

УДК 621.313

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ СПОЖИВАНОЇ ЕЛЕКТРОДВИГУННИМ НАВАНТАЖЕННЯМ ПОТУЖНОСТІ*Алпатов О.В., інж.**ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»**43875, м. Кривий Ріг, вул. 22 Партз'їзду, 45-12**E-mail: twice_al@pop3.ru*

В работе очерчены основные предпосылки для построения микроконтроллерной системы подсчета составляющих полной мощности группового синхронного электропривода компрессорных станций с использованием специальной микросхемы ADE7753.

Ключевые слова: активная мощность, реактивная мощность, микроконтроллер.

In the work substantive provisions for construction of microcontroller systems of calculation of components of full capacity group the synchronous electric drive of compressor stations with application of special microcircuit ADE7753 are described.

Key words: active power, reactive power, microcontroller.

Вступ. Проблема енергозбереження в останні роки приділяється багато уваги. При постійному подорожчанні всіх видів енергоресурсів напрямком зниження рівня їх споживання і витрат переймаються як державні органи [1], так і приватні організації. Безумовно, що при розробці технічних засобів, направлених на зниження енерговитрат, найбільш ефективними є чисто програмні засоби, котрі за допомогою тільки нових алгоритмів дозволяють знизити споживання енергії. Але для запровадження навіть таких систем потрібні чіткі засоби вимірювання параметрів, котрі характеризують споживання енергоспоживачів. Тому в будь-якому разі при розробці систем автоматики потрібно приділяти постійну увагу технічним засобам вимірювань з урахуванням останніх розробок в даній галузі.

Аналіз попередніх досліджень. В електричних системах найбільшими споживачами є синхронні електроприводи, особливо при їх груповому застосуванні, що притаманно підприємствам гірничо-металургійного комплексу [2]. Якісне і безпомилкове вимірювання електричних величин дозволить як зекономити за рахунок зменшення похибок, так і збільшити діапазон вимірювань із зазначеною якістю. Сучасний рівень розвитку мікроелектроніки пропонує мікроконтролерні системи вимірювань, котрі мають велику точність і швидкість вимірювань [3, 4]. Однак у кожному конкретному випадку потрібно врахувати свої індивідуальні особливості, котрі виникають при сумісному використанні обладнання, а також адаптації імпортованих засобів в вітчизняних умовах.

Мета роботи – окреслення основних засад побудови мікроконтролерної системи вимірювання активної і реактивної потужностей, котра споживається потужним електродвигуном навантаженням, із застосуванням сучасних розробок в галузі мікроелектроніки, висвітлення особливостей використаних мікросхем.

Матеріал і результати дослідження. Найбільшими споживачами електроенергії, які мають групове синхронне електродвигуном навантаження, в промисловості є компресорні і вентиляторні станції. Використання саме групи агрегатів дозволяє знизити собівартість виробленої продукції (стислого повітря) і підвищити надійність процесу [2]. При такому підході споживана потужність може сягати десятків мВт і економія навіть одного відсотка приносить вагомий економічний ефект.

В такому випадку структура компресорної станції при роботі декількох компресорів на загальну магістраль повинна мати локальні мікроконтролерні пристрої (МКП) нижнього рівня (рис. 1), на які саме і буде покладено завдання регулювання технологічних і вимірювання потрібних для роботи системи параметрів. Вся інформація поступає в центральний процесорний пристрій (ЦПП) і там оброблюється, а також формуються сигнали завдання для МП з урахуванням потреб верхніх рівнів автоматичних систем.

На даному етапі часу вважається за більш доцільне використання окремих мікросхем зі спеціальними функціями, а не застосування «універсального» мікро контролера [5]. Така концепція дозволить: використати найбільш точний і якісний алгоритм роботи, котрий притаманний саме цьому виду вимірів; значно знизити навантаження на розрахункові можливості «головного» МК, котрий в даному випадку буде виконувати тільки підрахунки за основним алгоритмом на основі даних, запропонованих допоміжними мікросхемами; при складних системах стане можливим обмін обробленою допоміжними мікросхемами між різними МК або, навіть, пристроями. Для вимірювань активної і реактивної потужностей використовують мікросхеми серії ADE775* корпорації Analog Devices. В даній серії є мікросхеми, котрі вимірюють в одно/трифазних мережах тільки активну або обидві потужності.

