

Садржај:

9. ОГЛЕД ПРАЗНОГ ХОДА И КРАТКОГ СПОЈА ТРОФАЗНОГ ТРАНСФОРМАТОРА 1

9.1 ТЕОРИЈСКИ ДЕО 1

9.2 СИМУЛАЦИОНЕ ВЕЖБЕ 3

9.2.1 АПЛЕТИ КОЈИ СЕ ОДНОСЕ НА ФАЗОРСКЕ ДИЈАГРАМЕ ТРОФАЗНОГ ТРАНСФОРМАТОРА 3

9.3 ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА 4

Задатак вежбе 4

Примењена метода и опис вежбе 4

Спецификација опреме и прибора за вежбу 4

Електрична шема 5

Поступак извођења вежбе 6

Резултати мерења 6

9. ОГЛЕД ПРАЗНОГ ХОДА И КРАТКОГ СПОЈА ТРОФАЗНОГ ТРАНСФОРМАТОРА

9.1 ТЕОРИЈСКИ ДЕО

У већини анализа рада трансформатора морају се у већој или мањој мери узети у обзир одступања особина реалног трансформатора од особина идеалног трансформатора. У потпунијој теорији мора да се води рачуна о утицају отпорности намотаја, магнетног расипања и побудне струје.

Активне отпорности: Активне отпорности намотаја примара и секундара редовно се узимају у обзир као концентрисани параметри R_1 и R_2 (као отпорници везани на ред са одговарајућим намотајем).

Магнетно расипање: Укупни наизменични магнетни флуks којим је обухваћен примарни намотај може се поделити на две компоненте: прва је резултантни заједнички магнетни флуks, затворен у феромагнетном језгру и произведен заједничким дејством примарне и секундарне струје, а друга је примарни расипни флуks којим је обухваћен само примар. С обзиром да путање расипања пролазе већим делом кроз ваздух, расипни флуks и њиме индуковани напон мењају се скоро пропорционално са примарном струјом I_1 . Дејство на примарно коло исто је као и дејство флуksа било где у колу примара трансформатора и може се представити помоћу расипне индуктивности примара $L_{\sigma 1}$ или у виду расипне реактансе примара $X_{\sigma 1}$ ($X_{\sigma 1} = L_{\sigma 1} \cdot \omega$).

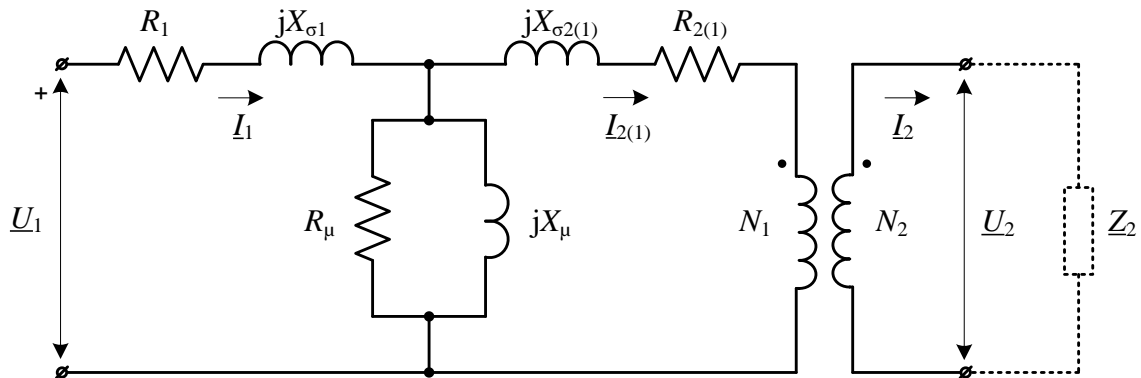
На исти начин се дефинише и расипна индуктивност секундара $L_{\sigma 2}$, односно расипна реактанса секундара $X_{\sigma 2}$.

Побудна струја: Због несавршености магнетног кола (коначне вредности магнетне пермеабилности μ и губитака услед магнетног хистерезиса и вихорних струја) струја примара мора, поред струје оптерећења, садржати и побудну струју која магнетише реално магнетно коло.

Ова побудна примарна струја побуђује магнетни флуks у реалном магнетном колу и покрива губитке у њему тј. има реактивну и активну компоненту.

