

докл. Юбил. междунар. науч.-практ. конф./МГУПП: В 2 т.- М.: Изд. комплекс МГУПП, 2001.- Т.2.- С.211-214.

3. Иванчиков А.В. Автоматизация учета на элеваторе//Хранение и переработка зерна.- 2011.- №11(149).- С. 35-37.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ткачовим В.В.
Надійшла до редакції 11.10.2012*

УДК 621.314.57:621.3.064.4

© С.М. Ткаченко, А.В. Маслов

ПИТАННЯ ІСКРОБЕЗПЕКИ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ТЕМПЕРАТУРИ В СИЛОСАХ ЕЛЕВАТОРІВ

Розглянуто проблеми іскробезпеки, що виникають під час експлуатації цифрових термопідвісок у системах термометрії силосів елеватора та запропоновано шляхи їх вирішення.

Рассмотрены проблемы искробезопасности, возникающие при эксплуатации цифровых термоподвесок в системах термометрии силосов элеватора и предложены пути их решения.

Problems spark safety arising during operation of digital thermometry systems in silo elevator and proposed solutions.

Вступ. Поява на ринку України напівпровідникових інтелектуальних вимірювачів температури, а саме, датчиків з інтерфейсом 1-Wire фірми Dallas Semiconductor, призвело до їх впровадження в системи вимірювання температури вітчизняного виробництва. Насамперед, це стосується елеваторів, де вкрай складно і затратно використовувати системи термометрії на базі популярних промислових контроллерів і мов програмування, що відповідають МЕК 61131. Складність використання стандартного обладнання обумовлена великою кількістю точок контролю температури в силосах елеватора. Ця кількість становить, в залежності від обсягів збереження елеватора від декількох сотень до 6-8 тисяч точок. Тому для вимірювання температури використовуються переважно вітчизняні розробки, більш дешеві у виготовленні, монтажі та обслуговуванні.

Конкуренцію вітчизняним розробкам на ринку України можуть скласти канадські системи термометрії, проте застосоване в них технічне рішення – використання в якості первинних перетворювачів термопар і комутація каналів вимірювання за допомогою шаф реле з позолоченими контактами – в СРСР було визнане морально застарілим ще в 60-х роках минулого століття. Причина – дорожнеча в експлуатації, висока похибка вимірювань, відсутність дієвих методик метрологічної повірки та налагодження. В СРСР традиційно застосовувалися термопідвіски у металевому рукаві на основі терморезистрів, комутованих через шафи реле з мідними контактами на вимірювальний міст. Підстроювання і регулювання таких вимірювачів здійснюється відмотуванням та домотуванням резисторів вимірювального мосту, що дозволяло вийти на необхідну граничну похибку вимірювань $\pm 2^{\circ}\text{C}$. На теперішній час такі системи контролю теж вважаються застарілими через

дорожнечу обслуговування і ремонту. З одного боку, підстроювання системи термометрії під терморезистор трудомістке і вимагає високої кваліфікації, з іншого – реле для системи термометрії на основі вимірювання термоопору в Україні не виробляються, а ціна імпортованих досягає 15-20 у.о. за штуку, що для підприємств неприйнятно [1].

Через зазначену причину, на елеваторах України йде заміна застарілих аналогових термопідвісок на цифрові, побудовані на базі датчиків DS18B20 фірми Dallas Semiconductor.

Автоматизація процесу термометрії на основі цифрових термопідвісок ускладнена перш за все з вимогами іскробезпеки, недотримання яких в елеваторах по пшениці призводить до виходу з ладу датчиків й ушкодженню обладнання термометрії, а в елеваторах по соняшнику, які існують на олієекстракційних заводах, ОЕЗ, існує також небезпека вибуху метану, що виділяється продуктом.

