

內 容 提 要

本書簡述了電力系統靜態穩定問題在蘇聯發展的歷史。討論了在最簡單電力系統中當發電機具有比例式或強力式勵磁調節器時的靜態穩定問題。書中引入了一些計算靜態穩定的公式與分析方法，同時也列入了一些計算結果。

本書可供電力系統和發電廠有關技術人員和高等學校電力系師生參考。

具有勵磁調節器的發電機靜態穩定

楊 昌 琪 著

*

1395 D 398

水利電力出版社出版(北京西郊科學院二里溝)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 405 號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

787×1092¹/₃₂ 開本• 3 印張• 68 千字

1958 年 12 月北京第 1 版

1958 年 12 月北京第 1 次印刷(0001—3,100 冊)

統一書號: 15143·1113 定價(第 10 類) 0.41 元

具有励磁調節器的 發電機靜態穩定

楊昌琪 著

2.13

水利電力出版社

序

言

現代電力工業的發展趨勢十分明顯的是建立大電力系統，進一步聯合各電力系統成為全國性的，甚至國際性的聯合電力系統。由於許多發電機在電力系統中並聯運行，所以產生了許多技術問題。電力系統過渡過程問題就是其中的一個主要問題，而電力系統靜態穩定問題是電力系統過渡過程問題中的一個部分。

電力系統靜態穩定的研究已有三四十年的歷史。首先在美國，然後在蘇聯都進行了深入的研究。近年來，尤其是在蘇聯，為了建造長距離輸電綫，為了提高輸電綫的通過能力與靜態穩定，在發電機上裝設了靈敏的勵磁調節器，這樣一來，就保證發電機能在人工穩定的區域內工作，在很大程度上提高了電力系統的穩定性。

在我國隨着大規模社會主義建設的開展，電力工業亦將有巨大的發展。新的電力系統在不斷出現，並進一步形成聯合電力系統。為了提高電力系統的穩定度，勵磁調節器預計一定會得到極廣泛的應用。

本書除了簡單地介紹靜態穩定的發展簡史外，主要是討論簡單的電力系統中，當其發電機具有比例式、強力式勵磁調節器時的靜態穩定問題。本書基本上是介紹蘇聯在這方面的先進經驗與基本理論，以供有興趣于此的同志作參考。

最後，本書承王宗淦教授審閱，特此志謝。此外，由於作者技術水平的限制，書中不免有缺點與錯誤，請廣大讀者加以指正。

作者

一九五七年十一月

目 录

第一章 同步发电机静态稳定問題及其發展历史的簡述	4
第二章 沒有励磁調节器的发电机的静态稳定	14
第三章 具有比例式励磁調节器的发电机静态稳定	17
3-1 具有按电压偏差数进行調节励磁的比例式电子管調压器的發 电机静态稳定	17
3-2 具有按发电机靜子电流偏差数进行調节的复式励磁的發电机 静态稳定	44
3-3 附有电压校正器的复式励磁的发电机的静态稳定	52
第四章 具有强力式励磁調节器的发电机静态稳定	60
4-1 引言	60
4-2 計算静态稳定的基本公式	62
4-3 静态稳定的分析	65
4-4 調节方法的比較	73
4-5 計算例題	76
4-6 高周波振盪問題	81
4-7 降低發电机阻抗和增加其轉子慣性常数对于提高輸电綫輸 送能力的效果	84
4-8 由二个电厂所組成的复杂电力系統的静态稳定	88
4-9 結論	91
附录	92

第一章 同步發電機靜態穩定問題

及其發展歷史的簡述

同步發電機的靜態穩定度一般來講被了解為在無限微小的干擾下，發電機本身能回復原始工作狀態的能力。同步發電機靜態是穩定的，就是說當外界有無限微小的干擾時，發電機本身能夠自動地回到原始的工作狀態。