У еквивалентној шеми утицај несавршености магнетног кола се може представити паралелном везом реактансе X_{μ} и активне отпорности R_{μ} .

На следећој слици је приказана потпуна еквивалентна шема трофазног енергетског трансформатора.

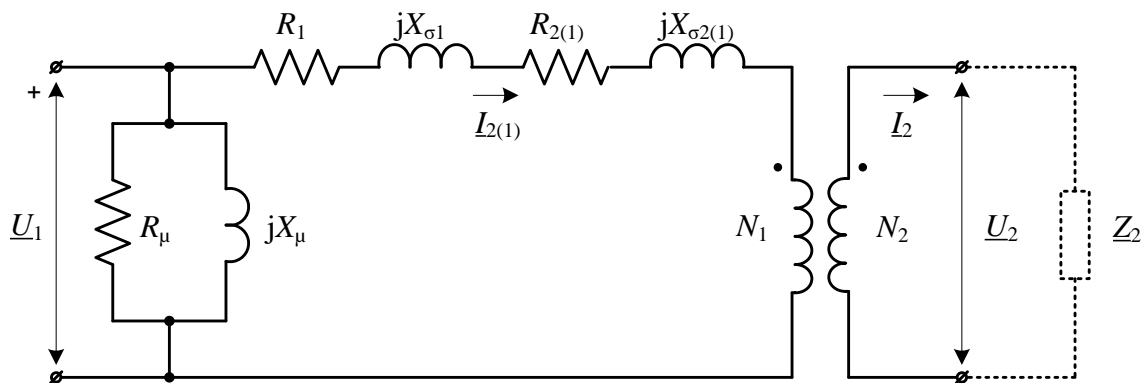


Слика 9.1: Еквивалентна шема трансформатора

Најчешће се користи еквивалентна “Г” шема трансформатора.

Код извођењу еквивалентне шеме трофазног трансформатора полази се од две претпоставке:

1. еквивалентна шема се односи на једну фазу,
2. претпостављена спрега намотаја је звезда.



Слика 9.2: Еквивалентна “Г” шема трансформатора

Два гранична режима рада трансформатора су празан ход и кратак спој.

Рад трансформатора у празном ходу: У овом радном стању су крајеви секундара отворени, што одговара вредности импедансе $Z_2 = \infty$.

При овом огледу се одређују параметри гране магнећења.

У релативним јединицама, ови параметри се рачунају као:

$$G_{0r} = \frac{P_0}{S_n} \quad Y_{0r} = I_{0r} \quad B_{0r} = \sqrt{Y_{0r}^2 - G_{0r}^2}$$

Рад трансформатора у кратком споју: У овом радном стању су крајеви трансформатора кратко спојени, што одговара вредности импедансе $Z_2 = 0$.

При овом огледу се одређују параметри R_k и X_k .

У релативним јединицама, ови параметри се рачунају као:

$$R_{kr} = \frac{P_k}{S_n} \quad Z_{kr} = U_{kr} \quad X_{kr} = \sqrt{Z_{kr}^2 - R_{kr}^2}$$

Пад напона се рачуна решавајући комплексну једначину која се добија занемаривањем гране магнећења:

$$u_{2r} = u_{1r} - z_{kr} \cdot i_r$$

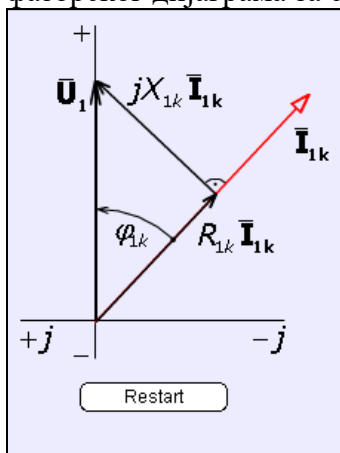
Степен искоришћења се рачуна по релацији:

$$\eta = 1 - \frac{R_{kr} \cdot I_r^2 + G_{0r} \cdot U_r^2}{S_r \cdot \cos(\varphi)}$$

