

具有多模型适应性的发电机 PSS 参数优化方法

叶 慧¹, 戴中华², 桂国亮²

(1.东南大学电气工程学院,江苏南京 210096;2.安徽省电力科学研究所,安徽合肥 230601)

摘要:现代电力系统中应用配置的电力系统稳定器(PSS)模型不尽相同,而传统 PSS 参数设计方法仅局限于传统 PSS 模型。文中提出了具有多模型适应性的发电机 PSS 参数优化方法,以 PSS 相位补偿效果为优化目标,采用粒子群算法对该发电机的 PSS 参数进行优化。该方法对多种 PSS 模型具有高度适应性,不仅适用于传统的 PSS 模型,也适用于无超前滞后环节的新型 PSS 模型。算例表明,采用具有多模型适应性的发电机 PSS 参数优化方法可有效提升系统阻尼,抑制系统低频振荡。

关键词:电力系统稳定器;参数优化;多模型适应性;低频振荡

中图分类号:TM744, TM712

文献标志码:A

文章编号:1009-0665(2012)05-0018-03

日益增大的电网规模、快速高顶值倍数励磁系统的应用,大大增加了低频振荡发生的概率,威胁电网安全稳定的运行^[1]。电力系统稳定器(PSS)是安装在同步发电机励磁系统的附加控制器,通过调节发电机励磁产生与 $\Delta\omega$ 同轴的附加力矩,增强系统的阻尼,改善系统的动态稳定性^[2,3]。PSS装置已广泛用于抑制低频振荡,是最常用、最经济和最有效的措施^[4-6]。对现有的PSS装置设定合理的参数,是使其充分发挥阻尼控制作用的前提。

随着技术的发展,PSS得到广泛的应用和发展,PSS技术不断成熟。电网的高速发展也相应的对PSS提出更高的性能要求,新型PSS不断涌现,PSS种类越来越多,对应的模型也越来越繁杂。对于实际电网中配置的各类PSS,其模型不尽相同。不同于传统PSS模型,部分新型PSS模型中没有明显的超前滞后环节,而传统的PSS参数配置方法局限于传统PSS模型,设计的是超前滞后环节参数^[7-9],并不适用于无超前滞后环节的新型PSS。因此研究一种对各种PSS模型普遍适用的参数设计方法具有很大的工程意义和实用价值。文中提出一种具有多模型适应性的发电机PSS参数优化方法,该方法以PSS的相位补偿效果为优化目标,根据PSS模型的相频特性采用粒子群算法进行单机PSS参数优化。该方法对各种PSS模型具有极强的适应性,不仅适用于传统PSS模型的参数优化,也适用于无超前滞后环节的新型PSS的参数优化。

1 优化模型与流程

在实际系统中,可能出现单个发电机与多个低频振荡模式强相关的情况,在进行PSS参数设计时,需要考虑PSS对多个振荡模式的阻尼效果。

1.1 优化模型

对于一台发电机仅参与单个弱阻尼振荡模式的情况,基于粒子群算法,采用PSO算法对PSS的参数进行优化。优化的关键是根据 $\Delta\delta-\Delta\omega$ 坐标下的相位补偿关系,得到相关发电机的PSS在振荡频率点应当补偿的电角度 θ_{PSS} ,使得PSS产生的附加转矩在阻尼轴 $\Delta\omega$ 上投影为正。文中提出如式(1)所示的优化目标,考虑不同运行方式下,振荡模式的频率可能会有偏差,合理拓宽PSS在振荡频率附近的补偿频带,提升系统对运行方式的鲁棒性。

$$\min J = \sum_{j=1}^N \theta_{\text{PSS}}(f_j) + \theta_{\text{EX}}(f_j) + 90 \quad (1)$$

式中: f_j 为频带内需要优化的频率; $\theta_{\text{PSS}}(f_j)$ 为频率 f_j 处PSS的补偿相角; $\theta_{\text{EX}}(f_j)$ 为频率 f_j 处励磁系统的滞后相角。式(1)中的目标函数适用于以功率偏差为输入信号的PSS;如果以转速偏差为输入信号的PSS则没有 90° 这一常数项。

上述优化模型的约束条件如式(2)所示。

$$\text{s.t.} \begin{cases} X_1^{\min} \leq X_1 \leq X_1^{\max} \\ \vdots \\ X_i^{\min} \leq X_i \leq X_i^{\max} \\ \vdots \\ X_n^{\min} \leq X_n \leq X_n^{\max} \end{cases} \quad (2)$$

式中: X_i 为PSS模型中可优化的参数,对于不同的PSS模型,可优化的参数是不同的。

1.2 优化流程与步骤

采用测试信号法^[10]可以求得励磁系统的滞后特性,在此基础上进行PSS参数优化,具体步骤如下所示。

(1) 统计电网的弱阻尼低频振荡模式并进行模态分析,确定与这些弱阻尼模式强相关的发电机组,

用粒子群算法优化这些发电机组的 PSS 参数;

