

NÁVRH RIADIACEHO SYSTÉMU DYNAMICKÉHO ZAŤAŽOVACIEHO ZARIADENIA

DESIGN OF CONTROL SYSTEM OF IMPACT LOADING DEVICES

Š. DRABANT, Z. TKÁČ, ⁽¹⁾K. POKORNÝ, ⁽²⁾J. TURZA, M. GURINA

Summary:

This contribution is oriented in field of testing of hydrostatic generators. Lifetime of hydrostatic converters is testing on special stands in laboratory conditions. A designed testing stand is able to simulate of impact loading from data that were measuring during operating.

Key words:

riadiaci systém, hydrostatický generátor, životnosť, zaťažovacie zariadenie, simulácia,

ÚVOD

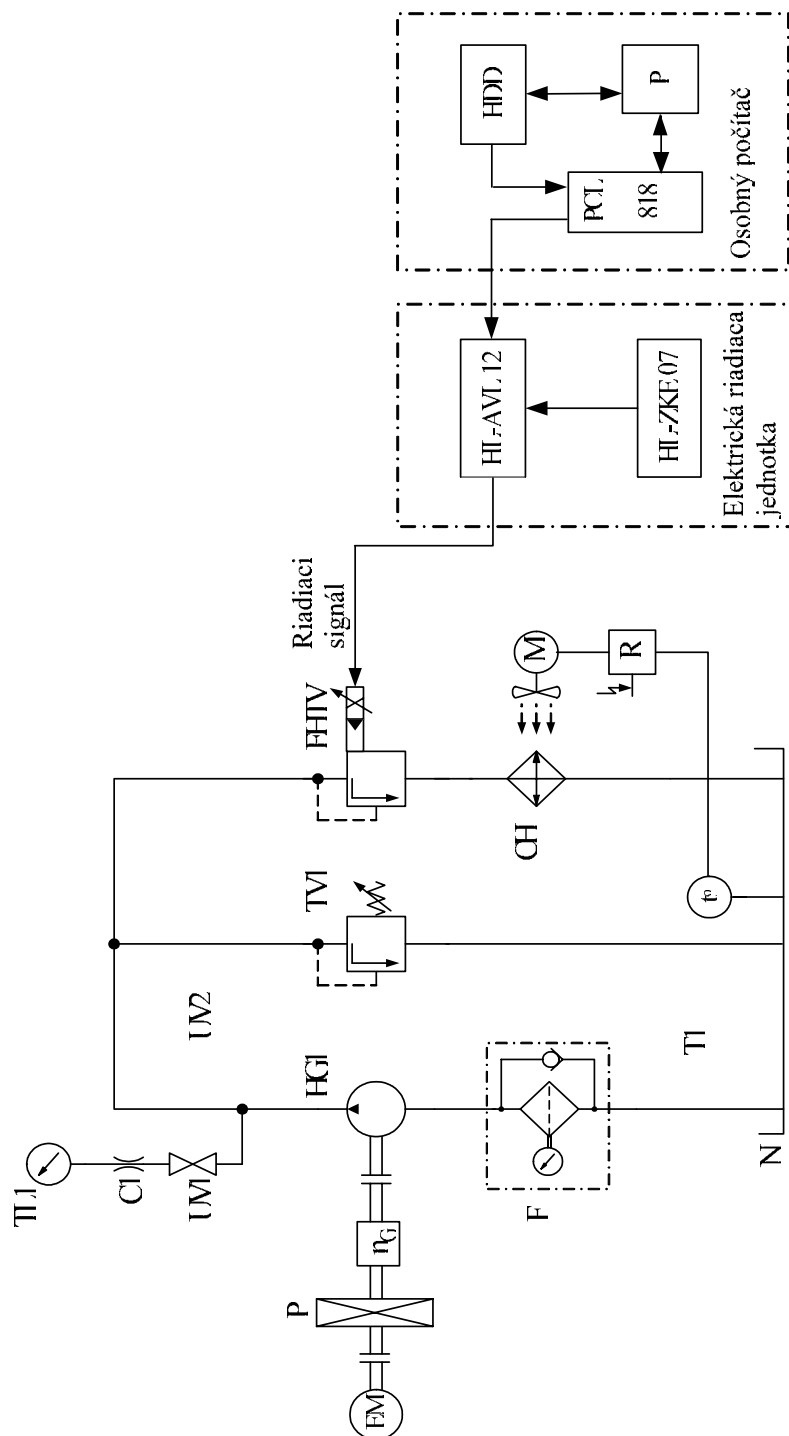
Len veľmi ťažko možno realizovať niektoré skúšky priamo na strojoch či zariadeniach. Skúšanie životnosti hydrostatických prevodníkov a ostatných agregátov pracovných strojov je výhodné riešiť na špeciálnych skúšobných stavoch. Pri skúšaní životnosti hydrostatických prevodníkov a ostatných agregátov samohybných pracovných strojov sa vynára otázka ako nameraný a zaznamenaný priebeh priviesť na vstup zaťažovacieho systému ako riadiaci signál, alebo ako v počítači vytvoriť ekvivalentný priebeh prevádzkového procesu.

