

Разработване на софтуер за управление на двигателите и сензорната система на стенд за двумерно многоциклово натоварване

Даниела Софронова, Явор Софронов, Христо Гендов

Разработен е софтуер за стенд за изпитване на плетени платове на двумерно многоциклово натоварване, в развойна среда на LabView. Софтуерът се състои от блок за управление на двигатели, задвижващи направляващата система и блок за четене и записване на сигнали, постъпващи от сензорната система. С тези данни се построява диаграмата сила-удължение, описваща механичното поведение на бримковите структури.

Ключови думи: софтуерна програма, управление на двигателите, DAQ, стенд, двумерно натоварване

Development of software program for motor and sensor system's control on a device for biaxial cycle loading

Daniela Sofronova, Yavor Sofronov, Christo Gendov

A software program in a platform of LabView for motor's control on a device for testing of knitted fabrics by biaxial cycle loading is developed. The signals obtained from the sensor system are reading and writing from the program that allow to receive a diagram load-extension describing the mechanical behavior of knitted structures.

Въведение

Цялостната концепция относно изграждането на конструкцията на стенд по нов метод за изпитване на плетени платове на двумерно и пасивно тримерно многоциклово натоварване, включваща механиката на задвижване на челюстите и хардуерната част за управление на двигателите, са обект на друга авторска статия [1]. Тук ще бъде разгледано разработването на сензорната система и софтуерната програма за управление на стенда.

Най-подходяща за програмиране на кода за управление на двигателите и регистрирането на сигналите, постъпващи от сензорната система, е графична програмна среда на National Instrument, наречена LabView (**L**aboratory **V**irtual **I**nstrumentation **E**ngineering **W**orkbench), за която ТУ-София разполага с лиценз за ползването ѝ. Графичният програмен език е G и съдържа пълноценна развойна среда с много библиотеки и инструменти. LabView намира приложение за извличане на данни и индустриална автоматизация върху множество платформи, включително Microsoft Windows, Linux, Solaris и MacOS [7].

Изложение

Разработването на сензорната система е важен и отговорен етап от проектирането на стенд за изпитване на плетени платове на многоциклово натоварване в областта на малките опъновни сили. Нейната основна задача е да се установят диаграмите сила-удължение при прилагане на различни варианти на натоварване, описани в друга авторска статия [2]. За получаване на хистерезисните криви е необходима информация, постъпваща от два типа сензори: за измерване на линейно преместване и за измерване на силата.

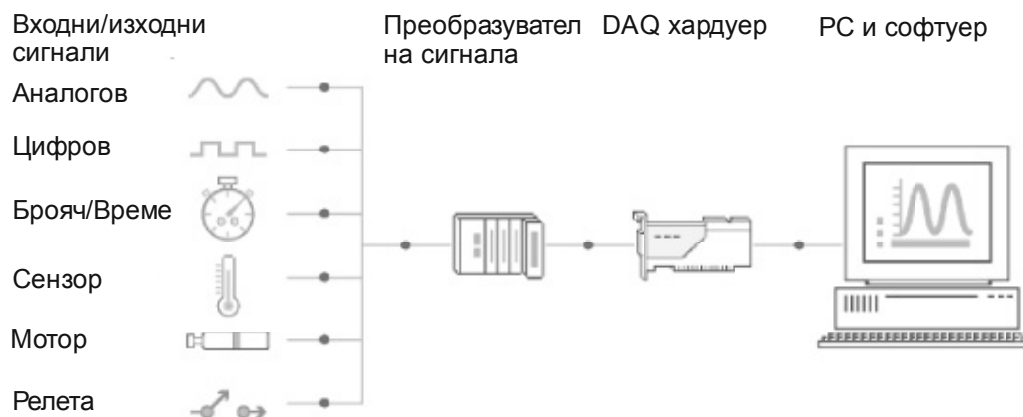
Важно е да се отбележи също, че сензорната система трябва да извежда сигналите с голям коефициент на усилване и ниско ниво на шум, за да бъдат ясно различими един от друг, в противен случай няма да бъдат коректни получените данни.

А) Проектиране на измервателната система

Проектирането на измервателната система се изразява в изграждане на сензорна система, в която “сензорът е първичната част от измервателната верига, която преобразува входната променлива в подходящ за измерване сигнал” [3].

Основните изисквания при създаването на измервателния модул включват: способност за отчитане на максимална сила и линейно преместване, точност, разделителна способност и повторяемост.

В настоящия случай най-подходяща за събиране на данните от сензорите и изпращането им към PC е DAQ системата като свързването между отделните модули схематично е представено на фиг.1.