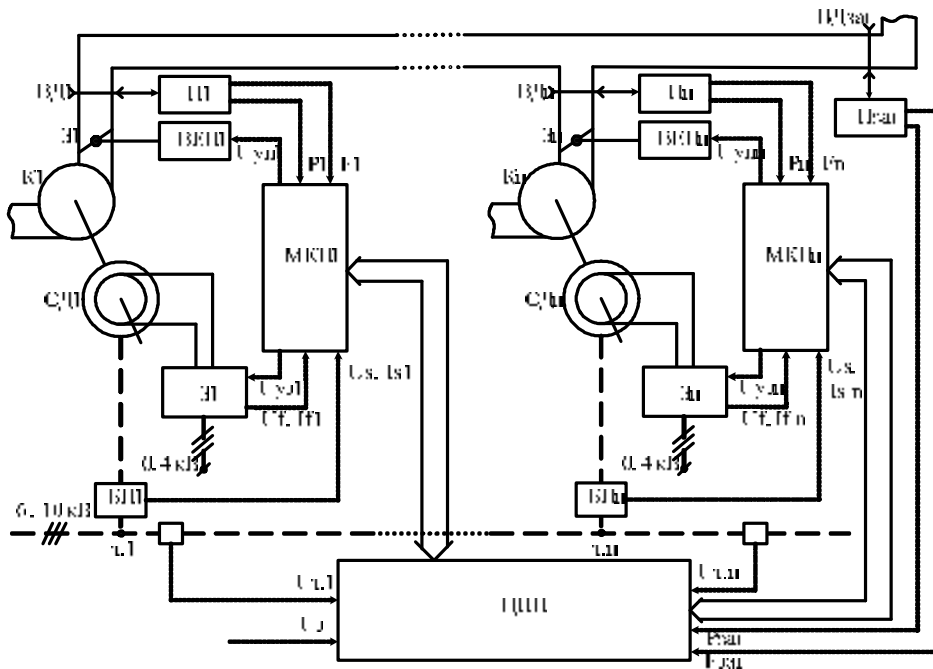


Рисунок 1 – Структура мікроконтролерної системи групи компресорів при роботі на загальну магістраль: П – перетворювач, З – збуджувач, БП – блок перетворення, ВЕП – вбудований електропривод

Розглянемо переваги вказаної серії на прикладі мікросхеми ADE7753 (далі ADE) – однофазного вимірювача активної і реактивної потужності [6]. ADE має досить велику точність обчислень (похибка до 0,1%), яка відповідає міжнародному стандарту IEC 61036 та IEC 61268, котра забезпечується протгом робочого діапазону 1000:1. Такий широкий діапазон дозволяє зробити висновок про можливість коректного вимірювання навіть при дуже малих відносно номінального навантаженнях. Супервізор напруги живлення дозволить правильно вмикати/вимикати мікросхему, а також стартувати в разі зниження напруги живлення. В якості вихідного використовують низькочастотний регульований сигнал, пропорційний вимірюваній потужності, або інтерфейс SPI, котрий дозволяє створювати більш гнучкі системи. Для перетворення в цифрову форму використовують сигма-дельта АЦП 2-го порядку, причому всі розрахунки далі проводяться в цифровій формі з використанням вбудованих функцій цифрового сигнального процесора.

Похибка від вимірювань розраховується по виразу [6]:

$$\delta = \frac{\text{Вим} - \text{Реал}}{\text{Реал}} 100\% ,$$

де Вим – виміряне значення, Реал – реальне значення.

