

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

„Мерно-информациони систем за одређивање радних карактеристика енергетских трансформатора“

Аутори техничког решења

- Проф. др Зоран П. Стајић
- Милош Божић, дипл. инж. ел.
- Милан Борђевић, дипл. инж. ел.
- Мр Милан Радић
- Ненад Флорановић, дипл. инж. ел.
- Проф. др Ђукан Вукић

Наручилац техничког решења

- Истраживачко-развојни центар „Alfatec“ Ниш

Корисник техничког решења

- ПД „Југоисток“ доо Ниш – Електродистрибуција Ниш, радионица за ремонт трансформатора

Година када је техничко решење урађено

- 2012.

Област технике на коју се односи техничко решење

- Испитивање и ремонт електричних машина
- Верификација карактеристика производа (ФАТ тест)

ИСТРАЖИВАЧКО-РАЗВОЈНОМ ЦЕНТРУ "ALFATEC" НИШ
Стручном Већу

ОБРАЗАЦ ЗА ПРИЈАВУ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

У складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитавном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије («Службени гласник РС», бр. 38/2008), достављам следеће податке.

Обавезни подаци:

Аутор/аутори решења:

Зоран Стајић, Милош Божић, Милан Ђорђевић, Милан Радић, Ненад Флорановић, Ђукан Вукић

Назив техничког решења:

Мерно-информациони систем за одређивање радних карактеристика енергетских трансформатора

Категорија техничког решења:

Нова производна линија, нови материјал, индустријски прототип,... - M82

За кога је решење рађено и у оквиру ког пројекта МНТР:

Решење је рађено за потребе Истраживачко-развојног центра „ALFATEC“ Ниш, у циљу проширивања функција мерно информациононих система на конкретне потребе испитивања енергетских трансформатора у ремонтној радионици Електродистрибуције у Нишу.

Резултати техничког решења се такође користе у истраживањима која се врше у оквиру реализације активности на реализацији пројекта ИИИ44006 – *Развој нових информационо-комуникационих технологија, коришћењем напредних математичких метода, са применама у медицини, телекомуникацијама, енергетици, заштити националне баштине и образовању.*

Ко решење користи тј. ко је прихватио – примењује решење:

Привредно друштво „Југоисток“ – Електродистрибуција Ниш, радионица за ремонт енергетских трансформатора

Година када је решење урађено: 2012.

Како су резултати верификовани (од стране кога тела):

Верификација резултата је извршена од стране:

- *Корисника, ЕД Ниш*
- *Стручног већа Истраживачко-развојног центра „ALFATEC“.*

На који начин се резултати користе:

Параметри као што су напон кратког споја и струја празног хода представљају величине које су од суштинског значаја за оптималну експлоатацију трансформатора. Мерно-информациони систем који је предмет техничког решења омогућава кориснику да, употребом описане методе, на једноставан начин одреди параметре испитиваних енергетских трансформатора. Могуће је снимити и репрезентовати карактеристике трансформатора 10/0,4 kV/kV. Један од излазних резултата техничког решења је натписна плочица трансформатора, која се штампа и поставља на ремонтован енергетски трансформатор.

Употреба техничког решења повећава ефикасност процеса испитивања трансформатора, јер елиминише потребу за претходним загревањем енергетског трансформатора који је предмет испитивања, смањујући укупан утрошак електричне енергије. Електричне величине мерене у току процеса испитивања се аутоматски архивирају, чиме је омогућена накнадна анализа и провера резултата.

Област на коју се техничко решење односи:

Испитивање електричних машина, ремонтовање електричних машина, верификација карактеристика производа (ФАТ тест).

Проблем који се техничким решењем решава:

Познавање карактеристика енергетског трансформатора је битно из више разлога, било да је реч о ремонтованом енергетском трансформатору или о новом. Код ремонтованих трансформатора, карактеристични параметри могу бити значајно промењени током процеса ремонта, па је у том случају од интереса да се они поново одреде. Осим тога, у случају набавке новог трансформатора, купац има интерес да независно утврди карактеристике трансформатора, како би установио да ли се стварни подаци поклапају са онима које је сам произвођач навео.

