

СТРУКТУРА И РАБОТА НА МИКРОПРОЦЕСОРЕН АНАЛИЗАТОР НА ПОКАЗАТЕЛИТЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНА СЪВМЕСТИМОСТ

Сидер Сидеров

ТУ-София
София 1756
бул. Кл.Охридски, 8
ЕФ, Катедра "ЕСЕОЕТ"
E-mail:
ssiderov@tu-sofia.acad.bg

Николай Матанов

ТУ-София
София 1756
бул. Кл.Охридски, 8
ЕФ, Катедра "ЕСЕОЕТ"
E-mail:
matanov@bitex.com

Борислав Бойчев

ТУ-София
София 1756
бул. Кл.Охридски, 8
ЕФ, Катедра "ЕСЕОЕТ"
E-mail:
bojchev@tu-sofia.acad.bg

Вълчан Георгиев

ТУ-София
София 1756
бул. Кл.Охридски, 8
ЕФ, Катедра "ЕСЕОЕТ"
E-mail:
vultchy@tu-sofia.acad.bg

РЕЗЮМЕ

Въз основа на анализ на характеристиките на съществуващи фирмени анализатори, авторите са синтезирали микропроцесорен анализатор на показателите на електромагнитна съвместимост в електроснабдителни системи с несинусоидални и несиметрични режими на напрежението и тока. В доклада са представени структурата и функционалните възможности на изработения анализатор от гледна точка на режими на работа, измервани величини, начини на визуализация, и др.

Разработения анализатор ще съдейства за практическото приложение на стандартите по електромагнитна съвместимост в електроснабдителни системи, които в настоящия етап са актуални у нас.

СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА ЗА КОНТРОЛ НА ПОКАЗАТЕЛИТЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНА СЪВМЕСТИМОСТ

Основните показатели за контрол на електромагнитната съвместимост (ЕМС), които са дефинирани и определени в (БДС EN 61000-4-7; Шидловский и др., 1977; С.Сидеров и др., 2003) са:

- коефициентите на хармониците на напрежението и тока;
- коефициентите на несинусоидалност на напрежението и тока;
- претеглените коефициенти на несинусоидалност на напрежението за индуктивност и кондензаторни батерии;
- коефициентите на формата на кривите на тока и напрежението;
- коефициентите на амплитудата на тока и напрежението;
- коефициентите на деформация на кривите на тока и напрежението;
- псофометричните коефициенти на напрежението;
- коефициента на несиметрия на трифазните системи на напрежението и тока;
- коефициентите на неуравновесеност на трифазните системи на напрежението и тока;
- отклонението и колебанието на напрежението;
- отклонението и колебанието на честотата на захранващото напрежение.

Контролът и анализът на тези показатели се осъществява с анализатори, производство на различни фирми. Според конструктивното си изпълнение предлаганите анализатори могат да се разделят на две групи:

- автономни – такива, които са обособени като самостоятелно измервателно устройство, включващо в себе си всички необходими за работата компоненти. Такива анализатори се произвеждат от фирми като *GOSEN-METRAWATT GMBH* и *LEM*.
- компонентни – такива, при които основни елементи или част от тях са обособени като самостоятелни устройства със стандартизирани входове и изходи, и от тях могат да се конфигурират цялостни измервателни системи с различни възможности. Най-честото решение е да се използва персонален компютър за обработка на данните, визуализация, а понякога и за захранване, а като отделни блокове да се предлагат :
 - първичните преобразуватели (Signal Conditioning);
 - аналого-цифровия преобразувател (ADC) или платка за събиране на данни (Data Acquisition device). Тук има голямо разнообразие, както във вида, в който се предлагат (PCI, ISA, PCMCIA платки за разширение към персонални или преносими компютри; външни устройства свързани по USB или паралелен порт към персонални компютри), така и в техническите им характеристики;
 - драйвери и приложен софтуер за персоналния компютър (Driver and Application Software);

Едни от най-големите производители на такива устройства са фирмите *National Instruments*, *Hewlett-Packard*, *Keithley*, *Computer Boards*, и др.

Сравнявайки функционалните им възможности и технически им характеристики може да се каже, че от гледна точка на хардуерните си възможности имат сравними параметри, а от към приложния софтуер вторите често предлагат по разнообразни функции за изследване, управление и визуализация. И двете групи анализатори имат своето практическо приложение. Първите са лесно преносими и могат да се използват от персонала в експлоатацията, докато втората група са по-подходящи за лаборатории и изследователска работа.

Във връзка с непрекъснатото увеличаване на броя и големината на товарите на включваните устройства с нелинейна V-A характеристика, които смущават работата на конвенционалните товари, измервателните и управляващите комплекси, а също така и влезлите в сила у нас хармонизирани стандарти за електромагнитната обстановка се засилва необходимостта от контрол и анализ на показателите на EMC в електроснабдителните системи на промишлени предприятия, търговски комплекси, жилищни сгради, населени места и др. Обикновено проблема за прилагането на специализирана апаратура за оценка на показателите на EMC е високата им цена, не съвсем лесното им използване в производствени условия, и необходимостта от съществуването на опитни специалисти да анализират получените резултати от измерването.