Значення активної потужності отримуються по розрахунковим формулам з урахуванням виразів для напруги $v(t) = V \sin(\omega t)$ і струму $i(t) = I \sin(\omega t)$

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) ,$$

Тоді після підстановки з урахуванням відомих тригонометричних співвідношень [7] отримаємо

$$p(t) = 0,5VI[1 - \cos(\omega t)] .(1)$$

Для правильного підрахунку (1) потрібно використання фільтру високої частоти (ФВЧ) в струмковому каналі рис. 2 на вході системи для відсікання сигналу постійного струму, що дозволить знизити похибку від постійного зміщення в сигналах постійного струму і напруги. Фільтр низької частоти (ФНЧ) в перемноженому сигналі потрібен для виділення активної потужності з загального сигналу потужності.

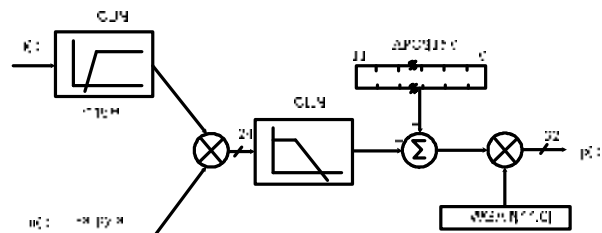


Рисунок 2 – Ланцюг вимірювання активної потужності

Розрахована за допомогою таких програмних засобів активна потужність перетворюється в енергію за виразом

$$E = \lim_{t \rightarrow 0} \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} p(nT) \times T \right\} ,(2)$$

де n – кількість періодів дискретизації, T – період дискретизації цифрової системи ADE.

Підрахована по (2) активна енергія перетворюється в частоту (рис. 3), тоді на виході ADE отримаємо сигнал, визначений відносно струму і напруги за виразом

$$p(t) = VI - \left\{ \frac{VI}{\sqrt{1 + \left(\frac{2f_i}{8,9}\right)^2}} \right\} \cos(4\pi f_i t). \quad (3)$$

де f_i – частота 50 Гц.

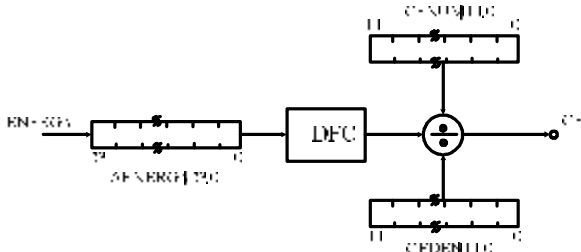


Рисунок 3 – Ланцюг перетворення енергії в частоту

В ADE реактивна потужність визначається як результат розрахунків з сигналами струму і напруги при умові здвигу одного з них на електричний кут 90° (рис. 4). Для розрахунку реактивної потужності потрібно врахувати кут здвигу фаз між струмом і напругою θ і тоді

$$q(t) = 0,5VI[\sin \theta + \sin(2\omega t + \theta)]. \quad (4)$$

Кут θ визначається за допомогою каналу 2 і спеціального блоку контролю перетину нуля (Zero cross).

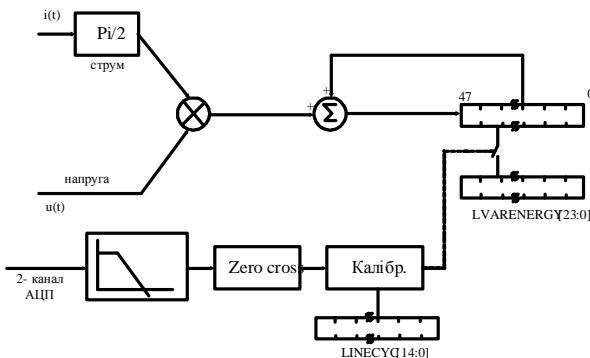


Рисунок 4 – Ланцюг вимірювання реактивної потужності

При застосуванні ADE в високовольтних мережах потрібно застосовувати тільки трансформатори струму (рис. 5), оскільки при використанні шунтів отримаємо неприпустимо велике значення напруги між вводами МК. У низьковольтних мережах можливе використання обох видів зняття сигналів струму.

