

**ЕЛЕКТРОНЕН ТРИФАЗЕН ЕЛЕКТРОМЕР**  
доц. ктн Стефан Йорданов Овчаров - ТУ-София  
гл. ас. Велико Георгиев Великов - ТУ-София  
гл. ас. Петър Иванов Якимов - ТУ-София

С повишаване на цената на електроенергията и неговото отражение върху цените на всички стоки и услуги, се появява необходимост от точното ѝ измерване. За нуждите на промишлеността е важно да се отчита разхода на активна и реактивна енергия. Това налага разработването на електронен трифазен електромер за активна и реактивна енергия, отговарящ на Български Държавен Стандарт и конкурентноспособен по цена и възможности на внасяните от чужбина.

В статията се предлага електронен трифазен електромер за активна и реактивна енергия с клас на точност 1.0 за активна енергия и 2.0 за реактивна енергия, с номинално напрежение 220V и номинален ток 10(50)A.

Електромерът се състои от два модула: преобразователен и измервателен.

Преобразователният модул съдържа три активни електронни преобразователя на ток в напрежение и три входни делителя за намаляване амплитудата на мрежовото напрежение до необходимата за измерване стойност.

Измервателният модул изпълнява следните задачи:

- измерва мощността и електрическата енергия,
- визуализира резултатите,
- поддържа информация за реалното време,
- извършва обмен на данни по оптически интерфейс с пулт за събиране на информация.

От анализа на задачите на измервателния модул произтича необходимостта от многоканален аналого-цифров преобразовател, часовник за реално време, фотоимпулсни изходи за проверка на точността при измерване на стойността на енергията, блок за индикация и блок за оптически интерфейс за предаване на данни. Съгласно изискванията на стандартизационните документи консумацията на електромера трябва да бъде по-малка от 4VA на фаза.

Формулираните изисквания могат да бъдат удовлетворени чрез използване в измервателния модул на едночиповия микроконтролер MC68HC11 на фирмата MOTOROLA. Трите сигнала, съответстващи на фазните токове се мултиплексират с аналоговия мултиплексор DA1. Тъй като вградения аналого-цифров преобразувател на микроконтролера е осем битов, за да се постигне исканата точност се налага допълнително усилване до 256 пъти. Това се постига с програмируем усилвател, изграден с операционния усилвател DA2 и аналоговите мултиплексори DA3 и DA4, с коефициенти на усилване 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 и 256. Изходният сигнал на програмируемия усилвател се подава към първия вход на аналого-цифровия преобразувател. Към втория, третия и четвъртия входове се подават сигналите за входните фазни напрежения.

За измерване на честотата към входовете на таймерите IC1, IC2 и IC3 се подават правоъгълни импулси, формирани от входните фазни напрежения. Това се налага от използвания метод за измерване на активна и реактивна енергия. Изходите на таймерите OC2 и OC3 се използват за формиране на импулси, пропорционални съответно на активната и реактивната енергия. Блокът за точно време е изграден с интегралната схема MC68HC68 на фирмата MOTOROLA. Връзката му с микроконтролера се осъществява по синхронния интерфейс SPI. Информацията се визуализира с течнокристален буквено-цифров матричен дисплей, който има два реда с по 16 знака.

За комуникация с пулт за събиране на информация е изграден оптически интерфейс. Използват се асинхронния вход RxD и асинхронния изход TxD за приемане и предаване на данните. За подобряване на шумоустойчивостта се използва модулация. За целта предавателят е изграден с генератор с тригер на Шмит (DD9D), а приемникът с филтър и усилвател DA5.

Програмното осигуряване е записано в памет EPROM, а за данни се използва вътрешната RAM памет на микроконтролера. За съхраняване на калибриращи константи се използва енергонезависимата памет EEPROM на микроконтролера. За да не спира работата на часовника за реално време при отпадане на мрежовото напрежение захранването му се буферира с литиева батерия.

Главна особеност на измервателния процес е използването на честота на дискретизация, която не е постоянна, а се управлява от честотата на мрежата. Тази специфична особеност дава следните предимства:

- намаляване на необходимите изчисления,
- силно подтискане на смущения от сигнали със случаен характер и
- намаляване на времето за установяване на индикацията.

Честотата на дискретизация се получава от синтезатор на честота с фазозатворена верига, използващ честотата на мрежата като водеща. По този начин в един период на напрежението се получават цял брой периоди на дискретизиращата честота.

Синтезаторът на честота е изграден апаратно-програмно, като се използва таймерната система на микроконтролера. Този метод въвежда ъглова грешка при измерването, която се получава от промяна на момента на стробирание. При системна честота на микроконтролера 2 MHz, моментът на стробирание може да се отместа най-много на 0,5 μs. Това време се трансформира в ъглова грешка от 0,01°.

Грешка при формиране на честотата на дискретизация се получава и от грешката при измерване на мрежовата честота. Останалите източници на грешки са стандартни - грешка от офсета на усилвателите, грешка от дискретизация и др. Тези грешки се компенсират програмно при калибровката на електромера със записване на подходящи калибровъчни константи.

Избрана е честота на дискретизация 32 пъти по-голяма от честотата на електрическата мрежа.

Измерването на енергията се извършва чрез измерване на мощността на всяка фаза и интегрирането ѝ.

Активната мощност се определя по формулата:

31

$$P_i = 1/32 * \sum_{n=0} U_i(n) * I_i(n)$$

Реактивната мощност се определя по формулата:

$$Q_i = 1/32 * \sum_{n=0}^{31} U_i(n) * I_i(n+8) + \\ + 1/32 * \sum_{n=24} U_i(n) * I_i(n-24)$$

Активната и реактивната енергии се получават след интегриране на съответните мощности по формулите:

$$E_{act} = \sum_{t=0} P(t) * \Delta t$$

$$E_{react} = \sum_{t=0} Q(t) * \Delta t$$

Описаният електромер е разработен в Проблемната научно изследователска лаборатория по полупроводникова схемотехника към кат. "Електронна техника" на ТУ-София и е изследван в лаборатория "Електрическа енергия и мощност" към Националния център по метрология, за което има издадено свидетелство за калибриране NoEE-07-067 от 07.08.95г.

#### Литература:

Овчаров Ст., В.Великов, Н.Тюлиев, УНИВЕРСАЛЕН ДАТЧИК, сб.доклади "ФОРУМ ЕНЕРГИЙНИ ПРОБЛЕМИ НА БЪЛГАРИЯ" с международно участие, 22-24 юни 1993г., Варна, к. Св.Константин

Великов В., Н.Тюлиев, Ст.Овчаров, Високоточен умножител на мощност и енергия, Трета национална научно-приложна конференция "Електронна техника '94", 28-30 септември 1994г., Созопол

Великов В., Цифрово измерване на активна и реактивна мощност, Специализиран научен сборник от трудове, докладвани пред Третата национална научно-приложна конференция "Електронна техника '94", 28-30 септември 1994г., Созопол

