



ИСПИТИВАЊЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИНА

МЕРЕЊЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТАРА

Чачак, 2021

САДРЖАЈ

1. Увод.....	3
2. Мерење основних електричних величина.....	7
2.1 Волтметар.....	7
2.2 Амперметар.....	8
2.3 Дигитални мерни инструменти.....	9
2.4 Мерење снаге једносмерне струје.....	9
2.5 Мерење наизменичног напона, струје и снаге.....	11
2.6 Напонски мерни трансформатор.....	11
2.7 Струјни мерни трансформатор.....	12
2.8 Мерење снаге наизменичног система.....	14
2.9 Мерење снаге у трофазним наизменичним системима.....	15
3. Мерно аквизициона опрема.....	18
3.1 АД конвертор.....	19
3.1.1 Резолуција система.....	20
3.1.2 Брзина узорковања.....	20
3.1.3 Начини узорковања сигнала.....	21
3.1.4 Aliasing ефекат.....	23
4. Прилагођавање мерних сигнала.....	24
4.1 Разделник напона.....	24
4.2 Струјни шант.....	24
4.3 Струјни сензори на бази hall ефекта.....	26
4.4 Струјни сензор “Аметес”.....	27
4.5 Кондиционер напона.....	28
4.6 Кондиционер струје.....	29
5. Мерење снаге потрошача једносмерне и наизменичне струје употребом програмског пакета LabView.....	30
5.1 Пример апликације за мерење снаге потрошача једносмерне струје (употребом картице NI 6009).....	30
5.2 Пример апликације за мерење снаге једнофазног потрошача наизменичне струје (употребом картице NI 6009).....	31
5.3 Пример апликације за мерење снаге трофазног потрошача наизменичне струје.....	32
6. Литература.....	34

1. Увод

Мерење електричних параметара се врши приликом испитивање електричних машина. Сврха испитивања је да се експериментално провери:

- Да ли новоизграђена или поправљана електрична машина испуњава услове који су за њу прописима предвиђени;
- Да ли испуњава услове који су посебно наведени у уговору при поруџбини;
- Да ли су одступања од прописаних или уговорних вредности у границама толеранције.

Испитивања обухватају и проверавају се:

- Техничка својства (квалитет материјала, употребљени делови, технолошка и конструкциона решења, издрживост у односу на одређена напрезања (нпр. диелектрична, механичка, термичка), запакованост, конзервативност)
- Функционална својства (способност извршавања одређене улоге-намене, радне карактеристике, трајност у односу на одређене услове коришћења)
- Економска својства (губици, степен искоришћења)

Информације добијене испитивањем су неопходне за одлучивања у свим фазама животног века електричних машина (фаза идејног решења, пројектовања, развоја, изградње, набавке, експлоатације и одржавање).

Прописима су предвиђени и услови под којима се разна испитивања изводе. Ови услови су прописани посебно за трансформаторе а посебно за обртне машине.

Пошто се машине израђују од материјала који није увек и на сваком месту истих особина и који није увек исто обрађен, онда се често долази до одступања од прорачунских података. Према томе прописане и уговором гарантоване вредности не могу бити у потпуности испуњене. Из тих разлога се прописима предвиђају и дозвољена одступања (толеранције).

Да би се приступило испитивању електричних машина потребно је предходно овладати знањима везаним за:

- Објект мерења (у овом случају обртне машине или трансформатора);
- Физичке величине и токове процеса које желимо измерити (често је потребно проценити или познавати очекиване вредности (барем ред величиа), уз познавање физичког принципа процеса);
- Стандарде и прописе;
- Технологију електротехничких материјала;
- Машинске елементе у електричним машинама или у вези њих;
- Одговарајуће методе мерења (поступак, тачност);
- Примену одговарајућих мерних инструмената и прибора (руковање, читавање, управљање);
- Познавање смисла, разлога примене и принципа рада и руковање опремом ниског и високог напона;
- Опасности, мере заштите на раду и пружању прве помоћи.

Једино поштујући наведена начела могуће је сигурно и квалитетно извести испитивања.

Врсте испитивања у односу на сврху делимо на:

1. Развојно-истраживачка,
 2. Специјална,
 3. Прототипска-моделска,
 4. Рутинска,
 5. Примопредајна.
1. Развојно-истраживачким испитивањима се на бази експеримената (испробавање) стичу нова сазнања о непознатим или још увек недовољно познатим својствима материјала, делова, подсклопова или комплетних производа. Ова испитивања се могу применити на моделима, а уколико постоје техничка, економска или друга ограничења приступа се симулацијама. Ова испитивања изводи произвођач, у зависности од потребе и могућности. За ова испитивања могу бити заинтересоване и друге институције.
 2. У специјална испитивања се могу убројати:
 - Испитивање на готовом производу или делу у развојно истраживачке сврхе (због усавршавања постојећег и евентуално развоја новог производа);
 - Испитивања која се обављају на типу или н-том комаду, посебан захтев купца или корисника ради добијања додатних података у погледу експлоатационих карактеристика производа;
 - Испитивања у погону у сврху предвиђања преосталог века трајања, која се примењују када је оправдано веровати да је производ премашио половину века трајања;
 - Накнадна испитивања после престанка рада производа (дела) због сазнавања стварног стања ради коришћења тог производа на другом месту или за друге намене, у развојно-истраживачке сврхе, због вештачења (експертизе) или примене у друге сврхе.
 3. Прототипска-моделска испитивања изводи произвођач на прототипу или поједностављеним моделима ради добијања информација о дејству примене нових пројектних, конструкционих и технолошких решења
 4. Типска испитивања изводи произвођач ради установљења својства првог карактеристичног примерка у оквиру сваког новог типа, односно у вези са неком значајнијом иновацијом, променом, реконструкцијом и слично. Садржај овог испитивања је обично одређен релевантним прописима. Типска, као и специјална, испитивања могу да се одреде или уговоре као команда (испитивању се подвргава сваки произведени комад) или као испитивања на узорцима. Узорак може бити одабран системски (сваки н-ти), статички (по одређеним правилима), случајни, предумишљано (управо тај), при чему се код испитивања узорка могу одредити и разлицити обими испитивања.
 5. Рутинско испитивање се понавља за сваки комад, или на узорцима, ради поређења резултата типског (или специјалног) испитивања. Списак рутинских

испитивања је прописан, а најчешће се своди на проверу извесне тачке карактеристике.

6. Примопредајна испитивања се изводе уз учешће (контролу) представника (купца) или председника, са циљем да се провери да ли машина задовољава стандардном прописане услове, као и евентуално, посебно дефинисане уговоре или захтеве купца (корисника). Обично одговарају завршним испитивањима, мада су могуће (на основу уговора) разне варијанте испитивања. С обзиром на величину одступања појединих параметара у односу на прописане, купац може да преузме уређај или у случају већих одступања одбије преузимање. Верификација испитне и производне документације је често део примопредајних испитивања.

Испитивања код произвођача започињу улазном контролом (сировине, делови, компоненте), настављају се у разним фазама током производње, да би на крају производног циклуса, уследила завршна испитивања. У сврху транспорта и складиштења проводе се испитивања (провере) паковања и конзервативности. Током монтаже спроводе се монтажна испитивања, а пре пуштања у погон завршна испитивања на лицу места (коначна контрола). Током експлоатације се проводе системске провере са превентивном сврхом. После поправке, замене делова, реконструкције и слично се проводе ремонтна испитивања, да би после престанка рада производа уследила накнадна испитивања.

Према начину испитивања, прво се врши визуелно прегледавање електричне машине на основу људских чула, пре свега вида и утврђујемо стање машине. Затим идентификовање као део прегледа током којег се препознаје и утврђује постојање делова, натписа, ознака и другог. Проверавамо својства машине (издржљивост) применом огледа, при чему утврђујемо истинитост и исправност стварног стања (верификовање). Мерењем електричних параметара при чему обухватамо и обрачунавање и приказивање (графички, табеларно) измерених величина.

Код обраде резултата се врши прерачунавање ради упоредног приказивања, резултати испитивања се свде на жељена својства (обично називна, прописана - номинална) и израђивање званичних писмених исправа о задовољавајућем квалитету (сертификати и атести).

Званичне писане исправе (документи) које се израђују током или после испитивања су: извештај, записник, сертификат, атест, гаранција и експертиза.

Извештај садржи резултате испитивања, обично уз обраду, са или без оцене.

Записник (протокол) представља писмену исправност која се сачињава непосредно после примопредајних испитивања, ради доказа правилности и веродостојности тих испитивања.

Сертификат (уверење) представља званичну писану исправу произвођача или надлежне институције којом се оверава квалитет производа и испитивања у односу на важеће регулативе.

Атест (сведочанство) представља званичну писану исправу произвођача или надлежне институције којом се осведочава квалитет производа у односу на потребне,

договорене или уговорене услове који нису уопште или у довољној мери обухваћени регулативима.

Гаранција представља званичну писмену финансијско-пословну исправу за неки производ којом се гарантују обавезе произвођача према купцу у случају сметњи у функцији приликом правилног коришћења производа.

