

## УСТРОЙСТВО ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА НАТОВАРВАНЕТО НА ПОДЕМНИТЕ ВЪЖЕТА ПРИ РОТОРНИТЕ БАГЕРИ

**Здравко Илиев<sup>1</sup>, Диана Ташева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: iliev@mgu.bg

<sup>2</sup> Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: diana\_detcheva@abv.bg

**РЕЗЮМЕ.** На базата на OSH платформата Arduino Duemilanove е разработена система за двуканално измерване на натоварването на въжетата на подемния механизъм на роторните багери. Измерването се осъществява на тензометричен принцип и с използване на преобразувателя AD7730. Устройството позволява както непрекъснат контрол на натоварването, така и работа в режим "събиране на данни" с цел оценка на характеристиките на динамичните процеси

### LOAD MEASURING DEVICE OF ELEVATION WIRE ROPES IN BUCKET WHEEL EXCAVATORS

**Zdravko Iliev<sup>1</sup>, Diana Tasheva<sup>2</sup>,**

<sup>1</sup> University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: iliev@mgu.bg

<sup>2</sup> University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: diana\_detcheva@abv.bg

**ABSTRACT.** A system was developed based on the OSH platform Arduino Duemilanove for dual-channel load measurement of wire ropes in bucket wheel excavators' lifting mechanism. A strain-gauging method is applied using the AD7730 converter. The device allows continuous load control as well as a "data acquisition" mode for dynamic process characteristics evaluation.

### ПОСТАНОВКА НА ЗАДАЧАТА

Контролът и ограничаването на натоварванията на въжетата на подемния механизъм на роторните багери е една от основните диагностични задачи, които се налагат да бъдат решавани. При това както ниските, така и завишените стойности на този показател се явяват предпоставка за нарушаване стабилитета на багера.

Отчитайки това, бе поставена задачата за създаване на компактно устройство, което в реално време да осъществява измерване и визуализация на натоварването на двата клона на въжетата.

За осъществяване на измерванията бе избран тензометричен принцип, поради доказаната му ефективност, точност и надеждност при безразрушително експериментално оценяване на напрежено-деформационните състояния на различни обекти (Ермолов И.Н. и Ю. Ланг).

Множество фирми предлагат широка гама тензометрични уредби, като например Тензометрическая станция ZET 017-T8, Скенер Модел 6200, Модел P3 Strain Indicator and Recorder на фирмата VISHAY и др. Анализът на характеристиките им показва, че при създаването им е застъпен принципа на търсене на максимална универсалност по отношение на вида на мостовата схема, използвани измерителни единици, брой канали и др. Това

естествено рефлектира върху цената на изделието. Освен това те са разработени като прибори предназначени за провеждане на експериментални изследвания в ограничен времеви интервал и предоставят удобства при съхраняване и интерпретация на резултатите, но не могат да се използват за контрол в реално време. Поради това се пристъпи към изграждане на специализирано устройство за измерване на натоварването на подемните въжета.

### ФУНКЦИИ И ВЪЗМОЖНОСТИ НА УСТРОЙСТВОТО

Съгласно първоначалното задание устройството трябваше да осигури непрекъснато измерване и местна индикация на натоварването на двата клона на въжетата на подемния механизъм на роторния багер. След разработване на първия прототип и проведените лабораторни и промишлени изпитания се оказа възможно и ефективно въвеждането на допълнителни режими на работа и функционални възможности.

#### Режими на работа

Основният режим, в който устройството работи по подразбиране е измерване и визуализация.

В процеса на изследване и калибриране на устройството се оказа, че линейността на характеристиките се

запазва във всички случаи, но спецификата на конкретната реализация на всяка мостова схема води до съществени различия в дебалансирането на моста при нулево натоварване. Това наложи въвеждане на допълнителен режим - нулиране. Той може да бъде зададен за един от двата канала. След изборът му, с цел филтрация на шума, се извършва последователно десеткратно измерване и усредняване на данните прочетени от регистъра за данни на AD7730. Полученото двоично число се възприема като текуща стойност на отместването при преобразуването на прочетения 24-битов код във физическа величина и се записва в последователни адреси на EEPROM на Arduino. По този начин се осигурява работа с актуалната стойност на този параметър и след отпадане на захранващото напрежение, тъй като след всеки рестарт на системата се извършва прочитане от EEPROM на стойността на отместването и за двата канала.