MATERIÁL A METÓDY

Cieľom práce je navrhnuť riadiaci systém skúšobného stavu na skúšanie hydrogenerátorov dynamickým zaťažením. Dynamické zaťažovanie sa využíva pri zrýchlených životnostných skúškach hydrogenerátorov. Dynamické zaťažovanie je realizované vybraným priebehom prevádzkového tlaku.

Návrh funkčnej schémy skúšobného stavu je na obr.1. Požadovaná zmena dynamického zaťaženia hydrogenerátora **HG 1** je spojito riadená pomocou elektrohydraulic-kého proporcionálneho tlakového ventilu **EHTV**. Proporcionálny tlakový ventil je aktívnym členom elektrohydraulického systému skúšobného stavu, ktorý zabezpečuje spojité prevod riadiaceho signálu na úmerný tlak pracovnej kvapaliny. Pre simulovanie dynamického zaťažovania hydrostatických prevodníkov pomocou

elektrohydraulických tlakových ventilov je potrebné mať k dispozícii vhodný číslicový riadiaci systém pozostávajúci z počítača PC a D/A prevodníka.



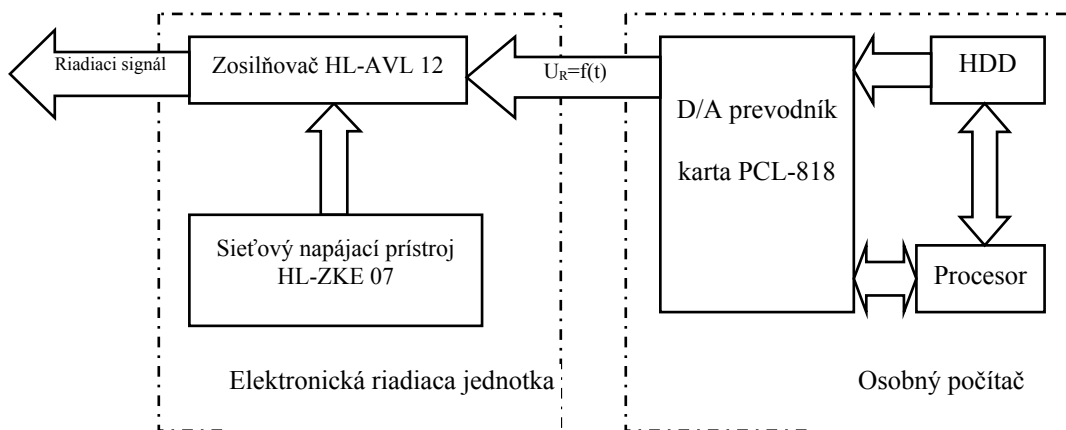
Obr. 1 Skúšobný stav pre dynamické zaťažovanie hydrogenerátora
 Fig. 1 Testing stand for impact loading of hydro generator

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Návrh riadiaceho systému skúšobného stavu

Navrhujeme riešený skúšobný stav ovládať a riadiť počítačovým riadiacim systémom. Bloková schéma riadiaceho systému je znázornená na obr. 2. Základnými blokmi riadiaceho systému sú osobný počítač **PC** s osadeným prevodníkom **D/A** a elektronická riadiaca jednotka **ERJ**.

