

# 调谐型相间功率控制器稳态电压基本可行域的解析

易善军, 郭志忠, 柳焯

(哈尔滨工业大学电气工程系, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 首先, 基于相间功率控制器(IPC)的通用电路模型, 分析了 IPC 稳态电压的基本关系; 其次, 针对参数共轭条件, 提出并定义了调谐型 IPC(TIPC)正常稳态运行电压基本可行域的概念及其基本形式, 并在此基础上, 重点解析了受端等效负荷、电容和电感的电纳、移相环节参数在满足电压基本可行域的前提下各自应该界定的基本可行域; 最后, 通过典型 TIPC 的仿真分析, 说明了不同 TIPC 在基本可行域方面存在的差异。本文工作为进一步优化调控基本可行域奠定了基础。

关键词: 电力系统; 灵活交流输电系统; 潮流控制; 调谐型相间功率控制器; 稳态电压

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2004)01-0006-06

## 0 引言

相间功率控制器(IPC)由加拿大魁北克输电技术革新中心(CITEQ)的科技小组首先提出<sup>[1]</sup>。最初的 IPC 仅由电感、电容和机械开关等常规器件组成, 随着动态调控要求的不断提高, 可以采用功率电子器件组成性能更优的 IPC。现有研究表明, IPC 在一定条件下具有良好的潮流控制鲁棒性和限制短路电流及隔离故障的特性<sup>[2~6]</sup>, IEEE/PES 已经将其列为当前适于开发应用的 3 种控制器之一<sup>[7]</sup>。

IPC 的研究除了集中于潮流控制鲁棒性、短路电流限制及故障隔离特性外, 也在电压特性方面开展了一些研究, 并主要从电磁暂态仿真的角度分析 IPC 的暂态过电压<sup>[8,9]</sup>。目前, 从正常稳态运行电压特性、故障后稳态电压特性及故障期间暂态电压特性的角度系统分析 IPC 电压特性的研究还很欠缺, 至于从参数调控角度研究如何避免过电压或减小过电压程度的报道则更为少见。

本文基于 IPC 的通用电路模型, 分析了 IPC 稳态电压的基本关系。针对参数共轭的调谐型 IPC (TIPC), 提出并定义了稳态运行电压基本可行域的概念及其基本形式, 并重点解析了受端等效负荷、电容和电感的电纳、移相环节参数在满足电压基本可行域的前提下各自应该界定的基本参数可行域。

## 1 IPC 电压的基本关系

IPC 的通用电路模型如图 1 所示。图中  $V_S$ ,  $V_R$  和分别为 IPC 送、受端节点的电压相量;  $PST_1$

和  $PST_2$  分别为两个等效移相环节, 其形成的串加电势与  $V_S$  的幅值比分别为  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$ , 领先的相位角分别为  $\beta_1$  和  $\beta_2$ <sup>[4]</sup>;  $jB_1$  和  $jB_2$  两个电纳中, 视具体情况, 有一个为容纳, 另一个为感纳。

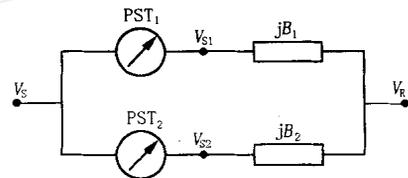


图 1 IPC 的通用电路

Fig. 1 General circuit of IPC

假设 IPC 受端的等效负荷为  $S_R = P_R + jQ_R$ , 则由图 1 可得如下关系:

$$V_{S1} = (1 + \alpha_1 e^{j\beta_1}) V_S \quad (1)$$

$$V_{S2} = (1 + \alpha_2 e^{j\beta_2}) V_S \quad (2)$$

$$jB_1 (V_{S1} - V_R) + jB_2 (V_{S2} - V_R) = (S_R / V_R)^* \quad (3)$$

进一步求得  $jB_1$  和  $jB_2$  上的稳态电压降落为:

$$V_{B1} = (1 + \alpha_1 e^{j\beta_1}) V_S - V_R \quad (4)$$

$$V_{B2} = (1 + \alpha_2 e^{j\beta_2}) V_S - V_R \quad (5)$$

式(1)~(5)组成了 IPC 电压的基本关系, 它们是分析 IPC 稳态电压特性的基础。

## 2 TIPC 稳态运行电压的基本可行域

当 IPC 的两个等效并行支路的电纳参数互为共轭 ( $B_1 = -B_2 = B$ ) 时, 由第 2 节的电压基本关系可得:

$$V_R = -S_R / (TV_S^*) \quad (6)$$

$$V_{B1} = [(1 + \alpha_1 e^{j\beta_1}) TV_S^2 + S_R] / (TV_S^*) \quad (7)$$

基金项目: 国家科委攀登项目资助(攀登 B-2-F)

$$V_{B2} = [(1 + 2e^{j\alpha})TV_S^2 + S_R]/(TV_S^*) \quad (8)$$

式(6)~(8)中,  $T = jB(1 - e^{-j\alpha} - 2e^{-j\alpha})$ 。进一步地,当  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$  且  $\beta_1 = -\beta_2 = \beta$  时,IPC 的两个等效并行支路的电纳参数和移相环节的参数均取得共轭,此时 IPC 成为完全参数调谐型的 IPC,即 TIPC,于是可得:

$$V_R = -S_R / (2B V_S^* \sin \alpha) \quad (9)$$

$$V_{B1} = \frac{2B V_S^2 (1 + e^j) \sin \alpha + S_R}{2B V_S^* \sin \alpha} \quad (10)$$

$$V_{B2} = \frac{2B V_S^2 (1 + e^{-j}) \sin \alpha + S_R}{2B V_S^* \sin \alpha} \quad (11)$$

设  $V_{B1}$  和  $V_{B2}$  稳态运行电压的上限值分别为  $V_{B1max}$  和  $V_{B2max}$ ,  $V_R$  稳态运行电压的上、下限值分别为  $V_{Rmax}$  和  $V_{Rmin}$ , 则 TIPC 的受端电压、两个电纳上的电压降落的幅值同时满足限值要求所构成的稳态运行电压的基本可行域定义为:

$$= \{ (S_R, B, \alpha, \beta, V_S) : V_{Rmin} \leq V_R \leq V_{Rmax}, V_{B1} \leq V_{B1max}, V_{B2} \leq V_{B2max} \} \quad (12)$$

特殊地,当  $(S_R, B, \alpha, \beta, V_S)$  中的部分参数确定后,其余参数在其对应的空间中形成相应的子域。一般地,可以有如下几种形式的子域。

### 2.1 等效负荷 $S_R$ 的基本参数可行域 $S_R$

当 TIPC 的送端电压、电纳和移相环节的参数确定后,等效负荷  $S_R$  满足式(12)生成的基本参数可行域  $S_R$  的具体形式为:

$$[P_R + 2B(1 + \cos \alpha)V_S^2 \sin \alpha]^2 + [Q_R + 2B^2 V_S^2 \sin^2 \alpha]^2 \leq (2B V_S V_{B1max} \sin \alpha)^2 \quad (13)$$

$$[P_R + 2B(1 + \cos \alpha)V_S^2 \sin \alpha]^2 + [Q_R - 2B^2 V_S^2 \sin^2 \alpha]^2 \leq (2B V_S V_{B2max} \sin \alpha)^2 \quad (14)$$

$$(2B V_S V_{Rmin} \sin \alpha)^2 \leq P_R^2 + Q_R^2 \leq (2B V_S V_{Rmax} \sin \alpha)^2 \quad (15)$$

其中,式(13)和式(14)分别界定一个圆域,且两个圆域的圆心关于有功功率坐标轴对称,圆心距离为  $d = 4|B|^2 V_S^2 \sin^2 \alpha$ , 设两圆半径分别为  $r_1$  和  $r_2$ , 则两个圆域交集非空的条件为  $r_1 + r_2 \geq d$ , 即  $V_{B1max} + V_{B2max} \geq 2 V_S |\sin \alpha|$ ; 式(15)表示一个圆环域,圆心在原点,内外边界圆的半径分别为  $R_1 = 2 V_S V_{Rmin} |B \sin \alpha|$  和  $R_2 = 2 V_S V_{Rmax} |B \sin \alpha|$ 。只有当上述的两个圆域和一个圆环域的交集非空时,等效负荷  $S_R$  的基本参数可行域  $S_R$  才存在(如图 2 斜线部分所示)。同时,也只有  $S_R$  落在  $S_R$  内,才能使式(13)~(15)的三个子式同时得到满足,这是实际运行应该遵守的基本要求。