Испитивање карактеристика енергетских трансформатора у већини ремонтних радионица у нашој земљи изводи се мануелно, па је самим тим радни процес спор и непоуздан и подложен појави грешака изазваних људским фактором. Мерења се врше употребом аналогних и дигиталних мерних инструмената и одговарајућих напонских и струјних мерних трансформатора. Уобичајена процедура подразумева да оглед траје јако дуго и захтева ангажовање већег броја извршилаца. Предложено техничко решење омогућава значајно скраћивање радног процеса и потребног броја извршилаца. Како би се умањио утицај људског фактора, предложен је нов систем за испитивање карактеристика трансформатора, базиран на примени МИС-а за праћење електричних величина трансформатора током извођења огледа. Мерно-информациони систем је независан уређај који служи за аквизицију и архивирање података снимљених приликом вршења огледа. МИС комуницира са апликацијом на рачунару, која учитава потребне податке и рачуна карактеристичне величине трансформатора, као што су напон кратког споја, струја празног хода. На основу резултата ових огледа, систем одређује вредности параметара еквивалентне шеме трансформатора, аутоматски прерачунавајући вредности измерене при температурама током извођења огледа на вредности које важе за трајно дозвољену радну температуру прописану стандардима.

Стање решености тог проблема у свету:

На тржишту постоји велики број специјализованих уређаја за одређивање параметара енергетских трансформатора. Такође постоје и лабораторије за испитивање трансформатора у складу са важећим ИЕС стандардима.

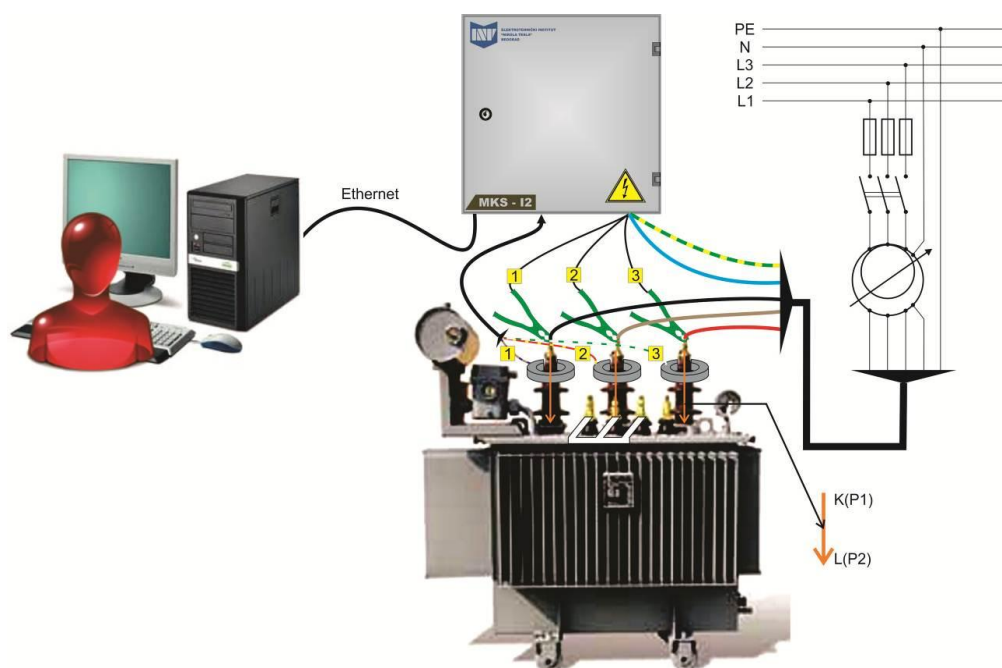
Један од реномираних светских произвођача, Megger, у свом производном програму има читаву серију различитих уређаја који служе за прецизно одређивање карактеристика трансформатора као што су: отпорност намотаја, класа изолације, хомологност прикључних крајева, одзив у фреквентном домену, прободни напон, преносни однос трансформатора, испитивање карактеристика изолационог уља итд. За сваки од наведених параметара постоје наменски, прецизни мерни уређаји, чија цена превазилази 10000€ без трошкова увоза, што их чини практично недоступним за већину заинтересованих корисника у нашој земљи.

Објашњење суштине техничког решења и детаљан опис са карактеристикама, укључујући и пратеће илустрације и техничке цртеже

Суштина техничког решења огледа се у реализацији независног и аутоматизованог мерно-информационог система, који омогућава да се на основу анализе резултата огледа празног хода и кратког споја изведеног на енергетском трансформатору, добију вредности параметара еквивалентне шеме и релативног напона кратког споја, што је екстремно значајно за предвиђање понашања новог или ремонтваног трансформатора у експлоатацији.

