

交直流并联电力系统动态电压稳定性分析

刘明波 程劲晖 程莹
(华南理工大学电力学院 510641 广州)

摘要 以特征分析法为基础,提出了鉴别电压失稳模式与功角失稳模式的新方法,并应用于多机交直流并联电力系统的动态电压稳定性分析,详细研究了直流输电系统运行方式及控制参数对动态电压稳定性的影响,验证了电压失稳模式鉴别方法的合理性。

关键词 交直流并联系统 动态电压稳定性 特征分析法 失稳模式鉴别

分类号 TM 711

0 引言

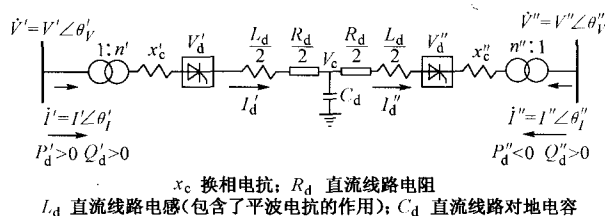
随着对电压稳定问题研究的深入,人们逐步认识到电压稳定不仅决定于系统的网络结构和潮流分布,而且还受系统动态元件,如异步电动机负荷、有载调压变压器(OLTC)及高压直流输电(HVDC)等的动态特性的影响^[1]。动态电压稳定性分析的具体方法主要有两种:①特征分析法。该方法通过求线性化状态方程的系数矩阵的特征值及特征向量,进而计算特征值的相关因子和相关比,可提供与系统稳定有关的大量有价值的信息,有助于分析失稳的原因,提出预防与控制失稳的对策,已成为电力系统动态电压稳定分析的有效工具之一^[2]。存在的主要问题是缺乏鉴别电压失稳模式与功角失稳模式的有效方法。②分叉理论分析法。该方法能够很好地分析电压失稳的机理,可利用统一的数学模型分析电压稳定和功角稳定问题,并在一定程度上可对两者进行鉴别。但分叉法除了要进行大量的运算外,还存在建模上的困难。

本文在特征分析法的基础上,提出了新的电压失稳模式与功角失稳模式的鉴别方法,并提出了完整的判断动态电压稳定性的算法。该算法还被应用于一个6机交直流并联电力系统的动态电压稳定性分析,重点研究了直流输电系统运行方式及控制参数对动态电压稳定性的影响,验证了电压失稳模式鉴别方法的合理性。

1 HVDC 及交直流并联电力系统模型

双端、单极直流输电系统的原理接线如图1所示,直流线路计及对地充电电容,且两端均采用有载调压变压器。

直流线路可用三阶微分方程描述,有载调压变压器可用连续调节的一阶微分方程描述,整流站和



x_c 换相电抗; R_d 直流线路电阻
 L_d 直流线路电感(包含了平波电抗的作用); C_d 直流线路对地电容

图1 HVDC 单线图

Fig. 1 One-line diagram of HVDC

逆变站的控制方程取决于其控制方式,一般均可用一阶微分方程描述^[2~4]。

对于整个交直流并联电力系统,将各动态元件线性化微分方程联立,并消去与动态元件不相连的节点,不难得到:

$$\frac{d\Delta X}{dt} = A_0 \Delta X + B \Delta V \quad (1)$$

$$\Delta V = C_0 \Delta X \quad (2)$$

式中 ΔV 为由动态元件端口电压实部和虚部偏差组成的列向量; ΔX 为全系统状态变量列向量。

由式(2)消去式(1)中的 ΔV , 最终得到全系统状态空间方程为:

$$\frac{d\Delta X}{dt} = A \Delta X \quad (3)$$

式中 A 为 $N \times N$ 阶系统状态空间矩阵; N 为状态变量数目。

2 失稳模式的鉴别及判断动态电压稳定性的算法

2.1 相关因子及相关比的定义

相关因子 P_{ki} 是量度第 k 个状态量 Δx_k 与第 i 个特征值 λ_i 相关性的物理量,通常定义为:

$$P_{ki} = \frac{v_{ki} u_{ki}}{v_i^T u_i}$$

其中 v_i, u_i 分别为与 λ_i 对应的左、右特征向量; v_{ki} ,

1998-12-22 收稿。

u_{ki} 分别为左、右特征向量的第 k 个元素； $|P_{ki}|$ 数值大则反映了 Δx_k 对 λ_i 强可观且强可控，是一个综合性指标。

某一部分状态变量 $\Delta x_{n_1}, \Delta x_{n_2}, \dots, \Delta x_{n_k}$ 与某个失稳模式 λ_i 的相关比通常定义为：

$$\rho_i = \left| \frac{\sum_{\Delta x_k \in \{\Delta x_{n_1}, \dots, \Delta x_{n_k}\}} P_{ki}}{\sum_{\Delta x_k \in \{\Delta x_{n_1}, \dots, \Delta x_{n_k}\}} P_{ki}} \right| \quad (4)$$

若求出对特征值 λ_i 有 $\rho_i \gg 1$ ，则认为 λ_i 与这一部分状态变量是强相关的。

发电机 $\Delta\omega, \Delta\delta$ 与功角稳定关系密切，由此可求出机电回路相关比为：

$$\rho_{i\delta} = \left| \frac{\sum_{\Delta x_k \in \{\Delta\omega, \Delta\delta\}} P_{ki}}{\sum_{\Delta x_k \in \{\Delta\omega, \Delta\delta\}} P_{ki}} \right| \quad (5)$$

若 $\rho_{i\delta} \gg 1$ ，则 $\lambda_i (\text{Re}(\lambda_i) > 0)$ 为功角失稳模式。同理，还可以定义其他动态元件，如动态负荷和 HVDC 与失稳模式之间关系的相关比 ρ_{iL} 和 ρ_{iDC} 。定义这些相关比有助于我们进一步分析产生失稳的原因。

2.2 电压失稳模式系数及电压失稳模式鉴别

第 1 节已得到了动态元件端口电压偏差与状态变量之间的关系表达式(2)，式中的 ΔV_i 取同步 x, y 坐标，而分析电压稳定问题时，我们关心的只是电压幅值，故必须对式(2)进行转换。由 $V_i^2 = V_{ix}^2 + V_{iy}^2$ 线性化可得：

$$\Delta V_i = \frac{V_{ix0}}{V_{i0}} \Delta V_{ix} + \frac{V_{iy0}}{V_{i0}} \Delta V_{iy} = \begin{bmatrix} \frac{V_{ix0}}{V_{i0}} & \frac{V_{iy0}}{V_{i0}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta V_{ix} \\ \Delta V_{iy} \end{bmatrix} \quad (6)$$

将式(2)相应项代入即可得到电压幅值偏差与状态变量的关系式：

$$\Delta V = C \Delta X \quad (7)$$

这里假定系统经高斯消去后保留 M 个含动态元件的节点， C 为 $M \times N$ 阶矩阵。

定义特征值对角阵 $E = \text{diag}\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N\}$ ，右特征向量矩阵 $U = [u_1, u_2, \dots, u_N]$ ，则有：

$$AU = UE \quad (8)$$

利用右特征向量矩阵 U 对原系统作线性变换，定义一组新的状态变量 ΔZ ，使

$$\Delta X = U \Delta Z \quad (9)$$

将式(9)代入式(3)，有：

$$\frac{d\Delta Z}{dt} = U^{-1} A U \Delta Z = E \Delta Z \quad (10)$$

因为 E 是对角阵，故在新的状态量空间中可实现系统解耦，其第 i 个方程为：

$$\frac{d\Delta z_i}{dt} = \lambda_i \Delta z_i \quad (11)$$

根据常微分方程理论，式(11)的相应时域解为：

$$\Delta z_i = c_i e^{\lambda_i t} \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (12)$$