Експертиза (вештачење) је делатност којом се накнадно установљава чињенично стање које је предходило неком догађају, обично са несрећним и материјално штетним последицама. Накнадна испитивања делова или читавог производа представљају једно од важних средстава експертизе.

2. Мерење основних електричних величина

За мерење електричних величина користе се према принципу рада механички и електронски, а према начину показивања аналогни и дигитални инструменти. Данас су у примени доминантни дигитални мерни инструменти, а у образовним лабораторијама се и даље користе аналогни.

При испитивању електричних машина, често се јавља потреба за мерењем већих струја и високих напона. У таквим ситуацијама, стандардни инструменти се не могу директно укључити у мерно електрично коло, па се морају користити мерни шантови или мерни трансформатори. Мерни трансформатори смањују мерене струје и напоне на вредности које су прикладне за мерење. Поред снижавања струје и напона мерни трансформатори и изолују мерне инструменте од високог напона тако да руковање њима постаје безопасно.

2.1 Волтметар

Волтметар у коло везујемо паралелно са потрошачем, позитиван крај волтметра повезујемо са позитивним крајем потрошача, а негативни крај волтметра са негативним крајем потрошача. Волтметар има велику унутрашњу отпорност. Треба да се зна ред величине која се мери да би се преклопник подесио у одговарајући опсег. Преклопник инструмента се увек постави на прву већу вредност од очекиване вредности.



Слика 1. Аналогни волтметар ознаке “Iskra FL0125”

Очитавање вредности врши се на једној од скала одабраног опсега. Вредност једног подеока добијамо из формуле:

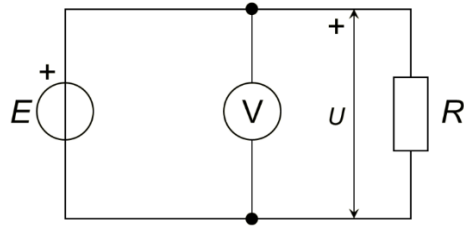
$$K_V = \frac{U_{\max}}{\alpha_{\max}} \left[\frac{V}{\text{pod}} \right]$$

где је: U_{\max} - одабрани напонски опсег, а α_{\max} - максимално скретање инструмента.

Мерена вредност добија се из формуле:

$$U = K_V \cdot \alpha_V [V]$$

где је: U - мерена вредност напона, α_V - скретање волтметра у подеоцима.



Слика 2. Правилно повезивање волтметра у коло

На слици 1 је приказано како повезати волтметар (V) у просто коло, где су: E - извор напајања, R – пријемник и U - напон на пријемник.

2.2 Амперметар

Амперметар у коло се везује на ред са потрошачем, позитиван крај амперметра се повезује са позитивним крајем напајања, а негативан крај са позитивним крајем потрошача. Амперметар има малу унутрашњу отпорност, јер кроз њега пролази струја потрошача. Исто важи као и за волтметар, треба подесити преклопник у одговарајући опсег када се мери струја и читава вредност са скале одабраног опсега.



Слика 3. Аналогни амперметар ознаке “Iskra FL0120”

Вредност једног подеока добијамо из формуле:

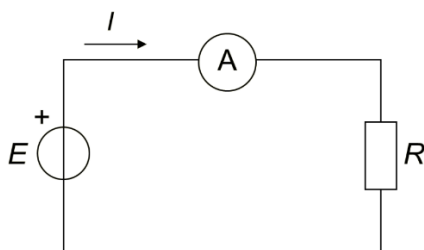
$$K_i = \frac{I_{\max}}{\alpha_{\max}} \left[\frac{\text{A}}{\text{pod}} \right]$$

где је: I_{\max} - одабрани струјни опсег, а α_{\max} - максимално скретање инструмента.

Мерена вредност добија се из формуле:

$$I = K_i \cdot \alpha_i [\text{V}]$$

где је: I - мерена вредност струје, а α_i - скретање амперметра у подеоцима.



Слика 4. Правилно повезивање амперметра у коло

На слици 2 је приказано како треба повезати амперметар (A) у просто коло, где су: E - извор напајања, R – пријемник и I – струја кроз пријемник.

2.3 Дигитални мерни инструменти

Дигитални мерни инструменти се исто повезују као и аналогни. Код њих није потребно израчунавати вредност (на основу скретања скале и мерног опсега) јер на њима постоји дисплеј који са дефинисаном прецизношћу показује мерене вредности. Потребно је подесити мерну величину (напон, струја, наизменична или једносмерна), опсег мерења и прикључити их у електрично коло. Дигитални мерни инструменти су обично универзални (мултиметри) и могу да мере више величина попут: напона, струје, отпорности, индуктивности, капацитивности, температуре итд.



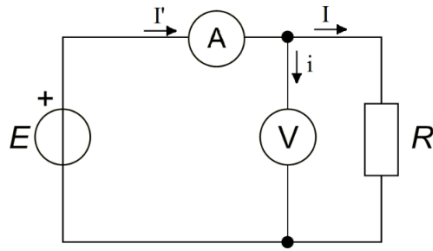
Слика 5. Дигитални мерни инструмент ознаке “Iskra digimer 30”

2.4 Мерење снаге једносмерне струје

Мерење снаге једносмерне струје се вршиће прорачуном, односно производом напона и струје. За то су нам потребни амперметар и волтметар, они се у доста случајева израђују као веома прецизни инструменти, па ће снага која се мери бити изузетно тачна.

При мерењу снаге једносмерне струје, амперметар и волтметар се могу везати на два начина. Ако се мери снага неког пријемника (некад је потребно мерити снагу извора) онда ближе пријемнику може да буде један од ова два инструмента. Размотриће се оба начина.

Први начин је да волтметар буде везан ближе пријемнику као на слици 3:



Слика 6. Повезивање амперметра и волтметра ближе пријемнику

Стварна снага коју троши пријемник R , кад волтметар показује напон пријемника U , је:

$$P = U \cdot I$$

Међутим, амперметар мери већу струју:

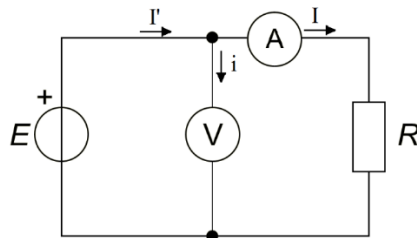
$$I' = I + i$$

па је снага која се израчуна показивањем инструмента:

$$P' = U \cdot I' = U \cdot I + U \cdot i = P + P_V$$

тј. снага измерена помоћу волтметра и амперметра (P') је већа од снаге коју троши пријемник (P) са губитке снаге у волтметру (P_V).

Други начин је да амперметар буде ближе пријемнику као на слици 4:



Слика 7. Повезивање волтметра и амперметра ближе потрошачу

Волтметар показује тада напон:

$$U' = U + r_A I$$

Напон U' који је већи од напона на пријемнику U за пад напона у амперметру $r_A I$ (r_A је унутрашња отпорност амперметра). Снага добијена из показивања инструмената је:

$$P' = U' \cdot I = U \cdot I + r_A I^2 = P + P_A$$

и она је већа од стварне вредности коју узима пријемник ($P = U \cdot I$) тачно за губитке снаге у амперметру ($P_A = r_A I^2$).

Према томе, у оба случаја инструменти показују већу снагу од оне коју троши пријемник. Вишак снаге је онолики колика је потрошња инструмента који је везан

непосредно уз пријемник. То представља системску грешку овог начина мерења снаге. За обична мерења ова системска грешка је безначајна, али се она мора узети у обзир код прецизних мерења, а нарочито при мерењу мањих снага.

Ако морамо обрачунати системску грешку онда је ипак боље радити на први начин тј. према слици 3. Потрошња волтметра је:

$$P_v = U \cdot i = \frac{U^2}{R_v}$$

Отпор волтметра (R_v) може се одредити са великом тачношћу и он је обично дат на самом инструменту, па је лако израчунати системску грешку.

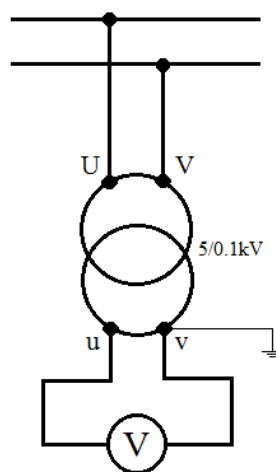
Све предходно односило се на мерење снаге коју троши пријемник. Ако се мери снага коју даје генератор онда ће инструменти показивати мању снагу за онолико колико износи потрошња у инструменту који је ближи генератору.

2.5 Мерење наизменичног напона, струје и снаге

Аналогни инструменти за мерење напона и струје се исто повезују као инструменти за мерење једносмерног напона и струје, али су различити по унутрашњој конструкцији. Аналогни амперметри су предвиђени за мале струје (до 5А) док се за веће струје користе струјни мерни трансформатори. Такође и за велике напоне (преко 600V) употребљавају се напонски мерни трансформатори. Ови мерни трансформатори се израђују за мерење највиших напона и струја и димензионисани су тако да могу бити трајно под напонам 20% већим од називног и да могу трајно поднети струју 20% већу од називне.

2.6 Напонски мерни трансформатор

Напонски трансформатор веже се крајевима примара директно на напон мреже као волтметар (следећа слика).