Samotné riadenie elektrohydraulického proporcionálneho tlakového ventilu **EHTV** sa uskutočňuje digitálno-analógovým prevodníkom **D/A** a elektronickou riadiacou jednotkou **ERJ**. Prevodník **D/A** prevádza digitálny riadiaci signál vytvorený počítačom **PC** na analógový signál, riadiace napätie U_R , ktorý je funkciou času. Analógový signál $U_R = f(t)$ je následne zosilnený v elektronickej riadiacej jednotke **ERJ** a privedený na proporcionálny tlakový ventil **EHTV**.



Obr.2 Riadiaci systém skúšobného stavu
Fig. 2 Control system of the testing stand

D/A prevodník

Riadiaci signál je vytváraný z navzorkovaného diskretného prevádzkového priebehu uloženého v počítači **PC**. Použitý je osobný počítač s mikroprocesorom Intel pentium II s pamäťou RAM 128 MB a operačným systémom Windows 98. V počítači je na základnej doske Socket 370 Mainboard osadená karta **PCL-818** fy **ADVANTECH**. Karta **PCL-818** je priemyselná vstupno-výstupná I/O karta vhodná pre meranie a riadenie procesov s použitím osobných počítačov IBM.

Karta plní funkcie nasledovných zariadení:

- A/D prevodník.
- D/A prevodník.
- Digitálny výstup.

- Digitálny vstup.
- Počítadlo/Časovač.

Tabuľka 1 Špecifikácia D/A prevodníka I/O karty **PCL-818**
Table 1 Specification D/A converter of I/O cart **PCL- 818**

PARAMETER		Označenie	Jednotka	Hodnota
DIGITÁLNY VSTUP	Počet kanálov	p_{kD}	-	16
	Logická úroveň	U_L	V DC	0 – L : 0 až 0,8 1 – H : 2,0 až 5,0
	Vstupný prúd	I_{vs}	mA/ μ A	0,4 mA max. pri 0,5 V 50 μ A max. pri 2,7 V
ANALÓGOVÝ VÝSTUP	Počet kanálov	p_{kA}	-	dva 12 bitové kanály
	Čas ustálenia	τ_{us}	μ s	5
	Výstupné napätie	U_{Vyst}	V	0 – 5 0 – 10
	Maximálne zaťaženie	I_{max}	mA	5

V riadiacom systéme elektrohydraulického simulátora dynamického zaťaženia hydrostatických prevodníkov karta plní funkciu D/A s digitálnym vstupom a analógovým výstupom. Špecifikácia D/A prevodníka karty **PCL-818** je v tabuľke 1.

Všetky funkcie karty **PCL-818** môžu byť programované cez I/O read/write porty. Karta je vybavená šesť polohovým DIP prepínačom pre výber základnej adresy I/O portu. Ak je raz vybratá adresa, karta obsadí 16 za sebou idúcich I/O portov (bytov) zo základnej adresy. Po osadení karty na základnú dosku počítača je potrebné inštalovať ovládače karty. Karta **PCL-818** je dodávaná s BASIC, BASICA a QuickBASIC ovládačmi a na požiadanie aj s ovládačmi v C a PASCAL.

Programovanie karty **PCL-818** pre riadenie skúšobného stavu

Aby bolo možné simulovať požadovaný priebeh zaťaženia je potrebné kartu **PCL-818**, ktorá v riadiacom systéme plní funkciu D/A prevodníku naprogramovať. Programovanie karty **PCL-818** je možné dvomi spôsobmi. Prvý spôsob spočíva v zapísaní I/O portu priamo v aplikačnom programe. Tento spôsob vyžaduje dobré znalosti základnej štruktúry registrov, formátu dát a hardverových zariadení. Druhý spôsob programovania karty spočíva vo využití riadiaceho programu (*drive routines*) karty **PCL-**

818 a jeho volanie ako podprogramu – procedúry v hlavnom riadiacom programe. Kartou možno riadiť pomocou hlavného riadiaceho programu napísaného v jazykoch BASIC, PASCAL alebo C++. Vzhľadom na programovacie jazyky, s ktorými je karta schopná komunikovať a na ich dostupnosť a náročnosť programovania bude pre kartu napísaný riadiaci program v jazyku QBASIC s využitím riadiaceho programu dodávaného spolu s kartou.

