

Стенд за изследване на електрохидравлична система за кормилна уредба с чувствителност по натоварване

Илчо Ангелов, Александър Митов, Йордан Кралев

Работата представя схемно решение, компоновка и реализация на стенд за изследване на електрохидравлична система за кормилна уредба с чувствителност към изменение на външното натоварване върху изпълнителен сервоцилиндър. Хидравличната задвижваща система реализирана на стенда се състои основно от: регулируема аксиално-бутална помпа с регулатор по налягане, конвенционално хидравлично кормилно устройство, разработен хидравличен блок за управление на хидравлични кормилни системи в различни режими и двойнодействащ равнопощен сервоцилиндър. Показани са първични експериментални резултати от пускането в действие и избор на подходяща система за управление на стенда.

Ключови думи: стенд, кормилна уредба, чувствителност по натоварване

Test Bench for Investigation of Load-Sensing Electrohydraulic Steering System

Ilcho Angelov, Alexander Mitov, Jordan Krlev

The work presents a schematic solution, equipment and realization of a test bench for investigation of electrohydraulic steering system with sensitivity to change the external load (load-sensing) on executive servocylinder. The hydraulic drive system of the bench consists mainly of: variable displacement axial-piston pump with a pressure controller, a conventional hydraulic steering unit, a hydraulic control block for steering systems for various of modes of operation and a double acting servocylinder. Primary experimental results from putting into operation and selecting a suitable bench control system are shown.

Keywords: test bench, steering system, load-sensing

ВЪВЕДЕНИЕ

За управление на посоката на движение на съвременни трактори, комбайни и други видове селскостопански мобилни машини се налага въвеждане на пропорционално-електрическо управление на кормилната уредба, с цел автоматизирането и. Също така ръчното управление с променливо предавателно отношение е предпочитана функция за подобряване на производителността и комфорта на водача.

При челни товарачи, мотокари и други подобни мобилни машини производителността и комфорта на водача могат да бъдат значително подобрени при работа извън обществени пътища, като се използва джойстик или мини волан за управление на посоката на движение на машината [1].

Всичко това може да бъде постигнато чрез въвеждане на електрохидравличен управляващ блок в кормилна система с конвенционално хидравлично кормилно устройство (ХКУ). По този начин кормилната система може да приема и обработва входни въздействия от GPS приемник за автоматично управление или от сензор за ъглово преместване на волана (напр. тип SASA - Danfoss) за постигане на променливо предавателно отношение в кормилната уредба [3]. Едновременната работа в двата режима механичен (чрез волан) и цифров (GPS) хидравличния блок осигурява допълнителен дебит към дозирания от ХКУ.

Алтернативно, електрохидравличният блок може да бъде управляван от джойстик или мини волан.

Включването на хидравличен управляващ блок е подходящо, както при новопроектирани, така и при съществуващи кормилни системи за мобилни машини, осигурявайки споменатите функции и свобода за свързване в пространството на машината чрез гъвкави тръбопроводи [2].

