

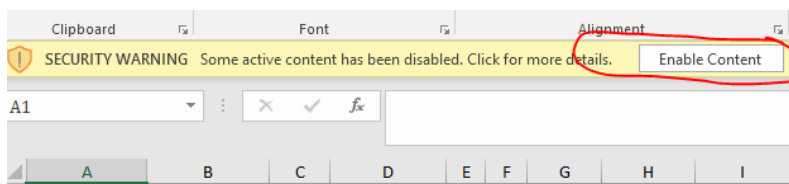
Програм за пресметка на напони во радијални мрежи со сумирање на струи `naponi_cs_rdm`

1. Општи информации

Програмот **naponi_cs_rdm** е наменет за пресметка на напоните и тековите на моќности во радијални (дистрибутивни) НН, СН и ВН мрежи. Програмот е предвиден да работи под оперативен систем Windows 7 (или понов) и за него е потребно да имате инсталирано Microsoft Excel 2007 (или понова верзија).

При првото вчитување на датотеката **naponi_cs_rdm.xlsx**¹ може да се јави информација дека извршувањето на програмите (active content) е исклучено, како што е прикажана на сликата 1. За да продолжите со работа е потребно да овозможите извршување на програмите преку копчето Enable Content.

Во програмската датотека постојат три работни листа (Sheets) именувани: **vlezniPodatoci**, **Rezultati** и **Iteracii** (слика 2). Во листовите **Rezultati** и **Iteracii** се прикажуваат резултатите од пресметките на напоните, додека во листот **vlezniPodatoci** се задаваат податоците за мрежата и се активираат функциите на програмот.²



Слика 1



Слика 2

За да се избегнат проблеми при функционирањето на програмот, ќелиите во кои не е предвидено да се внесуваат или менуваат податоците се заштитени.

Програмот има три основни функции (Пресметка на напони, Вчитување на влезни податоци и Запишување на податоци) кои се активираат преку соодветните копчиња (слика 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1				Гранки	Поч. јазол	Краен јазол	L (km)	r (Ω/km)	x (Ω/km)	g (μS/km)	b (μS/km)		Јазли	Pload (kW)	Qload (kvar)	Pgen (kW)	Qgen (kvar)
2	Датотека	dm-02			TS	A1	5.000	0.49300	0.25110				B1	190.00	100.00		
3	Напоен јазол	TS			TS	A7	3.000	2.07770	1.99030				A1	300.00	170.00		
4	U _b (kV)	12.66			TS	B1	2.000	0.09220	0.04700				A2	310.00	135.00		
5	S _b (kVA)	1000			TS	B4	1.000	2.24520	1.71850				A3	300.00	150.00		
6	U ₀ (p.u.)	1			B5	B6	1.500	2.13340	2.11360				A4	120.00	40.00		
7	eps (kVA)	0.001			A1	A2	1.500	1.56610	1.08750				A5	165.00	100.00		
8					A2	A3	5.000	0.89860	0.85390				B2	240.00	110.00		
9					A3	A4	1.000	1.03000	0.74000				B3	150.00	60.00		
10					A4	A5	1.000	1.61500	0.92880				A7	180.00	80.00		
11	Пресметка				A6	A5	1.000	2.00000	2.00000				A6	90.00	40.00		
12					B1	B2	3.000	2.60060	2.39390				B4	840.00	400.00		
13					B2	B3	1.000	2.76730	2.84000				B5	490.00	490.00		
14	Избери мрежа				B6	B3	1.000	0.50000	0.50000				B6	340.00	425.00		
15				1	B4	B5	1.000	2.35040	1.88240								
16				исклучена	A7	A6	1.000	0.70890	0.93730				C	100.00	50.00		
17	Запиши ...																
18					C	D	1.000	0.70890	0.93730								

Слика 3

2. Влезни податоци

Влезните податоци се внесуваат во жолтите полиња од листот **vlezniPodatoci**, групирани во три групи: општи податоци, податоци за гранките и податоци за јазлите.³

- ¹ Во зависност од подесувањата на оперативниот систем, типот на датотеката (во овој случај .xlsx) не мора да биде прикажан во листата на датотеки.
- ² Имињата на листовите не смеат да се менуваат и не се препорачува додавање на дополнителни листови во датотеката **naponi_cs_rdm.xlsx**!
- ³ Во ќелиите во кои треба да се внесат нумерички податоци ќелијата може да биде празна и тоа значи дека вредноста е 0!