Слика 8. Повезивање напонског трансформатора

На примару се подешава опсег према напону који се мери, а на секундару је опсег 110 V или 220 V. Примарни и секундарни навоји су галвански одвојени и добро међусобно изоловани, тако да су мерни инструменти сигурно заштићени од високих напона, што је уосталом стварни циљ напонског трансформатора.

Подешеним опсега примара U' одређује се преносни однос, а то је размера односа на примару U' и односа на секундару U'' . Преносни однос се израчунава:

$$m = \frac{U'}{U''}$$

и показује колико се пута у трансформатору напон смањи.

Трансформатор је примаром прикључен на мерни напон U' , а у секундару се мери секундарни напон U'' . Ако је константа инструмента K_V и скретање казальке α_V онда је вредност мереног напона на примару:

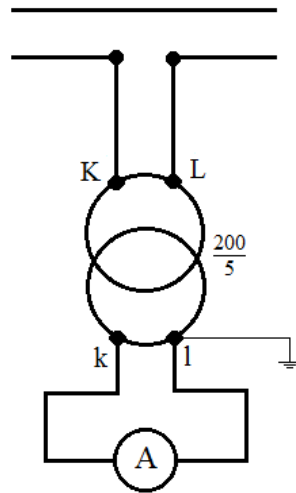
$$U' = m \cdot K_V \cdot \alpha_V$$



Слика 9. Напонски мерни трансформатор

2.7 Струјни мерни трансформатор

Струјни мерни трансформатор се везује на ред са пријемником, као амперметар (приказано је на следећој слици).



Слика 10. Повезивање струјног мерног трансформатора

Примарни навој струјног трансформатора се састоји од једног или неколико навоја релативно великог попречног пресека. Секундарни навој се састоји од већег броја навоја малог пресека и прикључује се на инструменте са занемарљивим отпором. На тај начин радни режим струјног трансформатора је практично режим кратког споја. И овде се на примару подешава опсег према мереној струји, а на секундару је опсег увек исти (5А). Примарни и секундарни навоји су галвански одвојени и добро међусобно изоловани нарочито они струјни трансформатори којима се мери струја у мрежи високог напона. Тако да су мерни инструменти на секундару сигурно заштићени од напона у мрежи.

Подешеним опсега примара I' одређује се однос трансформације, а то је размера опсега на примару I' и на секундару I'' . Преносни однос се израчунава:

$$m = \frac{I'}{I''}$$

и показује колико је пута струја у трансформатору смањена.

Трансформатор је примаром прикључен на мерену струју I' , а у секундару се мери трансформисана струја I'' . Ако је константа инструмента на секундару K_i и скретање казальке α_i , онда је мерена примарна струја:

$$I' = m \cdot K_i \cdot \alpha_i$$



Слика 11. Струјни мерни трансформатор “ENERGOINVEST”

Секундар струјног мерног трансформатора је у кратком споју (јер амперметар који се на излазне крајеве прикључује има врло малу унутрашњу отпорност те се сматра кратком везом). Овај трансформатор је предвиђен да ради у кратком споју. У оваквом режиму у примару и секундару је исти број ампер-навојака супротних смерова, па се гвоздено језгро трансформатора не магнети. Ако би за време рада било отворено секундарно коло настало би јако магнећење гвожђа трансформатора, а на отвореним крајевима секундара се може појавити доста висок напон који је опасан по живот. При дужем оваком раду, долази до загревања језгра трансформатора и настанка оштећења трансформатора. Због свега овога јако је битно да секундар струјног трансформатора буде кратко спојен за време оптерећења примара.

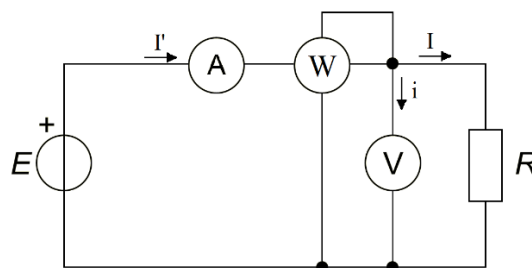
2.8 Мерење снаге наизменичног система

Мерење снаге наизменичног система зависи од врсте оптерећења. Ако је оптерећење чисто омско, тренутна вредност напона на његовим крајевима је $u = R \cdot i$, па је средња снага пријемника $P = U \cdot I$. То значи да се снага чисто омског пријемника може мерити као и код једносмерне струје помоћу амперметра и волтметра. Везивање инструмената је исто као и раније и важи и овде све о потрошњи инструмената. Ако је оптерећење индуктивно онда се мора водити рачуна о сачиниоцу снаге.

За мерење снаге наизменичне струје употребљавају се ватметри и то за индустријска мерења и контролу, а за тачнија и лабораторијска мерења електродинамички ватметри.

Приликом мерења снаге мери се додатно и струја и напон оптерећења, због контроле струјне и напонске гране и због одређивања привидне и реактивне снаге и сачиниоца снаге (фактора снаге).

Код везивања ватметра треба пазити да се, у сагласности са ранијим извођењима о мерењу снаге, улаз у напонско коло ватметра веже ближе пријемнику, као што је представљено на следећој слици.



Слика 12. Мерење снаге ватметром чија је напонска грана спојена на пријемник

У овом случају, при мерењу мањих снага биће потребне корекције због потрошње инструмената. Због тога се користе такозвани компезовани ватметри код којих није потребна корекција због потрошње напонске гране, јер имају додатни помоћни намотај са којим се отклања утицај те потрошње. Снага коју показује ватметар је:

$$P_w = K_w \cdot \alpha_w$$

а снага пријемника је:

$$P = P_w - \left(\frac{U^2}{R_v} + \frac{U^2}{R_w} \right)$$

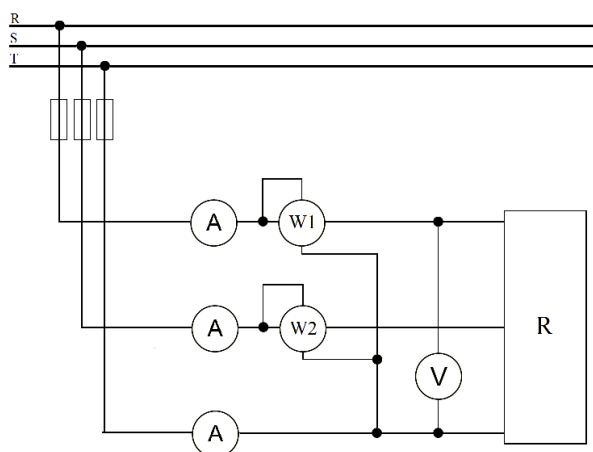
За мерење реактивне снаге постоје посебни инструменти, али они се не користе у лабораторији. Обично се при мерењу активне снаге мери и напон и струја, па се израчунава сачинилац снаге (фактор снаге) $\cos \alpha$, $\sin \alpha$ и реактивна снага.

2.9 Мерење снаге у трофазним наизменичним системима

Мерење снаге у трофазним системима се врше са: једнофазним ватметром, два једнофазна ватметра (Аронова спрега) и три једнофазна ватметра.

Мерење снаге трофазног система једним једнофазним ватметром није уобичајено, ако се примени потребно је пазити да се обезбеди фазни напон што је приближнији стварном уз обавезно проверавање симетрије напона и струје.

Мерења у трофазном систему без нултог вода се могу обавити методом два ватметра (Аронова спрега) или три ватметра. Обично се мерења обављају методом два ватметра, једним или три волтметра и три амперметра. Амперметар и волтметар служе за контролу оптерећења напонске и струјне гране ватметра. Опрезност је потребна, јер до преоптерећења може доћи а да отклон ватметра не премашује опсег скале, будући да показивање ватметра зависи од производа напона и струје. Ватметри се вежу тако да струјне гране ватметра W_1 и W_2 буду прикључене на две фазе и треба водити рачуна да доводни прикључци струјних грана буду на страни извора напајања, а напонске гране се вежу са крајем улазне струје и са трећом фазом у којој нема ватметра као на слици.



Слика 13. Повезивање два ватметра – Аронова спрега

Овако повезани, један ватметар показује снагу своје фазе (прве), плус један део снаге треће фазе, а други ватметар показује снагу своје фазе (друге), плус дреуги део

снаге треће фазе. Снага пријемника је збир показивања оба ватметра, ако скрећу у истом смеру, а разлика ако скрећу у супротном смеру.

$$P = P_{W1} \pm P_{W2}$$

Ова веза се употребљава и за неравномерно и за равномерно оптерећен трофазни систем, јер је далеко погодније везати два ватметра у две фазе, а излазе напона на трећу фазу, него једним ватметром тражити нулу пријемника или правити вештачку нулу.