Мерно информациони систем, ознаке MIS-I2, који је употребљен за реализацију овог решења има следеће карактеристике:

- Два независна канала за мерење
- Независан систем за архивирање снимљених података
- Независно напајање уређаја од система испитних напона
- Истовремен упис свих релевантних параметара (напона, струја, снага, фактора снаге итд)
- Могућност извођења два независна испитивања истовремено
- Промену мерног опсега напона и струја коришћењем струјних и напонски мерних трансформатора
- Комуникацију преко TCP/IP протокола са екстерном корисничком апликацијом
- Могућност накнадног прорачунавања параметара трансформатора
- Могућност употребе интелигентних температурних сензора
- Могућност лаког проширивања функција додавањем других сензора и уређаја са комуникацијом преко RS232/485 интерфејса



Слика 1. Принципијелна шема

На слици 1 је приказана принципијелна шема реализованог техничког решења. Напајање се врши са нисконапонске дистрибутивне мреже напонског нивоа 400V, преко трофазног аутотрансформатора или преко трофазног индукционог регулатора.

Два независна мерна канала су реализована употребом прецизних панелних мрежних анализатора произвођача CIRCUTOR тип CVM NRG 96 класе тачности:

- за напоне: $0,5\% \pm 2$ диг
- за струје: $0,5\% \pm 2$ диг
- за снаге: $1\% \pm 2$ диг

MIS-I2 у себи садржи чврсти диск и има свој независни оперативни систем. То омогућава снимање података на чврсти диск независно од рада корисничке апликације и омогућава извођење два независна испитивања. У случају да постоје два независна извора напајања могуће је изводити два огледа кратког споја или празног хода, или комбинацију огледа кратког споја и огледа празног хода на два трансформатора. Такође је омогућен упис великог броја параметара као што су струје, напони, снаге, фактори снага за сваку фазу посебно, са високом резолуцијом читавања.

Независно напајање уређаја омогућава широке границе промене испитног напона, у складу са мерним опсегом уграђених панелних мрежних анализатора.

Промену мерног опсега уређаја могуће је извршити заменом спољашњих струјних и напонских сензора односно употребом струјних мерних трансформатора одговарајућег преносног односа. Панелни мрежни анализатори омогућавају употребу и напонских трансформатора тако да је могуће употреба решења за испитивање и трансформатора виших напонских нивоа.

Комуникација је остварена преко локалне интернет мреже. Могуће је повезивање система директно на кориснички рачунар односно десктоп апликацију, или у оквиру VPN мреже.

Прерачунавање параметара. Познато је да параметри као што су електрична отпорност намотаја и отпорност магнетног кола зависе од референтне температуре. У идеалном случају, потребно је постићи радну температуру трансформатора односно уља и магнетног језгра да би се приликом мерења добили што тачнији параметри. Применом одређених формула, могуће је прерачунати добијене вредности на радну температуру. То подразумева познавање информација о температурама у току испитивања па је том смислу могуће повезивање температурних сензора на сам МИС.

Интелигентни температурни сензори омогућавају да се у оглед аутоматски урачунају и референтне температуре амбијента, трансформаторског суда и уља трансформатора. На тај начин се постиже додатно увећање прецизности израчунавања параметара.