Во општите податоци спаѓаат:

- Напоен јазол – име на напојниот јазол,
- U_{nom} – номинален (базен) напон на мрежата,
- S_b – базна моќност,
- U_0 – напон на јазолот со познат напон (напоен јазол) и
- ϵ_{ps} – барана точност на пресметките.

Во втората група влезни податоци спаѓаат податоците придружени кон гранките и тие се внесуваат во листата од табелата со име **Гранки**. За крај на листата со гранки се смета редицата во која полињата за почетен или краен јазол се празни. Во примерот од сликата 3, гранката C–D нема да се земе предвид!

Исто така, ако ќелијата лево од колоната за почетен јазол (P_{oc}) содржи некој знак, т.е. не е празна, таа гранка ќе биде третирана како спојница (резервен вод) и нема да биде вклучена во пресметките. Во примерот од сликата 3 гранките B4–B5 и A7–A6 нема да се земат предвид.

Редоследот на внесување на гранките во листата е произволен, но доколку програмот детектира контура (гранка што е спојница, но не е соодветно означена) или островски дел од мрежата (гранки што немаат врска со напојниот јазол) ќе јави грешка.

Податоците придружени кон јазлите (оптоварувања на потрошувачите и моќности на генераторите) се внесуваат во табелата **Јазли**. Слично како и листата со гранки, за крај на листата со јазли се смета редицата во која за име на јазолот е внесено празно место – податоците за јазолот C од сликата 3 се игнорираат!

Во листата на јазли не е неопходно да се внесуваат податоци за јазлите за кои нумеричките податоци се еднакви на нула (оптоварувања и моќности на генераторите).

3. Пресметка на напоните

Со активирање на функцијата за пресметка, најнапред се вчитуваат податоците за мрежата од листот **vlezniPodatoci**, а потоа се пресметуваат напоните во јазлите со помош на методот за „сумирање на струи“.

Резултатите од пресметките се запишуваат во листовите **Rezultati** и **Iteracii**. Во листот **Rezultati** се прикажани општите податоци од пресметките (слика 4) и две табели со податоци придружени за јазлите и гранките (слики 5 и 6).

	A	B	C
1	Датотека: dm-02		
2	Итерации	11	
3	$P_{вкупно}$ (kW)	4.082.712	
4	ΔP (kW)	367.712	
5	$P_{опт.}$ (kW)	3.715.000	
6	$P_{ген.}$ (kW)	0.000	
7	ΔP	9.01%	
8	ΔU_{min}	-20.99%	
9	ΔU_{max}	0.00%	
10	I_{max} (A)	663.8	
11	$Q_{вкупно}$ (kvar)	2.622.033	
12	ΔQ (kvar)	322.033	
13	$Q_{опт.}$ (kvar)	2.300.000	
14	$Q_{ген.}$ (kvar)	0.000	

Слика 4 Општи резултати

D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Јазли	Име	Извод	P (kW)	Q (kW)	U_g (kV)	U_i (kV)	U (kv)	th (°)	$\Delta U\%$
0	TS		0.000	0.000	12.66000	0.00000	12.6600	0.000	0.00
1	A1	1	300.000	170.000	12.32668	-0.00138	12.3267	-0.006	-2.63
5	A2	1	310.000	135.000	12.06512	-0.04218	12.0652	-0.200	-4.70
6	A3	1	300.000	150.000	11.68178	-0.15707	11.6828	-0.770	-7.72
7	A4	1	120.000	40.000	11.63689	-0.16436	11.6380	-0.809	-8.07
8	A5	1	165.000	100.000	11.59010	-0.16461	11.5913	-0.814	-8.44
9	A6	1	90.000	40.000	11.56750	-0.17292	11.5688	-0.856	-8.62
2	A7	2	180.000	80.000	12.53219	-0.04551	12.5323	-0.208	-1.01
3	B1	3	190.000	100.000	12.62471	0.00851	12.6247	0.039	-0.28
10	B2	3	240.000	110.000	10.94036	-0.01175	10.9404	-0.062	-13.58
11	B3	3	150.000	60.000	10.40114	-0.01913	10.4012	-0.105	-17.84
12	B6	3	340.000	425.000	10.31508	-0.01490	10.3151	-0.083	-18.52
13	B5	3	490.000	490.000	10.00303	-0.01304	10.0030	-0.075	-20.99
4	B4	4	840.000	400.000	12.45321	-0.04309	12.4533	-0.198	-1.63

