

Микропроцесорен модул за измерване параметрите на трифазен електрически ток

Илиян Цветков

A Microprocessor Module For Measurement The Parameters Of Three-Phase Electric Current:

The paper presents a modular structure approach and development of a specialized module for three-phase power supply parameters measurement. The developed device is suitable for using with microcomputers or embedded systems. This allows to apply it in different laboratory installations, loggers, remote controllers etc.

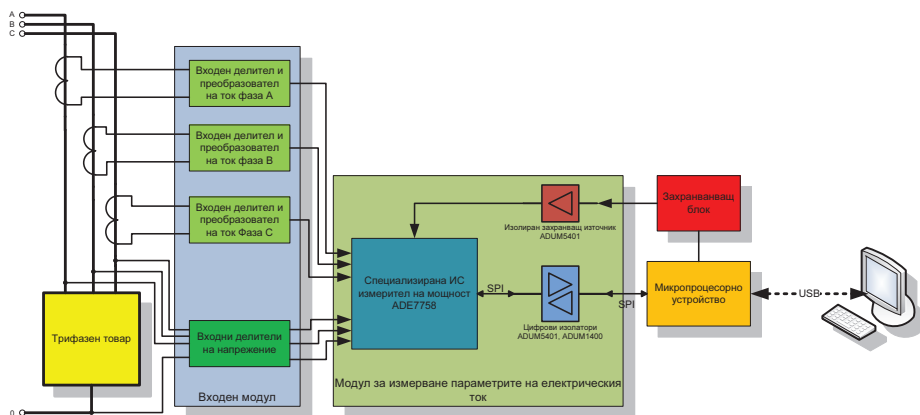
Key words: Electrical Engineering, Electrical measurements, Embedded Microprocessor Devices.

ВЪВЕДЕНИЕ

Измерването параметрите на електрическия ток в трифазните електрозахранващите вериги е много по-усложнено в сравнение с монофазните. За целта, обикновено се използват специализирани трифазни мрежови анализатори. Тези уреди имат висока цена и не винаги предоставят необходимата гъвкавост при изграждането лабораторни уредби. Проблемно е и приложението им за дистанционно отчитане при отдалечени обекти. Затова бяха разработени модулни системи, предназначени за връзка към микропроцесорни устройства или универсални микрокомпютри. Освен за монофазни (което е обект на друга публикация), е създадена и система за трифазни електрически вериги.

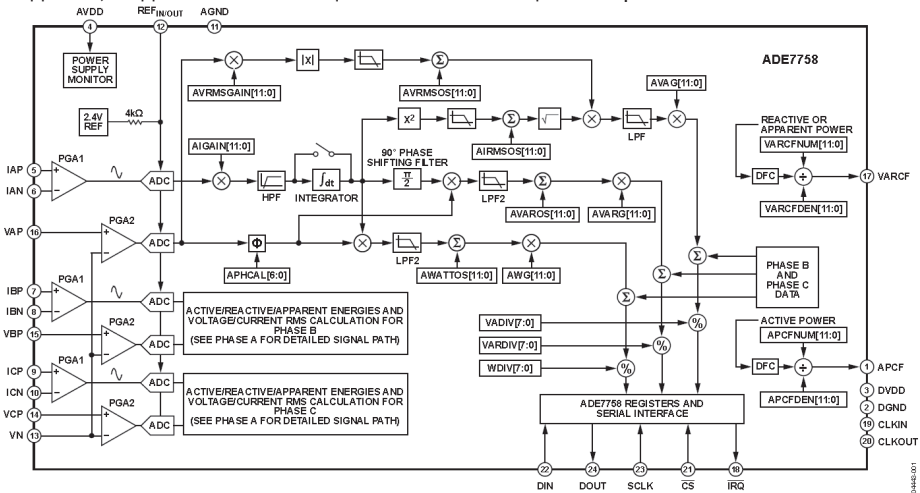
ИЗЛОЖЕНИЕ

При трифазните електрозахранващи мрежи, измерваните параметри са много повече в сравнение с монофазните, което води до усложняване на цялата система (Фиг.1). Тук трябва да се отчитат токовете и напреженията във всяка една от фазите, което означава, че входните канали са вече не два, както при монофазните, а шест. В основата на трифазният измервателен модул стои ИС ADE7758 [2]. Интерфейсът за връзка с микропроцесорното устройство е SPI, като изолацията от възможни високи потенциални разлики се осъществява с цифрови изолятори ADUM1400 и ADUM5401 [2]. Втората ИС се използва и за изолация на захранването.