Имайки предвид всичко казано до тук, авторите са се стремили да синтезират анализатор, който от една страна да е евтин, удобен за използване в практиката, като осигурява необходимата точност за контрол на EMC според актуалните стандарти, а в същото време да даде възможност за по-нататъшни експерименти и изследователска работа.

СТРУКТУРА НА АНАЛИЗАТОРА

Структурната (блокова) схема на изработената от авторите система е дадена на Фигура 1. Основните елементи на системата са:

Първични преобразуватели

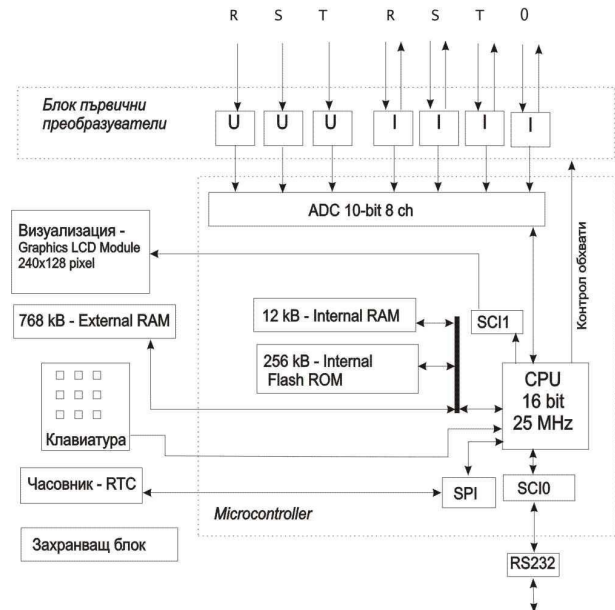
Първичните преобразуватели са съществена част от всяка система за измерване и анализ на електрически величини, като твърде често те определят точността и възможностите на цялото устройство. Посредством първичните преобразуватели, измервания аналогов сигнал се преобразува до нива подходящи за аналогово-цифрово преобразуване.

Първичните преобразуватели използвани в реализирания анализатор, отговарят на повишени изисквания и позволяват да се постигне:

- необходимата точност, чрез ограничаване на амплитудната и фазовата грешка в определени граници и минимален собствен шум;
- поддържане на достатъчно широк обхват на измерваните величини; нивата на напрежение в електроснабди-

телните системи са стандартизирани, като при това се нормира и максималното отклонение на напрежението; това позволява напрежените преобразуватели да се проектират за постоянно ниво 380 Veff; в същото време първичните преобразуватели на ток трябва да осигуряват измерване в много широк диапазон, като при това използването на масово разпространените токови трансформатори е ограничено, защото тяхната точност се гарантира само за ниски честоти.

-позволява различни схеми на свързване; входните преобразуватели трябва да позволяват измерване на различни електрически величини в еднофазни, трифазни, постояннотокови, симетрични и несиметрични вериги.



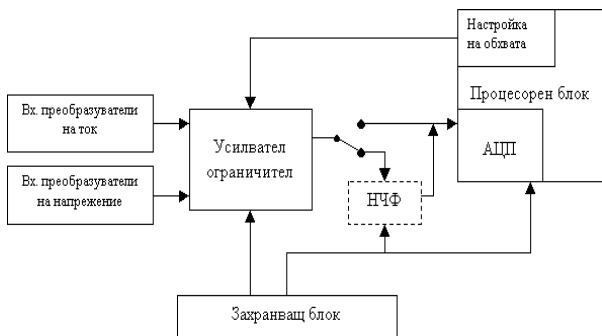
Фигура 1. Блокова схема на микропроцесорната система

-осигуряват галванично развързване на измервателната и силовата вериги; това повишава надеждността и безопасността на уреда, като го прави по-устойчив на неизбежните при експлоатация грешки при свързване;

- ниска цена; това условие често е определящо при избора на материална база и схемни решения; понижаването на цената неизбежно води до компромиси по отношение на другите параметри на системата.

Входни преобразуватели на ток. Съществуват три основни подхода при измерване на ток:

- Шунтови резистори. Използват се предимно за измерване на постоянен ток (съществуват и шунтове за променлив ток при които се вземат мерки да се осигури минимално индуктивно съпротивление). Основните им недостатъци са големите им размери и липсата на разделяне между измервателна и измервана вериги.