Programovanie karty pre riadenie skúšobného stavu bude spočívať:

- v inicializovaní karty,
- zápise dát na D/A prevodníky.

Karta je ovládané príkazom:

CALL PCL818(FUNC%, DAT%(0), ER%)

kde: FUN% – premenná špecifikujúca funkciu, ktorá sa má vykonať

DAT%(0) – premenná, špecifikujúca počiatkové pamäťové miesto kompletného poľa dát

ER% – premenná, obsahujúca spätné hlásenie

INICIALIZÁCIA KARTY – FUNCTION 0

Cieľom tohto kroku je inicializovať základnú adresu, úroveň prerušenia a úroveň DMA. Funkcia musí byť vykonaná pred ktoroukoľvek inou funkciou.

Parametre:

FUN% – funkcia, hodnota je 0

DAT%(0) – údaj: adresa portu. Predvolená hodnota je hex 300

DAT%(1) – údaj: úroveň prerušenia, platná hodnota je od 0 do 7

DAT%(2) – údaj: úroveň DMA, platná hodnota je od 1 do 3

ER% – spätné hlásenie: napr. 0 – dobrá odozva

ZÁPIS DÁT NA D/A PREVODNÍKY – FUNCTION 16

Cieľom tohto kroku je zapísať dáta na oba D/A prevodníky.

Parametre:

FUN% – funkcia, hodnota je 16

DAT%(0) – údaj: D/A prevodník 1, platná hodnota je od 0 do 4095

DAT%(1) – údaj: D/A prevodník 2, platná hodnota je od 0 do 4095

ER% – spätné hlásenie: napr. 0 – dobrá odzva

S využitím uvedeného príkazu a funkcií bol vytvorený funkčný riadiaci program, ktorý je schopný simulovať rôzne priebehy zaťaženia. Príklad časti riadiaceho programu karty PCL-818 je uvedený nižšie.

```
10 DIM (1000)
20 OPEN "I", #2, "C:\priebeh", 1000
30 BLOAD "818BAS.BIN", 0
40 PCL818 = 0
50 '*****INSTALLATION*****'
60 DIM DAT%(4)
70 PORT%=&H300
80 DAT%(0)=PORT%
90 DAT%(1)=2
110 DAT%(2)=3
120 ER%=0
130 FUN%=0
140 CALL PCL818(FUN%,DAT%(0), ER%)
150 IF ER%<>0 THEN PRINT "INSTALLATION FAILED!": STOP
160 '*****SET DATA TO BOTH D/A'S*****'
170 DAT%(0)=D(I)
180 FUN%=16
200 CALL PCL818(FUN%,DAT%(0), ER%)
```

Elektronická riadiaca jednotka

Vytvorený analógový signál, ktorý predstavuje časovú závislosť riadiaceho napätia $U_R = f(t)$ je z karty **PCL-818** privádzaný do riadiacej elektronickej jednotky **ERJ** kde sa ďalej upravuje na tvar vhodný pre riadenie proporcionálneho tlakového ventilu **EHTV**.

Elektronická riadiaca jednotka **ERJ** je tvorená jednotlivými zásuvnými blokmi tvoriacimi jednotný systém riadenia. Bloky predstavujú elektronické konštrukčné súčasti a skupiny potrebné pre riadenie použitého proporcionálneho tlakového ventilu **EHTV** typ **NW 10** a sú určené pre:

- Prispôsobenie signálu.
- Tvorbu invertovanej a neinvertovanej menovitej hodnoty ovládateľnej signálom TTL.
- K vnútornej regulácii polohy posúvača ventilu.
- Porovnanie skutočnej a menovitej hodnoty a tým k vytvoreniu odchýlky.
- Zosilnenie napätia a výkonu.