С цел разширяване възможностите на разработеното устройство в областта на диагностиката, беше предвиден режим на сканиране. Той дава възможност за събиране и съхранение на данни, като по този начин се създават предпоставки за статистическа обработка на експерименталните данни. Режимът на сканиране може да се активира за всеки един от каналите поотделно или за двата канала едновременно. В зависимост от желаните интервал на дискретизация  $T_0$ , сканирането може да се реализира в два варианта. При  $T_0 > 0,3$  s непосредствено след всяко измерване получените резултати се предават към преносим компютър чрез вградения в Arduino USB интерфейс. В този случай обемът на извадката е неограничен. При  $0,04 < T_0 < 0,3$  измерените данни се съхраняват в RAM паметта на компютъра и след приключване на измерванията се извършва прехвърляне на целия пакет от данни към персоналния компютър. В този случай обемът на извадката не може да надхвърля 800 записа поради ограничения обем на вградената RAM памет.

### Допълнителни възможности

Показанията от системата се използват за настройка на крайните изключватели, явяващи се защита срещу охлабено и пренатегнато въже. Освен това е възможно паралелно с измерванията да се натрупва ограничена по обем база от данни (от порядъка на 400 измервания за всеки един от каналите), която непрекъснато да се актуализира. При евентуално сработване на някой краен изключвател натрупването на данни се прекратява и получените до момента информационен масив може да бъде извлечен и анализиран с цел установяване на причината за нарушаване на нормалния технологичен режим на работа.

## ХАРДУЕРНА РЕАЛИЗАЦИЯ

Устройството за измерване на натоварването на въжетата на подемния механизъм на роторните багери е изградено от четири основни блока /фигура 1/:

- микроконтролер – Arduino Duemilanove с процесор ATMEGA 328;

- модул за индикация, изграден на базата на LCD индикатор AC082AYILY-H;
- клавиатурен блок;
- измервателен модул.

Измерването на натоварването се осъществява паралелно за двата клона на подемните въжета с помощта на два тензометрични моста.

Arduino модулът разполага с 6 аналогови входа и 14 входно/изходни пина, позволяващи въвеждане и извеждане на цифрови сигнали, два от които са запазени за комуникационния канал. Предимството на този модул е, че той е с отворен код и сам по себе си представлява развойна система, която може да се използва съвместно с персонален компютър, самостоятелно като локална система или само като процесор, когато не е необходимо осъществяване на връзка за предаване на информация по USB интерфейса.

Захранването на модула може да се осъществи през USB порта, през POWER конектора, или чрез предвидените за целта входни пинове, разположени на интерфейсия куплунг.

LCD индикаторът AC082AYILY-H позволява извеждането на информация на 2 реда по 8 символа. За управлението му са използвани 6 пина на микроконтролера и 4-битовата Arduino LCD библиотека - *LCD4BitLibrary*, достъпна за ползване през официалния сайт на Arduino (<http://www.arduino.cc>). Осигурена е постоянна подсветка на индикатора, тъй като на устройството се налага да работи в затъмнени помещения.

Клавиатурният блок включва три бутона, съответно за избор на режим на работа - *MODE*, потвърждение на избраната команда - *ENTER* и бутон за изход - *ESC*.

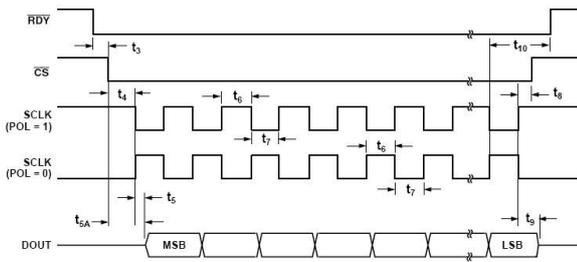
С бутон *MODE* се превключват шестте основни режима на работа – стандартен режим на измерване по двата канала от тензометричните мостове, режим на нулиране на канал 1, режим на нулиране на канал 2, сканиране на канал 1 с максимално бързодействие, сканиране на канал 2 с максимално бързодействие и паралелно сканиране на двата канала с максимална скорост. Първото му натискане привежда системата от стандартен работен режим в избор на нов режим от меню. Преходът от един към друг елемент на менюто се извършва също с бутон *MODE*.

С бутон *ENTER* се потвърждава изпълнението на избраната команда, а бутон *ESC* превключва устройството в стандартен режим на измерване.

Бутоните са свързани към три от аналоговите входове на контролера както следва:

- бутон *MODE* – към аналогов вход 5;
- бутон *ENTER* – към аналогов вход 4;
- бутон *ESC* – към аналогов вход 3.





Фиг. 4. Времедиаграма при четене.

