

Проектирне и Анализ на Виртуална Система за Изпитване на Капацитета на Еднократни (Първични) Батерии

Георги Милушев¹⁾, Владислав Славов²⁾, Камелия Кирилова³⁾

- ¹⁾ Технически Университет - София, бул. „Климент Охридски” 8, gm@tu-sofia.com
²⁾ Технически Университет - София, бул. „Климент Охридски” 8, v-slavov@tu-sofia.bg
³⁾ Технически Университет - София, бул. „Климент Охридски” 8, kame_to@abv.bg

Резюме: Този доклад представя проектирането и реализирането на система за изпитване на капацитета на батерии. Автоматизацията на системата е осъществена на база използването на виртуални технологии и конкретно графична среда за програмиране, LabVIEW. Изпитани са два типа първични батерии от различни производители в съответствие с разработените методики. Изпитването е направено еднократно. В доклада е направен анализ на виртуалната система въз основа на получените от изпитването резултати.

Ключови думи: автоматизация, алгоритъм, батерии, виртуална система, изпитване, тест, ELVIS II, LabVIEW

1. Въведение

Контролът на качеството на продуктите, които се разпространяват в търговската мрежа е основна функция на много правителствени институции и различни неправителствени организации. Провеждането на тестове за определяне качеството на предлаганите на широкия потребител стоки заема все по-значимо място в дейността на контролните органи. От друга страна, голямото разнообразие на предлагани на пазара стоки изисква създаването на все по-бързи и надеждни процедури за провеждане на изпитвателни тестове. В този смисъл, автоматизирането на тези процеси с използването на съвременни технологии би довело до изпълнение на изискванията за бързодействие и надеждност на получените резултати [1]. В частност, изграждането на автоматизирана система за изпитване на капацитета на батерии, наричана по-надолу **система за изпитване на батерии**, с използването на виртуални технологии и по-конкретно концепцията за виртуалните инструменти е без съмнение логична стъпка в развитието на изпитвателните тестови системи.

2. Кратко описание на методиката за проверка капацитета на батерии

Въз основа на описаните в [2] изисквания и методология за провеждането на процедурата за тестване на батерии беше синтезирана методика за тест при:

- импулсен разряд (симулиращ използването на светкавица);
- при непрекъснат разряд (симулиращ използването на фенерче или цифрова фото камера);

При първият трябва да се използват 10 образеца от всеки изпитван тип, всеки от които е свързан през комутируем релеен контакт към разряден резистор от 3,9 Ω , 2W. Товарът се включва за 15 секунди на всеки 60 секунди (цикъл: 15 s включен, 45 s изключен). Записва се стойността на напрежението на всяка от батериите в последната секунда преди разкомутиране на товара (най-ниската стойност за цикъла).

Наблюдават се и се регистрират, съответно на номера на цикъла, нивата на напреженията на всеки образец при всеки цикъл. Изпитването приключва, когато напрежението на последната батерия подмине низходящо 0,9 V (батерията се счита за изчерпана под 0,9 V).

Съответно на номера на всеки цикъл се извършва обработка за статистически средно и средно-квадратично отклонение (СКО) и тези стойности също се регистрират.

Формира се първичен запис в .XLS формат.

При вторият трябва да се използват се 5 образца от всеки изпитван тип, всеки от които е свързан през комутируем релеен контакт към разряден резистор от:

- 1,2 Ω , 2W за AA батериите;
- 2,2 Ω , 2W за AAA батериите.

Товарът се включва едновременно за всички батерии и се прилага постоянно.

Наблюдават се и се регистрират нивата на напреженията на всяка батерия в последната секунда на всяка минута. Изпитването приключва, когато напрежението на последната батерия подмине низходящо 0.9 V (батерията се счита за изчерпана под 0,9 V).

Съответно на номера на всеки минутен запис се извършва обработка за статистически средно и СКО и тези стойности също се регистрират.

Формира се първичен запис в .XLS формат.

3. Структура на виртуална система за изпитване на батерии

Структурната блок-схема на системата за изпитване на батерии е показана на фигура 1. Напрежението върху всяка от батериите се измерва, като данните се събират с DAQ модул (модул за събиране на данни) и се обработват във вид, в който се подават на компютъра.