Да би се боље разумела она метода, на слици 9 је приказан векторски дијаграм трофазног система са симетричним оптерећењем, при којем фазне струје заостају за одговарајућим фазним напоном за угао φ . Пошто се напонска кола ватметра налазе под линијским напонима U_{RT} и U_{ST} ватметри показују снагу:

$$P_{W1} = U_{RT} \cdot I_R \cdot \cos \psi_1$$

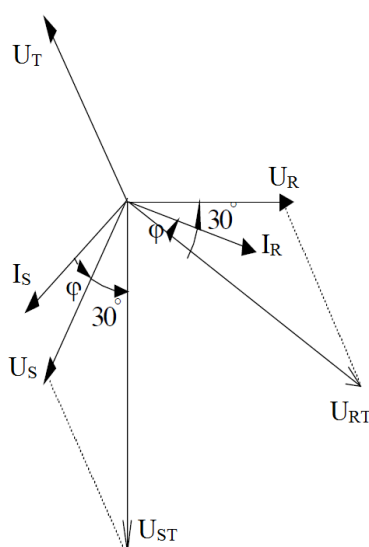
$$P_{W2} = U_{ST} \cdot I_S \cdot \cos \psi_2$$

односно укупну снагу система:

$$P = P_{W1} \pm P_{W2} = U_{RT} \cdot I_R \cdot \cos \psi_1 + U_{ST} \cdot I_S \cdot \cos \psi_2$$

где су ψ_1 и ψ_2 углови између одговарајућих линијских напона и струја, који према слици 9 износе: $\psi_1 = \varphi_1 + 30^\circ$ и $\psi_2 = \varphi_2 - 30^\circ$. Када се ово унесе у претходне једначине и развије, добија се у случају симетричног оптерећења (за $\varphi_1 = \varphi_2$; $I_R = I_S$; $U_{RT} = U_{ST}$) снага трофазног система, где је U фазни напон:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$



Слика 14. Векторски дијаграм Аронског споја

Овде се мора водити рачуна о смеру скретања ватметра, што зависи од врсте оптерећења. Када је оптерећење омско ($\varphi = 0$) сваки ватметар показује половину снаге система, сразмерно $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$, односно оба скрећу на исту страну. Када је индуктивно ($\varphi = 60^\circ$) онда један ватметар скреће исто као и у првом случају, а други је на нули. У случају индуктивног оптерећења ($\cos \varphi = 90^\circ$), казаљка првог ватметра скреће у позитивну страну (скретање α_{w1} је сразмерно $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$, а казаљка другог ватметра у негативну страну (скретање α_{w2} је сразмерно $\cos 120^\circ = -\frac{1}{2}$). Дакле оба ватметра скрећу подједнако, али на супротне стране, а активна снага је нула.

Употребом Аронове спреге може се израчунати и реактивна снага у случају симетричног оптерећења. Одузимањем P_{w2} од P_{w1} се добија:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Добија се вредност сразмерну реактивној снази:

$$\frac{Q}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi = P_{w1} - P_{w2} \Rightarrow Q = \sqrt{3} \cdot (P_{w1} - P_{w2}) = \sqrt{3} \cdot K_w \cdot (\alpha_{w1} - \alpha_{w2})$$

У симетричном трофазном систему применом Аронове спреге може се посредно преко тангеса угла φ , одредити и сачинилац снаге:

$$\frac{P_{w1} - P_{w2}}{P_{w1} + P_{w2}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{tg} \varphi$$

или

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{3} \frac{P_{w1} - P_{w2}}{P_{w1} + P_{w2}}$$

3. Мерно аквизициона опрема

Рачунари се користе у свим фазама планирања, развоја и тестирања електронских кола. Примена у процесу мерења, аквизиције, као и обраде и презентације добијених података назива се виртуелна инструментација. Најзначајније предности оваквог приступа су визуелизација података и могућност њихове додатне обраде. Концепт је примењив у свим областима електротехнике. Експанзија персоналних рачунара је нарочито интензивна последњих петнаест година, што је и довело до развоја уређаја за аквизицију и обраду података са одговарајућим интерфејсом за рачунар.



Слика 15. Аквизициона картица произвођача “National Instruments”, ознаке NI USB-6009

Аквизиционе картице су направљене за различите намене (мерење напона, струје, температуре, брзине, момента итд.). Повезивање ових уређаја са рачунаром зависи од картице. Предност виртуелних инструмената се могу искористити у едукативним процесима. Једноставна манипулација инструментима и визуелизација података доприносе бољем разумевању суштине експеримената.



Слика 16. CompactDAQ платформа са разним модулима за различита мерења

На слици 17 је приказана CompactDAQ (cDAQ) платформа, која садржи осам слотова за избор од преко 60 различитих модула намењених за мерење: једносмерног и наизменичног напона и струје, брзине, вибрација, момента, температуре итд. Постоје модули који генеришу напон и струју.

Обрада података обухвата различите функције као што је анализа у временском и фреквентном домену, различита израчунавања физичких величина које се посредно мере претварањем у електричне, итд. Представљање података је најчешће у графичком

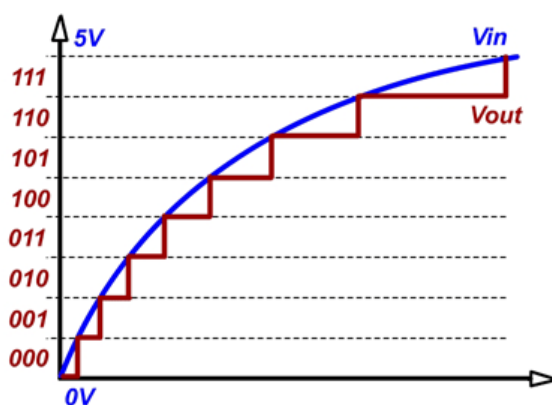
облику, функцијама и контролама графичког интерфејса које својим изгледом подсећају на реалне мерне инструменте. Интерфејс је интерактиван и има двосмерну функцију: осим представљања пружа и могућност контроле процеса мерења, дефинисање параметара сигнала који се генеришу или чак дефинисањем топологије мерног кола.

3.1 AD конвертор

Аналого-дигитална конверзија представља трансформацију аналогне вредности сигнала у дигиталну и основно је средство којима се служе рачунарски системи и дигитални уређаји. A/D конвертор се користи како би превели аналогне величине из спољашњег света у бинарни запис погодан за памћење, обраду, рачунске операције итд. Користи се у разним областима код којих је потребна помоћ рачунара. Аналогна страна је дефинисана за предвиђени опсег улазних напона, који се обележава са E_{FSR} (Full Signal Range). Улазни напони су најчешће у опсегу од $\pm 1V$, $\pm 5V$, $\pm 10V$, па у овом случају разлике између максималног и минималног напона су: $2V$, $10V$, $20V$. Дигитални део је одређен број бита у регистру, на излазу конвертора се добија бинарни број. Ако A/D конвертор има N бита, он цео опсег улазног напона дели на 2^N нивоа и представља га бројевима од 0 до $2^N - 1$. Резолуција A/D конвертора Q представља најмању разлику напона која даје разлику од једног најмањег бита.

Резолуција се изражава у волтима и одређује као:

$$Q = \frac{E_{FSR}}{2^N}$$



Слика 17. Улазни и излазни сигнал на A/D конвертору

На слици 18, плавом бојом је представљен аналогни сигнал од 0-5V који је доведен на A/D конвертор, а црвеном бојом су приказани дигитални нивои на излазу конвертора. Сигнал приказан црвеном бојом се доста разликује од доведеног аналогног сигнала. Међу простор између ова два сигнала зависи од резолуције A/D конвертора, самим тим и тачност конвертовања. Са 3 бита се може добити осам различитих бинарних бројева. Из следеће једначине се види колико износи један бинарни број:

$$Q = \frac{E_{FSR}}{2^N} = \frac{5V}{2^3} = 0.625V$$

Односно од 0 – 0.625 V је бинарни број 000. Следећи се повећава за 0.625V и добија се да је бинарни број 001: 0,6251V-1,25V. Овај поступак се понавља док се не добије 5V.

A/D конвертор са већим износом бита има већу резолуцију и бољу тачност када се врши конверзија са аналогног у дигитални сигнал, али је потребно одређено време за конвертовање сигнала. Код конвертора са мањом резолуцијом, потребно је мање времена али је тачност мања.

Приликом избора аквизиционе картице треба узети у обзир све утицаје средине који могу да поремете рад система за мониторинг и управљање и самог рачунара.

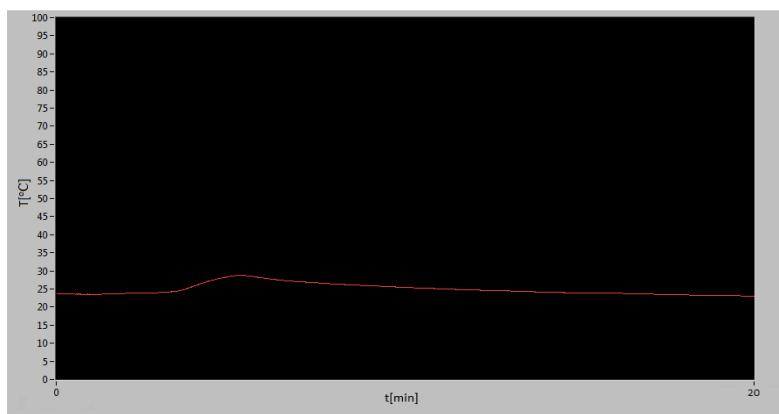
3.1.1 Резолуција система

Осетљивост система и тачност мерења зависи од резолуције конвертора. У примени су конвертори резолуције од 10, 12, 14, 16 и 24 бита. 16-битни конвертори су највеће тачности али имају високу цену коштања. Најчешћи у примени су 12-битни конвертори, који имају прихватљиву цену и велику брзину узорковања. Међутим, повећањем само резолуције неће се повећати тачност система, ако остали елементи као појачавач, коло за узорковање и други елементи не могу да подрже ту тачност.