先討論最簡單的電力系統，即發電機經變壓器、輸電綫而工作于無限功率的匯條上（圖 1-1，圖 1-2）。

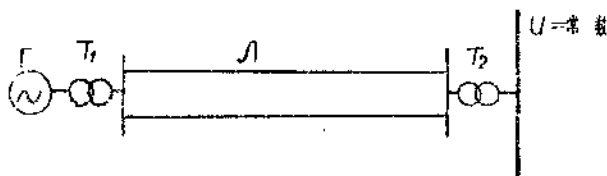


圖 1-1 簡單輸電綫路圖

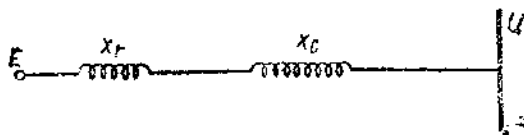


圖 1-2 簡單輸電綫路的等效網絡

對於隱極同步發電機（如汽輪發電機），眾知的發電機功率特性是：

$$P = \frac{E_d U}{x_d} \sin \delta \quad (1-1)$$

對於凸極同步發電機，其功率特性是

$$P = \frac{E_d U}{x_d} \sin \delta + \frac{U^2}{2} \frac{x_d - x_q}{x_d x_q} \sin 2\delta \quad (1-2)$$

此处 P ——發電机功率;

E_d ——發電机縱軸电势;

δ ——發電机电势 E_d 与無限功率匯条的电压 U 間的角度。

由方程式 (1-1) 可見隱極机的功率对于其角度的关系具有正弦形的性質 (圖 1-3)。

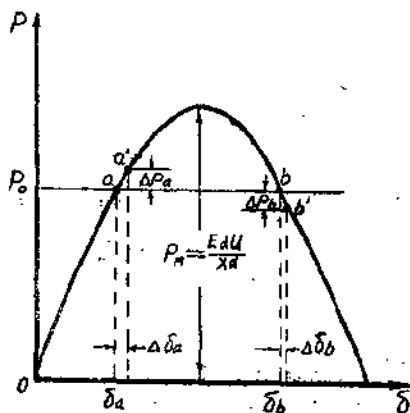


圖 1-3 發電机的功率特性

如果透平机發出的功率为 P_0 ，則透平發電机组有二个平衡点，即圖 1-3 上的 a 点与 b 点。

在 a 点上，發電机与透平机的功率互相平衡。如果角度改变了一个 $\Delta\delta_a$ ，那么發電机發出的功率亦改变了 ΔP_a 。在 a 点上，当 $\Delta\delta$ 增加时， ΔP 亦增加，但其时透平机功率 P_0 是不变的。由于發電机功

率的改变，發電机和透平机力矩間的平衡狀況被破坏了。此时發電机發出的功率大于透平机功率，在發電机轉子上受到一个綜合力矩，它使角度 δ 减小，結果逐漸回復到原始的工作点 a ，因此 a 点被認為是稳定的。

在 b 点則不然，如果角度增加 $\Delta\delta_b$ ，則 ΔP_b 不但不增加，相反却減少了。結果在發電机轉子上存在着加速性質的力矩，它使 δ 不但不減少，反而使它加大，而角度 δ 变大后，加速

力矩更大，結果 δ 不斷地增大，終于使發電機不能回復到原始的工作點 b ，即喪失穩定了。

由此可得出結論，在最簡單的輸電網路圖中，如果不考慮電壓調整器的作用，則發電機靜態穩定的判據是同期功率大於零

$$\frac{\Delta P}{\Delta \delta} > 0, \quad \text{即} \quad \frac{dP}{d\delta} > 0 \quad (1-3)$$

上面所談到的是發電機靜態穩定中最簡單的，亦是最基本的概念；以下將討論比較複雜的情況。在討論之先，先簡述發電機靜態穩定在蘇聯發展的簡史。

在本世紀二十年代，在美國由於其工業的發展，開始建立電力系統，由此亦展開了電力系統靜態穩定的研究，當時提出了許多靜態穩定的判據。

與此稍後，在蘇聯亦展開了電力系統靜態穩定問題的研究。首先在技術刊物上謝德林，高勞特斯基等發表了一些論文，其後 C. A. 萊格潔夫，П. С. 日丹諾夫，И. С. 勃魯克，И. М. 馬爾柯維奇等亦發表了一系列的論文。