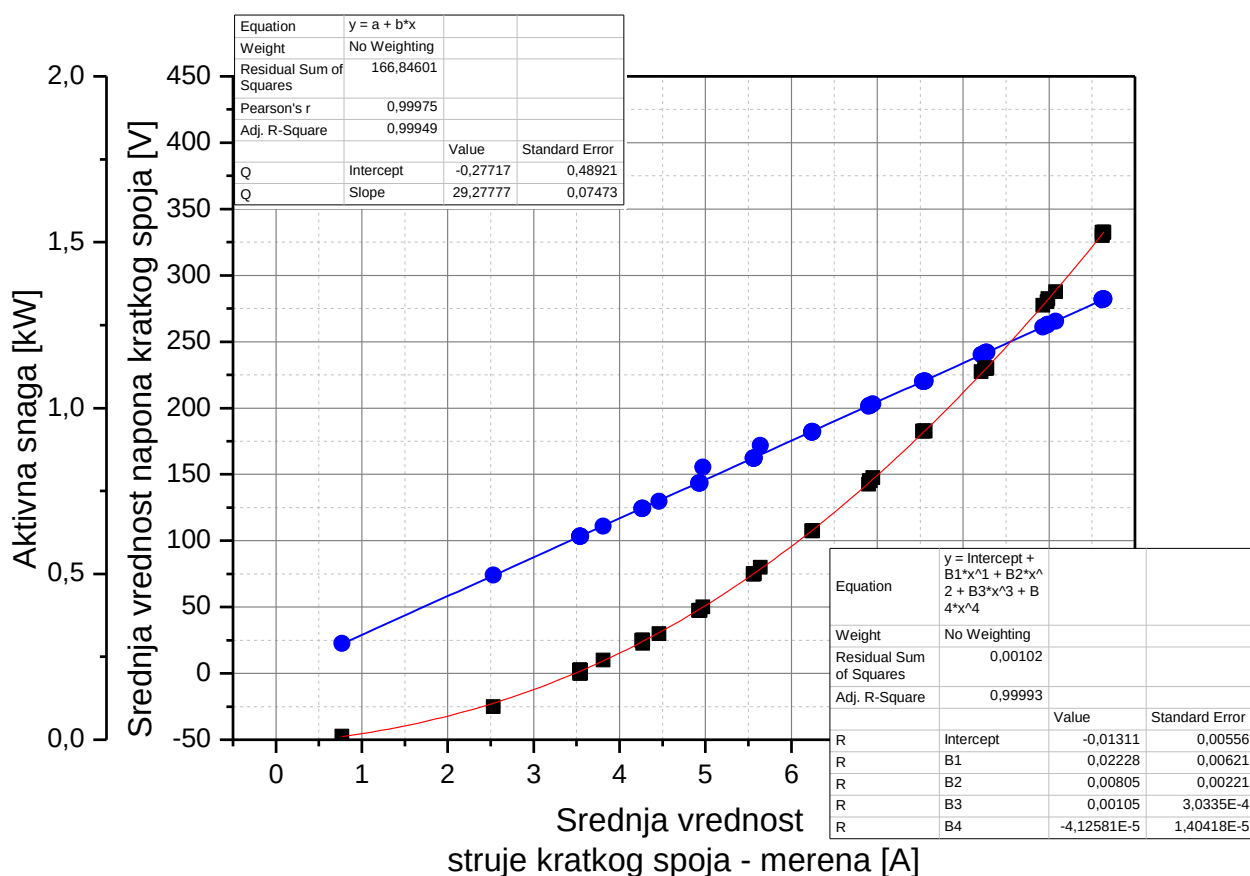
Уз стандардне интерфејсе које примењени мерно информациони систем поседује, могуће је читавати и друге типове сензора и уређаја и могуће је, уз додавање нових софтверских функција оперативном систему МИС-а, архивирање прочитаних података. На тај начин је остварена модуларна интероперабилна функција примењеног мерно-информационог система.

ПРИМЕР ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

Као пример резултата добијених употребом техничког решења наведени су резултати добијени испитивањем енергетског трансформатора снаге 250kVA.

Оглед кратког споја трансформатора је изведен краткоспајањем секундарних извода трансформатора и довођењем симетричног система напона на примар трансформатора. При овом огледу канал 1 је снимао напоне и струје на примару док је канал 2 снимао струје на секундарним изводима трансформатора.

Температура трансформатора на почетку огледа је била $t_{poč} = 58^{\circ}\text{C}$.