Фиг.1. Структурна блок-схема на система за изпитване на батерии

На компютъра е инсталиран LabVIEW изпълним софтуерен модул, който от една страна обработва и визуализира събраните данни - в конкретния случай измереното напрежение на батериите, а от друга страна управлява цифрови изходи, определящи положението на ключовете К. От положението на тези ключове зависи режима на разреждане. Синхронизирано с тяхната работа се извършва периодично измерване под товар.

Функцията на компютъра е да затвори структурната обратна връзка на системата и да синхронизира времето така, че изпитвателната системата да работи напълно автоматизирано. Функционалността на системата зависи от два фактора: характеристиките на апаратното осигуряване и тези на софтуера. Характеристиките на апаратното осигуряване основно се определят от възможностите на DAQ модула и цифровите изходи. Избора на програмно осигуряване също е съществен фактор за оптималната функционалност на всяка виртуална система [3] [4].

4. Апаратно осигуряване на виртуална система за изпитване на батерии

NI ELVIS II е интегрирана платформа, продукт на National Instruments (САЩ), използвана най-вече в сферата на образованието, съчетаваща в себе си няколко измервателни инструмента (волтметър, амперметър, осцилоскоп и др.), аналогови и цифрови входове и изходи за събиране и генериране на данни [5]. За апаратната реализация на системата се използват 10 от 16^{-те} аналогови входа на станцията ELVIS II, с максимален такт на дискретизация за един канал 1,25 MHz и съответно - за 10 канала по 12,5 kHz на канал. Десет от 24^{-те} цифрови програмируеми вход-изходи на станцията се програмират да генерират логически TTL нива – 0 V, логическа нула, и 5V логическа единица т.е. са програмирани като цифрови

изходи. Станцията NI ELVIS II е съвместима с LabVIEW, графична среда разработена от същия производител.

5. Програмно осигуряване на виртуална система за изпитване на батерии

LabVIEW е графична среда за бързо създаване на гъвкави приложения за проектиране, управление и изпитване на минимална цена. С помощта на LabVIEW, инженери и учени от цял свят обработват реални сигнали, надеждно анализират данни с подходящи визуални средства и обменят резултати и протоколи в световната мрежа. Всеки потребител на LabVIEW може да разработи бързо и лесно такива приложения, без значим опит като програмист.

