

# 发电机非线性状态 PI 励磁汽门协调控制器的研究

康忠健, 陈学允

(哈尔滨工业大学电气工程系, 黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘要:** 针对电力系统的强非线性和不确定性的特点, 直接对其非线性不确定对象设计了非线性状态 PI 励磁汽门协调控制器。避免了一般反馈线性化励磁汽门综合控制由于数学模型的误差而影响控制器性能的缺点。所得的控制规律与系统运行点和网络结构完全无关, 同时控制器本身结构简单, 仅需发电机局部信息, 易于在多机系统中实现分散协调控制。仿真计算表明非线性状态 PI 励磁汽门协调控制器能够有效地提高系统的暂态稳定性。

**关键词:** 电力系统; 发电机协调控制; 非线性状态 PI 控制; 鲁棒控制

**中图分类号:** TM76      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-4897(2001)05-0008-05

## 1 引言

发电机的励磁控制和汽门控制是提高电力系统稳定性的重要措施, 只有发电机的励磁控制而没有良好的汽门控制器则不能从根本上提高电力系统的暂态稳定性; 相反, 只有发电机的汽门控制而没有性能良好的励磁控制器的共同作用, 也不能达到理想的控制效果。同步发电机的励磁和汽门的协调控制一直是电力系统控制工作者研究的一个热点问题。文<sup>[1-2]</sup>针对近似线性系统模型将自适应控制理论用于电力系统多机系统励磁和汽门的协调控制, 文献<sup>[3]</sup>用扩展直接反馈线性化的方法, 综合考虑了励磁系统和调速系统的作用, 设计了发电机非线性综合控制器。文<sup>[4]</sup>在直接反馈线性化的基础上, 设计好励磁控制器后考虑励磁控制器的调节作用设计汽门控制器, 文<sup>[5]</sup>在直接反馈线性化的基础上运用变结构理论设计了发电机的非线性变结构综合控制器。基于反馈线性化理论的发电机非线性综合控制解决了发电机功率特性中的强非线性问题, 但由于模型参数和反馈变量误差等不确定因素的存在, 反馈线性化后的布鲁诺夫斯基标准型中也存在一定的误差, 严重时还有可能形成一个不稳定系统。

本文在“参数动态确定法”设计出的非线性扩张状态观测器基础上, 将自抗扰控制技术<sup>[5-6]</sup>引入状态 PI 调节器<sup>[7]</sup>的设计, 设计出适用于多输入多输出非线性系统的非线性状态 PI 解耦控制器。并直接对电力系统非线性不确定模型进行设计, 得到同步发电机的励磁和汽门的协调控制器的设计, 以解决电力系统的运行点和网络结构的非线性不确定问题, 进一步提高励磁汽门综合控制器的控制品质, 改善其对系统时变和不确定性误差的适应能力。

## 2 非线性状态 PI 解耦控制器的设计

### 2.1 非线性扩张状态观测器

对于受未知外扰作用的不确定非线性系统

$$\dot{x}^{(n)}(t) = f[x(t), \dots, x^{(n-1)}(t)] + w(t) + b \cdot u(t) \quad (1)$$

式中:  $f[x(t), \dots, x^{(n-1)}(t)]$  为未知函数,  $w(t)$  为未知外扰,  $u(t)$  为控制量,  $x(t), \dots, x^{(n-1)}(t)$  是系统 (1) 的状态变量,  $x(t)$  为输出。

对系统 (1) 可以采用“参数动态确定法”设计出非线性扩张状态观测器, 其描述为:

$$\begin{cases} \dot{z}_1 = z_2 - \frac{k_1}{g(z_1 - x(t))} \cdot g(z_1 - x(t)) \\ \dot{z}_2 = z_3 - \frac{k_2}{g(z_1 - x(t))} \cdot g(z_1 - x(t)) \\ \dots \\ \dot{z}_n = z_{n+1} - \frac{k_n}{g(z_1 - x(t))} \cdot g(z_1 - x(t)) + b \cdot u(t) \\ \dot{z}_{n+1} = - \frac{k_{n+1}}{g(z_1 - x(t))} \cdot g(z_1 - x(t)) \end{cases} \quad (2)$$