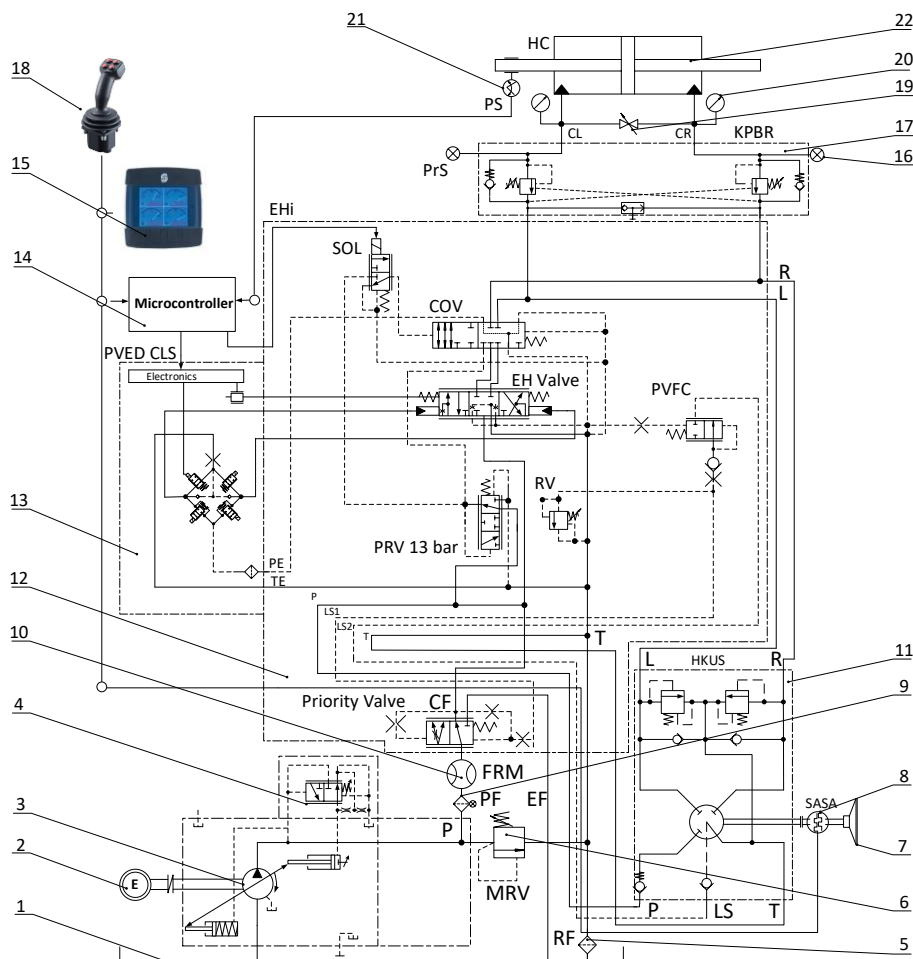
В допълнение на това реализацията на съвременните кормилни системи с чувствителност при изменение на външното натоварване (Load-Sensing) върху изпълнителния серво-цилиндър влияе съществено върху енергийния баланс в цялата хидравличната задвижваща система, осигурявайки възможност за регулиране на входящата хидравлична мощност по два параметъра – дебит и налягане.

Разбира се всичко това е осъществимо само чрез разработването на ефективна вградена система за управление на хидравличния блок, гарантираща качествено поведение на цялата електрохидравлична система [3].

Основната цел на настоящата работа е да представи схемно решение, компоновка и реализация на стенд за изследване на електрохидравлична система за кормилна уредба с чувствителност към изменение на външното натоварване върху изпълнителния сервоцилиндър.

1. ОПИСАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНИЯ СТЕНД.

Разработена е хидравлична схема на стенд за изследване на хидравлична система за кормилна уредба с товаро-чувствителност, показана на Фиг. 1.



Фиг. 1. Хидравлична схема на стенда

Хидравличната задвижваща система се състои основно от: резервоар (1), регулируема аксиално-бутална помпа тип A10VSO (3) с работен обем 18 cm^3 с регулатор по налягане тип DR (4), основен предпазно-преливен клапан (6), филтър в нагнетателния тръбопровод (9), зъбен дебитомер (10), хидростатично кормилно устройство (11), хидравличен управляващ блок (12) и електрохидравличен управляващ модул (ЕХУМ) (13) тип PVE. Обекта на управление е двойнодействащ равноплещен сервоцилиндър (21). Всички вложени в стенда компоненти са идентични с такива вградени в съвременни мобилни машини. Данни за компонентите са представени в Таблица 1.

Таблица 1: Компоненти на стенда.