- Skokové zadanie menovitých hodnôt.
- Rýchlostné zadanie menovitých hodnôt.
- Spracovanie záverných a prepínacích signálov.

Pre riadenie simulátora dynamického zaťaženia hydrostatických prevodníkov použijeme riadiacu jednotku **ERJ** v nasledovnej koncepcii:

- Sieťový prístroj **HL-ZKE 07**.
- Zosilňovač **HL-AVL 12**.
- **Sieťový prístroj HL-ZKE 07**

Sieťový prístroj **HL-ZKE 07** je dimenzovaný špeciálne pre napájanie zosilňovača **HL-AVL 12**. Okrem toho je možné pripojiť stabilizované napätia $U_p = + 15 \text{ V}$ a $U_N = - 15 \text{ V}$ vzťahnuté na signál *zem* pre dosiahnutie skutočnej a požadovanej hodnoty. Nestabilizované napätie 24 V pre napájanie výkonových stupňov je vyvedené dvakrát, je možné ovládať dva zosilňovače **HL-AVL 12** v spojení s proporcionálnymi magnetmi **P 45** (maximálny odber prúdu 1,2 A), alebo jeden zosilňovač **HL-AVL 12** v spojení s proporcionálnym magnetom **P 60** (maximálny odber prúdu 1,6 A). Za podmienok, že teplota okolia sieťového prístroja neprekročí 45 °C, alebo súčet oboch prúdov v strednej hodnote neprekročí 2,4 A (integračná doba 15 min) je možné napájať tiež dva zosilňovače **HL-AVL 12** v spojení s proporcionálnymi magnetmi **P 60**. V tabuľke 2 sú uvedené vybrané technické parametre sieťového prístroja **HL-ZKE 07**.

Tabuľka 2 Technické parametre sieťového prístroja HL-ZKE 07
Table 2 Technical characteristics of mains supply HL-ZKE 07

Parameter	Označenie	Jednotka	Hodnota
Prevádzkové napätie	U_B	V	220 -15 ... +10% 50 Hz \pm 2%
Intenzita prúdu pri $U_B = 220 \text{ V}$	I_p	mA/A	$\leq 450 \text{ mA}$ $I_1 + I_2 \leq 2,4 \text{ A}$
Výstupné napätie pri $I_1 = I_2 = 1,2 \text{ A}$	U_1, U_2	V	$24 \pm 20\%$
Maximálny odber prúdu $I_1; I_2; I_1 + I_2$	I_{sp}	A	1,6; 1,6 ; 2,4
Výstupné napätie	U_p, U_N	V	$\pm 15 \pm 0,1$ odolné proti skratu
Maximálny odber prúdu	I_p, I_N	mA	300
Hmotnosť	m	kg	3,2

• **Zosilňovač HL-AVL 12**

Tento konštrukčný prvok je koncipovaný ako regulátor pre proporcionálne tlakové ventily a plní ešte ďalšie prídavné funkcie. Konštrukčné usporiadanie umožňuje realizovať veľký počet variant s malým počtom konštrukčných skupín. Zosilňovač **HL-AVL 12** pre riadenie simulátora dynamického zaťaženia hydrostatických prevodníkov pozostáva zo základnej konštrukčnej skupiny (dosky plošného spoja), na ktorú sú zásuvným spôsobom napojené nasledovné súčasti:

- Jeden výkonový stupeň. (V prípade, že riadený proporcionálny ventil má dva proporcionálne magnety, pripojí sa aj druhý výkonový stupeň.)
- Spätnoväzobný obvod pre reguláciu polohy posúvača ventilu a spätnoväzobný obvod pre spínací obvod, ktorý môže byť použitý pre vonkajší regulačný obvod. Tento spätnoväzobný obvod nevyužijeme.
- Rýchlostný regulátor. Regulátor využijeme v prípade skokovitého zadania menovitých hodnôt.

