

Високоточен умножител за измерване на мощност и енергия

Велико Георгиев Великов - ВМЕИ-София

Николай Тодоров Тюлиев - ВМЕИ-София

Стеван Йорданов Овчаров - ВМЕИ-София

В работата е разгледан аналогов измервателен умножител, който позволява да се получи по-добра точност на измерването в сравнение с "класическите схеми" на измерване.

На фиг. 1 е дадена най-често използваната блокова схема на аналогов измервателен умножител с широчинно импулсна модулация (ШИМ). Схемата съдържа компаратор, който сравнява входното напрежение U_x с подходящо подбрано по амплитуда и честота трионообразно напрежение. Компараторът управлява един аналогов ключ, който подава правата или инверсната стойност на сигнал, пропорционален на тока I_x . Средната стойност на сигнала на изхода на аналоговия ключ е равна на средната стойност на произведението между тока и напрежението, съответно на мощността. След филтриране с нискочестотен филтер постояннотоковият сигнал се преобразува от блока U/f в честота. Измерването на мощността се свежда до измерване на честотата, а измерването на енергията - до броене на импулсите на изхода на преобразувателя.

При синусоидални напрежение и ток грешката на този преобразувател се определя от точността на стъпалото, инвертиращо тока I_x , от времето за превключване на аналоговия ключ, от параметрите на генератора за трионообразно напрежение и по-малко от останалите блокове. Типичните стойности на достигнатия клас на точност е 0,05-0,1%.

Обикновено производителите на еталонни електромери не дават данни за точността при наличието на големи хармонични изкривявания, каквито (особено при тока) много често се срещат на практика. От принципа на работа се приема, че входните сигнали (U_x, I_x) не се променят за един период на трионообразното напрежение. За да бъде вярно това допускане честотата на генератора на трионообразно

напрежение трябва да се избере достатъчно висока. Това обаче води до влошаване на линейността и точността, дължащо се на крайното време за превключване на аналоговите ключове. Фирмените източници сочат, че се използва честота 5-6 kHz, което ограничава отчитането на хармониците до 20 - 30 номер.

Този метод се използва при направата на някои типове еталонни електромери и електромери за масова употреба. С развитието на елементната база се оказва по-рационално да се използват други решения. Схемата от фиг. 1 изиска голям брой дискретни елементи и специфични настройки при производство.

Предлаганото решение е подсказано от новите поколения аналогово-цифрови и цифрово-аналогови преобразуватели. Те имат време за преобразуване 1-10 us при точност по-добра от 0,01% и съвсем достъпни цени. Идеята се основава на дефиницията за активна мощност - произведение от моментните стойности на тока и напрежението. Честота на дискретизация без да се влошават параметрите на преобразуване може да бъде 50 kHz. Това означава, че в изходния резултат ще бъдат включени и хармоници на входните ток и напрежение със значително по-висок номер спрямо случая на умножител с широчинно импулсна модулация (ШИМ).

Блоковата схема на предлагания умножител е показана на фиг.2. Схемата съдържа:

- аналогово-цифров преобразувател (ADC),
- умножителен цифрово-аналогов преобразувател (MDAC)

и схеми за осигуряване на съвместната работа на блоковете.

Моментната стойност на напрежението на изхода на умножителния цифрово-аналогов преобразувател (MDAC) е пропорционална на произведението на моментната стойност на тока и на измерената от аналогово-цифровия преобразувател (ADC) моментна стойност на напрежението.

В канала на напрежението има закъснение, което се дължи на времето за преобразуване на аналогово-цифровия преобразувател (ADC). При време за преобразуване 10 us това закъснение отговаря на 0.2 електрически градуса и е необходимо да бъде компенсирано особено при измерване на активна мощност при лош фактор на мощността.

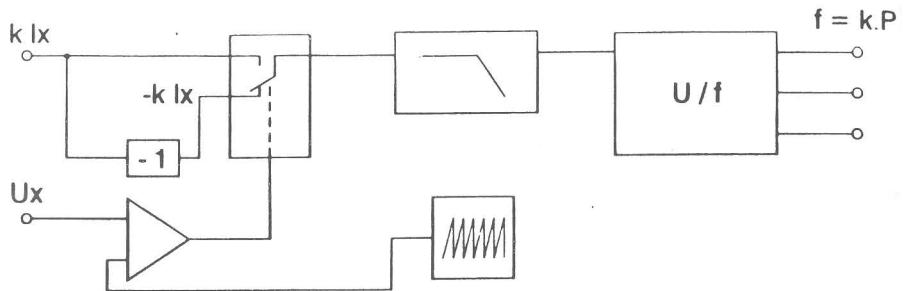
Закъснението на аналого-цифровия преобразувател може да се компенсира като се въведе закъснение в канала на тока чрез подходяща схема, включена на аналоговия вход на умножителния цифрово-аналогов преобразувател (MDAC).