(2) 采用测试信号法获取相关发电机组在振荡频率 f 附近频带内励磁系统的相位滞后特性;

(3) 根据式(1)所示的优化目标,利用粒子群算法确定 PSS 优化参数的取值;

(4) 对 PSS 参数优化后的系统进行小干扰稳定计算,验证是否满足系统要求,如有需要可适当调整参数。

优化过程的流程如图 1 所示。

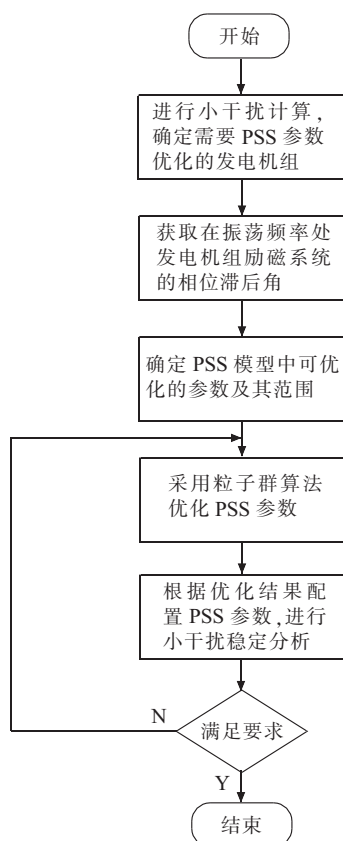


图 1 具有多模型适应性的发电机 PSS 参数优化方法流程

2 算例

选择安徽电网对优化算法的性能进行测试。对该系统进行小干扰稳定分析,结果如表 1 所示。加粗标出的是阻尼比低于 0.03 的弱阻尼振荡模式,与这些弱阻尼振荡模式强相关的发电机组上的 PSS 需要进行参数优化。

与振荡模式(4)强相关的发电机组的 PSS 传递函数模型如图 2 所示,该 PSS 模型不是传统的 PSS 模型,没有超前滞后环节,不能根据 PSS 应当补偿的电角度直接计算得到 PSS 的参数。

该模型中前 5 个环节为采样环节与隔直环节,时间参数的取值是固定的。后面的环节提供 PSS 补偿角度,可以进行优化的参数是速度信号放大倍数

表 1 安徽电网小干扰稳定结果

序号	特征根	频率/Hz	阻尼比
(1)	-0.245 2+j4.487 6	0.714 2	0.054 6
(2)	-0.231 6+j4.977 6	0.792 2	0.046 5
(3)	-0.295 3+j5.378 4	0.856 0	0.054 8
(4)	-0.341 0+j12.176 5	1.938 0	0.028 0
(5)	-0.266 3+j12.408 8	1.974 9	0.021 5
(6)	-0.394 5+j12.705 5	2.022 1	0.031 0

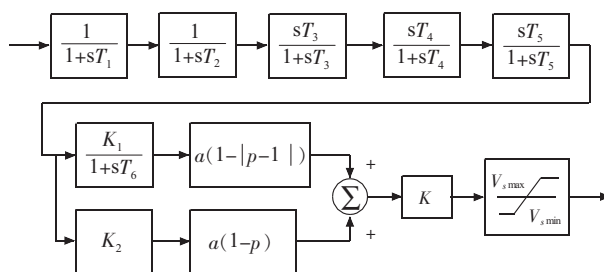


图 2 安徽电网某新型 PSS 传递函数模型框图

K_1 、加速度信号放大倍数 K_2 、时间常数 T_6 、放大倍数 a 和相位 p 。对于该类型的 PSS,采用粒子群算法,以 PSS 的相位补偿效果为优化目标,根据 PSS 模型计算 PSS 传递函数的相频特性,求得补偿效果最优的参数如表 2 所示。

表 2 安徽电网某新型 PSS 参数优化结果

PSS 参数名	T_6	K_1	K_2	a	p
优化结果	4.901	0.104	0.594	5.395	0.026

与振荡模式(5)强相关的发电机组的 PSS 模型如图 3 所示,该模型与传统 PSS 模型一样,都有超前滞后环节。以 PSS 的相位补偿效果为优化目标,超前滞后环节的时间常数这一待优化参数的优化结果如表 3 所示。

采用文中方法优化 PSS 参数后的安徽电网小干扰计算结果如表 4 所示,PSS 参数优化后振荡模式(4)和振荡模式(5)的阻尼比都上升,满足系统要求。采用文中提出的发电机 PSS 参数优化方法优化配置传统类型或新型 PSS 参数,能够有效地提高弱振荡模式的阻尼,实现了优化目标,取得了较好的优化效果。

3 结束语

具有多模型适应性的发电机 PSS 参数优化方法可根据 PSS 模型的相频特性,以 PSS 的相位补偿效果为优化目标进行参数优化。在安徽电网中的应用结果表明,相对于传统方法,该方法对各种 PSS 模型的适应性更强,不仅适用于传统 PSS 模型的参

