

**УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ДАВАЧ РАДІУСУ РУЛОНУ
РУЛОННОЇ АРКУШЕРІЗАЛЬНОЇ МАШИНИ**

Дана стаття присвячена побудові ультразвукового давача радіусу рулону в стрічкоживильній секції рулонної аркушерізальної машини. Приведено також опис розробленого алгоритму роботи та відповідного програмного забезпечення для мікроконтролера, що управляє ультразвуковим модулем

This article devoted to a build of ultrasound roll radius sensor at web feeding section of roll sheeting machine. Also has been showed description of developed algorithm and appropriate software for microcontroller which controls ultrasound module.

1. ВСТУП. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Аркушерізальні машини широко використовуються у поліграфічному виробництві для розрізування рулонів на аркуші заданої довжини. Так при друці невеликих тиражів доцільно застосовувати аркушеву друкарську машину, оскільки її можна швидше налагодити, але вона у свою чергу також вимагає живлення аркушами із точними і стабільними лінійними розмірами. Досить часто експлуатуються ще аркушерізальні машини із колодочним гальмом на осі розмотуваного рулону. Таке технологічне рішення є застарілим і вимагає періодичного втручання оператора для ручного підрегулювання величини гальмівного моменту. Найбільшою незручністю при цьому є те, що із зменшенням радіусу рулону оператор буде змушений корегувати величину притиску колодочного гальма все частіше і частіше. Це пояснюється тим, що лінійна швидкість розмотування стрічки є відносно сталою, а довжина кола поперечного перерізу рулону зменшується пропорційно до його радіусу і в результаті зростає кутова швидкість розмотки. Тому потреба у забезпеченні автоматичного налаштування рулонного гальма аркушерізальної машини є очевидною. Для підтримки сталої величини натягу стрічки потрібно зрівноважити між собою гальмівний та розмотувальний моменти, бо останній зменшується пропорційно із зменшенням радіусу. Саме тому давач радіусу рулону є обов'язковою складовою автоматичних систем регулювання натягу стрічки у стрічко

¹ Українська академія друкарства

живильній секції аркушерізаційної машини. Існують різні методи і варіанти організації вимірювання радіусу розмотуваного рулону. Але усіх їх можна поділити на три групи: контактні, безконтактні та оціночні. До контактних відносять різні варіанти на базі «плаваючого» валика. Оціночні методи ґрунтуються на непрямому визначенні радіусу з вимірювань чи відомих величин лінійної швидкості стрічки і частоти обертання осі рулону або товщини стрічки і кількості повних обертів осі рулону. Неконтактні способи засновані на пристроях дистанційного вимірювання відстані від давача до поверхні рулону. Технічно вони виконані у вигляді ультразвукових (УЗ) сонарів або випромінювачів-фіксаторів інфрачервоного (ІЧ) спектру. Компактні розміри та вища надійність за рахунок відсутності механічного контакту та рухомих елементів роблять безконтактні методи вимірювання радіусу більш привабливими у порівнянні з іншими.

На даний час рядом відомих компаній (Sick, Leuze, Omron, Sharp та ін.), що випускають технічні засоби для автоматизації виробничих процесів, виготовляються безконтактні ІЧ та УЗ давачі відстані. Їх можна застосувати для вимірювання радіусу рулону в аркушерізаційних машинах (АРМ). Для них характерні компактні розміри та достатньо висока точність вимірювань. Але висока вартість (сотні доларів), занадто широкий спектр можливих способів підключення до систем керування (можливо у деякій мірі цим пояснюється їх ціна) та орієнтованість на роботу з програмованими логічними контролерами (ПЛК) накладають певні обмеження на область застосування цих пристроїв, особливо коли йдеться про потребу модернізації аркушерізаційних машин у котрих відсутні системи автоматичного регулювання натягу стрічки у стрічкоживильній секції. Тому задача розробки недорогих і водночас точних давачів радіусу рулону є актуальною і потребує вирішення.

2. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ДАВАЧА РАДІУСУ РУЛОНУ

Для спрощення процесу побудови давача радіусу рулону АРМ можна використати серійні недорогі ІЧ чи УЗ модулі, що суміщають у собі генератори і фіксатори світлових/ультразвукових сигналів. ІЧ модулі (напр. GP2Y0A21) на виході дають аналогову величину напруги, що обернено пропорційна відстані до перешкоди. Але вихідна характеристика не є лінійною, тому для забезпечення точної оцінки відстані потрібно це врахувати при розробці алгоритму та програми роботи МК, що опрацьовує вихідні сигнали ІЧ модуля.

За основу для побудови давача радіусу рулону візьмемо ультразвуковий модуль HC-SR04. При подачі на його вхід TRIG імпульсу тривалістю не менше 10 мкс він автоматично генерує послідовність з восьми короткотривалих ультразвукових сигналів, вловлює відповідні їм відбиті від перешкоди (поверхні рулону) сигнали та формує на виводі Echo імпульс, тривалість якого прямопропорційна відстані до перешкоди. Зрозуміло, що для управління цим модулем, реєстрації та інтерпретації вихідного сигналу у числове значення відстані потрібно використати мікроконтролер. Серед широкого різноманіття їх виробників, архітектур та сімейств оберемо STM32F100RBT6. Основними критеріями такого вибору були: співвідношення вартість/продуктивність та досвід роботи автора з цими контролерами. Враховуючи вище зазначене побудуємо функціональну схему давача радіусу рулону (рис. 1).

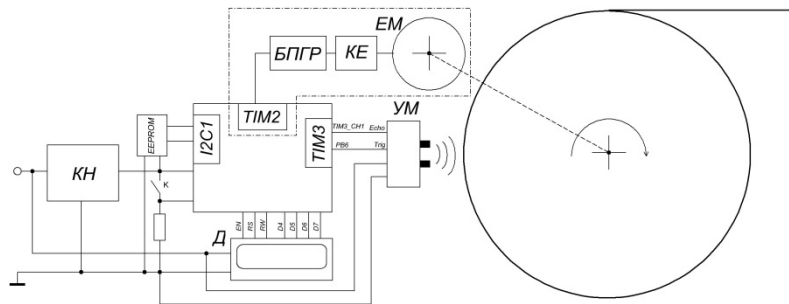


Рис. 1. Функціональна схема давача радіусу рулону АРМ

Мікроконтролер МК генерує імпульс для запуску процесу вимірювання і зчитує сигнал ультразвукового модуля (УЗМ). Вивід Echo УЗМ підключено до входу першого каналу CH1 таймера TIM3, а вивід TRIG до шостого виводу порту В. Головна ідея і відмінність від існуючих підходів до управління цими УЗМ полягає у покладенні двох функцій (генерування імпульсу запуску та визначення тривалості вихідного сигналу) лише на один блок таймера МК без залучення додаткових апаратних чи програмних ресурсів. Це дозволяє оптимізувати використання ресурсів МК, спростити структуру програми управління ним та полегшити можливий перехід до мікроконтролерів інших виробників. Кнопка К передбачена для вибору режиму роботи МК: звичайний або калібрування. Візуалізація вимірних значень (базової калібрувальної відстані та радіусу) здійснюється за допомогою символьного РК дисплею Winstar WH1602 через три лінії управління та чотири лінії даних. Дані калібрування