其中,

$$g(z) = \text{fal}(z, \alpha, \delta) = \begin{cases} |z|^\alpha \cdot \text{sign}(z) & |z| \geq \delta \\ \frac{z}{1-\delta} & |z| < \delta \end{cases}$$

$$g(z) = \frac{dg(z)}{dz}$$

由于式 (2) 可以  $z_1, z_2, \dots, z_n$  和  $x(t), \dots, x^{(n-1)}(t)$  的误差状态方程进行动态补偿, 使其成为一个线性系统 (3)

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dots \\ \dot{x}_n \\ \dot{x}_{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -k_1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ -k_2 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & \dots \\ -k_n & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -k_{n+1} & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \\ x_{n+1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} \cdot a(t) \end{cases} \quad (3)$$

式中,  $\dot{a}(t)$  是  $a(t)$  的导数,  $x_1 = z_1 - x_1, x_2 = z_2 - x_2, \dots, x_n = z_n - x_n, x_{n+1} = z_{n+1} - a(t)$ 。

$$A = \begin{bmatrix} -k_1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ -k_2 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & \dots \\ -k_n & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -k_{n+1} & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \text{ 为补偿矩阵。则}$$

$k_1, k_2, \dots, k_{n+1}$  的取值必须保证补偿矩阵的特征根全部落在复平面的左半平面上且其实部充分的负。式(2)中的  $g(z)$  满足条件  $g(0) = 0$  且  $g'(z) > 0$ 。研究表明:选取不同的  $g(z)$  就可以得到不同形式的非线性扩张状态观测器,扩张状态观测器的性能只与补偿矩阵的极点配置有关。

令  $\dot{a}(t) = f[x(t), \dots, x^{(n-1)}(t)] + w(t)$ , 只要  $k_1, k_2, \dots, k_{n+1}$  的取值合理,  $z_1, z_2, \dots, z_n$  就能很好地跟踪系统的状态变量  $x(t), \dots, x^{(n-1)}(t), z_{n+1}$  就能实时估计出  $a(t)$  的值,即

$$z_{n+1}(t) = a(t) \quad (4)$$

### 2.2 非线性状态 PI 控制器

令  $u(t) = \frac{1}{b} [u_0(t) - z_{n+1}(t)]$ , 将式(4)其带入式(1)可得:

$$x^{(n)}(t) = u_0(t) \quad (5)$$

式(5)表示的系统是一个单输入单输出线性系统,用常规状态 PI 控制器设计方法<sup>[7]</sup>对其进行设计可以得到其控制方程如式(6)所示。

$$\begin{cases} \dot{z}_1 = z_2 - \frac{k_1}{g(z_1 - x_1)} \cdot g(z_1 - x_1) \\ \dot{z}_2 = z_3 - \frac{k_2}{g(z_1 - x_1)} \cdot g(z_1 - x_1) \\ \dots \\ \dot{z}_n = z_{n+1} - \frac{k_n}{g(z_1 - x_1)} \cdot g(z_1 - x_1) + b \cdot u(t) \\ \dot{z}_{n+1} = - \frac{k_{n+1}}{g(z_1 - x_1)} \cdot g(z_1 - x_1) \\ u(t) = [u_0(t) - z_{n+1}] / b \\ u(0) = \frac{1}{T_i} \left[ (D^T \cdot Z - v_0) + \frac{1}{T_i} \cdot (z_1 - v_0) dt \right] \end{cases} \quad (6)$$

式中,  $v_0$  是输入,  $Z = [z_1 \ z_2 \ \dots \ z_n]^T$ 。扩张状态观测器的作用是提供控制器所需的系统的  $n$  个状态变量和系统不确定因素及外扰的估计值。由于在调节过程中,对系统的不确定因素及外扰进行了实时补偿,从而使控制器具有很强的适应性和鲁棒性。由于常规状态 PI 控制器具有二次型指标最优和具有常规 PID 控制的结构,因此,非线性状态 PI 控制器同时具