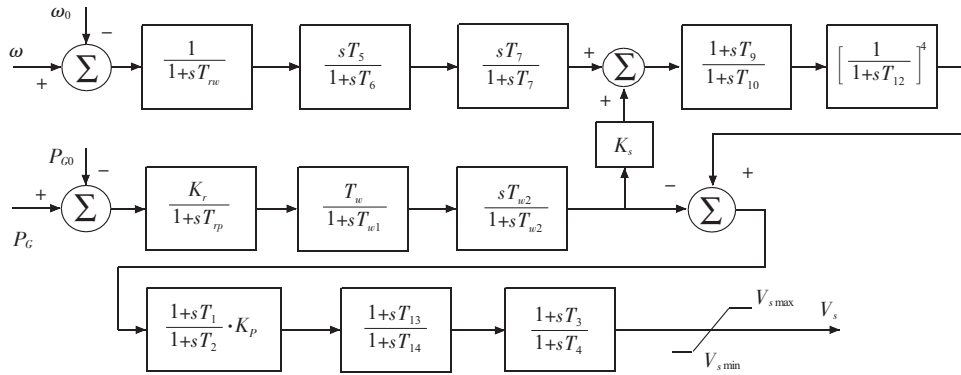


图3 安徽电网某传统 PSS 传递函数模型框图

表3 安徽电网某传统 PSS 参数优化结果

PSS 参数名	T_1	T_2	T_3	T_4
优化结果	0.2	0.05	0.2	0.05

表4 PSS 参数优化后安徽电网小干扰计算结果

序号	振荡模式	频率/Hz	阻尼比
(1)	$-0.2668 + j4.4863$	0.7140	0.0594
(2)	$-0.2340 + j4.9751$	0.7918	0.0470
(3)	$-0.2963 + j5.3758$	0.8556	0.0550
(4)	$-0.5960 + j11.8945$	1.8931	0.0500
(5)	$-0.3876 + j12.6192$	2.0084	0.0307
(6)	$-0.3944 + j12.7111$	2.0230	0.0310

数优化,也适用于无超前滞后环节的新型 PSS 的参数优化。优化后安徽电网的阻尼得到提升,系统低频振荡得到有效抑制。

参考文献:

- [1] 余贻鑫,李鹏.大区电网弱互联对互联系统阻尼和动态稳定性的影响[J].中国电机工程学报,2005,25(11):6-11.
- [2] 徐钢.电力系统稳定器现场试验研究[J].江苏电机工程,2003,22(2):15-16.
- [3] 倪以信,陈寿孙,张宝霖.动态电力系统的理论和分析[M].北京:清华大学出版社,2002.

- [4] CHEN S, MALIK O P, CHEN T W. Robust Power System Stabilizer Design[J].Optimal Control Applications and Methods, 1997, 18(3):179-193.
- [5] 范国英,郭雷,孙勇,等. BFO-PSO 混合算法的 PSS 参数优化设计[J].电力系统及其自动化学报,2010,22(6):28-31.
- [6] 刘杨名,严正,胥国毅.免疫遗传算法在多机电力系统 PSS 参数优化中的运用[J].继电器,2007,35(7):19-23.
- [7] 吴峰,陈维荣,李奇,等.基于粒子群优化算法的 PSS 参数优化[J].电力系统保护与控制,2009,37(10):53-58.
- [8] 曾艳,陈迅.基于 PSD 程序的 PSS 参数优化设计、现场整定试验及仿真校核计算[J].电力自动化设备,2009,29(11):66-70.
- [9] 高磊,蒋平,李海峰,等.江苏电网电力系统稳定器参数优化[J].江苏电机工程,2007,26(4):6-9.
- [10] 孙明洁,徐政,林宇锋,等.基于 PSS/E 程序的 PSS 参数整定与校核系统[J].华东电力,2007,35(2):4-8.

作者简介:

- 叶慧(1987),女,江苏张家港人,硕士,研究方向为电力系统运行控制;
戴中华(1984),男,安徽池州人,工程师,从事电网协调试验研究工作;
桂国亮(1978),男,安徽桐城人,硕士,工程师,从事电网协调试验研究工作。

The Optimization Method of Generator PSS Parameter with Multi-model Adaption

YE Hui¹, DAI Shen-hua², GUI Guo-liang²

(1. School of Electrical Engineering; Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Anhui Electric Power Research Institute, Hefei 230601, China)

Abstract: Power System Stabilizer (PSS) models of application configuration are not the same in the modern power systems. However, the design methods of traditional PSS parameter are limited to the traditional PSS model. The optimization method of generator PSS parameter with multi-model adaption is proposed in this paper to achieve the optimization target that the effect of PSS phase compensation is realized. Particle swarm is used to optimize the PSS parameters of the generator. This method is highly adaptable to a variety of PSS models. It is not only applicable to the traditional PSS model, but also to the new PSS model without the lead and lag part. Examples show that the optimization method of generator PSS parameter with multi-model adaption can effectively enhance the system damping and suppress low frequency oscillation.

Key words: PSS; parameter optimization; multi-model adaption; low frequency oscillation