

УДК 621.398

**О.М. Дороніна\***, **Г.М. Лавров**, **С.В. Хомич**  
 Національний університет “Львівська політехніка”,  
 кафедра “Електронно обчислювальні машини”,  
 \*НДКІ ЕЛВІТ

## **ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ТРАКТУ ЗБОРУ ДАНИХ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ ЕНЕРГООБ'ЄКТІВ**

© Дороніна О.М., Лавров Г.М., Хомич С.В., 2003

**Розглянуто варіанти побудови тракту збору даних комп'ютеризованої системи контролю та діагностики енергооб'єктів з багатоканальним аналоговим вводом. Проаналізовано можливості застосування аналогового та цифрового методів виділення інтервалів вимірювання. Розглянуто особливості побудови вхідних каналів при необхідності контролю перехідних процесів.**

**This paper presents the construction variants of the data acquisition section of the power works control and diagnostics computerized system with multichannel analog input. There are analysed the facilities of the analog and digital methods of the measuring intervals extraction application. Also there are examined the input channels construction features when the transient process control is needed.**

### **Вступ**

Тракт збору даних комп'ютеризованої системи контролю та діагностики енергооб'єктів має забезпечувати: прийом напруг та струмів з кінцевих каскадів контрольованого енергооб'єкта (вимірювальних трансформаторів напруги ТН та струму ТС); перетворення в цифровий код поточних значень енергетичних параметрів та частоти в трифазних (однофазних) приєднаннях енергооб'єкта; фіксацію станів його комутаційного обладнання; обробку отриманих даних та формування завадозахищених повідомлень інформації для передачі на вищі рівні ієрархії системи. При цьому має виконуватись: автоматичний контроль функціонування тракту та вірогідності телевимірів; автоматичне масштабування результатів перетворення енергетичних параметрів з урахуванням коефіцієнтів трансформації ТН та ТС; архівування значень активної та реактивної енергії протягом заданих часових інтервалів та даних щодо перемикання станів комутаційного обладнання.

Вимірювально-алгоритмічне забезпечення систем контролю та діагностики енергооб'єктів з рознесенням у часі вибірок миттєвих значень напруг та струмів [1], з одного боку, і широкий вибір високоточних швидкодіючих аналого-цифрових перетворювачів в інтегральному виконанні, сигнальних мікропроцесорів (SP), персональних комп'ютерів (PC), з другого, робить доцільним побудову тракту збору даних на основі одноканального аналого-цифрового перетворення з управлінням від SP або PC. Що ж стосується кількості каналів вводу аналогових сигналів, методів виділення інтервалів вимірювання енергетичних та частотних параметрів, використання SP або PC, то ці питання визначаються конкретними технічними вимогами з урахуванням особливостей реальних контрольованих енергооб'єктів.

## 1. Особливості побудови тракту збору даних з багатоканальним аналоговим вводом і застосуванням аналогового методу виділення інтервалів вимірювання

Варіант схеми вимірювальної частини тракту збору даних з багатоканальним аналоговим вводом і застосуванням аналогового методу виділення інтервалів вимірювання [2] наведено на рис.1. Вимірювальна частина такого тракту складається з блоків проміжних трансформаторів БТ, двоступеневого аналогового комутатора АК1, АК2, нуль-органа НО виділення періоду коливань вхідних сигналів, джерела опорної напруги ДОН, аналого-цифрового перетворювача АЦП, регістрів Рг1 і Рг2 управління відповідно АК1 і АК2, процесорного пристрою ПП, дешифраторів ДШ1 і ДШ2, запам'ятовувального пристрою ЗПП програми роботи вимірювальної частини тракту, буферного регістра БР вихідних даних ВД і тригера Тг біта готовності даних БГД. Напруги та струми з контрольованих трифазних приєднань контрольованого енергооб'єкта надходять на входи блоків БТ, кожний з яких обслуговує, як правило, по одному трифазному приєднанню. БТ виконують гальванічне розділення електричної схеми тракту збору даних від вихідних кіл ТС та ТН і нормування вхідних сигналів. Нормовані сигнали з виходів БТ комутатором АК1, що управляється кодом номера трифазного приєднання з виходів Рг1, під'єднуються до входів АК2. Крім того, один з нормованих сигналів під'єднується до НО, який відслідковує синфазні переходи цього сигналу через певний (зазвичай “нульовий” або близький до нього) рівень, за якими ПП виділяє поточні інтервали вимірювання. АК2 управляється кодом параметра з виходів Рг2 і послідовно під'єднує вибірки миттєвих значень сигналів з виходів АК1, а також опорної напруги з виходу ДОН і напруги з шини “нуля вольт” для корекції інструментальних похибок визначення енергетичних параметрів [1] до входу АЦП, що перетворює ці вибірки у цифрові коди, які обробляються процесором ПП. Результати обробки видаються за сигналом запиту даних СЗД на БР разом з бітом готовності даних, що записується до Тг. Записом кодів до Рг1, Рг2 та БР, запуском АЦП та зчитуванням з нього інформації, а також зчитуванням коду з НО управляє через ДШ1 та ДШ2 процесор ПП, який працює за програмою, що записана у ЗПП.