這些論文的特點在於利用穩定理論和調節理論的古典著作來研究電力系統的靜態穩定。例如在 1936~38 年，A. A. 高萊夫，П. С. 日丹諾夫，其後 И. М. 馬爾柯維奇等已經開始利用“微擾量法”來研究電力系統的靜態穩定。

П. С. 日丹諾夫在“關於複雜電力系統的靜態穩定問題”的論文中；起初研究所謂“地位性”系統。所謂地位性是指這種電力系統，在該系統中發電機的功率和力矩只和發電機轉子間的角度有關，此外負載是用不變的阻抗或按照電壓而變化的靜態特性來代表，如果此時有 K 個發電機，則 n 號發電機的轉子方程式是：

$$M_n \frac{d^2 \delta_n}{dt^2} = P_{n0} - P_n(\delta_{12}, \delta_{13}, \dots, \delta_{1k}) \quad (1-4)$$

此处 M ——發電機組轉子的慣性常數;
 δ_n —— n 号發電机的电势与被采用为同期軸間的角度;

P_{n0} —— n 号發電机的透平功率;

$\delta_{12}, \delta_{13}, \dots, \delta_{1k}$ ——發電机电势間的相对角度, 此处以 1 号發電机的电势为計算角度。

借助于微振盪法, 得到下列轉子运动的特性方程式:

$$a_0 P^{2(k-1)} + a_2 P^{2(k-2)} + a_4 P^{2(k-3)} + \dots + a_{2(k-1)} P^2 + a_{2k-1} = 0 \quad (1-5)$$

此处 $a_0, a_2, \dots, a_{2(k-1)}$ ——系数;

$$p = \frac{d}{dt} \text{——微分算符。}$$

这个系統的穩定条件是特性方程式的实数根和虚数根中的实数是負的。

其后 П. С. 日丹諾夫又研究了所謂完全系統的静态穩定。完全系統是指这种系統, 在計算它时不但要計及發電机, 並且亦要計及負載中異步電動机的微振盪。归根結底, 發電机和電動机的力矩与下列参数有关: (1) 相对角度 $\delta_{12}, \delta_{13}, \dots, \delta_{1k}$; (2) 發電机速度 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k$; (3) 电动机滑差 $s_{11}, s_{12}, \dots, s_{1l}, s_{21}, s_{22}, \dots, s_{2l}, s_{k1}, s_{k2}, \dots, s_{kl}$ 。此处 k 为發電机数, l 为电动机数。

發電机轉子方程式是:

$$\left. \begin{aligned} M_1 \frac{d\omega_1}{dt} &= T_{T1}(\omega_1) - T_1(\delta_n, \omega_n, s_{n1}, s_{n2}, \dots) \\ M_k \frac{d\omega_k}{dt} &= T_{Tk}(\omega_k) - T_k(\delta_n, \omega_n, s_{n1}, s_{n2}, \dots) \end{aligned} \right\} \quad (1-6)$$

电动机轉子方程式是：

$$\left. \begin{aligned} M_{M1} \frac{d\omega_{M1}}{dt} &= T_{M1}(\delta_n, \omega_n, s_{n1}, s_{n2}, \dots) - T_{m1}(\omega_{M1}) \\ M_{Me} \frac{d\omega_{Me}}{dt} &= T_{Me}(\delta_n, \omega_n, s_{n1}, s_{n2}, \dots) - T_{me}(\omega_{Me}) \end{aligned} \right\} (1-7)$$

此处

M_1, M_k ——發电机慣性常数；

M_{M1}, M_{Me} ——电动机慣性常数；

T_{T1}, T_{Tk} ——透平机力矩，它是其轉速的函数；

T_1, T_k ——發电机力矩；

T_{M1}, T_{Me} ——电动机的电磁力矩；

T_{m1}, T_{me} ——电动机制动力矩，它是电动机轉速的函数。

借助于微振盪法，类似地可得到下列特性方程式：

$$a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + a_{n-2} p^{n-2} + \dots + a_1 p + a_0 = 0 \quad (1-8)$$