Слика 2. Дијаграм добијен анализом снимљених вредности

$$u_k = -0.27717 + 29.27777 \cdot I_k$$

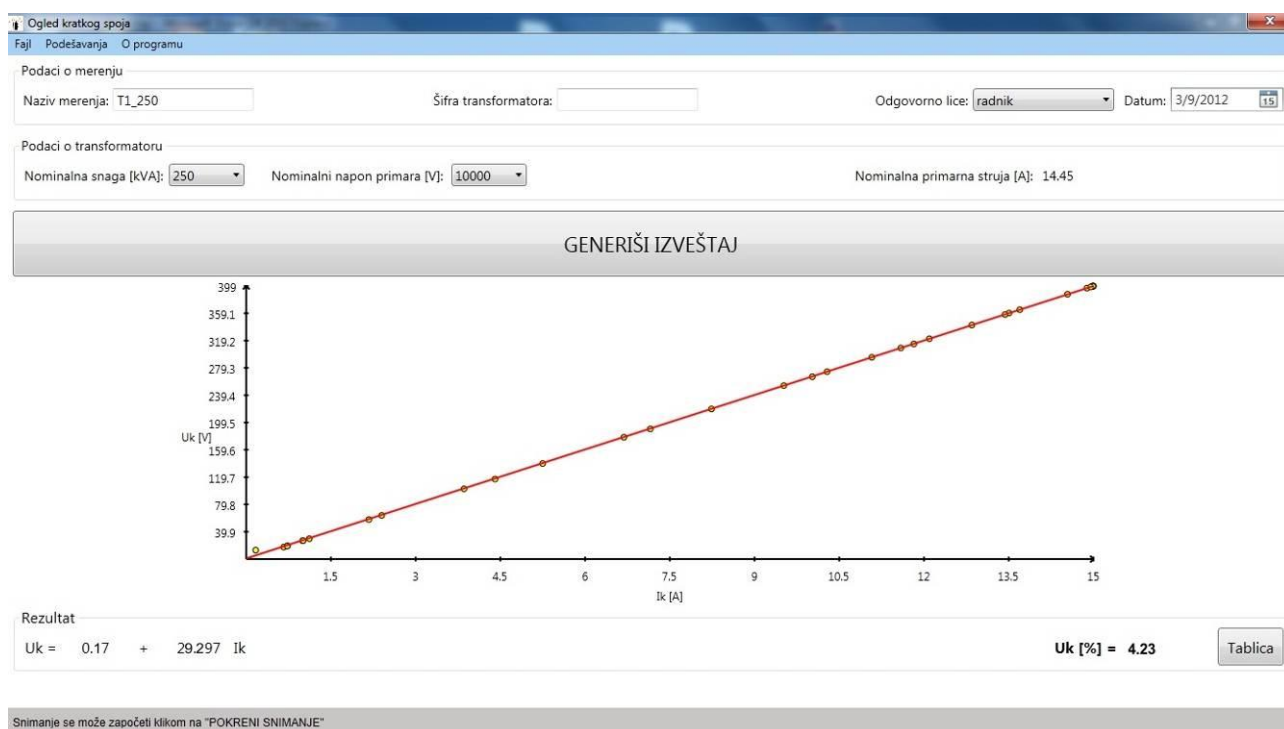
$$p_k = -0,01311 + 0,02228 \cdot I_k + 0,00805 \cdot I_k^2 + 0,00105 \cdot I_k^3 - 4,12581 \cdot 10^{-5} \cdot I_k^4$$