Фиг.1 Събиране на данни от сензорите на PC с DAQ хардуер

И както се вижда от схемата, представена по-горе, DAQ системата се състои от 5 компонента: сензори, сигнали, устройство за преобразуватели на сигналите, DAQ хардуер и DAQ софтуер.

✦ Избор на сензори

От съществуващите видове сензори за измерване на линейно преместване [3,7] са избрани линейни потенциометрични сензори, тъй като предлагат най-доброто съотношение цена/качество, имат линейна характеристика на зависимостта съпротивление-напрежение и обхватът (0-60 mm) и константата им (0,01 V) отговарят на нуждите за измерването.

Аналогично, най-подходящи от сензорите за измерване на силата на опън са тензометричните силоизмерватели, характеризиращи се също с невисока цена, клас на точност 0,01 N, добра чувствителност, слаба нелинейност, нисък хистерезис, малко по големина пълзене, не се влияят силно от влажността и температурата на работната среда. Работният им измервателен обхват е съобразен с големината на максималната сила на опън, която ще се прилага при изпитването. Предвиден е задължително запас при претоварване.

✦ Избор на преобразувател на сигналите от тензометричните силоизмерватели

Тъй като изходящите сигнали от тензометричните силоизмерватели са малки по

амплитуда в рамките на няколко mV и са смесени със смущаващи сигнали и шумове, и за да се формира сигнал с оптимални характеристики (т.е. да бъде поне 5 V) за следваща обработка, е необходимо да се изгради схема за преобразуване на сигналите, която може да включва усилвател, филтър и други аналогови схеми. Избран е операционният усилвател (ОУ), структурната схема на който се състои от следните основни стъпала:

1. *Входно стъпало 1* – има 2 входа: инвертиращ и неинвертиращ, и осигурява голямо входно съпротивление, усилване на подадения сигнал и подтискане на случаен сигнал;
2. *Усилвателно стъпало 2* – изпълнява се от транзистори, включени по схема на ОЕ като осигуряват усилване по напрежение;
3. *Изходно стъпало 3* – изпълнява се от транзистори, включени по схема на ОС като осигурява усилване на тока, малко изходно съпротивление, добър КПД и ниско ниво на НЛИ.

Основните технически параметри и характеристика на ОУ са коефициент на усилване, амплитудна характеристика, входно съпротивление и др. Реализираното усилване на сигналите от тензометричните силоизмерватели е представено на фиг.2.

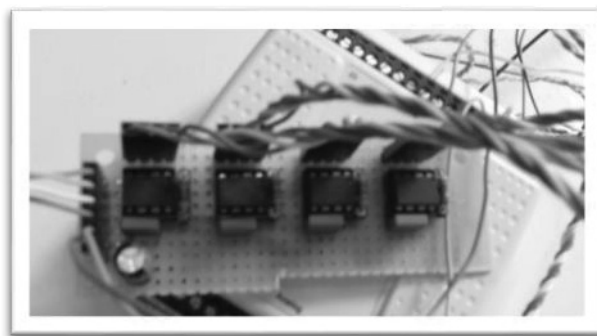
Освен това избраните сензори за измерване на сила и линейно преместване спадат към групата на т.нар. пасивни сензори, които се характеризират с това, че не могат непосредствено да преобразуват енергия, но управляват енергията или възбуждането, постъпващи от друг източник. За захранването им е необходимото напрежение от 5 V, което се осигурява от DAQ хардуера, който е четвъртият елемент в DAQ системата.

⚡ Избор на DAQ хардуер

Избран е DAQ хардуер модел NI USB-6008, които е подходящ за събиране на аналоговите сигнали, постъпващи от двете групи сензори, тъй като има 8 аналогови входа, достатъчна честота на семплиране на данните от 10 kS/s и резолюция от 11 бита. При постъпване на входните променливи аналогови сигнали в AI входовете, те се конвертират с помощта на АЦП в цифрови като преди това сигналите от MUX се предават на PGA програмируем усилвател.

DAQ хардуерът разполага още с 2 независими аналогови изходни канали, които могат да генерират изходни данни от 0 до 5 V и следователно могат да бъдат използвани за подаване на сигнали от DAQ софтуера към хардуерното управление на двигателите за спиране и пускане, и за завъртане напред и назад. Могат да бъдат направени и допълнителни настройки с помощта на софтуерния продукт. Основният блок е отново DAC, но той служи за конвертиране на цифровите кодове в аналогови сигнали на напрежението, и е един за всеки изходен канал. Когато се използват DAC блокове, могат да се възникнат смущения на изходния канал, които са нормални и се дължат на остатъчни заряди, тъй като DAC превключва от една стойност на напрежението на друга. За премахване на тези смущения най-често се използват филтри в зависимост от честотата и причината за възникването на изходния сигнал.