Мета і задачі статті. Мета представленої публікації – обґрунтування технічних рішень, що дозволяють задовольнити вимоги з іскробезпеки при вимірюванні температури зерна у силосах елеватора. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити фактори небезпеки, що виникають під час експлуатації систем термометрії на основі цифрових термопідвісок;
- обґрунтувати вимоги, що пред'являються до апаратури системи термометрії у силосах елеватора;
- розробити рішення, що дозволяють забезпечити вимоги до систем термометрії на елеваторі.

Викладення основного матеріалу.

Визначення факторів небезпеки. Термопідвіски виробляють на ряді підприємств України та близького зарубіжжя. Для більшості з них існує ряд спільних властивостей, що створюють можливість іскроутворення.

По-перше, корпуси цифрових термопідвісок виконуються на основі пластикових труб або металевих рукавів. Пластикові труби більш дешеві у виготовленні і тому найбільш поширені, але їх експлуатація пов'язана з накопиченням зарядів статичної електрики і виникненням іскор розряду.

По-друге, дрежелом іскроутворення є електричні кола апаратури автоматики, а саме: інтерфейси термопідвісок, інтерфейс передачі даних системи термометрії, контроллери, що обслуговують термопідвіски, мережа живлення контролерів.

Вказані властивості формують основні фактори іскробезпеки експлуатації систем термометрії на основі цифрових термопідвісок: конструктивний і схемотехнічний.

Обґрунтування вимог до апаратури системи термометрії у силосах елеватора. Відповідно до існуючої в Україні нормативно-правової бази, до апаратури автоматики, що розташована у вибухонебезпечній зоні, зокрема елеваторів ОЕЗ, пред'являються вимоги з іскробезпеки обладнання відповідно до категорії ПВ[2]. Таким чином, за умови застосування напруги 24 В, струм, що споживається апаратурою автоматики не повинен перевищувати 467 мА (коефіцієнт запасу 1,5 для граничної активної складової струму 700 мА)[3]. Індуктивна скла-

дова струму не враховується, оскільки існуючі схемотехнічні рішення апаратури термометрії практично не містять індуктивної складової.

Розробка рішення по забезпеченню вимог з іскробезпеки. Існує два напрями з забезпечення іскробезпеки системи термометрії – організаційно-технічний та технічний.

Організаційно-технічний шлях більш простий, і на сьогоднішній день він дозволяє застосувати наступні заходи:

- застосування термopідвісок переважно у металевому рукаві з виконанням заземлення;
- у разі неможливості, або економічної недоцільності використання металевого корпусу рекомендується використовувати пластикові термopідвіски ТП-КТ-8. Вони виробляються ДНВП «Ельдорадо», сертифіковані відповідно до групи іскробезпеки ПВ і мають вбудовану схему гасіння зарядів статичної електрики;
- у разі технічної доцільності використовувати сертифіковані по ПВ контроллери термометрії ДКТ-1, що виробляються на ДНВП «Ельдорадо», які також мають вбудовані схеми гасіння статичної електрики термopідвісок;
- відділяти іскробезпечну зону від небезпечної по лініям зв'язку сертифікованим в Україні іскробар'єром;
- джерело живлення апаратури системи термометрії розміщувати в іскробезпечній зоні і також відділяти від апаратури сертифікованим іскробар'єром.

Організаційно-технічні заходи не завжди здатні ефективно вдовольнити вимоги з іскробезпеки.

По-перше, сертифіковані іскробар'єри в Україні в умовах розподіленої структурної схеми, довгих ліній і великої кількості одиниць обладнання самі по собі не здатні забезпечити входження системи термометрії у вимоги до групи ПВ через імовірність ушкоджень довгих ліній чи вузлів системи.

По друге, застосування контроллера ДКТ-1 не завжди виправдане з таких причин:

- великі підприємства по зберіганню і переробці зерна, зокрема ОЕЗ, мають високу ступінь автоматизації на базі стандартних промислових контролерів, що вимагає наявності стандартних протоколів і інтерфейсів, які на ДКТ-1 відсутні;
- сполучення існуючого рішення з промисловими системами автоматизації можливо лише з використанням проміжного нестандартного конвертуючого обладнання, що не вигідно підприємству-замовнику.

