

Приложение на електронните средства в електроенергетиката.

Тази тема трябва да се подготви въз основа на тези бележки, лекциите по дисциплината и допълнителната литература.

1. Структура и предназначение на електроенергийната система (ЕЕС).

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

Отделните части на ЕЕС се свързват чрез подстанции. Чрез тях се контролира качеството на електроенергията и се предпазва ЕЕС от “разпадане”. 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. Поддържането на честотата е по сложно. Когато системата е в паралел всички генератори се въртят синхронно. Техните управления работят за отдаване на максимална мощност, а една от електроцентралите поддържа честотата като “води” останалите. При свързване на електросистемите на две страни обикновено по-голямата определя честотата.

- осигуряване на защиты на системата 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.

- компенсиране на реактивните загуби в преносната мрежа и консуматорите. Обикновено товарите не консумират само активна енергия. Повечето електрически машини имат и индуктивна съставка в товара (особено на празен ход), изправителите имат капацитивна съставка. Когато токът и напрежението не съвпадат по фаза се пренася реактивна енергия, а това води до загуби. 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.

- управление (диспечеризация) на електроенергийната система. Това означава непрекъснато следене на параметрите на системата, пренасочване на енергийните потоци, включване и изключване на електростанции и изключване на консуматори при аварийна ситуация, което се налага когато консуматорите са повече от максималната генерирана мощност. Случва се (освен при аварии) при особени поводи – едновременно включване на битови консуматори в празнични дни или отоплителни уреди при рязко застудяване когато централното отопление не е включено.

- измерване на количеството на отдадена, пренесена и консумирана ел. енергия – активна и реактивна. Това става при производителите на енергия (електростанции), във възлови места на ЕЕС и най-вече при крайните консуматори. От изключителна важност са надеждността и точността, тъй-като това измерване е свързано със заплащане.

2. Измервания в електро-преносните системи (подстанции). Това става с електронни средства за измерване – преобразуватели:

- на напрежение и ток. Това са измерватели на средна или ефективна стойност. Когато формата на напрежението и тока е близка до синусоидалната, се използват прости схеми на преобразуватели (изправители) за средна стойност които са настроени да показват ефективна стойност. Това е приложимо в близост до генераторите. Когато се измерва при консуматорите, особено при измерване на ток, е много по-правилно да се използват изправители за истинска ефективна стойност (true RMS) – *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.

- многозадачни преобразуватели. Тези устройства измерват напреженията и токовете в трите фази и след това чрез изчисления дават информация за всички параметри: мощност, честота, енергия, посока на енергията, нелинейни изкривявания, фазови разлики и т.н. Когато свързването е три-проводно може да се използва схема на Арон. При тази схема се измерват само двете фази (напрежение и ток), а третата се получава като векторна сума.

- специфични измерватели на отделни величини - на честота, на върхови стойности на ток или напрежение и др. Обикновено те се използват в електростанциите при пускане (развъртане) на генераторите.

Основни изисквания към първичните преобразуватели (стандартни). За да има съвместимост и да могат да се използват със съществуващата система тези устройства трябва да имат стандартни входно-изходни параметри:

- входното напрежение е 100V (линейно или фазно 57,7V. Линейното напрежение е това между отделните фази, а фазното е напрежението фаза-нула).

- входният ток е 5A. Достатъчно разпространени са и преобразуватели за 1A.

Това са номинални стойности, като преобразувателите трябва да работят точно и при претоварване 20-30%, т.е. до 130V и 6A. Естествено токовете и напреженията в електро-системата са много различни, но с подходящи трансформатори стойностите се свеждат до стандартните. Естествено чрез коефициентите на трансформация се получават реалните стойности. Има ограничения на консумираната мощност на преобразувателя от измерваните вериги. От напрежителните вериги се допуска консумация с мощност до 10VA, а от токовете 4VA. Ограничението е в пълна мощност VA, а не в активна – W.

- изходите на преобразувателите са няколко вида – аналогови (ток и напрежение), импулсни и цифрови. От аналоговите по-разпространени са тези с ток поради по-голямата шумоустойчивост на токовата връзка. Използват се стандартни изходи 0-5mA, -5 - +5mA, 4-20mA. При напрежителен изход се използват стойности от -10 до +10V.

Импулсните изходи обикновено се използват при преобразуватели за енергия. Всеки импулс съответства на определено количество енергия. Реализира се най-често с реле.

При цифровите изходи няма наложен се стандарт. Обикновено се използват като добавка към аналоговите и често са за проверка и настройка на преобразувателите, по-рядко за предаване на информацията поради особеностите на системата за управление в подстанциите.

