

表 E2 改进 3 机 9 节点火电机组参数**Tab.E2 Modified 3-machine 9-bus thermal unit parameters**

机组编号	节点编号	有功最大出力 /MW	有功最小出力 /MW	无功最大出力 /MVar	无功最小出力 /MVar	爬坡率 (MW/15min)	惯性时间常数/s
1	1	130	15	40	-50	30	7
2	2	125	10	40	-30	25	7

表 E3 改进 3 机 9 节点风电机组参数**Tab.E3 Modified 3-machine 9-bus wind turbine parameters**

机组编号	节点编号	有功最大出力 /MW	有功最小出力 /MW
1	3	120	0

表 E4 改进 3 机 9 节点线路参数**Tab.E4 Modified 3-machine 9-bus transmission line parameters**

线路编号	首端节点	末端节点	支路电阻/p.u.	支路电抗/p.u.	支路电纳/p.u.
1	1	4	0	0.0576	0
2	4	5	0.017	0.092	0.158
3	5	6	0.039	0.17	0.358
4	3	6	0	0.0586	0
5	6	7	0.0119	0.1008	0.209
6	7	8	0.0085	0.072	0.149
7	8	2	0	0.0625	0
8	8	9	0.032	0.161	0.306
9	9	4	0.01	0.085	0.176

表 E5 183 节点实际电网火电机组参数**Tab.E5 183-bus actual power grid thermal unit parameters**

机组编号	节点编号	有功最大出力 /MW	有功最小出力 /MW	无功最大出力 /MVar	无功最小出力 /MVar	爬坡率 (MW/15min)	惯性时间常数/s
1	1	250	0	999	-999	20	7
2	2	700	0	999	-999	25	7
3	60	350	0	100	-15	20	7
4	62	250	0	120	0	20	7
5	63	250	0	50	0	20	5
6	64	300	0	360	-60	27	6.5
7	65	350	0	300	-200	25	6.5
8	77	350	0	66.4	0	25	6
9	78	250	0	234	-110	25	7
10	80	700	0	234	-110	25	6.5
11	82	350	0	124	-55	20	6
12	83	450	0	34	-6	25	5.5
13	85	350	0	124	-55	25	6.5
14	95	350	0	100	0	25	6.5
15	96	450	0	100	0	20	6.5
16	97	250	0	92	0	20	6
17	130	450	0	210	-50	25	6.5
18	131	350	0	180	-50	25	5.5

19	136	470	0	300	-100	20	6.5
20	137	300	0	300	-100	20	7
21	154	280	0	186	-60	20	6
22	158	480	0	300	-100	30	7
23	161	250	0	300	-100	20	6.5
24	166	350	0	70	-35	25	6.5
25	167	350	0	70	-35	25	6
26	173	420	0	300	-100	35	6.5
27	174	350	0	300	-100	35	6.5
28	177	350	0	124	-30	15	6
29	179	491	0	112	-30	25	7
30	181	700	0	186	-50	25	7
31	182	350	0	186	-50	25	7
32	183	250	0	186	-50	15	6.5

表 E6 183 节点实际电网风电机组参数

Tab.E6 183-bus actual power grid wind turbine parameters

机组编号	节点编号	有功最大出力		有功最小出力	
		/MW	/MW	/MW	/MW
1	8	120	0		
2	15	120	0		
3	18	120	0		
4	22	120	0		
5	29	120	0		
6	35	120	0		
7	69	120	0		
8	71	120	0		
9	72	120	0		
10	73	120	0		
11	74	120	0		
12	79	120	0		
13	102	120	0		
14	133	120	0		
15	140	120	0		
16	144	120	0		
17	145	120	0		
18	147	120	0		
19	155	120	0		
20	176	120	0		