Напон кратког споја за номиналну струју $I_n' = 14.45\text{A}$

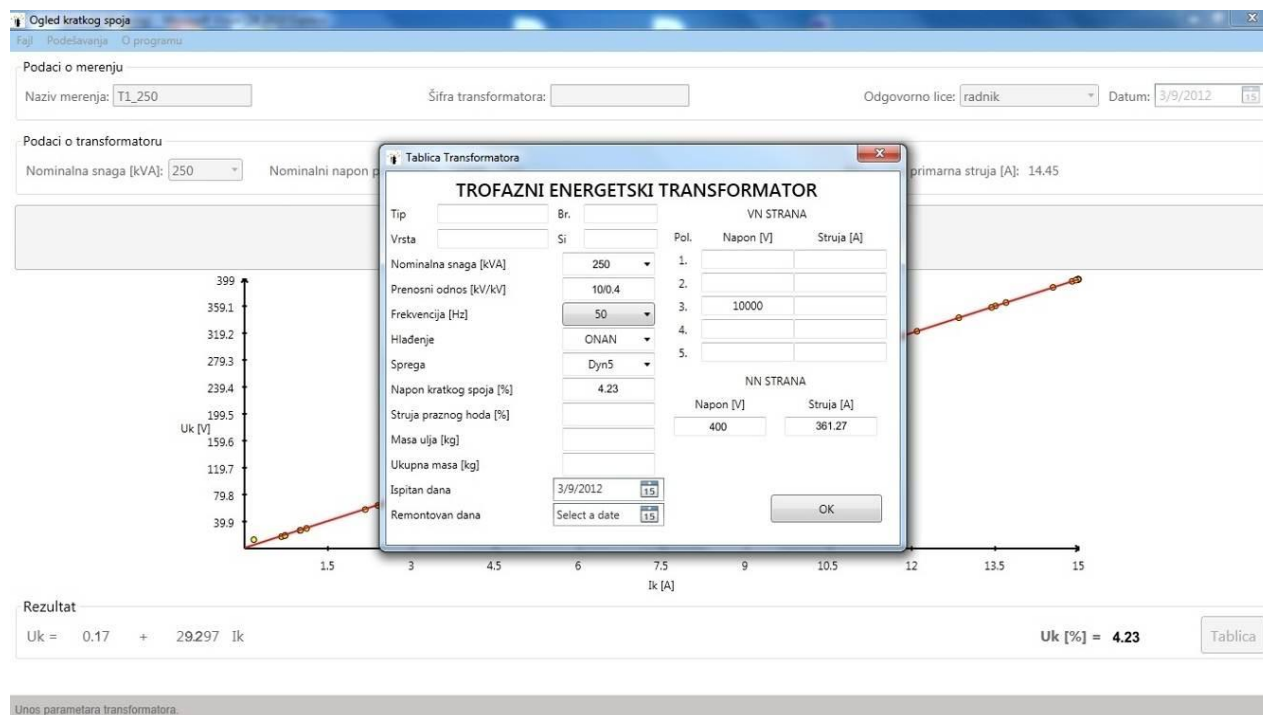
$$u_k = 4,22319\%$$

$$u_{k(5^{\circ}\text{C})} = 4,248\%$$

Резултати добијени употребом десктоп апликације



Слика 3. Одређени напон кратког споја



Слика 4. Натписна плочица испитиваног трансформатора

Део података који недостају на натписној плочици приказаној на слици 4 (тип трансформатора, врста, маса уља ...) се уносе на почетку обраде резултата, и, сем обавезних као што су називне вредности трансформатора (снага, напони, спрега), нису од суштинске важности за израчунавање параметара али представљају обавезу извршиоца ради квалитетног и тачног извршења задатка и добијања потпуне натписне плочице трансформатора. У приказаном примеру нису били познати подаци који недостају.

Како је реализован и где се примењује, односно које су могућности примене

Техничко решење је реализовано у оквиру ремонтне радионице Електродистрибуције Ниш, где се активно користи при верификацији карактеристика ремонтваних и нових трансформатора. За реализацију техничког решења је употребљен мерно информациони систем MKS-I2. У питању је двоканални МИС тако да постоји могућност истовременог испитивања два енергетска трансформатора.

Такође употребом наведеног мерно информационог система са имплементираним софтверским решењем могуће је у реалним експлоатационим условима пратити карактеристике трансформатора посредним путем мерећи параметре електричне мреже.

Даљи правац развоја је из измерених радних напона и струје применом иновативних алгоритама израчунати нпр. струје магнећења трансформатора и из њих параметре еквивалентне шеме. Ово би омогућило естимацију стања енергетских трансформатора посредним путем, мерећи електричне параметре уместо искључивања трансформатора и употребе скувих специјализованих мерних уређаја.

Напомена: Документација коју аутори подносе као прилог ове Пријаве може садржати 5 до 10 страница, укључујући илустрације и техничке цртеже.

Подносилац пријаве

Зоран Ситарић

У Нишу, 08.10.2012. године.

Истраживачко-развојни центар „Alfatec” д.о.о. Ниш

Директору, Проф. др Зорану Стајићу

Предмет: Мишљење корисника о техничком решењу

Техничко решење „Мерно-информациони систем за одређивање радних карактеристика енергетских трансформатора”, се редовно и успешно користи у ремонтној радионици Електродистрибуције Ниш, а у циљу одређивања карактеристичних параметара енергетских трансформатора који су подвргнути процесу редовног или хаваријског ремонта.

Захваљујући примени инсталираног техничког решења, унапређен је радни процес ремонтне радионице и олакшана је техничка карактеризација ремонтованих трансформатора, што у коначном олакшава планирање њихове даље експлоатације и повећава енергетску ефикасност и поузданост рада разводних постројења у којима се инсталирају.

РУКОВОДИЛАЦ СЕКТОРА ЗА
ОДРЖАВАЊЕ ЕЕО



Саша Петровић, дипл. ел. инж

ДИРЕКТОР ЗА ТЕХНИЧКИ СИСТЕМ
ЕЛЕКТРОДИСТРИБУЦИЈЕ НИШ



Драгослав Павловић, дипл. ел. инж

У Нишу, 17.12.2012. године.

