

ISPITIVANJE, REGULACIJA I OPRAVKA VISOKOTLAČNIH PUMPI I PUMPI S HIDRODINAMIČKIM REGULATOROM BROJA OBRTAJA DIESEL MOTORA NA ISPITNOM STROJU HARTRIDGE AVM2-PC

TESTING, REGULATION AND REPAIR OF HIGH-PRESSURE PUMPS AND PUMPS WITH HYDRODYNAMIC CONTROLLER OF DIESEL ENGINE RPM, USING HARTRIDGE AVM2-PC TEST STAND

Dr sc. Omer Jukić, dipl.ing.maš.
JP “Elektroprivreda BiH” – ZD Rudnik
mrkog uglja “Kakanj”
A. Izetbegovića 17 – 72240 Kakanj

Ramić Mahmut, ing.maš.
JP “Elektroprivreda BiH” – ZD Rudnik
mrkog uglja “Kakanj”
A. Izetbegovića 17 – 72240 Kakanj

REZIME

Stroj za ispitivanje visokotlačnih pumpi marke Hartridge tip AVM2 – PC predstavlja izuzetno snažan, računarski podržan i sofisticiran alat za ispitivanje svih tipova linijskih i rotacionih visokotlačnih pumpi, kao i pumpi sa hidrodinamičkim regulatorom broja obrtaja diesel motora. Korištenjem dodatnih pristroja omogućeno je efikasno ispitivanje visokotlačnih pumpi sa hidrodinamičkim regulatorom broja obrtaja diesel motora na građevinskim i rudarskim mašinama. Pored ispitivanja, stroj ima i mogućnost regulacije tehničkih parametara visokotlačnih pumpi.

Ključne riječi: Stroj za ispitivanje visokotlačnih pumpi, linijske i rotacione pumpe, hidrodinamički regulator broja obrtaja diesel motora

ABSTRACT

High-pressure pump test stand Hartridge AVM2 – PC is an exceptionally powerful, computer-supported and sophisticated tool for testing of all types of linear and rotary high-pressure pumps, as well as pumps with hydrodynamic control of diesel engine rpm. An additional tool enables efficient testing of high-pressure pumps with hydrodynamic control of diesel engine rpm speed, on construction and mining machines. Along with testing, the stand also enables regulation of technical parameters of high-pressure pumps.

Key words: High-pressure pump test stand, linear and rotary pumps, hydrodynamic controller of diesel engine rpm

1. UVOD

Stroj za ispitivanje visokotlačnih pumpi marke Hartridge tip AVM2-PC (slika 1) predstavlja izuzetno snažan, računarski podržan i sofisticiran alat za ispitivanje svih tipova linijskih i rotacionih (distributivnih) visokotlačnih pumpi, kao i pumpi sa hidrodinamičkim regulatorom broja obrtaja diesel motora.

Korištenjem dodatnih pristroja omogućeno je efikasno ispitivanje visokotlačnih pumpi sa hidrodinamičkim regulatorom broja obrtaja diesel motora na građevinskim i rudarskim

mašinama. Pored ispitivanja, stroj ima i mogućnost regulacije tehničkih parametara visokotlačnih pumpi.



Slika 1. Izgled ispitnog stroja (ispitni - probni stol) Hartridge AVM2-PC

2. TEHNIČKI PODACI ISPITNOG STROJA HARTRIDGE AVM2-PC

U tabeli 1 su dati osnovni tehnički podaci ispitnog stroja Hartridge AVM2-PC iz kojih se vidi spektar mogućnosti ispitivanja linijskih i rotacionih visokotlačnih pumpi, kao i pumpi sa hidrodinamičkim regulatorom broja obrtaja diesel motora.