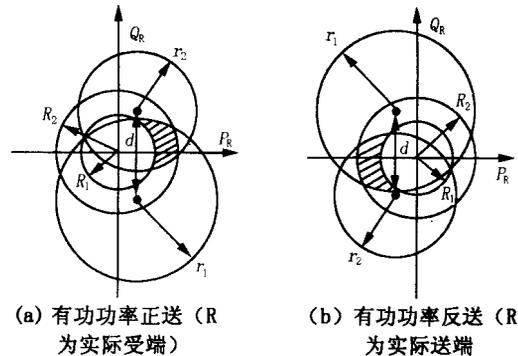


图 2  $S_R$  的基本参数可行域

Fig. 2 Basic feasible region of  $S_R$

图 2 中,(a)对应有功功率  $P_R$  的实际方向为由 S 端送往 R 端,此时要求  $B(1 + \cos \alpha) \sin \alpha$  小于 0; (b)对应有功功率  $P_R$  的实际方向为由 R 端送往 S 端,此时要求  $B(1 + \cos \alpha) \sin \alpha$  大于 0。当  $\alpha$  一定时,(a)和(b)两种情形的同一个并行支路的电纳符号正好相反,即  $B_1$  由电容切换成电感或由电感切换成电容,同时  $B_2$  由电感切换成电容或由电容切换成电感。若(a)和(b)两种情形的电容和电感两端的电压上限取值不变时,图 2(b)中的圆域 1 将与图 2(a)中的圆域 1 关于原点中心对称,同时图 2(b)中的圆域 2 将与图 2(a)中的圆域 2 关于原点中心对称。

### 2.2 电纳 $B$ 的基本参数可行域 $B$

当等效负荷  $S_R$ 、TIPC 的送端电压和移相环节的参数确定后,电纳参数  $B$  满足式(12)生成的基本参数可行域  $B$  的具体形式为:

$$\frac{[1/B + 2 V_S^2 (1 + \cos \alpha) \sin \alpha / P_R]^2}{(2 V_S V_{B1max} \sin \alpha / P_R)^2} + \frac{(1/B + 2^2 V_S^2 \sin^2 \alpha / Q_R)^2}{(2 V_S V_{B1max} \sin \alpha / Q_R)^2} \leq 1 \quad (16)$$

$$\frac{[1/B + 2 V_S^2 (1 + \cos \alpha) \sin \alpha / P_R]^2}{(2 V_S V_{B2max} \sin \alpha / P_R)^2} + \frac{(1/B - 2^2 V_S^2 \sin^2 \alpha / Q_R)^2}{(2 V_S V_{B2max} \sin \alpha / Q_R)^2} \leq 1 \quad (17)$$

$$\frac{2 V_S V_{Rmin} \sin \alpha}{S_R} \leq \left| \frac{1}{B} \right| \leq \frac{2 V_S V_{Rmax} \sin \alpha}{S_R} \quad (18)$$

可以看出,由式(16)和式(17)界定的  $1/B$  的取值域是二维平面上、三象限分角线在两个椭圆域交集内(含边界)的部分;由式(18)界定的  $|1/B|$  取值域具有上、下限值(取值域为图 3 虚线所指的一、三象限分角线部分)。只有当式(16)~(18)的三个子式界定的取值域的交集非空时,电纳  $B$  的基本参

数可行域  $B$  才存在(图 3 粗线所指的一、三象限分角线部分,它实际上为  $1/B$  的取值域)。

图 3 中,无论有功功率  $P_R$  正送(对应  $B > 0$ )或反送(对应  $B < 0$ ),均要求  $(1 + \cos \theta) \sin \theta$  小于 0。另外,当其它参数相同时,图 3 四种情形的取值域具有中心对称性。