Запропонована схема забезпечує визначення параметрів електроенергії на основі аналого-цифрового перетворення миттєвих значень вхідних сигналів та їх подальшої цифрової обробки при виділенні інтервалу вимірювання  $T_x'$  за виразом (1) за періодом  $T_x$  одного з сигналів трифазного приєднання:

$$T_x' = \left( E \left[ \frac{T_{xj}}{T_M} \right] + b \right) \cdot T_M, \quad (1)$$

де:  $b$  – ціле число, що може набувати значення 0, -1 або 1;  $T_M$  – такт роботи тракту збору даних системи.

При цьому відносні похибки визначення діючих значень інших сигналів, активної та реактивної потужностей, через  $T_x' \neq T_{xj}$  і втрату (додавання) через це крайньої вибірки сигналів на  $T_{xj}$ , можуть сягати значень відповідно:

$$\delta U(I) = \frac{\text{Sin}\Delta\phi}{n}; \quad \delta P = \frac{\text{Sin}\Delta\phi'}{n \cdot \text{Cos}\Delta\phi}; \quad \delta Q = \frac{\text{Sin}\Delta\phi'}{n \cdot \text{Sin}\Delta\phi}; \quad (2)$$

де  $\Delta\phi$  та  $\Delta\phi'$  – кутові зсуви між сигналом, за періодом якого визначається  $T_x'$ , і відповідно сигналом, діюче значення якого вимірюється, та однотипним сигналом іншої фази, для якої визначається потужність.