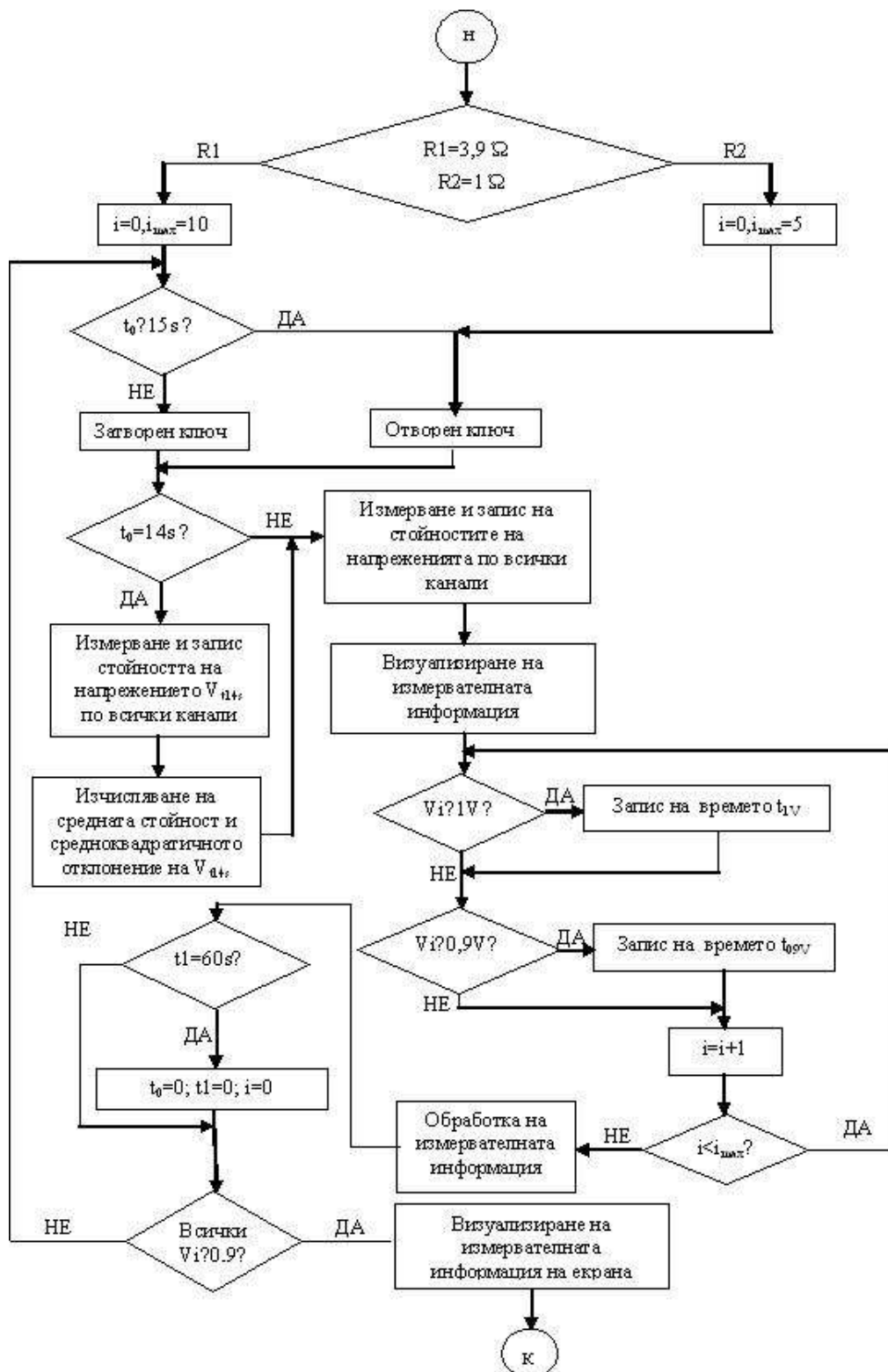
Програмните модули в LabVIEW се наричат виртуални инструменти (ВИ), защото визуално и оперативно имитират измервателни средства (инструменти). LabVIEW съдържа богат набор от модули за събиране, анализ, представяне и съхраняване на данни и резултати, както и помощни инструменти при създаване на програмния код.

За реализиране на виртуалната система за изпитване на батерии беше създаден програмен ВИ - драйвер в средата на LabVIEW за управление на работата на системата, обработка на измервателната информация и визуализация на резултатите. Алгоритъмът на тази програма е представен на фигура 2.

6. Описание на алгоритъма за работа на виртуалната система за изпитване на батерии

Алгоритъмът е съставен за работа на системата в два основни режима: съпротивление на товара, през който се разрежда батерията $3,9 \Omega$ и съпротивление 1Ω (респ. $2,2 \Omega$). Последователността на операциите и условията при режима на