Стойностите на критичните времеви интервали са дадени в таблица 1.

Таблица 1

$t$	Tmin[ns]	Tmax[ns]
$t_3, t_4, t_8, t_{11}$	-	-
$t_5$	-	60
$t_6, t_7, t_{14}$	100	-
$t_9$	10	80
$t_{10}$	-	10
$t_{12}$	30	-
$t_{13}$	20	-

Представен е обектният код на подпрограмите за работа с регистрите на AD7730.

И в двете подпрограми е използван формален параметър  $br$  за задаване броя битове в записваната или четена информация, тъй като отделните регистрите на AD7730 са с различна разрядност.

#### Организация на програмата.

Програмното осигуряване е проектирано и реализирано на модулен принцип и включва: еднократно изпълняван инициализиращ модул SETUP, 16 подпрограми, чието предназначение е дадено в таблица 2 и ядро на програмата LOOP, което автоматично се изпълнява циклично.

##### Модулът SETUP:

- инициализира серийния интерфейс за връзка с персоналния компютър при скорост на обмен 9600 bps;
- определя пиновете като входове или изходи в зависимост от предназначението им;
- осъществява начално установяване на схема AD7730 чрез запис на 32 единици в комуникационния и регистър;
- задава коефициенти на филтъра и пълна скала на преобразуване 0-10mV;
- калибрира вътрешната нула за двата канала;
- от EEPROM извлича данните за отместването по двата канала.

Ядрото, чрез обръщение към съответните подпрограми осъществява:

- измерване по двата канала;

- преобразуване на двоичния код във физически величина;
- извеждане информацията на LCD-дисплея.

Освен осигуряването на основния работен режим в LOOP се извършва и проверка на бутон MODE и в случай, че той е активиран – предаване на управлението към подпрограма за смяна на режима.

```

long int read_data(int br)
{ long int rb;
  long int mask;
  int i;
  mask=1;
  mask=mask<<(br-1);
  digitalWrite(cs,LOW);
  rb=0;
  digitalWrite(sclk,HIGH);
  for (i = 0; i < br; i++)
    { digitalWrite(sclk,LOW);
      if
        (digitalRead(dataOut)==HIGH)
          rb=rb+mask;
          mask=mask>>1;
          digitalWrite(sclk,HIGH);
    }
}

```

```

digitalWrite(dataIn,HIGH);
digitalWrite(sclk,HIGH);
digitalWrite(cs,HIGH);
return rb;
}

```

```

void write_data( long int data, int br)
{ long int mask;
  int i;
  mask=1;
  mask=mask<<(br-1);
  digitalWrite(sclk,HIGH);
  digitalWrite(cs,LOW);
  for (i=1; i<=br; i++)
    {
      if (data >=mask)
        { digitalWrite(dataIn,HIGH);
          data=data-mask;
        }
      else
        {digitalWrite(dataIn,LOW);}
      mask=mask>>1;
      digitalWrite(sclk,HIGH);
      digitalWrite(sclk,LOW);
      digitalWrite(sclk,HIGH);
    }
  digitalWrite(cs,HIGH);
  digitalWrite(dataIn,HIGH);
  digitalWrite(sclk,HIGH);
}