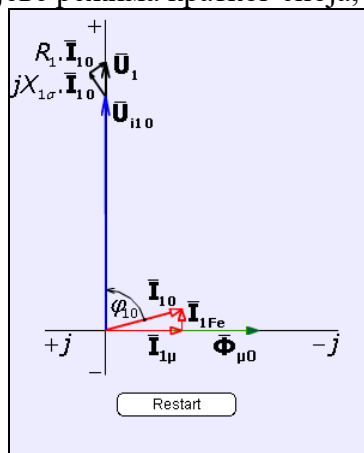
9.2 СИМУЛАЦИОНЕ ВЕЖБЕ

9.2.1 АПЛЕТИ КОЈИ СЕ ОДНОСЕ НА ФАЗОРСКЕ ДИЈАГРАМЕ ТРОФАЗНОГ ТРАНСФОРМАТОРА

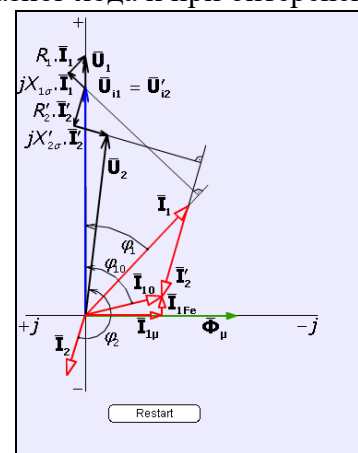
На следећим сликама су приказани аплети који објашњавају формирање фазорског дијаграма за случајеве режима кратког споја, празног хода и при оптерећењу.



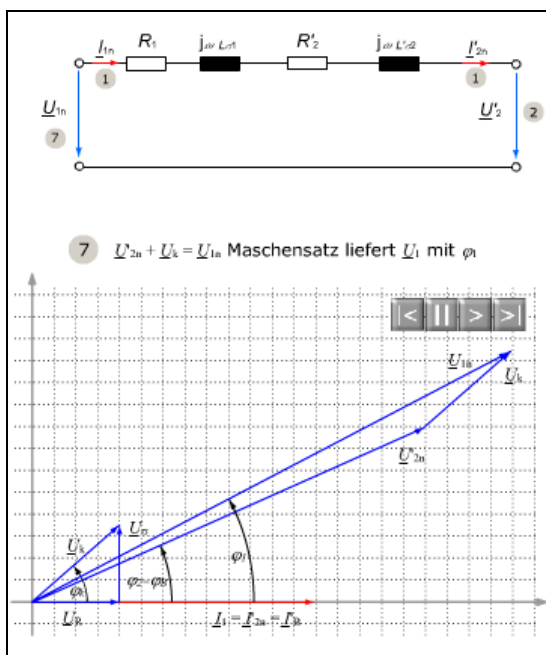
Слика 9.3: Аплет -fazorski dijagram kratkog spoja.dcr



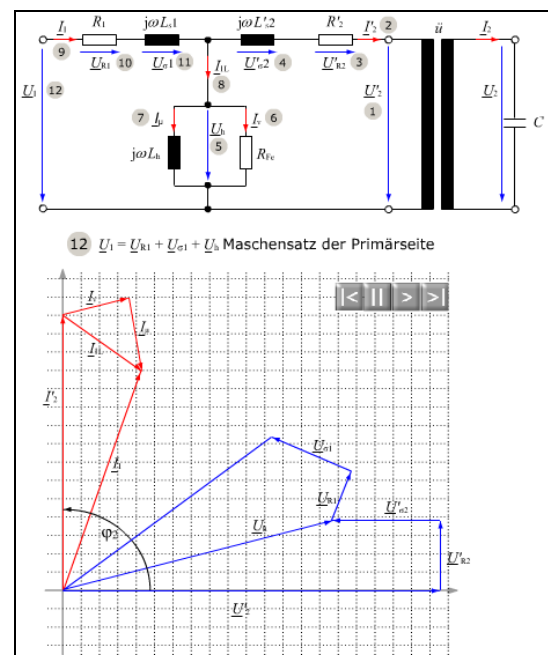
Слика 9.4: Аплет -fazorski dijagram praznog hoda.dcr



Слика 9.5: Аплет -fazorski dijagram opterećenog transformatora.dcr



Слика 9.6: Аплет - uprosjeni fazorski dijagram transformatora.swf



Слика 9.7: Аплет - fazorski dijagram transformatora.swf

9.3 ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

Задатак вежбе:

На основу изведеног огледа празног хода и кратког споја израчунати:

