

СТЕНД ЗА ИЗПИТВАНЕ НА ХИДРАВЛИЧНИ КОМПОНЕНТИ

Мартин ПУШКАРОВ

¹катедра „Енергетика и машиностроене”, Технически колеж - София към Технически университет - София,
България

e-mail: m.pushkarov@tu-sofia.bg

Резюме: Бързите темпове на развитие на хидравличната и пневматичната техника изискват и бърз темп на нарастване на специалистите в тази област. Бързият темп на развитие води до необходимостта за развитие и изграждане на нови лаборатории, в които да бъдат подготвени специалисти на ниво, отговарящо на световните изисквания. Целта на статията е да се представи „Стенд за изпитване на хидравлични компоненти“ с различните видове хидрозадвижвания и измервателната апаратура, необходима за изпитването. Целта на стенда е студентите да получат максимално добра практическа подготовка в хидравличната техника в дисциплините, които изучават: „Хидравлични и пневматични машини“, „Хидравлични и пневматични задвижващи системи“ и „Експлоатация и диагностика на хидравлични и пневматични машини и системи“. Изпитваните компоненти на стенда могат да бъдат зъбни помпи с постоянна или с променлива честота на въртене, други хидравлични помпи и мотори, ППК, РД, ДРОК, двупътни и трипътни регулатори на дебит, различни видове разпределители с различно управление и други хидравлични елементи.

Ключови думи: Стенд за изпитване, зъбна помпа, дросел, хидравлична система, хидравлична схема.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Изграждането на „Стенд за изпитване на хидравлични компоненти“ в „Технически Колеж - Казанлък“ е в голям плюс за студентите, обучаващи се в него.

Стендът за изпитване на хидравлични компоненти и по-точно неговата енергетична част е проектирана с помощта на 3D софтуер. Като в началото беше предвидено стендът да има само един електродвигател с една зъбна помпа, но в процеса на изработка я разширихме до два електродвигателя и две зъбни помпи. Това разширяване на стенда доведе до няколко позитивни елемента:

1) Може да се провеждат 2 изпитания едновременно на стенда (или по време на лабораторни упражнения студентите могат да бъдат разделени на групи и всяка група да има различни елементи да изпитва);

2) Може да бъдат свързвани схеми или елементи по различни начини, като може да се използват поотделно мотор - помпените групи, а може и задено да се привързват в системата;

3) По-голям брой студенти могат да взимат участие при провеждането на упражненията.

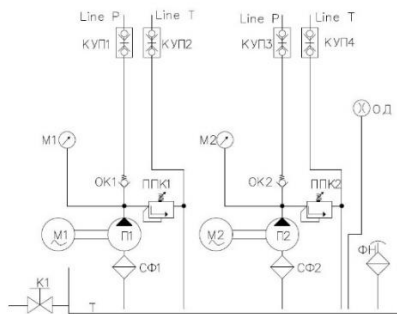
4) Упражнения, които са предвидени да бъдат провеждани на стенда, са следните:

- Изпитване на зъбна помпа при постоянна и при променлива честота на въртене;
- Изпитване на предпазно– преливен клапан с пряко управление (ППКПУ);
- Изпитване на предпазно- преливен клапан с непряко управление (ППКНУ);
- Изпитване на регулируем дросел (ДР) и регулируем дросел с обратен клапан (ДРОК);
- Изпитване на двупътен и трипътен регулатор на дебит (ДРД и ТРД);
- Изпитване на различни типове разпределители и др;

2. СЪПКИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕТО НА СТЕНДА

Съпките, през които преминахме за изграждането на „Стенд за изпитване на хидравлични компоненти“, са следните:

1) Изграждане на хидравлична система на стенда – представена на фиг.1;



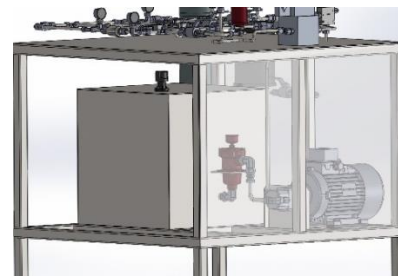
фиг.1.Хидравлична схема

При изграждането на стенда бяха подбрани два броя зъбни хидравлични помпи с външно зацепване, производство на “Carponi”, като съответно моделите на помпите са следните: 20А6,3Х006 – П1 (със следните параметри $q = 6,3 \text{ cm}^3/\text{rev}$, $p_{\text{ном}} = 250\text{bar}$.) и 20А11Х006N – П2 (със следните параметри $q = 11,3 \text{ cm}^3/\text{rev}$, $p_{\text{ном}} = 250\text{bar}$.) Изчисляване на дебита, реализиран от помпите, и необходимата задвижваща мощност на електродвигателите. Избираме предварително честотата на въртене на електрическите двигатели да бъде $n = 1500 \text{ min}^{-1}$.