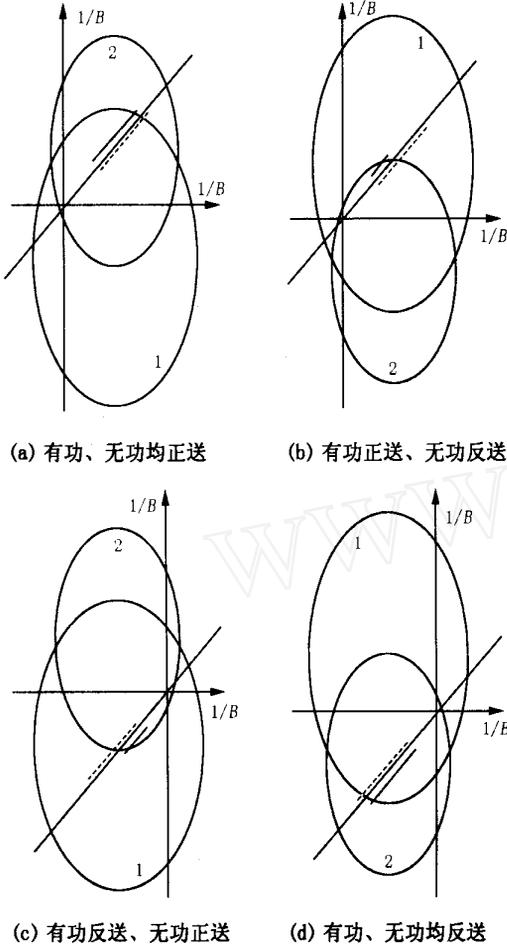


图 3 B 的基本参数可行域

Fig. 3 Basic feasible region of B

2.3 移相环节的基本参数可行域  $PST$

当 TIPC 的送端电压、电纳和等效负荷  $S_R$  确定后,移相环节的参数满足式(12)生成的基本参数可行域  $PST$  的具体形式为:

$$S_R^2 + 4P_R B (1 + \cos \theta) V_S^2 \sin^2 \theta + 4Q_R B^2 V_S^2 \sin^2 \theta + (2B V_S^2)^2 (1 + \cos^2 \theta + 2 \cos \theta) \sin^2 \theta - (2B V_S V_{B1max} \sin \theta)^2 \quad (19)$$

$$S_R^2 + 4P_R B (1 + \cos \theta) V_S^2 \sin^2 \theta - 4Q_R B^2 V_S^2 \sin^2 \theta + (2B V_S^2)^2 (1 + \cos^2 \theta + 2 \cos \theta) \sin^2 \theta - (2B V_S V_{B2max} \sin \theta)^2 \quad (20)$$

$$\frac{S_R}{2|B| V_S V_{Rmax}} |\sin \theta| - \frac{S_R}{2|B| V_S V_{Rmin}} \quad (21)$$

对式(19)~(21)进行变换,令  $y = \sin \theta, z = (1 + \cos \theta) y$ ,则可以得到:

$$S_R^2 + 4P_R B z V_S^2 + 4Q_R B V_S^2 y^2 + (2B V_S^2)^2 (z^2 + y^4) - (2B y V_S V_{B1max})^2 \quad (22)$$

$$S_R^2 + 4P_R B z V_S^2 - 4Q_R B V_S^2 y^2 + (2B V_S^2)^2 (z^2 + y^4) - (2B y V_S V_{B2max})^2 \quad (23)$$

进一步整理得

$$(y^2 + \frac{Q_R - B V_{B1max}}{2B V_S^2})^2 + (z + \frac{P_R}{2B V_S^2})^2 - \frac{B^2 V_{B1max}^4 - 2B Q_R V_{B1max}^2}{(2B V_S^2)^2} \quad (24)$$

$$(y^2 - \frac{Q_R + B V_{B2max}}{2B V_S^2})^2 + (z + \frac{P_R}{2B V_S^2})^2 - \frac{B^2 V_{B2max}^4 + 2B Q_R V_{B2max}^2}{(2B V_S^2)^2} \quad (25)$$

可以看出,由式(24)、(25)界定的是两个圆内域在  $z$  轴右半平面(含  $z$  轴)的部分,若再考虑式(21),则得  $(y^2, z)$  的取值域(图 4 斜线所示部分),从而可以得到  $(\theta, B)$  的基本参数可行域  $PST$ 。

