

8. МЕРЕЊЕ И НАБЉУДУВАЊЕ (measurement and monitoring)

Истражувањата за квалитетот на електричната енергија често бараат набљудување за точно да се идентификува проблемот, а потоа и да се потврдат решенијата кои се применуваат. Пред започнување со широки програми за набљудување, важно е да се развие разбирање на потрошувачките постројки, опремата која ќе биде опфатена, ожичувањето и заземјувањето и работните услови. Често, проблемите со квалитетот на електричната енергија може да се решаваат без пошироко набљудување, со поставување на вистинските прашања кога се разговара со потрошувачот и изведување на иницијално испитување на лице место.

8.1 Испитување на лице место

Иницијалното испитување на лице место треба да биде изведено така за да овозможи што повеќе информации за потрошувачката постројка и проблемите кои се појавуваат. Специфичните информации кои треба да се добијат во оваа фаза вклучуваат:

1. Природата на проблемите (загуба на податоци, непотребни исклучувања, дефекти на компонентите, пореметувања на функциите на контролниот систем и сл.)
2. Карактеристиките на осетливата опрема кај која се јавуваат проблемите (информации за дизајнот на опремата или барем упатство за нејзина примена)
3. Кога се јавуваат проблемите?
4. Истовремени проблеми при предвидени операции (пр. вклучување на кондензатор) кои се случуваат истовремено со проблемот.
5. Можни извори на варијации во квалитетот на електричната енергија во постројката (пуштање на мотори, операции со кондензатори и опрема која има компоненти од енергетска електроника, опрема кај која се јавуваат лакови и сл.)
6. Состојбата на опремата која се користи.
7. Податоците за електричниот систем (еднополни шеми, големината и импедансите на трансформаторите, информации за оптоварувањето и кондензаторите, податоци за каблите и сл.)

Откако ќе се добијат основните податоци преку дискусии со потрошувачот, со изведување на испитувања на лице место се проверуваат еднополните шеми, податоците за електричниот систем, интегритетот на поврзувањето и заземјувањето, нивоата на оптоварување, како и основните карактеристики на квалитетот на електричната енергија. Формуларите кои може да се користат за почетната проверка на енергетскиот систем се прикажани на сликите од 8.1 до 8.4.

Податоци за напојниот трансформатор:			
Производител: _____			
Врска: _____			
Ном. моќност, kVA _____			
Примарен напон: _____			
Секундарен напон: _____			
Регулација, број отцепи: _____			
Поставеност на отцеп: _____			
Испитни податоци:			
Примарни напони:		Примарни струи:	
A-B	_____	A	_____
B-C	_____	B	_____
C-A	_____	C	_____
A-N	_____	Неутрала	_____
B-N	_____	Земја	_____
C-N	_____		
Секундарни напони:		Секундарни струи:	
A-B	_____	A	_____
B-C	_____	B	_____
C-A	_____	C	_____
A-N	_____	Неутрала	_____
B-N	_____	Земја	_____
C-N	_____		
Врска N-G? _____			

Слика 8.1 Формулар за снимање на испитни податоци за напојниот трансформатор

Идентификација на разв. табла (панел):			
Место: _____			

Напони:		Напојни струи:	
A-B	_____	A	_____
B-C	_____	B	_____
C-A	_____	C	_____
A-N	_____	Неутрала	_____
B-N	_____	заземјување	_____
C-N	_____		
Пресек на напојните жици:			
Врска N-G ? _____		Фази _____	
		Неутрал а _____	
		Земја _____	
Забелешка: _____			

Слика 8.2 Формулар за снимање на испитни податоци за напојно коло (од разв. табла)

Ознака на разводната табла: _____

Местоположба: _____

Ознака на колото	Перекинувач	Фаза А	Фаза В	Фаза С	Неутрала	Земја	Напојувани потрошувачи

Слика 8.3 Формулар за снимање на податоците на гранките од колата (од разв. табла)

Ознака на огранокот за напојување: _____

Местоположба: _____

Местоположба на опремата	Волти Фаза - Фаза	Волти фаза-N	Волти N-G	Напојна струја	Земја Z	Неутрала Z

Слика 8.4 Формулар за снимање на податоците на поединечните оптоварувања

8.2 Детално набљудување на квалитетот на електричната енергија

Подеталното набљудување на квалитетот на електричната енергија се изведува за да се карактеризираат варијациите на квалитетот на електричната енергија за специфични локации во системот за одреден временски период. Барањата за набљудување зависат и од проблемот кој се јавува. На пример, проблемите кои се предизвикани од напонските јами при грешки кои настануваат на оддалеченост во системот може да бараат набљудување за одреден временски период бидејќи грешките во системот веројатно се ретки. Ако проблемот опфаќа и вклучување на кондензатори, можно е условите да се карактеризираат за период од неколку дена. Проблемите со дисторзија (изобличувањето) треба да се карактеризираат за период од една седмица за да се добие слика за тоа како хармониците варираат со промените на оптоварувањето. Во следните делови се опишуваат важните аспекти од обидите за набљудување на квалитетот на електрична енергија.

8.2.1 Избирање на локација за набљудување

Најдобро е набљудувањето да се врши што е можно поблиску до осетливата опрема која што е повлијаена од варијациите на квалитетот на електричната енергија. Важно е набљудувачот да ги види истите варијации кои ги “гледа” и осетливата опрема. Ова особено се однесува на високо-фреквентните транзиенти кои може значително да се разликуваат ако постои одвоеност помеѓу набљудувачот и опремата. Друга важна локација е главниот напоен влез. Транзиентите и варијациите во напонот измерени на оваа локација може да бидат почувствувани од целата опрема во постројката. Ова е исто така и најдобра индикација за пореметувањата предизвикани од дистрибутивниот систем (иако е веројатно пореметувањата да се појавуваат поради настани во самата постројка).

8.2.2 Формулар за снимање на пореметувања

Важно е клиентите да водат записи во посебни формулари за пореметувањата (слика 8.5) во кои се опишуваат проблемите кои се јавуваат кај опремата за време на мерењата. Ова ќе овозможи воспоставување корелација меѓу пореметувањата и системските операции од една страна и проблемите со квалитетот на електричната енергија кои се јавуваат кај опремата од друга страна. Записите исто така треба да ги покажуваат поголемите промени во конфигурацијата на системот кои се имплементирани во периодот на мерењето (кондензатори за корекција на факторот на моќност, конфигурација на колата, нова опрема и сл.). Исто така ќе бидат снимени многу пореметувања кои не предизвикуваат директни ефекти на опремата на потрошувачот. Важно е да се направи разлика помеѓу овие пореметувања и настаните кои всушност ги предизвикуваат проблемите.

- Дата на пореметувањето:
- Време на пореметувањето :
- Фирма:
- Адреса:
- Име за контакт:
- Тел. број:
- Краток опис на пореметувањето :
- Вид на опремата:
- Тип на опремата:
- Производител:
- Ограничувања на опремата:
- Трошоци заради дефект на опремата:
- Трошоци заради неработењето на опремата:

Слика 8.5 Пример за формулар за снимање на пореметувања

8.2.3 Поврзување на мониторот за набљудување на пореметувањата

Се препорачува да се обезбеди напојување на мониторот од друго коло, различно од она кое се набљудува. Некои произведувачи вклучуваат во мерните инструменти влезни филтри или одводници на пренапони кои може да ги изменат податоците за пореметувањата ако мониторот се напојува од истото коло кое се набљудува.

Важно е да се земе предвид и заземјувањето на мониторот со кој се врши набљудувањето на пореметувањата. Мониторот треба да има заземјување кај приклучокот на сигналот кој се набљудува и кај приклучокот преку кој се напојува инструментот. Заземјувањата за двете конекции треба да бидат поврзани со кукиштето на инструментот. Заради безбедност, тие треба да бидат поврзани со земја, што пак дава можност за формирање на доземни јамки ако се инволвирани повеќе различни кола.

