

Assoc. Prof. Ph D Eng. Dimitrov S.¹, Ass. Ph D Eng. Nedelchev K.², Dept.
Combustion Engines, Automobile Engineering and Transport¹;
Technical University – Sofia, Bulgaria
E-mail: ssdim@tu-sofia.bg¹; E-mail: krasined@tu-sofia.bg²

Abstract: В работата е представена мобилна система за измерване на параметрите и характеристиките на хидростатични кормилни системи и разработената програма за запис и обработка на информацията от възприематели. Програмата е направена в среда на LabView. Системата е монтирана и изпробвана на стенд за изпитване на карна хидростатична кормилна система. При сравняване на характеристиките и параметрите на уредбата и с еталонни може да се определи състоянието, както на цялата уредба така и на отделните и елементи.

KEYWORDS: HYDROSTATIC STEERING SYSTEM, MEASUREMENT SYSTEMS, CHARACTERISTICS HYDROSTATIC STEERING, PARAMETERS HYDROSTATIC STEERING

1. Въведение.

Хидростатичните кормилни уредби се използват в карната техника (електро- и мотокари, комбайни), в строителната (трактори, челни товарачи, багери, грейдери; скрапери; валяци; и др.) и горска техника. Използват се и при транспортни средства с голяма товароносимост (кариерни самосвали – Белаз и др.) и специализирана техника работеща при ниски скорости, като максимална разрешена скорост за движение на транспортни средства с хидростатични кормилни уредби е 60 km/h. Това се определя от основните предимства и недостатъци на тези кормилни уредби, които са: възможност за преодоляване на големи съпротивителни сили на завъртане на управляемите колела използвайки допълнителна енергия от ДВГ (здвижващ хидрообемната помпа на уредбата).

Целта на настоящата работа е комплектоване на измервателна система и да се разработи програма в среда на LabView за експериментално изследване на параметрите и характеристиките на хидростатични кормилни системи за транспортни средства с възможност за запис на измерваните и изчислителни параметри по време на измерването с помощта на мултифункционално устройство.

2. Измервателна система.

Системата се изгражда на базата на „Многофункционална мобилна, цифрова измервателна система“ (Договор № 721 НИ-4/2006), като се добавя допълнително съгласуващо устройство, за съгласуване на АЦП с използваните възприематели. Използваните възприематели за сила и въртящ момент са с вградени усилватели, а тези за ъглово завъртане са потенциометрични или оптоелектронни. По този начин се облекчава настройката на системата. В среда на LabVIEW се изработва програма за настройка на системата, визуализация и запис на необходимата информация в реално време от необходимите за извършването.

Съгласно направеното проучване за изграждането на системата се използва АЦП (Аналого Цифров Преобразувател) с USB интерфейс. Избрания интерфейс позволява от една страна висока скорост на преноса на данни, а от друга позволява свързване на измервателната система при необходимост към преносим или стационарен компютър. За разлика от PXI, PCI, GPVI, SCXI, VXI, IEEE 1394, PCMCIA, LAN и др. Интерфейсите, които са специализирани и не са налични на всеки компютър с изключение на мрежовата връзка

(LAN), но АЦП с този интерфейс са със значително по-висока цена (до няколко пъти).

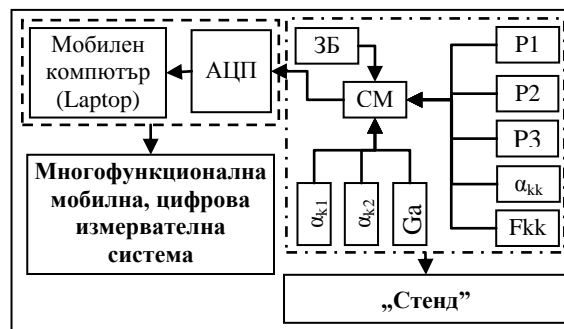
Към АЦП за измервателната система са поставени и други изисквания, като някои от по-важните са:

- малки габаритни размери и маса;
- ниска консумация на енергия;
- драйвери за програмна среда LabView;
- технически характеристики на АЦП (брой канали, разрядност, брой диапазони на входните сигнали, максимална честота на дискретизация и др.);
- време за влизане в работен режим;
- точност при преобразуването на сигналите
- цена на АЦП.