1. Елементе еквивалентне „Г“ шеме у релативним јединицама и кориговати их за температуру $\theta = +75^\circ\text{C}$.
2. На основу „Г“ шеме нацртати графике:

$$\text{а) } \left(\frac{U_2}{U_{2n}} \right)_{U_1=U_{1n}} = f \left(\frac{S}{S_n} \right)_{\cos\varphi=\text{const.}} \Rightarrow U_{2r} = f(S_r) \quad \text{и то за } \cos\varphi = 0.8 \text{ ind, } 1.0 \text{ и } 0,8 \text{ сар;}$$
$$\text{б) } \eta = f(S_r) \quad \text{за } U_1 = \text{const.} \quad \text{и } \cos\varphi = 0.8 \text{ ind, } 1.0 \text{ и } 0,8 \text{ сар;}$$

Примењена метода и опис вежбе:

Огледом празног хода се одређују струја празног хода и губици гвожђу трансформатора. Услов извођења огледа је да је прикључни напон једнак номиналном. Из тог разлога се мерење обавља са стране нижег напона јер се тако лакше избегавају велики напони и употреба напонских трансформатора. Подешавање напона се врши употребом трофазног аутотрансформатора. Снага се мери са два ватметра у Ароновој спреси. Мере се напони и струје у свим фазама, а при прорачуну елемената еквивалентне „Г“ шеме користе се аритметичке средине измерених величина.

Огледом кратког споја, при чему је секундар кратко спојен, одређује се напон кратког споја и губици у баку трансформатора. Услов извођења огледа је да је струја кратког споја једнака номиналној струји. У овом случају напајање и мерење трансформатора се обично обавља са стране вишег напона јер су ту мање струје. Снага се мери са два ватметра у Ароновој спреси. Мере се струје и напони све три фазе. При прорачуну елемената „Г“ шеме узимају се аритметичке средине измерених величина.

Пре почетка мерења треба проучити таблицу трансформатора и извршити подешавање опсега свих мерних инструмената који ће се користити.

Спецификација опреме и



Трансформатор:
снага
 U_{1n}/U_{2n}
 I_{1n}/I_{2n}
спрега



прибора за вежбу:

Амперметар:
произвођач
врста
класа тачности
мерни опсег
унутрашња отпорност



Ватметар:
произвођач
врста
класа тачности
мерни опсег
унутрашња отпорност

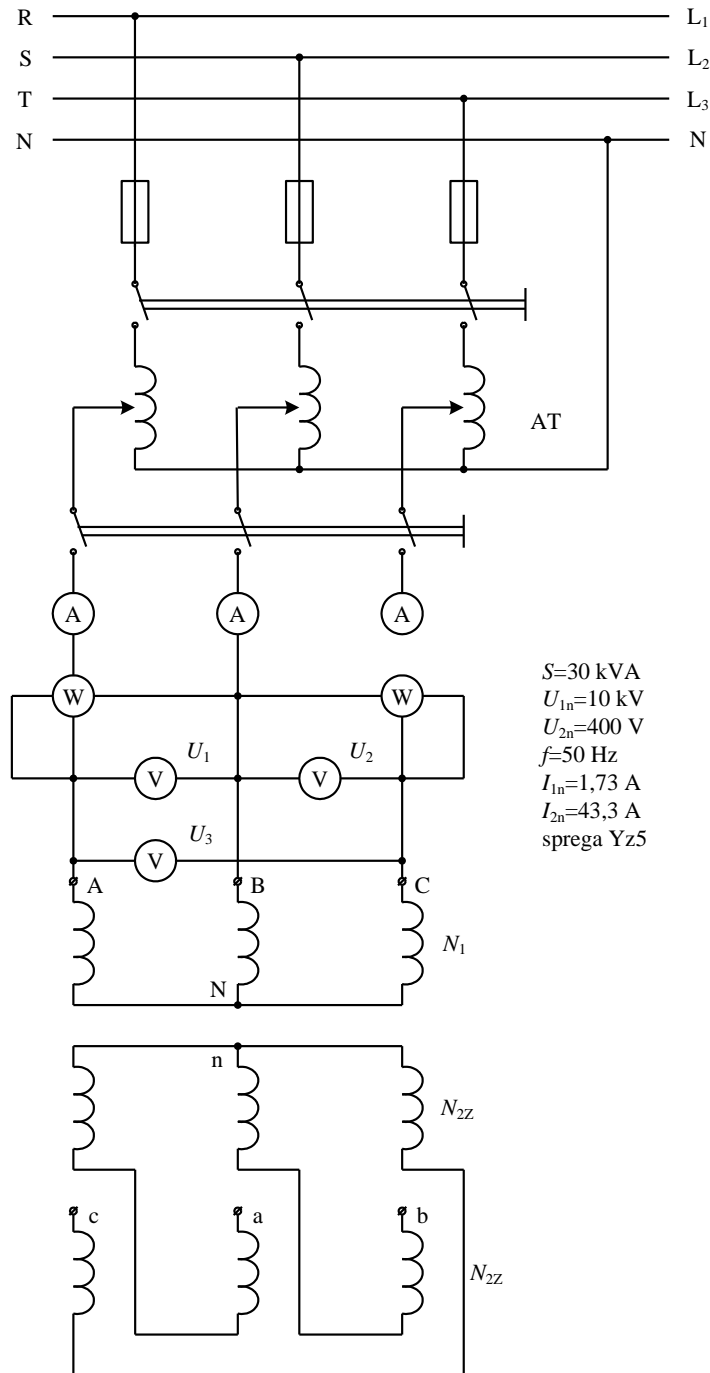


Волтметар:
произвођач
врста
класа тачности
мерни опсег
унутрашња отпорност



Аутотрансформатор:
 произвођач
 врста
 напонски опсег
 максимална струја

Електрична шема:



Слика 9.8: Електрична шема

Поступак извођења вежбе:

1. повезати коло према шеми за празан ход,
2. преконтролисати везе и позвати асистента ради контроле,
3. аутотрансформатор поставити у почетни положај ($U_1 = 0\text{ V}$),
4. ставити елементе кола под напон,
5. мерити струје и напоне за неколико нивоа у околини номиналних вредности напона; резултате забележити у табlici,
6. аутотрансформатор вратити у почетни положај,
7. искључити напон,
8. раздвојити трансформатор од мерне апаратуре и кратко спојити секундар,
9. повезати коло према шеми кратког споја,
10. преконтролисати везе и позвати асистента ради контроле,
11. ставити елементе кола под напон,
12. мерити струје и напоне за неколико нивоа струја у околини номиналне струје примара и забележити резултате,
13. вратити аутотрансформатор у почетни положај,
14. искључити електрично коло са мреже.
15. резултате мерења унети у програм *п.х.ик.с. трофазног трансформатора.xls* који ће их аутоматски обрадити.

Резултати мерења:

1.

Празан ход:

U_{ab} [V]	U_{bc} [V]	U_{ca} [V]	I_a [A]	I_b [A]	I_c [A]	U_2 [V]	I_2 [A]	α_1 [pod]	C_1 [$\frac{W}{pod}$]	α_2 [pod]	C_2 [$\frac{W}{pod}$]	P [W]
400	400	400	2,25	2,45	3,25	400	2,65	67	10	-46	10	210

Кратак спој:

U_{AB} [V]	U_{BC} [V]	U_{CA} [V]	I_A [A]	I_B [A]	I_C [A]	U_1 [V]	I_1 [A]	α_1 [pod]	C_1 [$\frac{W}{pod}$]	α_2 [pod]	C_2 [$\frac{W}{pod}$]	P [W]
351	352	353	1,73	1,73	1,73	352	1,73	57	10	11	10	680

ПРАЗАН ХОД (подаци добијени мерењем)

U_{ab} [V]	U_{bc} [V]	U_{ca} [V]	I_a [A]	I_b [A]	I_c [A]	U_2 [V]	I_2 [A]	α_1 [pod]	C_1 [W/pod]	α_2 [pod]	C_2 [W/pod]	P_o [W]
400	400	400	2,25	2,45	3,25	400	2,65	67	10	-46	10	210

КРАТАК СПОЈ (подаци добијени мерењем)

U_{AB} [V]	U_{BC} [V]	U_{CA} [V]	I_A [A]	I_B [A]	I_C [A]	U_1 [V]	I_1 [A]	α_1 [pod]	C_1 [W/pod]	α_2 [pod]	C_2 [W/pod]	P_k [W]
351	352	353	1,73	1,73	1,73	352	1,73	57	10	11	10	680