Безбедноста сепак доаѓа на прво место па затоа двете заземјувања треба да бидат поврзани секогаш кога постои дилема што би требало да се направи. Ако при тоа доземните јамки предизвикуваат такви проблеми како транзиентни струи кои би можеле да ги оштетат инструментите или да ги пореметат мерењата, можно е инструментот да се напојува од истиот довод кој што се набљудува. Во овој случај треба да се осигураме дека не постои промена на сигналот (кондиционирање) кај напојувањето. Како алтернатива се јавува можноста да се заземји кај приклучокот за сигналот кој се набљудува и да се постави инструментот на изолирана подлога. Потребно е да се применат соодветни безбедносни мерки, како користење на ракавици кога се работи со инструментот ако постои можност инструментот да дојде на потенцијал кој го имаат останатите апарати и другите доземни потенцијали со кои човекот кој ракува со инструментот може да дојде во контакт.

8.2.4 Подесување на прагот кај мониторот

Мониторите за детекција на пореметувањата се дизајнирани да регистрираат абнормални состојби. Затоа, потребно е да се дефинираат состојбите кои се сметаат за нормални. Некои монитори за детекција на пореметувања имаат претходно селектирани (default) прагови кои може да се користат како појдовна точка.

Најдобар пристап за избор на прагови е тие да се усогласат со спецификациите на опремата. Ова секогаш не е можно поради недостаток на спецификации или упатства за примена на опремата. Алтернативен пристап е да се подесат праговите во доволно тесни граници за одреден временски период (за да се соберат поголем број податоци за пореметувањата) и потоа да се искористат собраните податоци за да се одберат соодветни прагови за подолготрајно набљудување.

8.2.5 Големини кои треба да се мерат

Кога се набљудуваат пореметувања, обично доволно е да се набљудуваат напоните во системот. Ова не е адекватно за мерења на хармониците. За да се карактеризираат хармониците, потребно е да се мерат и напоните и струите. Ако треба да се одбере, тогаш струите, генерално, се поважни.

Мерењата на струите се користат за да се карактеризира создавањето на хармоници од нелинеарните оптоварувања во системот. Мерењето на струите кај индивидуалните оптоварувања е важно за одредување на карактеристиките за генерирање на хармониците. Мерењето на струите на напојните кола и на напојниот влез карактеризираат група на оптоварувања или цела постројка како извор на хармоници. Мерењата на струите во дистрибутивните системи може да се искористат за карактеризирање на група потрошувачи или цел напоен вод.

Мерењата на напонот помагаат да се окарактеризира реакцијата на системот на генерираните хармониски струи. Резонантните состојби ќе бидат регистрирани преку хармонска дисторзија на напонот при специфични фреквенции. За да се одреди карактеристиката на фреквентната реакција на системот преку мерењата, напоните и струите мора да бидат мерени истовремено. За да се мери хармонскиот проток на моќност, податоците за сите три фази мора да бидат земани симултано.

8.2.6. Интерпретација на мерените резултати

Со цел да се анализираат проблемите со квалитетот на електрична енергија преку спроведување на мерења, важно е да може да се направи корелација помеѓу карактеристиките на пореметувањата со можните причини за нивно појавување. Ова бара познавање на карактеристиките кои се типични за различни типови пореметувања. Брановите форми и информациите презентирани овде се дизајнирани за да обезбедат позадина потребна за интерпретирање на различни варијации на квалитетот на електрична енергија. Откако ќе се одреди причината за пореметувањето, влијанието врз опремата и можните решенија ќе може да бидат одредени. Не постои секогаш директна причинско последична врска помеѓу пореметувањето и ефектот на опремата (долготрајната деградација, интеракција со контролата може да влијае на проблемите). Потребно е и искуство на набљудувачот. Ова може да предизвика потешкотии во евалуација на влијанието и развојот на соодветните решенија.

8.2.7 Наоѓање на изворот на пореметувањето

Првиот чекор кон идентификација на изворот на пореметувањето е да се поврзе изобличениот бран со можната причина, како што е напоменато и погоре. Откако е определена категоријата на причината (пр. вклучување/исклучување на товар, на кондензатор, состојба на грешка настаната на одредена далечина, операција на повторно вклучување и сл.), идентификацијата станува поедноставна. Притоа може да се користат следните упатства:

- Високо-фреквентните напонски варијации ќе бидат ограничени на места блиску до изворот на пореметувањето. Нисконапонската мрежа често пати ги придушува високо-фреквентните компоненти благодарение на отпорноста на колото, така што овие фреквентни компоненти единствено ќе се појават кога мониторот е поставен блиску до изворот на пореметувањето.
- Прекините на моќност блиску до локацијата каде се наоѓа мониторот ќе предизвикаат нагла промена на напонот. Прекините на моќност далеку од локацијата на набљудување ќе резултираат само со намалување на напонот поради складираната енергија во ротирачките делови на опремата и кондензаторите.
- Највисоките напонски хармоници ќе се појават во близина на кондензаторите кои предизвикуваат резонанција. Во вакви случаи обично една фреквенција го доминира хармонискиот спектар на напонот.

8.3 Опрема за мерење на квалитетот на електрична енергија

Проблемите со квалитетот на електричната енергија опфаќаат широко подрачје на пореметувања и состојби на системот. Тие вклучуваат се од брзи преодни пренапони (временска рамка во микросекунда) до долготрајни испади (временска рамка од часови или денови). Проблемите со квалитетот на електричната енергија исто така вклучуваат и стационарни појави како хармониски пореметувања и интермитентни појави, како напонски фликери. Дефинициите за различните категории беа презентирани порано. Различните состојби кои се поврзани со квалитетот на електрична енергија го прави развојот на стандардни мерни процедури уште потежок.

Подолу наброената класификација на мерни инструменти не е дефинитивна и фиксирана. Имено, модерната изведба на процесорски управувано мерење на електричните величини, овозможува да се направат цела лепеза на инструменти за мерење на повеќе величини. Така, има инструменти наменети само за мерење на исправноста на електрични инсталации, но исто така и комбинација на таков инструмент кој содржи опции за мерење на квалитетот на електричната енергија од типот на анализатор на хармоници, мерач на моќност и друго, или пак мултиметар со можност да мерење на хармоците и моќноста, или пак анализатор на хармоници со својства на осцилоскоп и мултиметар. Цените на таквите инструменти постојано паѓаат во согласност со развојот на мерната процесорски управувана техника, и да за да се добие добра информираност, може да се следат производите на реномирани и помалку реномирани фирми, како FLUKE, DRANETZ и други.

8.3.1 Типови на инструменти

Иако постојат инструменти кои мерат широк дијапазон на пореметувања, сепак постои одреден број на инструменти кои се генерално потребни, во зависност од

состојбата која се испитува. Основните категории инструменти кои може да се применат се:

- Уреди за испитување на ожичувањето и заземјувањето
- Мултиметри
- Осцилоскопи
- Анализатори на пореметувањата
- Анализатори на хармоници/спектрални анализатори
- Комбинирани анализатори на пореметувања и хармоници
- Flicker метри
- Монитори на енергија (моќност)

Во следните секции ќе се зборува за примените и ограничувањата на овие различни инструменти. Освен овие инструменти, кои директно ги мерат стационарните сигнали и пореметувања, за мерење на амбиентните услови се користат други инструменти:

- Инфрацрвени мерачи кои може да бидат многу значајни во откривање на слаби врски и прегреани спроводници. Годишна проверка на системот на овој начин може да спречи проблеми со квалитетот на енергија кои се должат на лакови, лоши врски и претоварени проводници.
- Шумовите поврзани со електромагнетното зрачење бараат мерење на јачината на полето во близината на опремата. Јачините на магнетното поле кај индуктивните врски се мерат со магнетни гаус мерачи. Електричното поле кај електростатските врски може да се мери со мерачи на јачина на електрично поле.
- Мерачите на статички електрицитет се уреди со посебна намена за мерење на статичкиот електрицитет во близината на осетливата опрема. Електростатското празнење (electrostatic discharge ESD) може да биде важна причина за проблемите со квалитетот на електричната енергија кај определени типови на електрична опрема.