Важно е да се отбележи също, че NI 6008 е организиран с FIFO структура, което



Фиг.2 Външен вид на разработената платка за усилване на изходящите сигнали от тензометричните силоизмерватели

означава, че данните се задържат по време на тяхната преработка с помощта на буфер с цел да не се загуби информация

Последният елемент от DAQ системата е DAQ софтуерът, чиято основна задача е да регистрира и съхранява в подходящ вид сигналите от DAQ хардуера и да изпраща сигнали чрез последния към хардуерното управление на двигателите с цел постигане на основните движения на механиката на стенда за осъществяване на циклови изпитвания.

± Избор на DAQ софтуер

DAQ софтуерът включва драйвери и софтуерен продукт, последният от които изпраща команди към драйверите, за да изисква получаване или връщане на прочетените данни. Получените данни от DAQ хардуера могат бъдат анализирани и илюстрирани посредством графики с помощта на програмата.

Измервателната система се състои от следните софтуери:

- ✓ NI DAQ – софтуер, който контролира DAQ хардуера;
- ✓ Measurement & Automation Explorer (MAX) – софтуер, който комуникира между LabView и NI-DAQ
- ✓ LabView – софтуер, който се използва за създаване на приложение за изпращане на команди към драйверите и за получаване, анализирани и представяне на данни.

NI DAQ се състои от 2 драйвера: традиционен NI-DAQ и NI-DAQmx, всеки от които е със собствен програмен интерфейс (API), хардуерна конфигурация и софтуерна конфигурация. DAQ софтуерът се използва за осъществяване на комуникация с DAQ устройството като E Series multifunction I/O (MIO) устройства, SCXI модули за регулиране на сигналите и модули за превключване. Той е съвместим с програмните езици като Labview, Measurement Studio, Microsoft Visual C/C++, Microsoft .NET, Visual Basic и ANSI C. NI-DAQmx е последната версия на драйверите на NI DAQ с нови VI, функции и инструменти за контролиране на измервателното устройство. NI-DAQmx осигурява интерфейс и множество от инструменти за програмиране и конфигуриране на DAQ хардуера и има следните предимства пред предишната версия: *DAQ Assistant*, графичен интерфейс за конфигуриране на измервателните задачи, канали и мащабиране.

MAX е базирано на Windows приложение, което се инсталира при инсталацията на NI DAQ и намира приложение при конфигуриране и тестване на NI софтуера и хардуера, добавяне на нови канали и интерфейси, разпознава устройствата и инструментите, които са свързани към DAQ хардуера. MAX включва следните категории функции: Data Neighborhood, Устройства и интерфейс, VI инструменти, Мащабиране, История на данни, Софтуер, VI Logger Tasks.

Data Neighborhood осигурява достъп за наименоване на конфигурираните физически канали в системата, включително DAQ виртуални канали и задачи, за тестване и реконфигуриране на виртуалните канали, за създаване и конфигуриране на настройки за виртуалните канали с помощта на DAQ Assistant. Последният е графичен интерфейс за изграждане на измервателните канали и задачи като могат да бъдат направени настройки за всеки един канал (да се въведе мащабиране и обхват) и да бъдат наименовани. Задачата (Task) представлява сборът от каналите, характеризирани се с еднакво време и начало на събиране на данните.

Категорията устройства и интерфейс включва инсталирани и „засечени“ NI хардуерни устройства, самодиагностика (Self-Test), тестов панел (Test panel), нулиране (Reset), свойства (Properties) и самокалибриране (Self-Calibrate).

Б) Разработване на DAQ софтуера в развойна среда на LabView

Основните изисквания към специализирания софтуер са пряко свързани с възможността за осъществяване на предложените варианти на натоварване [1] и за отчитане на

сигналите, постъпващи от сензорната система:

1. Да приема и изпраща данни с необходимата скорост.
2. Да разчита получените сигнали с висока точност и честота на дискретизация.
3. Да запазва получените данни от DAQ хардуера под формата на подходящ за целта файл.
4. Да се изчертава графика сила-удължение на предния панел.
5. Да дава възможност за калибриране на сензорите с цел да се отчетат коефициентите и функционалните зависимости на електрическите сигнали от хардуерната част.
6. Да организира логиката и взаимовръзка между компонентите с цел постигане на изискванията към стенда от гледна точка на осъществяване на предложената от автора методика на изпитване:
 - ✓ Да се задава избор и стойност на натоварването – до достигнато удължение или достигната сила;
 - ✓ Да се задава избор и стойност на разтоварването – до достигнато удължение или достигната сила;
 - ✓ Да се изключват двигателите при достигане на зададеното удължение или сила и да се завъртят в обратна посока до достигане на второ гранично положение;
 - ✓ Да се задава време за престой в цикъла натоварване-разтоварване;
 - ✓ Да се задава брой цикли ($1 \div n$);
 - ✓ Да се задават скоростите на двигателите;
7. Да направи необходимите обработки на входните сигнали.
8. Да генерира и изпраща изходни сигнали.

