

附录 E CEPRI 36 节点系统参数

E.1 系统单线图

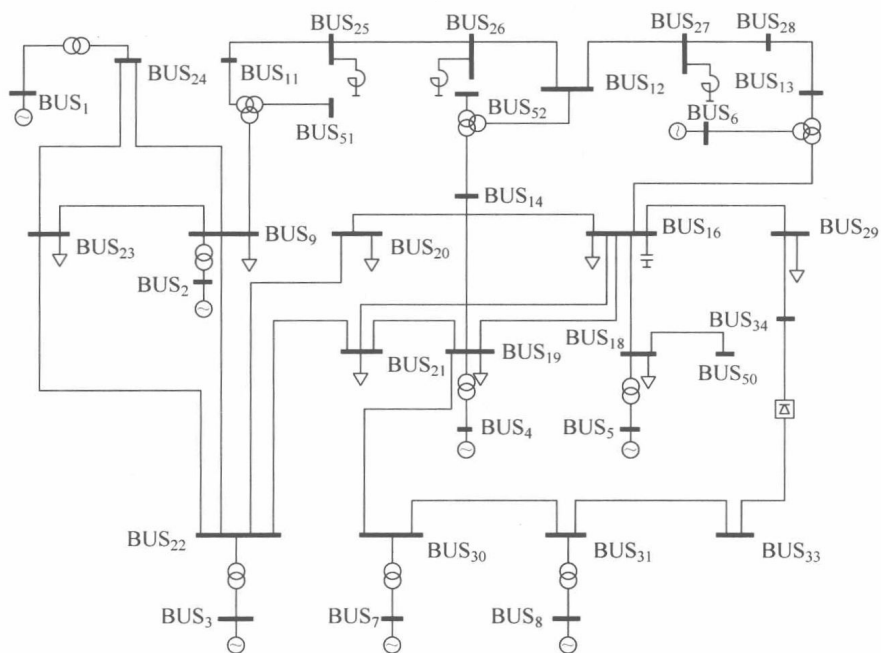


图 E-1 CEPRI 36 交直流混合系统单线图

E.2 系统参数

所有参数以标么值给出,系统基准容量为 $100\text{MV} \cdot \text{A}$ 。

1) 母线

母线名	基准电压/kV	母线名	基准电压/kV
BUS ₁	10.5	BUS ₁₉	220
BUS ₂	20	BUS ₂₀	220
BUS ₃	10.5	BUS ₂₁	220
BUS ₄	15.7	BUS ₂₂	220
BUS ₅	10.5	BUS ₂₃	220
BUS ₆	10.5	BUS ₂₄	220
BUS ₇	10.5	BUS ₂₅	500
BUS ₈	10.5	BUS ₂₆	500
BUS ₉	220	BUS ₂₇	500
BUS ₁₀	20	BUS ₂₈	500
BUS ₁₁	500	BUS ₂₉	220
BUS ₁₂	500	BUS ₃₀	220
BUS ₁₃	500	BUS ₃₁	220
BUS ₁₄	220	BUS ₃₃	220
BUS ₁₅	20	BUS ₃₄	220
BUS ₁₆	220	BUS ₅₀	220
BUS ₁₇	20	BUS ₅₁	220
BUS ₁₈	220	BUS ₅₂	220

