

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА

Розглянуті питання застосування мікроконтролера для керування кроковим двигуном в самозаписуючих приладах слідкуючого зрівноваження.

In the article the considered questions of application of microcontroller are for a foot-pace engine management in the writing down devices of the tracker balancing.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

При вирішенні завдань автоматизації виробництва, прискорення наукових досліджень широко використовуються як окремі автоматичні прилади, так і вимірювальні інформаційні системи. Певне місце в таких системах займають самозаписуючі прилади, в основу яких покладений компенсаційний метод вимірювання. На основі результатів огляду літератури зроблено висновок, що прилади з кроковими двигунами мають значні переваги порівняно з приладами де застосовуються асинхронні виконавчі двигуни. Тому актуальним є питання дослідження застосування мікроконтролерів для керування кроковими двигунами в такого типу приладах.

2. СХЕМИ КЕРУВАННЯ КРОКОВИМИ ДВИГУНАМИ

Структурна схема самозаписуючого приладу слідкуючого зрівноваження з кроковим виконавчим двигуном приведена на рисунку 1. Структурна схема складається з наступних елементів: елементу порівняння ЕП (мостова або потенціометрична схема) з підсилювачем сигналу помилки П. Силовій частині, яка складається з крокового двигуна (КД) та схеми керування СК, в СК входить розподільник імпульсів РІ з підсилювачами фазних імпульсів керування КД У1-У4. В склад керуючої частини входить генератор імпульсів з регульованою частотою (ГІ) і пристрій, який керує частотою ГІ в залежності від сигналу розбалансу. (наприклад, очікуючий мультівібратор М).

Якщо напруга розбалансу на виході схеми порівняння рівна або перевищує чутливість підсилювача Δ , на виході останнього з'явиться

¹ Національний університет "Львівська політехніка"

сигнал ΔV , частота якого визначається частотою ГІ, а фаза - полярністю напруги розбалансу. Цей сигнал поступає на схему реверсу СР, яка визначає напрям обертання КД. З одного з виходів СР сигнал поступає на РІ, де послідовність імпульсів перетворюється в чотирихфазну систему сигналів керування, підключаючи попарно до обмоток КД напругу живлення. Обертання валу КД за допомогою шківів і троса приводить в прямолінійний рух каретку, на якій закріплені контакт реохорда, показчик і записуючий пристрій.

Керування швидкістю обертання КД відбувається за наступним алгоритмом. При стрибкоподібній зміні вхідного сигналу на М з виходу другого каскаду підсилювача подається послідовність імпульсів, при цьому частота вихідних імпульсів ГІ за рахунок перехідних процесів в генераторі збільшується від початкової f_{mp} до граничної f_{max} згідно із законом, близьким до лінійного. Двигун розганяється за 7-10 кроків і надалі відпрацьовує напругу розбалансу при максимальній швидкості. При підході до положення рівноваги, коли значення сигналу розбалансу стає меншим θ_1 , сигнал керування на виході М плавно зменшується, викликаючи відповідне зменшення частоти вихідних імпульсів ГІ і швидкості двигуна. При плавному збільшенні вхідного сигналу частота наростає за лінійним законом.

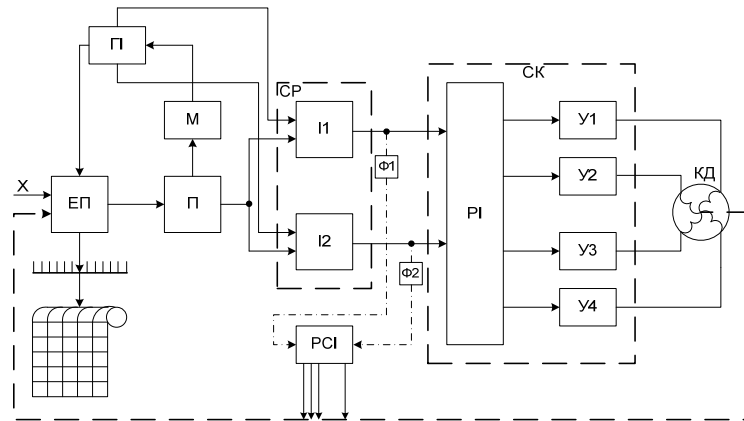


Рис. 1. Структурна схема самозаписуючого приладу слідкуючого зрівноваження з кроковим виконавчим двигуном

Приведену на рисунку.1 схема була реалізована на дискретних елементах і показала добрі результати, але більш цікавою є задача побудови системи керування КД на мікроконтролері. З цією метою був

використаний 8-бітний мікроконтролер типу ATtiny 26L, побудований на розширеній AVR RISC архітектурі.