Під час розробки проектів виявилось, що при циклічній роботі з регістрами IRMS та VRMS (застосовуються для підрахунку коренів при формуванні сигналів по напрузі і струму) їх значення прочитуються невірно. Це, певно, особливість саме чіпів ADE, тому що при запровадженні циклічного читання з парними послідовними перевірками кожного значення все читається вірно.

Іншою важливою особливістю застосування вказаної мікросхеми є адаптація виміряних складових

потужності з урахуванням особливостей наших електромереж по відношенню до північно американських. В [6] зазначено, що ADE вимірює фазний струм і фазну напругу при чотирипроводній схемі (рис. 5, 6), коли в Україні в мережах 6-10 кВ застосовують переважно трипроводні схеми. В такій ситуації існує тільки один вихід: вимірювати лінійну напругу на вході ADE і, проаналізувавши розрахунки, змінити алгоритм.

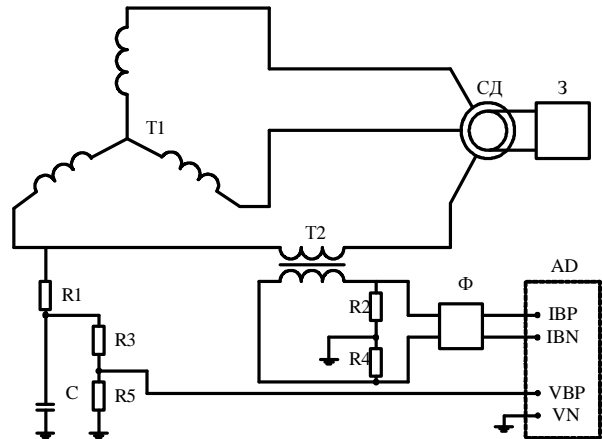


Рисунок 5 – Принципова схема зняття сигналів струму і напруги мікросхемою ADE7753: Φ – фільтр, T – трансформатор

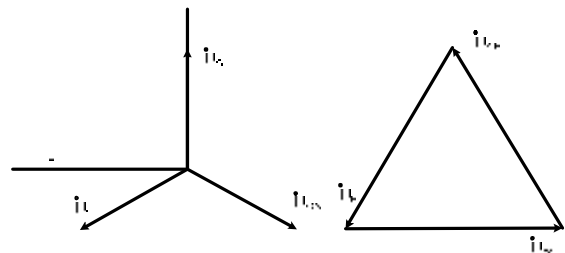


Рисунок 6 – Векторні діаграми напруг при різних схемах електроживлення

При подачі на вхід ADE наприклад лінійної напруги U_{BC} її вектор відносно напруги фази A здвигнутий на кут $-\pi/2$. Відповідно у виразах (1) і (4) додається така ж величина і використовуючи формули приведення для тригонометричних функцій [7] отримаємо у відповідних комірках ADE активну і реактивну потужності навпаки (рис. 7). Тому при читанні в МП даних потрібно враховувати цей факт і особливості переходу від фазних величин до лінійних.

В великому розмаїтті, котре пропонується на світових ринках, одним з найбільш прийнятних по критерію співвідношення вартість/якість є МК серії PIC. Основними перевагами перед іншими є поєднання у одному звичайному корпусі типу DIP декількох важливих пристроїв [8]: АЦП, таймерів, портів вводу/виводу, flash-пам'яті (що дуже важливо при розробці і введенні в серію) і т.і.

На сучасному етапі корпорація Microchip Technology пропонує ще більш потужні пристрої 18

серії [9]. Увібравши в себе всі основні переваги, нова серія МК несе у собі нові можливості, котрі дозволяють збільшити розміри впроваджених алгоритмів при одночасному покращенні якості і зменшенні часу виконання. Це стало можливим через застосування наступних покращень.