2) 交流线

I 侧 母线	J 侧 母线	线路号	正序 电阻 R_1	正序 电抗 X_1	正序 电纳 $B_1/2$	零序 电阻 R_0	零序 电抗 X_0	零序 电纳 $B_0/2$
BUS ₉	BUS ₂₂	10	0.0559	0.218	0.1954	0.1764	0.6407	0.147
BUS ₉	BUS ₂₃	11	0.0034	0.0131	0	0.0116	0.0131	0
BUS ₉	BUS ₂₄	12	0.0147	0.104	0	0.0441	0.312	0
BUS ₁₁	BUS ₂₅	14	0	0.0001	0	0	0.0001	0
BUS ₁₂	BUS ₂₆	16	0	0.0001	0	0	0.0001	0
BUS ₁₂	BUS ₂₇	17	0	0.0001	0	0	0.0001	0
BUS ₁₃	BUS ₂₈	19	0	0.0001	0	0	0.0001	0
BUS ₁₄	BUS ₁₉	21	0.0034	0.02	0	0.0188	0.0743	0
BUS ₁₆	BUS ₁₈	23	0.0033	0.0333	0	0.01	0.0622	0
BUS ₁₆	BUS ₁₉	24	0.0578	0.218	0.1887	0.1742	0.6339	0.142
BUS ₁₆	BUS ₂₀	25	0.0165	0.0662	0.2353	0.05355	0.1849	0.177
BUS ₁₆	BUS ₂₁	26	0.0374	0.178	0.164	0.1381	0.5304	0.123
BUS ₁₆	BUS ₂₉	27	0	0.0001	0	0	0.0001	0
BUS ₁₉	BUS ₂₁	28	0.0114	0.037	0	0.0364	0.113	0

续表

I 侧 母线	J 侧 母线	线路号	正序 电阻 R_1	正序 电抗 X_1	正序 电纳 $B_1/2$	零序 电阻 R_0	零序 电抗 X_0	零序 电纳 $B_0/2$
BUS ₁₉	BUS ₃₀	29	0.0196	0.0854	0.081	0.0733	0.237	0.0538
BUS ₂₀	BUS ₂₂	30	0.0214	0.0859	0.3008	0.0569	0.2541	0.229
BUS ₂₁	BUS ₂₂	31	0.015	0.0607	0.2198	0.0492	0.1776	0.165
BUS ₂₂	BUS ₂₃	32	0.0537	0.19	0.1653	0.157	0.5658	0.126
BUS ₂₃	BUS ₂₄	33	0.0106	0.074	0	0.0318	0.222	0
BUS ₂₅	BUS ₂₆	34	0.0033	0.0343	1.8797	0.025	0.0796	1.319
BUS ₂₇	BUS ₂₈	35	0.00245	0.0255	1.395	0.0185	0.0591	0.978
BUS ₁₆	BUS ₁₆	36	0	-1	0	0	-2.65	0
BUS ₁₈	BUS ₅₀	37	0	0.001	0	0	0.0001	0
BUS ₂₅	BUS ₂₅	38	0	0.7318	0	0	1.3286	0
BUS ₂₆	BUS ₂₆	39	0	0.7318	0	0	1.3286	0
BUS ₂₇	BUS ₂₇	40	0	0.7318	0	0	1.8202	0
BUS ₃₀	BUS ₃₁	41	0	0.0001	0	0	0.0001	0
BUS ₂₉	BUS ₃₄	42	0	0.0001	0	0	0.0001	0
BUS ₃₁	BUS ₃₃	43	0	0.0001	0	0	0.0001	0

说明：
两侧母线名称相同项为并联电容器或并联电抗器。
3) 两绕组变压器

I 侧 母线	J 侧 母线	编号	连接 方式	变比 /R	正序 电阻 R_1	正序 电抗 X_1	零序 电阻 R_0	零序 电抗 X_0
BUS ₁	BUS ₂₄	1	YG/YG	1.075	0	0.015	99999	99999
BUS ₂	BUS ₉	2	D/YG	1.075	0	0.0217	0	0.0503
BUS ₃	BUS ₂₂	3	D/YG	1.075	0	0.0124	0	0.049
BUS ₄	BUS ₁₉	4	D/YG	1.025	0	0.064	0	0.134
BUS ₅	BUS ₁₈	5	D/YG	1.075	0	0.0375	0	0.0066
BUS ₇	BUS ₃₀	7	D/YG	1.025	0	0.0438	0	0.0438
BUS ₈	BUS ₃₁	8	D/YG	1.025	0	0.0328	0	0.0328