3.1.2 Брзина узорковања

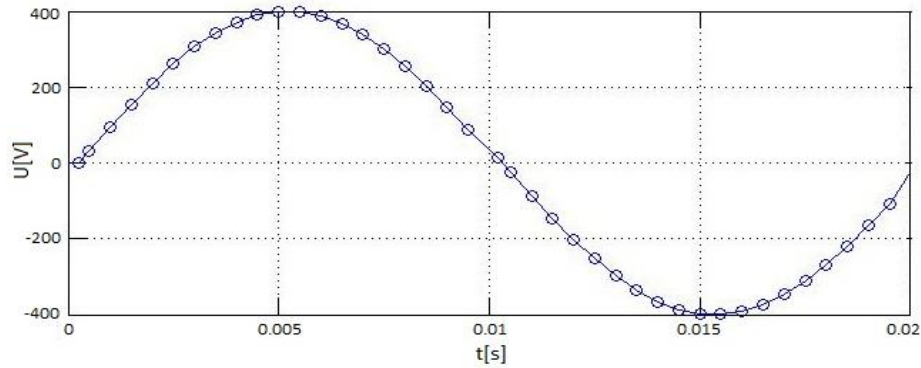
Данашњи комерцијални системи за мониторинг и управљање базирани на РС рачунарима могу да обрађују и милионе узорака у секунди. Контрола броја узорака служи да се унесе жељени број узорака у секунди, при чему се мора водити рачуна о хардверским ресурсима.

У већини случајева се зна какав сигнал треба да се мери и врло је битно подесити колико узорака програм треба да прикупи да би добили мерени реални сигнал. Код мерења температуре, потребно је узети 1 S/s или 1S (један узорак) на сваких 10 секунди, што зависи од брзине промене температуре.



Слика 18. Резултат мерења температуре амбијента добијени у програму LabVIEW

Када се мери неки други сигнал нпр. напон или струја синусног облика, фреквенције 50 Hz, потребно је узети много више узорака у једној секунди.



Слика 19. Кривом линијом синусног облика је приказан наизменични напон а кружићи су узорци (семплови) сигнала

За једну периоду потребно је узети бар 32 узорка да би добио реални облик напона.

3.1.3 Начини узорковања сигнала

Семпловање сигнала представља процес очитавања сигнала у одређеним временским тренутцима. Сигнал мора да садржи све важне информације о аналогном сигналу. Семпловање зависи од фреквентног састава аналогног сигнала, временског размака између два одбирка и од укупног временског трајања узорковања.

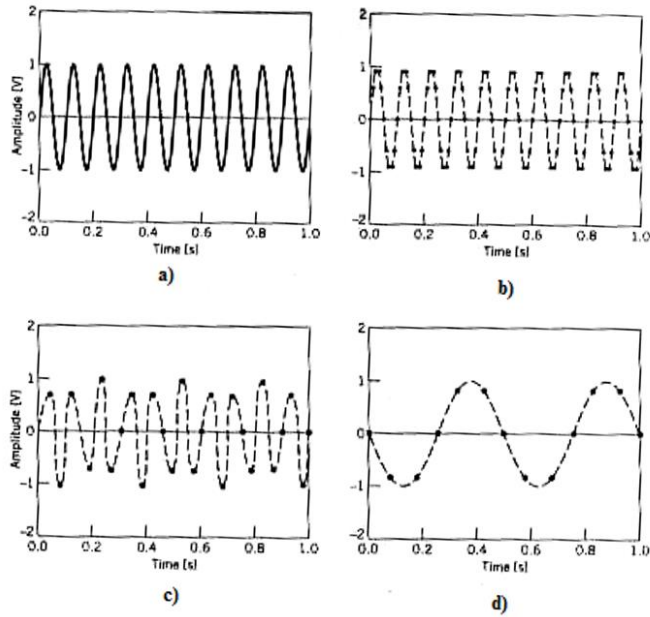
Период узорковања или одабира се означава са δt и представља временски интервал између два одабирања сигнала, а његова реципрочна вредност представља фреквенцију одабирања или брзину одабирања (sample rate) f_s .

Фреквенција узорковања мора бити бар два пута већа од највеће фреквенције која се садржи у аналогном сигналу. Овај услов проистиче из теореме о узорковању или Nikvistove (Nyquist) теореме, а она гласи:

Да би фреквентни став аналогног сигнала био тачно одређен протребно је да фреквенција узроковања f_s буде више од два пута већа од највеће фреквенције у саставу сигнала ($f_s \geq 2 \cdot f_{\max}$). Како је $f_s = \frac{1}{\delta t}$, тада период узроковања мора бити:

$$\delta t < \frac{1}{2 \cdot f_{\max}}$$

Ово значи да је потребно узети бар два узорка у сваком периоду сигнала. У пракси период узорковања треба да буде бар пет пута већи од највеће фреквенције аналогног сигнала да би се аналогни сигнал добро реконструисао, на основу узоркованог.



Слика 20. Ефекат брзине узорковања сигнала на фреквенцију и амплитуду

На слици 19 показан је утицај фреквенције узорковања на реконструкцију простог аналогног синусног сигнала фреквенције $f=10$ Hz, када се аналогни простопериодични сигнал узоркује фреквенцијама узорковања $f_s=100$ Hz, 27 Hz, 12 Hz, при чему последњи случај не задовољава теорему о одабирању. Пошто је сигнал на слици 19-а) простопериодични, у овом случају је $f_{\max}=f=10$ Hz, f_s мора бити веће од 20 Hz (тј. $f_s > 2f_{\max}$). На слици 19-б) је приказано узорковање са фреквенцијом одабирања 100 Hz која је 10 пута већа од f_s . Добијени сигнал представљају тачке на графику и уочава се да се најпростијом реконструкцијом тј. спајањем добијених тачака добија реконструисан сигнал доста близак почетном. На слици 19-с) узорковање је 27 Hz што задовољава теорему о одабирању, али није идеалан по амплитуди. На слици 19-д) узорковање је вршено са 12 Hz што је мање од $2f_{\max}$. Види се да реконструисани сигнал има мању фреквенцију, па имамо утисак да је аналогни сигнал који је реконструисан мање фреквенције.

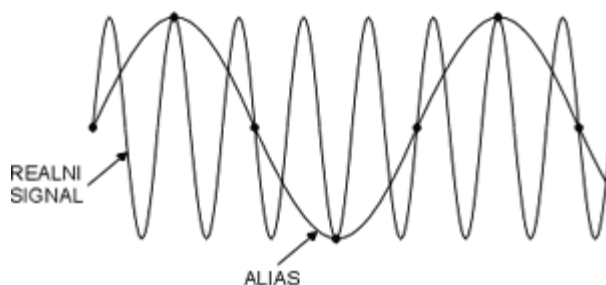
Укупно време трајања узорковања такође утиче на добро или лоше одређивање фреквентног састава аналогног сигнала при одабирању. Ако се узоркује простопериодични аналогни сигнал периода T_1 и фреквенције f_1 потребно је да је при одабиру остварен услов:

$$N \cdot \delta t = m \cdot T_1$$

где је N - број узорака датог сигнала и m је цео број. Овај услов се практично може исказати на следећи начин: Укупно трајање узорковања које је једнако производу броја извршених узорковања N и периода узорковања δt треба да буде једнако целом броју m периода аналогног сигнала T_1 који се узоркује.

3.1.4 Aliasing ефекat

Појам „alias“ односи се на лажну нискофреквентну компоненту, која се појављује у семплованим подацима који су прикупљени са неадекватном брзином узорковања. Aliasing грешка се јавља када су неке фреквентне компоненте сигнала више од *Nyquist*-ове фреквенције (*Nyquist*-ова теорија каже да фреквенција семпловања мора бити бар два пута виша од највише фреквентне компоненте сигнала), односно од једне половине брзине семпловања. На пример, ако се прикупљају подаци са осам канала брзином од 100 kS/s (кило семполова/секунди), брзина узорковања за један канал износи 100/8 kS/s а то је 12,5 kS/s по каналу. У том случају, било која компонента сигнала са фреквенцијом изнад 6,25 kHz, изазваће Aliasing грешку.



Слика 21. Грешка “aliasing” услед недовољне фреквенције одабирања

На слици 20 се види да узорковање чистог синусног сигнала (који садржи само основну учестаност) брзином која није у сагласности са Никвистовим критеријумом, доводи до потпуно погрешних резултата. У овом случају стиче се утисак да постоји сигнал којег уопште нема.

