Приложни електронни схеми и устройства

(Електронно уредостроене)

Модул 04

Електронни уреди в електроенергетиката

Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

ЕСФ България
Европейски социален фонд

Структура и предназначение на електроенергийната система (ЕЕС)

ЕЕС включва електроцентрали, повишаващи и понижаващи трансформатори, електро-преносна мрежа и консуматори.

Задачата на електроенергийната система е да осигури пренос на енергията от електроцентралите до консуматорите.

Електропреносната мрежа е трифазна.

Отделните части на ЕЕС се свързват чрез подстанции. Чрез тях се контролира качеството на електроенергията и се предпазва ЕЕС от “разпадане”.

Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

ЕСФ България
Европейски социален фонд

Управлението на електроенергийната система се извършва от диспечери. Те трябва да осигурят непрекъсната доставка на ток със зададени от стандартите параметри.

Опростено, работата им се свежда до непрекъснато следене на електропотреблението и осигуряване на необходимите енергийни мощности. Това става с прогнозиране на потреблението и включване и изключване на електроцентрали. Когато енергията не достига, се изключват консуматори. Ако това не стане, централите ще се изключат автоматично поради претоварване и ЕЕС да се разпадне.

Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

ЕСФ България
Европейски социален фонд

Качествените показатели на ел. енергията включват: напрежение, честота, нелинейни изкривявания, симетричност (трифазна мрежа) и надеждност.

Изискванията към различните части от системата са различни. Най-строги са те при крайния потребител – консуматор. Когато цялата система е свързана в паралел (това означава, че всички генератори, макар и през трансформатори са свързани един с друг) честотата е една и съща, но напрежението, симетричността, нелинейните изкривявания са различни в отделните участъци.

Основните задачи които се изпълняват при управление на ЕЕС са:

- регулиране на напрежението и честотата;

Напрежението се регулира в отделните части от мрежата с превключване на изводи от трансформаторите. Това става със специални устройства които позволяват превключването да става без да се прекъсва електрозахранването и без смущения.

Поддържането на честотата е по сложно. Когато системата е в паралел всички генератори се въртят синхронно. Техните управления са настроени за отдаване на максимална мощност за най-голяма ефективност. Една от централите поддържа честотата като “води” останалите. Когато честотата спада, тази централа повишава отдаваната мощност и обратно. За да може това да стане водещата централа работи с непълно натоварване.

При свързване на електросистемите на две държави обикновено по-голямата определя честотата.

Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

ЕСФ България
Европейски социален фонд

- осигуряване на защити на системата;

Защитите са от късо съединение, от спадане на напрежението или пренапрежение, спадане или повишаване на честотата.

Защитите не се използват за регулиране, а обикновено изключват (или превключват) проблемните участъци.

В зависимост от мястото в енергийната система защитите действат по различен начин. Когато са близо до крайния консуматор – просто го изключват (бушон). При далекопроводите, след изключване се прави опит за повторно включване и само при потвърждение на проблема далекопроводът се изключва.

- компенсиране на реактивните загуби

Това става в преносната мрежа и при консуматорите. Обикновено товарите не консумират само активна енергия. Когато токът и напрежението не съвпадат по фаза се пренася реактивна енергия, а това води до загуби.

Повечето електрически машини имат и индуктивна съставка в товара (особено на празен ход), изправителите имат капацитивна съставка.

Компенсирането става, като в **непосредствена** близост до реактивния консуматор се включват елементи с “обратна” реактивност.

При товари с индуктивен характер се включват компенсиращи кондензаторни батерии.

Съоръженията се наричат “регулатори на cosφ”, cosφ коректори, компенсатори на фактора на мощността, PFC и др. подобни.

Компенсацията (регулирането) става, като се измерват активната и реактивната мощност. Изчислява се кондензатор с какъв капацитет да се включи за да се намали реактивната мощност така, че cosφ>0,92.

Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

ЕСФ България
Европейски социален фонд

- управление на електроенергийната система;

Управлението (диспечеризацията) означава непрекъснато следене на параметрите на системата, пренасочване на енергийните потоци, включване и изключване на електростанции и изключване на консуматори при аварийна ситуация. Това става когато мощността на консуматорите е повече от максималната генерирана мощност или при аварии. Повишената консумация се прогнозира - едновременно включване на битови консуматори в празнични дни или на отоплителни уреди при рязко застудяване, когато централното отопление не е включено и др. Това е една от най-важните задачи на Централното диспечерско управление (ЦДУ).