Слика 5 Резултати – големини придружени кон јазлите

Податоците за вкупното оптоварување ($P_{вкупно}$ и $Q_{вкупно}$) ги содржат и вкупните загуби во мрежата, т.е.

$$\underline{S}_{\text{вкупно}} = (P_{\text{вкупно}} + jQ_{\text{вкупно}}) = \sum (P_{\text{опт.}} + jQ_{\text{опт.}}) + \sum (\Delta P_{\text{гранки}} + j\Delta Q_{\text{гранки}}) - \sum (P_{\text{ген.}} + jQ_{\text{ген.}}).^4$$

Загубата на напон (изразена во %) е во однос на напонот на напојниот јазол, додека процентуалните загуби на моќност се пресметани во однос на вкупната (активна и реактивна) моќност што се инјектира во напојниот јазол.

Редните броеви на јазлите се определуваат автоматски и не зависат од редоследот на јазлите во листата на јазли од листот **vlezniPodatoci**. Во табелите за јазли и гранки, јазлите и гранките се подредени според припадноста на изводот, а не според редниот број на јазолот!

Во табелата за јазли (слика 5) P и Q означуваат инјектирана моќност во јазолот (нето оптоварување = потрошувачка – производство), додека податоците за пресметаните напони се прикажани во правоаголни ($\underline{U} = U_r + jU_i$) и поларни координати ($\underline{U} = U \cdot e^{j\theta}$).

Во табелата за гранки (слика 6) се прикажани пресметаните големини придружени кон гранките од мрежата: моќност на крајот од гранката $\underline{S}_{\text{крај}} = P_{\text{крај}} + jQ_{\text{крај}}$, загуби на моќност во гранката $\Delta \underline{S} = \Delta P + j\Delta Q$ и ефективната вредност на струјата во гранката. Во првата редица од оваа табела овие податоци се однесуваат на вкупната инјектирана моќност во напојниот јазол⁵, вкупните загуби на моќност во мрежата и вкупната ефективна вредност на струјата инјектирана во напојниот јазол.

Во последните четири колони од оваа табела се прикажани податоците од п-еквивалентната шема (R, X, G' и B') за секоја гранка.

Гранки	Извод	Ркрај (kW)	Qкрај (kvar)	ΔP (kW)	ΔQ (kvar)	I (A)	R (p.u.)	X (p.u.)	G' (p.u.)	B' (p.u.)
---> TS		4,150.033	2,682.240	435.033	382.240	237.7				
TS-A1	1	1,331.974	673.019	40.480	20.618	74.0	0.017118	0.008719	0.000000	0.000000
A1-A2	1	1,009.144	487.166	22.830	15.853	56.9	0.016314	0.011328	0.000000	0.000000
A2-A3	1	677.834	331.916	21.310	20.250	39.8	0.031201	0.029649	0.000000	0.000000
A3-A4	1	376.326	180.832	1.508	1.084	22.1	0.007153	0.005139	0.000000	0.000000
A4-A5	1	255.165	140.165	1.160	0.667	15.5	0.011215	0.006450	0.000000	0.000000
A5-A6	1	90.000	40.000	0.165	0.165	5.2	0.013889	0.013889	0.000000	0.000000
TS-A7	2	180.000	80.000	1.718	1.646	9.6	0.043285	0.041465	0.000000	0.000000
TS-B1	3	1,735.107	1,492.799	6.752	3.442	110.5	0.001281	0.000653	0.000000	0.000000
B1-B2	3	1,309.150	1,175.595	235.957	217.203	100.4	0.054179	0.049873	0.000000	0.000000
B2-B3	3	1,007.551	1,002.378	61.599	63.217	86.1	0.019217	0.019722	0.000000	0.000000
B3-B6	3	848.606	933.433	8.945	8.945	77.2	0.003472	0.003472	0.000000	0.000000
B6-B5	3	490.000	490.000	18.606	18.433	44.0	0.022223	0.022017	0.000000	0.000000
TS-B4	4	840.000	400.000	14.001	10.717	45.6	0.015592	0.011934	0.000000	0.000000
Спојници (резервни гранки)										
B4-B5							0.003472	0.003472	0.000000	0.000000
A7-A6							0.003472	0.003472	0.000000	0.000000

Слика 6 Резултати – големини придружени кон гранките

Резултатите од пресметките во секоја итерација се прикажани во листот **Iteracii**. За секоја итерација податоците се прикажани во три групи: општи податоци, податоци од постапката „пресметка наназад“ (Backward sweep) и податоци од постапката „пресметка нанапред“ (Forward sweep).