Без оглед на типот на инструментација потребна за вршење на тестот, одреден број важни фактори треба да бидат земени во предвид при изборот на инструментот. Некои од поважните фактори се:

- Број на канали (напон и/или струја)
- Температурната спецификација за инструментот
- Издржливоста на инструментот
- Опсег на влезниот напон (пр. од 0 до 600 V)
- Барања за моќноста
- Способност за мерење трифазни напони
- Изолација на влез (изолацијата помеѓу влезните канали и од секој влез кон земјата)
- Способност за мерење струи

- Куќиштето на инструментот (можност да се пренесува, да се монтира на столб и сл.)
- Лесно да се употребува (кориснички интерфејс, графички можности и сл.)
- Документација
- Можности за комуникации (модем, мрежен интерфејс)
- Софтвер за анализа

Флексибилноста на инструментот е исто така многу важна. Ако со еден инструмент може да се обават повеќе функции, тогаш помалку инструменти ќе бидат потребни. Увидувајќи дека постојат извесни преклопувања во различните категории на инструменти, основните категории инструменти за директно мерење на сигнали се опишани во следните страници.

	
<p>Инструмент “Еуротест” на фирмата METREL кој е комбинација на инструмент за мерење во ел. инсталации и инструменти - анализатор на квалитетот на ел. енергија, со торба за носење и припадниот прибор</p>	<p>Анализатор на квалитетот на ел. енергија од фирмата ФЛУКЕ, тип 43 кој има својство и на осцилоскоп и мултиметар, претставен без својот прибор (мерни клешти за струја, приклучни кабли за напон и друго)</p>

8.3.2 Уреди за тестирање на ожичувањето и заземјувањето

Повеќето проблеми со квалитетот на електричната енергија кои се пријавуваат од потрошувачите се причинети од проблеми со поврзувањето (ожичувањето) и/или заземјувањето на постројките. Овие проблеми може да се идентификуваат со визуелна инспекција на поврзувањето, конекциите и разводните кутии а исто така и со специјални тест-уреди за детектирање на проблеми со поврзувањето и заземјувањето. Поважни особини на тест уредите за поврзување и заземјување се:

- Детекција на доземни врски кај изолирани свездишта и врски земја-неутрален проводник;
- Мерење или индикација на импеданси на заземјување и неутралните проводници;

- Детекција на прекинати заземјувачки и прекинати неутрални проводници или прекинати фазни проводници;
- Детекција на обратна поставеност фаза-нула или нула-земја

Три-фазните уреди за испитување на ожичувањето треба исто така да може да проверуваат ротација на фази и меѓуфазни напони. Овие тест уреди може да бидат едноставни и да обезбедат одлични иницијални тестови за интегритетот на колата. Многу проблеми може да бидат детектирани и без детално набљудување и користење на скапа инструментација.

8.3.3 Мултиметри

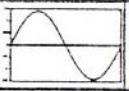
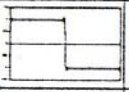
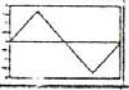
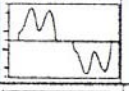
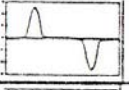
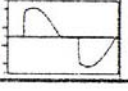
По иницијалните тестови може да се јави потреба да се направат брзи проверки на напонските и струјните нивоа во постројката. На овој начин може да се откријат претоварувања, поднапонски и наднапонски проблеми, како и дебаланс на струите. За вакви мерења потребен е само едноставен мултиметар. При тоа треба да се проверат следните сигнали:

- Напон фаза-земја
- Напон фаза-неутрален проводник
- Напон неутрален проводник-земја
- Напон фаза-фаза (кај трифазните системи)
- Фазни струи
- Струи во неутралните проводници.

Најважен фактор за кој треба да се води сметка при изборот на мултиметар е методот на калкулација кој се користи во инструментот. Мултиметрите кои вообичаено се користат се калибрирани да дадат *rms* (ефективна вредност) индикација на мерениот сигнал. Сепак, постојат различни начини за пресметка на вредноста на *rms* (*rms* всушност значи ефективна вредност, доаѓа од англ. израз *root mean square* односно квадратен корен од средноквадратна вредност). Три најчесто употребувани методи се:

1. *Врвен метод*. Претпоставувајќи дека сигналот е синусоидален, мерачот ја чита врвната вредност на сигналот и го дели резултатот со $\sqrt{2}$.
2. *Усреднувачки метод*. Мерачот ја определува средната вредност на засилениот сигнал. За чист синусоидален сигнал (кој содржи само една фреквенција) оваа средна вредност е поврзана со *rms* со константа.
3. *Вистинска rms*. Коренот од средната квадратна вредност (*root mean square-rms*) е мерка за загревањето кое ќе се јави ако се донесе напон на отпорник. Еден начин за откривање на вистинската *rms* е да се користи термички детектор за да се измери загревањето. Современите дигитални мерачи користат дигитална пресметка на *rms* преку квадрирање на сигналот за секоја земена вредност, усреднувајќи за периода и потоа коренувајќи го резултатот (претходно обично сигналот е дигитализиран, па пресметката се врши во дигитална форма).

Табела 8.1 Споредба на покажувањата на разни инструменти при разни бранови облици

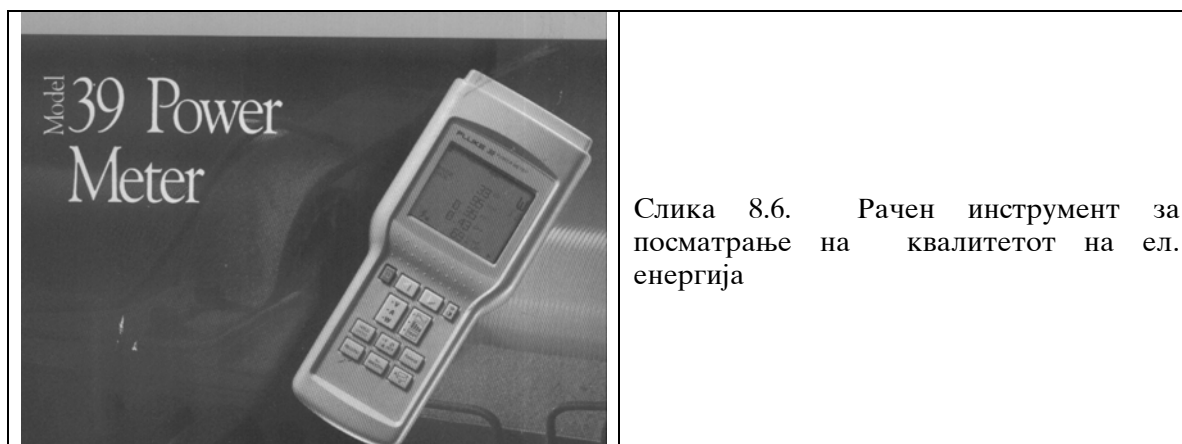
		Meter Type		
		True RMS	Peak Method	Average Responding
		Circuit Type		
		RMS Converter	Peak / 1.414	Sine Avg. X 1.11
Sine Wave		100 %	100 %	100 %
Square Wave		100 %	82 %	110 %
Triangle Wave		100 %	121 %	96 %
ASD Current		100 %	127 %	86 %
PC Current		100 %	184 %	60 %
Light Dimmer		100 %	113 %	84 %

Ако сигналот е чиста синусоида, сите три методи ќе дадат ист резултат. Но ако сигналот е изобличен, сите ќе дадат различно покажување. Ова е многу битно да се знае, бидејќи особено кога се работи за струите мерени во фазите или нулата во внатрешноста на постројката/претпријатието, кои може да се многу изобличени. Ова го илустрира табелата 8.1. Секој сигнал од табелата 8.1 има ефективна вредност (rms) од 1,0 единици односно 100 проценти. Соодветното покажување на секој вид мерач е прикажано во однос на вистинската еф. вредност (rms).