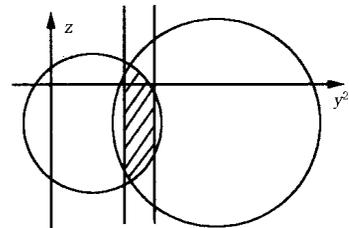


图 4 移相环节的等效基本参数可行域

Fig. 4 Equivalent basic feasible region of PST

3 典型 TIPC 基本参数可行域的比较

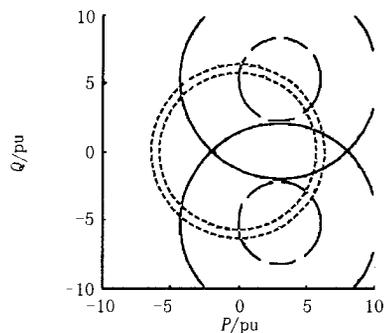
下文分别对 IPC240 ( $\theta_1 = \theta_2 = \sqrt{3}$ ,  $\theta_1 = -\theta_2 = 150^\circ$ )、IPC120 ( $\theta_1 = \theta_2 = 1$ ,  $\theta_1 = -\theta_2 = 120^\circ$ ) 和电压插入型 IPC(本文以  $\theta_1 = \theta_2 = 0.5$ ,  $\theta_1 = -\theta_2 = 90^\circ$  为例,并称其为 IPC90)的基本参数可行域进行仿真,比较它们存在的差异。

3.1 基本参数可行域  $S_R$  的对比

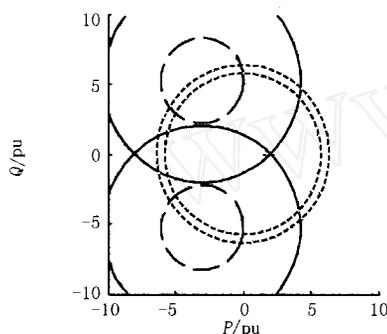
设送端电压  $V_S = 1 \text{ p.u.}$  为参考电压,参数选取如下: $B = -3.5$ ,受端电压上限  $V_{Rmax} = 1.05$ ,受端电压下限  $V_{Rmin} = 0.95$ 。

图 5(a)~(c)分别为 IPC120、IPC240 和 IPC90 三种典型 TIPC 在相同条件下的基本参数可行域

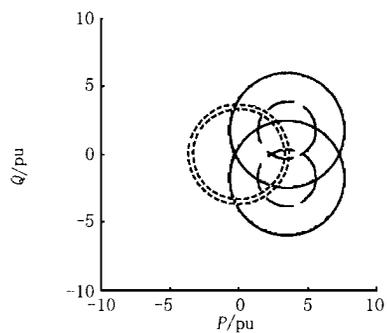
$s_R$ 的仿真图。图中两个虚线圆界定的圆环域为满足受端电压限制的  $P$ 、 $Q$  范围,两个短划线圈界定的相交域为满足  $B_1$  和  $B_2$  上电压限制为  $V_{B1max} = V_{B2max} = 0.6$  的  $P$ 、 $Q$  范围;两个实线圆界定的相交域为满足  $B_1$  和  $B_2$  上电压限制为  $V_{B1max} = V_{B2max} = 1.2$  的  $P$ 、 $Q$  范围。



(a) IPC120 的  $\Omega_{sR}$  仿真图



(b) IPC240 的  $\Omega_{sR}$  仿真图



(c) IPC90 的  $\Omega_{sR}$  仿真图

图 5 典型 TIPC 的  $s_R$

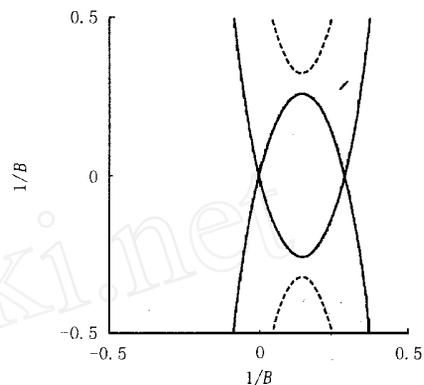
Fig. 5 Comparison of representative TIPC  $s_R$

