

УДК 656.25

І. О. РОМАНЦЕВ – к. т. н., доцент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, r10\_mail@i.ua

**ВВЕДЕННЯ ПОТОКОВИХ ДАНИХ ПК ПРИ ВИМІРІ СИГНАЛІВ ТОНАЛЬНОГО РЕЙКОВОГО КОЛА**

Статтю представив д. фіз. - мат. н., проф. В. І. Гаврилюк

**Вступ**

Для підтвердження теоретично отриманих даних необхідно проведення експериментальних підтверджень, зокрема в режимі реального часу. Введення аналогових даних в обчислювальний пристрій на основі персонального комп'ютера потребує дискретизації за допомогою аналогово-цифрового перетворювача. Періодичний контроль та обробка аналогових даних дає змогу зібрати статистичні дані та отримати необхідний результат з урахуванням мінімального впливу короткотривалих дестабілізуючих факторів. При плануванні експерименту необхідно враховувати особливості експлуатації об'єкта, можливість її тимчасового призупинення, місця включення апаратури і їх електричні сигнали (напруги, струми й потужності). Це все надалі впливає на безпеку проведення вимірів і збереження працездатного стану контрольованої та вимірної апаратури.

**Мета роботи**

Для вводу поточкових даних при вимірі електричних сигналів тонального рейкового кола (ТРК) необхідно: визначити місця підключення вимірної апаратури в схемі; сформуванати схему проведення вимірів; урахувати особливості вимірів у різних місцях включення вимірної апаратури; проаналізувати апаратні й програмні можливості вимірної апаратури.

**Включення апаратури для проведення вимірів**

Виходячи з поставленої вище мети з вимірів електричних сигналів у ТРК [1-3], необхідно контролювати наступні параметри:

напругу на виході генератора  $U_{Г}$ , напругу на виході фільтра  $U_{Ф}$ , напругу на вході коливного приймача  $U_{ПП}$ , напругу на обмотці коливного реле  $U_{ПРЛ}$ , напругу пульсації струму електроживлення генератора  $U_{ПТЕГ}$ , залишкову напругу на вході коливного приймача при накладанні шунта  $U_{ОПП}$ , залишкову напругу на обмотці коливного реле при накладанні шунта  $U_{ОПРЛ}$ , напругу кодового трансформатора  $U_{КТ}$ , напругу мережі живлення  $U_{ПІТ}$ . Точки підключення вимірної апаратури електричних сигналів тонального рейкового кола наведені на рис. 1.

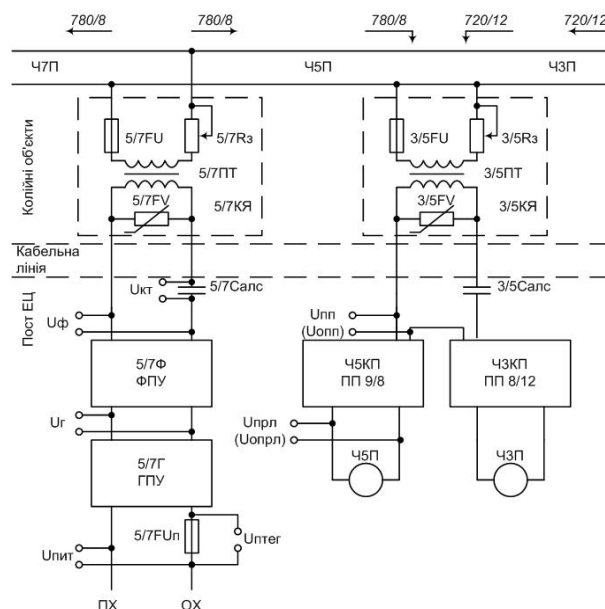


Рис. 1. Місце включення вимірної апаратури сигналів ТРК

На рис. 1 прийняті наступні скорочення: ЧЗП, Ч5П и Ч7П – 3, 5 і 7 ТРК і їхні коливні реле парної колії перегону апаратури непа-