D: 三角型接法
YG: 星形接地

4) 三绕组变压器

1 侧 母线	2 侧 母线	3 侧 母线	连接 方式	变 比	绕组 1 正序 电阻	绕组 1 正序 电抗	绕组 1 零序 电阻	绕组 1 零序 电抗
BUS ₆	BUS ₁₃	BUS ₁₆	D/YG/YG	1/1.025/1.027	0	0.0337	0	0.0337
BUS ₉	BUS ₁₁	BUS ₅₁	YG/YG/D	1/1.025/1	0	-0.002	0	-0.002
BUS ₁₂	BUS ₁₄	BUS ₅₂	YG/YG/D	1.025/1/1	0	0.018	0	0.018
绕组 2 正序 电阻	绕组 2 正序 电抗	绕组 2 零序 电阻	绕组 2 零序 电抗	绕组 3 正序 电阻	绕组 3 正序 电抗	绕组 3 零序 电阻	绕组 3 零序 电抗	
0	0.01	0	0.01	0	0.001	0	0.001	
0	0.018	0	0.018	0	0.001	0	0.0553	
0	-0.002	0	-0.002	0	0.0001	0	0.0553	

5) 直流线

整流母线	逆变母线	编号	运行极数	I 侧接地引 线电阻/ Ω	I 侧接地引 线电感/mH	J 侧接地引 线电阻/ Ω	J 侧接地引 线电感/mH
BUS ₃₃	BUS ₃₄	200	2	0.71	30.4	0.6	25.6

直流线电阻/ Ω	直流线电 感/mH	大地等效 电阻/ Ω	大地等效 电感/mH	平波电抗器 电阻/ Ω	平波电抗器 电感/mH
13.2	341.6	0	0	0.106	300

给定电流/kA	最小触发角/($^{\circ}$)	最大触发角/($^{\circ}$)	额定电压/kV	最小关断角/($^{\circ}$)	最大关断角/($^{\circ}$)
0.6	5	20	250	5	15

	整流侧	逆变侧
每极桥数	2	2
变压器交流侧电压/kV	230	230
变压器直流侧电压/kV	105	96
补偿电容器单极容量/Mvar	50	50
换流变压器单极容量/MV·A	300	300
换流变压器铜损/ Ω	0	0
换流变压器漏抗/%	12	12
最高抽头线电压/kV	239.2	264.5
最低抽头线电压/kV	216.2	216.2
抽头级数	11	22

直流控制器参数:

整流侧采用定电流调节器,其框图见图 5.4 和图 5.5,其参数如下:

传递函数型(2 型 Prop. & Integ.), $K=0.00843$, $T_1=0.03(\text{s})$, $T_2=0.03(\text{s})$, $T_3=0.03(\text{s})$, $\alpha_{\max}=50^{\circ}$, $\alpha_{\min}=5^{\circ}$

逆变侧采用由电流调节器、电压调节器和熄弧角(关断角)调节器共同调节,其框图见图 5.4 和图 5.5,其参数如下:

$$I_m = 15\%, \quad \beta_{\max} = 60^\circ, \quad \beta_{\min} = 15^\circ$$

电流调节器:传递函数型(2 型 Prop. & Integ.), $K=0.01343$, $T_1=0.03s$, $T_2=0.03s$, $T_3=0.03s$;

电压调节器:传递函数型(2 型 Prop. & Integ.), $K=0.11233$, $T_1=0.02s$, $T_2=0.02s$, $T_3=0.02s$;

关断角调节器:传递函数型(2 型 Prop. & Integ.), $K=0.0005$, $T_1=0.02s$, $T_2=0.02s$, $T_3=0.02s$ 。