由图 5(a) ~ (c) 可见,当  $B_1$ 、 $B_2$  上允许的最大电压降幅值比较小时,IPC120 和 IPC240 都没有可行域,只有 IPC90 有可行域。随着  $B_1$ 、 $B_2$  上允许的最大电压降幅值的增大,IPC90 的可行域逐渐增大,IPC120 和 IPC240 也从无可行域向有可行域的趋势发展,但是直到  $B_1$ 、 $B_2$  上允许的最大电压降幅值

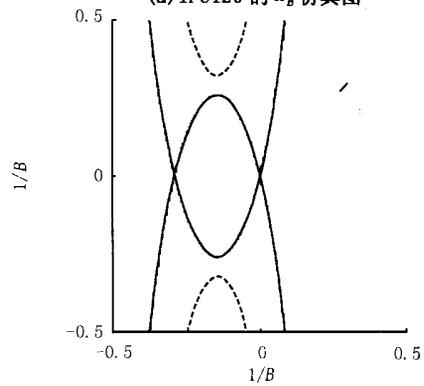
$V_{B1max} = V_{B2max} = V_{Bmax}$  增大至 0.9760 和 1.6889 时,IPC120 和 IPC240 才分别开始有可行域。这对于构成 IPC 的电容、电感的耐压性要求较高,使 IPC120 和 IPC240 的实际应用存在困难,而 IPC90 的运行适应性要高于它们,更可能胜任电压限制条件比较苛刻时的运行情况。

### 3.2 基本参数可行域 $B$ 的对比

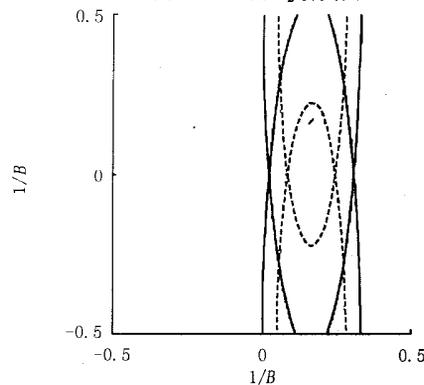
设送端电压  $V_S = 1 \angle 0^\circ$  为参考电压,参数选取如下:受端电压上限  $V_{Rmax} = 1.05$ ,受端电压下限  $V_{Rmin} = 0.95$ ,受端功率为  $S_R = 6 + j1.2$ 。



(a) IPC120 的  $\Omega_B$  仿真图



(b) IPC240 的  $\Omega_B$  仿真图



(c) IPC90 的  $\Omega_B$  仿真图

图 6 典型 TIPC 的  $B$  比较

Fig. 6 Comparison of representative TIPC  $s_B$

图 6(a) ~ (c) 为  $V_{B1max} = V_{B2max} = 0.7$  (对应图中虚线椭圆) 和  $1.0$  (对应图中实线椭圆) 时三种典型 TIPC 的  $B$  仿真图。图中一、三象限分角线在两个椭圆界定的相交域内(含边界)的部分为满足  $B_1$  和  $B_2$  上电压限制的  $1/B$  的范围, 图中斜线是满足受端电压限制的  $1/B$  的范围。

由图 6(a) ~ (c) 可见, 当  $B_1、B_2$  上允许的最大电压降幅值比较小时 ( $V_{B1max} = V_{B2max} = 0.7$ ), 图 6(a)、(b) 中的斜线均在两虚线椭圆相交域外, 这说明此时 IPC120 和 IPC240 没有满足条件的  $B$  值, 而图 6(c) 的 IPC90 此时有满足条件的  $B$  值。当  $B_1、B_2$  上允许的最大电压降幅值逐渐增大时 ( $V_{B1max} = V_{B2max} = 1.0$ ), 图 6(a)、(b) 两个椭圆逐渐有相交域并逐渐增大, 对于 IPC120、IPC240 来说将逐渐有满足要求的  $B$  的范围。

### 3.3 基本参数可行域 $P_{ST}$ 的对比

设送端电压  $V_S = 1 \angle 0^\circ$  为参考电压, 参数选取如下: 受端电压上限  $V_{Rmax} = 1.05$ , 受端电压下限  $V_{Rmin} = 0.95$ , 受端功率为  $S_R = 6 + j1.2$ 。