式中 c_i 为 Δz_i 的初值。

将式(11)代入式(9)，则有：

$$\Delta X = U \Delta Z = u_1 \Delta z_1 + u_2 \Delta z_2 + \dots + u_N \Delta z_N = c_1 u_1 e^{\lambda_1 t} + c_2 u_2 e^{\lambda_2 t} + \dots + c_N u_N e^{\lambda_N t} \quad (13)$$

可见，式(13)实际上反映了状态变量与状态矩阵特征值之间的关系。

将式(9)代入式(7)，便可得到端口电压幅值偏差与特征值的关系式：

$$\Delta V = C U \Delta Z = W \Delta Z \quad (14)$$

式中 $W = C U = [w_1, w_2, \dots, w_N]$ ； $w_i (i = 1, 2, \dots, N)$ 为具有 M 个元素的列向量。

计及式(13)，将式(14)改写如下：

$$\Delta V = c_1 w_1 e^{\lambda_1 t} + c_2 w_2 e^{\lambda_2 t} + \dots + c_N w_N e^{\lambda_N t} \quad (15)$$

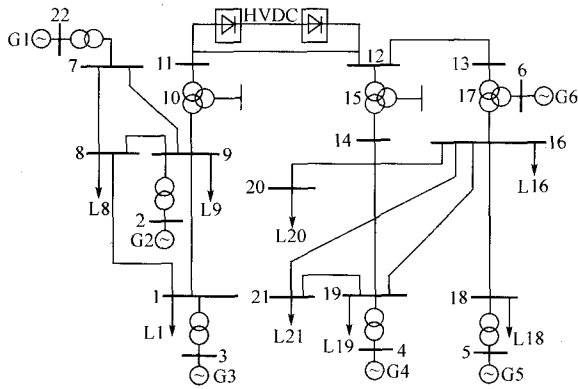
因此，向量 w_i 反映了从端口电压观察 $e^{\lambda_i t}$ 模式相应的过渡过程时，相对振幅的大小和相对相位的关系。对于某一失稳模式 $e^{\lambda_i t}$ ，我们可通过观察 $w_{ji} (j = 1, 2, \dots, M)$ 的大小来判断该失稳模式对各节点电压偏差量 ΔV_j 的影响程度。若 w_{ji} 均很小，可以确定不是电压失稳；如果有部分 w_{ji} 较大，则说明相应的节点会发生电压失稳现象。我们将 w_{ji} 称为电压失稳模式系数。

综上所述，判断电力系统动态电压稳定性的算法可总结为：

- 形成状态空间矩阵 A ；
- 用 QR 算法求出矩阵 A 的特征值及相应的左、右特征向量；
- 计算与正实部特征值或最靠近虚轴的负实部特征值对应的相关因子；
- 由相关因子算出机电回路相关比，判断是否为功角失稳；
- 若不是功角失稳，则进一步算出电压失稳模式系数，判断是否为电压失稳，并根据系数的大小确定会发生电压失稳的节点；
- 计算各种相关比，如动态负荷和 HVDC 与失稳模式之间的相关比 ρ_{iL} 和 ρ_{iDC} ，确定导致电压失稳的主要原因，并可提出相应的预防与控制失稳的对策。

3 算例系统

以图 2 所示的交直流并联系统作为研究对象，交流线路参数与电力科学研究院约定考核题所给出的 6 机 22 节点系统一致，所不同的是在节点 11 和节点 12 间再并上一条高压直流输电线路，去掉了 20-1 和 21-2 两条交流线路，从而构成两个交流系统通过交直流并联输电线路相连接的联合系统，并去掉了所有并联电抗器和电容器。