6) 发电机

同步机参数

	BUS ₁	BUS ₂	BUS ₃	BUS ₄	BUS ₅	BUS ₆	BUS ₇	BUS ₈
额定容量/(MV·A)	1880	706	882	235	637.5	100	286	388.4
节点类型	Vθ	PQ	PV	PV	PV	PV	PV	PV
同步机模型	3	3	3	3	3	3	3	3
调压器模型	0	1	1	1	1	1	2	2
调速器模型	0	1	1	1	1	0	1	1
PSS 模型	0	0	0	0	0	0	0	0
d 轴同步电抗	0.282	2.266	1.217	1.81	1.951	1.633	0.904	0.75
d 轴暂态电抗	0.282	0.27	0.349	0.284	0.306	0.197	0.358	0.306
d 轴次暂态电抗	0.282	0.168	0.25	0.183	0.198	0.148	0.252	0.196
q 轴同步电抗	0.282	2.266	0.6	1.81	1.951	1.633	0.64	0.611
q 轴暂态电抗	0.282	2.266	0.6	1.81	1.951	1.633	0.64	0.611
q 轴次暂态电抗	0.282	0.168	0.25	0.183	0.198	0.148	0.252	0.196
转子惯性时间常数/s	7049	4.249	9.014	6.672	6.149	2.62	7.692	8.393
T'_{d0}/s	10	8.375	7.24	6.2	6.2	6.92	5.53	5.95
T''_{d0}/s	0.1	0.224	0.1	0.192	0.1	0.1	0.05	0.05
T'_{q0}/s	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
T''_{q0}/s	0.2	1.66	0.2	1.89	0.5	0.2	0.05	0.05
饱和系数 a	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
饱和系数 b	0	0	0	0	0	0	0	0
饱和系数 c	9	9	9	9	9	9	9	9
阻尼系数	0	0	0	0	0	0	0	0
定子电阻	0	0	0	0	0	0	0	0
负序电抗	0.282	0.203	0.25	0.223	0.242	0.18	0.252	0.197

注 1: 表中同步机模型、调压器模型、调速器模型、PSS 模型对应的数字表示模型编号,0 表示没有使用对应模型。

同步机模型说明: 3 型为考虑 E'_q, E''_d, E'_q 电势变化的 5 阶模型。

调压器模型说明: 1 型为它励常规励磁系统或采用可控硅调节器的它励快速励磁系统,即通常具有励磁机的励磁调节系统;2 型为采用可控硅调节器的自并励和自复励快速励磁系统。该模型用串联校正环节替代并联反馈校正。

注 2: 发电机表中各阻抗参数以发电机额定容量 S_N 和对应机端基准电压 U_B 换算得到的阻抗值为基准。

1 型调压器参数(AVR1-1)

	BUS ₂	BUS ₃	BUS ₄	BUS ₅	BUS ₆
量测环节放大倍数 K_r	1	1	1	1	1
放大环节放大倍数 K_a	50	50	50	50	50
反馈环节放大倍数 K_f	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
量测环节时间常数 T_r/s	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
放大环节时间常数 T_a/s	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
反馈环节时间常数 T_f/s	0.715	0.715	0.715	0.715	0.715
励磁机时间常数 T_c/s	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
励磁电压上限 E_{fdmax}	5	5	5	5	5
励磁电压下限 E_{fdmin}	0	0	0	0	0

2 型调压器参数(AVR2-1)

	BUS ₇	BUS ₈
量测环节放大倍数 K_r	1	1
放大环节放大倍数 K_a	20	20
量测环节时间常数 T_r/s	0.03	0.03
放大环节时间常数 T_a/s	0.02	0.02
时间常数 T_1/s	2	2
时间常数 T_2/s	2	2
时间常数 T_3/s	2	2
时间常数 T_4/s	2	2
自励电压系数 K_{pt}	0	0
自励电流系数 K_{it}	1	1
换弧压降系数 K_e	0	0
励磁电压上限 E_{fdmax}	3.3	3.3
励磁电压下限 E_{fdmin}	-2.6	-2.6
强励电压达 E_{fdmax} 时的端电压 U_{ta}	0.917	0.917
强减电压达 E_{fdmin} 时的端电压 U_{tb}	1.0825	1.0825

调速器参数

	BUS ₂	BUS ₃	BUS ₄	BUS ₅	BUS ₇	BUS ₈
调差系数/%	5	4	5	5	4	4
伺服机构时间常数/s	0.5	5	0.5	0.5	5	5
死区	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
配压阀行程上限	1	1	1	1	1	1
配压阀行程下限	-1	-1	-1	-1	-1	-1
汽门/导水叶开度上限	1	1	1	1	1	1
汽门/导水叶开度下限	0	0	0	0	0	0
蒸汽容积时间常数 T_0 /s	0.2	/	0.2	0.2	/	/
汽轮机过热系数 a	1	/	1	1	/	/
汽轮机中间过热时间常数 T_{rh} /s	100000	/	100000	100000	/	/
量测环节放大倍数 K_a	/	20	/	/	20	20
软负反馈放大倍数 K_b	/	0.5	/	/	0.5	0.5
水轮机软反馈时间常数 T_i /s	/	5	/	/	5	5
水锤效应时间常数 T_w /s	/	1	/	/	1	1