изпитване за 1Ω съвпадат с тези при съпротивление $2,2 \Omega$, затова този режим се използва и за това съпротивление. При режим $3,9 \Omega$ се изпитват 10 образеца, респ. се задава максимална стойност на брояча $i_{\max}=10$. При тест в режим 1Ω броят на образците е 5 и в този случай $i_{\max}=5$. Ако се прави изпитване при съпротивление $3,9 \Omega$ следва проверка дали са изтекли 15 секунди от началото на цикъла (един цикъл е с дължина 60 секунди). Според процедурата [2], през първите 15 секунди батериите се разреждат през съпротивление $3,9 \Omega$. При това положение, ключът от фиг. 1 е затворен. На четиринадесетата секунда измерването на напрежението върху батериите се извършва при затворен ключ. След $15^{\text{-тата}}$ секунда ключът се отваря и напрежението в измервателните канали се увеличава (фиг. 3). В режим при съпротивление 1Ω , респ. $2,2 \Omega$, изпитването протича само при затворен ключ. Следва проверка за достигане на $14^{\text{-тата}}$ секунда от началото на цикъла (минутата). В тази точка се изчисляват средната стойност и СКО на измерените напрежения по всички канали. Стойностите на измерените в тази точка напрежения, както и изчислените средна стойност и СКО се записват в буфер. При приключване на изпълнимата част на програмата те се визуализират и записват във файл. По време на целия цикъл се измерва напрежението на батерията, като измерените стойности се визуализират графично и числено. В алгоритъма следва проверка дали някое от измерените напрежения е достигнало стойност равна или по-малка от 1 V , времето $t_{1\text{V}}$. Записва се времето от стартиране на процедурата до достигане на тази стойност на напрежението. Аналогично се осъществява и проверка, дали някое от напреженията е достигнало стойност равна или по-малка от $0,9 \text{ V}$ и се записва времето $t_{0,9\text{V}}$. На следващата стъпка се обработва цялата измервателната информация. В тази стъпка трябва да се сортират масивите с времената $t_{1\text{V}}$ и $t_{0,9\text{V}}$.



Фиг.2. Блок-диаграма на алгоритъма за работа на виртуална система за изпитване на батерии

При изпълнение програмата ще записва под граничните стойности, а е необходима всички времена, при които напрежението е информация само, кога за първи път във

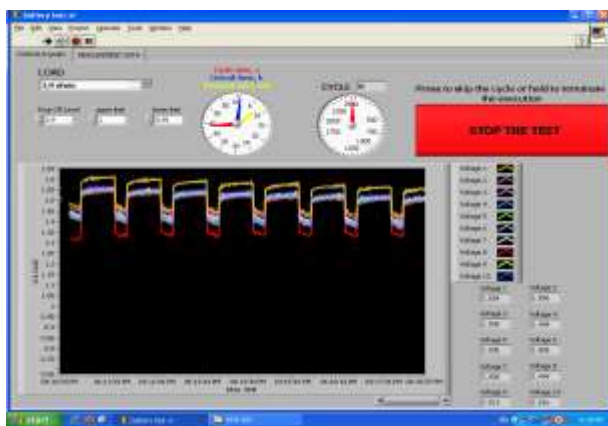
всеки отделен канал е достигната граничната стойност. По тази причина излишните данни трябва да бъдат премахнати. Следва проверка дали е изтекло времето на един цикъл (60 секунди). Ако това време е достигнато се нулират броячите, ако не се преминава направо към проверка за край на програмата. Тази проверка сравнява всички измерени напрежения със стойността 0,9 V. Ако всички те са равни или под тази стойност измервателната информация от проведената процедура се визуализира на екрана и се запазва във файл, ако не се стартира нов цикъл.

7. Реализация на алгоритъм за работа на виртуална система за изпитване на батерии в средата на LabVIEW

Описание на алгоритъм е реализиран в средата на LabVIEW, като следва да се отбележат някои специфични особености при реализацията произтичащи от характеристиките на средата.

Изборът на режим се извършва от потребителя през интерфейсия панел на програмата, който е разделен на два дяла:

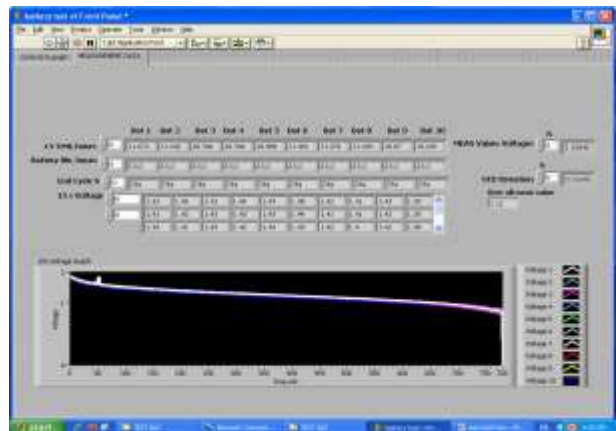
- 1) управление и графика (фиг. 3);
- 2) измервателна информация (фиг. 4).