- захранването на първичните преобразуватели обикновено е от отделен източник. Когато преобразувателят може да се вмести в ограниченията за консумирана мощност за захранване се ползва входната верига. Естествено за преобразуватели на ток това не е възможно защото при много малки токове няма да има захранване. При изходи 4-20mA, които по стандарт се захранват от апаратурата към която са свързани преобразувателите, 4-те mA може да се използват, ако са достатъчни. При съвременните средства това е възможно, особено за по-прости преобразуватели на ток, напрежение, честота. Източникът на захранване се предпочита да е автономен защото устройството ще работи и когато отпадне измерваната величина. Обикновено се използват 220V от автономни генератори или инвертори, както и акумулатори 200V.

Точността която се изисква от тези преобразуватели се определя от мястото където ще се използват. Трябва да се има предвид, че исканата от преобразувателите точност се отнася към обхвата, а не към измерваната величина. Типичните стойности са 1-2%, а в определени случаи 0,5-0,2%, рядко 0,1%. Това се определя от възможностите за регулиране, от параметрите които се изискват от стандартите, както и от съществуващата система. На повечето места изходните аналогови величини се измерват с 8-разрядни АЦП което означава максимална разрешаваща способност 0,4%. По-голяма точност е оправдана само при измерването на електроенергия, ако по измерените стойности се извършват разплащания.

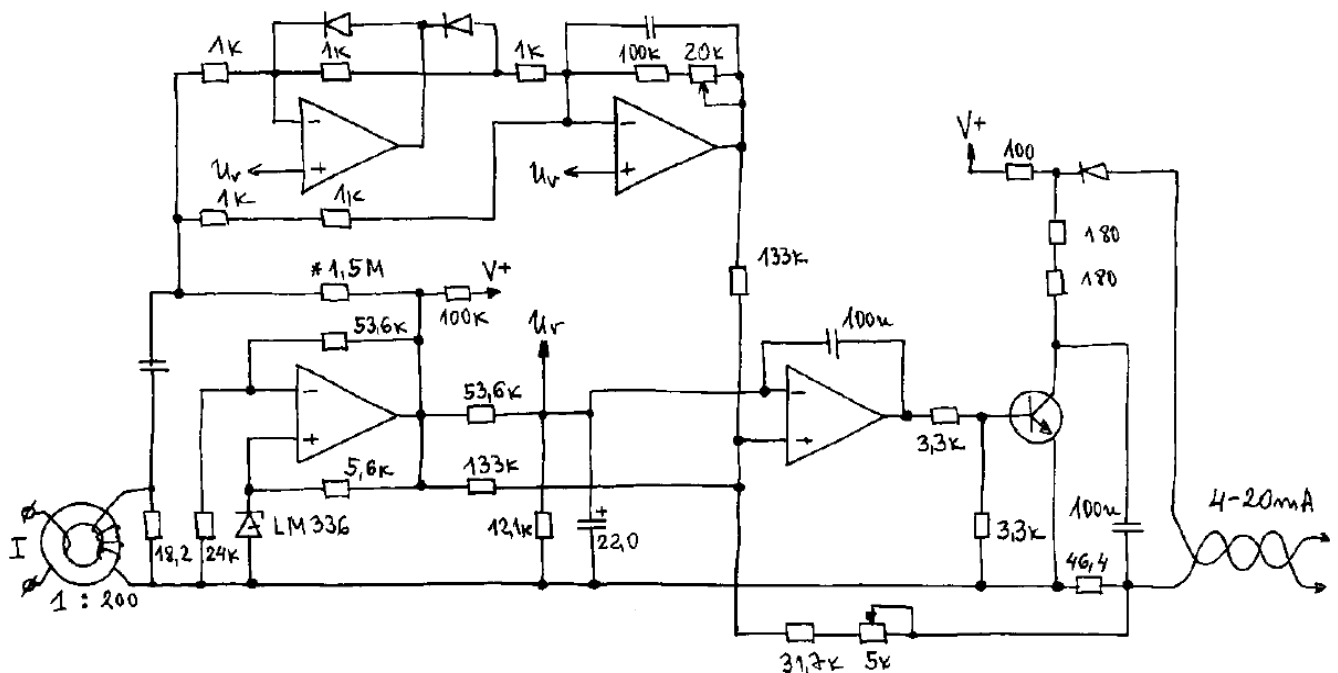
Много е важно да се обърне внимание на галваничното развързване между входа, изхода и захранването на преобразувателя. Това дава възможност входовете и изходите на отделните преобразуватели да се свързват паралелно и последователно в зависимост от необходимите измервания, без това да влияе върху работоспособността им. Поради големите смущения които възникват в ЕЕС, особено при аварии, преобразувателите трябва да издържат големи напрежения между входовете, изходите и захранването в зависимост от стандартите - 2, 4, 8 kV. Това усложнява иначе сравнително простите схеми на преобразувателите. Налага се да се използват по два трансформатора или такива с високоволтова изолация между вторичните намотки – обикновено между първичната и вторичните намотки изолацията е много добра, но между вторичните не издържа повече от 200-300V.