有“自抗扰”控制、状态反馈最优控制和常规 PID 的优点。

### 2.3 非线性状态 PI 解耦控制

不失一般性,设有一双输入双输出不确定非线性系统,其表达式为:

$$\begin{cases} x_1^{(n)}(t) = f_1[x_1(t), \dots, x_1^{(n-1)}(t), x_2(t), \dots, x_2^{(n-1)}(t)] + w_1(t) + b_{11} \cdot u_1(t) + b_{12} \cdot u_2(t) \\ x_2^{(n)}(t) = f_2[x_1(t), \dots, x_1^{(n-1)}(t), x_2(t), \dots, x_2^{(n-1)}(t)] + w_2(t) + b_{21} \cdot u_1(t) + b_{22} \cdot u_2(t) \end{cases} \quad (7)$$

式中,  $f_1, f_2$  分别为通道 1 和通道 2 的不确定函数,  $w_1(t), w_2(t)$  为未知外扰,  $u_1(t), u_2(t)$  是系统的两个输入。利用扩张状态观测器能对系统不确定因素和外扰实时估计的特点,将通道 2 的输入对通道 1 的输出的影响视为通道 1 的外扰,将通道 1 的输入对通道 2 的输出的影响视为通道 2 的外扰。分别设计通道 1 和通道 2 的非线性自抗扰状态 PI 控制器,在控制过程中各自对其进行动态补偿,从而实现系统的解耦控制。

令式(6)中  $b$  分别为  $b_{11}, b_{22}$ , 扩张状态观测器中  $u(t)$  为通道 1 或通道 2 的输入,那么非线性状态 PI 控制器将把

$$a_1(t) = f_1[x_1(t), \dots, x_1^{(n-1)}(t), x_2(t), \dots, x_2^{(n-1)}(t)] + w_1(t) + b_{12} \cdot u_2(t)$$

和

$$a_2(t) = f_2[x_1(t), \dots, x_1^{(n-1)}(t), x_2(t), \dots, x_2^{(n-1)}(t)] + w_2(t) + b_{21} \cdot u_1(t)$$

看成各自的外扰而进行补偿,从而实现解耦控制。两个非线性状态 PI 控制器可以单独进行设计。

## 3 非线性状态 PI 励磁汽门协调控制器

### 3.1 数学模型

单机无穷大系统线路图如图 1 所示,其励磁和汽门协调控制的数学模型为:

$$\begin{cases} \dot{\delta} = \omega \\ \dot{\omega} = \frac{1}{H} \cdot (P_m - P_e) - \frac{D}{H} \cdot \omega \\ \dot{E}_q = \frac{1}{T_{d0}} (-E_q + u_f) \\ \dot{P}_m = -\frac{P_m}{T} + \frac{C \cdot P_{m0}}{T} + \frac{C \cdot u}{T} \end{cases} \quad (8)$$

$$P_e = E_q \cdot I_q + (x_q - x_d) \cdot I_d \cdot I_q \quad (9)$$

式中,  $\delta$  为发电机转子摇摆角(绝对角,单位 rad);

为发电机转子角速度增量,取标么值;  $\omega_0$  为系统同步角速度;  $D$  为发电机阻尼系数;  $H$  为发电机组转子的惯性时间常数,单位 s;  $u$  为汽门开度控制;  $P_m$  为调节系统对应的机械功率(只调节高压缸时,  $P_m = P_H$ ,只调节中、低压缸时,  $P_m = P_M$ );  $P_e$  为发电机输出的电磁功率;  $T$  为等效时间常数(含蒸汽容积时间常数和油动机时间常数);  $C$  为功率系数。  $x_d$  为发电机  $d$  轴电抗;  $x_d'$  为发电机  $d$  轴暂态电抗;  $x_q$  为发电机的  $q$  轴电抗;  $I_d$ 、 $I_q$  分别为发电机定子电流的  $d$  轴和  $q$  轴分量,以上各量均取系统的标么值。