如果此特性方程式的实数根和虚数根中的实数是負的，則該系統靜态是稳定的①。

① 为了鑑定特性方程式稳定与否，可以利用許多常用的稳定判据，如古而維奇标准，米哈依洛夫标准等。例如古而維奇标准，对于上列特性方程式 (1-8)，除要求特性方程式中一切系数具有同样的符号外，还要求行列式：

$$\Delta_0 = \begin{vmatrix} a_{n-1}, a_{n-3}, a_{n-5}, \dots \\ a_n, a_{n-2}, a_{n-4}, \dots \\ 0, a_{n-1}, a_{n-3}, \dots \\ \vdots \\ 0, \dots, a_2, a_0 \end{vmatrix}$$

及其一切对角线残余因式：

$$\Delta_{n-2} = \begin{vmatrix} a_{n-1}, a_{n-3} \\ a_n, a_{n-2} \end{vmatrix}, \quad \Delta_{n-4} = \begin{vmatrix} a_{n-1}, a_{n-3}, a_{n-5} \\ a_n, a_{n-2}, a_{n-4} \\ 0, a_{n-1}, a_{n-3} \end{vmatrix}, \dots$$

与 a_n 的符号相同。

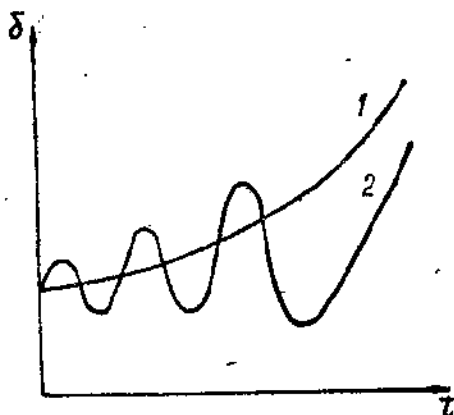


圖 1-4 發電機喪失靜態穩定的形式
1 非週期性的； 2 週期性的（自發振盪型）。

喪失靜態穩定的形式有二種。如果特性方程式中含有正的實數根，那麼喪失穩定的形式是非週期性的，具有指數的性質，即角度不斷增大，終于喪失穩定，如此時特性方程式中 a_n 為正，則自由項（即最後一項 a_0 ）往往是負的。如果特性方程式

具有一對實數為正的虛數根，則喪失穩定的形式是自發振盪型的，即一方面角度有週期性的振盪，但其振幅不斷增大，終至喪失穩定，而其時特性方程式中 a_0 往往是正的（圖 1-4）。

因此在實際計算中，如果假設電力系統中沒有自發振盪的現象，則可以只計算特性方程式中的自由項。但是必須指出，自由項大於零， $a_0 > 0$ ，只不過是靜態穩定的一個必需條件，而不是足夠的條件。

再後 П. С. 日丹諾夫又研究了頻率變化對於穩定的影響。他証明了異步電動機慣性常數對於靜態穩定的影響很小，並表明了計及發電機內部的電磁過渡過程能提高靜態穩定的極限等。

在 1938 年 И. С. 勃魯克和 И. М. 馬爾柯維奇提出了靜態穩定的實際判據 $\frac{dP}{dU}, \frac{dQ}{dU}$ 。他們認為 $\frac{dQ}{dU} < 0$ 亦是一個

① 此處 $Q = Q_s - Q_n$ ，亦即發電機、同步補償機和電容器等設備所供應的無功功率 Q_s 在該負載點上與用電設備所需的無功功率 Q_n 之差。

稳定的判据。实际上它是电力系统中负载稳定的判据，因为当 $\frac{dQ}{dU} > 0$ 时，在该负载点上任何一点无功负载的增加，或无功功率供应的减少，却会引起电压的继续下降，结果使负载丧失稳定。

稍后 H. M. 馬尔柯維奇和 C. A. 索伐洛夫表明，这些实际判据完全满足 П. С. 日丹諾夫的判据，即当系统中沒有自發振盪的条件下要求特性方程式中自由項具有正号。而事实上，当时在电力系统的实际运行中，沒有發現自發振盪的現象。

