

Стенд за изпитване на електрохидравлични кормилни управления тип OSPE 200

Александър Митов, Илчо Ангелов, Никола Станчев

Stand for electrohydraulic steering units type OSPE 200: This article presents the results regarding the hydraulic diagram, the synthesis of the main hydraulic and constructive parameters and arrangement of functional test stand of electrohydraulic steering units type OSPE 200LSRM.

Key words: Experimental Stand, Steering Unit, Electro Hydraulic System;

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните няколко десетилетия фирмата Sauer-Danfoss се утвърди като най-големия производител на хидравлични кормилни управления за тежки мобилни машини, движещи се най-често извън пътя. Четиридесет и пет годишният им опит в производството на хидравлични елементи за мобилни системи доведе до усъвършенстване на този техен продукт чрез интегриране на електропропорционално управление (EH valve) върху известния тип хидравлични кормилни управления - OSP. Така разграничилият се нов тип електрохидравлични кормилни управления (EXKY) OSPE, дава възможност за управление на траекторията на мобилни машини чрез подаване на управляващи сигнали от електрически и дистанционен интерфейс – джойстик, GPS и др.

Този тип кормилни управления е подходящ за превозни средства с управление на траекторията посредством преден мост, като например трактори, при които има изискване за самоуправление. Поведението на кормилното управление е подобно на това на автомобилите, при което правата посоката на движение ще се запази дори без да е докоснат волана. Концепцията на поведение на всяка разновидност на OSPE кормилно управление се базира на RM-технологията на Sauer-Danfoss. Режимът на работа на електрохидравличното управление се избира с помощта на електрохидравличен клапан:

- ▶ Пътен режим - когато електрохидравличното управление (EH) е изключено, тогава EXKY (тип OSPE) действа като кормилно управление с реакция (Reaction unit);
- ▶ Полеви режим - когато електрохидравличното управление (EH) е изключено, тогава EXKY (тип OSPE) действа като кормилно управление без реакция (Non-reaction unit).

Непрекъснатото навлизане в страната ни на мобилни машини реализирани на база на такъв тип EXKY доведе до нуждата от изучаването му, не само с практически, но и с изследователски интерес.

Основна цел на настоящата работа е да представи схемно решение, синтез на основните хидравлични и конструктивни параметри и компоновка на стенд за изследване на електрохидравлична система за кормилна уредба с цифрово управление. Разработеният в настоящата работа стенд е предназначен за функционално изпитване на EXKY тип OSPEC200 LSRM, с работен обем 200 cm^3 , при работата му с механично и електропропорционално управление.

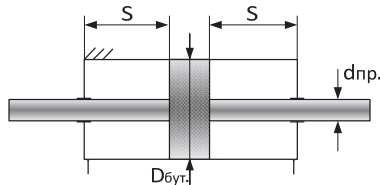
1. Синтез на основните параметри на стенд за изпитване на EXKY.

Исходните данни за определяне на основните параметри на захранващата хидравлична станция са:

- Работен обем на EXKY: $V_{XKY}=200, \text{ cm}^3$;
- Геометрични параметри на сервоцилиндъра: $D_{\text{бум.}}=80, \text{ mm}$; $d_{\text{пр.}}=50, \text{ mm}$; $S_{\text{max}}=300, \text{ mm}^2$;
- Брой завъртания на вала на EXKY за постигане на S_{max} : $i = 4\div 6$;

– Честота на въртене на ЕХКУ (респ. на волана): $n_{\max}=60\div 100, \text{ min}^{-1}$;

На Фиг.1 са показани параметрите на избора за целите на стенда изпълнителен сервоцилиндър [1,3].



Фиг.1. Основни параметри на сервоцилиндъра.

- Определяне на максималния работен обем на сервоцилиндъра.

$$V_{\max} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{бвт}}^2 - d_{\text{пр}}^2) \cdot S_{\max} = \frac{\pi}{4} \cdot (8^2 - 5^2) \cdot 30 = 918,45 \approx 919 \text{ ,cm}^3, \quad (1)$$

където $S_{\max} = 2 \cdot S = 300, \text{ mm}$

- Определяне на броя завъртания на вала на ЕХКУ за постигане на S_{\max} .

$$i = \frac{V_{\max}}{V_{\text{ХКУ}}} = \frac{919}{200} = 4,6, \text{ tr} \quad (2)$$

- Определяне на минималния дебит на помпата.

$$q_{n,\min} = 1,2 \cdot \frac{V_{\max} \cdot 60}{1000 \cdot i} = 1,2 \cdot \frac{V_{\text{ХКУ}} \cdot 60}{1000} \cdot 1,2 \cdot \frac{200 \cdot 60}{1000} = 14,4, \text{ l/min}, \quad (3)$$

където $V_{\text{ХКУ}}=200, \text{ cm}^3$ – обем на ЕХКУ тип OSPE;

Прибавен е запас по дебит 10 l/min към пресметнатия минимален за помпата, тъй като в ЕХКУ имаме включени приоритетен клапан и LS-управление. Следователно за стенда е необходима помпа с минимален дебит $q_n= 24,4 \text{ l/min}$.