Фиг.3. Интерфейсен панел на виртуална измервателна система за изпитване на батерии реализирана в средата на LabVIEW. Раздел за управление и графика

От интерфейсия панел операторът може, освен да избира режим, да задава стойности на напреженията, при които да се отчита времето за достигане на прага, в случая под 1 V и напрежението, под което се прекратява процедурата - конкретно 0,9 V. Върху екрана се изчертава графиката на измерените напрежения по всички канали в реално време и се визуализират стойностите на тези напрежения върху цифровите индикатори. Отчита се броят завършени цикли, времето за всеки цикъл в секунди и общото време в часове.

С натискане и задържане на бутона „STOP THE TEST” се прекратява изпълнението на процедурата, независимо дали е достигнато условието по напрежение. С еднократно натискане на същия бутон (без задържане) се прекратява текущия цикъл и се преминава към началото на следващия цикъл.



Фиг. 4. Интерфейсен панел на виртуална измервателна система за тестване на батерии реализирана в средата на LabVIEW. Раздел за представяне на измервателната информация

След задаване на началните условия се стартира програмата и започва изпълнението на по-горе описания алгоритъм. В зависимост от изтеклото време, под или над 15 секунди, се генерират съответно логическа „1” (5V) или „0” (0V) на цифровите изходи на станцията ELVIS II, при което релето затваря или отваря ключа.

През аналоговите входове се събират данните от 10 канала, по които се измерват напреженията на изследваните батерии. При работа на системата при съпротивление на товара 1Ω , както и $2,2 \Omega$, се тестват само 5 батерии поставени през една т.е. в гнезда 0,2,4,6 и 8. Това означава, че преди да бъдат направени изчисленията и визуализациите, данните трябва да бъдат обработени, така че да остане измервателната информация само от тези 5 канала. В противен случай получените резултати са недостоверни.

Друг основен момент при реализирането на алгоритъма е обработката на масивите с времената t_{1V} и t_{09V} . В реализираната програма е направено сортиране на масивите и на предния панел се показват времената, при които на всеки от каналите е измерено напрежение под зададената стойност за първи път. Това t_{09V} дефакто, представлява времето на работоспособност на батерията. Също така, върху предния панел се показва масива с измерените на всяка $14^{та}$ секунда напрежения (преди да се превключат релетата), както и изчислените средна стойност и СКО.

В реализираният алгоритъм измервания се правят през интервал от една секунда т.е. в рамките на един цикъл се правят 60 измервания на напрежението на всеки канал.

8. Анализ на резултатите от проведените изпитвания на батерии с виртуалната система

Описаната виртуална система за изпитване на капацитета на батерии беше реализирана и с нея бяха направени серия тестове на първични батерии от различни производители, от два типа: 1) тип AAA; 2) тип AA.

Резултатите от проведените тестове от гледна точка на качеството на типовете батерии не са предмет на тази статия.

Марка	Модел	Цикли до 10% изтощение	Функционалност (часове за макс. работен ток)	Енергия (Wh)	Средна напрежение (V)	Средна капацитет (Ah)	Коефициент вариации (CV)
Toshiba	Alkaline Edison	44388	3.8559	450.11	1.3820	1.70	1.84
Philips	MAX Lite+	47584	4.1629	479.40	1.4035	1.87	1.83
Power	Alkaline Pro	33776	2.8983	406.80	1.3763	1.90	2.34
Panasonic	Turbo Power	51428	4.5780	473.82	1.3803	1.85	1.48
Duracell	Check Super	57185	4.8258	488.50	1.4006	1.87	1.38
Honoo	Alkaline High Energy	39316	3.9423	413.38	1.3862	1.81	2.19
Varta	Energy	43117	4.3480	525.42	1.3700	2.05	1.47

Фиг.5. Представяне на обработените от резултати от изпитването на батерии при продължително натоварване

