

3 метою промислового випробовування декількох американських насосів (з високозносостійкими плунжерами), які характеризуються високою довговічністю в ускладнених умовах експлуатації, необхідно оцінити рентабельність їх закупівлі.

Результати цього статистичного аналізу можуть використовуватись під час проектування УСШН.

Література

1 Ивановский В.И. Анализ современного состояния и перспектив развития скважинных насосных установок для добычи нефти // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2007. – № 6. – С. 12-21.

2 Закиров А.А. Особенности изменения свойств слабосцементированных пород в процессе эксплуатации сверхглубоких скважин // Нефтепромысловое дело. – 2005. – № 7. – С. 21-24.

3 Панченко В.О., Кондрат О.Р. Засоби для захисту свердловинних штангових насосів від газопіскопроявів // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2007. – № 4(25). – С. 19-25.

4 Бандура В.В. Дослідження впливу дефектів ШГНУ на її експлуатаційну надійність // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 1999. – Т. 4, Вип. 36. – С. 198-209.

5 Маркович Э.С. Курс высшей математики с элементами теории вероятностей и математической статистики. – М.: Высш. шк., 1972. – 480 с.

УДК 621.317.791

ПРОБЛЕМИ ТА ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ

І.В.Гладь, І.Д.Галуцак, А.І.Поточний, У.М.Маскевич, Я.В.Бацала, О.І.Кіянюк

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15, тел. (03422) 48003,
e-mail: ereo@nimg.edu.ua*

Проведен обзор современных анализаторов качества электроэнергии, определены их главные недостатки. Предложена структура универсального аппаратно-программного комплекса для энергетических обследований электросетей. Показаны преимущества технологии виртуальных приборов и среды LabVIEW для программирования измерительных систем.

The browse of modern analyzers of quality of power is led, their principal lacks are defined. The structure of the general-purpose hardware-software complex for energetic inspections of electric systems is offered. Advantages of technique of virtual instruments and LabVIEW environment for programming of measuring systems are shown.

Постановка задачі. Розвиток народного господарства України зумовлює зростання кількості промислових та побутових споживачів і їх встановленої потужності. Окрему нішу займають нелінійні електроприймачі, форма кривої струму яких значно відрізняється від синусоїди (ЕОМ, зварювальні інвертори, тиристорний електропривод бурової лебідки тощо). В той же час передавальна спроможність існуючих розподільних електромереж практично не змінюється. Ці чинники призводять до тенденції погіршення показників якості електроенергії (ПЯЕ), значення яких нормуються згідно з ГОСТ Снд 13109-97 [1]. Перевищення розрахункової встановленої потужності окремими споживачами нафтогазової промисловості спричинює відхилення напруги на шинах ввідних пристроїв за нормально допустимі межі. Наявність значної кількості нелінійних електроприймачів призводить до появи вищих гармонік, а неоднчасна робота однофазних споживачів викликає несиметрію струмів та напруг.

Це негативно впливає на функціонування електрообладнання підприємств нафтогазового комплексу, зменшуючи його ресурс.

В сучасних умовах важливим завданням є ідентифікація сторони, через дії (або бездіяльність) якої відбулося погіршення ПЯЕ в розподільній електромережі. Електропостачальна організація під час експлуатації електромереж та приєднанні нових споживачів вживає відповідні технічні та організаційні заходи. Однак практично неконтрольованим є використання потужних електроприймачів у побутовому секторі та на приватних підприємствах. Вирішення цього завдання є неможливим без інформації про основні ПЯЕ в розподільних електромережах. Останні вимірюються спеціальними приладами – аналізаторами ПЯЕ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні аналізатори ПЯЕ за призначенням поділяються на три категорії, згідно з якими виконують такі функції:

- неперервний контроль (моніторинг) ПЯЕ;
- експрес-обстеження електромережі (в процесі енергоаудиту), щоб виявити стійкі аномалії, які проявляються при відносно короткій тривалості спостереження (десять хвилин);

- обстеження електромережі з метою виявлення причин погіршення ПЯЕ і розроблення обґрунтованих рекомендацій для їх покращання.