рної станції; FU – запобіжники; FV – розрядники; КЯ – колійні ящики; ПТ – живильні трансформатори; Салс – ємності, з яких подається живлення автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС); ГПУ – генератор сигналів ТРК; КП – колійні приймачі. На схемі за відсутності необхідності не наведено включення кодової апаратури. Виходячи із загального числа вимірювальних параметрів ТРК, необхідно не менше 7 незалежних каналів контролю напруги згідно наведеної вище схеми для контролю одного ТРК. А при контролі декількох ТРК враховується використання загальних живильних кінців і загальне включення апаратури релейних кінців. Економія жильності досягається шляхом використання однакових виводів для підключення вимірювальної апаратури. Схема контролю ТРК за наявності суміжного рейкового кола при зменшенні жильності включення вимірювальної апаратури наведена на рис. 2:

На рис. 2 наведено скорочення РЛ – рейкова лінія. Для зменшення обсягу рисунку не наведена колійна апаратура. Дана схема враховує максимальне наближення до реальних умов контролю електричних параметрів тонального рейкового кола [4].

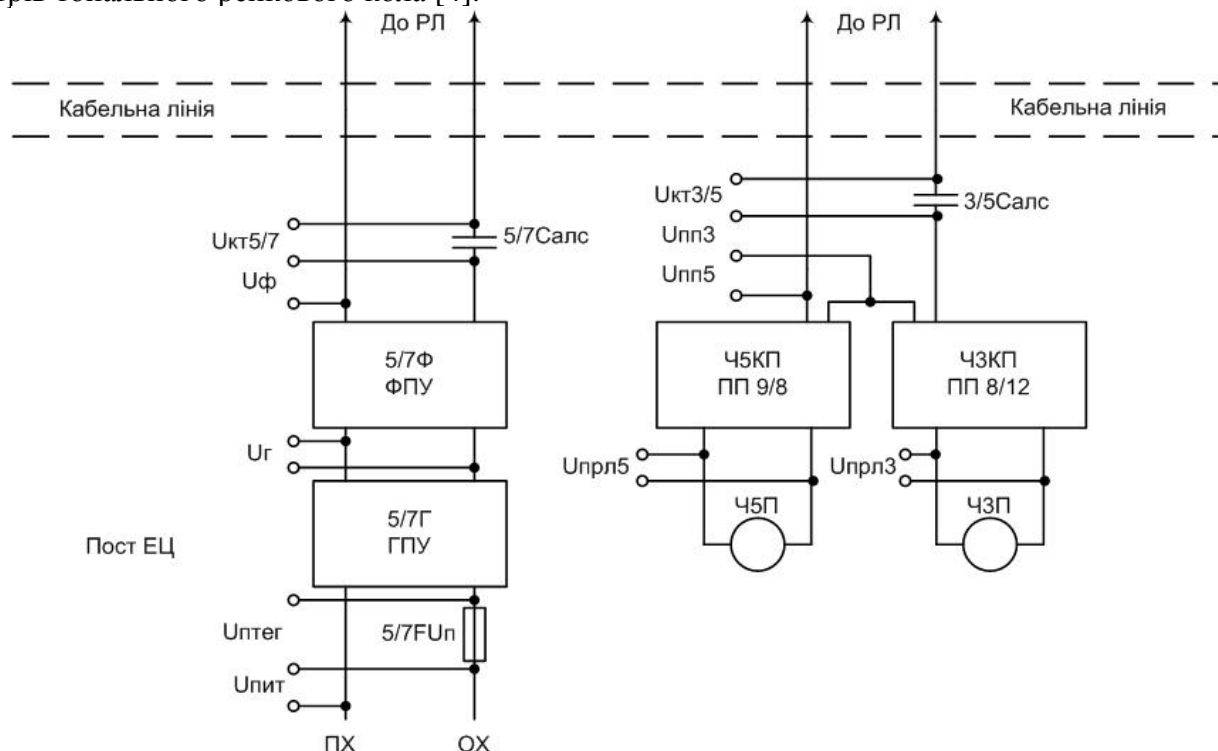


Рис. 2. Спрощена схема включення вимірювальної апаратури

### Перетворення вимірюваних аналогових сигналів у цифровий вигляд

Сучасна обчислювальна техніка використовує цифровий сигнал для необхідних перетворень і зберігання інформації. Існує велика кількість пристроїв, що можуть перетворити аналоговий сигнал у цифровий. Виходячи з того, що вони працюють по одному принципу (дискретизація за часом і квантування по амплітуді), то при оцифровці електричних сигналів не настільки важливий тип аналогово-цифрового перетворювача (АЦП), як умови експлуатації об'єкта виміру [4]. Виходячи із цього, ТРК повинне безупинно виконувати свої функції, у тому числі й при проведенні вимірів її електричних параметрів.

Заходи щодо підключення вимірювальної апаратури (комплексу) повинні найменшим чином впливати на роботу ТРК щоб уникнути збою. Це вимагає формування проміжних умов перетворення сигналів з урахуванням характеристик АЦП [5]. Структурна схема апаратно-програмного перетворення інформації приведена на прикладі АЦП m-DAQ та показана на рис. 3.

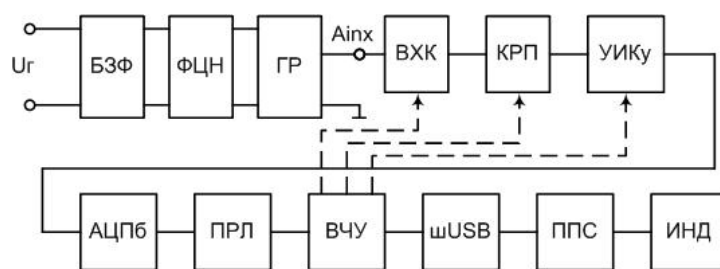


Рис. 3. Структурна схема перетворення інформації