Фиг.1. Блок-схема на модулна система за измерване параметрите на тока, при трифазни електрически вериги

Функционалната схема на ADE7758 е показана на Фиг. 2. Входните канали са шест – по два за всяка фаза. Всеки канал има собствен програмируем усилвател и АЦП. Цифровият сигнален процесор е аналогичен за отделните фази. Получените резултати за активната, реактивната и пълната енергии от всяка фаза се сумират след това, за да се отчетат общите стойности за цялата мрежа.



Фиг. 2. Блок-схема на специализирана ИС ADE7758 – трифазен измерител на мощност

Аналогово-цифровите преобразователи са 24 разрядни Σ - Δ , с честота на дискретизация $CLKIN/4$. При стойност на външния кварцов резонатор и тактова честота 10,000 MHz. Опорното напрежение на аналогово-цифровите преобразователи може да се задава както от вътрешен, така и от външен източник.

Цифровият сигнален процесор при ADE7758 включва шест цифрови филтъра - един високо пропускател и пет ниско пропускател, осем умножаващи регистри, четири суматора, фазов коректор (Φ), интегратор, фазовъртящ филтър, логически схеми за повдигане на квадрат, коренуване и намиране на абсолютна стойност (Фиг. 2).

При работа с di/dt сензори напрежението се получава по зависимостта:

$$u = L \cdot \frac{di}{dt}$$

За правилното изчисляване на моментната мощност и на енергията, е необходимо напрежението да се интегрира във функция на времето. Това се извършва от цифровият интегратор, след филтриране от филтъра HPF. При работа с токови трансформатори или шунтове обаче, интегриране на входния сигнал не е необходимо, затова интеграторът може програмно да се изключва.

Изчисляването на моментните стойности за активната мощност $p(t) = i \cdot u$, става от умножаващ регистър (Multiplier), а след филтриране от ниско пропускателния филтър LPF2 се сумира с натрупване (интегрира) от суматор.

Реактивната енергия се изчислява аналогично, но резултатите за тока се пропускат през фазовъртящия на 90° филтър.

Изчисляването на ефективното напрежение става, посредством сумиране абсолютните стойности семплираните данни, филтрирани от ниско пропускателния филтър.

При ефективната стойност на тока се сумират квадратите на семплираните данни и след това полученият резултат се коренува.

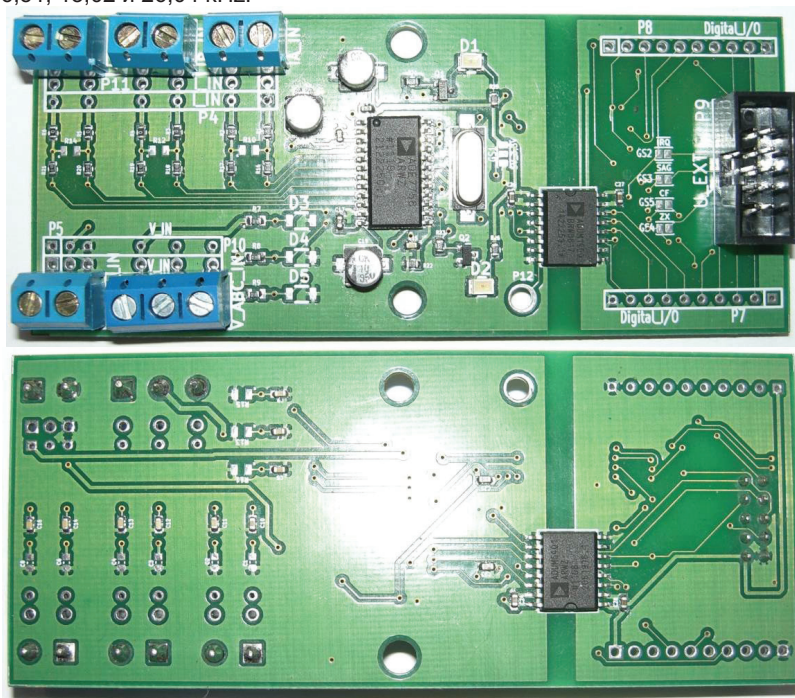
Привидната мощност се получава, като произведение на ефективните стойности на тока и напрежението.

Трифазните мощности – активна, реактивна и привидна се изчисляват като сума от получените за всяка една фаза.