Аналізатори для моніторингу ПЯЕ є стаціонарними приладами, що функціонують в складі просторово розподілених інформаційно-вимірювальних мереж з централізованим керуванням і контролем (інформаційно-вимірювальні комплекси). Наприклад, аналізатор марки DMK-40 [2] виробництва Lovato Electric вимірює 251 електричний параметр мережі, зокрема фазні та лінійні напруги і їх середнє значення; фазні струми та їх середнє значення, максимальні та мінімальні значення напруг, струмів і потужностей; коефіцієнт потужності; частоту напруги мережі; гармонічні спотворення напруги. Значення вимірюваних параметрів відображаються на передній панелі приладу. Інтерфейс RS-485 та програмний пакет DMK SW10 забезпечують дистанційне передавання вимірної інформації на головний комп'ютер системи моніторингу ПЯЕ та її архівування. Можливим є накопичення вимірної інформації в приладі на картку пам'яті обсягом 2 Мб із прив'язкою до реального часу та її подальший аналіз на ЕОМ. Вартість аналізатора близько 670 у.о., а програмного забезпечення – близько 350 у.о. [3].

Але оснащення розподільних пунктів електромереж та ввідних пристроїв споживачів стаціонарними ПЯЕ є недостатнім, імовірно через неінформованість про переваги їх використання та високу вартість. Та й встановлювати комп'ютерну систему моніторингу ПЯЕ за малої потужності технологічного обладнання недоцільно.

Енергоаудит потребує порівняно простих і недорогих портативних аналізаторів ПЯЕ.

Для обстеження електромережі з метою виявлення причин погіршення ПЯЕ необхідні надійні портативні, багатофункціональні, прецизійні аналізатори.

У всіх розвинених країнах існує багато фірм, що виготовляють засоби вимірювання параметрів електромереж, які можна віднести до ПЯЕ. Це спеціалізовані мультиметри, спектроаналізатори, реєстратори, вимірювальні системи, іноді й аналізатори електроспоживання. Найбільш відомими є такі фірми: Dranetz (США); Lem (Швейцарія), Voltech (Англія), Unipower (Швеція), Chauvin Arnoux (Франція), Walcher (Германія), Elcontrol Energy (Італія), Fluke (США); НВП „Енерготехніка” (Пенза), ТЗОВ „Марсэнерго”, ТЗОВ „Парма” (обидві – Санкт-Петербург), ТЗОВ „Енергоконтроль”, ТЗОВ „НПФ СОЛИС-С” (обидві – Москва), ІВК „Омск” (Омськ) [4].

Розглянемо найцікавіші прилади закордонного виробництва.

UNIGOR390 (Lem). Найпрецизійніший у світі мультиметр серед портативних. "Довжина шкали" становить 300 000 точок. Граничне зна-

чення основної відносної похибки вимірювання діючого значення напруги в кінці шкали $\pm 0,21\%$ [5].

ANALYST 3Q (Lem). Прилад здійснює контроль якості електроенергії в трифазних мережах, може виконувати функції реєстратора подій та осцилографа. Контролює як напруги – безпосередньо, так і струми – за допомогою гнучких безконтактних давачів струму. Введення результатів здійснюється на вмонтований графічний дисплей та в комп'ютер [5].

Microvip3 plus (Elcontrol Energy). Переносний трифазний вимірювач (три напруги та три струми). Малогабаритний, має вмонтований термопринтер [6].

С.А. 8332/34 (Chauvin Arnoux). Малогабаритний осцилограф для вимірювання в трифазних електромережах. Виділення до 50-ї гармоніки напруги і струму. Кольоровий екран, внутрішня пам'ять обсягом 4 Мб [7].

PP1 (Dranetz). Потужна переносна система для проведення довготривалих досліджень в трифазних мережах. Графічний дисплей, термопринтер, флеш-карта, ударостійкий пластмасовий корпус [8].

Особливістю аналізаторів російського виробництва є повна відповідність їх характеристик вимогам Стандарту.

"Ресурс – UF2 і UF2М" ("Енерготехніка"). Трифазні вимірювачі ПЯЕ для стаціонарного використання (UF2) та мобільні (UF2М). Одночасно вимірюють чотири напруги (фазні та напруга між нейтраллю і захисним заземленням) та чотири струми (фазні струми і струм нейтралі). Наявний широкий діапазон вимірювання струмів [9].

"Енергомонитор 3.3" ("Марсэнерго"). Може застосовуватися як переносний еталонний лічильник і аналізатор якості електроенергії. Контролює три напруги і три струми [10].