На база на направените изчисления избираме зъбна помпа с работен обем $V_p=19 \text{ cm}^3$, която ще има дебит $q_n= 27,36 \text{ l/min}$ при обороти на задвижващия електродвигател $n_{\text{дв}}= 1500 \text{ rpm}$.

- Определяне на мощността на електродвигателя задвижващ помпата.

$$P_{\text{ел.дв.}} = \frac{q_n \cdot \Delta p}{60} = \frac{27,36 \cdot 16}{60} = 7,29, \text{ kW} \quad (4)$$

Избрано е номинално налягане в системата $\Delta p=16 \text{ MPa}$, тъй като при 20 MPa, освен че съкращаваме експлоатационния ресурс на помпата се налага избор на значително по-мощен електродвигател – 10 kW. В този аспект, по-целесъобразно е номиналното експлоатационно налягане бъде ограничено до избраното в пресмятанята, при което е избран електродвигател с мощност $P_{\text{ел.дв.}}=7,5 \text{ kW}$

- Вариант на сервоцилиндъра.

При така подобранията по-горе параметри е по-целесъобразен вариант за изпълнение на хидравличния сервоцилиндър при следните конструктивни данни $80 \times 40 \times 300 \text{ mm}$, при което ще се променят следните параметри на стенда:

- Определяне на максималния работен обем на сервоцилиндъра.

$$V_{\max,\text{var}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{бвт}}^2 - d_{\text{пр}}^2) \cdot S_{\max} = \frac{\pi}{4} \cdot (8^2 - 4^2) \cdot 30 = 1130,4 \approx 1130 \text{ ,cm}^3 \quad (5)$$

- Определяне на броя завъртания на вала на ЕХКУ за постигане на S_{\max} .

$$i_{\text{var}} = \frac{V_{\max,\text{var}}}{V_{\text{ХКУ}}} = \frac{1130}{200} = 5,65, \text{ tr}, \quad (6)$$

Основните компоненти, от които е изграден стенда са: резервоар 1, мотор-помпена група 2, предпазно-преливен клапан 3, връщащ филтър 4, филтър в

нагнетателния тръбопровод 5, *EXKY* тип OSPE 6, датчик 7 за обратна връзка по преместване на вала на *EXKY* тип SASA, контролер 8 за управление на системата тип MC, дисплей 9, джойстик 10, система за натоварване по налягане чрез подпорни клапани 11 и изпълнителен равноплощен сервоцилиндър с вградена обратна връзка по преместване 12.

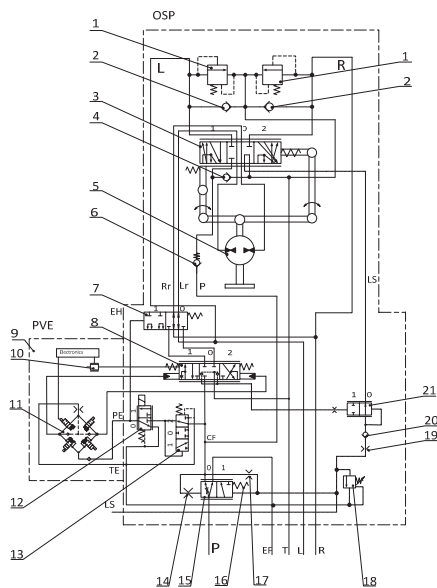
Спецификация на основните компоненти е показана в Таблица 1, номерирана в съответствие с означенията на Фиг. 2.

За отчитане на налягането (респ. натоварването) в двете работни камери на изпълнителния сервоцилиндър е необходимо включването на датчици на изхода от подпорните клапани за натоварване, които не са включени в спецификацията на стенда.

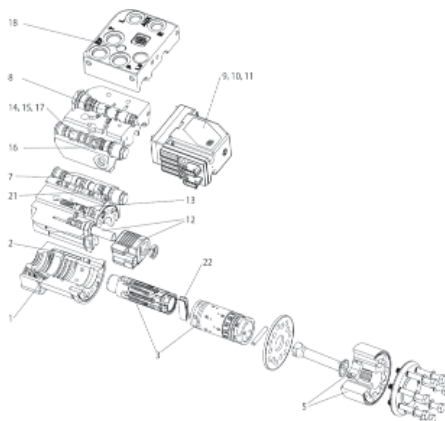
2. Схемно решение на стенд за изпитване на *EXKY*.