Tabela 1. Glavni pogon sa sistemom kalibracione tečnosti

Snaga	7,5 kW (10 KS) ili 15 kW (20 KS) kontinuirano
Max. obrtni moment	65 Nm ili 150 Nm kontinuirano
Područje broja obrtaja	30 do 4.000 o/min u smjeru i suprotno od smijera kazaljke na satu
Regulacija broja obrtaja	Regulacija sa zatvorenim krugom putem digitalnog unosa preko tastature računara. Analogno (bezstepeno) podešavanje broja obrtaja od ± 5 do ± 250 o/min putem potenciometra
Stepen ubrzanja	Podesivo do 400 o/min/s
Inercija zamajca	1 kgm ²
Pogonska spojnica	Pogodna za klinaste spojnice prečnika 75, 90 i 120 mm Krutost: 600 mm/ciklus (ISO 4008)
Kapacitet pumpe	Niski pritisak 550 l/h (660 l/h pri 60 Hz) Visoki pritisak 108 l/h (130 l/h pri 60 Hz)
Pritisak	Niski pritisak 1 do 4 bar Visoki pritisak 8 do 80 bar
Kapacitet rezervoara, oprema rezervoara	45 litara Usisni prečistač Termostat za prekomjernu temperaturu Zaštita od preniskog nivoa ulja Prikaz nivoa tečnosti i vijak za ispuštanje Sistem za odvajanje čestica putem magneta
Regulacija temperature	25 do 65 °C \pm 2 °C putem električnih grijača i izmjenjivača toplote voda/ulje
Mjerni sistem	Kapacitet 0-500 mm ³ /ciklusu (takt) Hlađen vodom za pumpe koje imaju visoku emisiju toplote Proizvoljan red priključivanja vodova Brzo spojivi ventili za ubrizgavanje

3. MJERENI PARAMETRI

Navodimo osnovne parametre ispitivanih pumpi koji se mjere na ispitnom stroju Hartridge AVM2-PC kako bi se utvrdila eventualna odstupanja od optimalnih. Utvrđena odstupanja se eliminišu podešavanjem ispitivanih parametara na optimalne vrijednosti. Ukoliko se utvrde i oštećenja dijelova ispitivanih pumpi vrši se njihova zamjena.

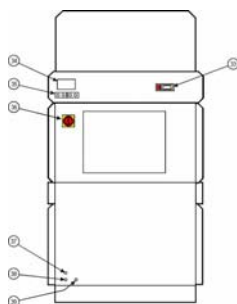
1. Broj obrtaja [o/min]
2. Kalibraciona tečnost [°C] – ulazna temperatura, povratna temperatura, povratni tók [cm³/min, l/min, l/h, cm³/1.000 cik., cm³/10 s], moguća mjerna jedinica (°F)
3. Elektronski pritisak [bar] – ulaz, pritisak nadpunjenja, fazni, podmazivanje, moguće mjerne jedinice (mbar, psi, kg/cm², MPa, HPa, kPa, mmHg)
4. Snabdijevanje istosmjernom strujom – napon [V]
5. Fazni ugao [°] – statički, dinamički
6. Mjerenje dobave goriva [mm³/cik.] – kalibracioni modus, pojedinačni modus, prosječni modus, moguće mjerne jedinice (cm³/50 st, cm³/100 st, cm³/125 st, cm³/200 st, cm³/250 st, cm³/300 st, cm³/500 st)
7. Pomjerenje regulacionog organa (opcija) [mm]

4. IZGLED ISPITNOG STROJA HARTRIDGE AVM2-PC

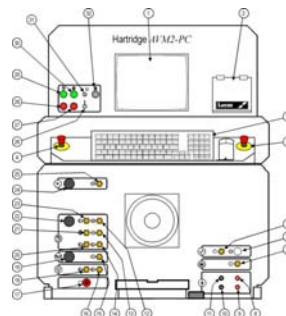
Slike koje slijede daju opšti izgled ispitnog stroja (slika 2), položaj kontrolnih prekidača i spojeva s prednje strane stroja (slika 3) i položaj kontrolnih prekidača i spojeva sa zadnje strane stroja (slika 4). Pošto ispitni stroj koristi Microsoft® Windows NT™ software, kome treba određeno vrijeme da se pokrene i ugasi, instalirani računar na stroju ima električno napajanje nezavisno od trofaznog napajanja ispitnog stroja. Ovo omogućava da se računar ostavi uključen preko noći ukoliko je potrebno da se izbjegne čekanje da se računar upali ili ugasi. Trofazno napajanje može biti uključeno ili isključeno u bilo kojoj fazi rada bez uticaja na rad računara.