"Парма РК 3.01" ("Парма"). Реєстратор параметрів якості електроенергії. Кількість контрольованих сигналів – три напруги [11].

"ППКЭ" ("НПФ "Солис-С"). Прилад контролю ПЯЕ. Кількість контрольованих сигналів – три або шість напруг [12].

ІВК "Омск-М". Головна особливість: кількість контрольованих каналів до 18. Канали мають універсальне призначення: по вибору це канали для вимірювань напруг або канали для вимірювання струмів. Такий комплекс незамінний у випадку виявлення джерел аномалій в складних системах розподілу електроенергії [13].

Отже, вітчизняний ринок засобів вимірювання, придатних для енергетичних обстежень електрообладнання, хоч і насичується, але повільно, переважно дорогими приладами. Головні недоліки: висока ціна, низький рівень сервісної підтримки і слабка теоретична підготовка технічного персоналу. Також недостатньою є кількість спеціальної літератури з проблематики неякісної електроенергії, номенклатури і практики застосування засобів вимірювання для енергетичних обстежень електромереж.

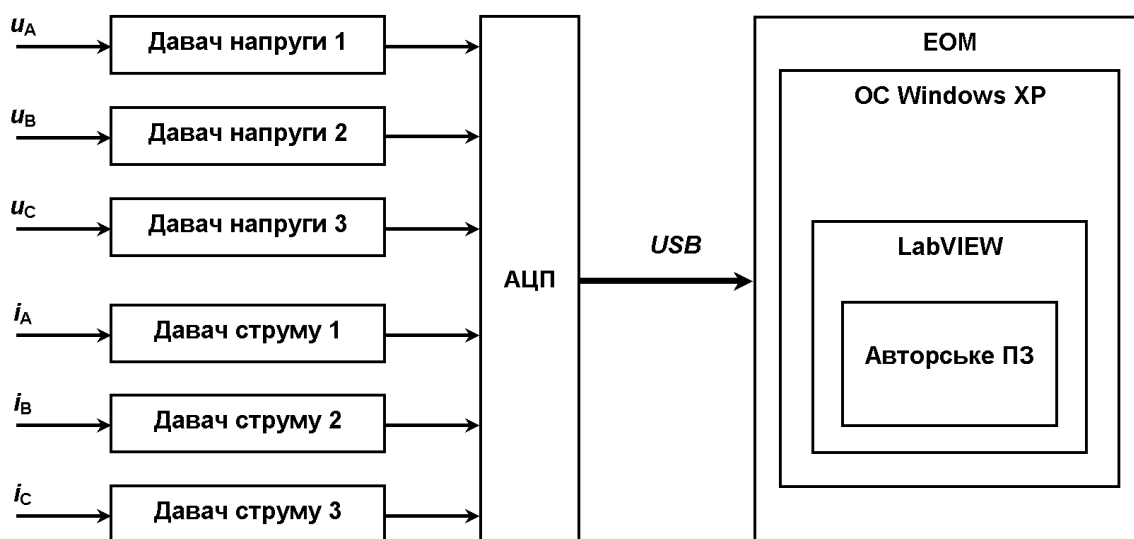


Рисунок 1 – Структурна схема універсального апаратно-програмного комплексу для енергетичних обстежень електромереж

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Світовою промисловістю виготовляється багато приладів-аналізаторів електричних параметрів електромереж – якісних, надійних, з відмінним дизайном. Один з головних їх недоліків – відносно висока ціна (тисячі у.о.). Не всі засоби вимірювання атестовані на відповідність Стандарту в Україні. Головна проблема у використанні серійних аналізаторів ПЯЕ в тому, що прилади функціонально складні, мають багато прихованих недоліків і практично не підлягають модернізації чи адаптації до сучасних датчиків напруги і струму. Прикро, коли функціональні недоліки приладу виявляються в процесі його освоєння, коли кошти вже витрачені.

Постановка задачі. Для виявлення причин погіршення ПЯЕ і розробки рекомендацій щодо їх покращення необхідною умовою є наявність портативного універсального апаратно-програмного комплексу для енергетичних обстежень електромереж, що відповідатиме таким основним вимогам:

- можливість використання в промислових умовах;
- можливість контролювати три фазні напруги одночасно;
- додаткова можливість контролювати фазні струми;
- наявність реєструючих пристроїв;
- відповідність вимогам стандарту;
- надійність.