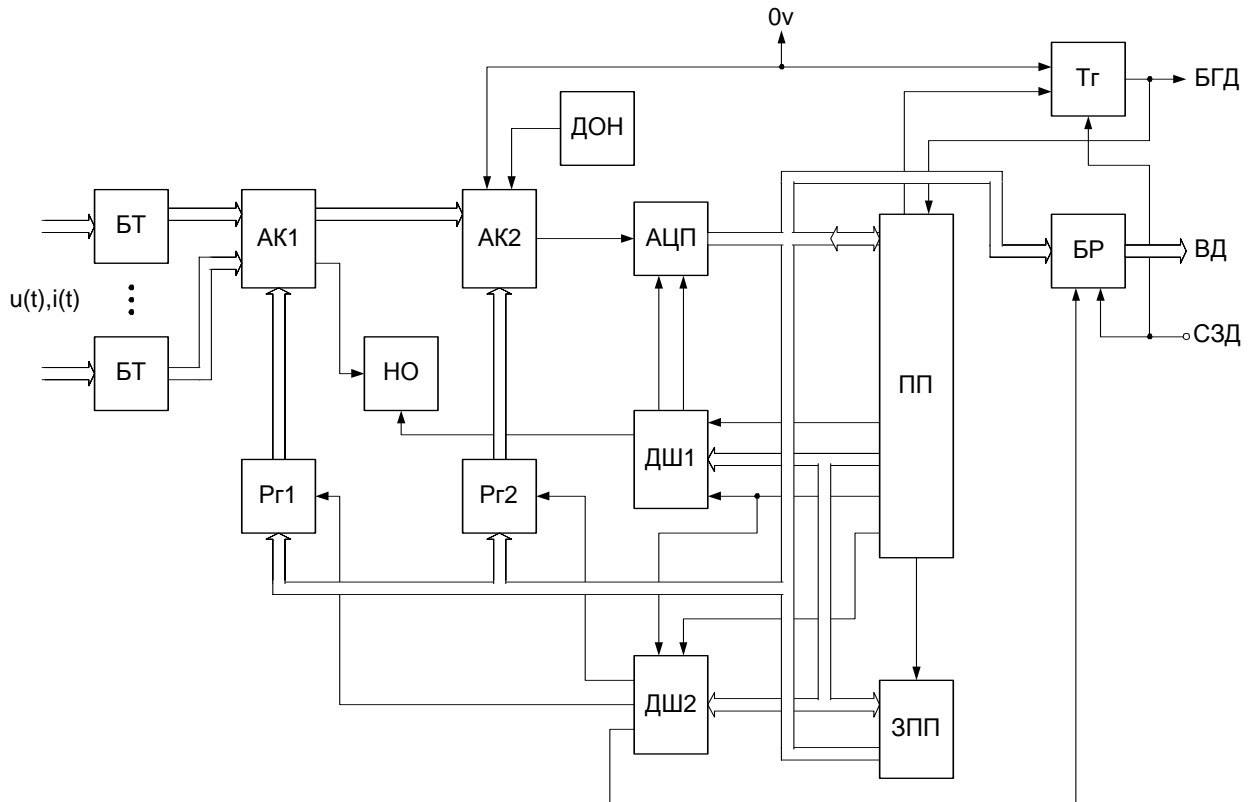


Рис. 1. Схема вимірювальної частини тракту збору даних з багатоканальним аналоговим вводом і застосуванням аналогового методу виділення інтервалів вимірювання

При кутовому зсуві між однотипними сигналами трифазного приєднання в  $120^\circ$  та  $\Delta\varphi$  до  $\pi/3$ ,  $\delta U$ ,  $\delta I$ ,  $\delta P$ ,  $\delta Q$  обмежуються величиною  $0,1\% \div 0,2\%$  при  $n \geq 1000$ , що реально при обслуговуванні трактом збору даних за  $T_x'$  одного трифазного приєднання (три струми, три напруги) і використанні при цьому АЦП з часом перетворення до  $(1 \div 2)$  мксек. Можливим шляхом зменшення  $\delta U$ ,  $\delta I$ ,  $\delta P$ ,  $\delta Q$  для багатоканальних трактів збору даних є відслідковування періоду коливань кожного контрольованого сигналу, однак при аналоговому методі виділення  $T_x'$  це приводить до необхідності введення до схеми (рис.1) додаткових нуль-органів і ускладнення синхронізації їх роботи з тактом роботи процесорного пристрою.

Цикл  $T_{\text{ц}}$  збору даних схеми, що розглядається (за одним трифазним приєднанням) дорівнює  $T_{\text{pr}} + T_{\text{v}} + T_x'$ , де:  $T_{\text{pr}}$  та  $T_{\text{v}}$  – час відповідно під'єднання чергового сигналу  $x(t)$  до входу НО та очікування початку періоду  $x(t)$  після під'єднання, і не перевищує  $(1,5 \div 2)$  поточних періодів  $x(t)$ , що обмежує число контрольованих трифазних приєднань величиною  $T_d / (1,5 \div 2) T_x$ , де  $T_d$  – заданий час відновлення інформації.

## 2. Особливості побудови тракту збору даних з багатоканальним аналоговим вводом і застосуванням цифрового методу виділення інтервалів вимірювання

Варіант схеми тракту збору даних з багатоканальним аналоговим вводом і цифровим виділенням інтервалів вимірювання [3] наведено на рис. 2.