Ми пропонуємо модернізувати існуючий ДКТ-1 для використання в мережах стандартних промислових контролерів без втрати властивостей іскрозахисту відповідно до групи ПВ.

Розглянемо потенційно іскробезпечні ланцюги контроллера, які виникають під час модернізації:

- 12 каналів зв'язку з датчиками термopідвісок по інтерфейсу 1-Wire;
- канал зв'язку з обладнанням промислової автоматики;
- канал живлення контроллера.

Датчики у термopідвісці включені за двохпровідною схемою з використанням для живлення заряду паразитної ємності лінії зв'язку. В загальному випадку одна термopідвіска містить 15 датчиків, але їх кількість може, залежно від особливостей об'єкта впровадження, зрости до 25. До одного контроллера термометрії

звичайно підключається 12 термopідвісок, хоча потреба в них може варіюватися від 3 до 18. Для захисту від статичної електрики в існуючій схемі ДКТ-1 застосовано супресори на 6,8 В, включені між лініями зв'язку, живлення та загальним проводом кожного каналу зв'язку з термopідвіскою. Управління датчиками температури в системі на базі ДКТ-1 здійснюється за циклічним протоколом:

- розсилка спільної команди вимірювання всім датчикам термopідвіски;
- пауза 500 мкс, необхідна для проведення вимірювання;
- індивідуальне опитування всіх датчиків термopідвіски за їх адресами;
- перехід до наступної термopідвіски.

Споживаний струм датчика DS18B20 під час вимірювання становить 3-5 мА, і на одну термopідвіску з 15 датчиками може досягати 75 мА. Це вкладається у вимоги ПВ за граничним споживаним струмом у 467 мА з напругою 24В, проте, якщо врахувати додаткове енергоспоживання самим контроллером і лінією зв'язку, загальна дозволена за іскробезпекою кількість контроллерів ДКТ-1 у системі обмежується 3-4 штуками, за потреби у 12-18 штук. Виробнику за допомогою додаткових схемотехнічних рішень вдалося знизити струм живлення контроллера до 40-50 мА, але при цьому виникли істотні обмеження на кількість датчиків у термopідвісці, що викликало необхідність застосовувати нестандартний канал зв'язку. Крім того, якщо в одній термopідвісці виявилися датчики, які споживають збільшений, але допустимий за їх паспортом струм, частина з них буде непрацездатною, оскільки їм не вистачить струму живлення, який надходить з паразитної ємності каналу зв'язку.

Для керування датчиками температури, нами запропоновано технічне рішення, що дозволяє без істотних обмежень за кількістю датчиків і без необхідності застосовувати нестандартний інтерфейс вкластися у вимоги з іскробезпеки ПВ. Для цього досить використовувати у керуванні вимірюванням наступний циклічний алгоритм:

- посилка команди вимірювання за адресою одного з датчиків підключених термopідвісок;
- пауза 500 мкс, необхідна для проведення вимірювання;
- опитування відпрацьованого датчика на його адресою;
- перехід до наступного датчику.

Таким чином, зменшується споживання струму на вимірювання до 5 мА, що дозволяє у модернізованому варіанті контроллера використати стандартний інтерфейс, збільшити кількість контроллерів у системі та зберегти властивості іскробезпеки. Побічний ефект такого рішення виявляється в істотному збільшенні тривалості циклу опитування точок виміру – від десятків мілісекунд в старому ДКТ-1 до сотень мілісекунд і секунд у модернізованому варіанті. Однак, для процесу контролю температури, яка змінюється на 1-2°C протягом доби, таке зниження швидкодії не має значення.

Інше потенційне джерело іскроутворення – канал зв'язку. Для сполучення зі стандартними промисловими контроллерами можливо піти двома шляхами – застосувати інтерфейс RS-485 з одним із промислових протоколів або застосувати струмовий канал PROFIBUS-PA. Незважаючи на привабливість другого шляху в запропонованому нами варіанті контроллера від нього довелося відмовитися. Причини – складність схемотехнічного рішення для живлення контроллера.