Избираме мощността на електрическите двигатели за помпа 1 (П1) $P_{\text{ел.1}} = 4,0 \text{ kW}$ (Елпром А0-112М-4) и за помпа 2 (П2) $P_{\text{ел.2}} = 5,5 \text{ kW}$ (Елпром А02-132S4). Подбираме спрямо дебита и налягането на хидравличната система следните компоненти:

- Смукателни филтри – SF46B-12-G-R125;
- Предпазно-преливни клапани (ППКПУ) – RV-NS32-25A;
- Фланци за присъединяване на помпите със съответните портове;
- Тръбни и гъвкави хидравлични магистрали – 1/2“;
- Резервоар – с $V_{\text{рез}} = 4,5 \cdot 25 = 113 \text{ литра}$ – приема се 130 литра.
- Филтър наливник – TR-2-40-700;
- Манометър 1 – стрелкови радиален глицеринов $\phi 63\text{mm}$;
- Манометър 2 – електронен (до 600bar);

2) Моделиране на стенда на 3D софтуер – фиг.2;



фиг.2.3D модел на стенда

При моделирането на стенда в 3D среда се проектира рамата на стенда, която е изпълнена от стоманени стандартизирани профили за удобство при физическото изпълнение на стенда. Рамата на стенда е заваръчна конструкция, създадена от множество стоманени профили. Резервоарът на стенда е заваръчна конструкция с разглобяващ се капак, за да може да се почиства при смяна на хидравличното масло. Стендът има своя работна маса, където да се привързват изпитваните елементи. За удобство при работата със стенда са изведени изводи от двете помпи на централното табло на стенда (Изводи Р (помпа или нагнетател тръбопровод) и Т(резервоар или връщащ тръбопровод). Всички описани по-горе елементи се залагат в 3D средата и се разполагат в определено пространство, предназначено за тях и тяхното монтиране. При моделирането са използвани различни добри практики от големи производители на хидравлични машини и съоръжения за най-доброто разполагане на всички елементи по стенда.

3) Физическо изграждане на стенда;

Физическото изграждане на стенда се изпълнява по представени чертежи на всички елементи на стенда. Следва разкрой, заваръчни работи и съответно сглобяването на всички елементи, представени от 3D модела на чертежи, за да бъдат изпълнени. Изгражда се електрическата част на стенда, която се състои от табло с необходимите електрически компоненти за работата на стенда. След монтажа на всички описани и подбрани елементи по-горе се пуска в работа стендът без натоварване. Допълнително към стенда се добавят няколко измервателни уреда, с които се извършват измерванията при изпитание на елемент или система:



фиг.3.Реално изграден стенд за изпитване на ХП.

- **Дигитален лазерен тахометър:**

Измерване на входящи и изходящи обороти по лазерен способ на изпитваните елементи: - Спецификация на тахометъра: Модел: DT2234C+; Измервателен диапазон на оборотите от $2,5 \text{ min}^{-1}$ до 3000 min^{-1} ; Дистанция, необходима за измерването: от 50mm до 500mm; Точност: $\pm(0,05\% + 1)$; Запис на данни от измерването (максимална, минимална и последна измерена честота на въртене в min^{-1});

- **Дигитален лазерен термометър:**

Измерва температурата на околната среда посредством лазерен способ, както температурата на флуида в системата и хидравличните компоненти, които са свързани в системата в момента на изпитване; Спецификация на термометъра: Модел: 26961; Измервателен диапазон на температура от -50°C до $+600^{\circ}\text{C}$; Дистанция, необходима за измерването: от 50mm до 1500mm; Точност: $\pm 1,5\%$; Запис на данни от измерването (максимална, минимална и последна измерена температура); Измерване в $^{\circ}\text{C}$ и $^{\circ}\text{F}$;

- **Амперклеци + мултицет:** Измерване на електрически сигнали; Спецификация на амперклеци + мултицет: Модел: HT206A; Измервателен диапазон $6\text{A} \div 600\text{A}$, $6\text{mV} \div 600\text{V}$, $600\Omega \div 60\text{M}\Omega$; Дистанция необходима за измерването: от 5mm до 100mm; Точност: $\pm(0,05\% + 1)$; Температура за работа с измерителя от 0°C до 50°C .