№	Наименование	Параметри
1	Резервоар	130 l
2	Електродвигател	$P=5.5 \text{ kW}$ $n=1500 \text{ min}^{-1}$
3	Регулируема аксиално-бутална помпа тип A10VSO18	$V_p=18 \text{ cm}^3$
4	Регулатор по налягане	DR
5	Връщащ филтър	$\eta=25 \mu\text{m}$
6	Основен предпазно-преливен клапан	$q_{\text{nom}}=40 \text{ l/min}$; $\Delta p_{\text{nom}}=25 \text{ MPa}$
7	Волян	-
8	Сензор за ъглово преместване тип SASA	CAN
9	Нагнетателен филтър	$\eta=10 \mu\text{m}$
10	Зъбен дебитомер	$q=0.5 \div 70 \text{ l/min}$
11	Хидравлично кормилно устройство тип ЕНКУ 5	$V_p=200 \text{ cm}^3$
12	Електрохидравличен блок тип ЕНКУS	-
13	Електрохидравличен управляващ модул	$f=40 \text{ Hz}$, $\Delta p=1.3 \text{ MPa}$
14	Микроконтролер	32-bit ADC; PWM;
15	Дисплей	2xCAN ports;
16	Сензори за налягане	$\Delta p_{\text{nom}}=25 \text{ MPa}$
17	Блок с подпорни клапани	$q_{\text{nom}}=50 \text{ l/min}$ $\Delta p_{\text{nom}}=20 \text{ MPa}$
18	Електронен джойстик	y-coordinate; CAN
19	Кран	$\Delta p_{\text{nom}}=25 \text{ MPa}$
20	Манометри	$\Delta p=0 \div 25 \text{ MPa}$ cl.0.6
21	Потенциометричен измервателен преобразувател	$s=300 \text{ mm}$ $R=3200 \text{ k}\Omega$
22	Хидравличен сервоцилиндър	80x50x300 mm

Когато електродвигателят (2) задвижващ помпата (3) е изключен, вграденият приоритетен клапан (Priority valve) се намира в своята основна позиция (под действие на пружината), следователно EF линията е затворена. CF-линията е отворена към следящия хидравличен разпределител (EH Valve) вграден в електрохидравличния блок (12). Захранващата P-линия от хидравличното кормилно устройство (11) е свързана с CF-линията.

Когато електродвигателят (2) е включен, ХКУ (11) и следящия хидравличен разпределител (EH Valve) са в неутрално положение, налягането в CF-линията ще се повиши, до достигане на налягането определено от пружината в приоритетния клапан (Priority valve),

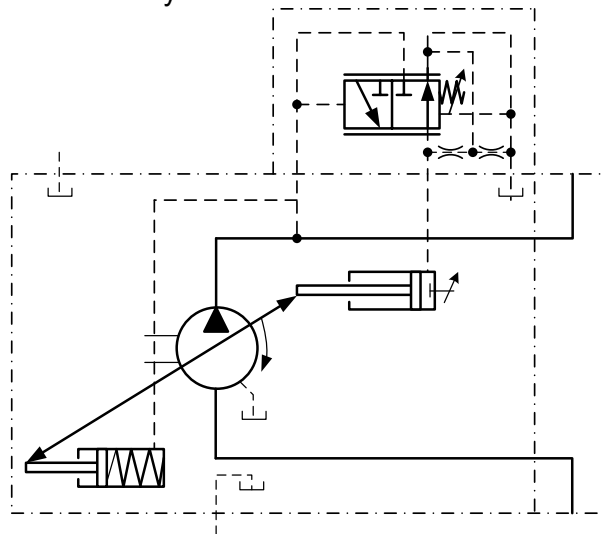
следователно той ще се превключи пропорционално, отделяйки дебит необходим за кормилната уредба към блок (12), а останалият дебит на помпата (P) ще премине през EF-линията към резервоар (1).

Приоритетният клапан е от т.нар. „динамичен тип“, което означава, че когато помпата работи, малък управляващ дебит преминава през: вградения динамичен дросел в CF-контура, дросела и обратния клапан в LS-линията, усилвателя по дебит (PVFC), като осъществява връзка на LS2-линията на електрохидравличния блок (12) с LS-линията на ХКУ (11). В ХКУ (11) този дебит от LS-линията преминава през обратния клапан в нея и през работната двойка „плунжер/втулка“ намираща се в неутрална позиция отива към резервоар (1).