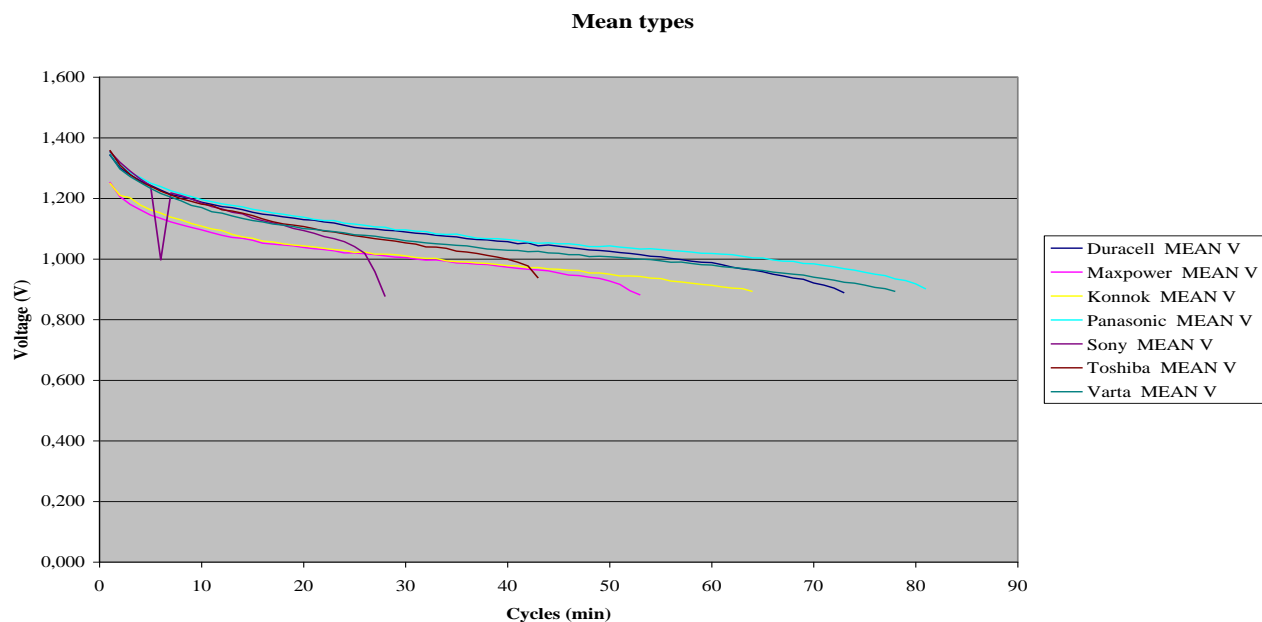
Получените резултати, някои видими от графиките, а други - записани във файл, от работата на виртуалната система са достатъчно представителни и информативни за анализ на качеството на батериите т.е. дават възможност за по-нататъшна обработка на резултатите и публикуването им във вид разбираем за потребителя [6].

Марка	Модел	Цикли до 10% изтощение	Функционалност (часове за макс. работен ток)	Енергия (Wh)	Средна напрежение (V)	Средна капацитет (Ah)	Коефициент вариации (CV)
Toshiba	Alkaline Edison	3.8571	1.6719	405.09	1.3758	0.49	0.45
Philips	MAX Lite+	3.2873	1.8033	420.24	1.4102	0.51	0.42
Power	Alkaline Pro	2.1000	1.1351	462.98	1.3715	0.56	0.66
Panasonic	Turbo Power	2.4444	1.5714	425.00	1.3748	0.75	0.57
Duracell	Check Super	6.8571	2.3228	243.06	1.4079	0.29	0.20
Honoo	Alkaline High Energy	3.7950	1.2759	231.48	1.3781	0.28	0.38
Varta	Energy	2.7255	1.8353	590.28	1.4088	0.71	0.61

Фиг.6 Представяне на обработените от резултати от изпитването на батерии при тежък режим

Потвърждение за това са показаните на фиг. 5 и фиг. 6 таблици представящи резултатите от обработката на данните от измервателната система.

Добра основа за анализи предлага и обработката на получените средни стойности на напреженията измерени в $14^{тата}$ секунда (най-ниската стойност в рамките на един цикъл при съпротивление на товара $3,9 \Omega$ и режим на импулсен разряд) и СКО (фиг. 7).