Подаци са плочице трансформато ра	
S [AV]	30000
U _{1n} [V]	10000
U _{2n} [V]	400
I _{1n} [A]	1,73
I _{2n} [A]	43,3
f [Hz]	50
θ ₁ [°C]	20
θ ₂ [°C]	20

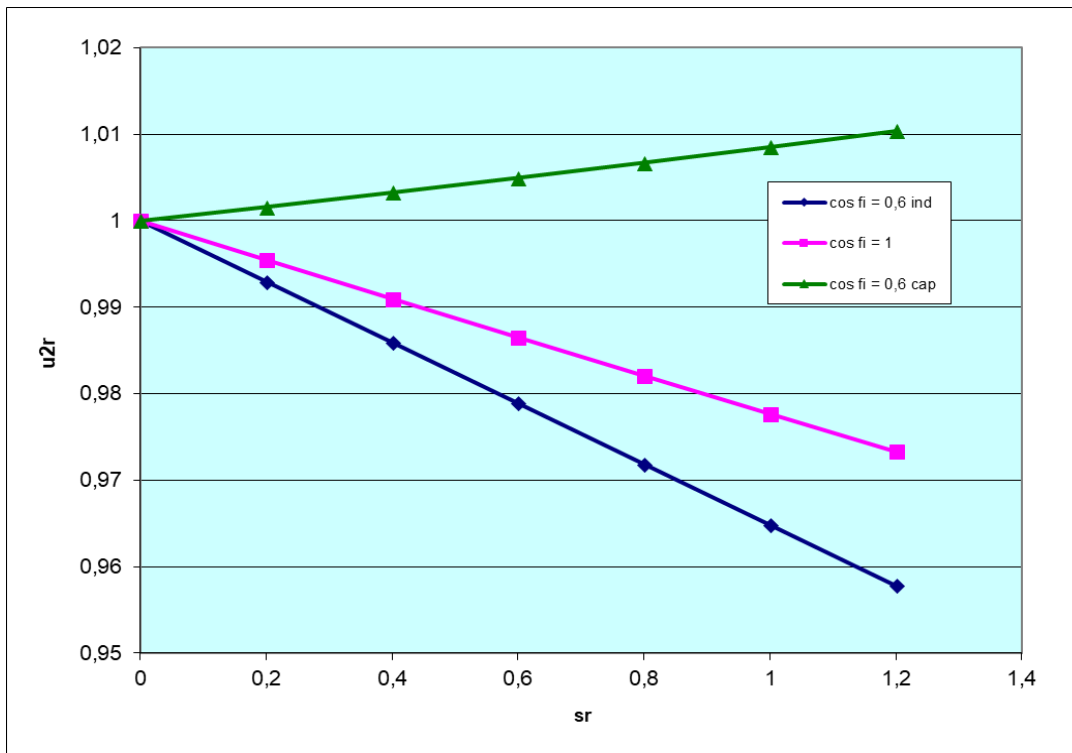
ЕЛЕМЕНТИ "Г" ШЕМЕ									
Празан ход			Кратак спој			Кратак спој (nova temperatura)			
Y _{or} [r.j.]	G _{or} [r.j.]	B _{or} [r.j.]	Z _{kr} [r.j.]	R _{kr} [r.j.]	X _{kr} [r.j.]	R _{kr} [*] [r.j.]	X _{kr} [*] [r.j.]	Z _{kr} [*] [r.j.]	
0,061201	0,007000	0,0608	0,0352	0,0227	0,0269	0,0227	0,0269	0,0352	
3333,3333									
Z _b =	3								
	G _o	B _o							
	2,1000E-06	1,8240E-05							
	R ₀	X ₀							
	476190,48	54825,21							
						R _k	X _k		
						75,5556	89,7690		

2 а) Одређивање пада напона на секундару трансформатора при различитим оптерећењима и фактору снаге

s	u1	cos fi	u2
0	1	0,6	1
0,2	1	0,6	0,992971
0,4	1	0,6	0,985942
0,6	1	0,6	0,978914
0,8	1	0,6	0,971886
1	1	0,6	0,964857
1,2	1	0,6	0,957829

s	u1	cos fi	u2
0	1	1	1
0,2	1	1	0,995481
0,4	1	1	0,990992
0,6	1	1	0,986532
0,8	1	1	0,982103
1	1	1	0,977704
1,2	1	1	0,973337

s	u1	cos fi	u2
0	1	0,6	1
0,2	1	0,6	1,001612
0,4	1	0,6	1,003272
0,6	1	0,6	1,004977
0,8	1	0,6	1,006729
1	1	0,6	1,008528
1,2	1	0,6	1,010372