表 E7 183 节点实际电网线路参数

Tab.E7 183-bus actual power grid transmission line parameters

线路编号	首端节点	末端节点	支路电阻/p.u.	支路电抗/p.u.	支路电纳/p.u.
1	111	108	0.0019	0.0069	0.0175
2	110	169	0.00914	0.04431	0.14422
3	109	110	0.00159	0.00841	0.01604
4	111	107	0.00057	0.00268	0.00664
5	109	171	0.0082	0.0418	0.08038
6	147	101	0.00996	0.05248	0.09964

7	61	169	0.00296	0.01385	0.04376
8	57	175	0.01125	0.06144	0.11364
9	175	45	0.00375	0.02063	0.06674
10	175	51	0.0011	0.00726	0.0195
11	175	89	0.00906	0.04575	0.14936
12	175	46	0.00176	0.01202	0.03691
13	113	108	0.00208	0.01023	0.01856
14	113	108	0.00156	0.00788	0.02616
15	113	109	0.00161	0.00791	0.01434
16	113	109	0.00131	0.00657	0.02136
17	59	114	0.00099	0.01359	1.64196
18	59	114	0.00096	0.01363	1.64282
19	98	101	0.00181	0.00456	0.00916
20	29	27	0.00126	0.00232	0.00862
21	29	21	0.00129	0.00231	0.00874
22	23	27	0.00409	0.01212	0.02402
23	21	22	0.00207	0.01044	0.01852
24	132	133	0.00343	0.0164	0.0525
25	146	133	0.01296	0.06764	0.11894
26	152	118	0.01338	0.07636	0.14266
27	120	118	0.00752	0.04057	0.0762
28	30	86	0.00059	0.00542	0.65584
29	30	86	0.00041	0.0053	0.64476
30	86	35	0.00046	0.00508	0.62832
31	86	35	0.00031	0.00428	0.62348
32	164	156	0.00255	0.01214	0.03764
33	164	156	0.00262	0.01214	0.03867
34	159	164	0.00989	0.04582	0.14642
35	159	164	0.01008	0.04573	0.14609
36	124	119	0.00912	0.0493	0.16357
37	163	129	0.0011	0.01519	1.85982
38	31	15	0.00349	0.01492	0.05208
39	31	15	0.00357	0.01506	0.0519
40	59	163	0.00084	0.01026	1.2396
41	59	163	0.00076	0.01016	1.1801
42	148	133	0.01226	0.07072	0.15248
43	148	141	0.00503	0.02563	0.08388
44	148	142	0.00383	0.02183	0.07372
45	148	142	0.00287	0.01668	0.032
46	148	139	0.00168	0.01012	0.0352
47	148	139	0.00177	0.01031	0.0352
48	134	133	0.00319	0.01471	0.04592
49	133	141	0.0032	0.01517	0.04958
50	135	150	0.00074	0.00897	1.09992
51	135	150	0.00072	0.00892	1.10298
52	127	120	0.00509	0.02397	0.07977
53	120	116	0.00927	0.04991	0.09362
54	33	4	0.00136	0.00562	0.02546
55	33	4	0.00146	0.00557	0.02654
56	33	18	0.00277	0.01478	0.06256