8.3.4 Осцилоскопи

Осцилокопот е погоден за изведување на тестови во реално време. Прегледот на брановите облици на напонот и струјата може да обезбеди доволно информации за тоа што се случува дури и без да се изведуваат детални анализи на брановите облици. Може да се добијат големините на напоните и струите, да се види очигледното изобличување и да се откријат поголемите варијации кај сигналите. Постојат многу модели на осцилоскопи од кои може да се избира. Дигиталниот осцилоскоп со можност за зачувување на податоците е добар затоа што може да се зачуваат брановите облици за понатамошна анализа. Осцилокопите од оваа категорија често имаат и опција за анализа на бранови облици (енергетски пресметки, спектрална анализа и сл.). Освен тоа, дигиталните

осцилоскопи често се снабдени и со комуникации така што податоците може да бидат внесени во РС за понатамошна анализа со некој софтверски пакет.



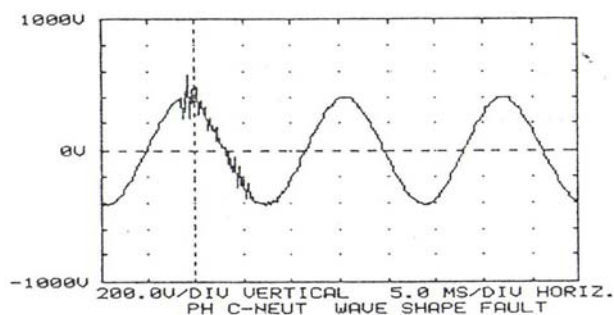
Слика 8.6. Рачен инструмент за посматрање на квалитетот на ел. енергија

Последните достигнувања во развојот на осцилоскопите се hand-held (или “рачни”) инструменти со можност за приказ на брановите облици и процесирање на сигналите. Тие се мошне корисни во испитувањата на квалитетот на електричната енергија затоа што се лесни за пренесување и може да се користат и како волт-ом метри, но притоа може да приберат повеќе информации. Идеални се за иницијални испитувања во погоните. Типичен уред е прикажан на слика 8.6. Овој инструмент е со можност за анализа на хармоници и дозволува конектирање со РС за понатамошно анализирање и внесување во извештаите. Овие мерат и еднофазна моќност на потрошувачот, фактор на моќност и друго.

8.3.5 Анализатори на пореметувања


Анализатори и монитори на пореметувањата создаваат категорија на инструменти кои се посебно развиени за мерења на квалитетот на енергијата. Типично мерат широк опсег на пореметувања од краткотрајни транзиентни напони до долготрајни прекини и поднапони. Постои можност за подесување на праговите, а инструментите може да ги снимаат податоците за одреден временски период и без присуство на персонал. Информациите може да се снимаат на хартија, но повеќето уреди имаат додатни приклучоци, па информациите може да бидат снимени и на диск. Ваквите уреди се поделени во две основни категории:

1. *Конвенционални анализатори* кои ги забележуваат и чуваат настаните со специфични информации како над/поднапонски големини, јами/ пренапонски големини и нивното времетраење, транзиентни големини и нивното времетраење и сл., но без графички можности.
2. *Графички-базирани анализатори* кои ги зачувуваат и печатат тековните бранови облици заедно со описни информации кои би биле генерирани од конвенционалните анализатори.



Слика 8.7 Излез од графички базиран анализатор

Често е тешко да се одредат карактеристиките на пореметувањето или преодната појава од информациите кои се добиваат од конвенционалните анализатори. На пример, осцилаторна преодна појава не може да биде ефективно опишана само со врвната вредност и времетраењето. Затоа, речиси е императив да може да се регистрира брановиот облик, што се прави со графички-базираните анализатори, за детално анализирање на проблемите со квалитетот на електричната енергија (Сл.8.7) Сепак, едноставниот конвенционален анализатор може да послужи во иницијалните проверки на проблематичната локација.

	<p>Сл. 8.7-а. Снимач на настани (“event recorder”) наменет за нисконапонски еднофазен приклучок (Fluke). Не е графички базиран.</p>
--	---

8.3.6 Спектрални и хармониски анализатори

Инструментите од претходната категорија имаат многу ограничени способности за анализа. Некои од помоќните анализатори имаат модули кои може да се додаваат и кои може да вршат брза Фуриева трансформација (FFT) за да се одредат хармониците од понизок ред. Сепак, позначајните мерења на хармоници бараат инструменти кои се дизајнирани за спектрална и хармониска анализа. Важни својства за добри мерења на хармониците се:

- Способност за симултано мерење на напонот и струјата за да се добијат информации за хармониците во power flow пресметките.

- Способност за мерење на големината и фазниот агол на одделните хармониски компоненти (исто така потребни и за power flow пресметките).
- Синхронизација и соодветена фреквенција на земање на податоци во текот на мерењето за да се добијат точни мерења на хармониските компоненти барем до 37-миот хармоник (ова барање е комбинација висока sampling rate и интервал базиран на основа од 50 Hz (или 60 Hz)).
- Способност да се карактеризира статистичката природа на хармонските нивоа на дисторзија (хармонските нивоа се менуваат со промена на оптоварувањето и условите во системот). Обично постои делумична статистичка обработка уште во текот на мерењето, на пример, усреднување на измерените вредности во текот на некои поголеми временски интервали. На пример, инструментот мери секоја секунда, но само средните вредности од секоја минута се памтат во меморијата.

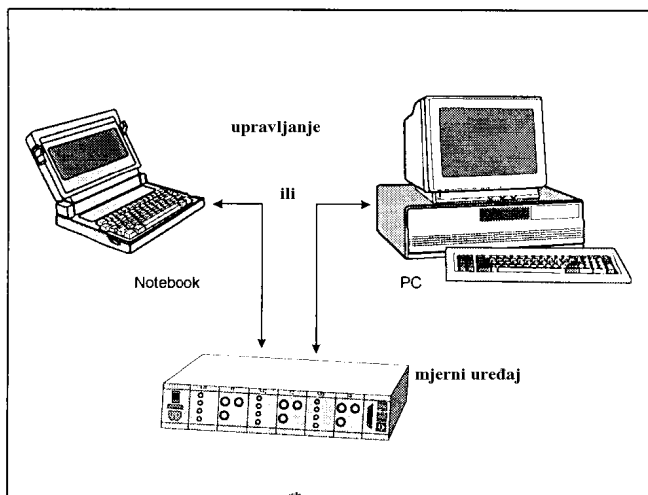
Постојат три основни категории на инструменти кои може да се земат в предвид при хармонските анализи:

1. *Едноставни мерачи.* Понекогаш можеби е потребно да се направи брза проверка на хармонските нивоа на проблематичната локација. Едноставен, лесно пренослив инструмент е идеален за ваква намена. Во времето на пишување на овој текст на пазарот може да се најдат неколку hand-held инструменти од овој тип. Секој инструмент има свои предности и недостатоци во начинот на работа и дизајнот. Овие направи генерално користат микропроцесорски кола за изведување на потребните пресметки за одредување на одделните хармоници се до 50-тиот хармоник, како и rms, THD и факторот на влијание врз телефонијата (telephone influence factor) TIF. Некои од овие уреди може да ги пресметуваат и хармониските моќности и да ги пренесуваат зачуваните бранови облици и пресметковните податоци на компјутер (напр. ФЛУКЕ41Б).