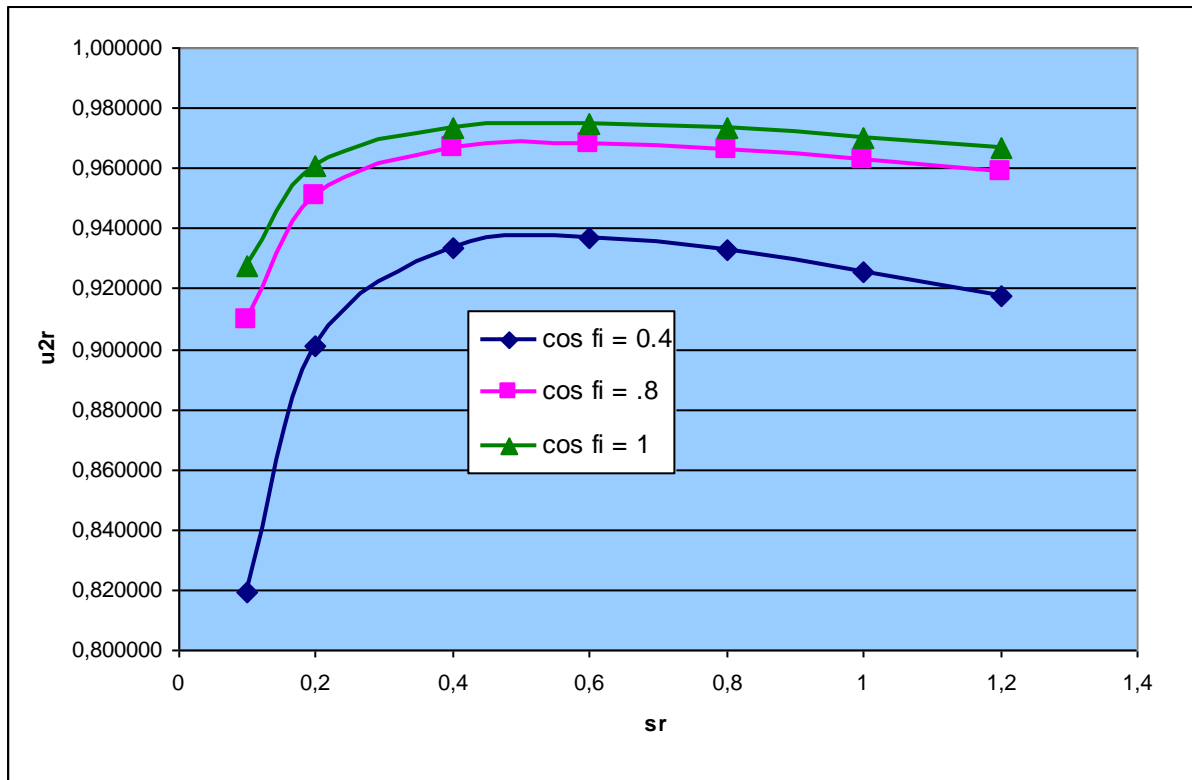


2. б) Одређивање степена искоришћења при различитим оптерећењима и фактору снаге

s	u1	cos fi	i	η
0,1	1	0,4	0,1	0,819333
0,2	1	0,4	0,2	0,901167
0,4	1	0,4	0,4	0,933583
0,6	1	0,4	0,6	0,936833
0,8	1	0,4	0,8	0,932792
1	1	0,4	1	0,925833
1,2	1	0,4	1,2	0,917417

s	u1	cos fi	i	η
0,1	1	0,8	0,1	0,909667
0,2	1	0,8	0,2	0,950583
0,4	1	0,8	0,4	0,966792
0,6	1	0,8	0,6	0,968417
0,8	1	0,8	0,8	0,966396
1	1	0,8	1	0,962917
1,2	1	0,8	1,2	0,958708

s	u1	cos fi	i	η
0,1	1	1	0,1	0,927733
0,2	1	1	0,2	0,960467
0,4	1	1	0,4	0,973433
0,6	1	1	0,6	0,974733
0,8	1	1	0,8	0,973117
1	1	1	1	0,970333
1,2	1	1	1,2	0,966967



Користећи програм **transformertests.fig** могу се проверити резултати мерења.