Извършен е синтез на хидравлична схема на стенд за изпитване на *EXKY* тип OSPEC200 LSRM, като е взета под внимание актуална техническа спецификация от производителя (Sauer-Danfoss) [2].

На Фиг. 2 е показана базовата хидравлична схема на разглежданото *EXKY* и разрез на тялото на кормилното управление онагледяващ изграждащите го елементи и възли, със съответстващите означения съвпадащи с означенията на разреза (Фиг. 3):



Фиг.2 Хидравлична схема *EXKY* тип OSPEC LSRM.



Фиг.3 Разрез на *EXKY* тип OSPEC LSRM

1 - Противоударен клапан, 2 - Обратен клапан, 3 - Работна двойка (Плунжер/Втулка), 4 - Обратен клапан (аварийен режим), 5 - Зъбна двойка, 6 - Обратен клапан, 7 - Основен клапан определящ режима на управление (механичен или електропропорционален), 8 - Електрохидравличен клапан за определяне на посока на движение (завиване), 9 - PVE-управляващ блок, 10 - LVDT-преобразувател, 11 - 2/2 клапани, 12 - Управляващ клапан за избор на режим, 13 - Редукционен клапан (12 Bar), 14 - Нерегулируем дросел, 15 - Приоритетен клапан, 16 - Пружина на приоритетния клапан, 17 - Нерегулируем дросел, 18 - Предпазно-преливен клапан с непряко действие, 19 - Дросел в LS-контур, 20

- Обратен клапан в LS- контур, 21 - PVFC клапан / LS, 22 - Пружинен пакет на работната двойка.

В Таблица 1 са показани основните компоненти, които са подбрани за стенда за изпитване на ЕХКУ.

Таблица 1: Основни компоненти на стенда

№	Наименование	Параметри	Модел
1.	Резервоар	120 l	-
2.	Мотор-помпена група	$P_{e0}=7,5 \text{ kW};$ $V_p=19 \text{ cm}^3$	Помпа: 20A(C)19X006
3.	Предпазно-преливен клапан	$q_{nom}=40 \text{ l/min};$ $\Delta p_{nom}=25 \text{ MPa}$	CPL40/12
4.	Връщащ филтър	$\eta=25 \mu\text{m}$	MPF1002AG3P25NBP01
5.	Нагнетателен филтър	$\eta=10 \mu\text{m}$	FMM0502BACA10N01
6.	ЕХКУ	$V_p=200 \text{ cm}^3$	OSPEC200LSRM
7.	Датчик за ОВ на вала на ЕХКУ	CAN-output	SASA
8.	Контролер	16-bit ADC;PWM;	MC012-020
9.	Дисплей	2xCAN ports;	DP 210-04-01-03
10.	Джойстик	y-coordinate	JS6000NYPWMMNLYW33
11.	Подпорни клапани	$q_{nom}=50 \text{ l/min}$ $\Delta p_{nom}=20 \text{ MPa}$	OWC/DE-12/35A
12.	Сервоцилиндър	80x50x300 mm	-

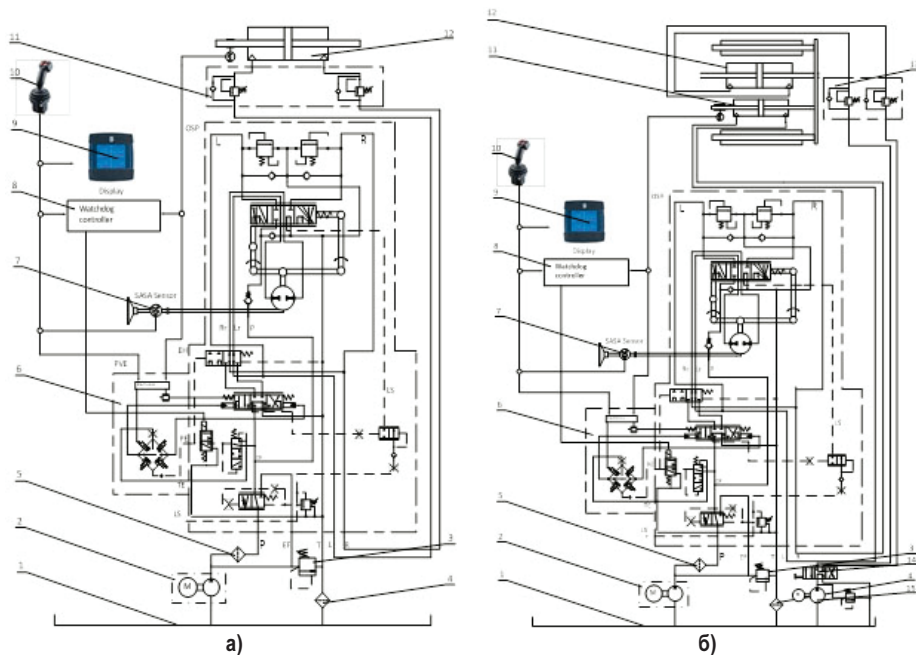
За да се анализира и окачестви функционалността на изпитваното ЕХКУ, компоновката на стенда трябва да бъде подчинена на изискването за отчитане, както на основните енергийни параметри в системата – налягане и дебит, така и на параметрите характеризиращи движението на изпълнителния сервоцилиндър – преместване и скорост. При включването на специализирана електронно-измервателна апаратура споменатите физически параметри могат да бъдат отчитани не само в статичен, но и в динамичен режим.