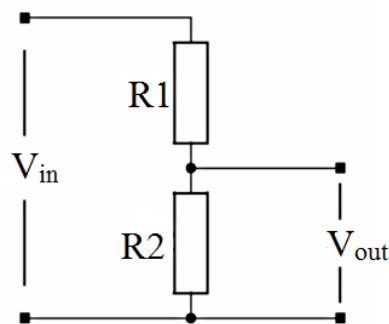
Aliasing грешка се тешко детектује и најчешће ју је немогуће отклонити софтверским путем. Да би се елиминисала високофреквентна компонента из сигнала треба да се постави довољно висока фреквенција семпловања, или, ако то није могуће, у систем треба уградити анти-aliasing филтер на сваки канал и то пре него што уђу у систем за аквизицију података односно испред A/D конвертора. Ово су према томе нискофреквентни филтри.

4. Прилагођавање мерних сигнала

Да би се неки сигнал мерио, било то напон или струја, тај сигнал се прво мора прилагодити аквизиционој картици, а то значи да сигнал који улази у картицу мора бити у опсегу од $\pm 10V$. Аквизиционе картице нису јефтине уређаји па се мора стого водити рачуна да се напон од $\pm 10V$ не прекорачи.

4.1 Разделник напона

У електротехници, разделник напона је линеарно коло које даје излазни напон V_{out} који представља део његовог улазног напона V_{in} . Разделник напона се састоји од два отпорника или потенциометра. Обично се као сензор користи разделник напона чија је импеданса (отпор у њему) много већа од импедансе остатка кола у који се поставља. Проблем се јавља ако се жели мерење напона са галванском изолацијом. На следећој слици се може видети како се постављају отпорници:



Слика 22. Разделник напона

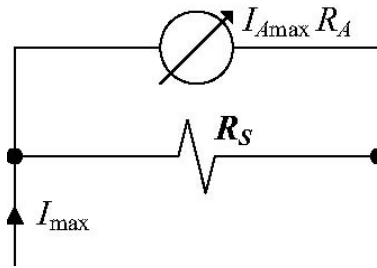
Са слике се може видети да је излазни напон једнак:

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Отпорници морају бити много већи од импедансе остатка кола. Само у том случају струја разделника је безначајна и самим тим мерење је тачније.

4.2 Струјни шант

Мерни опсег инструмента може се проширити редним односно паралелним везивањем спољних отпорника. За мерење струја већих вредности, неопходно је паралелно са амперметром везати отпорник-шант као што је приказано на слици 11. Кроз овако везан шант протећи ће већи део струје чиме се повећава мерни опсег употребљеног инструмента.



Слика 23. Паралелно везивање шанта са амперметром

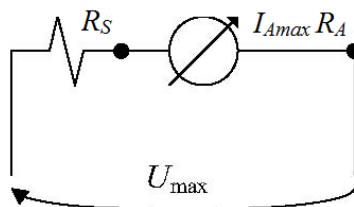
Ако је максимално дозвољена струја кроз амперметар I_{Amax} , кроз струјни разделник који чине унутрашња отпорност амперметра и отпорност шанта је:

$$I_{max} = I_{Amax} + \frac{I_{Amax} \cdot R_A}{R_S} = I_{Amax} \cdot \left(1 + \frac{R_A}{R_S}\right)$$

Из претходне једнакости може се добити и израз за израчунавање потребне вредности отпорности шанта за задату максималну вредност струје:

$$R_S = \frac{I_{Amax}}{I_{max} - I_{Amax}} \cdot R_A$$

Коришћењем амперметра је могуће мерити и напон, уз редно везивање отпорника велике отпорности, као што је приказано на слици 12.



Слика 24. Редно везивање отпорника са амперметром

Из једначине кола добија се израз за максималну вредност напона који се може мерити на овај начин:

$$U_{max} = I_{Amax} \cdot (R_S + R_A)$$

Одакле је:

$$R_S = \frac{U_{max}}{I_{Amax}} - R_A$$



Слика 25. Струјни шант који је предвиђен за струју до 100А

Када се уграђује струјни шант, он се редно повезује са потрошачем и паралелно на његове крајеве се повеже волтметар. Потребно је да се зна ред величин мерене струје. Пад напона на шанту је најчешће 75mV. У овом случају се занемарује напонско коло волтметра, па је лако израчунати отпорност шанта према обрасцу:

$$R_S = \frac{U_{\max}}{I_{\max}} = \frac{0.075 \text{ V}}{100 \text{ A}} = 0.75 \text{ m}\Omega$$

Снага шанта се израчунава:

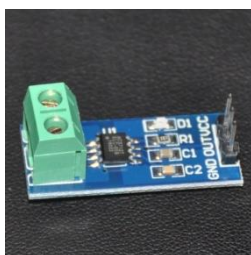
$$P_S = U_{\max} \cdot I_{\max} = 0.075 \cdot 100 = 7.5 \text{ W}$$

4.3 Струјни сензори на бази hall ефекта

Холов ефекат је појава названа по америчком научнику Edvinu Herbertu Holu који је 1879. открио да кроз материјал (проводник, полупроводник) кроз који протиче струја и који је постављен у спољашње магнетно поље долази до појаве напона који је нормалан на правац магнетног поља на крајевима материјала. Сам термин Холов ефекат се односи на напон, тзв. Холов напон, који се јавља на супротним странама тракастог елемента од проводног или полупроводног материјала. Овај ефекат се јавља услед сила које делују унутар проводника изложеног магнетном пољу. Када се проводник унесе у спољашње магнетно поље индукције B , тада на слободне носиоце наелектрисања делује Лоренцова сила.

Струјни сензори засновани на Холовом ефекту имају велику примену у пракси. За разлику од струјних трансформатора, ови претварачи се примењују за мерење и једносмерне и наизменичне струје. Ови сензори имају широку примену у уређајима за фреквентну регулацију брзине асинхроних мотора, за мерење струје између исправљача и инвертора. Примењују се и у струјним кљештима.

Ови сензори могу радити у отвореној или затвореној петљи. У оба случаја за њихов рад је потребно спољашње напајање.

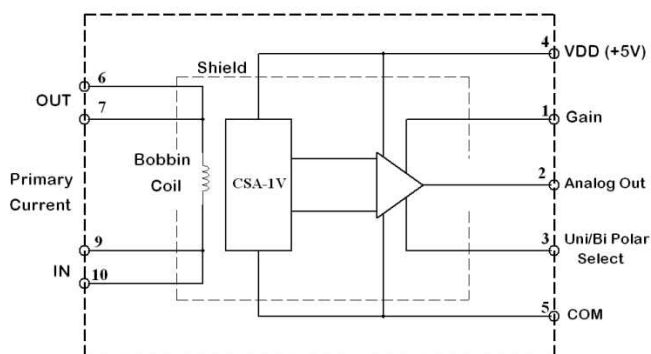


Слика 26 Изглед струјног сензора “ACS712”

На слици изнад, приказан је сензор који мери једносмерну и наизменичну струју. За исправан рад сензора потребно је довести напајање од 5VDC, а на излаз конектовати аквизициону картицу са којом ћемо читати напон који је у линеарној зависности са мереном струјом.

4.4 Струјни сензор “Аметес”

Ово је сензор са високом напонском изолацијом. Овај сензор је на бази Холовог ефекта. Сензори се праве у три опсега: 0.25A (осетљивост 10V/A) , 2.5A (осетљивост 1V/A) и 10A (осетљивост 0.25V/A). Сензори могу бити повезани биполарно ($2.5V \pm 2.5V$) или униполарно (0 до 5V). Униполарна конфигурација има 2 пута већу осетљивост од биполарне конфигурације која обезбеђује излазни опсег пуне величине за назначену струју.



Слика 27. Шематски приказ струјног сензора

За двосмерне струје укључујући наизменичну, сензор би требао бити конфигуриран за биполарне операције. Ово је остварено тако што су PIN1 (Gain) и PIN2 (Analog Out) кратко спојени. Излазни напон ће бити 2.5V за струју једнаку нули, кретаће се према 5V за позитивну струју и према нули за негативну струју.

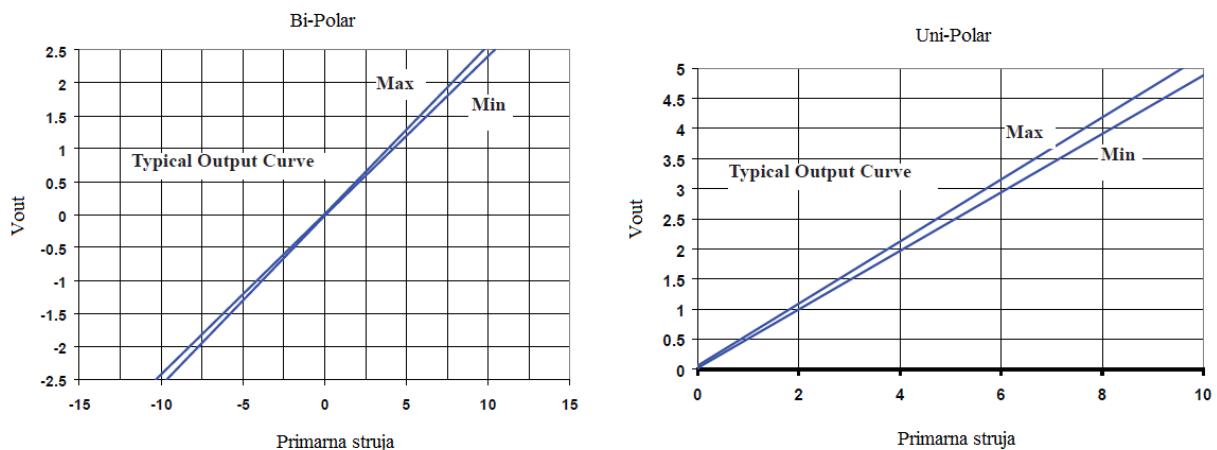
За једносмерне струје, сензор би требао бити конфигуриран за униполарне операције тако што се PIN3 (Uni/Bi polar Select) и PIN5 (COM) кратко спајају. У овој конфигурацији излазни напон ће бити 0V ($< 0.060V$) за струју једнаку нули и кретати до 5V за позитивну вредност струје.