Системата осигурява възможност за запис (на HDD на компютъра, които играе роля на записващо устройство) и следене на екрана в реално време на сигналите от отделните канали. На екрана се визуализират:

- Напрежение измерено от тензорезисторните възприематели за налягане, МРа;
- Завъртане на кормилното колело, deg;
- Сила на завъртане на кормилното колело, N;
- Завъртане на дясното управляемо колело, deg;
- Вертикално натоварване на управляемия мост, N;
- Спектъри на сигналиите (използва се за настройка на филтрите на отделните канали).

2.1. Структура на системата.



Фиг.1. Блок схема на измервателната система.
АЦП – аналого-цифров преобразувател (USB-6008);
СМ - съгласуващия модул, осигурява захранването на сензорите и съгласуването на сигналите им с входа на АЦП;

ЗБ – захранващ блок, осигурява стабилизирано захранване от 24 V на СМ;

P1 – сензор за налягане, тензометричен тип с вграден усилвател с диапазон на налягането 0÷160 atm;

P2 – сензор за налягане, тензометричен тип с вграден усилвател с диапазон на налягането 0÷100 atm;

P3 – сензор за налягане, тензометричен тип с вграден усилвател с диапазон на налягането 0÷100 atm;

α_{kk} – сензор за ъгъл на завъртане на кормилното колело, потенциометричен тип, deg

Fkk – възприемател за сила в кормилното колело (тензометричен тип), N;

α_{k1} – сензор за ъгъл на завъртане на дясното управляемо колело, потенциометричен тип, deg

α_{k2} – сензор за ъгъл на завъртане на лявото управляемо колело, потенциометричен тип, deg

Ga – възприемател за натоварване на управляемия мост (тензометричен тип), N.

Посочените дименсии за отделните сензори се получават чрез съответното преобразуване на напреженивия сигнал от сензорите в направената в среда на LabView програма.

В системата не се използват универсални тензометрични усилватели а само тензометрични сензори с вградени усилватели, което води до по-лесната работа с нея, както и по малкото време за настройка за работа. Честотата на дискретизация на сензорите е 1 kHz, което е напълно достатъчно за поставената цел.

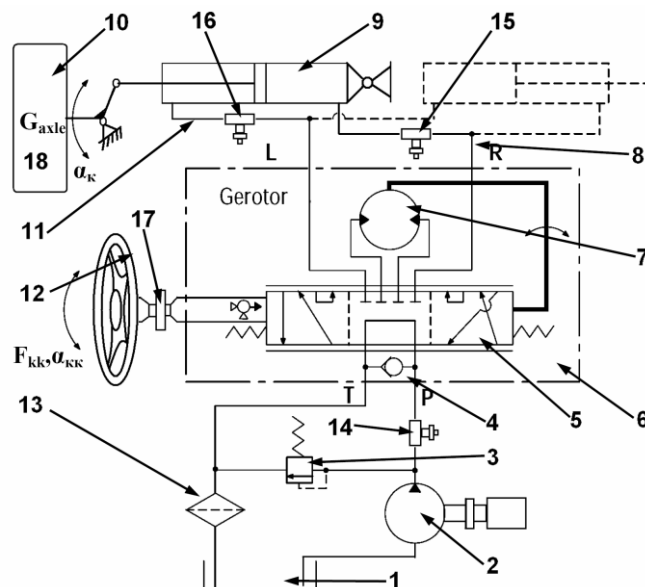
С новата измервателна апаратура автоматично се определя вертикалното натоварване върху управляемия мост. Това е необходимо, тъй като при изключване на усилвателя може да се проследи изменението на усилието в кормилното колело при промяна на натоварването върху управляемия мост.

2.2. Стенд за определяне на характеристиките на хидростатична кормилна система.