Необхідно відмітити обов'язкову можливість швидкої модернізації як апаратного (датчики напруги і струму), так і програмного (корекція похибок вимірювання, вдосконалення інтерфейсу користувача тощо) забезпечення, а також використання персоналом нафтогазових підприємств.

Висвітлення основного матеріалу дослідження.

Створити аналізатор ПЯЕ – достатньо складне системне і конструкторське завдання.

Необхідно вирішувати цілу низку проблем: реалізацію жорстких метрологічних вимог, забезпечення функціональної надійності, безперебійного електроживлення за тривалої роботи, функціонування в жорстких умовах навколишнього середовища. Розробляти по одному виробу (окремий спектроаналізатор, вимірювач несиметрії напруг, реєстратор тощо) економічно недоцільно. Єдиний вихід з положення – розроблення сімейства або універсального апаратно-програмного комплексу. Хоча науководослідні та дослідно-конструкторські роботи в цьому випадку тривалі та затратні, зате забезпечується багатofункціональність та можливість модернізації.

Вихідними сигналами для засобів вимірювань ПЯЕ є три фазні напруги. Однак сучасний досвід свідчить, що дуже бажано одночасно з напругами також вимірювати і їм відповідні фазні струми. Це дає можливість не тільки виявляти джерела аномалій, а й контролювати споживані активну та реактивну потужність навантаження.

Розроблюваний авторами апаратно-програмний комплекс – засіб не тільки для лабораторного застосування всередині приміщень. Контрольовані сигнали можуть виходити поза діапазон вимірювання, приймати аварійні значення і руйнувати вимірювальні канали, якщо не передбачити відповідних схем захисту.

Аналізатори ПЯЕ можуть будуватися за різними структурними схемами, велику роль відіграє програмна частина обчислення ПЯЕ. Основний алгоритм програмної обробки визначений Стандартом, але й він може мати варіанти реалізації. Зрештою результати вимірювання кількома різними приладами у типових випадках співпадають, а в нетривіальних ситуаціях можуть суттєво відрізнятись. Отже, необхідно застосовувати стандартизовані структури і стандартні алгоритми (рис. 1). Це твердження стосується також елементної бази: необхідно використовувати методи системної інтеграції, за-