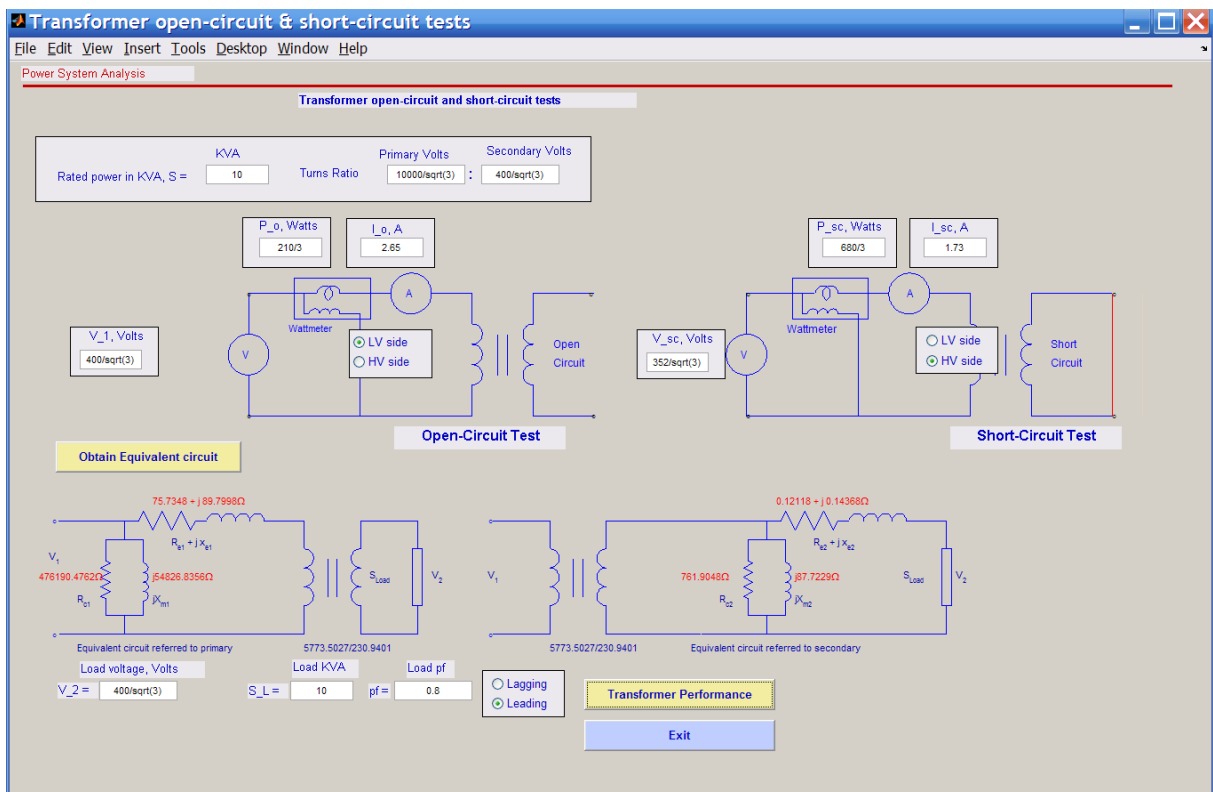


Figure 7

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help



$S_L = 10 \text{ KVA}$, 0.8 leading power factor

$V_2 = 230.9401 \angle 0 \text{ V}$

$I_2 = 43.3013 \angle 36.8699 \text{ A}$

$I_2' = 1.7321 \angle 36.8699 \text{ A}$

$I_{01} = 0.10628 \angle -83.4321 \text{ A}$

$I_1 = 1.6809 \angle 33.7407 \text{ A}$

$V_1 = 5788.6865 \angle 2.011 \text{ V}$

Reg = 0.26299 %

$\eta = 96.418 \%$

$\eta_{\max} = 96.9436 \%$ Occurs at

$S_{\max} = 5.5506 \text{ KVA}$ & Pf = 0.8