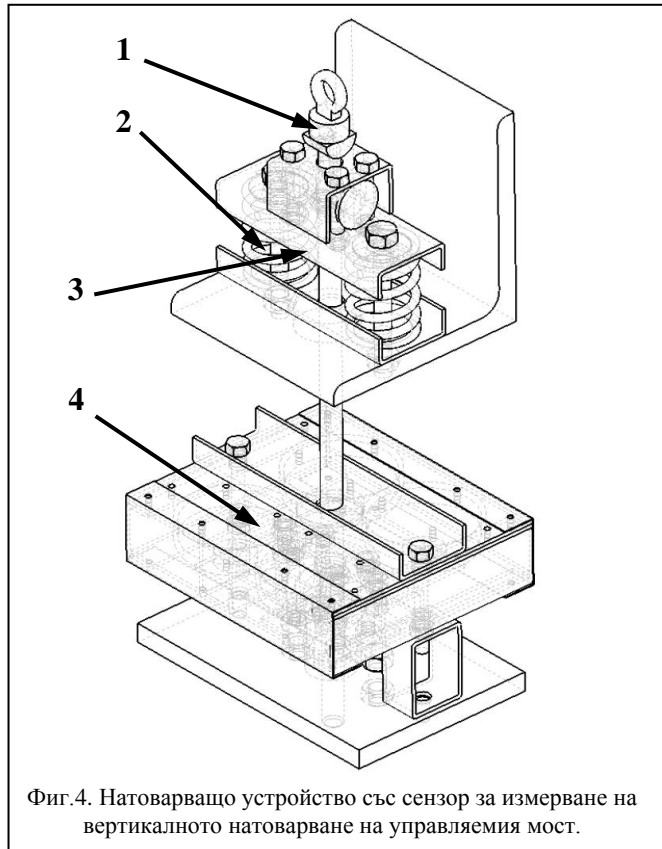
В катедра „Двигатели Автомобилна Техника и Транспорт” се намира стенд за следене на наляганията в двата хидравлични кръга на карна хидростатична уредба при различни натоварвания на управляемия мост с и без използване на хидроусилвателя. Стенда е използван като основа за направата и тестването на измервателна система.



Фиг. 2. Стенд на хидростатична кормилна уредба.



Фиг.3. Схема на стенда за определяне параметрите и характеристиките на карна хидростатична кормилна система. 1 – резервоар за хидравлична течност; 2 – хидрообемна помпа с електродвигател; 3 – предпазен и регулиращ клапан; 4 – обратен клапан; 5 – разпределител на хидростатичния кормилен механизъм; 6 – хидростатичен кормилен механизъм; 7 – хидрообемна помпа/мотор (G – ротор) на хидростатичния кормилен механизъм; 8 – твърди тръбопроводи за високо налягане; 9 – хидравличен цилиндър; 10 – управляемо колело на транспортното средство ($+70^{\circ}/-60^{\circ}$); 11 – гъвкави тръбопроводи за високо налягане; 12 – кормилно колело ($\pm 1440^{\circ}$); 13 – филтър за хидравлична течност.



Фиг.4. Натоварващо устройство със сензор за измерване на вертикалното натоварване на управляемия мост.

1 – Натоварващ винт; 2 – винтови пружини за по-плавно изменение на натоварващата сила; 3 – натоварващо устройство; сензор за измерване на силата в натоварващото устройство.

На стенда се поставят три сензора за налягане тензометричен тип с вграден усилвател (точност 0,5 %), два за ъгъл на завъртане резистивен и оптоелектронен тип преместване и два тензометрични с вградени усилватели за вертикално натоварване в управляемия мост и за сила в кормилното колело, като последният е комбиниран със сензора за ъгъл на завъртане на кормилното колело.

На стенда има възможност, да се правят само квазистатични изпитвания на хидростатични кормилни уредби и техни елементи.

Вертикалното натоварване върху управляемия мост се създава с помощта на лостова система с предавателно отношение $K_G=3.8$. Натоварването на управляемия мост е пропорционално на натоварването от натоварваният механизъм умножено по коефициента K_G .

Стенда позволява да се изследва работата на хидростатичната кормилна уредба с и без усилвател при различно вертикално натоварване на управляемия мост.