Архітектура мікроконтролера приведена на рисунку 2.

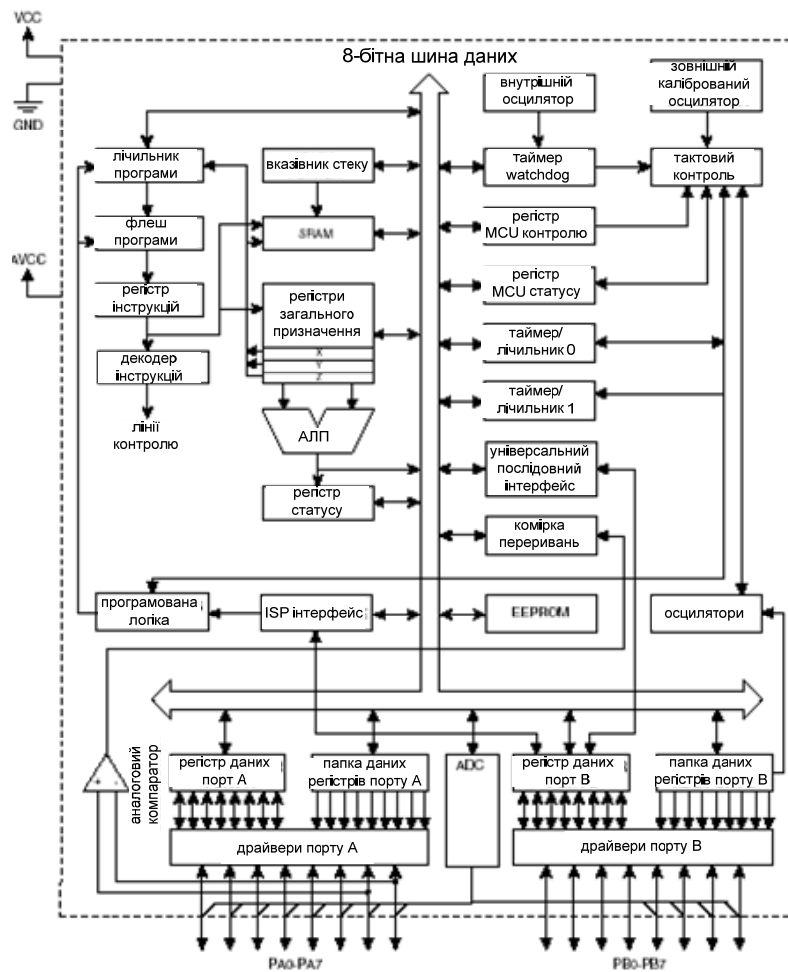


Рис. 2. Структура мікроконтролера ATtiny 26L

ATtiny 26L являє собою 8-бітний мікроконтролер, побудований на розширеній AVR RISC архітектурі. Використовуючи команди, які виконуються за один машинний такт, контролер досягає продуктивності 1 MIPS при робочій частоті 1 МГц, що дає можливість розробнику ефективно оптимізувати використання енергії споживання за рахунок

вибору оптимальної продуктивності. AVR-ядро вміщує розширений набір команд з 32 робочими регістрами загального призначення. Всі 32 регістри з'єднані з АЛП, це забезпечує доступ до двох незалежних регістрів на час виконання команди за один машинний такт. ATtiny26/L має прецизійний АЦП з 11 простими та 8 диференційними каналами. 7 диференційних каналів мають 20-ти кратне додаткове підсилення, можуть використовуватись одночасно. Мікросхема вміщує також високошвидкісний 8-ми бітний модуль ШІМ з двома незалежними входами.