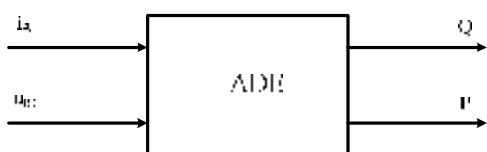
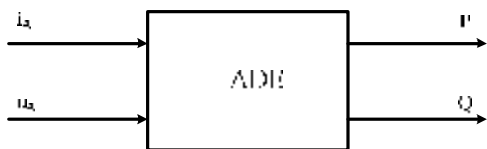


Рисунок 7 – Особливості використання ADE в українських мережах живлення

Для адресування слів в пам'яті програм в МК серії PIC16xxxx використовують програмний лічильник в 13 розрядів, а в 18 серії застосовано вже 21 розряд. Адресування відбувається побайтно, причому при виборі команди значення лічильника збільшуються на 2.

Нова серія МК підтримує програмне зтирання/запис в flash-пам'ять. При цьому потрібно дозволити операцію запису бітом WREN та затирання бітом FREE регістру EECON1, після чого обирається дія саме над flash-пам'яттю установкою біту EEPGD. Затирання внутрішньої flash-пам'яті проводиться з використанням операції «тривалого» запису, протягом якого призупиняється виконання програмного коду. Завершується ця дія по сигналу від спеціального таймеру. Що стосується пам'яті EEPROM, то для неї на відміну від 16 серії використовують 4 спец. регістри: EECON1, EECON2, EEDATA та EEADR.

Аналіз вище означених особливостей 18 серії показує, що інженери Microchip Technology зробили усе, щоб максимально спростити перехід до нового обладнання. Використання вже розроблених програм в нових МК практично не потребує їх переробки, а наявність більш потужних пристроїв із знайомою архітектурою спонукає до їх скорішого використання.

Висновки. В роботі наведено основні засади і

особливості побудови мікроконтролерної системи підрахунку складових потужності – активної і реактивної. Використання окремої мікросхеми для підрахунку складових потужності і потім передача отриманої інформації в головний МК дозволить значно розгрузити останній з метою організації інших потрібних обчислень за для забезпечення регулювання технологічного параметру – тиску або продуктивності компресорної станції. Наведені практичні дані по побудові системи автоматичного підрахунку складових потужності дадуть можливість врахувати особливості і уникнути помилок при розробці подібних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Концепція державної програми із забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів на період 2010-2015 роки (проект) // Энергосбережение. – 2007. – №3 (90). – С. 2-6.
2. Сінолиций А.П., Алпатов О.В. Аналіз векторів оптимізації субоб'єктів системи автоматичного управління компресорною станцією з мінімальними витратами // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. – Днепродзержинск. – 2007. – Тематический выпуск. – С. 559-561.
3. Аганичев А., Панфилов Д., Плавич М. Цифровые счетчики электрической энергии // Chip News. – 2000. – № 2. – С. 18-22.
4. Голуб В. Электронные счетчики электроэнергии // Chip News. – 2002. – № 6. – С. 20-21.
5. Алпатов А.В., Михайлов С.Л., Синолицый А.Ф., Осадчук Ю.Г. Выбор типа микроконтроллера для использования в автоматизированных электроприводах горно-металлургического комплекса // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог. – 2001. – №75. – С. 87-93.
6. ADE7753. Active and apparent energy metering IC with di/dt sensor interface. Preliminary technical data. – Analog Devices Inc., 2002. – 38 с.
7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. Для инженеров и учащихся втузов. 7-е изд. М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1957. – 608 с.
8. PIC16F87*. 28/40-pin 8-bit CMOS flash Microcontrollers. Data Sheet DC30292C. – Microchip Technology Inc., 2002. – 184 с.
9. PIC18Fxx2. High performance, enhanced flash Microcontrollers with 10-bit A/D. Data Sheet DS39564A. – Microchip Technology Inc., 2003. – 299 с.

Стаття надійшла 5.12.2008 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Родькіним Д.Й.