图 7(a)、(b) 分别为  $B = -3.5$ ,  $B_1、B_2$  上允许的最大电压降幅值  $V_{B1max} = V_{B2max} = 1.0$  和  $1.5$  时 TIPC 的  $P_{ST}$  仿真图及三种典型 TIPC 在其中的位置(其中 ‘\*’、‘+’、‘x’ 分别代表 IPC120、IPC240 和

IPC90 参数点的位置), 图 7(c)、(d) 分别为  $B = -6.0$ ,  $V_{B1max} = V_{B2max} = 1.0$  和  $1.5$  时的仿真图。图中两个圆界定的相交域为满足  $B_1$  和  $B_2$  上电压限制的移相环节参数的范围, 两条垂直线界定的区域为满足受端电压限制的移相环节参数的范围。

由图 7(a)、(b) 可见, 当  $B = -3.5$  时, IPC120 和 IPC240 均在受端电压限制的范围内, 此时它们仅受  $B_1、B_2$  上的电压限制, 当  $B_1、B_2$  上的电压限制逐步放宽时, 满足条件的区域也逐渐扩大, 从而逐渐包括了 IPC120、IPC240。由图 7(c)、(d) 可见, 当  $B = -6.0$  时, 仅 IPC90 能满足受端电压限制的要求, 而且当  $B_1、B_2$  上的电压限制要求严格时, 仍能满足条件。对比图 7(a)、(b) 和图 7(c)、(d) 可见, 当传输相同功率时, IPC90 要求的值要大于 IPC120 和 IPC240 要求  $B$  的值, 而在合适的  $B$  值下, IPC90 能够在  $B_1、B_2$  上的电压限制比较苛刻的条件下工作。

由 3.1、3.2、3.3 项可知, 受端电压的要求对各种基本参数可行域的影响较大, 严重时可能会妨碍部分 TIPC 的实际运行。

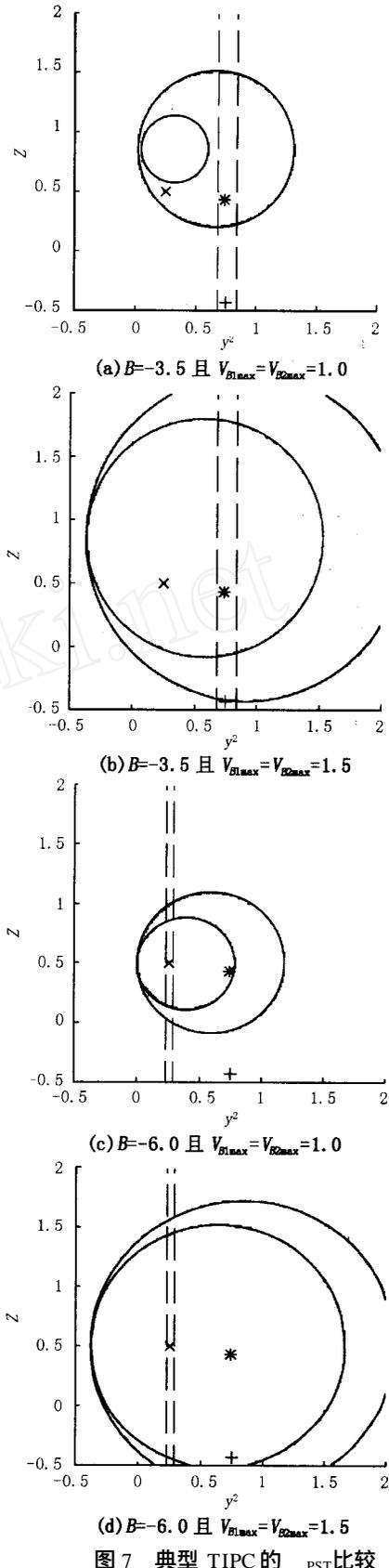


图 7 典型 TIPC 的  $P_{ST}$  比较

Fig. 7 Comparison of representative TIPC's  $P_{ST}$

## 4 结论

(1) 基于 IPC 通用电路模型得出的稳态电压关系,为解析稳态电压基本可行域奠定了基础。

(2) 提出并定义的 TIPC 正常稳态运行电压基本可行域的概念及其基本形式,可用于分析受端等效负荷、电容和电感的电纳、移相环节参数在满足电压基本可行域的前提下各自应该界定的基本范围,为准确评估和优化调控基本可行域,合理安排 TIPC 的运行方式提供了理论基础。