G1为等值机；G6为调相机；发电机G2-G5采用三阶模型；G1,G6采用 E'_q 恒定模型；励磁调节系统采用略去了软反馈环节的三阶励磁系统。

图2 交直流电力系统接线图

Fig. 2 Connection diagram of AC/DC power systems

20 节点负荷为由恒定阻抗和异步电机构成的综合负荷，其中动态负荷所占比例为 90%，并采用机电暂态模型描述，取典型参数^[5]。其他负荷均为静态负荷，采用二次曲线拟合静态模型表示，其参数为： $a_p = 0.45, b_p = -0.3, c_p = 0.85, a_q = 3.70, b_q = -5.88, c_q = 3.18$ 。

直流线路参数：电阻为 0.021 53，电抗（含平波电抗）为 0.3，接地容抗为 0.05；整流器换相电抗为 0.034 2，逆变器换相电抗为 0.032 47，直流系统的控制方式及参数将在后面的具体分析中分别给出。

初始潮流数据见表 1，负荷中心在节点 16, 18, 20。最终形成的状态空间矩阵含发电机 24 阶，动态负荷 3 阶，直流系统 7 阶，共 34 阶，可求出 33 个特征值。

表 1 初始潮流数据
Table 1 The data of initial power flow

系统元件	P	Q	V	系统元件	P	Q	V
G1			1.0	L8	4.87	2.44	
G2	6.0	3.2		L9	3.76	2.21	
G3	3.1		1.0	L16	5.0	2.9	
G4	1.6	0.7		L18	4.3	2.6	
G5	4.30	3.34		L19	0.864	0.662	
G6	-0.01		1.00	L20	0.719	0.474	
L1	2.27	1.69		L21	0.7	0.5	

4 计算结果及分析

下面详细分析在直流系统采取不同运行方式及控制参数时，整个系统的电压稳定情况。根据直流系统的典型控制方式，可分成以下 4 种情况进行讨论：
① $I-\delta$ 控制方式（整流侧定电流，逆变侧定熄弧角控制）；
② $P-\delta$ 控制方式（整流侧定功率，逆变侧定熄弧角控制）；
③ $I-V$ 控制方式（整流侧定电流，逆变侧定电压控制）；
④ $P-V$ 控制方式（整流侧定功率，逆变侧定电压控制）。

4.1 $I-\delta$ 控制方式和 $P-\delta$ 控制方式

分 7 种情况分析 $I-\delta$ 控制方式下各参数对电压稳定性的影响：① 基准参数：整流侧， $I_{ref} = 1.5, K_I = 10, T_I = 0.5$ s，逆变侧， $\delta_{ref} = 17^\circ, K_\delta = 5, T_\delta = 0.5$ s；② 同 ①，仅减小 $K_I = 5$ ；③ 同 ①，仅减小 $T_I = 0.05$ s；④ 同 ①，仅增大 $K_\delta = 10$ ；⑤ 同 ①，仅减小 $T_\delta = 0.05$ s；⑥ 同 ①，仅减小 $I_{ref} = 1.0$ ；⑦ 同 ①，仅增大 $\delta_{ref} = 20^\circ$ 。分别计算出系统状态矩阵的特征值，表 2 给出了各种参数下的实部为正的实特征值或绝对值最小的特征值（稳定情况下），可用 λ_i 表示。在参数取 ①, ③, ④, ⑤, ⑦ 的情况下，系统存在正实根，分别给出相应情况下的机电回路相关比 ρ_{id} 、动态负荷相关比 ρ_{il} 、直流回路相关比 ρ_{iDC} 及电压失稳模式系数 w_{ji} ，见表 3。