ШІМ генератори мають 2 несуміщених інверсних виходи, що ідеально підходить для їх використання в синхронних випрямлячах. Універсальний послідовний інтерфейс ефективно використовується для побудови програмних двох провідних інтерфейсів чи SM-шин. Дані характеристики можуть успішно використовуватись для побудови батарейних зарядних пристроїв високої ступені інтеграції, електронних баластів пристроїв освітлення, закінчених термостатів та багато інших використань. ATtiny26/L містить 2 Кб флеш-пам'яті програм, 128 байт EEPROM, 128 байт SRAM, до 16-ти виводів цифрових входів/виходів загального використання, 32 робочих регістри, 2 8-ми бітних таймера-лічильника, один з виходом ШІМ, внутрішній та зовнішній генератори тактової частоти, внутрішні та зовнішні переривання, програмований Watchdog таймер, 11-ти канальний, 10-ти бітний АЦП з дворівневим підсилювачем диференційного сигналу, і чотирма режимами збереження енергії. В режимі очікування ЦПП не функціонує, в той же час, як функціонують таймери/лічильники і система переривань. В ATtiny26 існує спеціальний режим подавлення шуму АЦП, при цьому в загальному, в сплячому режимі функціонує тільки АЦП. В режимі Вимк. Процесор зберігає вміст всіх регістрів, заморожує генератор тактових сигналів, зупиняє всі інші функції кристалу до надходження зовнішнього переривання чи поступлення зовнішньої команди RESET. Другий режим очікування практично повторює режим Вимк. Але доступний зовнішньому генератору тактових частот. Завдяки швидкому переходу до нормального режиму роботи, в тому числі і по зовнішніх перериваннях ATtiny26 успішно пристосовується до зовнішніх умов роботи і вимагає менше енергії, частіше опиняючись з режимі Вимк. Мікросхеми випускаються при використанні Atmel технології енергозберігаючої пам'яті високої щільності. Комбінація розширеної 8-ми бітної архітектури ЦПУ і флеш-пам'яті забезпечують ATtiny26 велику гнучкість і економічну ефективність у вбудованих системах управління.