(3) 典型 TIPC 基本可行域的仿真对比分析表明,不同 TIPC 在基本可行域方面存在着差异,在安排 TIPC 运行方式时应视具体情况区别对待。

### 参考文献:

- [1] Brochu J, Pelletier P, Beaugard F, Morin G. The Inter - phase Power Controller: A New Concept for Managing Power Flow within AC Networks[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1994, 9(2): 833 - 841.
- [2] Beaugard F, Brochu J, Morin G, et al. Inter - phase Power Controller with Voltage Injection [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1994, 9(4): 1956 - 1962.
- [3] Sybille G, Haj - Maharsi Y, Morin G, et al. Simulator Demonstration of the Inter - phase Power Controller Technology[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1996, 11(4): 1985 - 1992.
- [4] 于继来, 柳焯 (YU Ji - lai, LIU Zhuo). 相间功率控制器的稳态分析及其与移相器的特性比较 (Steady - state Analysis of Inter - phase Power Controller and its Characteristic Comparison to Phase Shifter) [J]. 中国电机工

程学报 (Proceedings of the CSEE), 1999, 19(8): 25 - 34.

- [5] Wirth E, Kara A. IPCs with Conventional or Electronically Switched Phase - shifting Devices[J]. Power Engineering Journal, 2000, 4:77 - 80.
- [6] 戴朝波, 武守远, 周孝信, 等 (DAI Chao - bo, WU Shou - yuan, ZHOU Xiao - xin, et al). 调谐型相间功率控制器的稳态特性研究 (Study on Steady - state Characteristics of Tuned Inter - phase Power Controller) [J]. 电网技术 (Power System Technology), 2001, 25(7):23 - 27.
- [7] Task Force of the FACTS Working Group, PES, IEEE (Chair, Edris A A). Proposed Terms and Definitions for Flexible AC Transmission System (FACTS) [C]. IEEE/PES 1997 Winter Meeting.
- [8] Habashi K, Lombard J J, Mourad S, et al. The Design of a 200MW Inter - phase Power Controller Prototype [C]. Paper No. 93 SM 436 ~ 6 PWRD, IEEE/PES 1993 Summer Meeting, Vancouver, BC.
- [9] 王晓彤, 周孝信, 林集明 (WANG Xiao - tong, ZHOU Xiao - xin, LIN Ji - ming). 相间功率控制器的电磁暂态研究 (Electromagnetic Transient Study on Inter - phase Power Controller) [J]. 电网技术 (Power System Technology), 2001, 25(10):50 ~ 53.

收稿日期: 2003-03-13; 修回日期: 2003-07-28

### 作者简介:

易善军(1975 - ),男,博士研究生,从事电力系统分析与灵活交流输电系统 (FACTS) 的研究;

郭志忠(1961 - ),男,教授,博士生导师,从事电力系统分析与控制、计算机在电力系统中应用的研究;

柳焯(1929 - ),男,教授,博士生导师,从事电力系统分析与灵活交流输电系统 (FACTS) 的研究。

## Basic feasible region analysis of tuned IPC steady - state voltage

YI Shan - jun, GUO Zhi - zhong, LIU Zhuo

(Department of Electrical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

**Abstract:** Based on the general circuit model of inter - phase power controller (IPC), the basic relationship of steady - state voltage of IPC is analyzed. In the following, a new concept is proposed to describe the basic feasible region of steady - state voltage of tuned IPC (TIPC) and its basic forms is defined under the conditions of tuned parameters. On the basis of aforementioned work, the respective regions in case of equivalent load in receiving end, susceptance of inductor, and capacitor and parameters of phase shifter meeting the requirements of basic feasible region of voltage is mainly illustrated. Finally, the differences of feasible region of various TIPC with simulations are given. The work lays a foundation of further research on optimal control of basic feasible region.

**Key words:** electric power system; flexible alternating current transmission system (FACTS); power flow control; tuned inter - phase power controller (TIPC); steady - state voltage