- измерване на енергията;

Измерва се количеството на отдадена, пренесена и консумирана електрическа енергия – активна и реактивна (капацитивна и индуктивна). Това става както при производителите на енергия (електростанции), така и във възлови места на ЕЕС, а най-вече при крайните консуматори. От изключителна важност са надеждността и точността, тъй-като тези измервания са свързани със заплащане и санкции. В зависимост от мястото на измерване и вида енергия необходимата точност е от 0,1% до 3%.

Електронните уреди се използват във всички части на електро-енергийната система. Те са или самостоятелни уреди или съставни части от различни управляващи и регулиращи системи.

В електростанциите по-често се използват специализирани уреди съобразени с традициите на производителя. За да може оборудването да се използва на различни места е ЕЕС, да е заменимо, независимо от фирмите производители, се прилагат стандарти специфични за целите на електроенергетиката.

Тук ще разгледаме едни от най-разпространените електронни уреди които се използват – първичните преобразуватели и електромерите.

Електронни измервателни уреди в подстанциите на ЕЕС (първични преобразуватели)

Електронните уреди за измерване в подстанциите на електро-преносната мрежа се наричат (първични) преобразуватели, датчици.

Тяхна основна задача е да преобразуват първичните величини – ток, напрежение, мощност, честота и т.н в други, които са еднотипни и по-лесно се препредават и обработват. Например входните ток, напрежение, честота се преобразуват в постоянен ток (0-5mA).

Първичните преобразуватели, според величините които измерват, са няколко вида:

- на напрежение и ток.

Това са измерватели на средна или ефективна стойност. Когато формата на напрежението или тока е близка до синусоидалната, се използват прости схеми на преобразуватели (изправители) - за средна стойност, които са настроени да показват ефективна стойност. Така работят и повечето масово разпространени (сервизни) електронни волтметри и амперметри, като се приема, че измерваната величина е синусоидална с малки нелинейни изкривявания.

В ЕЕС това допускане води до малка грешка, особено, когато измерването е близо до генераторите.

Когато се измерва при консуматорите, най-вече при измерване на ток или когато преобразувателят е от по-висок клас, е много по-правилно да се използват изправители за истинска ефективна стойност (**true RMS**).

Примери на такива изправители са дадени в – ***LB-25.pdf, AN-268.pdf, AN-269.pdf***.

- преобразуватели за пълна, активна и реактивна мощност

С тяхна помощ се наблюдават и управляват енергийни потоци, информацията от тях се използва при компенсиране на реактивната енергия. Тези измерватели работят с ефективната стойност на токовете и напреженията.

Те трябва да могат да определят посоката да движение на енергията, да различават типа на реактивната мощност.