57	120	121	0.00902	0.05067	0.09568
58	120	121	0.00987	0.05181	0.105
59	33	17	0.00141	0.00757	0.02834
60	33	17	0.00144	0.00757	0.02846
61	23	22	0.00072	0.00495	0.00897
62	35	38	0.00033	0.00305	0.37744
63	35	38	0.00035	0.00303	0.37734
64	172	38	0.00045	0.00569	0.66084
65	172	38	0.00045	0.00565	0.66082
66	102	100	0.00198	0.0101	0.03638
67	102	99	0.00541	0.02488	0.08916
68	31	24	0.00223	0.00603	0.0255
69	84	68	0.01017	0.0584	0.16976
70	31	16	0.00262	0.01431	0.0472
71	31	16	0.00263	0.01412	0.04792
72	31	49	0.00411	0.0224	0.07256
73	31	49	0.00573	0.0292	0.05344
74	20	18	0.0017	0.00769	0.0192
75	20	18	0.00207	0.00855	0.0205
76	106	102	0.00504	0.03141	0.107
77	26	20	0.0031	0.0157	0.0464
78	24	20	0.00452	0.01573	0.04512
79	134	3	0.01151	0.05438	0.17728
80	20	46	0.00825	0.04129	0.07624
81	20	46	0.00793	0.0412	0.07655
82	134	141	0.00552	0.04116	0.07011
83	132	134	0.0025	0.01094	0.02778
84	135	92	0.00067	0.00791	0.97916
85	159	125	0.01044	0.05981	0.10655
86	104	135	0.00049	0.0052	0.67532
87	104	135	0.00051	0.0052	0.67624
88	159	125	0.01082	0.05877	0.11034
89	125	117	0.00229	0.01235	0.02378
90	125	117	0.00228	0.0121	0.02296
91	125	116	0.00129	0.00648	0.01608
92	98	102	0.00193	0.00968	0.0183
93	98	102	0.0018	0.00855	0.01632
94	132	134	0.00247	0.01079	0.02748
95	84	24	0.01092	0.05122	0.16737
96	19	24	0.00385	0.01676	0.03204
97	19	26	0.00354	0.01747	0.03204
98	124	123	0.01013	0.05285	0.09952
99	122	124	0.00573	0.02668	0.09118
100	126	124	0.00556	0.0291	0.0994
101	126	124	0.00509	0.02438	0.08134
102	69	74	0.0017	0.0086	0.01678
103	18	14	0.00098	0.00569	0.0654
104	18	14	0.00103	0.00544	0.0636
105	71	72	0.004	0.01949	0.02949
106	76	72	0.00572	0.02641	0.04394

107	18	17	0.00207	0.00774	0.03642
108	18	17	0.00196	0.00774	0.036
109	69	75	0.00367	0.02049	0.04961
110	69	75	0.0047	0.02702	0.0521
111	127	116	0.00182	0.00962	0.03033
112	127	116	0.00187	0.00952	0.03033
113	47	156	0.01013	0.04003	0.13084
114	126	116	0.0019	0.00997	0.02568
115	126	116	0.00189	0.00739	0.02694
116	41	43	0.0036	0.01641	0.03086
117	44	47	0.00116	0.00559	0.02352
118	57	47	0.0057	0.02611	0.04554
119	66	47	0.00191	0.00886	0.0156
120	61	47	0.0074	0.0306	0.05672
121	12	13	0.00009	0.00087	0.02
122	12	13	0.00009	0.00087	0.02
123	126	122	0.00177	0.00945	0.02254
124	126	122	0.00283	0.0129	0.04268
125	117	122	0.00191	0.00818	0.02608
126	117	122	0.0022	0.0104	0.01978
127	54	50	0.00095	0.00506	0.02184
128	42	50	0.0041	0.02018	0.04009
129	171	168	0.00424	0.02808	0.08656
130	52	50	0.00352	0.0201	0.13297
131	57	52	0.00262	0.01091	0.04716
132	61	171	0.00397	0.0239	0.0456
133	42	171	0.0045	0.02442	0.04616
134	109	171	0.00791	0.04381	0.08156
135	117	123	0.01758	0.0924	0.1755
136	159	117	0.00858	0.0432	0.1503
137	76	69	0.0026	0.01238	0.02506
138	79	69	0.00153	0.01027	0.03183
139	84	19	0.00804	0.03898	0.13166
140	19	12	0.00095	0.00615	0.02562
141	19	12	0.00096	0.00615	0.02562
142	45	170	0.00618	0.0324	0.10126
143	45	170	0.00843	0.04276	0.0878
144	57	48	0.00083	0.00628	0.04302
145	57	48	0.00083	0.00628	0.04302
146	29	3	0.00649	0.02736	0.09668
147	29	25	0.01536	0.02761	0.09668
148	25	145	0.00482	0.02567	0.04778
149	152	155	0.00137	0.00697	0.02388
150	155	156	0.00232	0.01229	0.0441
151	4	90	0.00688	0.02813	0.13056
152	4	90	0.00679	0.0282	0.12104
153	141	142	0.00641	0.04895	0.083
154	91	87	0.00222	0.01435	0.0468
155	89	87	0.00421	0.02365	0.04426
156	35	104	0.00092	0.0115	1.45714