Одлуком Стручног Већа Истраживачко-развојног центра „Alfatec” д.о.о. Ниш (Одлука бр. 2809/12-3 од 28.09.2012. године) именовани смо за рецензенте предлога техничког решења под називом **„Мерно-информациони систем за одређивање радних карактеристика енергетских трансформатора“** аутора: Зорана Стајића, Милоша Божића, Милана Ђорђевића, Милана Радића, Ненада Флорановића и Ђукана Вукића.

На основу Пријаве техничког решења и мишљења корисника подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ РЕЦЕНЗЕНАТА

Техничко решење: **Мерно-информациони систем за одређивање радних карактеристика енергетских трансформатора**
Категорија: ***„нова производна линија, нови материјал, индустријски прототип,...“ - M82***

Верификација карактеристика енергетских трансформатора је битна из више разлога, било да је реч о ремонтваном енергетском трансформатору или о новом. Код ремонтваних трансформатора су се карактеристике значајно промениле због самог процеса ремонта, и у том случају је од интереса поново снимити карактеристике трансформатора, како би се знале његове нове карактеристике. Код новог трансформатора, по испоруци, купцу је од интереса да сними карактеристике истог како би установио да ли се његове карактеристике поклапају са онима које је сам произвођач навео.

Већина ремонтних радионица у нашој земљи, услед недостатка опреме, испитивања енергетских трансформатора изводи мануелно. Самим тим је тај процес спор и непоуздан, јер је подложен јављању грешке услед људског фактора. Извођење таквих испитивања по правилу траје јако дуго и захтева већи број извршилаца. Техничко решење је омогућило значајно скраћење процеса и броја потребних извршилаца. Како би се умањио утицај људског фактора, предложен је нов систем за испитивање карактеристика трансформатора, базиран на примени савременог мерно-информационог система (МИС), и служи за праћење, архивирање и анализу електричних величина мерених током извођења огледа на трансформатору.

У питању је двоканални МИС тако да постоји могућност истовременог вршења два истовремена огледа, што зависи од расположивих извора напајања. Мерно информациони систем је независан уређај и служи за аквизицију и архивирање података снимљених током вршења огледа. МИС комуницира са апликацијом на рачунару која учитава потребне податке и рачуна карактеристичне величине трансформатора, као што су напон кратког споја, струја празног хода. На основу резулата ових огледа, систем одређује и параметре еквивалентне шеме трансформатора. Такође се аутоматски врши прерачунавање величина са температура које су мерене у току огледа на трајно дозвољену радну температуру прописану стандардима.

Техничко решење је реализовано у оквиру ремонтне радионице Електродистрибуције Ниш, где се активно користи при верификацији карактеристика ремонтованих и нових трансформатора.

У свету постоје различита хардверска и софтверска решења која служе за одређивање параметара електричних уређаја. На тржишту су такође присутне и референтне ускоспецијализоване лабораторије, опремљене софистицираном опремом за тестирање према важећим стандардима. Међутим, сагледавајући стање ремонтних радионица електродистрибутивних предузећа као и укупно стање у привредним друштвима у нашој земљи, закључује се да тренутно не постоје средства за опремање свих радионица таквом опремом.

У пријави техничког решења су, у циљу упоређења, наведени уређаји за испитивање карактеристика трансформатора реномираног произвођача Megger. Такви уређаји су добро познати рецензентима и представљају врхунско решење за рад. Међутим цена тих уређаја је по правилу неколико десетина хиљада евра тако да нису широко заступљени на нашем тржишту.

Техничко решење у односу на наведене уређаје има предност јер је основна функција употребљеног мерно-информационог система аквизиција и архивирање података. МИС има свој оперативни систем што омогућава имплементацију много сложенијих алгоритама и софтверских метода у односу на специјализоване уређаје чији су оперативни системи и методе по правилу оптимизоване за одређивање конкретних параметара.