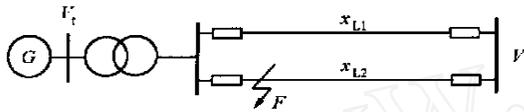


图1 单机—无穷大系统

### 3.2 非线性状态 PI 励磁汽门协调控制器的设计

励磁与汽门的协调控制策略是:在暂态过程中,汽门控制目标始终是控制发电机的频率;而励磁控制在暂态过程开始时的控制目标是控制系统的功角,不考虑发电机机端电压调节;在暂态过程后期励磁控制目标需要同时考虑发电机的功角和电压调节特性,以实现励磁与汽门的协调控制。

在暂态过程开始时励磁控制不考虑电机机端电压调节特性,励磁控制目标是  $\dot{\delta} = 0$ ,汽门控制目标是  $\dot{\omega} = 0$ 。令  $z_1 = \delta - \delta_0$ ,  $z_2 = \omega$ ,则式(9)可转化为一个 2 输入 2 输出非线性系统:

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 = \frac{1}{H} (\dot{P}_m - \dot{P}_e) - \frac{D}{H} \dot{z}_1 \\ \ddot{z}_2 = \frac{1}{H} (\dot{P}_m - \dot{P}_e) - \frac{D}{H} \dot{z}_2 \end{cases} \quad (10)$$

由于  $\dot{P}_e = \dot{E}_q \cdot I_q + E_q \cdot \dot{I}_q + (x_q - x_d) \cdot (I_d \cdot I_q + I_d \cdot \dot{I}_q)$ ,  $\dot{P}_m = \frac{P_m}{T} - \frac{C \cdot P_m}{T} + \frac{C \cdot \dot{u}}{T} - \frac{C \cdot u}{T}$ ,

故

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 = \frac{I_q}{H \cdot T_{d0}} \cdot E_q - \frac{P_m}{T \cdot H} + \frac{C \cdot P_{m0}}{T \cdot H} - \frac{x_q - x_d}{H} \cdot (I_d \cdot I_q + I_d \cdot \dot{I}_q) - \frac{D}{H} \dot{z}_1 - \frac{E_q}{H} \cdot \dot{I}_q - \frac{I_q}{H \cdot T_{d0}} \cdot u_f + \frac{C}{T \cdot H} \cdot u \\ \ddot{z}_2 = - \frac{D}{H} \dot{z}_2 - \frac{\dot{P}_e}{H} + \frac{P_m}{H \cdot T} - \frac{C \cdot P_m}{H \cdot T^2} + \frac{C \cdot \dot{u}}{H \cdot T} - \frac{C}{H \cdot T^2} \cdot u \end{cases} \quad (11)$$

令  $b_1 = \frac{-I_{q0}}{H \cdot T_{d0}}$ ,  $b_2 = \frac{C}{H \cdot T^2}$ ,其中  $I_{q0}$  为故障前  $I_q$

的值。式(11)表示一个双输入双输出的非线性不确

定系统,运用非线性状态 PI 解耦控制对其进行设计可以得到励磁和汽门的协调控制规律为:

$$\begin{cases} u_f = \left\{ \frac{1}{b_1} \left[ (d_{11} \cdot z_{11} + d_{12} \cdot z_{12} + d_{13} \cdot z_{13}) + \frac{1}{T_{i1}} \cdot z_{11} \dot{t} \right] - z_{14} \right\} / b_1 \\ u = \left\{ \frac{1}{b_2} \left[ (d_{21} \cdot z_{21} + d_{22} \cdot z_{22} + d_{23} \cdot z_{23}) + \frac{1}{T_{i2}} \cdot z_{22} \dot{t} \right] - z_{24} \right\} / b_2 \end{cases} \quad (12)$$