157	35	104	0.00085	0.01166	1.45944
158	89	46	0.0083	0.0432	0.08017
159	91	89	0.00279	0.01312	0.02944
160	29	73	0.0068	0.04491	0.13764
161	91	88	0.00578	0.03174	0.06138
162	91	88	0.00407	0.0266	0.0872
163	106	147	0.00653	0.03994	0.12357
164	106	143	0.00708	0.03503	0.08404
165	57	156	0.01228	0.05794	0.1904
166	106	146	0.00113	0.00511	0.01676
167	106	144	0.00319	0.01508	0.05107
168	106	144	0.00329	0.01517	0.05107
169	106	145	0.0088	0.04272	0.07956
170	106	5	0.00288	0.01416	0.04956
171	106	5	0.00314	0.01402	0.04778
172	106	146	0.00117	0.00723	0.01342
173	139	140	0.00587	0.02779	0.08832
174	152	156	0.0018	0.00975	0.03388
175	147	143	0.00329	0.01833	0.03438
176	138	135	0.00007	0.00078	0.10102
177	138	135	0.00008	0.00079	0.1008
178	152	157	0.00315	0.01624	0.0313
179	54	44	0.00145	0.00628	0.01108
180	79	73	0.00629	0.03922	0.1338
181	79	71	0.0007	0.00498	0.0171
182	76	73	0.0077	0.037	0.11867
183	142	140	0.00413	0.02123	0.06798
184	51	45	0.00395	0.02323	0.07147
185	45	49	0.0079	0.04137	0.0768
186	59	92	0.00107	0.01328	1.63884
187	30	59	0.00074	0.00987	1.40469
188	30	59	0.00066	0.00953	1.17808
189	33	18	0.00277	0.01455	0.06214
190	46	43	0.00878	0.04615	0.08451
191	146	102	0.00713	0.04052	0.0814
192	57	52	0.00262	0.01094	0.04662
193	52	50	0.00358	0.02043	0.13514
194	57	44	0.00237	0.01375	0.04832
195	57	44	0.00235	0.01393	0.04994
196	90	87	0.00301	0.01743	0.05332
197	21	11	0.0009	0.00446	0.0181
198	27	10	0.0006	0.00296	0.01204
199	84	73	0.00433	0.02016	0.06668
200	31	26	0.00224	0.00716	0.02456
201	2	86	0.00141	0.01986	0.29696
202	1	30	0.00136	0.01921	2.27875
203	41	43	0.00295	0.01483	0.0292
204	157	41	0.01333	0.06617	0.26865
205	28	9	0.00108	0.00736	0.02826
206	19	9	0.00085	0.00411	0.01363