На рис. 3 прийняті такі позначення: БЗФ – блок захисних функцій; ФЦН – фільтр цільової спрямованості; ГР – гальванічна розв'язка аналогового сигналу; ВХК – вхідний комутатор АЦП; КРП – комутатор режимів перемикавання; УИКу – підсилювач зі змінюваним коефіцієнтом підсилення; АЦПб – блок оцифровування сигналу; ПРЛ – програмувальна логіка; ВЧУ – обчислювальний пристрій АЦП; шUSB – шина передачі даних; ППС – програмний перетворювач сигналів; ИНД – індикатор вихідного сигналу; Ainx – вхідний канал «х» АЦП.

У блоці БЗФ реалізовані функції захисту схеми, у якій проводиться вимір електричного сигналу і узгодження амплітуд напруг, що подаються в подальшу схему на АЦП. Максимальна величина напруги зазначена в технічній документації на прилад [5]. ФЦН є пристроєм обмеження (пропущення) смуги частот на АЦП, що відповідає максимальній частоті дискретизації (згідно теореми Котельникова). Якщо в комплекті з АЦП постачальником включені фільтруючі елементи, то ФЦН можна не використовувати. Однак, використання ФЦН доцільно при використанні полосо-проникної фільтрації в ТРК, коли виключаються частоти, що не входять у діапазон 400...800 Гц. Гальванічна розв'язка є останнім вузлом, що конструктивно не входить (як правило) до складу аналогово-цифрового перетворювача. Через клему «х» аналоговий сигнал надходить на вхідний комутатор (мультиплексор), керування яким здійснюється від ВЧУ. Кількість входів АЦП залежить від розрядності ВХК і максимально становить 8-16 одиночних або 4-8 диференціальних. Комутатор режимів перемикавання вказує на

1 з 3 режимів роботи АЦП: диференціальний (вимір напруг між двома входами), однопровідний (вимір напруг між сигнальним проведенням і «землею») і режим заземлення (комутатор дозволяє подати на вхід АЦП нульова напруга для виміру фактичної вхідної напруги зсуву нуля АЦП). УИКу дозволяє підсилити вхідна напруга низької величини. Установка заданої величини посилення вказується через ВЧУ програмно. АЦПб безпосередньо проводить квантування аналогової напруги в заданий момент часу. За допомогою ПРЛ оцифрований сигнал передається в буферну пам'ять і далі на обробку через ВЧУ в персональний комп'ютер (ПК) по швидкісній шині USB. Програмний перетворювач сигналів являє собою програму, реалізовану, як правило, в LabVIEW, графічному середовищі розробки додатків для вимірів, тестування й керування [6].