7) 负荷

母线名称	节点类型	P	Q	模 型
BUS ₉	PQ	3.76	2.21	恒阻抗
BUS ₁₆	PQ	5	2.3	50%恒阻抗+50%感应电动机
BUS ₁₈	PQ	4.3	2.2	99%恒阻抗+1%感应电动机
BUS ₁₉	PQ	0.864	0.662	50%恒阻抗+50%感应电动机
BUS ₂₀	PQ	0.719	0.474	50%恒阻抗+50%感应电动机
BUS ₂₁	PQ	0.7	0.5	恒阻抗
BUS ₂₂	PQ	2.265	1.69	50%恒阻抗+50%感应电动机
BUS ₂₃	PQ	2.87	1.44	恒阻抗
BUS ₂₉	PQ	5.2	0.1	恒阻抗

感应电动机参数

转子电阻 R_2	转子电抗 X_r	定子开路转子回路时间常数 T'_{d01}	转子惯性时间常数 T_{JL}	与转速无关的阻力矩系数 K	与转速有关的阻力矩的方次 P	定子电抗 X_s	初始滑差 s_0
0.02	0.12	0.576	2	0.15	0.295	2	0.0116

E.3 潮流结果

母线名	U	θ	P_g	Q_g	P_L	Q_L
BUS ₁	1	0	6.14933	1.95138	0	0
BUS ₃	1	-27.1476	3.1	2.5691	0	0
BUS ₆	1	-40.1537	-0.01	0.70155	0	0
BUS ₇	1	-11.4909	2.25	0.32119	0	0
BUS ₈	1	-11.3848	3.06	0.4354	0	0
BUS ₁₆	1.00114	-40.4164	0	0	5	2.3
BUS ₁₈	1.005	-40.4382	0	0	4.3	2.2
BUS ₁₉	1.00121	-28.5213	0	0	0.864	0.662
BUS ₂	0.99555	-11.7319	6	3.6	0	0
BUS ₂₀	1.0098	-37.0675	0	0	0.719	0.474
BUS ₂₁	1.00482	-30.9726	0	0	0.7	0.5
BUS ₂₂	1.04157	-29.4213	0	0	2.265	1.69
BUS ₂₃	0.98316	-19.8161	0	0	2.87	1.44
BUS ₂₉	1.00112	-40.4295	0	0	5.2	0.1
BUS ₄	1.01568	-22.5969	1.6	0.7	0	0
BUS ₅	1.04217	-30.9118	4.3	3.34	0	0
BUS ₅₀	1.005	-40.4382	0	0	0	0
BUS ₉	0.99583	-19.848	0	0	3.76	2.21
BUS ₁₀	0.99538	-19.4072	0	0	0	0
BUS ₁₁	1.02663	-23.3545	0	0	0	0
BUS ₁₂	1.02027	-30.5567	0	0	0	0
BUS ₁₃	1.01068	-37.3345	0	0	0	0
BUS ₁₄	0.99632	-29.6434	0	0	0	0
BUS ₁₅	0.99645	-29.5293	0	0	0	0
BUS ₁₇	0.97636	-40.1339	0	0	0	0
BUS ₂₄	1.04823	-5.428	0	0	0	0
BUS ₂₅	1.02667	-23.3753	0	0	0	0
BUS ₂₆	1.02028	-30.5359	0	0	0	0
BUS ₂₇	1.02025	-30.5828	0	0	0	0
BUS ₂₈	1.01078	-37.3081	0	0	0	0
BUS ₃₀	1.01562	-17.199	0	0	0	0
BUS ₃₁	1.01559	-17.1987	0	0	0	0
BUS ₃₃	1.01554	-17.2154	0	0	0	0
BUS ₃₄	1.00111	-40.4129	0	0	0	0
BUS ₅₁	0.99538	-19.4072	0	0	0	0
BUS ₅₂	0.99645	-29.5293	0	0	0	0