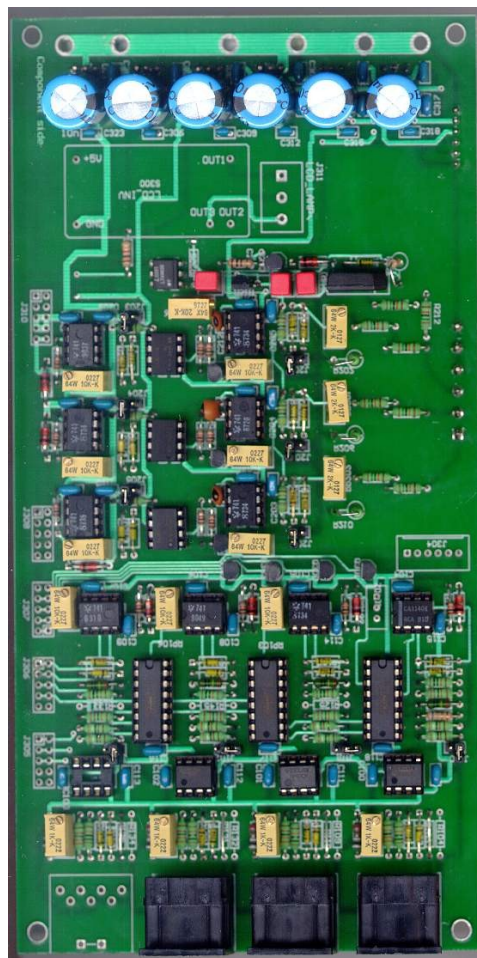


Фигура 2. Блок първични преобразуватели

- Токов трансформатор. Вторичния ток е пропорционален на първичния. Обикновено при цифрово измерване тези трансформатори работят с малък товарен резистор, който преобразува вторичния ток до пропорционално на него напрежение. Това са най-често използваните преобразуватели за измерване на променлив ток.

- Устройства на база ефект на Хол. На база ефекта на Хол се изграждат преобразуватели измерващи, както постоянен, така и променлив ток в много широк честотен диапазон.

Повечето производители предлагат, както стандартните токови трансформатори така и тези на база ефекта на Хол с напреженов изход с ниво 1mV/A , което ни позволява да използваме и двата типа без промяна на останалата част на схемата или алгоритъма на работа.



Фигура 3. Платка първични преобразуватели

Входни преобразуватели на напрежение. В резултат на фиксираното ниво на първичното напрежение се използват евтини активни делители. Необходимата точност при различни експлоатационни условия се постига с високостабилни резистори. Галванично развързване е осъществено чрез използване на линейни оптрони, които са избрани заради същественото намаляване на цената при осигуряване на задоволителна точност.

Усилвател-ограничител. Преобразува входните сигнали до нива подходящи за АЦП на процесорния блок. Входния сигнал се повдига с 2.5V , за да се предаде и отрицателната полува̀лна. Амплитудата на сигнала се ограничава до 5.1V . С предвидената възможност за цифрово управление на усилването се повишава точността.

НЧФ. Нискочестотният филтър е задължителна част от всяка система реализиращата хармоничен анализ. Той може да бъде изпълнен като аналогов, цифров или комбинация от двете, като всеки от подходите има предимства и недостатъци.

Аналоговия филтър ограничава шума в измервания сигнал преди неговото преобразуване в цифров вид. В този смисъл той премахва насложените необичайни пикове, които по принцип не се отстраняват от цифровите филтри. Според разпространено в литературата мнение аналоговите филтри са подходящи за бързи системи,

където намаляват времето за обработка на сигнала. Предвидена е възможност за използването и на двата вида филтри.

Микроконтролер

При избора на контролер се търсеха следните общи характеристики, съобразно изискванията на поставените задачи: добра изчислителна способност; комуникационни възможности (разнообразни интерфейси); възможност за външна адресация, защото има добавена външна (допълнителна) памет; достатъчно бърз, многоканален аналого-цифров преобразувател (възможността за външно ADC не отпада при следващо развитие на уреда); евтин; достатъчно входове и изходи с общо предназначение (често в електроснабдителните системи се изисква да се извършват и функции за управление) и не на последно място достъпна развойна среда.

Като цяло това са и причините да се спрем на 16-битов контролер на фирмата *Motorola*, който има следните характеристики:

- Честота на шината 25 MHz и C-оптимизирана архитектура за компактен код.
- Вграден интерфейс за тестване на програмите (*debug interface*), включително възможност за промяна и четене на регистрите при работеща програма.
- Интегрирана 256 К Флаш памет (Flash EEPROM). Програмиране, четене, изтриване с 5V по 'debug interface'.
- Два 8-канални аналого-цифрови преобразувателя със 7 μ s време на установяване.
- 8-канален 16-битов програмируем таймерен модул.
- Порт за свързване на клавиатура (16-бутонна) с генериране на прекъсвания.
- 8/16-битов модул за широчинно-импулсна модулация.
- Сериен комуникационен интерфейс (SCI).
- Сериен периферен интерфейс (SPI).
- I2C шина
- CAN (Controller Area Network) интерфейс.

В нашия случай не са използвани пълните възможности на едночиповият компютър, тъй като някои не са необходими за изпълнението на поставените задачи, а други се имат предвид за бъдещо развитие на системата. Единият сериен комуникационен интерфейс (SCI0) е използван за връзка с графичния течнокристален (LCD) дисплей за управление на визуализацията. Другият сериен комуникационен интерфейс (SCI1) е за осъществяване на връзка на анализатора с персонален компютър по RS232 интерфейс. Това позволява, както управление на анализатора от персоналния компютър, така и прехвърляне на всички заснети от него данни към персоналния компютър за съхранение и допълнителна обработка и анализ. Сериен периферен интерфейс (SPI0) е за комуникация с часовника за реално време (RTC) вграден в анализатора. Един от входовете на таймерния модул се използва за измерване на честотата на напрежението.