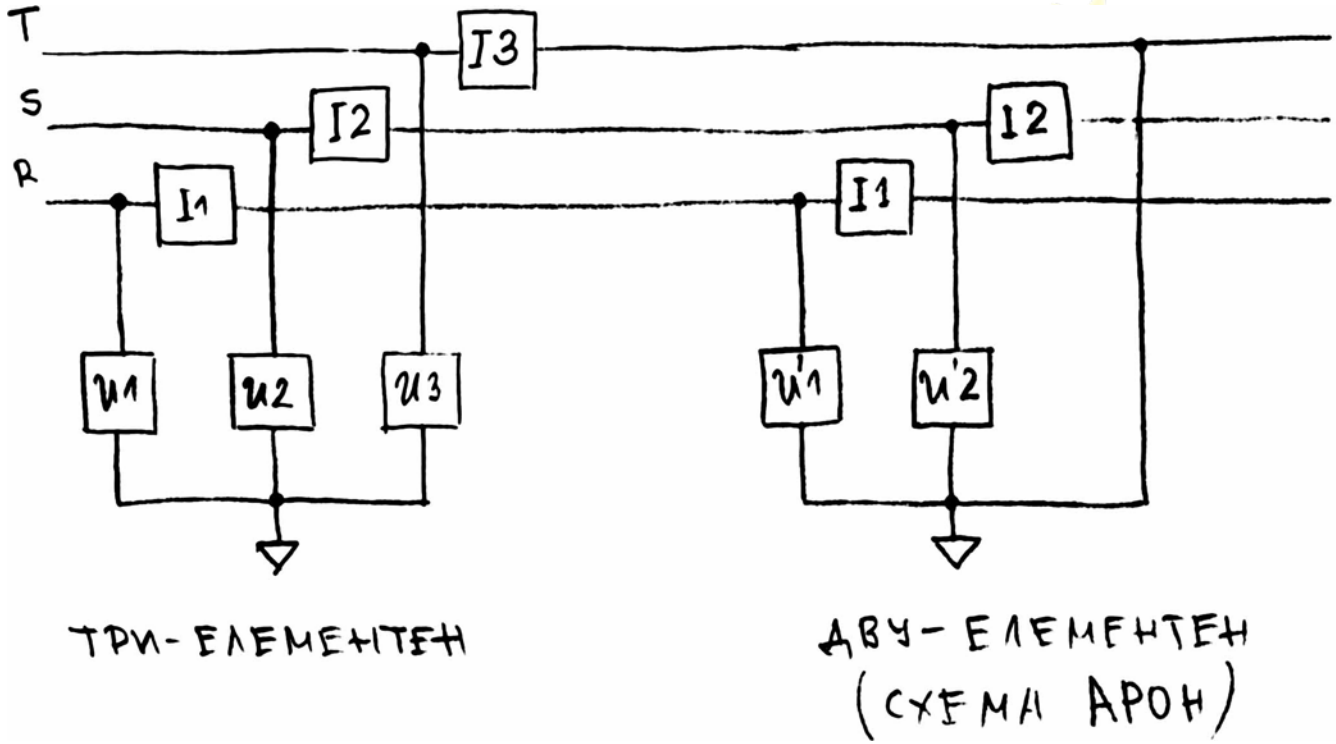
Обикновено тези преобразуватели не се използват за разплащане, а само за управление на ЕЕС.

- многозадачни преобразуватели

Тези уреди измерват напреженията и токовете в трите фази и в нулевия проводник. След това, чрез изчисления, се получава информация за всички параметри на системата: мощност, честота, енергия, посока на енергията, нелинейни изкривявания, фазови разлики и т.н.

В зависимост от конкретното приложение може да не се правят всички измервания (ако не е нужно). Така има три-елементни, четири елементни и т.н преобразуватели.

Три-елементният преобразувател измерва три напрежения и три тока (по един за всяка фаза).



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

Когато свързването е три-проводно (без нулев проводник) може да се използва дву-елементен преобразувател - схема на Арон. При тази схема се измерват само двете фази (напрежение и ток), а третата се получава като векторна сума – в трифазната система векторната сума на трите напрежения (и на трите тока) е нула.

Всъщност при три-проводната схема се измерва фазното напрежение, а при схема Арон – линейното.

Смисълът на измерването по схемата на Арон е да се спести един измервател на ток и един на напрежение. Три-проводната схема може да се използва и при четири-проводно свързване, докато схемата на Арон не може.

- специфични измерватели на отделни величини

Това са преобразуватели на честота, на фаза, на върхови стойности на ток или напрежение и др. Обикновено те се използват в електростанциите при пускане (развъртане) на генераторите.

Такива са и уредите които се използват за включване на електро-централите към ЕЕС. Това включване трябва да стане когато двете честоти са еднакви (на генератора и ЕЕС), напреженията да са еднакви и фазата между тях да е нула!

Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

ЕСФ България
Европейски социален фонд

Основни изисквания към първичните преобразуватели

За да има съвместимост и да могат да се използват със съществуващата система, тези уреди трябва да имат стандартни входно-изходни параметри:

- входно напрежение - 100V (фазно 57,7V);
- входен ток - 5A, има преобразуватели и за 1A.

Токът и напрежението са променливи и това са ефективните стойности на тока и напрежението.

Системата е трифазна и има три тока и три напрежения. Токът който се измерва е токът който тече през проводниците на всяка фаза.