根据表 2 和表 3 可进行如下分析：

a. 取基准参数时系统失稳，由相关比和电压失稳模式系数可以看出， $\rho_{id} \ll 1$ ，不是功角失稳，且 w_{ji} 较大，从而可断定为电压失稳模式；又由于 $\rho_{il} \gg 1$ ，失稳主要是由动态负荷引起的，且 20 节点与电压失稳模式相关性最大，可知电压失稳在动态负荷节点（节点 20）首先发生。

b. 比较参数取 ①, ②, ③ 的情况可知：整流侧增益 K_I 对电压稳定性影响非常大，取值太大不利于稳定；而时间常数 T_I 对系统电压失稳模式影响不大。比较 ①, ⑥ 可知：直流系统传输功率太大会降低系统的电压稳定性，通过合理调节直流输电系统的控制参数，直流系统在 $I-\delta$ 控制方式下能够稳定传输的最大功率为 1.95。

c. 比较参数取 ①, ④, ⑤ 的情况可知：逆变侧增益 K_δ 和时间常数 T_δ 对失稳特征值的大小影响不大；但改变 K_δ 和 T_δ 会影响系统失稳原因，如参数取 ⑤ 时， ρ_{id} 较大，且 ρ_{id}, ρ_{il} 和 ρ_{iDC} 的值相近，因此是混合失稳模式，实际失稳情况将由具体扰动的性质来决定。如果是电压失稳，则在发电机 G4 端（节点 4）首先发生。同样，比较 ①, ⑦ 可知：熄弧角 δ_{ref} 的取值对失稳特征值的大小影响不大；但改变 δ_{ref} 会影响系统失稳原因，参数取 ⑦ 时也是混合失稳模式，如果实际扰动导致的是电压失稳，则在动态负荷节点（节点 20）首先发生。

这个例子说明：即使特征值的变化并不大，影响该特征值的因素也有可能发生改变。可见，仅凭特征值的大小来判断系统的稳定性是不够的，只有在考虑了左、右特征向量及由此定义的相关比和电压失稳模式系数以后，才能更深入地分析系统可能发生的失稳方式、失稳原因，并采取相应的对策。

在 $P-\delta$ 控制方式下，分别取 7 种情况进行了计算，其结果与 $I-\delta$ 控制方式下的类似。

表2 $I-\delta$ 控制方式下各参数对系统特征值 λ_i 的影响
Table 2 The effect of all kinds of parameters under $I-\delta$ control mode on eigenvalue λ_i

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
+0.00034	-0.00008	+0.00034	+0.00033	+0.00034	-0.00008	+0.00028

注:①~⑦分别为文中 $I-\delta$ 控制方式下参数取值的7种情况。

表3 相关比和电压失稳模式系数
Table 3 Relative ratio and voltage instability mode coefficient

参数取值	λ_i	ρ_{is}	ρ_{iL}	ρ_{iDC}	w_{ji}								
					2(G2)	3(G3)	4(G4)	5(G5)	6(G6)	22(G1)	11(DC)	12(DC)	20(L)
①	+0.00034	0.0789	8.7510	0.0287	0.00779	0.00930	0.06224	0.08803	0.12063	0.01504	0.03394	0.09968	0.32723
③	+0.00034	0.0174	2.9861	0.1727	0.04525	0.01240	0.13890	0.13937	0.20227	0.00518	0.09961	0.17784	0.54297
④	+0.00033	0.2165	0.0293	3.7591	0.05764	0.01163	0.01618	0.01307	0.02000	0.02525	0.03628	0.01410	0.10407
⑤	+0.00034	0.4237	0.6792	0.3958	0.03937	0.00911	0.05503	0.01817	0.01347	0.01866	0.00925	0.01661	0.00396
⑦	+0.00028	0.5256	0.8079	0.2575	0.04582	0.01001	0.03068	0.00027	0.02390	0.01900	0.02304	0.01148	0.11508