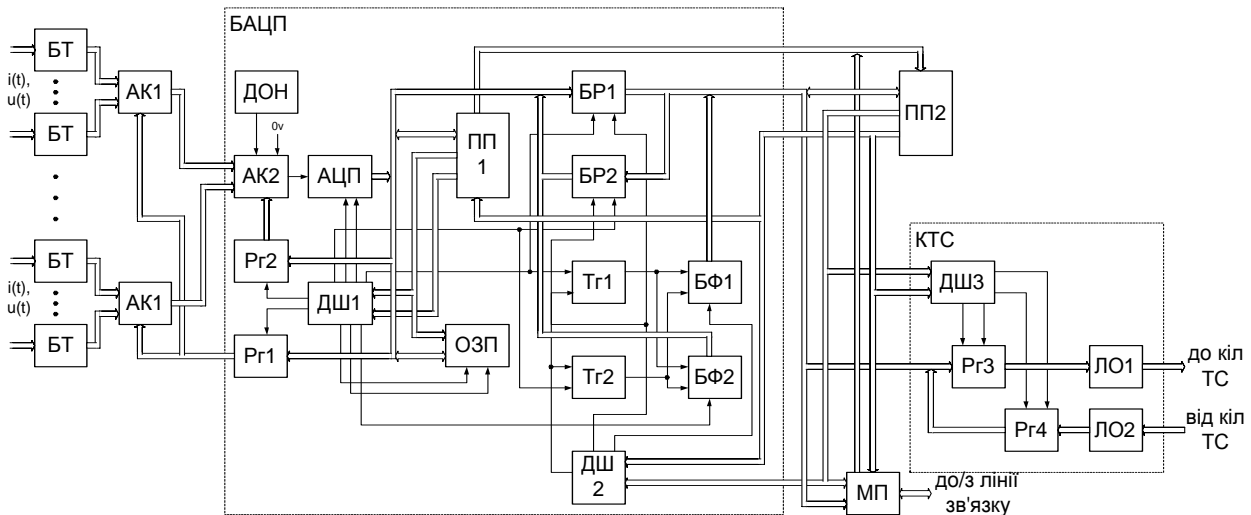


Рис. 2. Схема тракту збору даних з багатоканальним аналоговим вводом і застосуванням цифрового методу виділення інтервалів вимірювання

Тракт містить блоки проміжних трансформаторів БТ, аналогові комутатори АК1, блок аналого-цифрового перетворення БАЦП, процесорний пристрій ПП2, контролер телесигналів КТС та мультипорт МП. БАЦП складається з аналогового комутатора АК2, джерела опорної напруги ДОН, аналого-цифрового перетворювача АЦП, регістрів Pr1 і Pr2 управління відповідно АК1 і АК2, процесорного пристрою ПП1, дешифраторів ДШ1 і ДШ2, оперативного запам'ятовувального пристрою ОЗП, буферних регістрів БР1 і БР2, тригерів Tr1 і Tr2 БГД, буферних формувачів БФ1 і БФ2. КТС складається з дешифратора ДШ3, регістрів Pr3 і Pr4 та лінійок оптронів ЛО1 і ЛО2.

У запропонованому тракту збору даних, на відміну від тракту [2], протягом циклу збору даних виконується аналого-цифрове перетворення нормованих сигналів за черговими М трифазними приєднаннями, а функції управління і обробки результатів перетворення для підвищення пропускної здатності тракту поділяються між ПП1 та ПП2. ПП1, в пам'ять якого з ПП2 на початку роботи заноситься програма роботи і вхідні дані, виділяє цикли  $T_{\text{ц}}$  збору даних за М трифазними приєднаннями, кожний з яких складається з підциклу  $T_{\text{п1}}$  безпосередньо аналого-цифрового перетворення вхідних сигналів і підциклу  $T_{\text{п2}}$  передачі даних до ПП2. Тривалість  $T_{\text{п2}}$  залежить від швидкодії ПП1 і ПП2, а  $T_{\text{п1}}$  має приблизно дорівнювати  $1,5 \div 2$ -м максимально можливим періодам  $T_{\text{х}}$  коливання вхідних сигналів. Після закінчення  $T_{\text{п1}}$  ПП1 генерує сигнал переривання для ПП2, до якого протягом  $T_{\text{п2}}$  передаються результати аналого-цифрового перетворення, накопичені за час  $T_{\text{п1}}$  в ОЗП. При цьому БР1, Tr1, БР2, Tr2, БФ1 та БФ2 становлять двонаправлений порт даних, який управляється ПП1 та ПП2 відповідно через ДШ1 та ДШ2.

Протягом поточного підциклу  $T_{\text{п1}}$  в ПП2 обробляються дані за черговими М трифазними приєднаннями, отримані з БАЦП в попередньому циклі  $T_{\text{ц}}$ , зокрема визначаються періоди коливань контрольованих сигналів за переходами через нуль цифрових кодів їх миттєвих значень. Крім того, протягом  $T_{\text{п1}}$  виконується опитування стану телесигналів (ТС). Для цього через певні проміжки часу у Pr3 заноситься код опитування ТС, який через ЛО1 передається до кіл опитування ТС і активізує певні з них, наслідком чого є поява на входах Pr4 коду стану ТС, який фіксується у цьому регістрі і передається до пам'яті ПП2.

Через МП виконується зв'язок тракту збору даних з інформаційно-вимірювальною системою.

