УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА POWERWORLD SIMULATOR ДЛЯ РАСЧЁТА УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Голуб Я.В., Чумаченко М.А.

Научный руководитель – м.т.н., старший преподаватель Волков А.А.

PowerWorld Simulator-это интерактивный пакет моделирования энергосистемы, предназначенный для моделирования работы высоковольтной энергосистемы на временных интервалах от нескольких минут до нескольких дней. Данный учебный комплекс широко применяется за рубежом, в первую очередь для обучения. Но на русском языке публикаций и инструкций для работы с этим комплексом нет.

Цель работы – выполнение расчета установившегося режима простейшей электрической сети переменного тока и составление инструкции для работы с данной программой.

Запуск PowerWorld Simulator осуществляется с помощью файла pwrworld.exe.

Для работы в программе необходимо создать новый файл: File и New Case (или комбинация клавиш Ctrl+N).



Рисунок 1

В разделе Case Information в режиме Edit Mode выбираем Model Explorer (открывается окно Model explorer: Buses).

0	19 B = E	1 H 🗐 😣	¥ * *			Simulator 20 Evaluation								
File	Case Informat	tion Dra	w Onelines	Tools	Options	Add Ons	Window							
Edit Mode Run Mode	Model Explorer	Area/Zone Filters	85% 110% Limit Monitoring	Network Aggregatio Solution D	n + etails +	∐ Difference Case *	Simulator Options	Case Description Case Summary Custom Case Info	Power Flow List Quick Power Flow List AUX Export Format Desc	®↑‡ ⊥ Bus View	Substation View	Oneline Viewer	Data View	Open Windows *
Mode		Ca	se Information					Case Data				Views		

Рисунок 2

Для добавления узла в свободной области нажимаем правую кнопку мыши (ПКМ) и выбираем пункт Insert.

noder exploren bus													
lore	4 BU	ses									_		
cplore Fields	E		1 세는 2	8 - 33 494 %	8 H Reco	rds * Geo *	Set • Column	s = 🔤 = 📲	8• 💯 • 👎 B	田• 詔 f(x)•	• III Option	ns *	
Recent	^ F	ilter Advi	anced ~	Bus		~		~	Find Remove	Quick Filter *			
Branches By Type		Nu	mber	Name	Area Name	Nom kV	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load Mvar	Gen MW	
Branches Input			None	Defined									
Buses			10	Show Dialog									
DC Transmission Li				Show Data Vie	tw								
Impedance Correct			# 1	Display/Colun	nn Options								
E Line D-FACTS Devi	e		.0.0	End	Child								
Line Shunts Loads			3%	Search for Tev	¢								
# Mismatches			100	Insert									
Multi-Terminal DC Switched Shunts				Delete									
Three-Winding Tra				D									
Transformer Control				Geographic Dr	ata View								
VSC DC Transmissi				Set/Togale/Co	olumns								
Aggregations				Copy/Paste/Se	end								
Balancing Authorit			8178										
Bus Pairs			100	Save As									
Data Maintainers			<u>_</u>	Ouick Filter									
Interfaces			H	Advanced Filte	er								
Islands Multi-Section Line			112	Advanced Sort	t								
MW Transactions	v <		f(x)	Define Express	sion							>	
Open New Explorer		earch		Define String B	Expression		Search Now	Options -					
			m	Refresh Displa	iy								
				Help (F1)									
				Form Control			Manute		_		_	_	

Рисунок 3

Открывается окно Bus Options, в котором можем вводим имя узла, номинальное напряжение, если это базовый узел, то ставим галочку в поле System Slack Bus Ok.

Bus Number	· 📘	1													
Bus Name	1														
Nominal Vol	tage 22	20,00		ĸ٧]										
		N	umber	_	_	Name								_	
Area	Change	e		1	+	1									
Authority	Change	e		1	+	1									
Zone	Change	e		1	•	1									
Owner	Change	e		1	•										
Substation	Change	e													
Bus Informa	ation A	ttach	ned Dev	ices	s (Geograp	hy	Custo	m						
Bus Voltag	e			_											
Voltage (p.	.u.)	1,0	0			[Rue Ve	ltac	aulai	bor D	avice			
Angle (deg	rees)	0,0	0			l	_	DUS VI	Jilay	cyula			25		
Custom	clash D														
System	SIACK BU	JS													

Рисунок 4

Для того, чтобы добавить генерацию в левой области выбираем раздел Generators, в свободной области нажимаем ПКМ и выбираем пункт Insert. Открывается окно Generator Options.