При изключен електромагнитен клапан (2), пропорционалният разпределител за избор на режим (COV) неутрализира възможността за електропропорционално управление на системата, затваряйки връзките CL и CR от (EH Valve) към изпълнителния цилиндър (22). Това е важна функция от гледна точка на сигурност, например, ако към електрохидравличния управляващ модул (13) се подаде случаен (не желан) входен сигнал. В този случай е възможно само управление посредством волан.

За да се премине в режим на електропропорционално управление посредством електрохидравличния управляващ модул (13) в комбинация с микроконтролер (14) и електронен джойстик (18), е необходимо предварително превключване на клапана за избор на режим (SOL) чрез активиране на неговата бобина. Активирането става чрез входно въздействие от оператор съгласно стандарта за MMI (Man Machine Interface)[5].

На Фиг.2 е показана хидравлична схема на регулатора по налягане тип „DR“, с който е оборудвана захранващата аксиално-бутална помпа.



Фиг.2. Хидравлична схема на регулатора на помпата

Включването на регулируема аксиално-бутална помпа предназначена за хидравлични системи с отворена циркулация дава възможност да се регулира дебита подаван към кормилната уредба, променяйки работния обем на помпата от максимална към минимална стойност. Оборудването и с регулатор по налягане тип DR позволява намаляване на работния обем на помпата, а оттам и дебита в системата при повишаване на налягането (до ограничената от регулатора максимална стойност) в кормилната уредба следствие на повишаването на външната съпротивителна сила действаща върху буталото на изпълнителния сервоцилиндър. По този начин се реализират съвременни хидравлични задвижващи системи с чувствителност при промяна на външното натоварване (сила/момент), регулирайки основните енергийни параметри налягане и дебит, в зависимост от диапазона на регулиране на помпата и закона на регулиране определен от съответния регулатор.

На Фиг. 3 е показана снимка на лабораторния стенд реализиран в кат. „ХАД и ХМ“ при ТУ-София.



Фиг.3. Реализация на лабораторния стенд в кат.“ХАД и ХМ“

Схемата на стенда е подчинена на изискването да дава възможност за управление в два основни режима: механичен чрез волан (7) и цифров чрез входно задаващо въздействие от електронен джойстик (18).

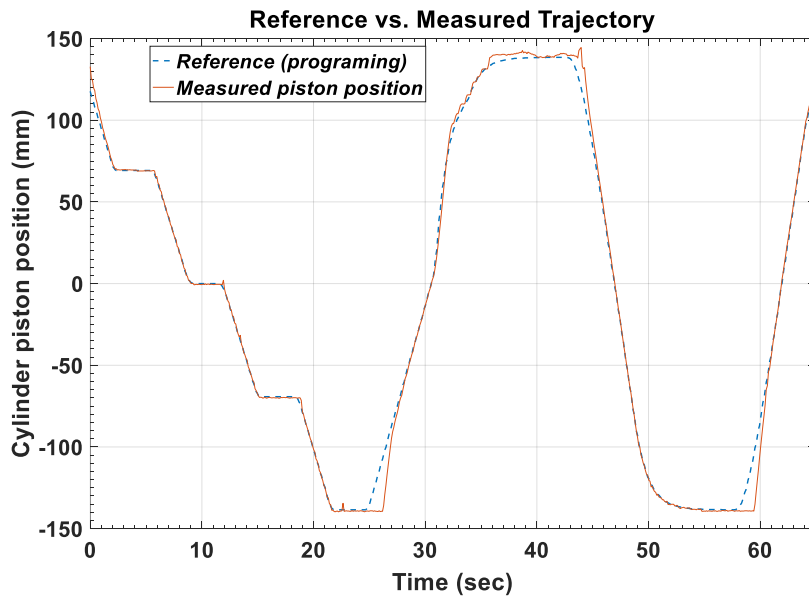
Лабораторният стенд отговаря и на изискванията за изпитване на електрохидравлични кормилни устройства при различни натоварвания. Натоварването по налягане се осъществява от хидравличен блок с регулируеми подпорни клапани (17), които са свързани към двете камери на хидравличния цилиндър (22).