注:①,③,④,⑤,⑦分别为文中 $I-\delta$ 控制方式下参数取值的情况。

4.2 $I-V$ 控制方式和 $P-V$ 控制方式

下面分6种情况分析 $I-V$ 控制方式下各参数对电压稳定性的影响:①基准参数:整流侧, $I_{ref} = 1.5, K_I = 4, T_I = 0.5$ s, 逆变侧, $V_{ref} = 1.0, K_V = 10, T_V = 0.5$ s;②同①,仅减小 $K_I = 1$;③同①,仅减小 $K_V = 1$;④同①,仅减小 $T_V = 0.05$ s;⑤同①,仅增大 $I_{ref} = 2.5$;⑥同①,仅减小 $V_{ref} = 0.9$ 。分别计算出系统状态矩阵的特征值,表4给出了各种参数下的实部为正的实特征值或绝对值最小的特征值(稳定情况下),可用 λ_i 表示。在参数取①,③,④,⑤,⑥的情况下,系统存在正实根,分别给出相应情况下的机电回路相关比 ρ_{is} 、动态负荷相关比 ρ_{iL} 、直流回路相关比 ρ_{iDC} 及电压失稳模式系数 w_{ji} ,见表5。

根据表4、表5可进行如下分析:

a. 取基准参数时系统为电压失稳,失稳主要是由动态负荷引起的,且在动态负荷节点(节点20)首先发生。

b. 比较参数取①,②的情况可知:整流侧增益 K_I 对电压稳定性的影响较明显, K_I 取值小可明显改善系统电压稳定性。比较①,⑤可知:直流系统传输功率太大会降低系统的电压稳定性,在 $I-V$ 控制方式下系统能够稳定传输的最大功率为3.25。

c. 比较①,③,④可知:逆变侧时间常数 T_V 对失稳特征值的大小影响不大,但改变增益 K_V 会在一定程度上影响系统失稳特征值的大小和失稳原因。比较①,⑥可知,定电压 V_{ref} 的取值对电压失稳模式有一定影响, V_{ref} 在正常范围内若适当降低运行电压将有利于电压稳定。

在 $P-V$ 控制方式下,分别取5种情况进行了计算,其整流侧的控制参数对电压稳定性的影响与 $I-V$ 控制方式下的相似。降低直流系统的传输功率有利于系统的电压稳定,在 $P-V$ 控制方式下系统能够稳定传输的最大功率为3.20。逆变侧增益 K_V 取值大有利于系统稳定,但 K_V 有可能会影响系统失

表4 $I-V$ 控制方式下各参数对系统特征值 λ_i 的影响
Table 4 The effect of all kinds of parameters under $I-V$ control mode on eigenvalue λ_i

①	②	③	④	⑤	⑥
+0.00083	-0.00516	+0.00025	+0.00083	+0.00205	+0.00018

注:①~⑥分别为文中 $I-V$ 控制方式下参数取值的6种情况。

表5 相关比和电压失稳模式系数
Table 5 Relative ratio and voltage instability mode coefficient

参数取值	λ_i	ρ_{is}	ρ_{iL}	ρ_{iDC}	w_{ji}								
					2(G2)	3(G3)	4(G4)	5(G5)	6(G6)	22(G1)	11(DC)	12(DC)	20(L)
①	+0.00083	0.5226	1.6106	0.0307	0.04629	0.01504	0.05393	0.04851	0.03539	0.02407	0.00844	0.03283	0.07018
③	+0.00025	0.8826	0.6940	0.1274	0.03678	0.00810	0.03735	0.01549	0.00940	0.01541	0.01542	0.00005	0.08553
④	+0.00083	0.0583	3.2554	0.2165	0.02249	0.00847	0.14482	0.14899	0.20092	0.00446	0.08110	0.16973	0.54234
⑤	+0.00205	0.0475	3.9806	0.1821	0.06188	0.01771	0.13488	0.14420	0.20874	0.01219	0.12174	0.18628	0.55619
⑥	+0.00018	0.3528	2.3583	0.0342	0.06538	0.01755	0.07773	0.09452	0.16863	0.01576	0.09139	0.14094	0.49734

注:①,③,④,⑤,⑥分别为文中 $I-V$ 控制方式下参数取值的情况。

(下转第44页)