moder cxpiorer. Gener	ato	X Constate											- 0	~
Explore 4	1	Generators	C BL	ises										
Explore Fields		📴 🔲 🏪 氷	.00	·:0 #4 #5	斑	Records •	Geo 🔹 Set 🔹 (Columns 🔻 📴	- 100 - 1	- Y	<u>m</u> • 1	ar f(x) ▼ ⊞	Options *	
Recent /	۱	Filter Advanced	~	Generator		~			 Find. 	Remo	ve Quic	k Filter 🔻		
Branches By Type		Number o	af	Name of Bus	ID	Status	Gen MW	Gen Mvar	Set Volt	AGC	AVR	Min MW	Max MW	Min N
Branches Input	Ŀ	Bus	-											
Branches State	Ľ		23	Show Dialog	J									
DC Transmission Lin			80	Show Data V	liew									
Generators			Ē	Display/Colu	umn Opt	ions								
Impedance Correctie			$d\bar{4}$	Find		Ctrl+F								
Line D-FACTS Device			14	Search for T	ext									
Loads			10.00	Insert										
Mismatches				Delete										
Multi-Terminal DC HT Cuitabard Churche														
Three-Winding Tran				Generator re	ecords	,								
Transformer Contro				Plot		,								
Voltage Control Grc				Geographic	Data Vie	w 🕨								
				Set/Toggle/	Column	5 •								
# Areas				Copy/Paste/	/Send	,								
Balancing Authoriti			部	Save As		•								
Data Maintainers			102	Load		•								
Injection Groups			-	Ouick Filter.										
Interfaces			m	Advanced Fi	ilter									
Islands Multi-Section Lines			SINT	Advanced St	ort									
MW Transactions		(HICD F(L)	Define Expre	writin		_							
Onen New Explorer	Ъ	Count	160	Define Shine	- Europe		Const	New Orles						-
open new explorer		Search		Define String	g Express	ion	Search	Now Option	15 +					
			ш	Kerresh Disp	biay									
				Help (F1)										
ode				Form Contro	ol	•		Viewing Prese	nt					



E

В поле Bus Number указываем номер узла, в котором будет генерация. Если это базовый узел в поле Power Control в пункте MW Setpoint задаем значение «0», в противном случае задаем генерацию, указанную в задании. Для задания напряжения в генерации в поле Voltage Control и Setpoint Voltage указываем отношение напряжения узла к напряжению базового узла (например, для того, чтобы задать напряжение 231 кВ нужно: 231/220 = 1,05 это число и указываем).

Find Fuel Type unit Type ault Parameters Owners, Are Output 0,000 Par Available for AGC Enforce MW Limits during auton Regulated Bu	e Unknown v e UN (Unknown) v ea, etc Custom rt. Factor 10,00 matic control
Fuel Type Unit Type ault Parameters Owners, Are Output 0,000 Par Available for AGC Enforce MW Limits during auton Regulated Bu	e Unknown v UN (Unknown) v ea, etc Custom rt. Factor 10,00 matic control
Unit Type ault Parameters Owners, Are Output 0,000 Par Available for AGC Enforce MW Limits during auton Regulated Bu	e UN (Unknown) v ea, etc Custom rt. Factor 10,00 matic control us Number 0
ault Parameters Owners, Are Output 0,000 Par Available for AGC Enforce MW Limits during auton Regulated Bu	ea, etc Custom rt. Factor 10,00 matic control
Output 0,000 Par Available for AGC Enforce MW Limits during auton Regulated Bu	rt. Factor 10,00 matic control
Available for AGC Enforce MW Limits during auton Regulated Bu:	matic control
Enforce MW Limits during auton Regulated Bu:	matic control
Regulated Bu:	us Number 0
Regulated Bu	us Number 0
Available for AVR SetPoin	nt Voltage 1,000000
Jse Capability Curve Remot	te Reg % 100,0
Power Eactor	

Рисунок 6

Для того, чтобы добавить нагрузку в узле в левой области выбираем paздел Loads, в свободной области нажимаем ПКМ и выбираем пункт Insert.

Открывается окно Load Options, в поле Bus Number указываем номер узла, в котором будет нагрузка. Во вкладке Load Information выбираем вид задания нагрузки (мощностях, токах, сопротивлениях), указываем значения активной составляющей (MW Value) и реактивной (Mvar Value) и Ok.