对于实际判据 $\frac{dQ}{dU} < 0$ 而言，H. M. 馬尔柯維奇后来又証明在某些樞紐点上，如果 $\frac{dQ}{dU}$ 的绝对值越大，那么該点的电压越稳定。再深一步的研究表明静态稳定的判据不是 $\frac{dQ}{dU} < 0$ ，而是在下列二种情况下 $\frac{dQ}{dU}$ 的符号要一致：(1) 系統具有完全的自由度；(2) 当某些慣性坐标 (δ, ω, E'_d, S 等) 固定时。事实上在第二种情况下， $\frac{dQ}{dU}$ 差不多永远是負的，所以可以認為在系統具有完全的自由度下， $\frac{dQ}{dU} < 0$ 是静态稳定的判据。

直到現在，上面所討論的一切，都是对于沒有励磁調節器^①的电力系统而言。所討論的只在于如何准确地确定静态稳定的条件与如何准确地确定系統的功率極限运行情况，它們並不回答如何去提高系統的静态稳定和輸電綫的功率輸送極限。

自 1937 年始，苏联即开始研究借助于調节發電机的励磁以提高輸電綫功率輸送極限和静态稳定的問題。在 1937~1938 年 C. A. 萊倍爾夫确定利用非常灵敏的电压調整器，可以極大地提高輸電綫的功率輸送極限和系統的静态稳定，發電机借助

① 从广义来講这里采用了励磁調節器的概念，普通所指的电压調整器是励磁調節器中的一种。

于这种非常灵敏的电压调整器可以在角度大于九十度下稳定地工作，即发电机能在人工稳定区域内工作。

C. A. 萊倍潔夫的工作表明了，当发电机具有按电压偏差数进行调节的比例式电子管电压调整器时，静态稳定可在 E'_d 不变的前提下进行计算。当发电机经输电线路工作于无穷大枢条时，其稳定标准为 $\frac{dP}{d\delta} E'_d = \text{常数} > 0$ 。但是为了保证发电机能在人工稳定区域内进行工作，必须要求该调压器中的静差系数不少于其最小许可值，此许可值是相当大的，如 20%，因此在实际运行中难于采用。但是如果在这种电子管调压器中引入负反馈，则可以在很大的范围内任意地改变励磁机的等值时间常数 T_e ，间接地亦能减少此静差系数的最小许可值。对于工作于异步电动机的发电机来说，比例式电子管调压器对于其静态稳定亦能起很大作用，如果不计迟缓现象，可以认为比例式电子管调压器全部抵消了发电机本身阻抗的影响，而负载的稳定标准可以认为是 $\frac{dP}{dS} U_e = \text{常数} > 0$ ，此处 S 为滑差，在计及迟缓现象时，可由 $E'_d = \text{常数}$ 出发计算其静态稳定。

为了进一步提高输电线路的功率输送极限，C. A. 萊倍潔夫研究了按被调节值偏差数的导数进行调节励磁的方法，他指出在沒有迟缓的条件下，可以把输电线路的功率输送极限提高到 $U_e = \text{常数}$ 时的数值，此处 U_e 为发电机的端电压。但是励磁机、调压器中的迟缓现象会引起工作的不稳定。进一步，萊倍潔夫又指出在输电线路中间点的同步补偿机上采用按电压偏差数进行调节的调压器时，可以极大地提高同步补偿机的作用，因之，就提高了输电线路的静态稳定，这样一来，就造成了包烏姆输电线路图实际实现的可能性。

与此稍后，Л. B. 楚盖尔尼克研究了同步发电机的复式励磁，他证明复式励磁亦能保证发电机在人工稳定区域内工作。

由于复式励磁構造簡單，运行可靠，所以在苏联复式励磁获得了非常广泛的应用。具有复式励磁的发电机，在計算其静态稳定时，亦是电 $E_d' = \text{常数}$ 出發。

在 1937 年，其后在 1950 年 M. M. 鮑脫維尼克表明，由于发电机轉子电路內电感的影响，單靠按电压偏差数进行調节励磁是不够的，應該再对角度偏差数的导数进行調节。此外他不利用微振盪法，而是利用“被迫振盪法”研究系統的静态稳定。