2. *Спектрални анализатори за општа намена.* Инструментите во оваа категорија се дизајнирани да изведуваат спектрална анализа на брановите облици за различни апликации. Тие се општи инструменти за анализа на сигнали. Предноста на овие инструменти е во тоа што се нудат по разумна цена бидејќи се наменети за поширок пазар, а не само за примена во енергетските системи. Недостаток е тоа што не се специјално дизајнирани за снимање на бранови облици на 50 Hz (или 60 Hz) и затоа мора внимателно да се користат за да се добијат точни анализи на хармониците. Постојат многу различни инструменти од оваа категорија.

3. *Анализатори на хармоници со намена за енергетски системи.* Освен анализаторите за општа намена, постојат и инструменти специјално дизајнирани за анализа на хармоници во енергетски системи (Слика 8.9). Базирани се на FFT со фреквенција на снимање на податоци посебно дизајнирана за одредување на хармониските компоненти во сигналите. Може да бидат вклучени некаде во мрежата (на терен) и преку комуникациски уреди да се врши далечинско набљудување. На сликата 8.9 прикажан е еден пренослив мерен систем наменет за мерење во Ел. Ен. Систем (од германско производство, 1996г.), и на

високонапонско (преку вградените мерни трансформатори) и на нисконапонско ниво. Тој може да мери и транзиенти, како и фликер, но не сите појави истовремено. Располага и со статистички функции за обработка на мерењата.



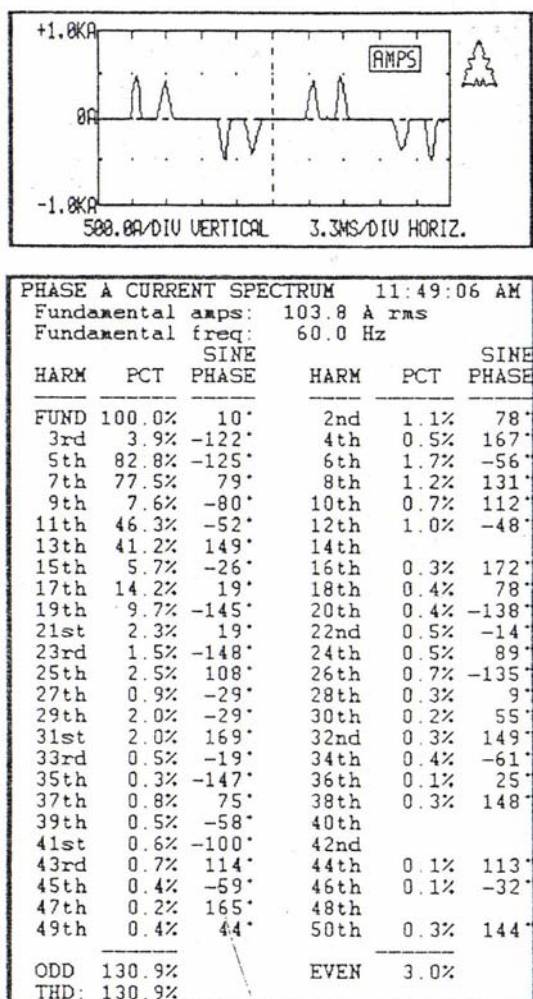
Слика 8.9. Мерен пренослив систем наменет за Електроенергетски систем. Посматрање на моменталните величини “on line”. Обработка на аквизирани податоци во подолг временски период - “off line”. На сликата не се претставени мерните кабли, мерните клешти за мерење на струја и друг прибор за приклучување на мерното место.

8.3.7 Комбинација од анализатори на хармоници и пореметувања

Најновите инструменти комбинираат ограничени функции на снимање хармоници и набљудување на енергија како и целосни функции на набљудување на пореметувањата. Имаат графички излез и собирање на податоците преку телефонски линии во централната база на податоци. Потоа може да се вршат статистички анализи врз податоците. Исто така податоците може да бидат влезни големини во други програми и врз нив да се вршат соодветни манипулации во други графички излезни процесори.

Пример за таков инструмент е оној на фирмата ВМI. Овој инструмент е дизајниран и за енергетските компании и за корисниците затоа што се монтира во погодна куќиште за надворешна и трајна инсталација. Симултано набљудува три-фазни напони и струи, што е многу важно за дијагностицирање на проблемите со квалитетот на електричната енергија. Инструментот ги прибира необработените податоци и ги чува за далечинско даунлодирање. Оф-лајн анализите се вршат со моќни софтвери кои може да дадат различни излези, како што тоа е прикажано на слика 8.10. Првата слика покажува типичен резултат за напонска јама. При тоа се прикажани tms за првите $0.8\ s$ и брановиот облик за првите $175\ ms$. Средната слика прикажува типична бранова грешка фатена при операција на вклучување на кондензатор. Последната слика ја покажува способноста за прикажување на хармониците во пореметениот бранов облик. Може да се добијат и брановиот облик и хармонискиот спектар. Друг уред е оној на компанијата Square D. Ова е систем за набљудување на оптоварувањето што исто така има можност да ги фати

пореметувањата и да ги анализира хармониците. Направен е за инсталации во индустриски постројки и може да биде приклучен во индустриското претпријатие кај центрите за контрола на мотори и командните табли.



Слика 8.8 Излез на хармониски анализатор

Значи, иако само пред неколку години можноста за набљудување на квалитетот на електричната енергија беше ретка особина кај инструментите, се повеќе се наоѓа кај комерцијално понудената опрема.

8.3.8 Фликер-метри

Напонски фликер е термин за мала но брза промена во напонот на напојувањето. Овој термин се користи затоа што ефектите од овие варијации (типично во фреквентен опсег од 1 до 30 Hz) забележани кај електричните лампи, од човековото око се прифаќаат како треперење. Електролачните печки се најчестите предизвикувачи на напонски фликери, но и други оптоварувања, како

кршачи на камења и посилни апарати за заварување кои имаат нерамномерни карактеристики може да предизвикаат слични проблеми.

Кога се мери фликер, инструментот мора да мери rms вредност на пореметениот напон или напонот на напон при 50 Hz. Тоа се добива со демодулирање на напонот од носачот со 50 Hz. Важно е да се пресмета доминантната фреквенција кај ваквите сигнали, затоа што различните фреквенции различно се примаат од човековото око. Повеќе енергетски компании имаат конструирано свои фликер-метри базирани на аналогни сигнали, па сега постојат комерцијални фликер-метри. Некои се самостојни, а други пак базирани на компјутери. Треба да се води сметка и врз кој стандард е направен некој фликерметар, бидејќи има и според постарите стандарди, а и според поновите. Можно е опцијата фликерметар да е вградена во некој посложен преносен инструмент.