На фиг. 2 е показана схема, която използва две схеми "следене-запомняне" (S/H1,S/H2). Те се управляват синхронно с аналого-цифровия преобразувател /ADC/ така, че на аналоговия вход на умножителния цифрово-аналогов преобразувател (MDAC) да постъпва запомнената стойност за тока от момента на стартирането на ADC. Това води до известно усложняване на схемата и е оправдано, когато е много важно спазването на фазовите съотношения (например при измерване на реактивна мощност).

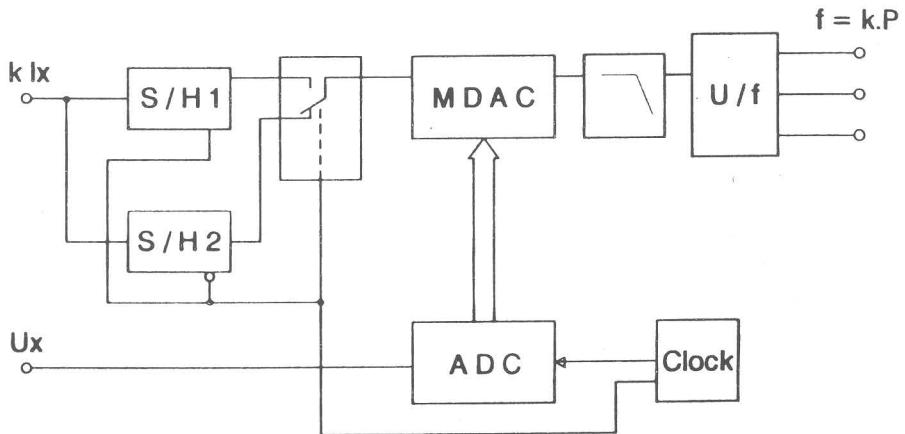
В повечето случаи обаче това усложняване е неоправдано и за точности 0,05-0,1% е приложима блоковата схема от фиг. 3. При този случай схемите за синхронизация са заменени със схема за закъснение с времезакъснение, компенсиращо закъснението на аналого-цифровия преобразувател. Естествено в този случай ще има и честотни изкривявания, но те са в границите, показани по-горе.

Грешките на умножителя се определят преди всичко от качествата на двета преобразувателя. При използване на стандартни 12 битови преобразуватели се достига точност подходяща за уреди с клас 0.1% .

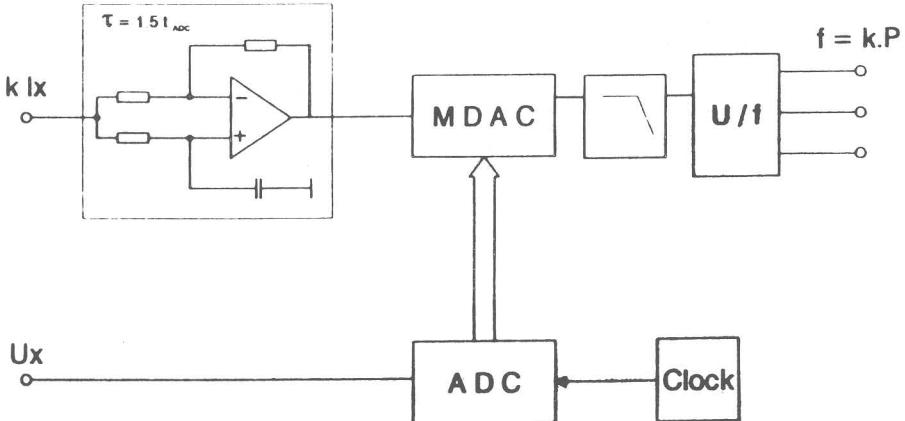
В заключение може да се каже, че предложените схеми на умножители могат да осигурят висока точност при използване на малък брой елементи.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3