- **Измерване на дебит;** Използва се турбинен дебитомер; Спецификация на турбинният дебитомер: Модел: 125T; Измервателен диапазон 1 l/min до 150 l/min ; Точност: $\pm 0,05\%$; Температура за работа с измерителя от -20°C до 100°C .

- **Захранващ блок:** Спецификация на захранващия блок Hwaui: Модел: HY300D5-2; Изходно напрежение: 0-30 VDC; Входно напрежение: 220 VAC; Честота 50Hz; Максимален ток на изхода: 0 – 5A; Индикация на LCD монитор; Вход: Schuko; Изход: съединяване посредством Банан – щекери;

3.НАЧИН НА ФУНКЦИОНИРАНЕ НА СТЕНДА

Хидравличната схема на стенда и в частност неговата енергетична част е представена на фиг.1. Към енергетичната част на стенда могат да бъдат привързани различни хидравлични компоненти, които могат да бъдат изпитани с помощта на измервателната апаратура на стенда.

Двата енергетични кръга на стенда позволяват да бъдат изпитвани както един елемент, така и два или повече в зависимост от схемата на привързване, може клоновете на системата да работят паралелно и отделено един от друг, но имат и възможността да работят заедно. В нашата енергетична система един клон е изграден от хидравлична зъбна помпа ХЗП(П1-2), електрически двигател ЕД(М1-2), предпазно-преливен клапан (ППК1-2), обратен клапан (ОК1-2), манометри (М1-2), както и куплунги (КУП1-2-3-4) за привързване на компоненти след енергетичната част или още наречени изпитвани компоненти. Назад в статията вече беше записано, че стендът се захранва от собствено електрическо табло, което подова необходимото захранване на двигателите. В нашия случай двигателите са трифазни асинхронни.

Изпитваните елементи се привързват към енергетичната част, като се задава необходимото налягане посредством настройка на предпазно – преливния клапан в системата, съответно стойността на налягането се показва директно от манометрите в системата. Дебитът, протичащ в системата при изпитване на даден хидравличен компонент, се измерва от обемния дебитомер в системата, като той може да бъде поставян на различни места в системата, там, където ни е необходимо измерване в реално време. Посредством лазерния тахометър измерваме оборотите на входа на ХЗП, куплирана към електрически двигател. С помощта на дигиталния

термометър може да следим температурата както на околната среда в която работи стендът, така и температурата на хидравличното масло и отделните елементи, привързани в системата.

В процес на работа на стенда се измерват следните стойности с помощта на измервателната апаратура и могат да бъдат следени постоянно, такива са:

- Измерване на входящите и изходящите обороти в системата;
- Измерване на ампеража, постъпващ към двигателите на стенда;
- Измерване на температурата;
- Измерване на дебита в различна точка от системата;
- Измерване на налягането на входа на системата, но може да бъде привързван манометър и към място, в което ни интересува налягането да бъде измервано;

В зависимост от хидравличния елемент, който се изпитва, се използват различни измервания, за да може да бъдат снети резултатите, които са необходими за изпитването на елемента.