Памет

Съответно оперативна памет (RAM) за променливи и данни, ползвани от програмите, и памет за кода на програмите (ROM). При решаването на такива проблеми обикновено е нужно, голямо количество памет, тъй като се налага да се обработват и съхраняват големи масиви от данни. В случая паметта в контролера е недостатъчна, поради което е добавена външна оперативна памет.

Клавиатура

Тя служи за избора и задаване на различните режими на работа на измервателната система, за управление начина на визуализация на резултатите, за въвеждане на параметри и др.

Модул за визуализация

Той включва графичен течнокристален (LCD) дисплей с разделителна способност 240/128 и контролери за управлението му.

Захранващ блок и батерия

Те осигуряват всички необходими захранващи напрежения на отделните елементи на системата, като позволява и запазване съдържанието на оперативната памет при липса на външно захранване (примерно при пренасяне на измервателното устройство).

Блок за комуникация (RS232)

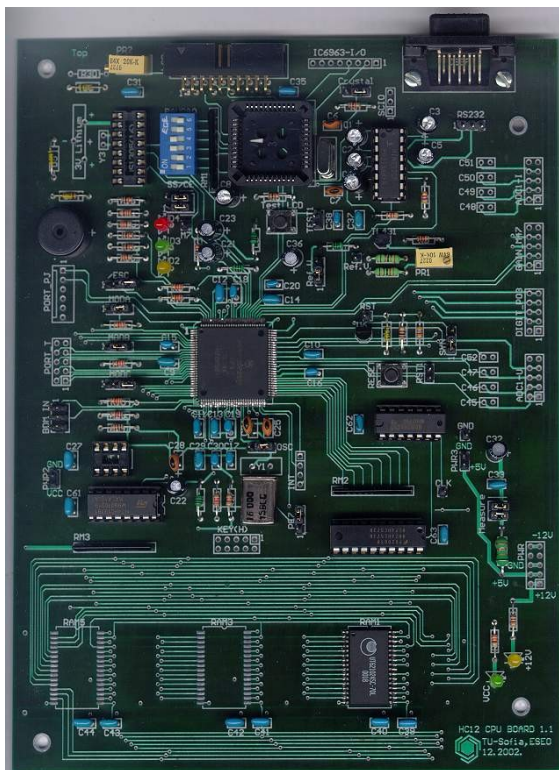
Чрез него се осъществява връзка с персонален компютър, което ни е позволило да предвидим възможности чрез разработен от нас софтуер за допълнителна обработка на измерените данни, подготовка на данните за използване от други стандартни приложения за анализ, за управление на процеса на измерване и подетайлна и разнообразна визуализация на получените резултати.

Часовник за реално време (RTC)

Чрез него се регистрират датата и часът на всяко направено измерване и се следи за извършване на предварително зададени операции от анализатора по определен график.

Функционални възможности и режими на работа

Предлаганият анализатор (на Фигура 5 е даден общия вид на анализатора) на базата на измерените напрежения и токове изчислява активната, реактивната и пълната мощности, енергиите и други величини свързани с количествените и качествени показатели на електрическата енергия. Свързването на напрежението до 400 V става директно към уреда, а на тока през ампер-клепци. Допълнителни възможности като цифрови изходи и интерфейс към персонален компютър също са реализирани.



Фигура 4. Платка микропроцесорна система

Режими на работа и измервани величини

Анализатора има няколко режима на работа, които се избират от потребителя. Режимите и възможностите, които предлагат са следните:

- **Режим измерване** – в този режим на работа, на базата на заснетите стойности на напрежението и тока се изчисляват следните основни електрически величини за всяка фаза:
 - ефективни стойности на напрежението - U_{rms} и тока - I_{rms} ;
 - максималните стойности на напрежението - U_m и тока - I_m ;
 - активната мощност – P ;
 - реактивната мощност – Q ;
 - пълната мощност – S ;
 - фактора на мощност;
 - честотата на напрежението – f_1 (на фаза 1);
 - отклонението на честотата на напрежението;
 - отклонението на напрежението.
- **Режим хармоничен анализ** – в този режим на базата на бързото преобразуване на Фурие (FFT) се прави хармоничен анализ на напрежението и тока до 50-ти хармоник, като за всяка фаза и всеки хармоник могат да се визуализират следните стойности:
 - ефективни стойности на напрежението и тока по хармоници, в именовани и относителни единици (коэффициент на хармоника);
 - началните фази на хармониците;

- коэффициента на несинусоидалност на напрежението и тока;
- коэффициент на формата;
- коэффициент на деформация;
- активната, реактивната, пълната и деформиращата мощности;

Информацията може да се показва или в табличен вид или във вид на АЧХ и ФЧХ.