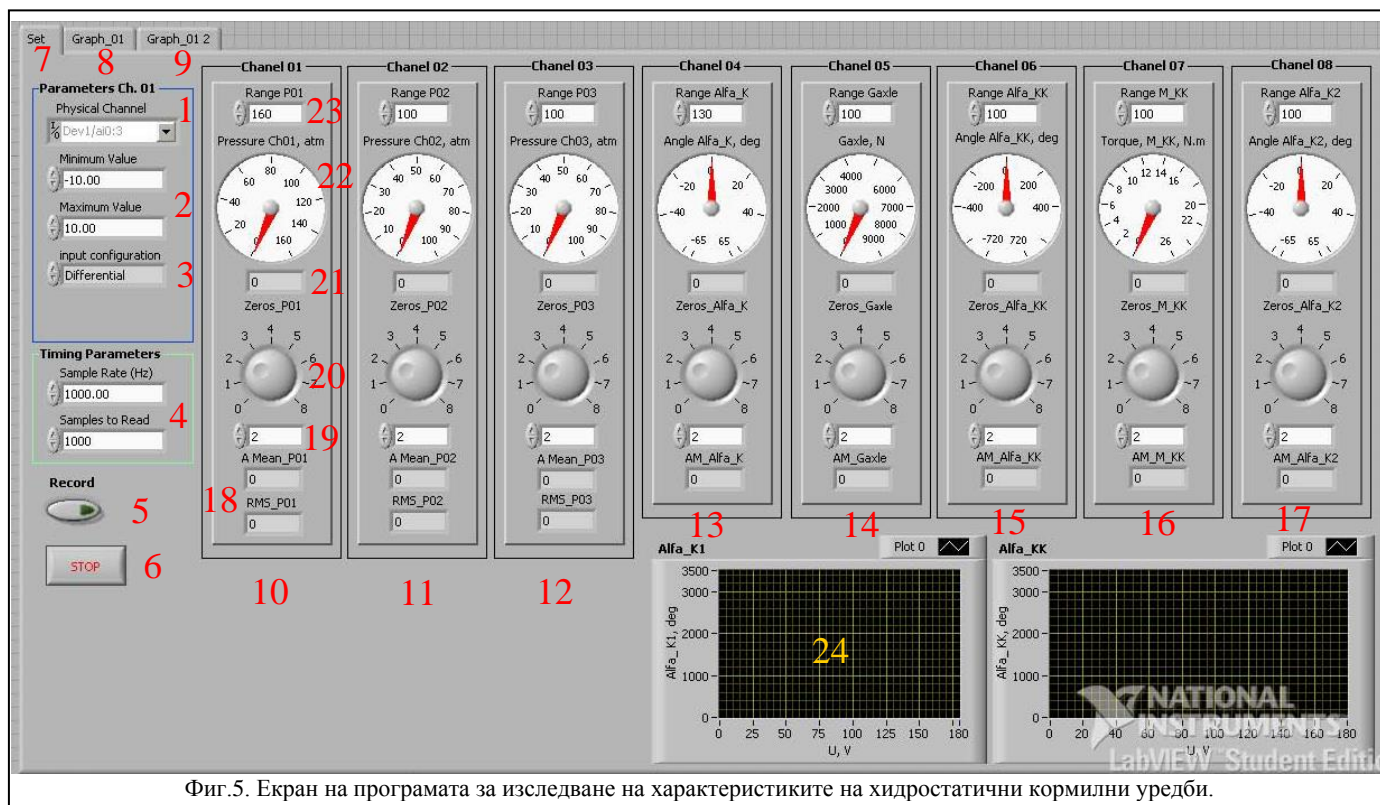
Сензора за измерване на момента (силата) на завъртане на кормилното колело се измерва с тензометричен усилвател с вграден усилвател, като той и сензора за измерване на ъгъла на завъртане на кормилното колело са поместени в един корпус.

2.3. Програмно осигуряване.