Slika 2. Izgled ispitnog stroja



Slika 3. Kontrolni prekidači i spojevi ispitnog stroja (pogled straga)



Slika 4. Kontrolni prekidači i spojevi ispitnog stroja (pogled sprijeda)

4.1. Ispitivanje pumpi s hidrodinamičkim regulatorom broja obrtaja diesel motora

Moguće su tri opcije ispitivanja:

- Manuelno
- Manuelno Leopard
- Poluautomatski

Na slici 5 je predstavljen izgled ispitnog stroja Hartridge AVM2-PC, na slici 6 izgled pumpe goriva s hidrodinamičkim regulatorom i na slici 7 izgled hidrodinamičkog regulatora. Nakon postavljanja pumpe na ispitni stol i nakon puštanja u rad pogonskog vratila ispitnog stola, vrši se ispitivanje i regulacija pumpe, odnosno svodenje vrijednosti izmjerenih parametara u granične okvire (podešavanje količine dobave goriva – podešavanje visokog broja obrtaja, podešavanje niskog broja obrtaja, podešavanje hoda zupčaste letve) i otklone utvrđeni kvarovi.



Slika 5. Ispitni stroj Hartridge AVM 2 – PC



Slika 6. Pumpe goriva s hidrodinamičkim regulatorom



Slika 7. Hidrodinamički regulator

Tabela 2. Granične vrijednosti i mjerne jedinice

Ispitni parametri	Granične vrijednosti		Jedinice
	Minimalne	Maksimalne	
Brzina	29	4001	o/min
Temperatura	38	42	°C
Temp. povratnog ulja	45	50	°C
Protok povratnog ulja	280	300	l/h
Dobavni pritisak	1,5	2	bar
Pomoćni pritisak 1	1,5	2	bar
Pomoćni pritisak 2	1,5	2	bar
Fazni pritisak	0	80	bar
Pritisak podmazivanja	0	4	bar
Pritisak zraka	1	2	bar
Protok	20	120	cm ³ /br.hodova
ΔQ (odstupanje protoka)	0	10	l/h
Napon A	0	24	V
Napon B	0	24	V

Tabela 3. Parametri za ispitivanje pumpi s hidrodinamičkim regulatorom

Položaj zupčaste letve [mm]	Dobava goriva [cm ³]				
	125 obrtaja	600 obrtaja	750 obrtaja	950 obrtaja	1050 obrtaja
	250 hodova	500 hodova	500 hodova	500 hodova	500 hodova
-0,50	20-22	58-63,5	57-62	57,5-62,5	57,5-62,5
-0,25	24-26,5	64-70	63-68,5	62,5-68	62,5-67,5
0.00	28-30,5	70-76,5	68,5-75	68-74,5	67,5-73
0,25	31,5-34,5	76,5-83	75-81	74,5-79,5	73-78
0,50	35,5-38	84-90	81-86,5	79,5-85	78-82,5
0,75	39-42	91-97	87-93	85-91	82,5-88
1,00	43-46	98,5-105,5	94-100	91-97	88,5-93,5
1,25	46,5-49,5	106,5-113,5	100,5-107,5	97-104	93,5-99,5
1,50	50-54	114-121,5	108-113	104-111	100-107
1,75	53,5-58,5	119,5-130	113,5-123	109-11,5	105-114,5
2,00	57-62,5	126-137	120,5-131	114,5-125	

U tabeli 4 su dati parametri za ispitivanje linijskih visokotlačnih pumpi, te parametri odgovarajućih diesel motora, hidrodinamičkih regulatora broja obrtaja diesel motora, varijatora i brizgaljki goriva.