8.3.9 Барања кои се поставуваат за трансјусерите (претворувачите на сигнали)

Набљудувањето на квалитетот на електричната енергија во енергетските системи често бара трансјусери (преносници, давачи)¹ за да се добие соодветно струјно и напонско ниво. Набљудувањето на напонот на секундарната страна (ниско напонската страна) може да биде изведено со директно поврзување, но дури и овие локации бараат струјни трансформатори за струјните сигнали. Многу инструменти се дизајнирани за напони со ефективни вредности од 0 до 600 V и струјни влезови до 5 A rms. Напонските и струјните трансјусери мора да ги обезбедат овие напонски нивоа. Ако не се обезбедат соодветни трансјусери, мерењето може да биде безвредно. Треба да се води сметка за две многу важни работи при изборот на трансјусерите:

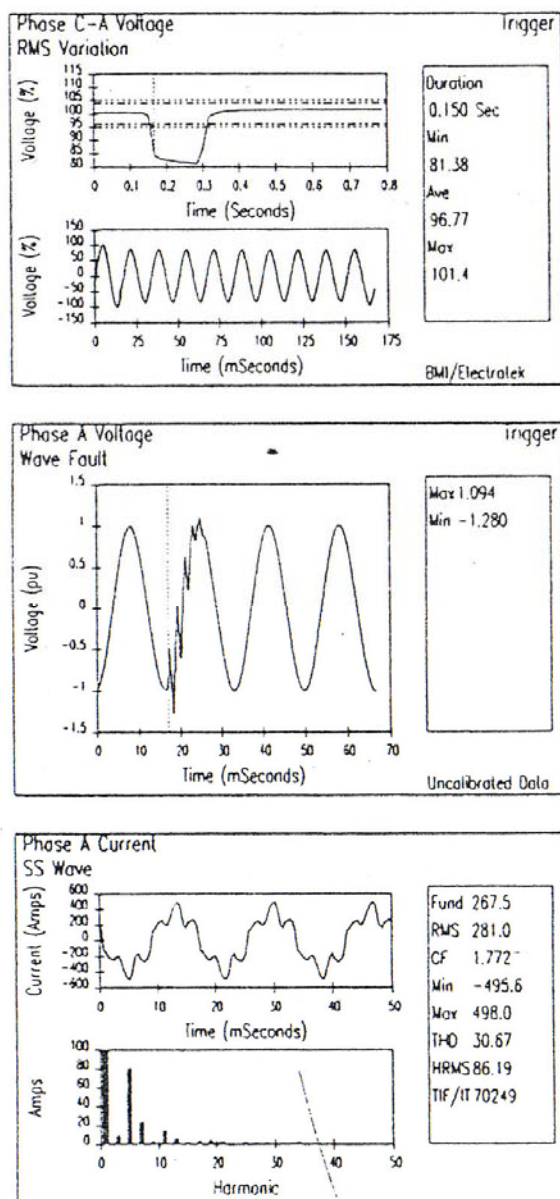
1. *Нивојто на сигналите (амплитудата)*. Сигналните нивоа мора да ја користат целосната скала на инструментот без пореметување и сечење на бараниот сигнал.
2. *Фреквенциен одговор*. Ова е особено важно за набљудување на транзиентните и хармониските пореметувања, каде високо-фреквентните сигнали се особено важни.

За ова, како и за инсталирањето на трансјусерите ќе се говори понатаму.

8.3.10 Нивото на сигналите

Се бара внимателно избирање на напонските (VTs) и струјните (CTs) трансјусери за да може да се искористи целосната резолуција на инструментот без сечење на мерениот сигнал. Неправилен избор може да доведе до оштетување на трансјусерот и инструментот за набљудување. Дигиталните инструменти за набљудување во себе ги инкорпорираат аналого/дигиталните (AD) конвертори. Овие A/D кола (или уреди, конвертори)

¹ Под овој поим разбираме уреди со помош на кои мерениот сигнал за струјата или напонот се трансформира до мали износи кои може да влезат во мерните инструменти. Но за оваа цел, тие уреди треба да исполнат одреди барања, пред се да не го видоизменат сигналот.



Слика 8.10 Излезни резултати од комбиниран инструмент: анализатор на потрметувања и на хармоници

ги конвертираат аналогните сигнали кои инструментот ги добива од трансјусерите во дигитални сигнали за процесирање. За да се добие најточна претстава за сигналот кој се набљудува, важно е да се користи најширокиот можен опсег на A/D уредот. Нивото на шумови е приближно 33 проценти од вредноста на целата скала во битови (5 бита за 16-битен A/D). Затоа, по правило, влезниот сигнал не смее никогаш да биде помал од една осмина од максималната вредност на скалата, за да биде над нивото на шумови на A/D колото. Ова се постигнува со избирање на соодветни трансјусери.

		
<p>Струен мерен трансформатор за низок напон кој може да се користи за мерење на кв. на е.ен. ЕМО Охрид</p>	<p>Струен мерен трансформатор за среден напон кој може да се користи за мерење на кв. на е.ен. ЕМО Охрид</p>	<p>Комбиниран напонски и струен мерен трансформатор за висок напон кој би можел да се користи за мерење на кв. на ел. ен., HAEFELY Швајцарија.</p>

Напонски трансдјусери. VTs треба да бидат избрани така што да се спречат мерни пореметувања од заситувањето во напонскиот трансформатор (ако како трансдјусер се користи напонски трансформатор). За преодните појави се бара коленото од кривата на заситување да биде барем 200 проценти од номиналниот системски напон.

Секогаш е добро да се остави простор за сигурност при појава на пренапони. Ако се појави пренапон, сигналот ќе биде исечен од A/D плочата и мерењето ќе биде некорисно. Се предлага овозможување 150 проценти пренапон. Ова може да се постигне со промена на влезното подрачје на инструментот, ако такво постои, или избор на соодветен напонски трансформатор.

Струјни трансформатори. Изборот на соодветен трансдјусер за струјата е потешок. Струјата во било кој систем се менува многу почесто и со поголеми разлики од напонот. Повеќето производители на инструменти за набљудување на квалитетот на електричната енергија доставуваат и струјни трансформатори (СТ) со нивната опрема. Доаѓаат во широк опсег на големини за да се приспособат на различни нивоа на оптоварување. Обично се предвидени за максимално континуирано струјно оптоварување.

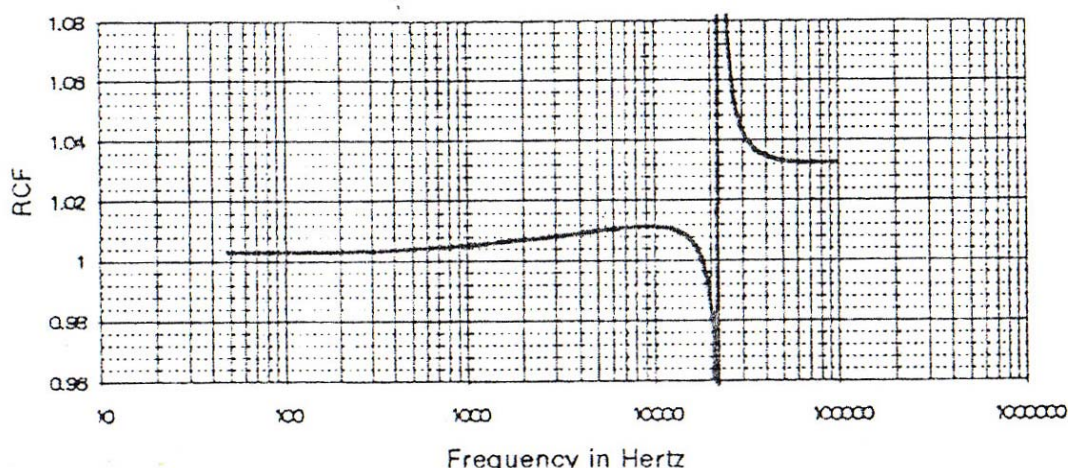
Соодветниот струен пренос и преносен однос на СТ зависи од целта на мерењето. Ако станува збор за струи на грешка, тогаш СТ треба да биде избран во опсег од 20 до 30 пати поголем од нормалното струјно оптоварување. Ова ќе допринесе за ниска резолуција при мерењето на струите на оптоварувањето и неможност точно да се карактеризираат струјните хармоници, ако се мерат со такви трансформатори.