最近几年来，由于建造長距离輸电綫，例如古比雪夫——莫斯科，斯大林格勒——莫斯科輸电綫，以后建立全欧或全苏的高压統一电力網，在苏联展开了为提高輸电綫功率輸送極限和稳定度的巨大工作。这些工作的結果初步表明了，借助于按角度或电流的偏差数后其一次和二次导数进行調节的励磁調节器可以把輸电綫静态稳定的功率輸送極限提高到輸电綫本身的綫路極限，而这种励磁調节器叫做强力式励磁調节器。

$$P_{\text{綫路極限}} = \frac{U_{\text{送端}} \times U_{\text{受端}}}{X_{\text{綫路}}} \quad (1-9)$$

电子在发电机上采用了励磁調节器，过去关于系統中不会發生自發振盪的假定已經过时。在分析这种系統的静态稳定时，必須应用在自动調节理論中所应用的方法，並且把系統中发电机、变压器、輸电綫、励磁調节器，甚至原动机的调速器当作一个被調节的整体来考虑。

同样地，利用微振盪法，可以找到这个被調节电力系統的特性方程式：

$$a_n' P^n + a_{n-1}' P^{n-1} + a_{n-2}' P^{n-2} + \dots + a_1' P + a_0' = 0 \quad (1-10)$$

其中每个系数又可分为二部分

$$a_n' = a_n + \Delta a_n \quad (1-11)$$

a_n 与励磁调节无关，它由系统的参数与其运行情况所决定，而 Δa_n 则由励磁调节器所决定，因此是一个由励磁调节器的作用所引入的附加系数。

在应用强力式励磁调节器时，由于调节器中扩大系数较多，往往采用 Δ 图法以选择扩大系数与分析该系统的静态稳定（见第四章）。

研究静态稳定，除了采用常见的数学分析法外，亦在电力系统动态模型上进行试验，在动态模型上可以实际地校验各种励磁调节器，并且在条件许可时，在真正的电力系统中进行实地试验。对于具有励磁调节器，而尤其是强力式励磁调节器的电力系统的静态稳定，这种数学分析与试验相结合的研究方法，最近有了广泛的开展。

关于具有励磁调节器的发电机静态稳定的讨论，过去都是对于最简单的输电线路而言，即一个发电机经输电线路而工作于无穷大匯条的情形。至于对于具有励磁调节器的复杂电力系统，其静态稳定的研究目前正在逐步展开中。

应当指出，为了提高电力系统的静态稳定和输电线路功率输送极限，除了采用上述励磁调节的方法之外，还有许多众知的方法，例如相分裂导线，用电容器补偿线路阻抗的纵补偿，线路中点采用同步补偿机以维持电压的横补偿，增加线路回路，减少发电机和变压器阻抗等方法。不过，对于静态稳定而言，使用励磁调节器是一个最有效，同时又是一个最便宜的方法。

第二章 沒有励磁調節器的發電机的

靜态穩定

在第一章中曾扼要地說明了沒有励磁調節器的發電机的靜态穩定問題，在本章中將用数学分析法研究此問題。

当采用微擾法研究靜态穩定时，只限于討論微小的相对偏差，因此可以把非線性的特性在該工作情況下綫性化，丟去其非綫性。

当不計轉子阻尼綫圈的作用时，發電機轉子的运动方程式是

$$MP^2 \Delta \delta = -\Delta P \quad (2-1)$$

此处 M ——轉子的慣性常数；

$\Delta \delta$ ——轉子角度的偏差；

$\Delta P = P_{\text{电磁}} - P_{\text{机械}}$ ——發電機軸上的剩余功率①；

$p = \frac{d}{dt}$ ——微分算符。

發電機励磁綫圈中电磁过程方程式是

$$T_{do} p \Delta E'_d + \Delta E_d = \Delta E_{ds} \quad (2-2)$$

此处 ΔE_d ——發電機縱軸電勢的变化；

ΔE_{ds} ——發電機縱軸電勢在穩态运行情况下的变化；

$\Delta E'_d$ ——發電機縱軸瞬变電勢的变化；

T_{do} ——發電機励磁綫圈的时间常数。

由于 $\Delta E_{ds} = \Delta i_f$ 在沒有励磁調節器的情形下，励磁电流

① 由于計算靜态穩定时，系統頻率变化極微，因此在这里假定用标么值表示的功率高于其力矩。

ii. 是不变的。因此认为 $\Delta E_d = 0$ 。

在方程式 (2-1) (2-2) 中由于未知数数目大于方程式数目，因此需添加发电机的功率关系。发电机功率是角度 δ 与电势 E_d 或瞬变电势 E'_d 的函数 (附录 1)。