Фигура 5. Общ вид на анализатора

- **Режим преходни процеси** – на базата на дискретите на напрежението и тока за зададен интервал от време за наблюдение се изчислява колебанието на напрежението и върховия ток. Визуализират се кривите на напрежението и тока по фази. Стартирането на измерването може да стане ръчно (от бутон на лицевия панел) или в точно определен час.
- **Режим статистика** – В този режим се задава интервал от време през който изчислените величини (виж режим измерване) се записват в паметта или се изпращат към персонален компютър, освен това се определят някои стандартни статистически параметри за събраната информация.
- **Режим енергия** – в този режим анализатора работи като електромер, т.е. изчислява се активната и реактивна енергия. В този режим могат да се настройват часовите зони според цените на електроенергията, като могат да се въвеждат и самите цени, така че да се показват направо и дължимите суми. Визуализацията включва показване на активната и реактивна енергия по фази и общо, във вид на таблици или на товарови графици.
- **Режим компенсиране на реактивните товари** – в този режим се предвижда да могат да се изчисляват необходимите кондензаторни батерии за определени точки от схемата на базата на измерваните величини.
- **Режим анализ на несиметрията** – този режим анализира и изчислява показателите свързани с несиметрията в трифазни системи.
- **Режим тест и настройки** – този режим е за тест и настройка на някои основни параметри и функции на анализатора като:

- коефициенти на трансформация на напрежителни и токови трансформатори (ако има свързани);
- калибриране на първичните преобразуватели;
- настройка на часовника за реално време;
- настройка и тестване на комуникацията с персонален компютър;
- определяне последователността на свързване на фазите, включва и векторно представяне на екрана.

В заключение може да се каже, че поради сложността и многообразието на решаваните теоретични и технически проблеми, в перспектива ще се доразработят и усъвършенстват множество от поставените задачи и алгоритми, което ще направи предлаганата система много полезна, както за прилагане в практиката, така и за

продължаване и задълбочаване на изследванията в областта на електромагнитната съвместимост в електроснабдителните системи.

ЛИТЕРАТУРА

- БДС EN 61000-4-7. Електромагнитна съвместимост. Методи за изпитване и измерване. Общо ръководство за измервателни средства и измерване на хармоници и междинни хармоници в захранващи системи и съоръжения, свързани с тях.
- Сидеров С., Н.Матанов, Б.Бойчев, В.Георгиев, 2003. Алгоритъм за оценка на основни показатели на електромагнитна съвместимост в електроснабдителни системи с микропроцесорен анализатор. – *Юбилейна международна научна сесия 50 години МГУ "Св.Иван Рилски" 14-14 май 2003, София.*
- Шидловский А.К., Б.П.Борисов. Симетрирование одно-фазных и двухфазных электротехнических установок, Киев, 1977.

Препоръчана за публикуване от
катедра "Електрификация на мините", МЕМФ

STRUCTURE AND OPERATION OF THE MICROPROCESSOR ANALYZER OF THE ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF ELECTRICAL POWER SYSTEMS

Sider Siderov

Nikolay Matanov

Borislav Bojchev

Vulchan Georgiev

Technical University of Sofia, Sofia 1756, 8 Kl. Ohridski Blvd., Faculty of Electrical Engineering, Department of Electric Power Supply, Electrical Equipment and Electrical Transport

E-mail:
ssiderov@tu-sofia.acad.bg

E-mail:
matanov@bitex.com

E-mail:
bojchev@tu-sofia.acad.bg

E-mail:
vulchy@tu-sofia.acad.bg

ABSTRACT

After analyzing the characteristics of the already existing analyzers manufactured by the leading companies on the market, the authors of this paper have designed a microprocessor analyzer of the electromagnetic compatibility (EMC) of electrical power systems, having nonsinusoidal and unbalance regime of the voltage and current.

The structure and functional capabilities of the designed analyzer are presented in this paper, fully revealing the operating conditions, the measured magnitudes, types of visualization, and e.t.c.

The newly designed analyzer will contribute to the practical applying of the standards of EMC of electrical power systems, currently in use in our country.

STATUS OF THE PROBLEM OF CHARACTERISTICS CONTROL OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

The basic electromagnetic compatibility (EMC) characteristics which are defined in (БДС EN 61000-40-7; Шидловский и др. 1977; С.Сидеров и др. 2003) are:

- Harmonic ratio of current and voltage components;
- Voltage (Current) total harmonic distortion (THD);
- 1. Normalized THD of inductions and capacitors;
- 2. Form factor;
- 3. Crest factor
- 4. Fundamental factor;
- 5. Voltage psometric coefficient;
- 6. Unbalance factor;
- 7. Voltage deviation and fluctuation;
- 8. Frequency deviation and fluctuation.

The control and the analysis of these parameters are performing by analyzers of various manufacturers. After comparing these analyzers they can be divided into two groups according to their constructional implementation:

- Autonomous – which are developed as a independent measurement units, containing in them all necessary components for working. Companies such as GOSSEN-METRAWATT GMBH and LEM provide those types analyzers.
- Component – or parts of them are implemented as independent devices with standardized inputs and outputs and they can be configuring whole measurement systems with different facilities. Most often a personal computer is used for data processing, visualization and sometimes for supply. As separate units are offered the following:
 - primary transducers (Signal Conditioning);
 - analog-digital transducer (Data Acquisition device) or card for data gathering. There is big variety both of types which offered (PCI, ISA, PCMCIA card extend of personal and portable computers; external devices connected by USB or parallel port to PC) and in technical characteristics;

- Drivers and Application Software; for personal computer

Some of the biggest manufacturers of such devices are the following companies: *National Instruments, Hewlett-Packard, Keithley, Computer Boards*, and e.t.c. Personal Engineering 1998

Comparing their functional abilities and technical characteristics it is obvious that their hardware abilities are almost equally, but the application software of the second group offers various functions of research, control and visualization. Both the groups of analyzers have their practical application. The first type is easily portable and can be used by personal in operation, while the second group is suitable for laboratories and research work.