Пинови PIN 9 и 10 (IN) су кратко спојени као и PIN 6 и 7 (OUT). Они су као и код амперметра плус (IN) и минус (OUT) крајеви и спајају се тако да у IN улази струја

а из OUT излази струја. На ове пинове се спаја примарна струја односно струја која се мери (Primary Current).

Пинови PIN4 (VDD +5V) и PIN5 (COM) су пинови на које треба довести потребно напајање за исправан рад струјног сензора.

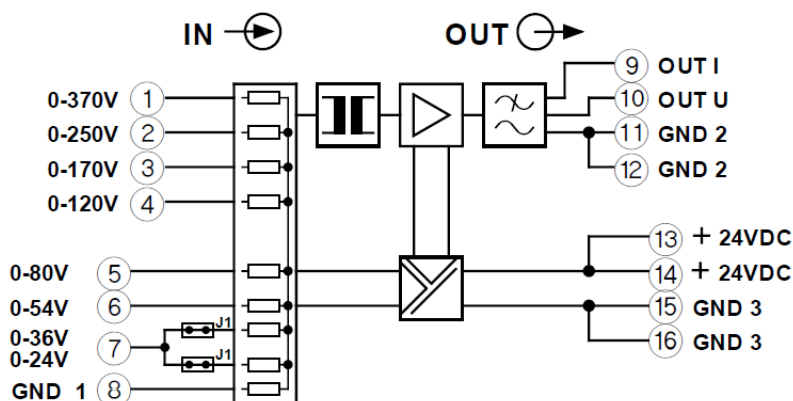
PIN2 (Analog Out) је излазни пин који се спаја са аквизиционом картицом и на коме меримо излазни напон (V_{out}) који је у линеарној зависности са струјом која се мери. На следећој слици видимо ту зависност у обе конфигурације.



Слика 28. Графички приказ примарне (мерене) струје и излазног напона у биполарној и униполарној конфигурацији за сензор CS10A-02

4.5 Кондиционер напона

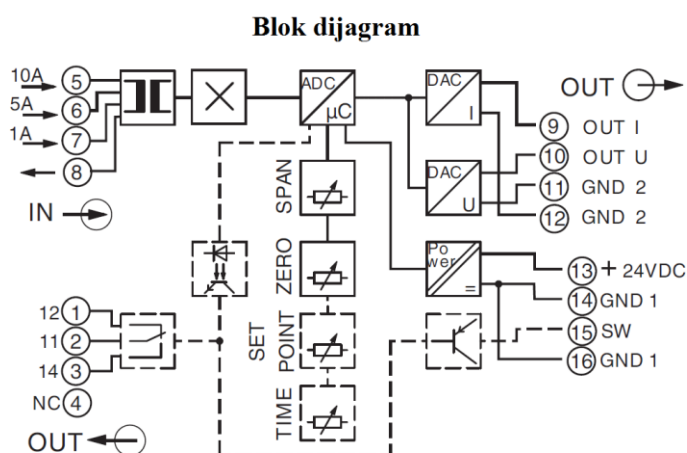
Напонски претварачи прихватају напоне у неколико опсега 0-370 V и конвертује их у стандардизоване аналогне сигнале. Улазни напон се може подешавати за $\pm 20\%$ користећи уграђене потенциометре, а то је потребно сваки пут када се мења опсег. Улазни, излазни и напон напајања су галвански одвојени један од другог. Излазни напон се креће у опсегу од 0 до 10 V, а струја од 0 (или 4) до 20 mA. На слици 17 је приказана блок шема, где је: IN - улазни напон који се приључује на пинове 1-7 и пин 8, у зависности од напона који се мери, OUT I - излазна струја а OUT U - излазни напон који читавамо уз помоћ аквизиционе картице. Битно је нагласити да ако мерени напона прелази више од 15% одабраног напона на улазу, улазно струјно коло може бити оштећено. Потребно је обезбедити напон од 24 VDC да би кондиционер радио.



Слика 29. Блок дијаграм напонског претварача MCR-VAC-UI-0-DC

4.6 Кондиционер струје

Кондиционери се производе за разне струје. Овде описан је ознаке: MCR-S-1-5-UI-SW-DCI-NC. Опсег мерене струје је од 0 до 11A (AC/DC). Имамо три опсега која бирамо у зависности од струје коју меримо, а то су: 1A, 5A и 10A. Пинови 5,6,7 су пинови у које улази струја а пин 8 из кога излази струја. Као и сваки претварач имамо излаз на који спајамо аквизициону картицу. Пинови 9 (OUT I) и 12 (GND 2) су струјни излаз који се креће у опсегу од 0(4)mA до 20mA, а пинови 10 (OUT U) и 11 (GND 2) су напонски излаз који може да се подешава у опсегу од: 0 V...10 V, -10 V...10 V, 0 V...5 V итд. За исправан рад потребно је довести напон од +24 VDC (пинови 13 и 14). Овај кондиционер у себи има уграђен реле и уз помоћ тајмера можемо да подесимо када ће реле да се укључи и искључи.

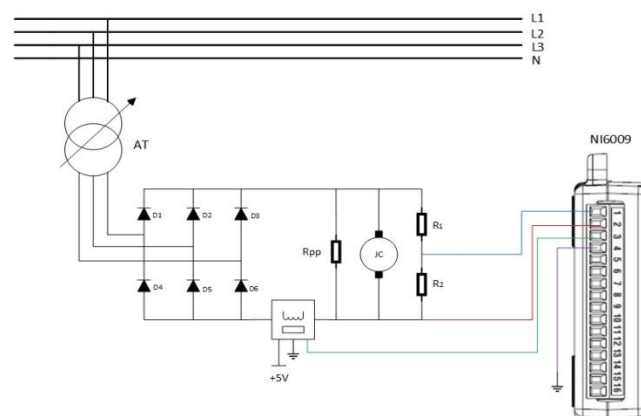


Слика 30. Блок шема струјног претварача MCR-S-1-5-UI-SW-DCI-NC

5. Мерење снаге потрошача једносмерне и наизменичне струје употребом програмског пакета LabView

Софтверска компонента која обрађује податке и презентује резултате реализована је у LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) развојном окружењу, које омогућава једноставну визуелну израду апликација виртуелних инструмената. Апликација виртуелног инструмента у принципу има следеће битне елементе. Интерфејс ка системском драјверу аквизиционе картице - DAQ assistant – прослеђује апликацији необрађене сигнале добијене аквизицијом реалних физичких величина, односно у случају генерисања сигнала, добијене податке од апликације прослеђује драјверу. Сви параметри виртуелних канала се могу програмски контролисати преко DAQ assistant интерфејса. Интерфејс има могућност мерења различитих електричних и других физичких величина које се могу сензором трансформисати у електричне сигнале. Осим тога, присутне су функције за контролу извршавања апликације и дијалог за снимање добијених резултата. На следећим сликама је приказан кориснички интерфејс у виду коришћеног блок програма помоћу којег је остварена обрада података добијених аквизицијом и њихово приказивање у жељеном облику.