Типичните стъпала които се използват за измерване на ток и напрежение са няколко. За измерване на ток това са шунтови резистори или трансформатори, а за напрежение - резистивни делители или трансформатори. При използването на трансформатори се решава въпроса с галваничното развързване на измервателната верига, но измервателните трансформатори са скъпи устройства, особено за точности по-големи от 0,5%. При по-големи точности се предпочитат поевтини трансформатори с електронна компенсация – схемите поддържат “нулева” индукция в магнетопровода. Измерител на тази индукция е или допълнителна намотка или вграден в магнетопровода сензор на Хол. В този случай се увеличава значително консумацията на уреда и отделното захранване е задължително (4-те mA при стандарта 4-20mA са недостатъчни).

При използването на резистори няма проблем с точността но остава да се решава въпроса за развързването от изхода.

Изходните стъпала са типови схеми на генератори на ток с операционни усилватели. В тях няма особености освен задължителните защитни елементи – ограничителни резистори и ценови диоди. В някои приложения се налага допълнителна честотна корекция поради дължината на свързващите проводници в изхода – до няколко стотици метра.

На схемата по-долу е показана типична схема на преобразувател на ток. Входната верига е за 1A, а изходната по стандарта 4-20mA. Използва се една схема на четворен ОУ тип LM324. Два от усилвателите (в горната част на схемата) се използват като двуполупериоден изправител. Единият от останалите - като опорен източник, а другият - в изхода (заедно с транзистора) като генератор на ток. С двата потенциометъра се настройват наклона и нулата (4mA) на характеристиката на уреда. Точността е 1%. Изправителят е за средна (не е true RMS) стойност. Захранването е по токовата връзка 4-20mA, а галваничното развързване е с трансформатора 1:200.



3. Симулиране на параметрите на електрическата мрежа.

Области на приложение на симулирането

- научни изследвания и развойна дейност в областта на електроенергетиката.
- изпитания в различните етапи на производството и окачествяване на продукцията от измервателна, управляваща и защитна апаратура за нуждите на електроенергийната система.
- вторични изпитания на тази апаратура по време на експлоатацията.
- обучение на операторите при пълна безопасност в максимално близки до реалните работни условия.

Етапи в развитието на симулирането в електроенергетиката.

- използване на мащабно намалени реални елементи от електроенергийната система.
- разработване на аналогови модели на елементи от електроенергийната система.
- съставяне на аналогови модели, управлявани от компютър.
- въвеждане на цифрови модели.

Устройства за симулации в електроенергетиката.

- аналогови симулатори на електроенергийната система.
- анализатори на преходни процеси в електроенергийната система.
- системни симулатори за изпитания на релейни защиты.

Симулиране на режими от работата на електроенергийната система.

Режимите в работата на електроенергийната система са стационарни и аварийни. При симулиране на стационарни режими към изпитваните устройства (най-често релейни защиты) се подават сигнали с параметри (амплитуда, фазов ъгъл, честота), отговарящи на нормалната работа на съоръженията (генератори, далекопроводи, турбини, трансформатори). Когато се симулират аварийни режими параметрите на изпитвателните сигнали трябва да са в областта на задействане на релейната защита.

Изпитанията могат да бъдат статични и динамични. При статичните изпитания се подават сигнали с параметри от областта на задействане и се измерва времето до задействане на релейната защита. При динамичните изпитания се подават сигнали с линейно или стъпково изменение на параметрите. Промяната на параметрите се извършва след изтичане на временен интервал или задействане на релейната защита. Може да се извършват преходи от стационарен към аварийен режим и обратно.

Симулиране на преходни процеси от работата на електроенергийната система

Преходните процеси протичат в различни ситуации от работата на електроенергийната система – включване или изключване на генератор или товар, изключване при късо съединение и др. Тогава се появяват токове и напрежения с амплитуди, които надвишават дори тези при къси съединения. Целта на симулациите е да се настройат релейните защиты да различават преходните режими от аварийните и да не се задействат при преходен режим. При преходни процеси се появяват сигнали с честота, различна от основната. Характерни преходни явления са синхронното люлеене и асинхронния ход.

Синтезиране на сигнали за симулация

Сигналите могат да бъдат описани с аналитични математически изрази, синтезирани със специализирани програмни продукти за анализ на преходни процеси или записани чрез регистратори на повреди в реални електрически мрежи.

Устройства за симулация

За целта се използват специализирани трифазни и еднофазни напрежителни и токови генератори, известни под наименованието товарни устройства. Те се състоят от мощни усилватели и релейни входове и изходи за връзка с изпитваната защита, ЦАП за синтезиране на изпитвателни сигнали, микропроцесорен управляващ блок, блок за интерфейс с оператора. Управляващият блок трябва да съдържа достатъчна по обем памет за съхраняване на записи на изпитвателни сигнали.

По тези въпроси е дадена и достатъчно допълнителна литература.