4. МАТЕМАТИЧЕСКИ ИЗРАЗИ

Представени са формулите за пресмятане на дебита на помпите на енергетичната част и съответно необходимата мощност на електрическите двигатели. На база тези пресмятания е изграден стендът.

$$Q_{п1} = \frac{q \cdot n \cdot \eta}{1000} = \frac{6,3 \cdot 1500 \cdot 0,94}{1000} = 8,4 \text{ l/min}$$

$$Q_{п2} = \frac{q \cdot n \cdot \eta}{1000} = \frac{11,3 \cdot 1500 \cdot 0,94}{1000} = 16,6 \text{ l/min}$$

$$P_{h1} = \frac{Q_{п1} \cdot p_{ном}}{600 \cdot \eta_p} = \frac{8,4 \cdot 250}{600 \cdot 0,94} = 3,72 \text{ kW}$$

$$P_{h2} = \frac{Q_{п2} \cdot p_{ном}}{600 \cdot \eta_p} = \frac{16,6 \cdot 250}{600 \cdot 0,94} = 5,32 \text{ kW}$$

Изполваните формули за пресмятане на двата изпитвани елемента са:

$$P_3 = P_{\text{ел.двиг}}$$

,където

P_3 – задвижваща мощност, kW;
 $P_{\text{ел.двиг}}$ – мощност на задвижващия двигател, kW;

$$P_{\text{ел.двиг}} = P_3 \cdot \eta_{\text{ел.двиг}}$$

,където

$P_{\text{ел.двиг}}$ – мощност на задвижващия двигател, kW;

P_3 – задвижваща мощност, kW;

$\eta_{\text{ел.двиг}}$ – КПД на задвижващия електрически двигател;

$$P_{\text{ел}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \cos\varphi}{1000}, \text{ kW}$$

$P_{\text{ел}}$ – електрическа мощност на двигателя, kW;

I – протичащият ток, A;

U – напрежението, V;

$$Q_{\text{др.}} = \mu \cdot S_{\text{др.}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \Delta P_{\text{др.}}$$

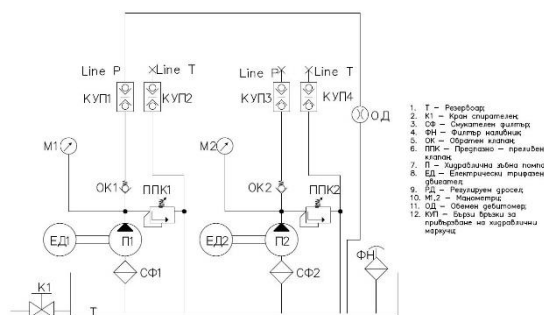
$$S_{\text{др.}} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4}$$

μ – коефициент на дебита (0,65÷0,70);

5. РЕЗУЛТАТИ ОТ ТЕСТОВИ ИЗПИТВАНИЯ

В настоящата статия са представени две изпитвания: „Изпитване на хидравлична зъбна помпа с постоянна честота на въртене“ и „Изпитване на хидравличен регулируем дросел“

1. „Изпитване на хидравлична зъбна помпа при постоянна честота на въртене“;



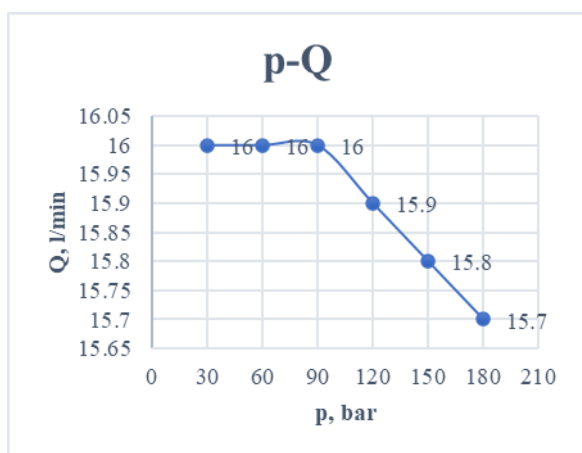
фиг.4. Хидравлична схема на изпитваната постановка.

На фиг.4 е представена хидравличната схемата на свързване на изпитвания елемент в случая една от хидравличните зъбни помпи на

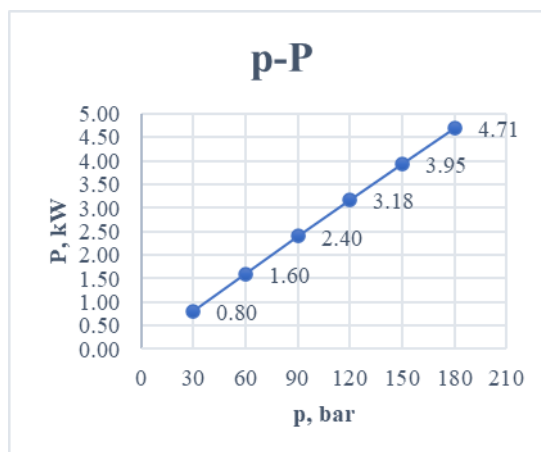
При проведеното изпитване на зъбната помпа са снети директно следните параметри: налягане (p), дебит (Q), честота на въртене (n), ток (I), напрежение (U), температура на околната среда ($^{\circ}C$) останалите параметри в случая се пресмятат, като формулите използвани за тях са представени по-горе в статията.