Як показують дослідження та імітаційне моделювання тракту, доцільно побудувати ПП2 на основі комп'ютера класу IBM PC/Pentium MMX 233 MHz або вищих класів, в слоти системного блоку якого можуть встановлюватись плати БАЦП, КТС та МП. При цьому як БАЦП і МП можуть застосовуватись плати типу відповідно L-1250 фірми "L-CARD" і C104P (C168P) фірми "Моха Technologies Co., Ltd.". Для плати L-1250  $M=5$ , що забезпечує число контрольованих трифазних приєднань до  $5T_d/[(1,5\div 2)T_{x\max}+(40\div 50)\text{мксек}]$ .

### 3. Особливості побудови тракту збору даних з контролем перехідних процесів

Необхідність контролю поряд із сталими перехідних режимів роботи енергооб'єктів означає визначення їх енергетичних параметрів у розширеному діапазоні зміни вхідних струмів (до  $(10\div 20)I_{\text{ном}}$ , де можливе насичення проміжних трансформаторів, розрахованих на режими роботи, близькі до номінальних, а отже, і викривлення оцінки контрольованих параметрів), і неперервний контроль кривих вхідних струмів та напруг.

Варіант схеми вимірювальної частини тракту збору даних, розрахованої на контроль як сталих, так і перехідних режимів роботи енергооб'єктів [4], наведено на рис. 3, де БТ1, БТ2 – блоки проміжних трансформаторів, АК – аналоговий комутатор, ДОН – джерело опорної напруги, АЦП – аналого-цифровий перетворювач, Рг – регістр управління АК, ДШ1, ДШ2 – дешифратори, ПП – процесорний пристрій, ЗПП – пристрій пам'яті програми, Тг1, Тг2 – тригери, М1, М2, М3 – мультиплексиори, Л – лічильник, ОЗП1, ОЗП2 – оперативні запам'ятовувальні пристрої, БФ1, БФ2, БФ3, БФ4 – буферні формувачі.