取:  $T_{i1} = 0.014$ ,  $T_{i2} = 71.2184$ ,

$$D_1^T = [d_{11} \quad d_{12} \quad d_{13}] = [1 \quad 0.8059 \quad 0.0136]$$

$$D_2^T = [d_{21} \quad d_{22} \quad d_{23}] = [1 \quad 0.5907 \quad 0.162]$$

$$D_2^T = [d_{21} \quad d_{22} \quad d_{23}] = [1 \quad 0.5907 \quad 0.162]$$

扩张状态观测器为:

$$\begin{cases} \dot{z}_{i1} = z_{i2} - \frac{100}{g(z_{i1} - z_i)} \cdot g(z_{i1} - z_i) \\ \dot{z}_{i2} = z_{i3} - \frac{3750}{g(z_{i1} - z_i)} \cdot g(z_{i1} - z_i) \\ \dot{z}_{i3} = z_{i4} - \frac{62500}{g(z_{i1} - z_i)} \cdot g(z_{i1} - z_i) - b_i \cdot u_f \\ \dot{z}_{i4} = - \frac{390625}{g(z_{i1} - z_i)} \cdot g(z_{i1} - z_i) \end{cases} \quad i = 1, 2 \quad (13)$$

其中,  $z_{i1}$ 、 $z_{i2}$ 、 $z_{i3}$  和  $z_{i4}$  是式(13)表示的扩张状态观测器的输出,补偿矩阵的极点配置为  $P_{1,2,3,4} = -25$ 。非线性函数  $g(z)$  为:

$$g(z) = \text{fal}(z, \alpha, \beta) = \begin{cases} |z| \cdot \text{sign}(z) & |z| \geq 1 \\ \frac{z}{1 - |z|} & |z| < 1 \end{cases}$$

令

$$a_1(t) = \frac{I_q}{H \cdot T_{d0}} \cdot E_q - \frac{P_m}{T \cdot H} + \frac{C \cdot P_{m0}}{T \cdot H} - \frac{x_q - x_d}{H} \cdot (I_d \cdot I_q + I_d \cdot \dot{I}_q) - \frac{D}{H} \dot{z}_1 - \frac{E_q}{H} \cdot \dot{I}_q - \left( \frac{I_q}{H \cdot T_{d0}} + b_1 \right) \cdot u_f + \frac{C}{T \cdot H} \cdot u$$

$$a_2(t) = - \frac{D}{H} \dot{z}_2 - \frac{\dot{P}_e}{H} + \frac{P_m}{H \cdot T} - \frac{C \cdot P_m}{H \cdot T^2} + \frac{C \cdot \dot{u}}{H \cdot T} -$$

$\frac{2C \cdot u}{H \cdot T}$ ,则  $z_{14}$ 、 $z_{24}$  可以动态地跟踪  $a_1(t)$ 、 $a_2(t)$  的值。

在暂态过程后期时励磁控制需考虑发电机端电压特性,令式(13)中的  $z_1$  为:

$$z_1 = k \int dt + k_v \cdot V_t \quad (14)$$

式中,  $V_t = V_{t0} - V_t$ ,  $V_t$ 、 $V_{t0}$  分别是发电机机端电压及其设定值,  $k$ 、 $k_v$  是发电机转子转速偏差和机端电压偏差的加权系数。通过数值仿真  $k$  和  $k_v$  的值确定为:当暂态过程开始时,  $k = 7$ ,  $k_v = 0$ ;当进入暂态过程后期时,  $k = 7$ ,  $k_v = 0.1$ 。

由系统的运行点变化、网络结构变化、励磁控制和汽门控制的相互影响等不确定因素引起的变化都可以通过扩张状态观测器的输出  $z_{14}$  和  $z_{24}$  估计出来,并在式(12)表示的励磁和汽门协调控制律中分别给予动态补偿,因此,对系统运行点和网络结构的变化具有极强的适应性和鲁棒性,同时也实现了励磁和汽门的协调控制。同时,励磁汽门协调控制律只需反馈所调节发电机的转子转速偏差信号和机端电压偏差信号,易于在多机系统中实现分散协调控制,由于减少了反馈量,从而提高了控制器本身的可靠性。

非线性状态 PI 励磁汽门协调控制器的结构如图 2 所示:

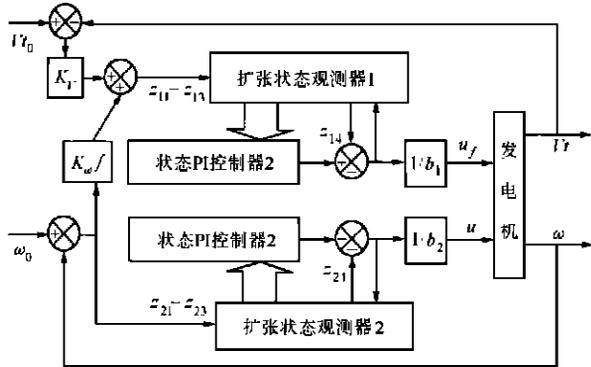


图 2 非线性状态 PI 励磁汽门协调控制器框图

#### 4 数值仿真及分析

单机无穷大系统如图 1,系统参数为:  $X_d = 0.1$ ,  $X_d' = 0.031$ ,  $X_q = 0.1437$ ,  $H = 42$ ,  $P_e = 7.0$ ,  $V_f = 1.0$ ,  $X_{L1} = X_{L2} = 0.1705$ ,  $X_T = 0.034$  (以上各量均为标么值),  $T_{d0} = 10.2s$ 。仿真列出了非线性状态 PI、非线性 PID 和常规控制三种励磁和汽门协调控制器的结果。曲线 1、曲线 2 和曲线 3 分别表示非线性状态 PI、非线性 PID 和常规控制三种励磁汽门协调控制器的响应曲线。仿真条件为:

- (1) 系统于  $t = 0.1s$  在 F 点发生三相短路故障,  $t = 0.25s$  故障消除,仿真结果如图 3。
- (2) 系统于  $t = 0.1s$  在 F 点发生三相短路故障,  $t = 0.31s$  故障消除,仿真结果如图 4。
- (3) 条件同(1),发电机运行点由  $\delta_0 = 67.3^\circ$  变为  $\delta_0 = 18.3^\circ$ ,仿真结果如图 5。

从图 3、图 4 和图 5 中可以看出,非线性状态 PI 励磁汽门协调控制器比非线性 PID 励磁汽门协调控制器更有效地提高了系统的暂态稳定性能,而且非

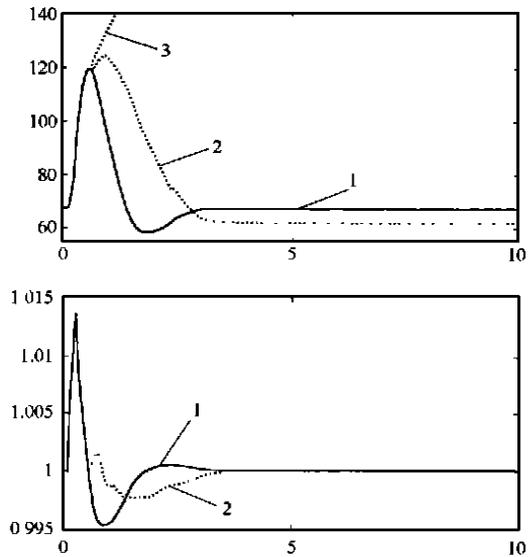


图 3 仿真条件 1 下的系统响应

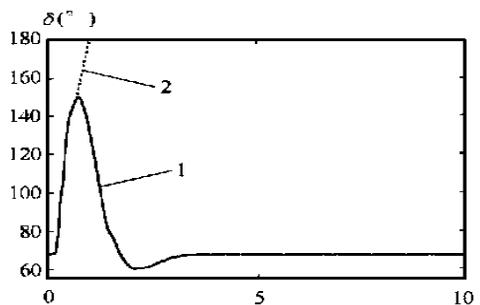


图 4 仿真条件 2 下的系统响应

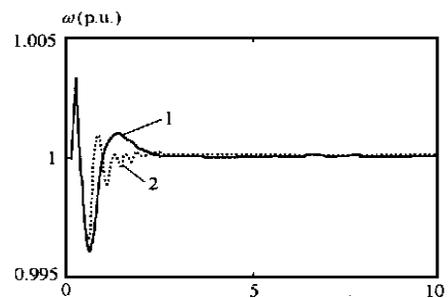


图 5 仿真条件 3 下的系统响应

线性状态 PI 励磁汽门协调控制器比非线性 PID 励磁汽门综合控制器对系统运行点的变化具有良好的鲁棒性。

#### 5 结论

非线性状态 PI 励磁汽门协调控制器直接对电力系统不确定对象进行设计,避免了一般反馈线性化励磁汽门协调控制由于数学模型的误差而影响控制器性能的缺点,因而具有更强的强适应性和强鲁棒性。同时,所得的控制规律与系统运行点和网络