5. ISKUSTVA KORIŠTENJA ISPITNOG STROJA HARTRIDGE AVM2-PC NA POVRŠINSKOM KOPU „VRTLIŠTE“ – RUDNIK MRKOG UGLJA „KAKANJ“

Rudnik mrkog uglja „Kakanj“ raspolaže velikim brojem različitih rudarskih mašina zbog čega mora imati dobro organiziranu i efikasnu službu održavanja ovako kompleksne opreme. U tom kontekstu je nabavljen i stroj za ispitivanje visokotlačnih pumpi Hartridge tip AVM2-PC. Nakon uvida u tehničke karakteristike ovog stroja, konstatirano je da stroj pruža mogućnost ispitivanja svih vrsta rotacionih i linijskih visokotlačnih pumpi (do 12 brizgaljki), a ono što je bilo najbitnije je sopstveno saznanje da ovaj stroj pruža mogućnost ispitivanja i regulaciju CAT/Caterpillar HAECUI (Hydraulically actuated electronically unit injection) visokotlačnih pumpi s hidrodinamičkim regulatorom broja obrtaja diesel motora. Ovo je bilo bitno i zbog toga što ispitivanje i regulaciju ovih vrsta pumpi nije moguće uraditi nigdje na prostorima BiH, zbog čega je i donesena odluka o nabavci ovog stroja (razlozi su tehničko-tehnološke i ekonomske prirode).

U tabeli 5 su specificirane rudarske (građevinske) mašine i vozila na PK “ Vrtlišće” – RMU „Kakanj“ na kojima je izvršeno ili je moguće izvršiti ispitivanje, regulaciju i opravku visokotlačnih pumpi, a u tabeli 6 su navedeni naručioc i van RMU “Kakanj” (tzv. treća lica) za koje je izvršeno ispitivanje, regulacija i opravka visokotlačnih pumpi. U tabeli 7 je dat odnos troškova ispitivanja, regulacije i opravki visokotlačnih pumpi vlastitom opremom, odnosno radom u vlastitoj režiji i uslugom trećih lica.

Tabela 5. Mašine na PK “ Vrtlišće” na kojima je izvršeno ili je moguće izvršiti ispitivanje, regulaciju i opravku visokotlačnih pumpi

Vrsta mašine	Tip visokotlačne pumpe	Tip motora	Broj mašina
Hidraulični bager CAT 350	S hidrodinamičkim regulatorom	CAT 3306	1
Hidraulični bager DEMAG H55	BOSCH – Linijska	Deutz F10L 413 F	1
Buldozer CAT D8 L	S hidrodinamičkim regulatorom	CAT 3408	2
Buldozer Fiat Hitachi FD 30	Linijska	Fiat	1
Utovarivač CAT 966	S hidrodinamičkim regulatorom	CAT 3306	1
Utovarivač Fiat Hitachi	Linijska		1
Utovarivač ULT 160	Rikard Benčić – Rijeka, Linijska	Famos 2F 319 A	1
Grejder CAT 16 H	S hidrodinamičkim regulatorom	CAT 3408	1
Bušača garnitura ROC 860	BOSCH – Linijska	OM 442 A	1
Teretno vozilo Mercedes 2631	BOSCH – Linijska	OM 401 LA	4
Autobus Iveco	Linijska		1