207	19	9	0.00093	0.0045	0.01475
208	28	9	0.00101	0.00741	0.0282
209	29	9	0.00216	0.01053	0.03259
210	29	9	0.00216	0.01053	0.03272
211	29	8	0.00013	0.00101	0.02002
212	29	8	0.00013	0.00098	0.01984
213	110	107	0.0025	0.0119	0.02326
214	100	99	0.00465	0.0214	0.0771
215	47	41	0.0102	0.05396	0.10022
216	1	30	0.00141	0.01991	2.36618
217	20	6	0.00276	0.00763	0.01994
218	20	7	0.00228	0.00767	0.01888
219	79	70	0.00299	0.01796	0.06424
220	26	70	0.0109	0.0665	0.2184
221	76	70	0.0032	0.0163	0.05706
222	70	67	0.00665	0.03343	0.11398
223	2	1	0.00044	0.00584	0.64
224	160	163	0.00021	0.00277	0.35232
225	160	163	0.0002	0.00278	0.35168
226	73	67	0.0018	0.00881	0.02888
227	81	67	0.00257	0.01299	0.0419
228	81	67	0.00226	0.01138	0.03876
229	28	81	0.0009	0.01185	0.04358
230	81	19	0.00406	0.0207	0.06792
231	81	19	0.00504	0.02463	0.10402
232	43	40	0.00339	0.01548	0.04838
233	175	40	0.00299	0.0166	0.05072
234	133	87	0.0176	0.08934	0.33501
235	45	49	0.00306	0.02006	0.06237
236	108	107	0.00178	0.0114	0.03558
237	108	107	0.00018	0.0114	0.03558
238	120	115	0.00953	0.05265	0.17158
239	56	86	0.00013	0.00197	0.24606
240	50	168	0.00696	0.04612	0.14194
241	132	131	0.0005	0.04324	0
242	138	137	0.00025	0.01965	0
243	138	136	0.00025	0.01965	0
244	98	97	0.0001	0.08143	0
245	98	96	0.002	0.0859	0
246	98	94	0.0016	0.0904	0
247	95	94	0.001	0.0001	0
248	152	154	0.0005	0.037	0
249	172	174	0.00021	0.01805	0
250	172	173	0.00021	0.01805	0
251	111	53	0.00157	0.0917	0
252	60	53	0.00096	0.0001	0
253	159	166	0.0029	0.1139	0
254	79	80	0.0004	0.0326	0
255	79	78	0.0004	0.0326	0
256	84	83	0.0062	0.119	0

257	84	77	0.00164	0.09964	0
258	76	82	0.0011	0.0609	0
259	76	85	0.0011	0.05996	0
260	61	63	0.0057	0.09687	0
261	61	62	0.0057	0.05859	0
262	66	180	0.0007	0.0565	0
263	176	180	0.0006	0.0393	0
264	179	180	0.0005	0.0001	0
265	54	178	0.0007	0.0565	0
266	176	178	0.0005	0.0393	0
267	177	178	0.0005	0.0001	0
268	175	181	0.0005	0.042	0
269	175	183	0.0005	0.042	0
270	175	182	0.0005	0.042	0
271	127	130	0.0005	0.04333	0
272	28	64	0.00022	0.02105	0
273	56	65	0.01886	0.01886	0
274	160	161	0	0.01965	0
275	160	158	0	0.01965	0
276	92	93	0.00008	0.0176	0
277	91	93	0.00008	0.0001	0
278	30	36	0.0001	0.0176	0
279	31	36	0.00006	0.0001	0
280	35	32	0.00012	0.0192	0
281	29	32	0.00007	0.0001	0
282	35	37	0.00008	0.0195	0
283	29	37	0.00009	0.0001	0
284	150	151	0.00009	0.0178	0
285	148	151	0.00007	0.0001	0
286	150	149	0.00009	0.0179	0
287	148	149	0.00008	0.0001	0
288	38	39	0.0001	0.0178	0
289	33	39	0.00006	0.0001	0
290	38	34	0.00008	0.019	0
291	33	34	0.00009	0.0001	0
292	114	112	0.0001	0.0179	0
293	113	112	0.00006	0.0001	0
294	163	162	0.00008	0.019	0
295	164	162	0.00009	0.0001	0
296	59	55	0.00008	0.0184	0
297	57	55	0.00008	0.0001	0
298	59	58	0.00001	0.0179	0
299	57	58	0.00007	0.0001	0
300	129	128	0.00009	0.0178	0
301	126	128	0.00009	0.0001	0
302	104	103	0.00009	0.0193	0
303	106	103	0.00008	0.0001	0
304	104	105	0.00009	0.018	0
305	106	105	0.00009	0.0001	0
306	159	165	0.0004	0.0129	0

307	153	165	0.001	0.0384	0
308	153	167	0.0007	0.085	0