лера через диференційний струмовий канал зв'язку, відсутність достовірної технічної інформації з протоколу PROFIBUS-PA, порівняна складність протоколів PROFIBUS, необхідність платної сертифікації в одній з організацій, що підтримують PROFIBUS. Тому вибір був зроблений у бік інтерфейсу RS-485 та відкритого протоколу ModBus RTU.

Для реалізації RS-485 була обрана мікросхема MAX485B зі струмом споживання у пасивному стані 0,3 мА і струмом живлення лінії зв'язку близько 4 мА. Мікросхема витримує значні струми короткого замикання, до 250 мА, але при цьому не має засобів захисту. Тому, для іскрозахисту каналу зв'язку застосовано супресори на 14 В, через які лінії А і В інтерфейсу, кожна окремо, підключаються до заземлення. Додатково, на кожній лінії встановлюється по одному запобіжнику 100 мА, які розривають лінію зв'язку у разі короткого замикання у контролері або при відкриванні супресорів захисту (поява високої напруги на лінії). Функціональна схема пропонованого іскрозахисту інтерфейса RS-485 показана на рисунку 1.

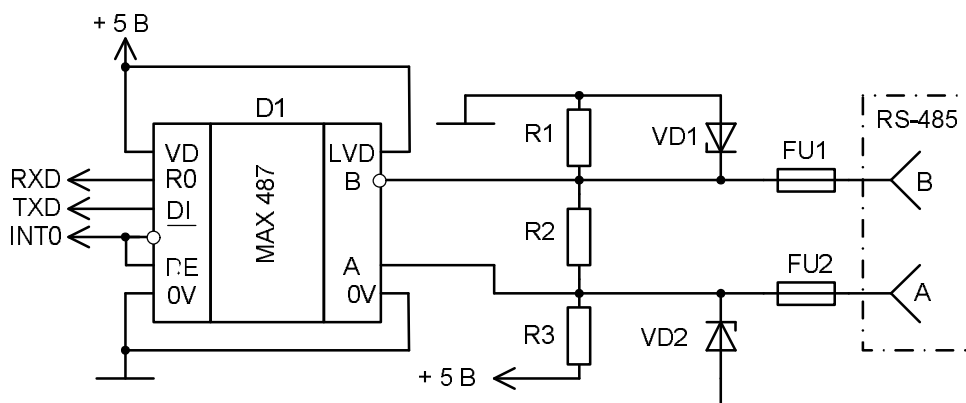


Рис. 1. Функціональна схема іскрозахисту інтерфейса RS-485 контролера термометрії

Таким чином, в штатному режимі контролери термометрії на обмін по каналу зв'язку споживають струм 4-5 мА, а у разі коротких замикань і перевантажень лінії зв'язку, струм лінії не перевищить 100 мА. Очевидно, що у запропонованому рішенні, канал зв'язку контролера вкладається у вимоги до групи ІІВ.

Розглянемо останнє потенційно іскробезпечне коло – лінію живлення. У старому ДКТ-1 живлення здійснювалося постійним струмом напругою 15 ± 2 В. Це передбачає наявність у системи власного джерела живлення, що неприйнятно для інтегрування з промисловими системами автоматики, напруга живлення котрих переважно становить 24 В. Запропонований варіант контролера орієнтований на напругу постійного струму 24 В. Для забезпечення іскробезпеки з боку промислового джерела живлення 24 В та з боку пульта управління чи ведучого промислового контролера потрібно встановити сертифіковані іскробар'єри. Крім того, з боку контролерів термометрії пропонується три ступені захисту:

- встановлення на платі контролера іскробар'єра за живленням, виконаного у вигляді класичної Т-подібної схеми з використанням двохваттних резисторів номіналом по 560 Ом і супресора на 26В;
- застосування в якості джерела живлення 5 В на платі контролера каскаду з двох мікросхем LS7805, причому вхідна мікросхема включена за схемою