табл.1. Измерени и пресметнати параметри на изпитваната ХЗП.

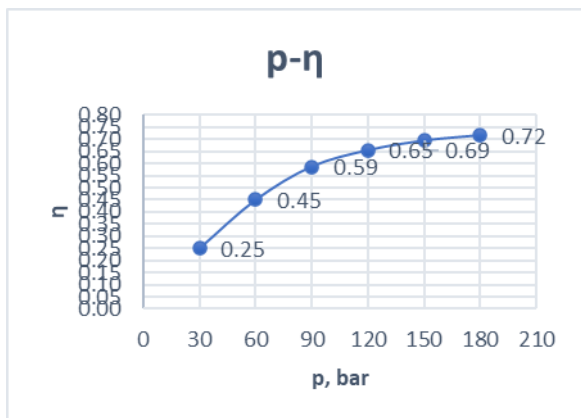
№	p	Q	P_n	n	I	$P_{сл}$	P_3	U	$\eta_{ел.двиг}$	$\cos\phi$	η	η_Q	η_m	t околна среда
-	bar	l/min	kW	min ⁻¹	A	kW	kW	V	-	-	-	-	-	$^{\circ}C$
1	30	16	0.80	1488	5.4	3.20	0.72	380	0.9	0.9	0.25	0.96	0.26	22
2	60	16	1.60	1478	6	3.55	1.44				0.45	0.96	0.47	
3	90	16	2.40	1467	6.9	4.09	2.16				0.59	0.96	0.61	
4	120	15.9	3.18	1455	8.2	4.86	2.86				0.65	0.96	0.68	
5	150	15.8	3.95	1447	9.6	5.69	3.56				0.69	0.95	0.73	
6	180	15.7	4.71	1426	11.1	6.58	4.24				0.72	0.95	0.76	



фиг. 5 Графика налягане-дебит на помпа



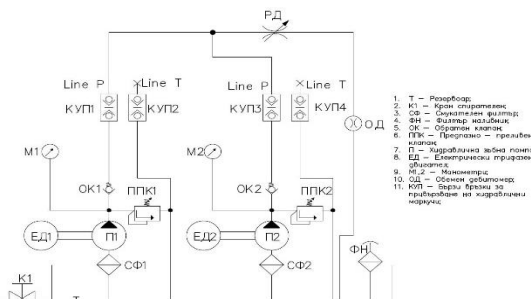
фиг.6. Графика налягане-мощност на помпа



фиг.7. Графика налягане-кпд на помпа

Като извод за изпитаната помпа, както е видно от табл.1 и съответно фиг.5, 6,7, в случая помпата покрива всички параметри, предоставени от нейния производител. В случая с изпитаната помпа доказва, че работи коректно и покрива всички изисквания за нашия стенд.

2. „Изпитване на регулируем хидравличен дросел“;