За калибровка на ИС са предвидени множество схеми и регистри, с помощта на които могат да се задават коефициентите на настройка. В чипа има вграден сензор за температура, който се използва, при необходимост от температурна корекция.

Интерфейсът за връзка е SPI, като освен стандартните четири линии и изхода за прекъсване има още два извода – APCF и VARCF, които отчитат с порционни импулси съответно активната и реактивната енергия (мощност).

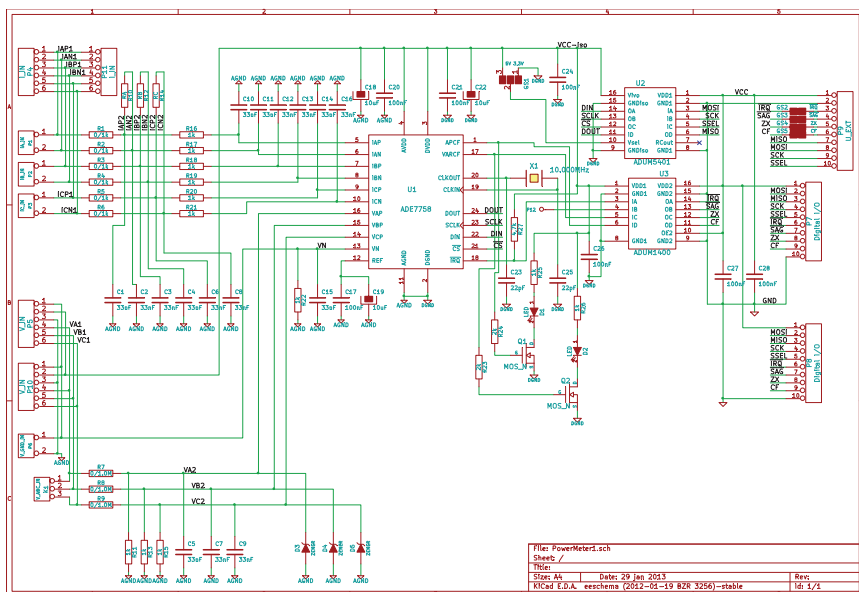
Освен съдържанието на всички вътрешни регистри, през интерфейса могат да бъдат изпращани и моментните стойности, получени за тока, напрежението и мощностите (семплирани данни). Със семплираните данни е възможно да се извършва и хармоничен анализ, даващ информация за смущенията и изкривяванията в захранващите мрежи. Честотата на дискретизация за семплираните данни се избира, посредством управляващ регистър и може да бъде – 3,25; 6,51; 13,02 и 26,04 kHz.



Фиг. 3. Общ вид на измервателен модул за измерване параметрите на трифазни електрозахранващи мрежи (вид отгоре и отдолу)

Модулът за измерване параметрите в трифазни електрически мрежи е реализиран на двуслойна печатна платка с двустранен повърхностен монтаж (Фиг. 3). Схемата е дадена на Фиг. 4.

Модулът е предвидено да може да бъде монтиран към универсални печатни платки или свързан посредством лентов кабел към микропроцесорни устройства. Изводите за връзка по SPI шината са съвместими с U_EXT интерфейса, използван в микропроцесорните модули и китове на фирмата Olimex [4].



Фиг. 4. Схема на модул за измерване параметрите на електрическия ток при трифазни вериги

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практическата реализация на модулната система за измерване параметрите на трифазния електрически ток позволява да се направят следните изводи:

1. Разработеният модул за измерване параметрите на електрическия ток при трифазни мрежи е възможно да бъде използван в конфигурация с различни микропроцесорни устройства, включително развоини китове.
2. За осигуряване на пълното функциониране на изгражданите системи е необходима разработката специализиран софтуер.
3. Благодарение на връзката с компютърни системи, освен експресен анализ на параметрите, е възможно да се извършва продължителен мониторинг, посредством който да се установяват причините за възникване на сривове и аварии в захранващите мрежи.

ЛИТЕРАТУРА

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page.

[2] <http://www.analog.com>.

[3] <http://www.microchip.com>.

[4] <http://www.olimex.com>.

[5] Колектив, под ред. на проф. Ал. Балтажиев, Електрически измервания, Д. И. „Техника“, София, 1977, стр. 382.

За контакти:

гл. ас. д-р инж. Илиян Цветков, Катедра “Теоретична и измервателна електротехника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 415, e-mail: i_tsvetkov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.