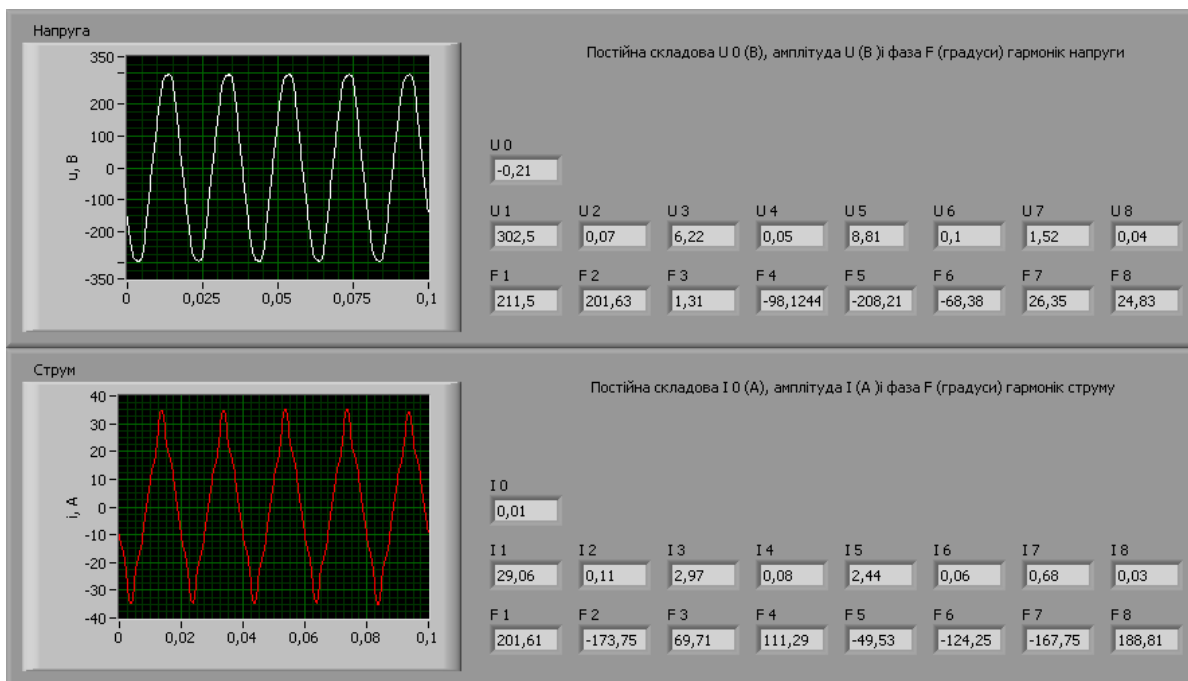


Рисунок 2 – Приклад передньої панелі віртуального приладу

стосовуючи готові функціонально і конструктивно завершені блоки. Слід зауважити необхідність гальванічного розділення сигналів, за допомогою якого реалізується функціональне розділення вхідних каналів, захист частини схеми від аварійних впливів, зменшення завад.

Організація електроживлення потребує окремого розгляду. Недооцінка проблеми може спричинити ненадійну роботу пристрою та погіршити метрологічні характеристики. Існує чотири варіанти електроживлення: від акумулятора, від джерела вимірювального сигналу, від окремої мережі та комбіноване. Орієнтація на акумулятор висуває жорсткі вимоги до електроспоживання. Інакше або акумулятор буде дуже важким, або тривалість автономної роботи недостатньою. У разі живлення від вимірювального сигналу зникнення напруги однієї чи всіх фаз контрольованої електромережі не повинно порушити роботу аналізатора. Використання спеціального мережевого живлення придатне для стаціонарних пристроїв моніторингу ПЯЕ. Сучасні імпульсні перетворювачі напруги є джерелами електромагнітних завад як для елементів вимірювального кола, так і для навколишнього середовища. Таким чином, ідеального варіанту не існує, тому застосовуємо комбінований варіант, що передбачає перехід на живлення від акумуляторів у випадку зникнення напруги в контрольованій електромережі. Це досягається шляхом застосування діодних ключів.

Найбільш відповідальна частина аналізатора – вимірювальний канал, тобто група структурних елементів, яка реалізує функцію вимірювання. Вимірювальний канал визначає метрологічні властивості аналізатора ПЯЕ. Тому у вимірювальній частині апаратно-програмного комплексу для енергетичних обстежень елект-

ромереж застосовуємо функціонально і конструктивно завершені вузли з нормованими метрологічними характеристиками: три давачі напруги CV3-1000 [5] та три давачі струму типу струмових ключів з аналоговим виходом АТА-2502 [14], які приєднані до входів 16-розрядного АЦП NI USB-6210 [15]. Останній за допомогою шини USB з'єднується з портативною ЕОМ (див. рис. 1) із встановленим програмним забезпеченням, яке реалізує зчитування інформації з АЦП, розрахунок і візуалізацію ПЯЕ та людино-машинний інтерфейс.

Для розробки програмного забезпечення найдоцільніше застосувати технологію віртуальних приладів [16] і середовище графічного програмування LabVIEW. Останнє містить велику кількість підпрограм стандартних алгоритмів цифрової обробки сигналів (швидке перетворення Фур'є, визначення середньоквадратичного значення, цифрові фільтри та ін.), а також підпрограм візуалізації інформації та записування у файл на жорсткому диску ЕОМ. Але головною перевагою LabVIEW є можливість надзвичайно швидкого створення інтерфейсу (передньої панелі) віртуального приладу (рис. 2) та блок-схеми (рис. 3), яка є алгоритмом його функціонування.

За допомогою середовища LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) можна створювати програми, використовуючи графічну інтерпретацію всіх елементів алгоритму, що відрізняє його від звичайних мов програмування, таких як C++ або Java, де функції та оператори записуються у текстовій формі. LabVIEW призначене для дослідників та інженерів, які здійснюють програмування тільки як частину основної діяльності, та може функціонувати на ЕОМ з найбільш розповсюдженими операційними систе-