Ако се од интерес хармониците и карактеризирањето на оптоварувањето е важно, тогаш СТ треба да бидат избрани точно да ги карактеризираат струите на оптоварувањето. Ова овозможува евалуација на одговорот на оптоварувањето на

варијациите на системскиот напон и точна пресметка на струјните хармоници од оптоварувањето.

8.3.11 Фреквентен одговор

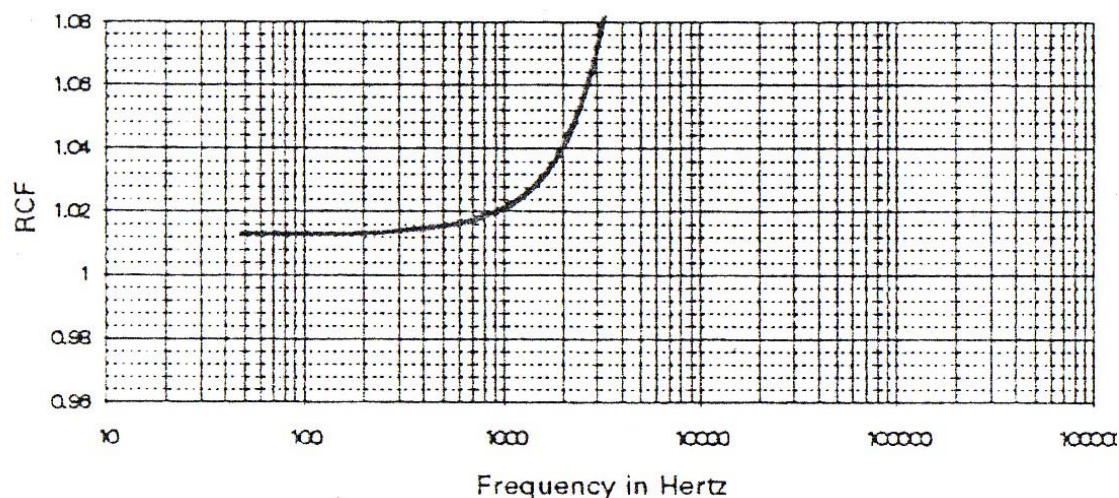
Карактеристиката на фреквентниот одговор на трансдјусерот може да биде илустрирана со испртување на факторот на корекција (ratio correction factor RCF), што всушност го покажува односот помеѓу очекуваниот излезен сигнал (влез поделен со преносниот однос) со фактичкиот излезен сигнал, во функција од фреквенцијата.



Слика 8.12. Фреквентен одговор на стандарден напонски трансформатор со товар 1 MΩ

Напонски трансдјусери. Фреквентниот одговор на VT (напонски трансформатор) од стандардна класа зависи од типот и товарот (се мисли на импедансата приклучена на неговиот излез). Генерално, товарот треба да биде многу висока импеданса (Слики 8.12 и 8.13). Ова не е проблем за најголемиот дел од опремата за набљудување на квалитетот на електрична енергија денеска. Овие инструменти, како и дигиталните мултиметри, осцилоскопите и слично, претставуваат многу високи импеданси за трансдјусерот. Со висока импеданса како товар, одговорот е обично адекватен се до 5kHz. ($h_{\max} = 5000 : 50 = 100$ -ти хармоник).

Некои трафостаници за потребите на мерењето и заштитата користат капацитивни напонски трансформатори (capacitively coupled voltage transformers CCVT) како напонски трансдјусери. Тие не би требало да се користат при набљудување на квалитетот на електричната енергија. Таму обично има нисконапонски трансформатор во паралела со



Слика 8.13. . Фреквентен одговор на стандарден напонски трансформатор со товар 100 Ω

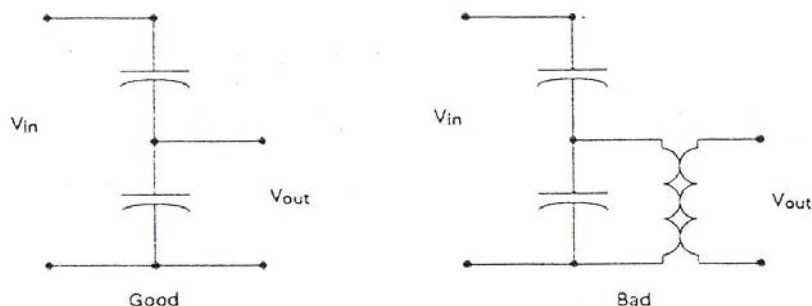
нисконапонскиот кондензатор во напонскиот делител (сл. 8.14). Оваа конфигурација резултира со коло кое е нагодено (на 50 или 60 Hz) и нема да обезбеди точно претставување на било кои високо-фреквентни компоненти. Вакви напонски трансформатори обично има на висок напон, 220 и 400 kV.

Мерењето на високо-фреквентни компоненти во напонот бара капацитивен напонски делител или пак чисто отпорнички делител. Сликата 8.14 ја покажува разликата меѓу CCVT (капацитивен напонски трансформатор) и капацитивен делител. Капацитивни делители со специјална намена може да се добијат за мерења кои бараат точно карактеризирање на транзиентите до 1 MHz.

Струјни трансформатори. Стандардните мерни класи на СТ се генерално адекватни за фреквенции до 2 kHz, односно, до 40 -тиот хармоник (фазната грешка може да стане значајна пред да се достигне оваа фреквенција). За повисоки фреквенции треба да се користат СТ од прозорчест тип со висок преносен однос.

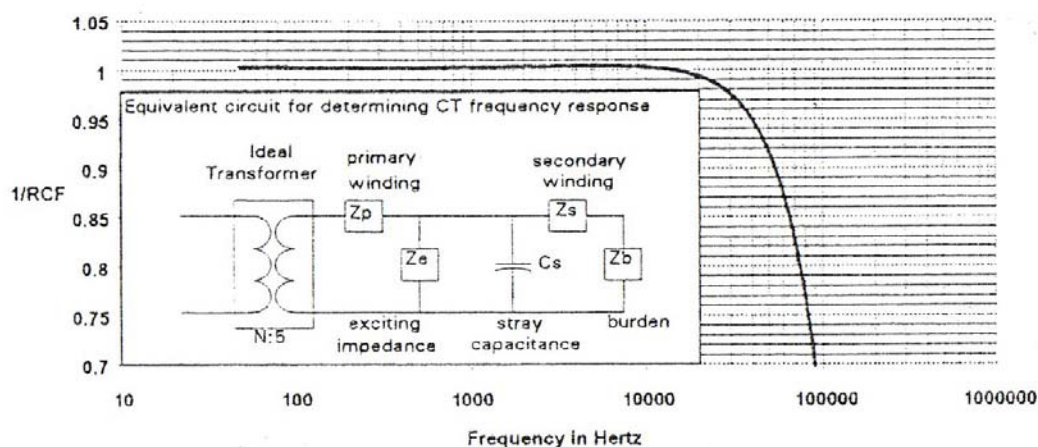
Додатно својства кои треба да ги поседуваат СТ се:

1. Големи преносни односи, пример 2000:5 или поголеми.



Слика 8.14. Капацитивни делители на напон (лево) и капацитивен напонски трансформатор (CCVT) - десно

2. Се преферираат СТ од прозорчест тип. Примарно-намотни СТ (односно СТ кај кои струјата од системот тече низ намотка) може да се користат, но да се води сметка бројот на намотки во примарот да биде помал од 5.
3. Мали остаточни флуковски, пример ≤ 10 проценти од вредноста на заситување на јадрото.
4. Голема јадрена површина. Колку повеќе челик се користи во јадрото, толку е подобар фреквентниот одговор на СТ.
5. Отпорноста на секундарната намотка и импедансата на одводот треба да бидат што е можно помали. Како што тоа е прикажано на слика 8.15, тоа ќе овозможи протекување на поголемиот дел од излезниот сигнал кон товарот, отколку непотребно “заскитување” кон капацитетите и импедансите кои го побудуваат јадрото.