- визуализиране на графиката на изменение на $P_3=f(\alpha_{kk,0})$ – налягане в допълнителния кръг на системата, МРа;
- визуализиране на графиката на изменение на $P_1=f(t)$ – налягане в основния кръг на системата, МРа;
- визуализиране на графиката на изменение на $P_2=f(t)$ – налягане в допълнителния кръг на системата, МРа;
- визуализиране на графиката на изменение на $P_3=f(t)$ – налягане в допълнителния кръг на системата, МРа;
- визуализиране на графиката на изменение на $K_y=f(\alpha_{kk})$ – коефициент на усилване;
- визуализиране на графиката на изменение на $\alpha_{kk,0}$ – ъгъл на свободния ход, deg;
- визуализиране на графиката на изменение на G_{axle} – натоварване на управляемия мост, N;

С програмата могат да се определят индиректно и:

- визуализиране на графиката на изменение на $F_{kk}=f(\alpha_{kk,0}, G_k, p_n)$ – сила в кормилното колело, N;
- визуализиране на графиката на изменение на $K_y=f(\alpha_{kk}, G_{axle})$ – коефициент на усилване;
- визуализиране на графиката на изменение на $p_{бут}=f(\alpha_{лд}, G_k, p_n)$ – налягане в хидравличния цилиндър.



Фиг.5. Екран на програмата за изследване на характеристиките на хидростатични кормилни уредби.

Направена е програма [1÷5] за визуализация и запис на информацията от сензорите на стенда за изследване на параметрите и характеристиките на хидростатични кормилни уредби. Програмата има следните възможности:

- визуализиране на графиката на изменение на $i_k=f(\alpha_{kk})$ – кинематично предавателно число на кормилната уредба;
- визуализиране на графиката на изменение на $i_c=f(\alpha_{kk})$ – силово предавателно число на кормилната уредба;
- визуализиране на графиката на изменение на $F_{kk}=f(\alpha_{kk,0})$ – сила в кормилното колело, N;
- визуализиране на графиката на изменение на $P_1=f(\alpha_{kk,0})$ – налягане в основния кръг на системата, МРа;
- визуализиране на графиката на изменение на $P_2=f(\alpha_{kk,0})$ – налягане в допълнителния кръг на системата, МРа;

На фиг.5 е показан основният екран на програмата за запис и обработка на информацията от сензорите на стенда, където:

- 1 – избор на каналите на АЦП, към които да се свържат осемте входни сигнала;
- 2 – обхват на напрежението на входните сигнали, V;
- 3 – вид на свързването на входовете на АЦП (единично или диференциално – в този случай могат да се включат едновременно до четири канала);
- 4 – обща честота на дискретизация на сигналите от всички канали и брой точки визуализирани на екрана за една секунда;
- 5 – бутон за включване и изключване на записа на сигналите;
- 6 – спиране на програмата;
- 7 – прозорец за настройка на сензорите;
- 8 – графичен прозорец;
- 9 – графичен прозорец;
- 10 – панел за настройка на първия сензор за налягане, МРа;

- 11 – панел за настройка на втория сензор за налягане, МРа;
- 12 – панел за настройка на третия сензор за налягане, МРа;
- 13 – панел за настройка на ъгъла на завъртане на управляемото колело, deg;
- 14 – панел за настройка на сензора за тегло на управляемия мост, N;
- 15 – панел за настройка на ъгъла на завъртане на кормилното колело, deg;
- 16 – панел за настройка на силата в кормилното колело, N;
- 17 – панел за настройка на ъгъла на завъртане на лявото управляемо колело, deg
- 18 – стойност за корекция;
- 19 – цифров прозорец на стойността за корекция на показанията на сензора при настройка на системата;
- 20 – винт за нулиране на показанията на сензора при настройка на системата;
- 21 – цифрова индикация на текущото показание на сензора;
- 22 – аналогов индикатор за текущото показание на сензора;
- 23 – диапазон на изменение на сензора;
- 24 – прозорец за визуализация на нелинейна характеристика на сензора;
- 25 – избор на вход за подаване на импулс за стартиране на визуализацията и/или записването на информацията от аналоговите входове на АЦП;

Направената програма е съобразена с възможностите на наличния в катедра „ДАТТ“ стенд на хидростатична кормилна система. Схемата на стенда е показана на фиг.3.

За коректно измерване с програмата е необходимо предварително да се нулират показанията на сензорите, чрез коригиране на показанията им от панела за съответния сензор. Настройката се прави при всяко стартиране на програмата.