```

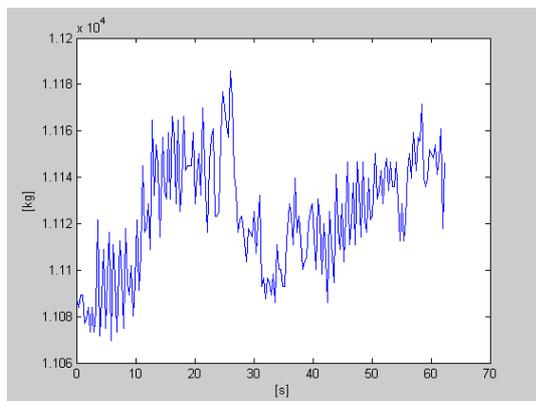
Таблица 2

Наименование	Предназначение	Използвани подпрограми
Read_data	Четене на данни със зададена разрядност от AD 7730	-
Write_data	Запис на данни със зададена разрядност в регистър на AD 7730	-
Chakam_ready	Циклично адресира и чете Status регистъра на AD 7730 до установяване на бита за готовност в логическа нула	Read_data и Write_data
Reset	Начално установяване на AD 7730	Write_data
Filter	Задава константите на вградения в AD 7730 sinc <sup>3</sup> филтър	Write_data
Calibr	Установява пълна скала на преобразуване и вътрешна нула по двата канала	Write_data и Chakam_ready
PrintNumber	Преобразува двоично число в стринг от десетични цифри и го извежда на LCD дисплея	-
Izm_ch	Управява измерването по зададен канал	Read_data, Write_data и Chakam_ready
Pr_ch0	Трансформира във физическа величина резултата от аналого-цифровото преобразуване за канал 1	-
Pr_ch10	Трансформира във физическа величина резултата от аналого-цифровото преобразуване за канал 2	-
Izhod_regim	Извежда на LCD дисплея съобщение, съответстващо на текущия режим	-
Sm_regim	Следи бутони MODE и ESC и сменя режима	Izhod_regim
Run_nul	Определя и записва в EEPROM дебалансирането на моста при нулево натоварване	Izm_ch
Run_scan_1ch	Управява сканирането и предаването на информацията към PC при измерване по един зададен канал	Izm_ch
Run_scan_2ch	Управява сканирането и предаването на информацията към PC при измерване по двата канала	Izm_ch
Go_run	В зависимост от избрания режим предава управлението към съответната обслужваща подпрограма	Run_nul, Run_scan_1ch и Run_scan_2ch

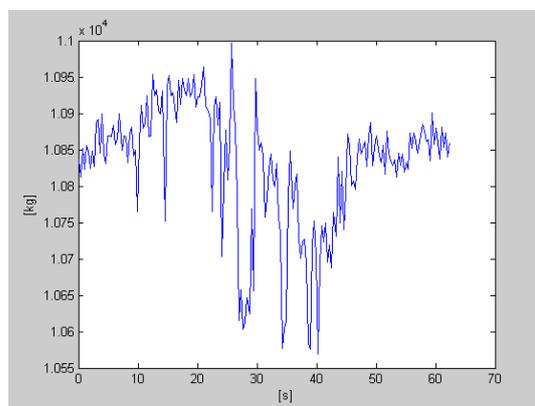
## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Устройството е изпробвано на багер Rs 1200 в реални условия в "Мини Марица-изток" ЕАД в режим на непрекъсната работа и събиране на данни паралелно по двата канала, отчитачи поотделно натоварването на лявото и дясното подемни въжета. Резултатите от работата му при задаване последователно на режимите подъем – спускане – подъем на роторната стрела са представени на фигури 3а, 3б и 3в.

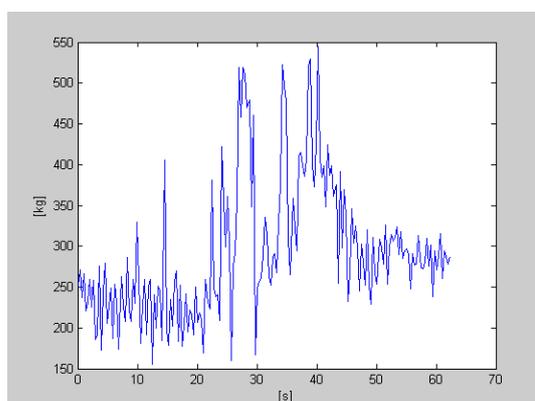
На първите две фигури са показани натоварванията съответно на лявото и дясно въже на подемния механизъм. На третата фигура е представена графика, представяща разликата в натоварванията на двете въжета, отнесени към един и същи момент от време.



Фиг. 3а



Фиг. 3б



Фиг. 3в

Данните показват, че за конкретния случай в режим на спускане се появяват значително по-големи колебания в натоварванията на подемите възета в сравнение с режима на подем на роторното колело.

Разработеното устройство може да бъде използвано не само за контрол на натоварването на възетата на подемния механизъм на роторните багери но и при решаване на множество други задачи, свързани с експериментални изследвания, базирани на тензометрия.

*Препоръчана за публикуване от катедра  
„Автоматизация на минното производство”, МЕМФ*

## ЛИТЕРАТУРА

Ермолов И. Н., Ланге Ю. В. Неразрушающий контроль ,  
Справочник под ред. В. В. Ключева. Москва,  
Машиностроение, 2006. – 864 с.

Тензометрическая станция ZET 017-T8

[http://www.zetms.ru/catalog/analyzers/a17\\_t8.php](http://www.zetms.ru/catalog/analyzers/a17_t8.php)

<http://www.arduino.cc/playground/Code/LCD4BitLibrary>

LCD Display AC082AYILY-H Data Sheet

Analog Devices AD7730 Bridge Transducer ADC

System 6000 Scanner Model 6200 Tutorial

Модел P3 Strain Indicator and Recorder