За провеждането на адекватни спрямо действителните условия на работа изпитания, обектът на управление в проектирания стенд представлява двойнодействащ, равноплочен сервоцилиндър с размери $D \times d \times H = 80 \times 50 \times 300 \text{ mm}$. Включените в стенда компоненти отговарят напълно на използваните такива при изграждането на електрохидравлични системи за управление и следене на траекторията на съвременни мобилни машини. За симулиране на различни режими на работа освен промяна на входящите за системата параметри е предвидена и система за регулиране на натоварването върху управлявания сервоцилиндър – разработена в два варианта:

► Първи вариант - показан на Фиг.4^а, натоварването се реализира, посредством хидравличен блок с подпорни клапани 11 свързани в двете работни камери на управлявания за целите на стенда сервоцилиндър.

► Втори вариант – показан на Фиг.4^б, натоварването на изпълнителния сервоцилиндър 11 е решено чрез включването на допълнителен самостоятелно задвижван хидравличен цилиндър 12 с по-големи или идентични геометрични параметри, който да продира действията по посока на движение на управлявания от ЕХКУ цилиндър - чрез твърда механична връзка на буталните пръти. При този вариант блокът с подпорните клапани 13 е включен към работните камери на натоварващия цилиндър 12. Задвижването и управлението на натоварващия хидроцилиндър 12 се осъществява посредством 4/3 хидравличен разпределител 13

с ръчно управление, захранван от самостоятелен мотор-помпен агрегат 14. Предимство на тази система за натоварване е възможността за симулиране на натоварване близко до действителното за тази система, с точно регулиране на силата върху обекта за управление.



Фиг. 4 Хидравлична схема на стенд за изпитване на ЕХКУ с натоварване по налягане (4^а) и с натоварване посредством допълнителен хидроцилиндър (4^б).



Фиг.5 3-D модел на стенд за изпитване на ЕХКУ тип OSPE – Общ изглед.

Разработени са триизмерни модели (Фиг.5) с действителни размери на всички компоненти изграждащи настоящия стенд. Цялостното моделиране, компоновка (на различните разновидности) и последващото го оформяне на конструктивната документация на стенда е извършено в средата на програмния продукт SolidWorks 2013 Premium.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За така предложената компоновка на стенд за изпитване на ЕХКУ тип OSPE 200, можем да обобщим следното:

1. Разработено е схемно решение и конструктивно изпълнение на стенд за изпитване на ЕХКУ тип OSPE 200LSRM на база на предварителен синтез на основните хидравлични и конструктивни параметри, при различни разновидности на системата за натоварване на управлявания сервоцилиндър.

2. Стендът дава възможност да се реализират различни режими на работа при управление, както механично чрез волан, така и електропропорционално чрез джойстик.

3. С включването на измервателна апаратура, разработеният стенд дава възможност за отчитане на статични и динамични характеристики при различни режими на работа.

4. На база на отчетените статични и динамични характеристики, може да се извърши синтез, както на новопроектирани, така и на вече съществуващи хидравлични кормилни уредби.

Литература

- [1] Комитовски, М. Д., Елементи на хидро- и пневмозадвижването, „Техника” – София, 1985.
- [2] Saurer-Danfoss, OSPE Steering Valve Technical Information, 11068682 • Rev CD • Sep 2012.
- [3] Mobile Hydraulic, Festo Didactic GmbH & Co.KG.KG57416, Germany, 2010.

За контакти:

Маг. инж. Александър Стоянов Митов, Технически Университет – София, Катедра Хидроаеродинамика и Хидравлични машини, alexander_mitov@mail.bg

Доц. д-р инж. Илчо Ангелов, Технически Университет – София, Катедра Хидроаеродинамика и Хидравлични машини, 0887 857820, ilangel@tu-sofia.bg

Маг. инж. Никола Иванов Станчев, Технически Университет – София, Катедра Хидроаеродинамика и Хидравлични машини, 0898 977315, agentsteel@abv.bg

Докладът е рецензиран.