V tabuľke 3 sú vybrané uvedené technické parametre zosilňovača **HL-AVL 12**.

Vytvorený riadiaci signál sa privádza na proporcionálny magnet proporcionálneho tlakového ventilu **EHTV** typ **NW 10**. Týmto signálom sa riadi poloha kotvy magnetu a tým aj stlačenie regulačnej pružiny proporcionálneho ventilu. Riadenie polohy kotvy umožňuje presné nastavenie a takmer bezhysterézne dodržanie riadeného tlaku v hydrostatickom obvode simulátora v závislosti od riadiaceho signálu.

Tabuľka 3 Technické parametre zosilňovača HL-AVL 12

Table 2 Technical characteristics of amplifier HL-AVL 12

Parameter	Označenie	Jednotka	Hodnota
Napájacie napätie	U_N	V	$24 \pm 20\%$
Maximálny odber prúdu na magnete P 45	$I_{\max P45}$	A	1,2
Referenčné napätie	U_{ref}	V	$\pm 15 \pm 2\%$ stabilizované
Maximálny odber prúdu	I_{\max}	mA	100
Maximálne vstupné napätie pre analógové vstupy	$U_{\max A}$	V	20
Maximálny výstupný prúd pre ovládací elektromagnet	$I_{\text{výst}}$	A	2,25
Výstupné napätie rýchlostného generátora	$U_{\text{výst}}$	V	-10...0....+10

Simulovanie zaťaženia

Riadiacim systémom, pomocou vhodného programu, je možné simulovať zaťaženia ľubovoľného priebehu v danom rozsahu. Priebeh zaťaženia môže byť zadaný buď analyticky pre deterministické procesy (napr. zaťažovanie sínusovým priebehom), alebo je možné simulovať náhodný prevádzkový proces. Najjednoduchší spôsobom laboratórnej simulácie je **prosté prehrávanie** vzorkovaného spojitého prevádzkového procesu získaného meraním vybraných veličín (tlakov) v prevádzke. Univerzálnejším spôsobom simulácie náhodných procesov je **reprodukcia ich štatistických charakteristík**. Prakticky to znamená, že sa zaznamenaný prevádzkový proces štatisticky spracuje a pomocou generátorov a filtrov, alebo matematickými metódami sa vytvorí nový proces, ktorého zvolené štatistické charakteristiky sú rovnaké ako charakteristiky nameraného prevádzkového procesu.

ZÁVER

Reálna spoločenská potreba priblížiť návrh a model konštrukcie prevodníka skutočným prevádzkovým podmienkam vedie k potrebe merať, zaznamenávať a vyhodnocovať prevádzkové procesy. Tým získame objektívne informácie o vstupných budiacich účinkoch prostredia, v ktorom bude prevodník pracovať. Prevažná väčšina týchto procesov má náhodný charakter a aj časové intervaly sledovania sú spravidla pomerne dlhé. Z toho dôvodu bolo potrebné vytvoriť merací, riadiaci a technický systém, ktorý zabezpečí spoľahlivé snímanie procesov a ich uchovanie na účely ďalšieho spracovania.

LITERATÚRA

- JABLONICKÝ, Juraj (zost.) - BOLLA, Marek (zost.)**. Zborník zo IV. medzinárodnej vedeckej konferencie mladých 2002 : Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie konanej pod záštitou Dr. h. c. prof. Ing. Jozefa Lobotku, DrSc. - dekana MF SPU v Nitre. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2002. 314 s. ISBN 80-8069-085-5.
- JABLONICKÝ, Juraj - ŽIKLA, Anton**. Návrh a kinematická analýza diferenciálnej planétovej prevodovky. In 6. medzinárodná vedecká konferencia mladých 2004 : zborník zo 6. medzinárodnej vedeckej konferencie mladých 2004, Nitra, 21.-22. október 2004 [elektronický zdroj]. 1. vyd. V Nitre : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2004. S. 82-90. Požiadavky na systém: Windows 98 a vyššie; CD-ROM mechanika.
- ABRAHÁM, Rudolf - ŽIKLA, Anton - HUJO, Ľubomír**. Prenos hnacej sily kolesovým pojazdným ústrojenstvom. In Zborník z II. medzinárodnej konferencie mladých 2000 : Račkova dolina - Západné Tatry 11.-13.10.2000. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2000. ISBN 80-7137-762-7. s. 96-101.