Слика 8.15 . Фреквентен одговор на прозорчест (торусен) СТ

8.3.12 Фактори за избор на местото на поставување на трансјусерите

Набљудувањата во дистрибутивна та мрежа на високонапонска страна бараат и струјни и напонски трансјусери. Изборот на најдобрата комбинација на трансјусери зависи од повеќе фактори.

- Локацијата на набљудување (трафостаница, надземен или подземан вод и сл.)
- Можност да се прекине колото за да се инсталира трансјусерот.
- Потреба за набљудување на струјата.

Трансјусери во трафостаници. Вообичаено е да се користат постоечките СТs и VTs (освен од типот CCVTs) од трафостаницата при набљудување на квалитетот на електричната енергија.

Преносни надземни водови. За набљудување на квалитетот на електрична енергија на примарните дистрибутивни кола, често се бара да се инсталира

трансјусерот без да се прекине колото. Неодамна се развиени и трансјусери кои може да се инсталираат на водот под напон.

Овие уреди во себе вклучуваат VT со отпорнички делител и прозорчест (торусен) CT во една единица. Пригушница со пресечено јадро се опфаќа околу фазниот проводник и мерената струја се одвојува низ струјниот трансформатор кој се наоѓа во изолаторот. Ова овозможува инсталирање на уредот на местото каде претходно бил изолатор. На овој начин трансјусерите може да се инсталираат на вод под напон без да се прекинуваат фазните проводници.

Почетните тестови покажале адекватен фреквентен одговор за овие трансјусери. Сепак, искуството од теренот покажува дека фреквентниот одговор, дури и на 50 Hz, зависи од големината на струјата, температурата, должината на секундарните кабли. Ова ја отежнува употребата на овие уреди за поточно набљудување на квалитетот на електричната енергија. Мора да се води грижа за тоа овие уреди да одговараат на инструментите.

Општо, примарните страни треба да бидат набљудувани со мерни класи CT и VT за да се добијат точни резултати на бараниот фреквентен спектар. Инсталацијата бара прекин на колото, но развиени се и подобри дизајни кои овозможуваат инсталација на врвот од столбовите со што се минимизира прекилот на напојувањето.

Друга опција за набљудување на примарна страна подразбира набљудување на секундарот на неоптоварен дистрибутивен трансформатор. Ова дава точни резултати до 3 kHz. Оваа опција не помага со струјните трансјусери, но можно е да се изостават струите на некои места, (на пр. на крајот од водот).

Примарно-намотаниите CTs се достапни од различни производители. Литературните референци укажуваат дека било кој примарно-намотен CT со една намотка или неколку намотки треба да има фреквентен одговор до 10 kHz.

Трансјусери на кориснички (секундарни) страна (низок напон). Барањата за трансјусерите на секундарна страна се поедноставни. Можна е директна врска за напон за 230/400V rms. Ова овозможува целосно искористување на можностите за фреквентен одговор на инструментот.

Струите може да бидат набљудувани или со мерни CTs (пр. на сервисниот влез) или со клештни CTs (на локации во постројката). Последниве се достапни со широк ранг на преносни односи. Фреквентниот одговор вообичаено е даден од производителот.

8.3.13 Резиме на препораките за трансјусери

Табелата 8.2 опишува различни мониторинг локации и различни типови трансјусери кои се адекватни за набљудување на дадените локации.

Табелата 8.3 ги опишува различните величини од квалитетот на ел. ен. и соодветните трансјусери за да се измери одредениот проблем од квалитетот на електричната енергија. Двете табели треба да се користат заеднички.

Табела 8.2 Опции за мерни напонски и струјни трансформатори

Локација	VT	CT
----------	----	----

Трафостаница	Мерни VTs За посебна намена капацитивни или отпорнички делители Калибрирани изводи на уводните изолатори (bushings)	Мерни CTs Релејни CTs
Надземни водови	Мерни VTs	Мерни CTs
Подземни локации	Мерни VTs Трансформатори на бетонска основа; делители	Мерни CTs
Секундарни страни Сервисен влез	Директна врска	Мерни CTs клештни CTs
Во погонот	Директна врска	клештни CTs

Сликата 8.16 ги резимира својствата на претходно опишаната опрема како што таа се однесува на различните категории на варијации на квалитетот на електричната енергија.

Табела 8.3 Барања кои се поставуваат врз VT и CT

Потреба	VTs	CTs
Напонски варијации	Стандардно мерење	Стандардно мерење
Хармониски нивоа	Стандардно мерење	Прозорчест тип
Ниско-фреквентни транзиенти(вклучување)	Стандардно мерење со висока точка на заситување	Прозорчест тип
Високо-фреквентни транзиенти(молња)	Капацитивни или отпорнички делители	Прозорчест тип

	Ожичувачк и проблеми	Импулси и транз.	Напон. варијаци и	Прек ини	Харм оници	Фликер	Шум	Ел. статско празнење
Испитув. на ожичување и заземјување								
Мултиметри								
Осцилоскоп и								
Анализатори на поремет.								
Анализ. на хармоници								
Фликер- метри								
Инфрацв. детектори								
Гаусови мерачи								
Мерачи на јачина на								

поле								
мерачи на статички електриц.								

Слика 8.16 Својства на мерната опрема за квалитет на електричната енергија

Прашања за самопроверка

1. Кои информации треба да се соберат на лице место кај потошувачот кога постојат симптоми за слаб квалитет на ел. енергија со цел проблемот да се реши?
2. Кои податоци за напојниот трансформатор треба да ги има лицето кое се занимава со решавање на проблемот со квалитет на ел. енергија?
3. Кои величини треба да се измерат во главната, кои во подолните развони табли, а кои на изводите на поедините потрошувачи?
4. Какви податоци треба да се соберат за пореметувањата на квалитетот на ел. енергија кои настануваат, со цел да се изработи подетална студија, снимања и анализи?
5. Каде треба да се поврзе мерниот инструмент и со која цел?
6. Што се тоа “прагови” на реагирањето кај еден инструмент за мониторирање и како тие треба да се постават?
7. Кои величини се мерат при студирање на некој проблем со квалитетот на ел. енергија?
8. Какви знаења и искуства се потребни за успешна интерпретација на мерните резултати и за локација на изворот на пореметувањата?
9. Наброј ги инструментите кои е можно да се употребат при решавањето на проблеми со квалитетот на ел. енергија?
10. Кои податоци треба да се знаат или се битни за мерниот инструмент за тој да може правилно и успешно да се употреби?
11. Кои податоци може да се дознаат со еден инструмент за испитување на ожичувањето и заземјувањето?
12. Какви податоци може да се дознаат со еден мултиметар?
13. што е тоа rms вредност? Дефинирај го тој поим математички. Дали секој мултиметар може правилно да ја измери вредноста rms за еден напон или струја?
14. Какви податоци може да се приберат какви со еден модерен осцилоскоп?
15. За кои инструменти велиме дека се рачни (handheld), за кои дека се стационарни а за кои дека се преносливи?
16. Што е анализатор на пореметувања и какви величини тој мери?
17. Што е спектрален и хармониски анализатор и какви величини тој мери?
18. Што е кобиниран инструмент за мерење на квалитетот на ел. енергија?
19. Што се тоа трансдјусери и за што се користат?
20. Какви барања се поставуваат врз трансдјусерите во поглед на сигналното ниво?
21. Какви барања се поставуваат врз трансдјусерите во поглед на фреквентниот одговор?
22. Какви својства како трансдјусери имаат вградените мерни струјни трансформатори?
23. Какви својства како трансдјусери имаат вградените мерни напонски трансформатори?
24. Кои други видови трансдјусери познаваш?