Итеративниот процес завршува ако сумата на апсолутната промена на активната и реактивната моќност во напојниот јазол во две последователни итерации е помала од бараната точност ε:

⁴ Вообичаено, кај дистрибутивните мрежи за позитивна се смета насоката на моќноста на потрошувачите, додека моќноста на генераторите се смета за негативна.

⁵ Во мрежите каде што вкупната моќност на генераторите е поголема од вкупната моќност на потрошувачите, зголемена за вкупните загуби на моќност, инјектираната активна моќност во напојниот јазол може да биде негативна.

$$|dP_0| + |dQ_0| = |P_0^{(k)} - P_0^{(k+1)}| + |Q_0^{(k)} - Q_0^{(k+1)}| < \varepsilon.$$

Комплексните големини се претставени во правоаголни координати, а кратенките го имаат следното значење:

- U е напон во јазолот на почетокот на итерацијата,
- J е струја на идеалниот струен генератор што одговара на инјектираната моќност во јазолот и инјектираните моќности од напречните гранки од π -еквивалентните шеми од сите гранки инцидентни на јазолот,
- I е струја во гранката,
- $P_{\text{крај}}$ и $Q_{\text{крај}}$ се активна и реактивна моќност на крајот од гранката и
- ΔP и ΔQ се загуби во гранката.

Вредностите на напоните во јазлите во делот „Backward sweep“ се на почетокот на итерацијата, додека вредностите во делот „Forward sweep“ се пресметаните на крајот од итерацијата.

Во првата редица од листата на гранки се прикажани податоците за вкупната ефективна вредност на струјата и вкупната инјектирана моќност инјектирани во напојниот јазол и вкупните загуби на моќност во мрежата.

4. Вчитување на податоци за мрежа

Со активирање на функцијата за вчитување на влезни податоци преку соодветен дијалог прозорец избирате датотека (од типот .xlsx) од која програмот ги чита податоците за мрежата и го пополнува листот **vlezniPodatoci** со вчитаните податоци и ги брише сите податоци во листовите во кои се запишани резултатите од претходните пресметки. Преку копчето Cancel од дијалог прозорецот можете да ја откажете операцијата на вчитување на податоците.

Листот **vlezniPodatoci** од датотеката од која се читаат податоците мора да има иста структура како што е објаснето во овој документ и при вчитувањето не се врши контрола за конзистентност на вчитаните податоци. Проверката се прави при активирање на функцијата **Пресметка**.

5. Запишување на податоци за мрежата

Со функцијата Запишување на податоци е овозможено да се запишат влезните податоци за мрежата (внесени во листот **vlezniPodatoci**) и резултатите од пресметките (доколку се направени) во датотека од типот .xlsx. Преку соодветен дијалог прозорец се внесува името на датотеката во која сакате да ги запишете податоците. Преку копчето Cancel можете да ја откажете операцијата за запишување на податоците.

Запишување на податоците не е можно да се направи во датотеки што се веќе отворени, а ако датотеката постои и не е отворена, програмот прашува дали сакате да ги смените податоците во постојната датотека со новите податоци.

Функцијата за запишување на податоците е погодна кога сакате да имате повеќе варијанти од една мрежа (разни конфигурации, оптоварувања и сл.) во повеќе датотеки.

По успешно завршување на постапката за запишување на податоците, програмот автоматски се затвора.

За да продолжите да го користите програмот потребно е истиот повторно да го активирате.

6. Крај на работа

За да завршите со работа е потребно да го затворите прозорецот со програмот **naponi_cs_rdm** преку стандардните начини за затворање на Excel датотеки. Доколку после вчитување на програмот сте направиле било каква промена (пресметка, промена на влезните

податоци и сл.) при затворање на датотеката ќе треба да одлучите дали последните промени сакате да бидат запишани на диск.