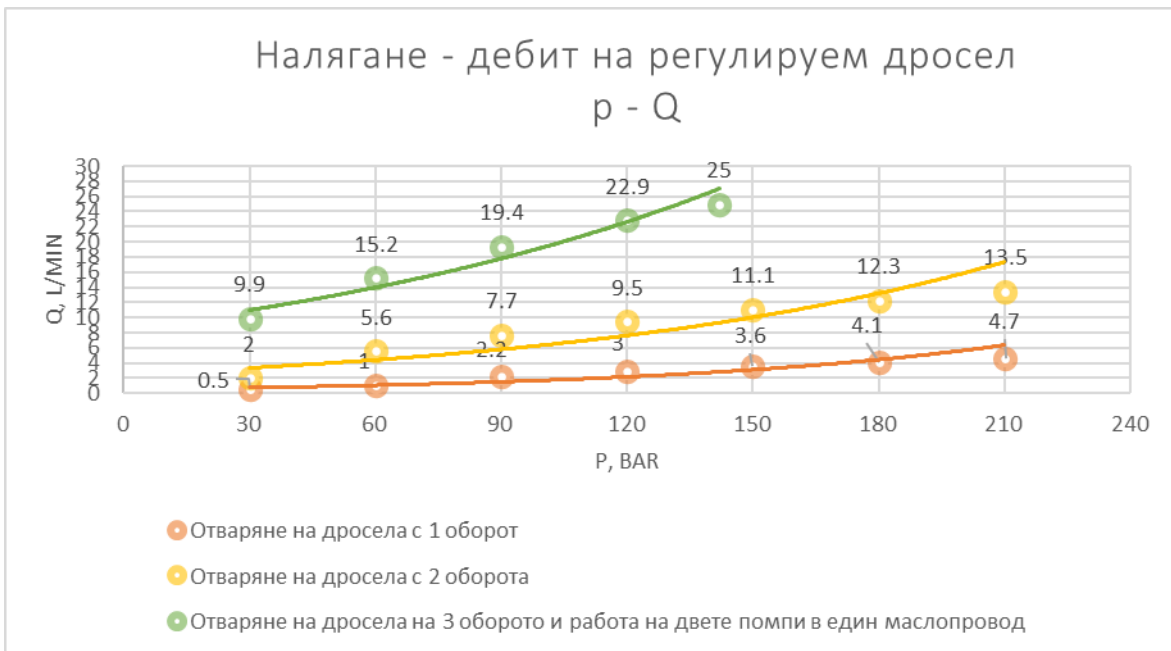
фиг.8. Хидравлична схема на изпитваната постановка.

Целта на това изпитване е да се провери работата на хидравличен регулируем дросел отново са използвани измервателните уреди, с които е снабден стенда. Резултатите от замерванията и пресмятанята са представени в табл.2.

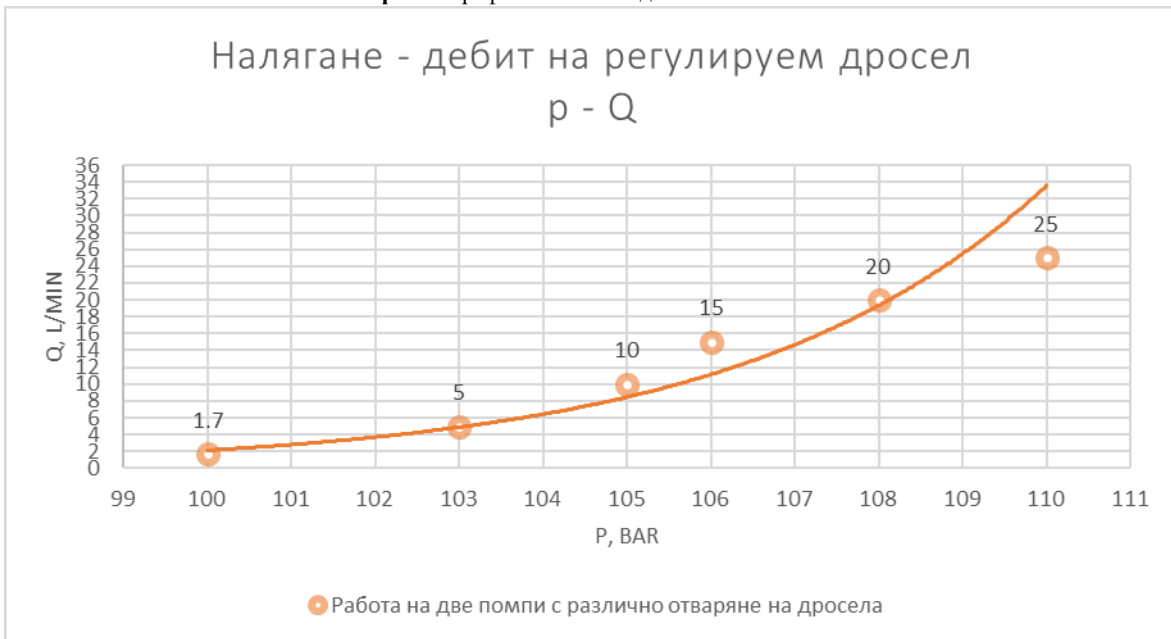
табл.2. Измерени и пресметнати параметри на изпитвания РД.