- HUJO, Ľubomír - ABRAHÁM, Rudolf.** Metodika skúšania trojbodového závesu traktora. In Zborník z II. medzinárodnej konferencie mladých 2000 : Račkova dolina - Západné Tatry 11.-13.10.2000. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2000. ISBN 80-7137-762-7. s. 120-125.
- ONDZIK, Ján - ZEMAN, Stanislav - HUJO, Ľubomír.** Priame číslicové riadenie preplňovaného motora Z 8602.1. In KOKA 2002 : XXXIII. medzinárodná konferencia katedier a pracovísk spaľovacích motorov slovenských a českých vysokých škôl, konanej v rámci osláv 40. výročia založenia odboru mechanizácie poľnohospodárstva : Račkova dolina 19.-20.2002. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2002. ISBN 80-8069-051-0. s. 139-145.
- ABRAHÁM, Rudolf - ŽIKLA, Anton - JABLONICKÝ, Juraj.** Interakcia pôdy a pojazdového ústrojenstva. In Agrotech Nitra 2001 : Poľnohospodárska technika na začiatku 21. storočia : Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie : Nitra 6.6.2001. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2001. ISBN 80-7137-874-7. s. 5-7.
- PETRANSKÝ, I. – DRABANT, Š.:** Využitie hydraulických prvkov pre dynamické zaťažovanie samohybných pracovných strojov v laboratórnych podmienkach. In: Hydraulika 50/1988. Bratislava : Alfa, 1988. zväzok 50, s. 23 – 28
- PETRANSKÝ, I. - DRABANT, Š. - POKORNÝ, K.:** Skúšobné stavy so simulátormi záťaže mobilných energetických prostriedkov. Nitra : SPU, 2001. 116 s. ISBN 80-213-0771-4
- PETRANSKÝ, I.- DRABANT, Š.- ĎURÁK, M.- TKÁČ, Z.:** Impact of biologically degradable oil on technical parameters of tractors hydrogenerátor. Tractors and power machines, Vol.2, No. 3. Novi Sad, 1997. s. 40-48.

Súhrn

Predložený príspevok sa týka problematiky skúšania hydrostatických generátorov. Skúšanie životnosti hydrostatických prevodníkov je výhodné riešiť na špeciálnych skúšobných stavoch v laboratórnych podmienkach. Veľkou prednosťou takto navrhnutých stavov je možnosť simulácie dynamického prevádzkového zaťaženia získaného meraním a tým možnosť priblížiť podmienky laboratórnych skúšok skutočnej prevádzke. Obsahom príspevku je riešenie návrhu riadiaceho systému dynamického zaťažovacieho zariadenia.

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia výskumného projektu VEGA 01/0588/03 „Minimalizácia znečistenia ovzdušia a pôdy poľnohospodárskou technikou“ a VEGA 01/0300/03 „Výskum vlastností nových štruktúr hydrostatických piestových prevodníkov pre tlak 70 MPa“.

Kľúčové slová:

riadiaci systém, hydrostatický generátor, životnosť, zaťažovacie zariadenie, simulácia,

Kontaktná adresa:

doc. Ing. ŠTEFAN DRABANT, CSc., Slovenská poľnohospodárska univerzita, Mechanizačná fakulta, Katedra vozidiel a tepelných zariadení, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, tel.: + 421 37 650 85 31, e-mail: stefan.drabant@uniag.sk
prof. Ing. Karel Pokorný, CSc., TF ČZU Praha, pokorny@tf.czu.cz
Doc. Ing. Jozef Turza, CSc., Slovenská technická univerzita, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave, Detašované pracovisko Mf STU Dubnica nad Váhom,