Для АЦП серії DAQ конструктивно розміщені в одному блоці вузли ВХК, КРП, УИКу, АЦПб, ПРЛ, ВЧУ й шUSB. Вузли ППС та ИНД реалізують у програмному виконанні. Однак, при необхідності індикатори можна включити на виносних панелях, що досить просто здійснити при наявності цифро-аналогових виходів. Детально властивості АЦП серії DAQ описані в [7].

### Особливості вимірів у різних місцях включення апаратури

У процесі роботи вимірювальної апаратури необхідно враховувати особливості електричних сигналів ТРК, що було зазначено раніше. Так як функції блоків БЗФ, ФЦН і ГР не реалізуються в складі АЦП, то була розроблена принципова апаратура, наведена на рис. 4.

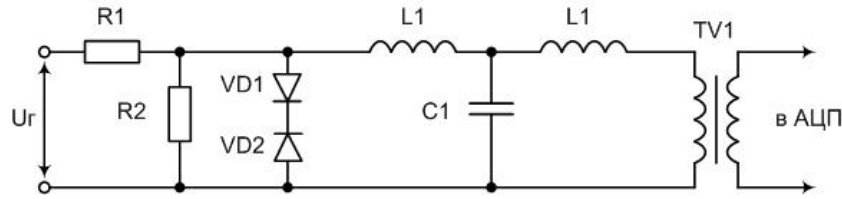


Рис. 4. Схема функціональних вузлів БЗФ, ФЦН і ГР

На рис. 4 наведена схема для подачі напруги з виходу генератора для подальшої оцифровки й обчислень. Внаслідок того, що в АЦП m-DAQ, ADA у різних модифікаціях не містить у собі елементи захисту від перевищення максимально допустимого напруження (є тільки захист від перевищення струмів), зустрічно включені стабілітрони VD1 і VD2. Для виключення впливу схеми виміру (рисунок 4) на роботу ТРК при пробі стабілітронів передбачається обмежуючий резистор R1. Разом з R2 він задає вхідний опір всіх вимірювальної схеми, мінімальна величина якого становить 20 кОм. Практично, чим більше буде даний опір, тим менше вплив буде здійснювати вимірювальна апаратура – це обумовлено властивостями вхідного опору приладів виміру напруги [8]. Для виключення негативного впливу високих частот на дискретне перетворення сигналу [9] використаний фільтр низьких частот (ФНЧ), зібраний на елементах L1 та C1. Незважаючи на положу характеристику фільтра в частоті зрізу, ФНЧ забезпечує істотне загасання високих частот (100 кГц). Це забезпечується за рахунок того, що для схеми ТРК із низьким або високим діапазоном частот практичну частоту зрізу ФНЧ можна встановити набагато нижче частоти дискретизації сигналу

АЦП. Як функціональний елемент ГР використовується трансформатор з коефіцієнтом трансформації 1, що не передбачено в АЦП. Крім цього, ГР виключає формування обхідних кіл ТРК через вимірювальну схему. В протилежному випадку (за відсутності ГР) при кожному вимірі аналогово-цифровим перетворювачем всі канали вимірів будуть мати один загальний провід, електрично зв'язаний з мінусовим проводом живлення ПК.

При вимірі двох напруг в одному місці схеми з одним загальним проведенням схема БЗФ, ФЦН і ГР буде мати вигляд, представлений на рис. 5.

Наведені на рис. 5 елементи R3, VD3, VD4, L2, C2 і TV2 функціонально аналогічні елементам R2, VD1, VD2, L1, C1 і TV1. Необхідно врахувати, що через R2 і R3 формується обхідний ланцюг ТРЦ, отже, їхнє сумарне значення не повинне бути менше зазначеним 20 кОм. Загальний вивід TV1 і TV2 являє собою загальне провід АЦП (на рис. 5 не показано).