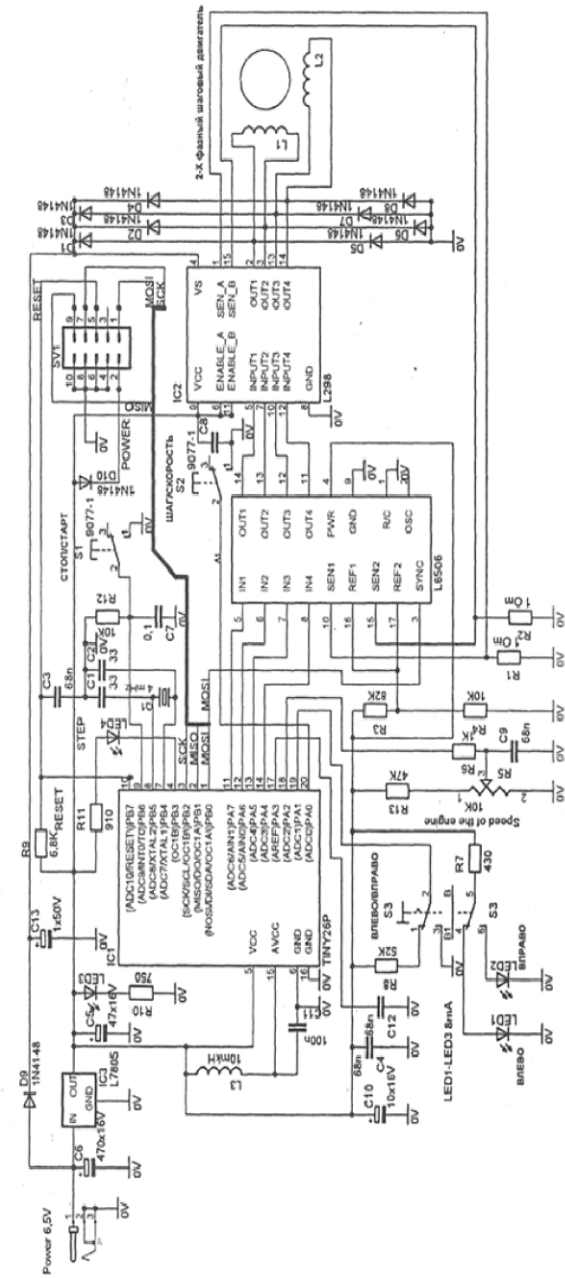


Рис. 3. Принципова схема контролера керування кроковим двигуном

Програма мікроконтролера написана на мові програмування Асемблер, в середовищі AVR Studio – комплексна програма, розроблена фірмою Atmel для написання, налагодження та програмування AVR контролерів. Коли програма на асемблері написана, перевірена на помилки, тоді транскодується в машинні коди в hex-файл. Програмування проводиться на програмному пристрою STK-500 для мікроконтролерів AVR, під якого передбачене програмне забезпечення, вбудоване в AVR-Studio. Протрансльований hex-файл через програматор STK-500, під'єднаним до COM-порта, проводиться запис програми в кристал мікроконтролера. Принципова схема системи керування кроковим двигуном показана на рисунку 3. Живлення схеми - від нестабілізованого живлення 6,5 В (струм до 1 А). Для повноцінної роботи мікроконтролера живлення стабілізоване мікросхемою IC3. При подачі живлення на схему пристрою, мікроконтролер автоматично вибирає покроковий режим. На драйвер крокового двигуна подається через діод D9 захист від зміни полярності живлення. Ввімкнення пристрою сигналізується світло діодом LED3. Мікроконтролер синхронізований від кварцового резонатора частотою 4 МГц. При натисненні кнопки S1 («Старт/стоп»), активізується переривання INT0, програма в мікроконтролері перевіряє стан порта PA. АЦП вираховує рівень напруги на регуляторі швидкості R5 і напрям обертання крокового двигуна на тумблері S3. Живлення АЦП, вбудованого в мікроконтролер, проводиться з допомогою фільтра високочастотних завад L3, C11, які наводяться ядром мікроконтролера під час роботи схеми. Після обробки інформації на виводи PA3-PA7 подаються імпульси відповідної послідовності зі швидкістю, пропорційній рівню напруги на R5. Елементи R5, R6, C9 – це своєрідний інтегратор для регульованої напруги. В режимі реального часу перевіряється стан виводу PA0 мікроконтролера. Якщо кнопка довго натиснута (біля 1-2 с.), то мікроконтролер переводить програму в режим обертання крокового двигуна. При повторному тривалому натисненні – переходить в покроковий режим. Для керуванням напрямку обертання крокового двигуна призначений трьохходовий двохсекційний тумблер S3. Одна його секція вмикає світло діоди, які відповідають за індикацію напрямку руху крокового двигуна, друга – комутує порт PA1 мікроконтролера. Логіка керування кроковим двигуном реалізована на мікроконтролері Tiny26. Так як цей мікроконтролер не може комутувати великі струми, використаний драйвер L298. Для правильного генерування імпульсів обмотки крокового двигуна необхідно мостовий комутатор струму обмотки. Такий комутатор можна зібрати на дискретних елементах. При цьому габарити плати управління збільшаться, а в деяких випадках погіршаться характеристики вихідного каскаду. Тому було в пристрої використана готова мікросхема, відносно дешева, на якій реалізовано драйвер управління біполярним кроковим двигуном - мікросхема L298, в якій реалізовані два мости

для повноцінного управління кроковим двигуном. Крім цього, драйвер може комутувати напрям струму в під'єднаних обмотках крокового двигуна в різних напрямках. На рисунку 3.3 показана схема управління біполярним кроковим двигуном. По сигналу En A можна швидко розмикати ключі моста. Недоліком мікросхеми являється відсутність діодів захисту ключів від зворотніх струмів, тому в практичному застосуванні потрібно доповнювати схему діодами. Для уникнення перенавантаження по струму в схему введений датчик струму Rs. Якщо спад напруги на цьому резисторі вище норми, то спрацює схема захисту по струму. Між драйвером та мікроконтролером встановлена мікросхема A1, яка відслідковує струми обмоток крокового двигуна. Для контролю струму в обмотках крокового двигуна в драйвері IC2 присутні виводи 1 та 15 (SEN_A та SEN_B). В випадку заклинення двигуна або короткого замикання на R1, R2 росте напруга, і мікросхема A1 зупиняє подачу імпульсів на драйвер IC2. В A1 вбудовані два компаратора і чотири схеми «І». На входи компаратора A1 (виводи 10 та 15) подається напруга від датчиків струму двигуна R1, R2 і опорна напруга (виводи 16 та 17) від резистивного дільника R3, R4. Якщо напруга на датчиках струму нижча від опорної, то компаратори дозволяють надходження імпульсів від мікроконтролера до драйвера IC2. Якщо напруга на датчиках струму вища опорної, то імпульси не проходять через A1.

Для живлення драйвера крокового двигуна до IC2 від джерела живлення під'єднаний D9, який буде запобігати попаданню завад від крокового двигуна під час роботи до схеми управління. Цю ж функцію будуть виконувати діоди D1-D8. Зворотній струм діодів під час комутації обмоток згладжує конденсатор C13.

3. ВИСНОВКИ

Розроблена схема та досліджена фізична модель системи керування кроковим двигуном на основі мікроконтролера ATtiny 26L. Схема керування відзначається добрими експлуатаційними характеристиками, малим енергетичним споживанням і може застосовуватися в системах автоматики для керування кроковим двигуном.

1. Кравченко А. В. «10 практических устройств на AVR-микроконтроллерах», Книга 1, Москва, Издательский дом «Додэка-XXI» 2008. – 172 с. 2. Джон Мортон «Микроконтроллеры AVR. Вводный курс». Москва, изд-во «Додэка-XXI», 2006. – 164 с. 3. Голубцов М. С., Кириченко А. В. «Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному», издание 2-е, Москва, изд-во «СОЛОН-Пресс», 2006. – 72 с.