Tabela 4. Parametri za ispitivanje linijskih visokotlačnih pumpi

MOTOR				VISOKOTLAČNA PUMPA							REGULATOR				VARIJATOR	BRIZGALJKA						
OZNAKE MOTORA	SNAGA (KS)	Broj okretaja (o/min)	Broj cilindara	Red paljenja	OZNAKE PUMPE ZA UBRIZGAVANJE	ELEMENAT	SMJER OKRETANJA	UGAO UBRIZGAVANJA GMT	TLAČNI VENTIL	KLIZAČI		BROJ OKRETAJA (o/min)	BROJ STAPANJA	KOLIČINA GORIVA (mm ³)	OZNAKA REGULATORA	PRAZAN HOD		MAX. ISKLJ.	OZNAKA	OZNAKA	PRITISAK (BAR)	
										VISINA (mm)	PR. POLOŽAJ (mm)					POČ. REGUL. PRAZAN HOD	SVRŠ. REGUL. PRAZAN HOD					POČ. ISKLJ.
F _{AF} , FK _{FP} , F004A	130	2000	6	1-5-3-6-2-4	PIG T13-9, 64AII OVR	FPE-13-9	LJJEVI	30°	DV710	38,8 ^{-0,25}	3,5	800 150	1000	77	R2E 20b - 100/209 R2E 20b 100/218A	130-170 o/min	300-370 o/min	1040±20 o/min	1185 o/min		F875C	65-75
FA-13	130	2000	6	1-5-3-6-2-4	PIG T13-9, 64AII OVR	FPE-13-9	LJJEVI	21°	DV710	38,8 ^{-0,25}	3,5	800 150-110	1000	77	R2E 20 - 100/273 R2E 20 - 100/279A	180 o/min		1010±20 o/min		SIA 30- 100L7/01A	F875C	65-75

Tabela 6. Ispitivanje, regulacija i opravka pumpi za naručioce izvan RMU „Kakanj“ (tzv. treća lica)

Naziv preduzeća	Tip visokotlačne pumpe	Tip motora	Vrsta mašine
Bostek – Sarajevo	S hidrodinamičkim regulatorom	CAT 3408	D8L
Rudnik Dubrave – Tuzla	S hidrodinamičkim regulatorom	CAT 3408	D8L

Tabela 7. Odnos cijene rada u vlastitoj režiji i cijena usluga trećih lica

Aktivnost	Broj pumpi [kom.]	Cijena usluge trećih lica u odnosu na rad u vlastitoj režiji	Ušteda radom u vlastitoj režiji [KM]
Dijagnostika pumpe s hidrodinamičkim regulatorom	5	> 9 puta	cca 3.600
Servisiranje i regulacija pumpe s hidrodinamičkim regulatorom	5	> 6,5 puta	cca 4.200
Dijagnostika linijske visokotlačne pumpe	14	> 5,5 puta	cca 4.700
Servisiranje i regulacija linijske visokotlačne pumpe	10	> 60 %	cca 6.900
Generalni remont pumpe s hidrodinamičkim regulatorom	2	> 17 %	cca 4.900
Generalni remont linijske visokotlačne pumpe	5	> 18 %	cca 6.700
UKUPNO:			cca 31.000

5.1. Mogućnost korištenja ispitnog stroja Hartridge AVM2-PC za treća lica

Stroj za ispitivanje i regulaciju tehničkih parametara visokotlačnih pumpi Hartridge tipa AVM2-PC (ispitni stol), uz računarski podržan sistem, daje mogućnost automatskog pravljenja izvještaja ispitivanja, kao i djelimične automatizacije procedure ispitivanja, koja se, kada je jednom memorirana u sistemu, može bezbroj puta ponovno pozvati i izvršiti. Korištenjem dodatne opreme (HH705 testmaster 3 za opravku injektora na CAT/Caterpillar motorima i HK900 testmaster common rail za opravku i testiranje injektora na osobnim vozilima), koja se isporučuje uz ispitni stroj, omogućen je efikasan pristup ispitivanju svih relevantnih parametara ispitivanih, kako visokotlačnih pumpi, tako i novih common rail tehnologija.