Опис блоків ВХК, КРП, УИКУ, АЦПБ, ПРЛ, ВЧУ та шUSB не приводиться, бо достатньо присутній в [5, 7] і не є новою розробкою.

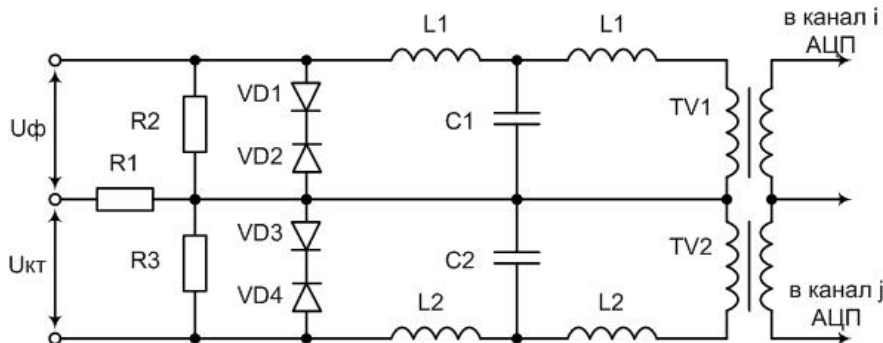


Рис. 5. Схема функціональних вузлів БЗФ, ФЦН і ГР при вимірі із загальним проводом

### Особливості включення апаратури АЦП

Відповідно до технічної документації, АЦП може працювати в одному із трьох режимів вимірювань: однопровідний вимір потенціалу (рис. 6), диференціальний вимір і режим визначення зсуву нуля.

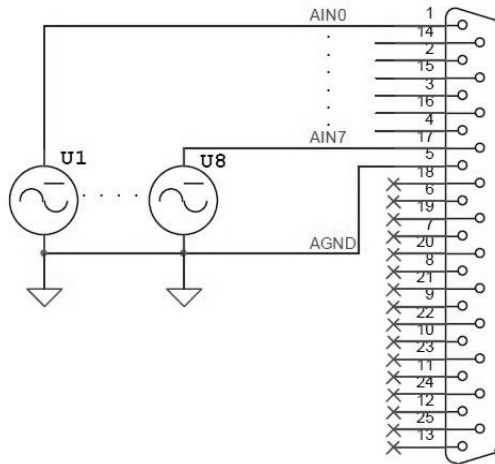


Рис. 6. Схема включення джерела напруги при однопровідному вимірі

Якщо третій з режимів використовується при настроюванні апаратури, то вибір першого або другого є принциповим: Якщо при однопровідному вимірі використовується максимальна кількість вимірювальних входів і в 2 рази можна зменшити кількість АЦП, то при диференціальному режимі (рис. 7) зменшується вплив зовнішніх перешкод на вимірювальні провіді.