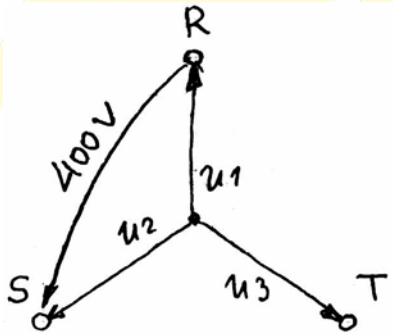
Европейски съюз

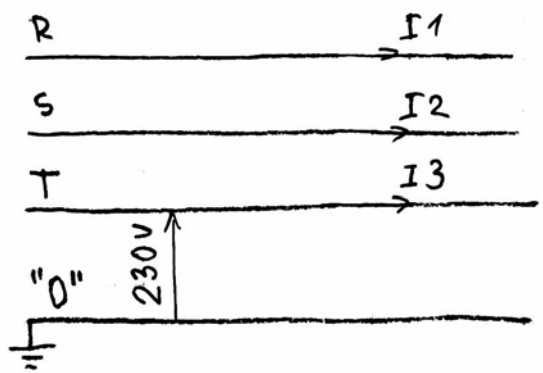
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

ЕСФ България
Европейски социален фонд

Напрежението може да се измерва между всеки две фази или между фаза и нулевия проводник (земя). Линейното напрежение е това между отделните фази, а фазно е напрежението фаза-нула).

Когато електроснабдяването е трифазно (в промишлеността) се посочва линейното напрежение (400V). В бита напрежението е с една фаза – 230V. При линейно напрежение 400V фазното е 230V.





ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

Посочените по-горе ефективни стойности са номинални стойности (100V линейно и 5(1) А). Допълнително изискване към преобразувателите е те да работят точно и при претоварване 20-30%, т.е до 120-130V и 6А безкрайно дълго време.

Естествено токовете и напреженията в електро-системата са много различни и много по-големи. В подстанциите, с подходящи трансформатори (за ток и за напрежение) стойностите се свеждат до стандартните 100V/5A.

Преобразувателите дават изходен сигнал който е функция на входната величина спрямо номиналната (100V, 5A, 50Hz). При по-нататъшната обработка, от измерените стойности, чрез коефициентите на трансформация, се получават реалните стойности на тока и напрежението. При някои преобразуватели, обикновено тези с цифров изход, коефициентите може да се въведат и изходните величини директно да показват тока и напрежението в съответния участък.

Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

ЕСФ България
Европейски социален фонд

Има ограничения към преобразувателя за консумираната мощност от измерваните вериги. Тези вериги са вторични намотки на измервателни трансформатори. За да се гарантира точност те не бива да се претоварват.

Обикновено към тези трансформатори се включват по няколко преобразувателя – в самата подстанция за управление и информация, за Централното диспечерско управление (ЦДУ), за различните видове релейни защити. Това определя и ограниченията към включваните устройства.

Ограничението, в зависимост от това дали входът е за напрежение или ток, се задава като максимален консумиран ток, като минимално входно съпротивление или като максимална мощност.

Така например за напрежителните вериги може да се зададе максимален товар 750Ω/V, което означава, че при обхват 100 V входното съпротивление трябва да не е по-малко от 75k. Конкретните стойности се задават от службите които подържат или изграждат подстанциите.

По стандарт, максимално допустимият товар за напрежителните вериги е до 10VA, а за токовите 4VA (има тенденция за намаляване).

Ограничението е в пълна мощност (VA), а не в активна (W), защото когато на входовете на преобразувателите се използват трансформатори се получава, че пълната мощност е значително по-голяма от активната.

Освен това, при по-голяма реактивна мощност, се получават фазови грешки, а това води до неточната работа на други уреди които са включени към същата верига (измервателен трансформатор).

Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

ЕСФ България
Европейски социален фонд

- изходи на преобразувателите

Те са няколко вида – аналогови (ток и напрежение), импулсни и цифрови. Преобладаващи са тези с аналогов изход, въпреки че съвременните тенденции са към цифровизация.

По отношение на осъвременяване ЕЕС е консервативна. Това се налага поради две причини.

Преди всичко системата е изградена. Това означава, че не е възможно да се подменят отделни уреди с други, по-съвременни но с различен изходящ интерфейс.

Не по-маловажно е, че тези решения, макар и аналогови, напълно отговарят на изискванията.

Разбира се, системата се модернизира, използват се съвременни елементи и принципи, но това става когато се подменят, или изграждат нови подстанции като цяло.

Всъщност самите първични преобразуватели отдавна са цифрови (с микроконтролери) но изходът им е аналогов за да работят в “традиционната” система.

При аналоговите изходи най-разпространени са тези които са токови. Това се определя от по-голямата шумоустойчивост на токовата връзка и възможността една верига да премине, последователно, през няколко контролни уреда.