$$P_{Ed} = f_1(\delta, E_d) \quad (2-3)$$

$$P_{E'_d} = f_2(\delta, E'_d) \quad (2-4)$$

而

$$P = P_{Ed} = P_{E'_d} \quad (2-5)$$

可经角度和电势的偏差数表示剩余的功率

$$\Delta P = S_{Ed} \Delta \delta + R_{Ed} \Delta E_d \quad (2-6)$$

$$\Delta P = S_{E'_d} \Delta \delta + R_{E'_d} \Delta E'_d \quad (2-7)$$

此处

$$S_{Ed} = \frac{\partial P_{Ed}}{\partial \delta} \quad (\text{当 } E_d = \text{常数}) \quad (2-8)$$

$$S_{E'_d} = \frac{\partial P_{E'_d}}{\partial \delta} \quad (\text{当 } E'_d = \text{常数}) \quad (2-9)$$

$$R_{Ed} = \frac{\partial P_{Ed}}{\partial E_d} \quad (\text{当 } \delta = \text{常数}) \quad (2-10)$$

$$R_{E'_d} = \frac{\partial P_{E'_d}}{\partial E'_d} \quad (\text{当 } \delta = \text{常数}) \quad (2-11)$$

由于只讨论微小的偏差，所以偏微分在一定工作情况下可视为是不变的系数。解方程式 (2-1), (2-2), (2-6), (2-7)，得到发电机的特性方程式：

$$MT'_d P^3 + MP^2 + T'_d S_{E'_d} P + S_{Ed} = 0 \quad (2-12)$$

或写成

$$a_3 P^3 + a_2 P^2 + a_1 P + a_0 = 0 \quad (2-13)$$

在 (2-12) 中

$$T'_d = T_{dc} \frac{R_{Ed}}{R_{E'_d}} \quad (2-14)$$

如果要保证系统的静态稳定，必须要求此特性方程式的各个系数都为正数，且满足古而维奇标准，此即：

$$S_{Ed} > 0 \quad (2-15)$$

$$S'_{Ed} > 0 \quad (2-16)$$

$$S'_{Ed} - S_{Ed} > 0, \text{ 即 } S'_{Ed} > S_{Ed} \quad (2-17)$$

当发电机不断增加其输出功率时，首先是 S_{Ed} 由正经零而变成负，然后是 S'_{Ed} 经过零（图 2-1）。所以没有励磁调节器的发电机，当它经输电线路工作于无穷大匯条时，其静态稳定的判据是 $S_{Ed} = \frac{dP}{d\delta} (E_d = \text{常数}) > 0$ ，即同期功率大于零。在计算复杂系统中发电机的静态稳定时，必须由 $E_d = \text{常数}$ 出发。

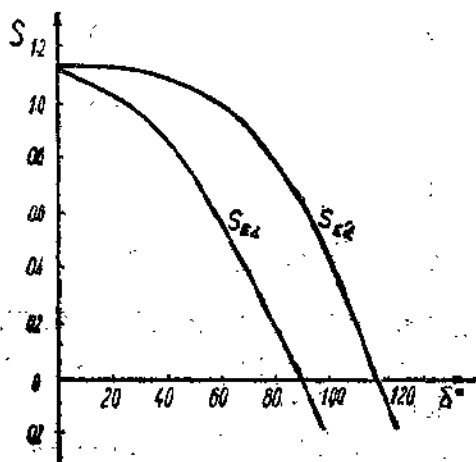


图 2-1 发电机同期功率 S_{Ed} , S'_{Ed} 值

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com