Процесът на развиване на софтуерната програма може да бъде разделен на няколко подпрограми.

✦ **Разработване на подпрограма за четене на сигналите, постъпващи от сензорната система**

Първоначалният вариант на тази подпрограмата за четене и записване на цифровите сигнали, постъпващи от DAQ системата, бе осъществен с използването на вградените в библиотеките на програмата VI (фиг.3) и тя се състои от следните модули:

- ✓ *DAQ Assistant* за улавяне на постъпващите сигнали от DAQ системата;
- ✓ *Филтри* за подтискане на шумовете на сигналите, постъпващи от тензометричните силоизмерватели;
- ✓ *Функция за обединяване на сигналите*;
- ✓ *DAQ Assistant* за изчертаване на диаграма сила-удължение;
- ✓ *DAQ Assistant* за записване на постъпващите данни.

На *DAQ Assistant* е необходимо да бъдат направени няколко настройки. На първо място е важно да се уточни вида на получаваните аналогови сигнали от сензорите (DC (слаб), Time Domain (бърз, форма) и Frequency Domain (бърз, площта на честотата)), тъй като от него ще зависи начина, по който ще бъде четен сигнала (N samples, Continuous, и др.), броят на порции и скоростта, с която порциите данни ще бъдат прочитани от DAQ хардуера и съответно ще бъдат изпращани към другите подпрограми. При избиране на висока скорост, оригиналният сигнал се представя по-добре, отколкото при ниска скорост. Съгласно теоремата на Nyquist броят на порциите трябва да бъдат два пъти по-голям от скоростта на максималната честота на сигнала [8].

Освен това е необходимо да се направи избор на източника на т.нар. плаващи сигнали като най-подходящ е RSE, тъй като позволява да се използва целият брой на наличните канали за разлика от диференциалния източник, който ги отрязва на 2.

Както стана ясно, в *DAQ Assistant* могат да бъдат зададени минималната и максималната стойности на сигналите в съответните единици, което е извършено в процедурата по калибрацията на сензорите и е описано в т.2.

Резолюцията и обхвата ($0 - 5V$) на *DAQ* хардуера определя най-малката доловима промяна в напрежението на входа, наречена широчина на кода и за настоящия случай е $1,22 mV$.

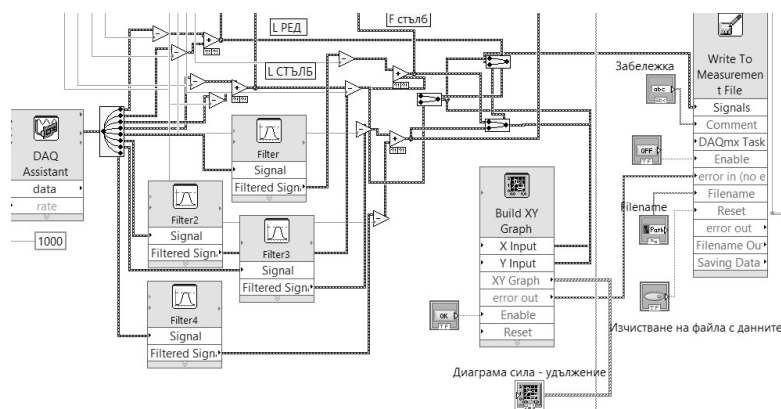
В тази подпрограма са включени филтри за изчистване на сигналите, постъпващи от тензометричните силоизмерватели като е избран *lowpass* филтър. Уточнени са също честотите, при която става изрязването на сигналите като те задължително трябва да бъдат по-малки от тази при *High cutoff frequency*, и се получават от критерия на Nyquist като по подразбиране са с големина 100 Hz. Освен това са използвани и елементарни математически числени изчисления при решение от страна на оператора да зададе коригиращи коефициенти на сигналите от *DAQ* преди стартиране на изпитването, с цел осигуряване на първоначално опъване (може да се въведе и 0).