зберігаються у зовнішню енергонезалежну пам'ять EEPROM (AT24C16), що зв'язується з МК через послідовний інтерфейс I²C. Зовнішня пам'ять і МК живляться від 3,3 В, а для екрану та УЗ модуля потрібно 5 В. Для узгодження логічних рівнів компонентів давача радіусу не потрібно додаткових елементів, бо МК допускає присутність на своїх входах високого логічного рівня 5 В. Для проведення величини живлення до одного рівня використовується конвертор напруг КН (NCP1117ST33). На рис. 1 також виділено штрих пунктирними лініями ділянку схеми, що ілюструє можливий спосіб організації управління феропорошковим електромагнітним гальмом (ЕМГ), реалізований на базі цього ж контролера, що виконує функцію вимірювання радіусу (його обчислювальні та апаратні можливості дозволяють це зробити). Таймер ТІМ2 мікроконтролера генерує ШІМ сигнал, яким через блок підсилення та гальванічної розв'язки (БПГР) за допомогою комутаційного елемента (КЕ), контролюється струм в обмотці керування ЕМГ, а отже і гальмівний момент. Таке суміщене виконання операцій вимірювання радіусу та управління гальмівним моментом на валу розмотуваного рулону є раціональним, враховуючи невелику віддаленість відповідних технічних засобів.

3. ПОБУДОВА АЛГОРИТМУ РОБОТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАВАЧА РАДІУСУ РУЛОНУ

При розробці алгоритму роботи ультразвукового давача радіусу рулону враховувалась побудована функціональна схема (рис. 1) та особливості архітектури обраного мікроконтролера. Блок схема розробленого алгоритму роботи ультразвукового давача радіусу без деталізації показана на рис. 2. Умовно цілий алгоритм можна розбити на чотири складові частини. Перша частина (блоки 1–8) відповідає за налаштування мікроконтролера загалом та його вбудованої периферії зокрема. Після дозволу подачі тактуючих імпульсів на вбудовану периферію МК (блок 1), що задіяна в управлінні давачем радіусу, налаштування його виводів і вибору частоти (1МГц) та режиму роботи (опрацювання зовнішнього ШІМ сигналу) таймера ТІМ3 виконуються ряд команд для передбачення спрацювання трьох переривань і виклику підпрограми обробки переривань від таймера ТІМ3 (блоки 5–7).