обмежувача (а фактично, стабілізатора) струму. Резистори обмежувача підбрано під струм 30 мА. Таке рішення перерозподіляє розсіявану потужність на 2 мікросхеми живлення, що підвищує їх надійність, знижує температуру нагріву і обмежує можливий струм короткого замикання ліній живлення та зв'язку з вини контроллера, в тому числі і на каналах 1-Wire і RS-485;

- включення запобіжника на 100 мА між сертифікованим іскробар'єром живлення та каскадом живлення мікросхем контроллера, який повинен спрацювати у випадку електричного пробоя схеми живлення і відключити контроллер від лінії 24В.

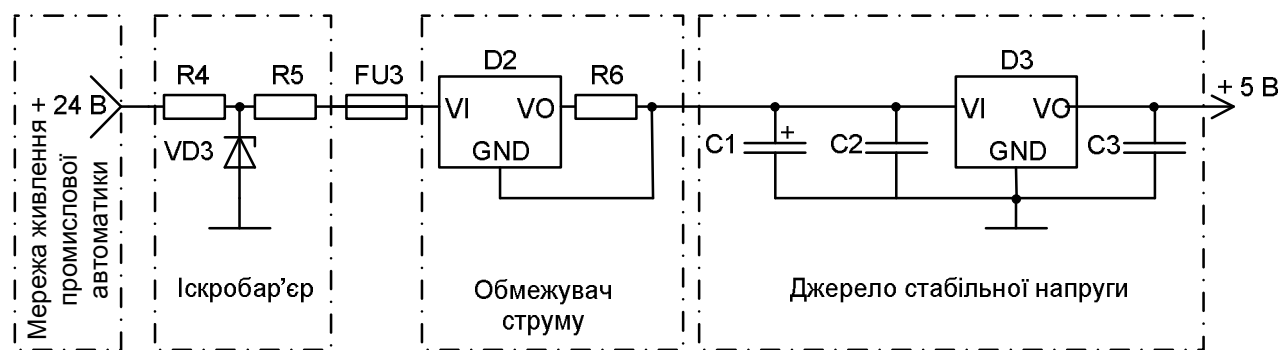


Рис. 2. Функціональна схема іскрозахисту ланцюгів живлення контроллера термометрії

Висновки. Запропоноване рішення дозволяє організувати розподілену систему термометрії відповідну вимогам до групи іскрозахисту ІВ у складі 15 вузлів або вимогам до групи ІС у складі 6 вузлів.

Система термометрії інтегрується в мережу промислових контроллерів за протоколом ModBus RTU.

Проведені випробування показали можливість підключення на один 1-Wire канал до 7 термопідвісок з видаленням на відстань до 100 м без втрати зв'язку та збереженням властивостей іскробезпеки системи. Таким чином, удосконалений контроллер ДКТ-1 дозволяє, за умови незначної корекції програмного забезпечення, підключити до 84 підвісок замість 12.

Пробна партія модернізованих контроллерів під маркуванням ДКТ-1-Кц була виготовлена у рамках співпраці співробітників і студентів кафедри автоматизації державного ВНЗ «Національний гірничий університет» з ДНВП «Ельдорадо» і поставлена на ОЕЗ ТОВ «Комбінат Каргілл», м. Донецьк.

Подальший розвиток АС термометрії буде направлено на пряме інтегрування в мережу PROFIBUS-DP переважно під контроллери Siemens.

Література

1. Основные варианты выбора системы термометрии элеватора. – Просянык А. В., канд. техн. наук, Соснин К.В., ГНПП «Ельдорадо», г. Днепропетровск //Хранение и переработка зерна № 3. – Март 2008, стр.29-30.
2. ГОСТ 27962-88 Оборудование технологическое для мукомольных предприятий.
3. ГОСТ 22782.5-78 Электрооборудование взрывозащищенное с видом взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь». Технические требования и методы испытаний.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Ткачовим В.В.
Надійшла до редакції 11.10.2012