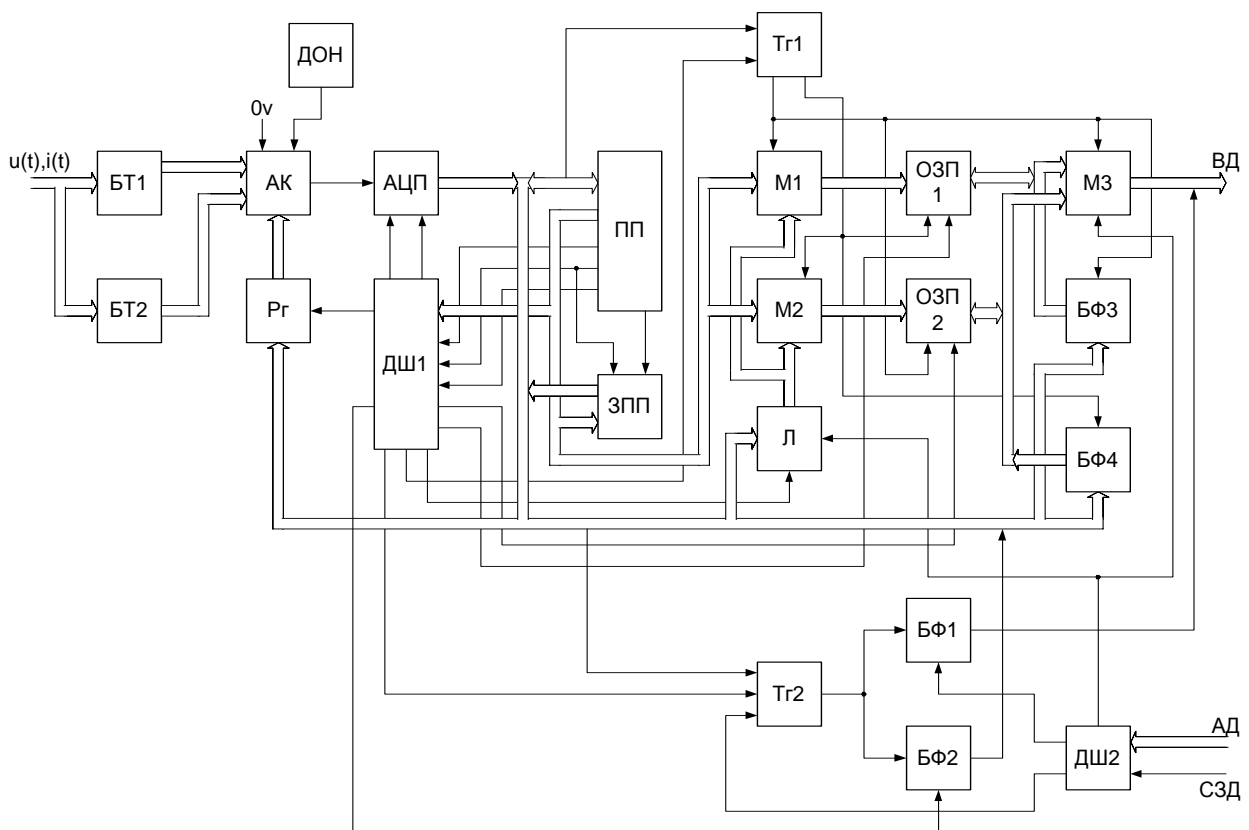


Рис. 3. Схема вимірювальної частини тракту збору даних з контролем перехідних процесів

У цій схемі, на відміну від попередньо розглянутих схем трактів збору даних, БТ1, що забезпечує лінійність передачі сигналів трифазного приєднання при режимах роботи контрольованого енергооб'єкта, близьких до номінального, з відповідним коефіцієнтом передачі струмів  $\beta_{\text{ном}}$ , доповнюється БТ2, розрахованим на перехідні процеси, з коефіцієнтом передачі струмів  $\beta_{\text{п}} = \beta_{\text{ном}} / 10 \div 20$ . Коди миттєвих значень нормованих вхідних сигналів за трифазним приєднанням протягом циклу збору даних, який дорівнює періоду коливань контрольованих сигналів, накопичуються в ОЗП1 або ОЗП2 за адресами, які формуються ПП і подаються на адресні входи ОЗП1 чи ОЗП2 через М1 або М2 залежно від стану Тг1. Після закінчення чергового циклу збору даних до ОЗП1(2) з ПП заносяться результати обробки контрольованих сигналів і код заповнення ОЗП1(2) даними, після чого Тг1 встановлюється в протилежний стан і дозволяє протягом наступного циклу збору даних зчитування даних з ОЗП1(2) і запис нових даних до ОЗП2(1). Водночас Тг2 встановлюється в "1", дозволяючи тим самим видачу інформації з ОЗП1(2) через мультиплексор М3 до зовнішньої шини даних. При цьому адреса ОЗП визначається станом Л, у який на початку чергового циклу збору даних заноситься код початкової адреси даних за попередній період, яка змінюється на одиницю при кожному зчитуванні інформації з ОЗП1(2) до зовнішньої шини даних ВД. Після закінчення зчитування Тг2 встановлюється в "0".

### Висновки

Вимірювально-алгоритмічне забезпечення системи контролю та діагностики енергооб'єктів з рознесенням у часі вибірок миттєвих значень напруг та струмів робить перспективною побудову тракту збору даних системи на основі одноканального аналого-цифрового перетворення з управлінням від процесорного пристрою і цифровою вибіркою інтервалів вимірювання, що дозволяє підвищити точність вимірювання енергетичних параметрів при одночасному збільшенні пропускну здатності тракту.

За необхідності контролю перехідних процесів у вихідних колах енергооб'єктів доцільним є введення у вимірювальну частину тракту збору даних додаткових трансформаторів, розрахованих на розширений діапазон зміни контрольованих сигналів, та оперативних запам'ятовуючих пристроїв, почергово реєструючих поточні значення цих сигналів.

1. Дороніна О.М., Лавров Г.М., Хомич С.В. *Визначення активної та реактивної потужностей у системних мултиметрах електричних величин промислової електромережі*//*Вісник Держ. ун-ту "Львівська політехніка"*.– 2001. – № 437. – С. 59–61.
2. Пат. 33298А України. *Аналого-цифровий перетворювач інтегральних характеристик електричних величин* / О.М. Дороніна, Г.М. Лавров, Ю.Е. Косотуров, С.В. Хомич.
3. Пат. 54718А України. *Аналого-цифровий перетворювач інтегральних характеристик електричних величин* / О.М. Дороніна, Г.М. Лавров, С.В. Хомич.
4. Пат. 54770А України. *Аналого-цифровий перетворювач інтегральних характеристик електричних величин* / О.М. Дороніна, Г.М. Лавров, С.В. Хомич.