
F_e	– zaťažujúca sila guľôčkovej skrutky	N
F_f	– trecia sila guľôčkovej skrutky	N
I	– pretekajúci prúd statorom asynchrónneho motora	A
I_a	– prúd kotvy jednosmerného motora	A
I_b	– budiaci prúd jednosmerného motora	A
I_G	– prúd jednosmerného motora v generátorovom režime	A
L	– stúpanie závitov guľôčkovej skrutky	m
M_h	– hnací moment (moment motora)	Nm
M_k	– moment guľôčkovej skrutky	Nm
M_{max}	– maximálny moment synchrónneho motora	Nm
M_{pm}	– medzný prevádzkový moment krokového motora	Nm
M_{rm}	– medzný rozbehový moment krokového motora	Nm
M_z	– moment záťaže	Nm
M_{zab}	– záberový moment asynchrónneho motora	Nm
M_{zv}	– moment zvratu asynchrónneho motora	Nm

N	– exponent v logickom ráde binárneho kódu	-
P	– elektrický príkon asynchrónneho motora	W
P_W	– šírka impulzu PWM	%
R_d	– odpor v obvode budenia jednosmerného motora	Ω
R_M	– vnútorný odpor jednosmerného motora	Ω
R_p	– spúšťací odpor jednosmerného motora	Ω
T	– perióda impulzov alebo čas logickej úrovne 1	s
U	– napájacie napätie statora asynchrónneho motora	V
U	– napätie kotvy jednosmerného motora	V
U_b	– napätie budenia jednosmerného motora	V
U_C	– napájacie napätie jednosmerného motora	V
U_m	– amplitúda napätia	V
α	– uhol natočenia rotora	°
δ	– záťažový uhol synchrónneho motora	rad
η	– účinnosť guľôčkovej skrutky	-
Φ	– magnetický indukčný tok	Wb

ÚVOD

V súčasnej dobe takmer každý stroj alebo zariadenie v sebe obsahuje pohyblivé časti, ktoré je potrebné riadiť na základe špecifických požiadaviek. Riadenie pohonov, ktoré bolo v minulosti dosť komplikované pretože bolo výhradne založené na mechanických konštrukciách, teraz možno vykonávať s najvyššou mierou flexibility a efektivity s využitím najnovších technológií z oblasti riadenia pohonov prostredníctvom meničov. Optimálna vzájomná koordinácia jednotlivých zložiek systému pre riadenie pohonov, ako sú napr. menič, motor, prevodovka a spätná väzba, ktorú reprezentuje enkóder, prináša značné výhody v oblasti riadenia technologických procesov. Siet' takto integrovaných mechatronických častí v procese v dnešnej dobe tvorí jednu funkčnú jednotku pre riadenie pohonov. To nám dáva predpoklady zamerať sa predovšetkým na optimalizáciu technologického procesu nielen z hľadiska jeho presnosti, ale aj rýchlosti.

Cieľom vysokoškolskej učebnice je poskytnúť základné informácie týkajúce sa možnosti riadenia pohonov používaných v priemyselných prevádzkach. Vysokoškolská učebnica je rozdelená do siedmich základných kapitol. V prvej kapitole sú uvedené základné pojmy mechatroniky. Druhá kapitola opisuje základné časti elektrických pohonov, ako sú elektrické motory, mechanické prevody, snímače polohy a meniče pre riadenie elektrických motorov. V tretej kapitole je opísaná základná hardvérová a softvérová koncepcia riadenia pohonov. V štvrtej kapitole sú uvedené spôsoby konfigurácie systémov pre riadenie pohonov. Piata kapitola sa venuje nástrojom na testovanie a diagnostiku pohonov. Šiesta kapitola sa zaoberá programovaním jednotlivých typov motorov, popisuje vybrané funkčné bloky knižnice APC10_MC, pre riadenie jednej alebo viacerých osí. V poslednej kapitole sú popísané vzorové programy pre riadenie servopohonov, asynchrónnych a krokových pohonov, ktoré je možné jednoducho a rýchlo použiť na riadenie pohybu jednej resp. dvoch osí.

Martin Olejár, Vladimír Cviklovič, Bohumír Brachtýr, Juraj Jablonický

Riadenie pohonov prostredníctvom PLC

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: štvrté nezmenené

Náklad: 50 ks

Redaktorka: Katarína Kováčová

Tlač: Vydavateľstvo SPU v Nitre

AH – VH: 11,80 – 12,09

ISBN 978-80-552-2575-3

Táto publikácia bola vytlačená na ekologickom papieri.