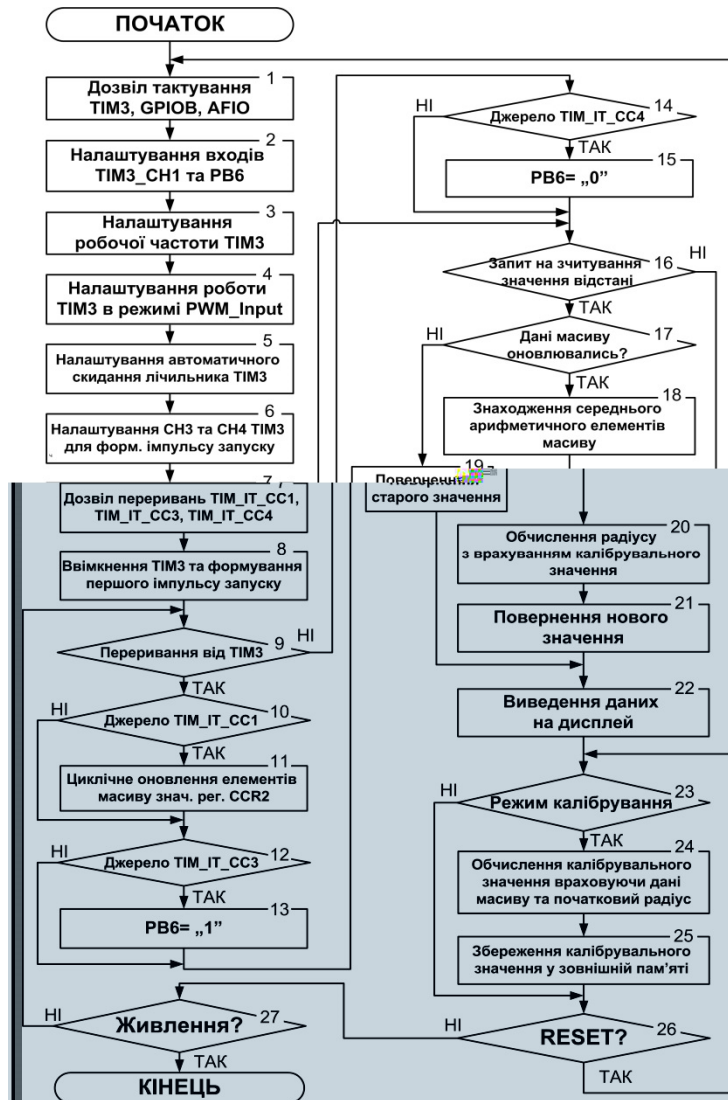


Рис. 2. Алгоритм роботи ультразвукового давача радіусу рулону

Друга частина алгоритму (блоки 9-15) відображає процес виконання підпрограми обробки переривань від таймера TIM3. Умови 10, 12 і 14 визначають, котра з трьох подій спровокувала переривання. Перша подія виникає при фіксації фронту імпульсу на вході першого

каналу таймера TIM3. Коли значення лічильного регістру стане рівним 50000 (це число відповідає 50 мс – часовій затримці між вимірюваннями радіусу) настане друга подія, а третя відбудеться через 10 мкс після попередньої. Відповідно виконається один з блоків 11, 13 або 15. Якщо виник запит на зчитування значення відстані (умова 16), то виконується третя частина алгоритму (блоки 16–21). Відбувається перевірка умови 17: чи дані у масиві вимірюваних значень відстані оновлювались. У випадку її виконання знаходиться середнє арифметичне з усіх елементів масиву, обчислюється відстань до поверхні рулону та з врахування калібрувального значення визначається поточний радіус рулону (блоки 18, 20). Якщо умова 17 не виконується, то немає сенсу у повторному виконанні цих блоків і тому повертається попереднє значення радіусу (блок 19). Далі відбувається виведення на дисплей відомостей про величину калібрувального значення та поточну величину радіусу. Остання умовна частина алгоритму (блоки 23–25) відповідає за обчислення калібрувального значення. Калібрування давача радіусу відбувається при максимальному радіусі рулону на заправочній швидкості роботи машини.

З врахуванням розробленої функціональної схеми давача радіусу рулону та на основі побудованого алгоритму його роботи складено програму управління мікроконтролером STM32F100RBT6. Для написання коду програми використовувалось безкоштовне середовище CoIDE для програмування мікроконтролерів з ARM архітектурою. Трансляція вихідного коду програми, написаної на мові Cі, здійснювалась компілятором GCC. Використовувались також стандартні функції з бібліотеки «stm_lib», що пропонується фірмою-виробником мікроконтролерів. Для запису скомпільованого коду програми у вбудовану пам'ять МК застосовувався програматор-відладчик ST-LINK.

Результати експериментальних досліджень із залученням цифрового логічного аналізатора підтвердили, що забезпечується 50 мс затримка між вимірюваннями та 10 мкс тривалість імпульсу запуску. Абсолютна похибка вимірювань відстані склала ± 1 мм.

4. ВИСНОВКИ

1. Побудовано функціональну схему ультразвукового давача радіусу рулону стрічко живильної системи рулонної аркушерізальної машини.

2. Розроблено алгоритм функціонування, відповідне програмне забезпечення для мікроконтролера STM32F100RBT6, що управляє

ультразвуковим модулем та побудовано ультразвуковий давач радіусу рулону.

3. Особливістю розробленого алгоритму управління ультразвуковим модулем є більш оптимальне використання ресурсів мікроконтролера.

4. Проведено експериментальні дослідження розробленого ультразвукового давача радіусу рулону.

1. *William B. Gilbert. Methods of Diameter Determination for Center Driven Unwinds & Rewinds – Siemens Energy & Automation, Triangle Parkway, 2009.*
2. *Satas Donatas. Web Processing and Converting Technology and Equipment, 1984.*
3. *Контроль натяжения и положения полотна в рулонных машинах – КомпьюАрт, 2008, №3. –С.14-16.*
4. *Щербина Ю.В. Динамические свойства процессов управления движением бумаги и краски в рулонных печатных машинах – М.: МГУП, 2003. –С.274.*