The necessity for permanent supervision of the parameters of EMC is increased to the introduced European standards and the increasing control of their observance and because of the broad application of devices with nonlinear V-A characteristics in industry, interfering the operation of convectional loads and measurement and controlling systems. Usually the problem of application of specialized systems for parameter evaluating of EMC is their high price. Sometimes it is not very easy to use them in industrial conditions.

Bearing in mind all mentioned above the authors aimed at designing an analyzer, which of the one hand is cheap, suitable for practical application, securing necessary precision for EMC control according the standards currently in use. On the other hand to give an opportunity of further experiments and research work.

THE STRUCTURE OF THE ANALYZER

The block diagram of the system is shown on Figure 1. The basic elements of the system are:

Primary transducers

The primary transducers are essential part of each system of measuring and analysis of electric magnitudes. Often the precision and the capability of the whole device depend of them. The measured analog signal is transformed by the

primary transducers to levels suitable for further analog-digital transformations.

There are high requirements to the primary transducers.

- To provide the required precision- amplitude and current mistake in given tolerance and minimum self noise.
- To provide vast enough range of the measured values – the levels of voltage in electrical supply systems are standardized and along with this the maximum voltage deviation is set to rate. It will allow the voltage transducers to be produced for constant level of 380 Veff. In the same time the primary current transducers should provide measurement in vast range of values, as with this the use of current transformers should be limited because their precision is guaranteed only for low frequencies.

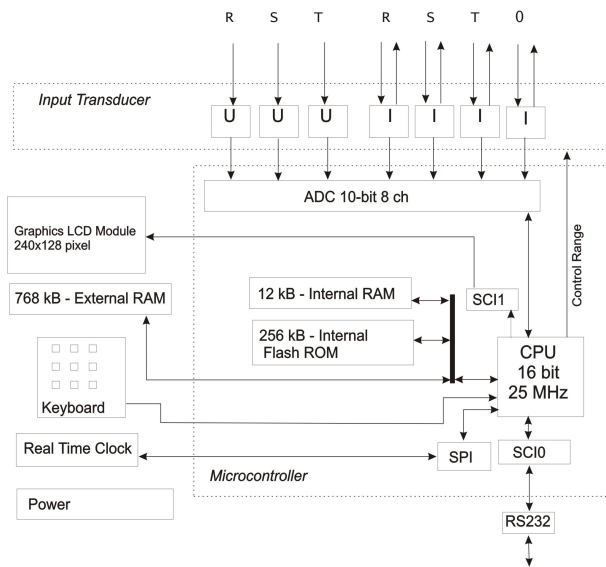


Figure 1. Block diagram of the microprocessor system

- To allow different wiring diagrams – the input transducers should allow measurement of different electrical values in single phase, three phases, DC, symmetrical and asymmetrical electric circuits.
- To provide voltaic diversion between the measurement and the power circuits. That will increase the reliability and the device safety, to give it higher resistance to the inevitable exploitation errors in connecting.
- To be on low price. This condition is often defining in choosing the necessary equipment and scheme design. Dropping down the price would inevitably bring compromise with the other parameters of the system.

Input current transducers: There are three basic methods in current measurement:

- Shunt – basically used for DC (there are shunts for AC with minimum inductance). Their basic faults are their big size and the lack of voltaic diversion between the measurement and the power circuits.

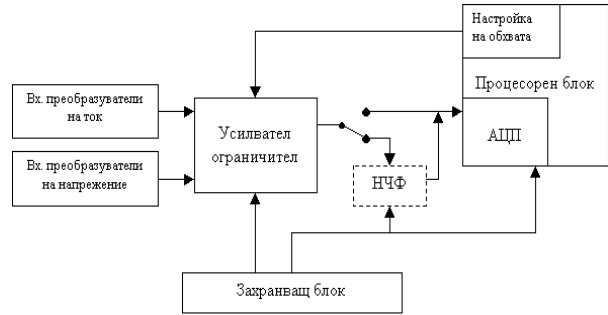


Figure 2. Block diagram primary transducers

- Voltage transformer – the secondary current is proportional to the primary. Usually in digital measurement these transformers work with a small load resistor, which transforms the secondary current to proportional to it voltage. These are the transducers most commonly used for alternating current measurement.

- Devices based on the Hall effect - there are a lot of transducers based on the Hall effect, measuring AC along with DC in very large frequency range.

Most of the manufacturers usually offer the standard transformers and those based on the Hall effect with voltage output 1mV/A, which allows both of them to be used with no change for the rest part of scheme or the algorithm of work.

Input voltage transducers: As a result of the fixed level of the primary voltage cheap active separators are produced. The required precision in certain exploitation conditions could be achieved with high stable resistors. Voltaic diversion is realized with linear optrones use because of providing sufficient precision with drawing down the price.

Amplifier – limiter: Transforms the input signals to levels suitable for ADT of the processor block. The input signal is increased with 2,5V so that the negative half-wave could be transmitted. The amplitude is limited at 5,1V. The precision is increased by the possibility for digital amplification control.