5.1 Пример апликације за мерење снаге потрошача једносмерне струје (употребом картице NI 6009)

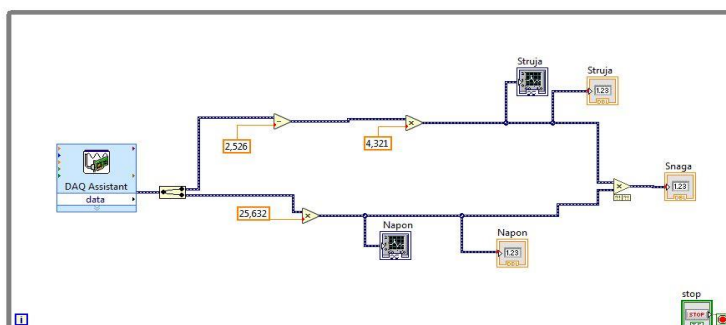


Слика 31. Шематски приказ мерења снаге потрошача једносмерне струје

Кораци за извођење вежбе

1. Повезати кораке према задатој шеми

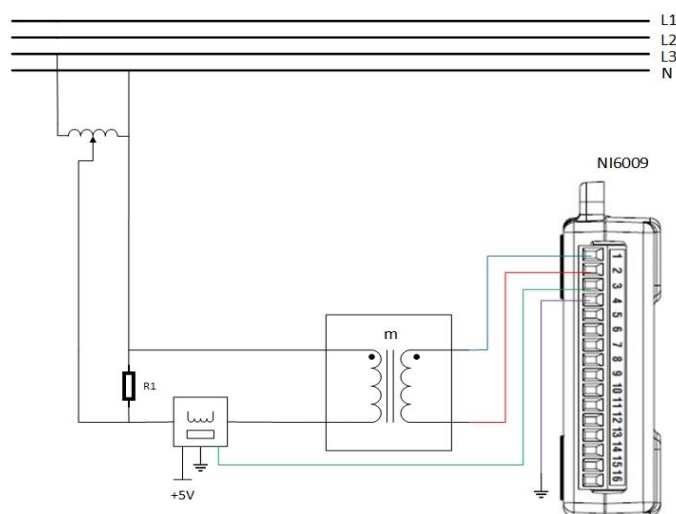
2. Стартовати програмски пакет LabView за одређивање снаге потрошача ЈС
3. Очитати измерену снагу
4. Измерити снаге за различите напоне (напоне задајете помоћу АТ)



Слика 32. Мерење снаге потрошача ЈС применом LabView-а

Код ове апликације јако је битно да се у DAQ Assistant, који претставља аквизициону картицу у LabView пакету, подеси да се узимају једносмерне величине, јер у супротном не би се добила тачна мерења. Информација о једносмерној струји се добија са Холовог сензора који по принципу магнетне индукције галвански раздваја дато коло од аквизиционе картице. За елиминацију офсет струје користи се операција одузимања константом 2,526 (ради елиминисања средње вредности струје која не представља информацију). Константа 25,632 са којом се множи напонски сигнал представља преносни однос за који је напон снижен, а константа 4,321 представља преносни однос за који је струја снижена. За снижавање напона коришћен је трансформатор, тиме смо обезбедили безбедно прикључење аквизиционе картице на њен радни напон. Ово би био поступак баждарења Холовиг сензора.

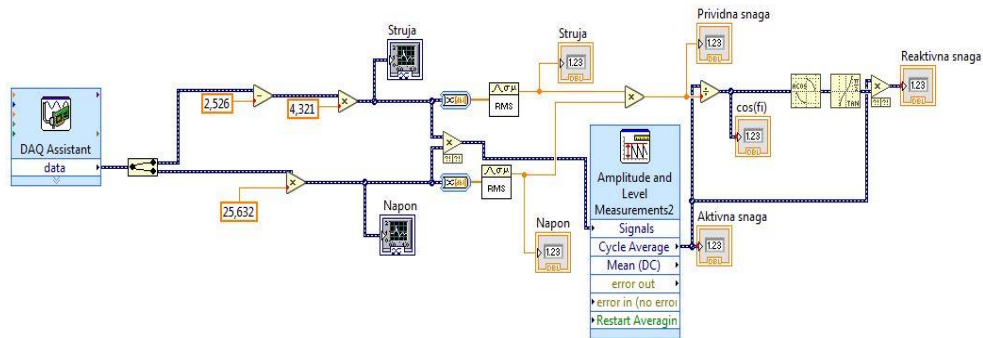
5.2 Пример апликације за мерење снаге једнофазног потрошача наизменичне струје (употребом картице NI 6009)



Слика 33. Шематски приказ мерења снаге монофазног потрошача

Кораци за извођење вежбе

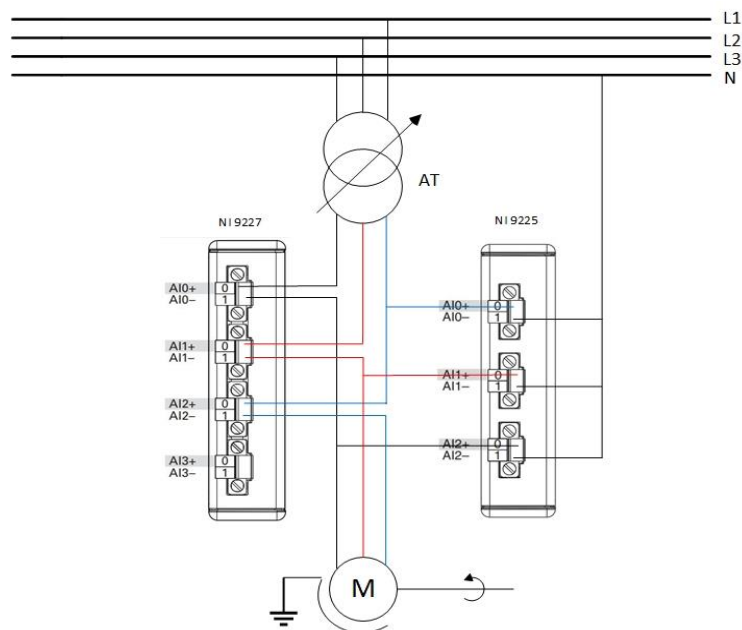
1. Повезати кораке према задатој шеми
2. Стартовати програмски пакет LabView за мерење снаге монофазног потрошача
3. Очитати измерену снагу
4. Измерити снаге за различите напоне (напоне задате помоћу АТ)



Слика 34. Мерење снаге монофазног потрошача применом LabView-а

Код ове апликације у односу на предходну у DAQ Assistant се бира наизменична величина. Због потребе мерења наизменичног напона избацује се инвертор са шеме. Преносни односи напона и струје су исти као у предходном примеру датом на Слици 24.

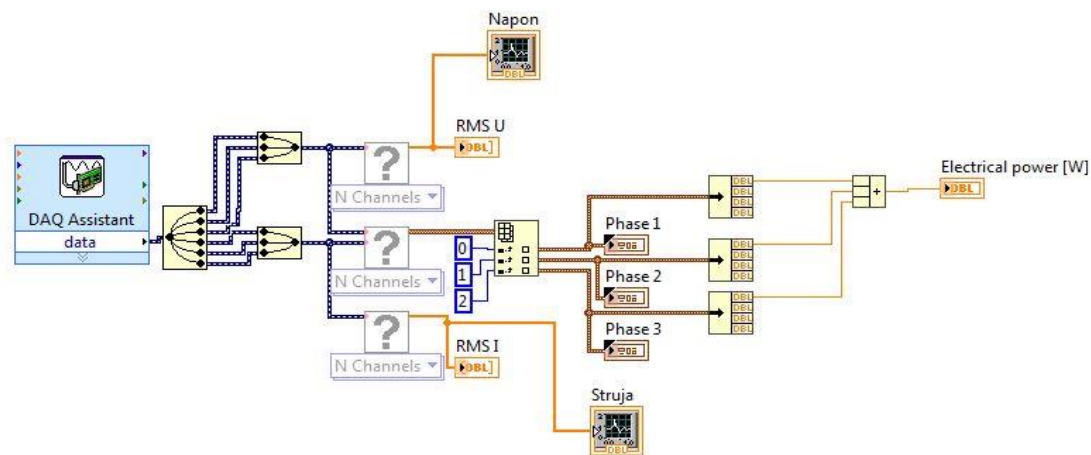
5.3 Пример апликације за мерење снаге трофазног потрошача наизменичне струје



Слика 35. Шематски приказ мерења снаге трофазног потрошача

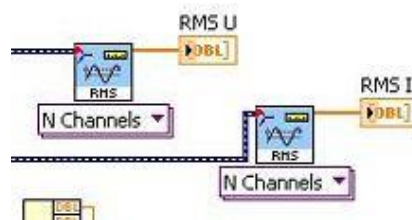
Кораци за извођење вежбе

1. Повезати елементе као на задатјј шема
2. Стартовати програмски пакер LabView за одређивање снаге трофазног потрошача
3. Очитати измерену снагу
4. Измерити снаге за различите напоне(напоне задајете помоћу АТ)



Слика 36. Мерење снаге трофазног потрошача наизменичне струје применом LabView-а

У овом случају, блок DAQ Assistant прихвата аналогне сигнале фазног напона и струје, директно са АТ. Програмски пакет има додатак који за овако прихваћене фазне напоне и струје рачуна њихову ефективну вредност, као и средњу снагу интегралњем на интервалу периоде тренутне снаге. На основу измерених напона и струје постоји уграђена функција која рачуна снагу. Да би те снаге раздвојили по фази користи се функција индексирања низа и самим тим се добија снага посебно по свакој фази. Сабирањем снага по свакој фази добија се укупна снага која је уједно и излазна величина. На следећој слици је приказан изглед функција које рачунају ефективну вредност напона и струје.



Слика 37. Ефективна вредност напона и струје

6. Литература

1. <http://www.ed.rs/ed/tekstovi/principi/pitanja.htm>
2. <http://infoteh.etf.unssa.rs.ba/zbornik/2014/radovi/STS/STS-2.pdf>
3. http://web.grf.bg.ac.rs/p/learning/ad_konverzija_1422027643226.pdf
4. <https://marijanabogdanovic.wordpress.com/2012/05/24/ad-konvertori/>
5. <http://www.microcontrollerboard.com/analog-to-digital-converter.html>