Но след по-задълбочено запознаване с *DAQ Assistant* се установи [7,8,9], че по този начин на представянето му произтича забавяне на четеното на сигналите, прекъсване на четеното в определени моменти, когато става изпращането на порциите данни, което е неприемливо за целите на проектирания стенд, тъй като се губи информация. Ето защо е необходимо да се осигури непрекъснато и то при висока скорост четене на сигналите. За тази цел *DAQ Assistant* се разбива на самостоятелно VI. Освен това бяха извършени редица допълнителни операции, отнасящи се до отделяне на инициализацията на каналите извън използваната *loop* структура, което е също причина за намаляване на скоростта на четенето на данните, тъй като в първоначалната версия този процес се изпълняваше всеки път при прочитането на данните от сензорите. За всеки от каналите е направено съответното мащабиране съгласно получените данни от калибрацията на сензорите и е зададен обхватът им на действие.

След инициализацията информацията постъпва в *Sample Clock* (фиг.4), където се задават скоростта на четене на порциите, брой на порциите и се избира „непрекъснато“ четене. По този начин *DAQmx* конфигурира комутатор за хардуерно времево зависим I/O. При избиране на непрекъснато четене автоматично се прилага т.нар. кръгов буфер, при който броят на порциите определя големината на буфера за всеки един канал, а скоростта определя колко бързо се четат порциите и се трансферират в хардуера FIFO.

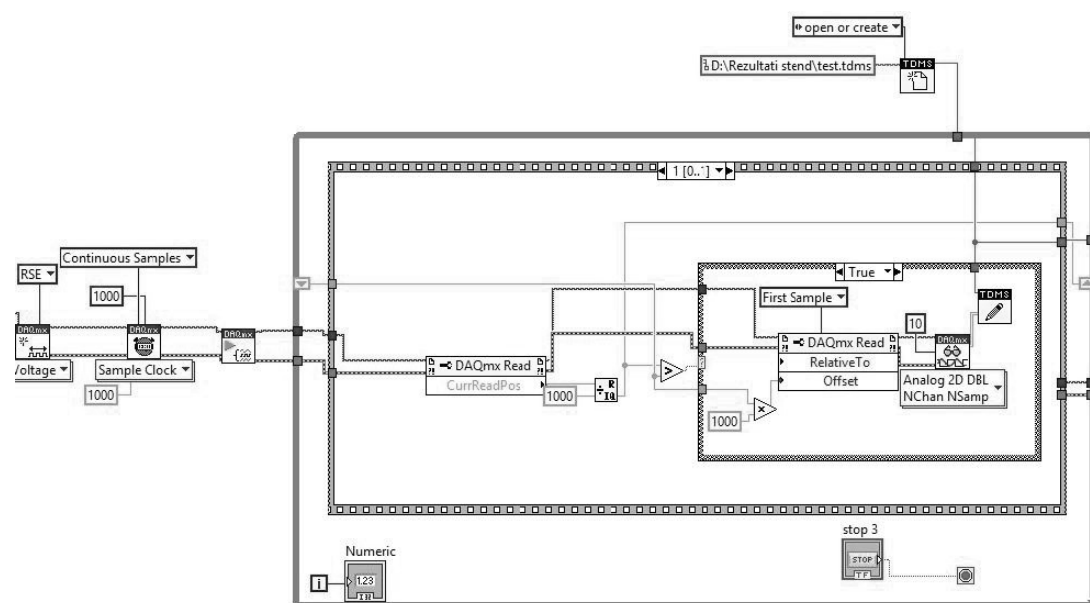
Следващият модул е стартиране на четенето, а самото четене се осъществява вътре в *Stacked Sequence* структура, която от своя страна е поставена в *While loop* структурата.

Броят на порциите тук за всеки един канал определя колко порции се теглят от буфера към софтуера. Избраният механизъм на трансфер (DMA, Interrupt Request, Programmed I/O, USB bulk) определя колко порции са действително пренесени от хардуера FIFO към PC буфера. Когато се използва *Programmed I/O* метод, *DAQmx Read* взима порциите директно от FIFO, докато при останалите механизми, които са хардуерно времеви зависими, се препоръчва броят на порциите да бъде $1/10$ –та от скоростта, характерна за *DAQmx Timing*. При задаване на броят на порциите -1, то тогава всички текущи налични в буфера данни се прочитат от софтуера. Важно е да се отбележи също, че скоростта, при която се



Фиг.3 Първоначална версия на подпрограмата за четене и регистриране на сигналите от сензорите

трансферираат данните от FIFO към буфера, трябва да бъде приблизително равна на скоростта, с която данните предварително се зареждат в него.