Low-pass filter. The low frequency filter is a-binding part of each system for harmonic analysis. It can be realized like analog, digital or combination of analog and digital and both of the two methods have advantages and disadvantages. The analog filter limits noise of measured signal before its converting into digital. So it can remove irregular peaks that can't be removed from digital filters. According to highly spread opinion analog filters are suitable for fast systems, where they decrease the signal processing time.

An opportunity for using both types filters is provided.

Microcontroller

The authors looked for following common characteristics by choose of the controller according to the given tasks: good calculate abilities, communicate capabilities (various interfaces); possibility for external addressing according to extended memory; fast enough, multichannel ADC (opportunity for external ADC remain for following development of the analyzer); cheap; enough inputs and outputs with general

purpose, often times in electro supply systems performing control function is required and доступна развойна среда.

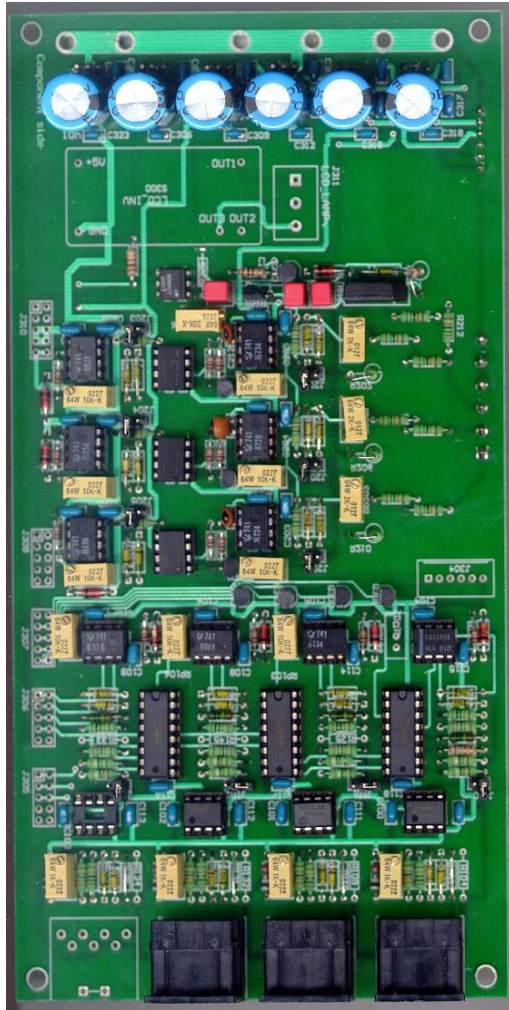


Figure 3. Primary transducers - PCB

These are the reasons why we use 16-bit processor of *Motorola* with the following characteristics:

- 25 MHz bus operations at 5V for 40 nsec minimum instruction cycles time and C optimized architecture produce extremely compact code.
- Dedicated serial debug interface, on-chip breakpoints and read/write memory and registers while running at full speed.
- Integrated 256 K Flash EEPROM. Programming, reading and erasing with 5V trough debug interface.
- Two 8-channel A/D transducers 7 μ sec, 10-bit single conversion time and scan mode available.
- 8-channel 16-bit with input capture, output compare and pulse accumulator 16-bit modulus down counter.
- 8-bit or 16-bit pulse-wide modulation.
- Asynchronous communication between the MCU and a terminal, computer or a network of microcontrollers (SCI)

- High-speed synchronous communication between multiple MCUs or between MCU and serial peripherals (SPI).
- Inter IC bus (I2C).
- Modules implementing the CAN 2.0 (Controller Area Network) A/B protocol.

We don't use all the capabilities of the single chip computer, because they are not necessary for our tasks and the other will be used in the future development of the system. The first serial communicational interface (SCI0) is used for connection with graphic LCD for control of the visualization. The second (SCI1) is used for connection of the analyzer with PC by RS232. This allows controlling the analyzer by the PC; transfer all the data from analyzer to PC for storing, processing and analysis. The serial peripheral interface (SPI0) is used for communication with real clock timer (RTC) build into analyzer. One of the inputs of the timer module is used for measuring of the voltage frequency.

Memory

This passage concerns both Random access memory RAM for variables and data used in the programs, and the memory for the program codes (ROM) Solving such problems usually engages a good deal of memory because a lot of data is being processed and stored. As the controller memory is insufficient in this case external RAM is added.

Keyboard

It is used for choosing and setting-up of different operation modes of the measuring system, for controlling of visualization of results, for input of parameters and e.t.c.

Module for visualization

It consists of graphic LCD with resolution 240/128 and controllers.

Supply unit and battery

They provide for all necessary supply voltages of the separate system elements and allow saving of operation memory content when there isn't external supply (for example when transporting measuring device).

Communication unit (RS232)

It is used for connection with PC, which allows us to foresee opportunities for additional processing of measured data by our software, for preparation of data for using by other standard analysis application, for control of the measuring process and more detail various visualization of results.

Real time clock (RTC)

It is used to register date and time of each measurement and control the implementation of set in advance operations by analyzer according to defined timetable.