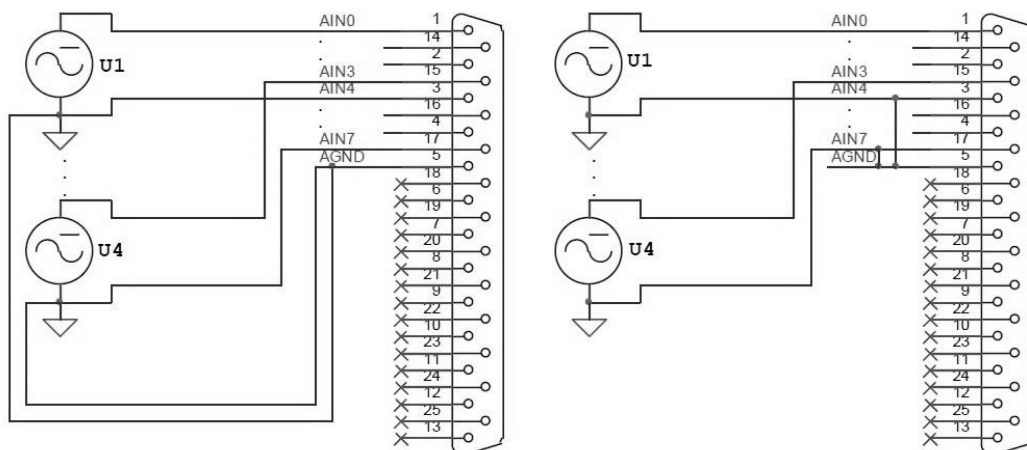


Рис. 7. Схема включення джерела напруги при диференціальному вимірі

На рис. 6 показано: U1..U8 – джерела напруги, AI0..AI7 – входи вхідного комутатора АЦП; AGND – аналогова "земля" АЦП; 1..25 – клеми стандартного рознімання DB25F для підключення зовнішніх пристроїв до АЦП.

Таким чином, при першому включенні схеми вимірів необхідно визначитися з тим, чи є допустимим співвідношення сигнал/перешкода при однопровідному включенні АЦП, і вибрати режим роботи перетворювача.

### Висновки

У роботі наведене включення апаратури АЦП для виміру електричних напруг ТРЦ із урахуванням особливості її роботи. Опис схеми вимірів дає можливість подальшої роботи із програмною частиною перетворювачів m-DAQ і ADA при використанні стандартного забезпечення або набору бібліотек для автоматичного керування потоками даних.

### Бібліографічний список

1. Романцев, И. О. Определение параметров и критериев для системы автоматического контроля состояния тональных рельсовых цепей [Текст] / И. О. Романцев // Электромагнитна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2011. – Вип. 1. – С. 37-43.

2. Пат. 61018 Україна МПК В61L 25/00. Спосіб визначення первинних параметрів кабельних та рейкових ліній рейкових кіл при центральному розміщенні апаратури [Текст] / Гаврилюк В. І., Романцев І. О.; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – заявлено 08. 11. 2010; опубліковано 11. 07. 2011, Бюл. №13.
  3. Пат. 50742 Україна МПК В61L 25/00. Спосіб вимірювання параметрів кодового струму в рейкових колах без ізолюючих стиків [Текст] / Гаврилюк В. І., Романцев І. О.; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – заявлено 4. 12. 2009; опубліковано 25. 06. 2010, Бюл. №12
  4. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. ЦШ0042. [Текст] / Гол. Розробник Кузьменко Д. М. Затв. наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 26 квітня 2006р. №347-ЦЗ. – Харків: Залізничавтоматика, 2006. – 461 с
  5. Микросистема сбора данных m-DAQ12 – Руководство пользователя [Текст] / ХОЛИТ Дэйта Системс. – Киев, 2012. – 32 с.
  6. О LabVIEW [Електрон. ресурс] / National Instrument: LabVIEW. – Режим доступу: <http://www.labview.ru/labview/>
  7. АЦП/ЦАП с USB [Електрон. ресурс] / ХОЛИТ Дэйта Системс. – Киев, 2012. – Режим доступу: [http://holit.com.ua/index.php?page=shop.browse&category\\_id=16&option=com\\_virtuemart&Itemid=71&lang=ru](http://holit.com.ua/index.php?page=shop.browse&category_id=16&option=com_virtuemart&Itemid=71&lang=ru)
  8. Метрология и радиоизмерения: учеб. для вузов [Текст] / под ред. В. И. Нефедова. – Москва: Высш. шк., 2006. – 526 с.
  9. Основы цифровой обработки сигналов [Текст] / под ред. А. И. Солониной. – Санкт-Петербург: БВХ-Петербург, 2005. – 786 с.
- Ключові слова:** тональне рейкове коло, аналогово-цифровий перетворювач, технологічні виміри, включення вимірної апаратури.
- Ключевые слова:** тональная рельсовая цепь, аналогово-цифровой преобразователь, технологические измерения, включение измерительной аппаратуры.
- Keywords:** railway circuit of tonal frequency, analog-digital converter, technological measurements, measure device connection.
- Надійшла до редколегії 02.02.2012