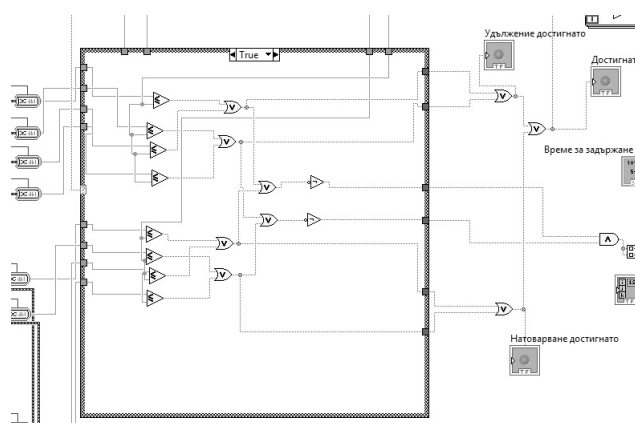


Фиг.4 Нова версия на DAQ Assistant, осигуряващ висока скорост на четене на сигналите

Буферирането на прочетените данни, извършено в *Stacked Sequence* структура, отиват в FPGA паметта и се трансферираат в реално време в процесора без загуби, с което значително се повишава скоростта на събиране на данните.

✦ Разработване на подпрограма за организиране на логиката на процесите натоварване-разтоварване

За организация на логиката на подпрограмата за осъществяване на процесите натоварване-разтоварване, характерни при цикловите изпитвания, е избрана *Case Structure*, прилагаща се при контролиране на повтарящи се операции (фиг.5). Тя се състои от два или повече случая или подпрограми (*Вярно* и *Невярно*) и във всеки един от тях може да се организира различна логика в зависимост от търсеното решение. Определянето на това кой от двата случая да се извърши зависи от получения входен сигнал като в настоящия случай е подходящо за входен сигнал да се



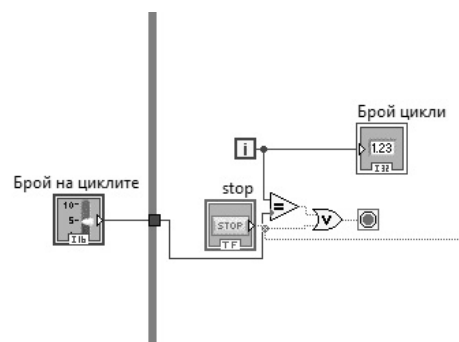
Фиг.5 Блок-схема на подпрограма за организиране на логиката на процеса натоварване-разтоварване при цикъл *Вярно*

избере индикатора за смяна на посоката на въртене на двигателите. Сравненията, които се извършват вътре в структурата при случай *Вярно* са за проверка дали текущите стойности на удължението и силата на опън са по-малки от зададените ограничения при разтоварване. Ако е вярно, тогава сигналите постъпват в следващата функция, която е аналогична на *OR* при програмните езици с последователно изпълнение на командите. Изходните данни

достигат до индикатори, показващи, че е достигната зададената граница на натоварване или удължение или достигнат лимит при едновременно достигане на двете граници. След това сигналът от сензорите постъпва в друга *For loop* структура, изпълняваща се *N* пъти, като преди това Вярно или Невярно се преобразува респективно в 0 или 1. Данните от двата случая се записват в нов *DAQ Assistant*, който от своя страна също е поставен в *loop* структура и чрез него се изпращат команди към DAQ хардуера за спиране на двигателите. Последният от своя страна ги изпраща на хардуерното управление на двигателите. В последната е зададена функция за задържане в милисекунди, която може да се приложи за някои от видовете натоварване. Командата за смяната на посоката на въртене също се подава към *DAQ Assistant*.

✚ Разработване на подпрограма за броене на циклите и за спиране на двигателите

Разработена е и подпрограмата за броене на циклите, провеждащи се при всяко конкретно изпитване. Всички подпрограми са включени в една обща структура, като в настоящия случай е избрана *For loop* структурата. Последната може да се изпълнява *N* брой пъти, което число от своя страна се задава с помощта на индикатор на предния панел. Общият вид на блок-схемата е представена на фиг.6.

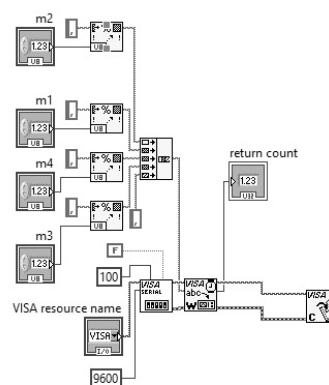


Фиг.6 Блок-схема на подпрограма за броене на цикли

✚ Разработване на подпрограма за управление на двигателите

С помощта на тази подпрограма могат да бъдат избрани различни скорости на движение на двигателите като диапазонът е от 0 до 255. Блок-схемата на подпрограмата е илюстрирана на фиг.7.

Изборът на скоростите се осъществява със разделяне от символ, в случая запетая, и съответното число (от 0-255). След преобразуването на числените данни в стрингове от всеки един двигател, те се обединяват в единичен стринг и се записват в посоченото от *VISA resource name* серийен порт.