Што се тиче хардвера, мерно-информациони систем ознаке MIS-I2, који је употребљен за реализацију овог решења има следеће карактеристике:

- Могућност вршења два огледа паралелно односно архивира снимљене податке са два независна мерна канала,
- Могућност читавања интелигентних сензора и других уређаја преко стандардних интерфејса које МИС поседује (USB, RS485, RS 232),
- Релативно лаку промену мерног опсега употребом екстерних напонских и струјних мерних трансформатора

На основу описа и верификације предложеног техничког решења могу се донети следећи закључци:

- Техничко решење предлаже иновативну методу за одређивање параметара енергетских трансформатора, базирану на коришћењу постојеће опреме у ремонтној радионици, али уз примену савремених информационо-комуникационих технологија, чиме је елиминисана потреба за набавком скувих наменских уређаја произведених ван територије Републике Србије.
- Техничко решење користи десктоп апликацију што омогућава два начина рада – тренутно и накнадно одређивање параметара. Могућа је накнадна анализа снимљених података из извршених огледа у научно-истраживачке сврхе.
- Техничко решење је базирано на употреби МИС са индустријским рачунаром и сопственим оперативним системом, што омогућава примену сложених алгоритама и метода прорачуна. Намера аутора је имплементација иновативних алгоритама израчунавања таласног облика струје магнетног трансформатора на основу радних параметара трансформатора, што ће омогућити естимацију стања енергетских трансформатора посредним путем.

На основу наведеног, као рецензенти, оцењујемо да резултат

научноистраживачког рада под називом „**Мерно-информациони систем за одређивање радних карактеристика енергетских трансформатора**“ представља научни резултат који поред стручне компоненте пружа оригинални научноистраживачки допринос и по важећим критеријумима може да се сврста у категорију **M82 – нова производна линија, нови материјал, индустријски прототип,...** према класификацији из *Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача* („Службени гласник РС“ бр. 32/2008).

У Нишу, 18.12.2012. године



Проф. др Александар Чукарић
Факултет техничких наука, Косовска Митровица



Доц. др Жарко Милкић
Факултет техничких наука, Косовска Митровица

Стручно веће**Број: 2112/12-8****Дана: 21.12.2012. год.**

На основу члана 35. Статута Истраживачко-развојног центра «Alfatec» д.о.о. Ниш, у складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитавном исказивању научноистраживачких резултата истраживача («Службени гласник РС» бр. 38/2008), Стручно веће Истраживачко-развојног центра «Alfatec» д.о.о. Ниш донело је на седници одржаној 21.12.2012. године следећу

ОДЛУКУ

1. Прихвата се техничко решење под називом «Мерно-информациони систем за одређивање радних карактеристика енергетских трансформатора», чији су аутори проф. др Зоран Стајић, Милош Божић, дипл. инж. ел, Милан Ђорђевић, дипл. инж. ел, мр Милан Радић, Ненад Флорановић, дипл. инж. ел, проф. др Ђукан Вукић.

2. Признато техничко решење спада у категорију: M82 – Нова производна линија, нови материјал, индустријски прототип

3. Одлуку доставити ауторима техничког решења и архиви.

Образложење

Комисија рецензената доставила је Стручном већу Мишљења о испуњености услова за признање својства техничког решења под називом «Мерно-информациони систем за одређивање радних карактеристика енергетских трансформатора», чији су аутори проф. др Зоран Стајић, Милош Божић, дипл. инж. ел, Милан Ђорђевић, дипл. инж. ел, мр Милан Радић, Ненад Флорановић, дипл. инж. ел, проф. др Ђукан Вукић.

Техничко решење је резултат научноистраживачког рада у оквиру пројекта «Развој нових информационо-комуникационих технологија, коришћењем напредних математичких метода, са применама у медицини, енергетици, телекомуникацијама, е-управи и заштити националне баштине» (пројекат из програма Интегралних Интердисциплинарних Истраживања који се финансира од стране Министарства за науку и технолошки развој РС у периоду од 01.01.2011. до 31.12.2014. године, ев. број пројекта: ИИИ 44006, руководилац пројекта: Др Зоран Огњановић, Математички институт Српске Академије наука и уметности).

Рецензенти проф. др Александар Чукарић – Факултет техничких наука Косовска Митровица и доц. др Жарко Милкић – Факултет техничких наука Косовска Митровица, оценили су да предложено техничко решење представља научни резултат који поред стручне компоненте пружа оригинални теоријски и научноистраживачки допринос. У том смислу рецензенти су предложили Стручном већу Истраживачко-развојног центра «Alfatec» д.о.о. Ниш да прихвати наведени резултат научноистраживачког рада као техничко решење.

На основу позитивног мишљења два рецензента-експерта из области техничког решења Стручно веће је донело одлуку као у диспозитиву.



Председник Стручног већа,
Проф. др Миомир Станковић