2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ.

Разработена е система за управление [3] осигуряваща възможност за управление в цифров режим чрез входно задаващо въздействие от електронен джойстик или чрез програмирано в микроконтролера задание (закон за движение) на сервоцилиндъра.

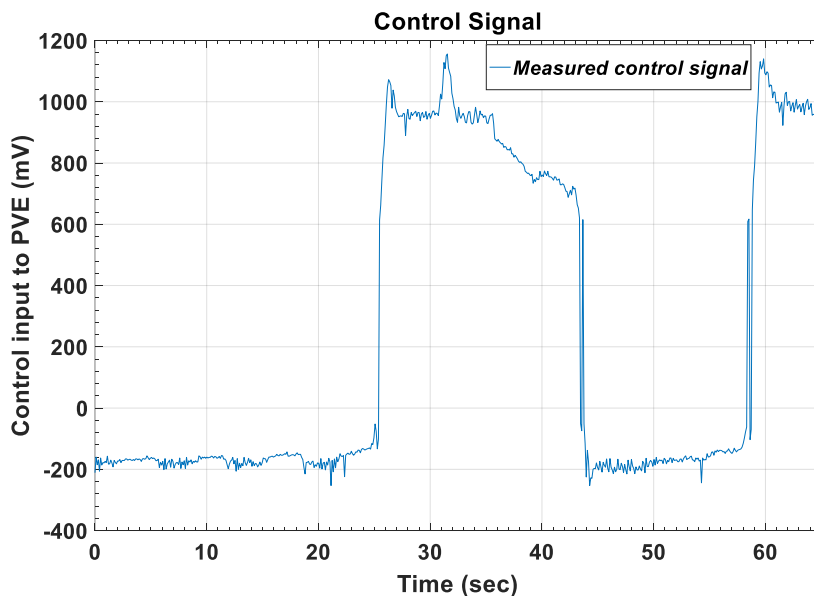
Целта на системата е да управлява хода на буталото на сервоцилиндъра (22), като получава задаващ сигнал от електронен джойстик (18). Вграденият в микроконтролера (14) каскаден регулатор изчислява управляващо напрежение за електрохидравличен управляващ модул (ЕХУМ, 13), който превключва хидравлично пропорционален разпределител от плунжерен тип (ЕН Valve). Пропорционалният разпределител определя посоката на движение на буталото на изпълнителния цилиндър (22), като подава работна течност към една от двете камери (СL или СR) на цилиндъра. Изходният сигнал на обекта е преместването на буталото на изпълнителния цилиндър, който се измерва чрез линеен променлив резистор (21).

На Фиг. 4 е показан първичен запис от следене на програмирано в контролера задание при пускане в действие на стенда. Заданието представлява комбинация от стъпаловидно въздействие и нарастващо с нелинейна съставляваща. Задаващият сигнал е с типичен характер за изследваното приложение и подходящ за по-нататъшен синтез на системата за управление.