Фиг.7 Блок-схема на подпрограма за управление на двигателите

В) Тестване на сензорната система

Извършени са серия от тестове относно работата на сензорната система с NI MAX и са идентифицирани каналите, през които постъпват сигналите от потенциометрите и тензометричните силоизмерватели. С помощта на проведените тестове са определени и големината на шумовете в изходно и крайно положение на сензорите, които са предпоставка за грешки в отчитането на сигналите.

От показаните в табл.1 резултати се вижда ясно, че действителната абсолютна грешка при потенциометрите е в рамките на 0,006-0,013 V в начално положение, а в крайно шумът достига до 0,01 V.

Табл.1 Регистрирани шумове на сензорите

Сензори	Единица	Канал 0	Канал 1	Канал 2	Канал 3
Начално положение	V	0,01	0,006	0,01	0,013
Крайно положение	V	0,01	0	0,01	0,01
		Канал 4	Канал 5	Канал 6	Канал 7
Начално положение	V	0,01	0,006	0,0055	0,01

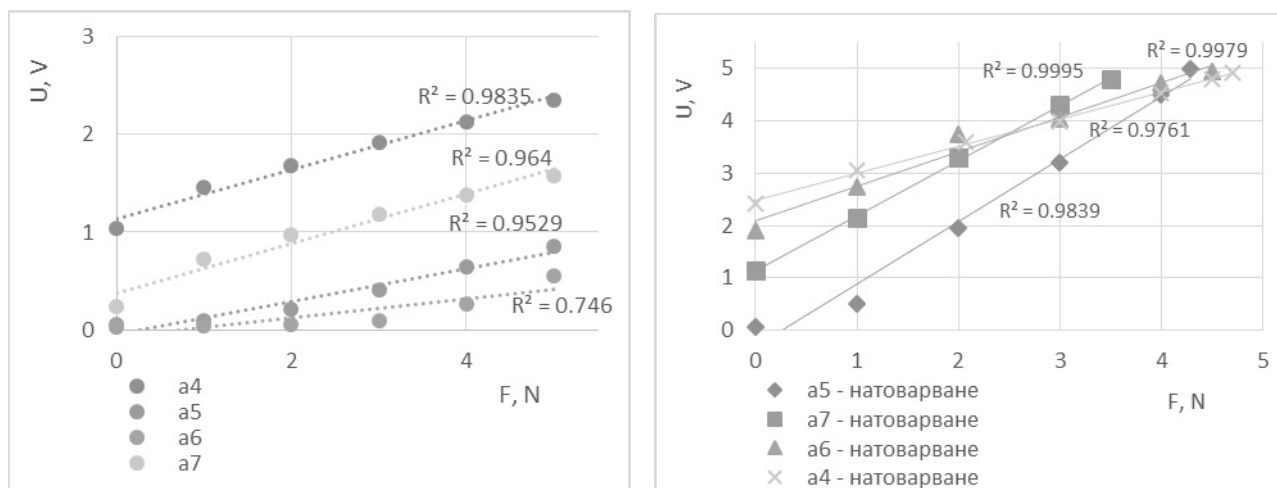
При сензорите за измерване на сила регистрираните шумове са в границите на 0,0055-0,01V, което е напълно приемливо.

Г) Калибриране на сензорите

Съществуват два основни метода за извършване на калибрация на тензометричните силоизмерватели от общо 7 [4,5]. По първия метод процедурата се състои от извършване на натоварване на опън на сензорите с еталонни маси, а по втория с универсален тестов уред, последният от които е избран като вариант. Измерването на силата на опън в N се извършва със силоизмервателен инструмент Insize с точност до 0,001 N, а отчитането на електрическите сигнали в V се осъществява с MAX. Сензорите за измерване на силата на опън са калибрирани за „работна“ сила 5 N и теоретично не би трябвало да се наблюдава претоварване на сензорната система. Процедурата по калибрирането им е следната:

1. Нулиране на индикатора на силата в N.
2. Позициониране на силоизмервателния инструмент в една равнина с челюстта, на която е монтиран съответният сензор.
3. Прилагане на нарастваща сила на опън в N на 5 равни по големина стъпки за работния обхват на сензора.
4. Отчитане на напрежението в V за всяка една стъпка.
5. Прилагане на намаляваща сила на опън (реверсиране) в N на 5 равни по големина стъпки.
6. Отчитане на напрежението в V за всяка една стъпка.

Първоначално са заложили резистори със съпротивление 91Ω в усилвателната платка, и получените резултати от изследването на зависимостта $U=f(F)$ е представена графично на фиг.8, а като данните представляват средноаритметична стойност от 3 измервания за всеки един сензор.