Стандартните токови изходи са 0-5mA, от -5 до +5mA и 4 до 20mA. Изходите за напрежение са от –10 до +10V.

При преобразуватели на ток и напрежение се използват само положителни стойности за изходния ток. Отрицателните стойности са за посоката на активната енергия, за типа на реактивната енергия, за честота по-ниска от 50Hz.

Импулсните изходи не са много разпространени и обикновено се използват при преобразувателите за енергия. Всеки импулс съответства на определено количество енергия. Реализира се най-често като релеен изход.

Друг вариант за отчитане на енергия е като се интегрира сигналът за мощност (след първичния преобразувател). Естествено с импулсен изход е много по-просто.

Всъщност, в единия случай от управлението на подстанцията се изисква да изпълнява интегриране, а в другия това трябва да (може да) прави преобразувателят.

При цифровите изходи няма наложил се стандарт. Всеки производител на преобразуватели прилага свои решения. Предимно това са серийни интерфейси с един или два сигнала.

Обикновено цифровите изходи се използват едновременно с аналоговите, най-вече за проверка и настройка на преобразувателите, по-рядко за предаване на информация, поради вече изградения интерфейс на системата за управление в подстанциите.

Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

ЕСФ България
Европейски социален фонд

- **захранване на първичните преобразуватели**

Като правило те се захранват от отделен източник. Той е резервиран и работи при отпадане на централното захранване. Това позволява да не се прекъсва управлението и предаването на информация.

Когато преобразувателят може да се вмести в ограниченията за консумирана мощност (от входните вериги) за захранване може да се ползва входната верига.

Естествено при преобразуватели на ток това е по-трудно, защото при много малки токове няма да има захранване.

Проблем при този начин на захранване е, че когато входът отпадне, спира захранването на преобразувателя и ще се прекъсне информацията за него. Няма да се знае дали входното напрежение (ток) е нула, дали има прекъсване във връзката или преобразувателят е повреден. В същото време преобразувателите захранвани от входната (измервана) верига са по-евтини. Използват се в случаи когато недостатъците на този тип захранване не влияят съществено.

Преобразувателите с изходи 4-20mA може да се захранват от интерфейса. По стандарт уредите с токова връзка 4-20mA се захранват от апаратурата към която са свързани, като за целта се използват 4-те mA съответстващи на минимален изходен сигнал. При съвременната елементна база това е лесно осъществимо, особено за по-прости преобразуватели за ток, напрежение, честота.

Това може да стане само, ако измервателната система, към която се включват преобразувателите, отговаря на стандарта 4-20mA.

Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

ЕСФ България
Европейски социален фонд

Както бе обяснено по горе, източникът на захранване се предпочита да е автономен, защото така устройството ще работи и когато отпадне измерваната величина.

Обикновено се използват 230V от автономни агрегати или инвертори, както и акумулатори 200V. Като правило захранващото напрежение от резервните източници има по-лоши параметри и това трябва да се има предвид при проектирането на първичните преобразуватели.

При използване на ключови захранвания може да се работи с постоянно или променливо напрежение в широк обхват 80-250 V.

Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!

ЕСФ България
Европейски социален фонд

- точност на първичните преобразуватели

Точността или грешката с която преобразувателите трябва да работят се определя от мястото където ще се използват. Типичните стойности са 1-2%, а в определени случаи 0,5-0,2%, по-рядко 0,1%. Това се определя от възможностите за измерване, от параметрите които се изискват от стандартите, както и от съществуващата система.

Трябва да се има предвид, че исканата от преобразувателите точност се отнася към обхвата, а не към измерваната величина. Това означава, при грешка 0,5%, всяко измерено напрежение от 0 до 100V е с грешка ±0,5V (входен обхват 100V).

На повечето места изходните аналогови величини се измерват с 8-разрядни АЦП което означава максимална разрешаваща способност 0,4%. Няма никакъв смисъл преобразувателят да е с много по-голяма точност, а и за целите за управление на ЕЕС това не е необходимо.

Входните трансформатори в подстанциите, тези чрез които се получават номиналните величини (100V, 5A), са скъпи устройства и рядко са от клас по-висок (по-точни) от 0,5%.

По-голяма точност е оправдана само при измерването на електроенергия във възловите точки на системата или когато показанията се използват за разплащане.