结构无关,控制器本身结构简单,仅需发电机局部信息,易于在多机系统中实现分散协调控制。数值仿真结果表明:非线性状态 PI 汽门控制器能有效地提高电力系统的暂态稳定特性。

#### 参考文献:

- [1] 刘伟,余贻鑫,田树苞. 变结构模型参考自适应励磁与调速综合控制器(上). 电力系统自动化,1998,22(4):8-12.
- [2] Pahalawatththa N C, Hope G S, Malik O P. Multivariable self-tuning power system stabilizer simulation and implementation studies. IEEE Transaction on Energy Conversion,1991,6(2):310-318.
- [3] Wang Youyi,David J Hill. Robust nonlinear coordinated control of power systems. Automatic,1996,32(4):611-618.
- [4] Wang Youyi,David J Hill, Richard H Middleton,Long Gao.

Transient stability enhancement and voltage regulation of power system. IEEE Transaction on Power System,1993,8(2):620-626.

- [5] 韩京清. 非线性状态误差反馈控制律—NLSEF. 控制与决策,1995,10(3):221-225.
- [6] 韩京清. 自抗扰控制器及其应用. 控制与决策,1998,13(1):19-23.
- [7] 宋文忠,蒋国平. 一种新型状态 PI 调节器的研究. 自动化学报,1997,23(6):786-792.

收稿日期: 2000-10-18

作者简介: 康忠健(1971-),男,博士生,主要研究方向为电力系统稳定分析及非线性控制、微机自动控制; 陈学允(1934-),男,博士生导师,主要研究方向为电力系统稳定分析及控制。

### The research on nonlinear state PI coordinated controller of generator's excitation and valve

KANG Zhong-jian, CHEN Xue-yun

(Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

**Abstract:** As for the strong nonlinear and uncertain characteristic of the power system, the nonlinear state PI coordinated controller of excitation and valve is proposed in this paper. The controller is designed for the uncertain model object and the shortcoming of general feedback linearization coordinated control of excitation and valve, which its performance is affected by the mathematical model error, is avoided. The control law is completely independent on the operation condition and the net structure of the power system. The controller structure is simple and only local information of generator is needed. The decentralized controller can be accomplished easily in multimachine power system. The simulation shows that the nonlinear state PI coordinated controller of excitation and valve is satisfied for improvement of power system.

**Key words:** power system; coordinated controller of excitation and valve; nonlinear state PI control; robust control

(上接第7页)

- [7] 卢继平,叶一麟. 一种用于平行双回线的故障点精确定位方法. 重庆大学学报,1988,(4).
- [8] 陈腊生,孙淑信. 采用实数对称分量方法准确探测平行双回输电线路故障距离. 全国高校电自专业第四届年

会论文集,1988.

收稿日期: 2000-10-16

作者简介: 粟小华(1961-),男,工学硕士,工程师,从事高压输电线故障测距研究及继电保护运行管理工作。

### A new and practical method for fault location based on single - end real time data in paralleled double circuit line

SU Xiao-hua

(Northwest China Power Dispatch & Communication Center, Xi'an 710004, China)

**Abstract:** A new algorithm of fault location is proposed by means of single - end real time data in paralleled double circuit line based on the construction features of the paralleled double circuit line. It can protect accurate location from the effect of transition resistance, load current and variable system impedance parameters in principle and therefore solve the problems of accurate fault location during a single line fault in a paralleled double circuit line. Implementing the algorithm by solving simple equations, therefore the calculation is quite easier than other fault location algorithm.

**Key words:** fault location; transmission line; transition resistance; paralleled double circuit line; full - wave Fourier algorithm