а) б)
Фиг.8 Зависимост напрежение-сила на опън до 5N при ТС
а) с резистор 91 Ω, б) с коригирани резистори

От графиките се вижда ясно, че зависимостта между напрежението и силата на опън е линейна с малки отклонения дължащи се на натрупването на случайни грешки от измерването. Но по-важно е, че най-голямото регистрирано напрежение е за а4 със стойност 2,25, което означава, че е необходимо да се въведат корекции в напрежението чрез промяна на съпротивлението. Данните от проведеното експериментално изследване с коригираните резистори е илюстрирано графично на фиг.8,б. Освен това тези получени зависимости напрежение - сила на опън са въведени в *DAQ Assistant* като по този начин регистрираните данни от софтуерния продукт, идващи от сензорната система, са с

необходимата точност за целите на изработения стенд и са със съответна дименсия на изследваните величини. Това е важно и от гледна точка на управлението на двигателите за осъществяване на коректно изпитване, тъй като тяхното движение въртене напред и въртене назад се определя от получените сигнали от сензорите, заложи в логиката на програмата

Аналогично, процедура по калибрация е извършена и за потенциометричните сензори, която е сравнително кратка и лесна. Тя включва първо определяне на хода на всеки един сензор с помощта на електронен шублер с точност до $0,01\text{ mm}$ и второ измерване на напрежението в две точки – начално и крайно положение, тъй като зависимостта е линейна.

Данните от направено изследване са представени на фиг.10 и получените зависимости са въведени също в DAQ модула от софтуерната програма.

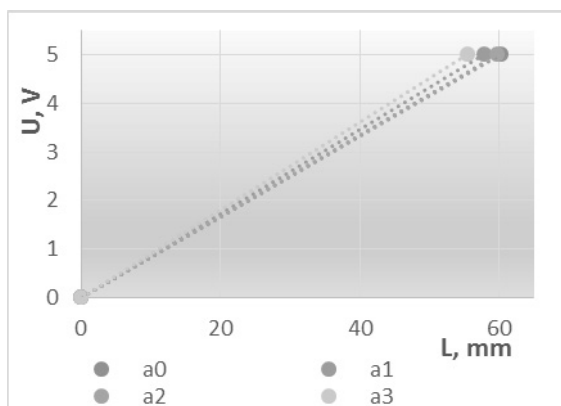
Заклучение

В заключение може да се обобщи, че е реализирано компютъризирано управление на стенд с четири двигателя, с оглед осъществяване на различни видове циклови натоварвания при изпитване на плетени платове. Сигналите от сензорната система се четат и обработват от разработената софтуерна програма в развойна среда на LabView с висока скорост и позволяват да се анализира поведението на бримковите структури при прилагане на двумерно и тримерно натоварване в областта на малките опънови сили.

Литература

1. Софронова, Д., Софронов, Я., Гендов, Хр., Стоилов, Т., Нов метод за изпитване на плетени платове на двумерно и пасивно тримерно многоциклово натоварване с малки опънови сили, ОТК'2014 Иновации в текстила и облеклото, предадена за печат, 2014.
2. Софронова, Д., Създаване на нова методика за изпитване на плетени платове при двумерно и тримерно натоварване на опъване, ОТК'2014 Иновации в текстила и облеклото, предадена за печат, 2014.
3. Стоянова, Сн., Датчик за линейно преместване, Годишник на Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 51, част III, 2008.
4. A Code of Practice for the Calibration of Industrial Process Weighing System, The Institute of Measurement and Control, 2013=
5. USBR 1045-89 – Procedure for calibrating force transducers (load cell), Geotechnical Service Branch, D-3760, Colorado, USA, 1989.
6. First set of measurements, Haptex Deliverable D3.1, IST-6549.
7. Каталог на фирма BALLUFF, Linear Position Sensing Technologies.
8. Labview Data Acquisition Basics Manual, Part №320997A-01, 1996.
9. Data Acquisition and Signal Conditioning Course Manual, Part №320733K-01, 2003.
10. Instrumentation and data acquisition, FYS3240, PC-based instrumentation and microcontrollers, University of Oslo, Lecture 6, 2013.
11. <http://www.ni.com/labview>

Даниела Софронова, ас. –ТУ – София, катедра ТТ, 0893 690 345, dcholeva@tu-sofia.bg
Явор Софронов, ас. –ТУ – София, Катедра ТММ, 0893 690 346, ysofronov@tu-sofia.bg
Христо Гендов, маг. инж. – 0898 365 531



Фиг.9 Зависимост напрежение-линейно преместване при потенциометрите