Фиг.4. Експериментален резултат – следене на задание

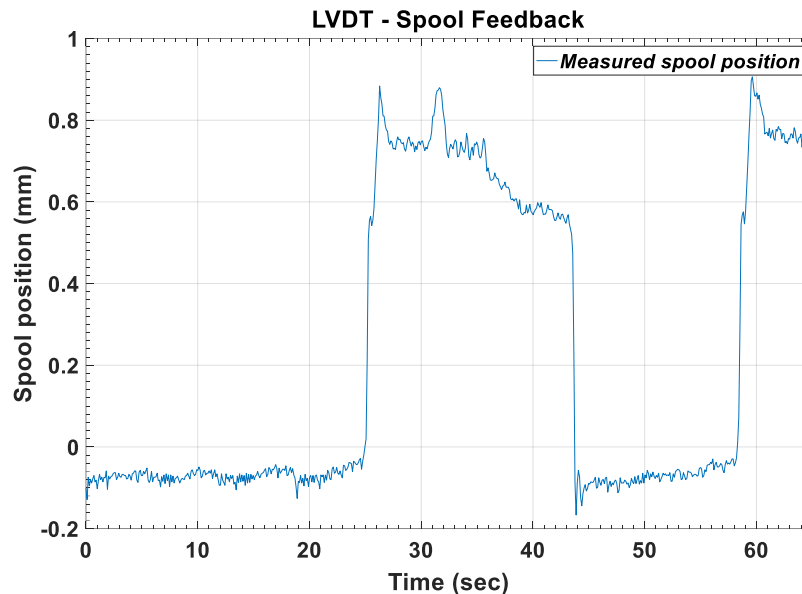
На Фиг. 5 е показан запис от изменение управляващия сигнал по време на преходните процеси при следене на програмното задание, а на Фиг.6 преместването на плунжера на вградения в електрохидравличния блок (12) – следящ хидравличен разпределител (EH Valve).



Фиг.5. Измерен управляващ сигнал

Експериментално получените преходни процеси имат аperiодичен характер без пререгулиране. Налице е минимална грешка в установен режим, както при следене на стъпаловидно, така и при задание с нелинейна компонента.

Нивото на шумовете в управляващия сигнал е ниско, което свидетелства за високата точност на измервателния прибор заложен в обратната връзка по преместване на буталото. Това качество се пренася, като качество на затворената система [3].



Фиг.6. Измерено преместване на плунжера в EH Valve

Заклучение

Разработеният и реализиран лабораторен стенд за изследване на електрохидравлична система за кормилна уредба с чувствителност по натоварване (Load-Sensing) дава възможност за функционални изпитвания на съвременни електрохидравлични кормилни устройства предназначени за широка гама мобилни машини.

Функционалните изпитвания на стенда могат да бъдат извършвани в два режима:

- механичен – посредством волан;
- цифров – посредством входно задаващо въздействие от електронен джойстик.

Оборудването на стенда с регулируема аксиално-бутална помпа с регулатор по налягане, както и включването на съвременни технически средства за измерване дават възможност за снемане в реално време на редица, както механични така и хидравлични величини. Това от своя страна допринася за изследване на енергийния баланс в системата при включването на различни регулиращи устройства.

Благодарности

Представените в настоящата работа резултати са в изпълнение на дог. №181ПР0020-02 финансиран от вътрешен конкурс на НИС при Технически Университет – София, в направление „Перспективни ръководители“.

Литература

1. Danfoss, *Steering, EHi steering valve*, Technical Information, BC00000379en-US0202, January, 2018.
2. Findeisen, D., S. Helduser, *Ölhydraulik*, 6.Auflage, ISBN 978-3-642-54908-3, Springer Vieweg, 2015.
3. Mitov, Al., J. Krалev, Il. Angelov, Ts. Slavov, *Identification and synthesis of linear-quadratic regulator for digital control of electrohydraulic steering system*, 11th International Fluid Power Conference, ISBN 978-3-9816480-1-0, Aachen, Germany, 2018.
4. Murrenhoff, H., L. Eckstein, *Fluidtechnik für mobile Anwendungen*, ISBN: 978-3-8440-0515-8, Shaker-Verlag, 2011.
5. Weber, J., *Arbeitsblätter zur Vorlesung: Mobilhydraulik*, Institut für Fluidtechnik (IFD), TU-Dresden, 2017.

АВТОРИ:

Проф. д-р инж. Илчо Иванов Ангелов, ТУ - София, Катедра „Хидроаеродинамика и Хидравлични машини“, 0887 857 820, ilangel@tu-sofia.bg;

Гл. ас. д-р инж. Александър Стоянов Митов, Технически Университет – София, Катедра „Хидроаеродинамика и Хидравлични машини“, 0886 208 937, alexander_mitov@mail.bg;

Гл. ас. д-р инж. Йордан Константинов Кралев, ТУ – София, Катедра „Системи и управление“, 0882 093 195, jkralev@yahoo.com.