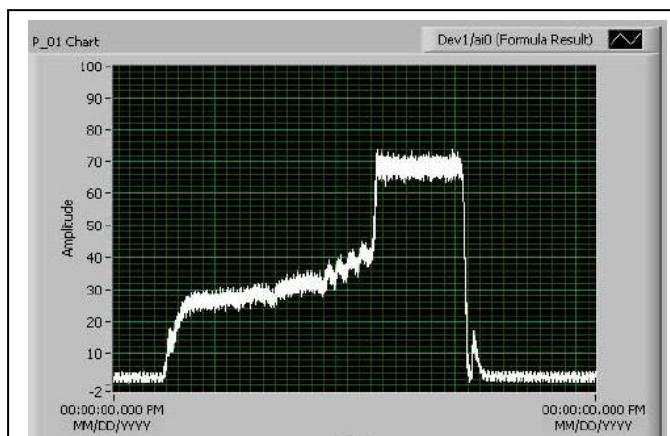
Програмата е тествана на USB 6008, но може да се ползва и от други АЦП на фирмата National Instruments, които ползват драйвери NI DAQmx. При използване на други АЦП може да се ползва само структурата на системата, като при някои други фирми на АЦП отделните блокове в програмата са идентични и в този случай промяната се извършва бързо и лесно, такива са АЦП на фирмата Advantech.

3. Експериментални резултати.

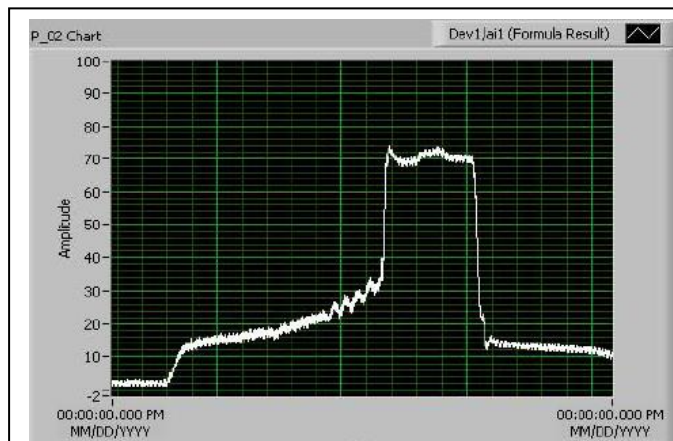
На фиг.6-7 са представени експериментални резултати на снети характеристики на $P1=f(t)$, и $P2=f(t)$ с измервателната система.

За да се намалят смущенията върху измервания сигнал се използва диференциално свързване на входовете на АЦП и е извършено филтриране на сигнала с нискочестотен филтър с честота 25 Hz.

Измервателната система позволява автоматично и точно да се определя вертикалното натоварване върху управляемия мост.



Фиг.6. Графика на налягането във външния кръг на кормилната система.



Фиг.7. Графика на налягането във вътрешния кръг на кормилната система.

4. Заключение.

1. Измервателната система осигурява бърза настройка на възприемателите.
2. Измервателната система позволява да се определят автоматично параметрите и характеристиките на изследваната хидростатична кормилна система.
3. Измервателната система може да се използва за диагностика, както на системата като цяло, така и на отделни елементи от нея.
4. Измервателната система може да се използва за диагностика и изследване на характеристиките на хидростатичните уредби без да се демонтират от транспортните средства при експлоатационни условия.

Благодарности: Изследванията в тази работа са извършени благодарение на финансирането по дог. 08052ни-4/2008 от Вътрешния конкурс за научни изследвания на ТУ – София, сесия 2008 г.

5. Литература.

- [1] “LabVIEW. Data Acquisition. Basics Manual”, NATIONAL INSTRUMENT, 2000
- [2] “LabVIEW. Measurements Manual”, NATIONAL INSTRUMENT, 2003
- [3] “LabVIEW. Analysis Concepts”, NATIONAL INSTRUMENT, 2004
- [4] Неделчев К.И., Гигов Б. И., Система за експериментално изследване на статичните характеристики на пневматични гуми, trans&MOTAUTO’07+, 08.10 – 10.11.2007г., Русе.
- [5] Неделчев К.И., Кунчев Л. П, Система за експериментално изследване на ускорителните и спирачни свойства на транспортни средства, trans&MOTAUTO’07+, 08.10 – 10.11.2007г., Русе.