№	Обороти на винта	p	Q	Работни помпи	t _{околна среда}
-	Оборот	bar	l/min	бр.	°C
1	1	30	0.5	Работи 1 помпа	25
2		60	1		
3		90	2.2		
4		120	3		
5		150	3.6		
6		180	4.1		
7		210	4.7		
8	2	30	2	Работи 1 помпа	
9		60	5.6		
10		90	7.7		
11		120	9.5		
12		150	11.1		
13		180	12.3		
14		210	13.5		
15	3	30	9.9	Работят 2-те помпи тандем	
16		60	15.2		
17		90	19.4		
18		120	22.9		
19		142	25		
20	Различни отваряния	100	1.7	Работят 2-те помпи тандем	
21		103	5		
22		105	10		
23		106	15		
24		108	20		
25		110	25		

При изпитването на хидравличен регулируем дросел параметрите се взимат директно от измервателната апаратура, като в случая хидравличната система е изградена по начин, по който може да използваме двете хидравлични помпи на стенда да работят заедно в един и същ тръбопровод, така че дебитът ни се увеличава или помпите работят в паралел.



фиг.9. Графика налягане-дебит на помпа.



фиг.10. Графика налягане-дебит на помпите.

5.ИЗВОДИ

Стендът е разработен предимно за учебна цел на студентите, обучаващи се в „Технически колеж - София“ към „Технически университет - София“ за да може да се повишат техните знания в сферата на хидравличните машини и задвижвания. Стендът допълва изцяло подготовката на студентите от теоретичната част към практическата част в тяхното обучение. Представените по-горе две изпитвания на „Хидравлична зъбна помпа с постоянна честота на въртене“ и „Изпитване на хидравличен регулируем дросел“ доказват, че стендът може да тества различни хидравлични елементи или схеми, като има възможността да бъде тествана повече от една схема.

Благодарности

Искам да изкажа своята благодарност към ръководството на Технически колеж – София, на

ръководството на „Хидропневмотехника“ АД гр. Казанлък, както и на инж. Стойо Иванов за подкрепата и помощта за изграждането, пускането в експлоатация и изпитването на различни хидравлични компоненти, произведени от „Хидропневмотехника“ АД, както и на други предприятия, свързани с производството на хидравлични компоненти.

Литература

1. Грозев Г., Стоянов С., Гужгулов Г. Хидро- и пневмомашини и задвижвания. София, Техника, 1990,
2. Грозев, Г., М. Лазаров, В. Обретенов. Хидравлични машини. Техника, София 2006.
3. „Хидропневмотехника“ АД - <https://www.hpt-bg.com/en/products>;
4. „Капрони“ АД - <https://www.caproni.bg/>;
5. „М+С Хидравлик“ АД - <https://www.ms-hydraulic.com/index.php?lang=bg>;
6. „Еврофлуид Хидравлик България“ ООД - <http://eurofluid.bg/produkti>;

HYDRAULIC COMPONENT TESTING BENCH

Martin PUSHKAROV

¹Department "Energy and Mechanical Engineering", Technical College - Sofia at Technical University - Sofia, Bulgaria
e-mail: m.pushkarov@tu-sofia.bg

Abstract: The rapid pace of development of hydraulic and pneumatic technology also requires a rapid growth rate of specialists in this field. In turn, this rapid pace of development leads to the need to develop and build new laboratories in which to train specialists at a level that meets global requirements. The purpose of the built "Stand for testing of hydraulic components", as well as the different types of hydraulic drives and measuring equipment needed for them is related to the training of students in the following disciplines: "Hydraulic and pneumatic machines", "Hydraulic and pneumatic drive systems" and "Operation and diagnostics of hydraulic and pneumatic machines and systems". Testing of hydraulic components, such as (gear pump at constant and variable speed, safety overflow valve with direct control, adjustable throttle and adjustable throttle with non-return valve, two-way and three-way flow regulator, different types of distributors, etc.) in the system and the overall operation of the executive hydraulic units.

Keywords: Test bench, gear pump, throttle, hydraulic system, hydraulic circuit.