Фиг. 7. Сравнение на средните стойности на напреженията V_{14s} за режим на непрекъснат разряд

9. Заключение и бъдеща работа

Предложена е структура на система за изпитване капацитета на батерии с автоматизиран процес. При реализирането на структурата са избрани: подходяща апаратна част - платформата на National Instruments NI ELVIS II с хардуерни разширения и програмно осигуряване - софтуерна реализация базирана на концепцията за виртуалните инструменти в средата на LabVIEW. За правилната работа на програмата е проектиран алгоритъм, приложен при създаването на драйвера - програма управляваща работата на системата и представяща резултатите. Проведените експериментални изследвания и следващи реални изпитвания доказват, че програмата работи по зададения алгоритъм и получените резултати удовлетворяват поставените условия. Пряк резултат са направените публикации в [6], базирани на обработените резултати генерирани от виртуалната система.

Самите резултати на изхода на системата също представляват интерес от научна

гледна точка. Бъдещ по-задълбочен анализ би позволил оптимизиране на цялостния процес, премахване на евентуални източници на смущения, подобряване на качеството на получената измервателна информация и унифициране на системата.

Колективът подготвил настоящото представяне и реализирал системата е в състояние да подготви и реализира широк спектър от измервателни, тестови и изпитвателни системи на базата на използвания унифиверсален хардуер и софтуер на NI, за които има ясна методична и метрологична концепция.

10. Литература:

[1] Цветков П., Илиев П., Петров Г., И. Попова. Използване и интегриране на LabVIEW в процеса на автоматизирано и проектиране. Доклади на XV научен симпозиум с международно участие "Метрология и метрологично осигуряване 2005", ISBN 954-334-008-0, 13-17 септември 2005, Созопол, pp. 355-357.

[2] **D. Lindenn, T. Reddy**, *Handbook of batteries 3rd Edition*, McGraw-Hill, ISBN 0-07-135978-8, 2002.

[3] **В. Славов**, *Автореферат за дисертацията за присъждане на образователна и научна степен „ДОКТОР“*, Технически Университет-София, 2011.

[4] **Joseba Arzoz, Vladislav Slavov, Tasho Tashev**, “Virtual Laboratory Research”, *Proceeding of the 6th International Conference on Challenges in Higher Education and Research in the 21st Century*, June 4-7, 2008, Sozopol, p. 403 – 407.

[5] <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/ni/d/13137> достъпен на 17.07.2011;

[6] *сп. „Активни потребители“*, бр. 4, 2011, стр. 10.

2) Владислав Деянов Славов, маг. инженер, гл. асистент в катедра „Електроизмервателна техника“, факултет Автоматика на ТУ - София. В процедура по придобиване на образователна и научна степен „Доктор“. Научни интереси в сферата на виртуалните технологии и приложението им при измерване на физични величини, разработване на автоматизирани информационно- измервателни системи.

3) Камелия Симеонова Кирилова, маг. инженер, редовен докторант в катедра „Електроизмервателна техника“, факултет Автоматика на ТУ - София.

Данни за авторите:

1) Георги Сашов Милушев, доктор, маг. инженер, доцент в катедра „Електроизмервателна техника“, факултет Автоматика на ТУ - София. Научни интереси в областта на информационно-измервателните системи, измерването на енергийни величини, калибриране изпитване и контрол

Design and Analysis of a Virtual System for Testing the Capacity of Primary Batteries

George Milushev¹⁾, Vladislav Slavov²⁾, Kameliya Kirilova³⁾

¹⁾ Technical University of Sofia, 8 Kliment Ohridski, blvd. gm@tu-sofia.bg

²⁾ Technical University of Sofia, 8 Kliment Ohridski, blvd. 8, v-slavov@tu-sofia.bg

³⁾ Technical University of Sofia, 8 Kliment Ohridski, blvd. 8, kame_to@abv.bg

Abstract: - The article presents the design and implementation of a battery capacity testing system. The automated system is based on the implementation of virtual technologies and specific graphical programming environment, LabVIEW. Two ranges: AA and AAA of different types (manufacturers) of primary batteries were tested in accordance with the methods developed. The tests were only once realized. The report provides an analysis of the virtual system based on the inspection results obtained.

Key-Words: automation, algorithm, batteries, virtual system, test, ELVIS II, LabVIEW