SELECTION OF GIS PLATFORM USED IN POWER SYSTEM

Zhang Zhiqiang, Han Xianbin, Luo Xiaoli, Wu Junjie
(Nanjing Automation Research Institute, 210003, Nanjing, China)

Abstract GIS is an important component in distribution management system. The selection and use of GIS platform for power system must consider the application of power system and meet the following requirements: providing strong capability for re-development, large amount of decentralized nodes and dispersed simultaneous operations. By detailed analysis and comparison, this paper presents a GIS resolution plan, which applies spatial database engine (SDE) to manage spatial data and Arc/Info to accomplish advanced geographic analysis function on Server side and uses MapObjects to fulfill display on Client side. This plan has already been applied in Nantong EMS/DMS.

Keywords power systems geographic information system (GIS) DMS SDE (spatial database engine)

(上接第 30 页)

稳的原因。应注意这里得出的结论与 $I-V$ 控制方式下 K_V 的分析结果并不一致,这说明逆变侧控制环节的增益在不同控制方式下的影响不一定相同,应具体问题具体分析。

5 结论

a. 不论直流系统采用何种控制方式,在控制参数选取不当时,系统都有可能发生电压失稳现象。而且通过比较电压失稳模式系数可看出,最易发生电压失稳的节点总是位于逆变侧,尤其在重负荷区域。

b. 整流侧控制环节的增益直接影响系统的动态电压稳定性,必须根据系统运行情况具体选择,通常取值不宜太大,时间常数的影响相对较小。关于逆变侧控制环节的增益及时间常数对动态电压稳定性的影响不易得出一般性结论,必须针对实际问题进行具体分析。

c. 一般来说,直流系统传输功率太大较容易引起电压失稳。

d. 当逆变侧采用定电压控制时,控制参数选择适当时,直流系统的稳定传输容量更大,因此采用 $I-V$ 或 $P-V$ 控制方式有利于提高电压稳定性。

e. 当逆变侧采用定电压控制时, V_{ref} 可在正常运行范围内适当取低一些,这样有利于系统的电压

稳定;而采用定熄弧角控制时, δ_{ref} 的取值影响较小。

f. 实际计算结果验证了电压失稳模式鉴别方法的合理性。

参考文献

- 1 Taylor C W. Power System Voltage Stability. McGraw-Hill, 1993
- 2 冯治鸿,刘 取,倪以信,等.多机电力系统电压动态稳定性的分析研究.中国电机工程学报,1992,12(3):29~39
- 3 卢 强,孙元章.电力系统非线性控制.北京:科学出版社,1993
- 4 Hammad A E. Sensitivity of Transient Voltage Stability to HVDC and SVC Dynamic Control Characteristics. In: Proceedings of the Int Conf on Power System Technology. Beijing: 1994. 2:551~558
- 5 西安交通大学,清华大学,湖南大学,等.电力系统计算.北京:水利电力出版社,1978

刘明波,男,1964年生,博士,副教授,系主任,主要研究方向为电力系统稳定性分析、最优潮流计算、神经网络和计算机网络技术在电力系统中的应用。

程劲晖,男,1970年生,硕士研究生,主要研究方向为电力系统电压稳定性分析。

程 莹,女,1975年生,硕士研究生,主要研究方向为电力系统分析与计算。

DYNAMIC VOLTAGE STABILITY ANALYSIS OF PARALLEL AC/DC POWER SYSTEMS

Liu Mingbo, Cheng Jinghui, Cheng Ying

(South China University of Technology, 510641, Guangzhou, China)

Abstract Based on eigen-analysis, a new method is presented for discriminating voltage instability and rotor-angle instability mode, and is used for dynamic voltage stability analysis of parallel AC/DC multi-machine power systems. Also, this paper conducts a detailed investigation into the effect of operating condition and control parameters of HVDC system on dynamic voltage stability, and the reasonableness of voltage instability mode discrimination method is verified.

Keywords parallel AC/DC power systems dynamic voltage stability eigen-analysis instability mode discrimination