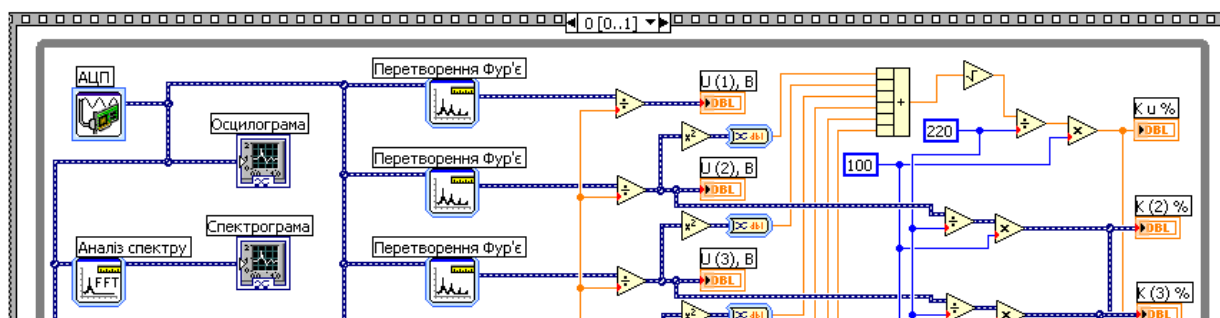


Рисунок 3 – Фрагмент блок-схеми віртуального приладу

мами Windows, MacOS, Linux, Solaris та HP-UX. LabVIEW спеціально розроблене для програмування різних вимірювань, аналізу даних та оформлення результатів, а також для моделювання фізичних процесів.

Вимірювальна система, що створена в середовищі LabVIEW за технологією віртуальних приладів, має набагато більшу гнучкість порівняно з лабораторним приладом, оскільки вона використовує можливості сучасного програмного забезпечення, особливо цифрової обробки сигналів. Також наявні спеціальні бібліотеки для введення-виведення даних з апаратних засобів (АЦП, пристроїв з інтерфейсом GPIB, RS-485 та ін.)

Наприклад, підпрограма низькорівневого налаштування АЦП DAQ Asistant дає змогу протягом лічених хвилин встановити кількість задіяних каналів, частоту і порядок їх опитування, діапазон вимірювання, навіть вказати ім'я кожного каналу (звичайно, це можливо тільки у разі використання фірмового АЦП). Наявність готових елементів інтерфейсу користувача полегшує дизайн приладу.

ВИСНОВКИ

1. На ринку засобів вимірювальної техніки наявні дорогі, складні у користуванні аналізатори ПЯЕ переважно закордонного виробництва, які практично не підлягають модернізації чи розширенню функцій.

2. Розроблення універсального апаратно-програмного комплексу для енергетичних об'єктів електромереж забезпечить не тільки вимірювання ПЯЕ на підприємствах нафтогазової галузі, а й активну та реактивну потужність, аналіз квазіусталених та перехідних процесів і математичну обробку накопиченої статистичної інформації, що вкрай необхідно у ході експериментальних наукових досліджень.

3. Застосування технології віртуальних приладів та середовища графічного програмування LabVIEW суттєво прискорює розробку та налагодження програмного забезпечення.

Перспективою подальших досліджень є розробка методів програмної корекції похибок вимірювання ПЯЕ та інших електричних параметрів електромереж, а також розширення функцій розроблюваного універсального апаратно-програмного комплексу в залежності від поставлених задач.

Література

- 1 Межгосударственный стандарт ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Минск, Издание официальное, 31 с.
- 2 <http://www.lovato.com.ua>
- 3 <http://www.svaltera.ua/?inc=catalog>
- 4 <http://www.linvit.ru/pribors/pke/omsk.htm>
- 5 <http://www.lem.com>
- 6 <http://duncaninstr.com/microvip.htm>
- 7 <http://www.chauvin-arnoux.com.ua/content/view/9/9/>
- 8 <http://www.dranetz-bmi.com/products/products.cfm>
- 9 <http://www.entp.ru/products/izmpke/resuf2.php>
- 10 http://www.mars-energo.ru/em3_3.htm
- 11 <http://parma.spb.ru/products/2/>
- 12 <http://www.ppke.ru/index.html>
- 13 http://www.omgups.ru/science/ctl_4/15.html
- 14 <http://www.aktakom.ru>
- 15 <http://www.ni.com>
- 16 Гладь І.В., Федорів М.Й. Віртуальні прилади, їх переваги та перспективи // Матеріали III науково-техн. конф. "Приладобудування 2004: стан і перспективи". – Київ: ПБФ НТУУ "КПІ". – 2004. – С. 211–212.