💭 Load Op	otions			- 🗆 X
Bus Number	1		Find By Numb	er Status
Bus Name			Find By Nam	e Olosed
ID	1		Find	Closed
Labels				
	Number	Name		
Area Char	nge			
Zone Char	nge			
Substation				
Owner Char	nge			
	✓ Same	Owner as Term	inal Bus	
Load Informat	ion OPF Load	Dispatch Cus	tom	
	Constant	Constant	Constant	Distributed Generation
	Power	Current	Impedance	Open Open
MW Value	0,000	0,000	0,000	MW 0,000
Mvar Value	0,000	0,000	0,000	Mvar 0,000
ОК	Save	Save to Aux	Delete	Cancel Help

Рисунок 7

Для того, чтобы добавить ветви в левой области выбираем раздел Branches Input, в свободной области нажимаем ПКМ и выбираем пункт Insert. Открывается окно Branch Options.

xplore a X I	Branches Input X Generators >	Loads X Buses					
Explore Fields	■ 簡 非 28 +3 44 熱	Hand Records * Geo * Set * Colum	ns * 📴 * 🔯 * 🔯 *	🌱 🏥 • 👬 f(x) •	Options *		
Recent Fil	lter Advanced 🗸 Branch	~	✓ Find R	emove Quick Filter *			
Branches By Type Branches Input	From Number From Name	To Number To Name Circuit	Status Branch Device Type	Xfrmr R	x	В	
Boarches State Buse Buse Boarches State Buse Cransmission Lin Generators Im impedance Correctio Fill Line S-ACST Device If Line S-ACST Device If Line S-ACST Device Buse Monatches Monatches Monatches Monatches Appregations Appregations Analogy Buse Pairs Data Mantanees Join Pairs Data Mantanees Join Pairs	<u>nun</u> gueineu	Show Dialog Show Datalog Show Data View Display/Column Options Insert Delete Branch records Geographic Data View Set/Toggle/Columns EX Cogy/Pater/Send Set Cogi/Pater/Send Cuick Filter Advanced Filter Advanced Filter					
Multi-Section Lines		Advanced Sort					
Open New Explorer	arch	Define String Expression Refresh Display Help (F1)	Options -				
•		Form Control	Durant				

В поле Number указываем от какого узла начинается ветвь (From Bus) к какомуузлу она подходит (To Bus). Далее нажимаем на Calculate Impedances и From Per Impedances. Затем в поле Length Units выбираем kilometers, подтверждаем выбор и в разделе Line Length указываем длину в километрах.

В разделе Actual Impedance and Current Limits задаем удельное активное и реактивное сопротивления в размерности Ом/км, а также реактивную проводимость в размерности

мкСм/км и подтверждаем окно «Ok». Затем подтверждаем ввод данных в окне Branch Options «Ok».

Actual Impedance	ce and Current	Limits	Line Length	Per Unit Impeda	nce and MVA I	imits	5
R (Ohms/km)	0,000000	•	16,093 🚔 km	R (pu)	0,000000	-	
X (Ohms/km)	3,007437	•	When changing convert:	X (pu)	0,100000	•	
B (Mhos/km)	0,000000	×10 ⁻⁶	PU/MVA> O < Electrical	B (pu)	0,000000	•	
G (Mhos/km)	0,000000	×10 ⁻⁶		G (pu)	0,000000	•	
Limit A (Amps)	0,000	^	Length Units	Limit A (MVA)	0,000		1
Limit B (Amps)	0,000) miles	Limit B (MVA)	0,000		
Limit C (Amps)	0,000		 kilometers 	Limit C (MVA)	0,000		
Limit D (Amps)	0,000		System Base Values	Limit D (MVA)	0,000		
Limit E (Amps)	0,000		Power base (MVA)	Limit E (MVA)	0,000		
Limit F (Amps)	0,000		Voltage Base (kV)	Limit F (MVA)	0,000		
Limit G (Amps)	0,000		220.000	Limit G (MVA)	0,000		
Limit H (Amps)	0,000	~	Impedance Base (Ohms)	Limit H (MVA)	0,000		
Conductor Type	•		484,000	Limit I (MVA)	0,000		
None Specified			Admittance Base (Mhos)	Limit J (MVA)	0,000		
Tower Configura	ation		0,00206612	Limit K (MVA)	0,000		
None Specified				Limit L (MVA)	0,000		
Calculate PL	J Impedances F	rom		Limit M (MVA)	0,000		
Conductor	Type and Tow	er		Limit N (MVA)	0,000		
0	inguration				0.000		1

Рисунок 9

После ввода данных по узлам и ветвям электрической сети выбираем режим Run Mode, переходим во вкладку Tools и нажимаем Play. Программа выполняет расчет режима. Вся вычисленная информация по узлам будет во вкладке Buses, а по ветвям во вкладке Branches State.

Case Information Draw Onelines Tools Options Add Ons Window	Ø
Acce & School & Schoo	^
Model Explorer: Buses	
Epilore a Bute	
Epilore Fields	
P Reserved. P Image: Name of the second	
III blands III Multi Section Lines III MUlti Transchient	
Open New Explorer Search New Options *	
de Solution Annuation Stopped AC Viewing Present	

Для наглядности результаты расчета можно вывести на схеме электрической сети.



Рисунок 11

Значения режимных параметров для контрольного примера, полученные в PowerWorld Simulator, совпали с результатами программы Rastr.