Functional abilities and operation modes

On the basis of measured voltages and currents the analyzer calculate the active, reactive and apparent power, energies and other magnitudes connected with qualitative and quantitative parameters of electric power. When the voltage values are less than 400 V, connecting to the voltage inputs of the device are direct while to the current inputs - by ampere

clamps. Additional options such as digital outputs and PC interface are also provided.

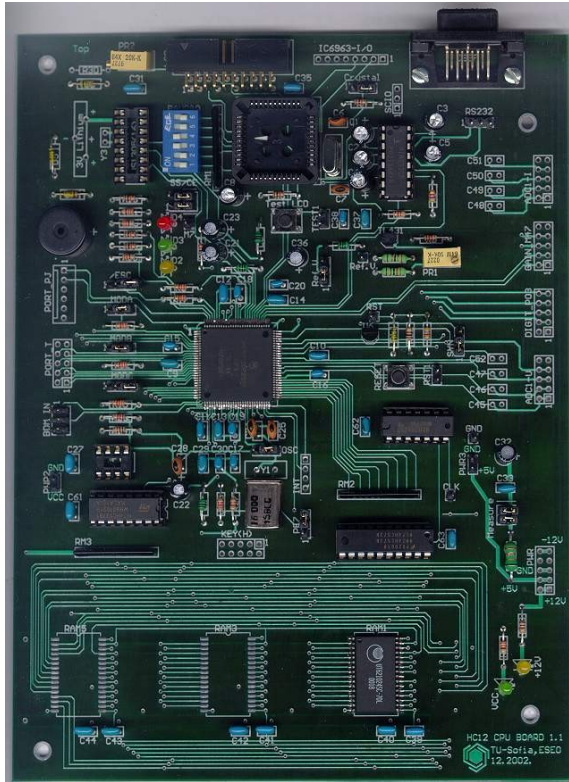


Figure 4. Microprocessor system - PCB

Operation modes and measured magnitudes: The analyzer has several operation modes, which are chosen by the user. The following modes and options are offered:

- *Measurement* – under this mode on the basis of the measured values of voltage and current the following basic electric magnitudes of each phase are calculated:
 - Effective value of voltage - Urms and current - Irms;
 - Maximum values of voltage - U_m and current - I_m ;
 - Active power – P;
 - Reactive power – Q;
 - Apparent power – S;
 - Power factor;
 - Frequency of voltage – f_1 (phase 1);
 - Deviation of voltage frequency;
 - Deviation of voltage.
- *Harmonic analysis* – under this mode on the basis of Fast Fourier Transform (FFT) harmonic analyses of voltage and current is carried out up to 50th harmonic. The following values of each phase and each harmonic can be visualized:
 - R.m.s. values of voltage and current for each harmonic in named and relative units (harmonic coefficient);
 - Initial phases of harmonics;

- Voltage and current THD;
- Form factor;
- Fundamental factor;
- Active, reactive, apparent and deformation powers;

Information can be shown in tables or charts.

- *Transient processes* – on the basis of the discrete values of voltage and current for given time interval fluctuation of voltage and peak value of the current is calculated. The curves of voltage and current are visualized by phases. There are three possibilities to start of the measuring – manually (from button in the front panel) or automatically in preliminary adjusted time.
- *Statistics* – under this mode for given time interval the measured magnitudes are stored into the memory or sent to PC (see measuring mode). After that some statistic parameters of stored information are calculated.
- *Energy* – under this mode the analyzer operates like electric meter. It calculates active and reactive power. There is a possibility to adjust time zones according to prices of energy, to input the prices currently in use and to calculate and visualize the amount due. The visualization includes displaying of active and reactive power by phases and as a whole in tables or load timetable.
- *Compensation of reactive loads* – on the basis of measured magnitudes calculation of necessary capacitor banks for specific nodes of electro supplying system is provided for.
- *Unbalance* - under this mode the characteristics connected with unbalance in three - phase systems are analyzed and calculate.
- *Test and Set-Up* – this option is for testing and setting up of some characteristics and functions of the analyzer like:
 - Transformation coefficients of power and current transformers (if there are any connected);
 - Calibration of primary transducers;
 - Setting of real time clock;
 - Setting and testing of communication with PC;
 - Determination of sequence of phase connection. It includes vector diagram visualization on the display.



Figure 5. Common view of Analyzer

It is important to be marked out that because of complexity and variety of the solved theoretical and practical problems we have to elaborate many of the set tasks and algorithms. This

will make our system very useful for both practical application and for continuation and extension of research in the field of electromagnetic compatibility in electric power systems.

REFERENCES

БДС EN 61000-4-7

Сидеров С., Н.Матанов, Б.Бойчев, В.Георгиев, 2003. Алгоритъм за оценка на основни показатели на електромагнитна съвместимост в електроснабдителни системи с микропроцесорен анализатор. – Юбилейна международна научна сесия 50 години МГУ "Св.Иван Рилски" 14-14 май 2003, София.

Шидловский А.К., Б.П.Борисов. Симметрирование однофазных и двухплечевых электротехнических установок, Киев, 1977.

*Recommended for publication by Department of
Electrical Engineering, Faculty of Mining Electromechanics*