Uzevši u obzir činjenicu da PK „Vrtlište“ raspolaže mehanizacijom koja po svojoj kompleksnosti nadmašuje mehanizaciju koja se nalazi u drugim privrednim društvima u bližem i širem okruženju, te da stroj za ispitivanje i regulaciju visokotlačnih pumpi Hartridge tipa AVM2-PC ima kapacitet iznad potreba PK „Vrtlište“, slijedi zaključak da se ovaj stroj može koristiti za pružanje usluga ispitivanja, regulacije i opravke visokotlačnih pumpi trećim licima.

Bitno je napomenuti da je na ovom stroju moguće ispitivanje i regulacija linijskih („redna” i „V” izvedba) pumpi koje su ugrađene na osobnim i teretnim vozilima.

5.2. Mogućnost proširenja područja korištenja ispitnog stroja Hartridge AVM2-PC u kontekstu alternativne djelatnosti

Stroj za ispitivanje i regulaciju visokotlačnih pumpi je smješten u zasebnom odjeljenju hale Remontnog centra na PK „Vrtlište” – RMU „Kakanj”, veličine korisnog prostora od 32 m². Da bi se ispitni stroj mogao koristiti i za alternativnu djelatnost (u kontekstu restrukturiranja privrednog društva), potrebno je oformiti radnu jedinicu u sastavu navedenom u tabeli 8:

Tabela 8. Sastav radne jedinice za ispitivanje, regulaciju i opravke visokotlačnih pumpi

R/b	Naziv radnog mjesta	Stručna spread	Broj izvršilaca
1.	Mašinski inženjer	VSS/VŠS	1
2.	Mašinski tehničar (operator)	SSS	1
3.	Automehaničar (specijalista za regulaciju i opravku visokotlačnih pumpi)	VKV	1
4.	Automehaničar	KV	1
UKUPNO:			4

U sklopu isporuke ispitnog stroja, isporučeni su samo osnovni alati i pristroji za ispitivanje standardnih visokotlačnih pumpi, a za ispitivanje svih vrsta pumpi potrebno je izvršiti nabavku dodatnih alata i pristroja, kako za ispitivanje i regulaciju, tako i za opravku.

Da bi se moglo vršiti ispitivanje i regulacija svih vrsta visokotlačnih pumpi potrebno je imati tehničke parametre za sve pumpe koje se ispituju.

6. ZAKLJUČAK

Stroj za ispitivanje visokotlačnih pumpi marke Hartridge tip AVM2 – PC predstavlja izuzetno snažan, računarski podržan i sofisticiran alat za ispitivanje svih tipova linijskih i rotacionih visokotlačnih pumpi, kao i pumpi sa hidrodinamičkim regulatorom broja obrtaja diesel motora. Korištenjem dodatnih pristroja omogućeno je efikasno ispitivanje visokotlačnih pumpi sa hidrodinamičkim regulatorom broja obrtaja diesel motora na građevinskim i rudarskim mašinama. Pored ispitivanja, stroj ima i mogućnost regulacije tehničkih parametara visokotlačnih pumpi. Osim toga, korištenjem dodatne opreme (HH705 testmaster 3 za opravku injektora na CAT/Caterpillar motorima i HK900 testmaster common rail za opravku i testiranje injektora na osobnim vozilima), koja se isporučuje uz ispitni stroj, omogućen je efikasan pristup ispitivanju svih relevantnih parametara ispitivanih, kako visokotlačnih pumpi, tako i novih common rail tehnologija.

7. LITERATURA

- [1] Tehnička i prospektna dokumentacija firme Hartridge – Buckingham, United Kingdom, Product Cat (EN / ES / FR) V2.00 05/10, London 2010.
- [2] Vujić, M., Motori sa unutrašnjim sagorijevanjem, Zavod za izdavanje udžbenika SR Srbije, Beograd 1965.
- [3] Đurić, R., Održavanje i opravka motornih vozila, Školski centar za drumski saobraćaj, Zemun 1967.