

新型外挂式电力系统稳定器装置的设计与实现

韩 兵¹, 吴 龙¹, 吴跨宇², 石祥建¹, 卢岑岑²

(1. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102;

2. 国网浙江省电力公司电力科学研究院, 浙江 杭州 310014)

摘要:针对电网对发电机励磁系统配置电力系统稳定器的应用要求,分析了电力系统稳定器(power system stabilizer, PSS)装置功能需求,提出一种以PowerPC+DSP为控制核心的新型外挂式电力系统稳定器装置。阐述了装置的软硬件设计方案,提出了一种发电机转子转速实时快速测量方法,通过动模仿真试验验证了装置设计的实用性和功能的正确性。该装置提供了一种通过外加装置实现励磁系统PSS功能改造、升级的途径,能够增强投运机组抑制系统有功低频振荡的能力,提高电网的稳定裕度。

关键词:PSS; 装置; 外挂式; 设计

中图分类号: TM774

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2017)06-0144-07

0 引言

随着特大型交流同步电网建设推进和快速励磁系统的大量投运,系统的阻尼水平和低频振荡频率不断降低,电网的动态稳定风险随之增加^[1,2]。电力系统稳定器(power system stabilizer, PSS)作为同步发电机励磁调节器的一种附加软件控制功能的零件,用于增强电力系统正阻尼特性,抑制系统低频振荡,是目前最有效、最经济的低频振荡抑制手段^[3-5],也是当代励磁调节器不可缺少的功能。

PSS作为电力系统管理部门对励磁系统的考核对象,对模型的选型及性能指标有严格要求^[6,7]。但是,现场存在一定数量的励磁调节器,其PSS模型因性能无法满足网源协调要求未投入运行。特别是对于部分前期进口励磁系统,由于国内外对PSS模型需求的不同,存在PSS模型配置、参数整定等难以满足国内要求的问题。厂家通常无法及时或者不能提供对PSS升级的服务,而将励磁调节器整体更换升级成本较高,涉及到的现场控制接口也非常复杂,此类难以完成PSS升级改造的励磁系统存在对PSS功能单独改造需求。

另一方面,电力系统中部分节点对PSS有相对独特的要求,如目前部分电网区域已有要求考虑低至0.1 Hz的低频振荡抑制要求^[3],当前励磁调节器配置的模型(如PSS2B等)无法满足其需求。随着PSS模型研究深入,已有PSS4B, PSS-NEW-B等。

新型模型提出,逐步完善了当前模型的功能缺点,提升了PSS2B等在有功振荡低频段抑制能

力^[3,4]。但是,直接在原励磁调节器进行软件升级面临原设备硬件运算能力、接口条件等诸多限制,部分升级由于硬件资源门槛难以实现。因此,一种功能齐全、易于实现、价格经济的PSS功能升级改造方案具有一定的市场需求。

文中首先对当前热点的PSS模型进行介绍,对PSS装置的需求进行分析,提出一种基于PowerPC+DSP为控制核心的新型外挂式电力系统稳定器装置以及一种发电机转子转速实时快速测量方法,通过动模仿真系统对该装置的性能进行验证,在励磁调节器不改动情况下,实现励磁系统PSS功能升级。

1 PSS模型介绍

国内早期励磁调节器采用PSS1A模型,该模型输入为单变量,如机组有功功率、转子转速等,能够实现系统低频振荡抑制效果,但在有功功率快速连续调节时,存在无功功率“反调”问题,特别是在水电、燃机机组,有功调节速度相对较快,无功功率反调明显^[8,9]。

随着业界对PSS研究的深入,不断有新的模型提出,根据其模型结构以及工作原理^[10-14],可以区分为2种类型。

一种采用有功功率或剩余功率为主调节因数,转速作为辅助因数,代表拓扑结构PSS2B模型,为串联拓扑结构,如图1所示。PSS2B模型是目前国内应用最为广泛的PSS模型。在实际工程应用中,PSS2B模型在1.0 Hz以上振荡高频段抑制有功振荡阻尼能力强,同时抑制无功功率“反调”效果明显。但由于末端三阶超前滞后相位补偿环节的引

收稿日期: 2017-07-13; 修回日期: 2017-08-11

基金项目: 国网浙江省电力公司科技项目(5211DS150025)

入,在中低频段增益相对减小,抑制效果普遍较差,仅依靠参数整定很难在整个有功低频振荡范围内都提供较强阻尼。

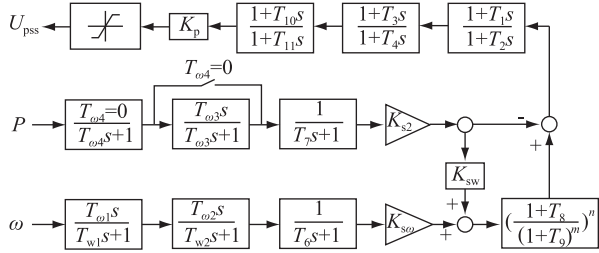


图 1 PSS2B 模型原理框图

Fig. 1 Principle diagram of PSS2B model

基于保留 PSS2B 高频段抑制能力强和抑制反调的特点,增强低频段振荡抑制效果的考虑,有 PSS-NEW-B^[4]等新型模型提出,拓扑结构与 PSS2B 类似,如图 2 所示。

与 PSS2B 相比,原位于有功通道的滞后环节移位于转速通道,有功功率相位大幅超前,通过这种扭转前置相位关系避免使用大角度超前补偿,进而提高了中低频段模型增益,解决了 PSS2B 低频段阻尼较差的问题。

另一种电力系统稳定器采用有功功率和转速共同作用,代表拓扑结构 PSS4B 模型,为多频段并

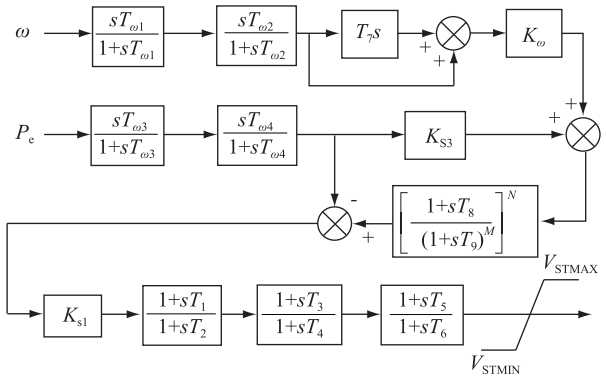


图 2 PSS-NEW-B 模型原理框图

Fig. 2 Principle diagram of PSS-NEW-B model

联拓扑结构类型,如图 3 所示。

PSS4B 将低频振荡分为 3 个频段:低频段、中频段和高频段,3 个频段的划分为解决 PSS2B 模型中单一函数所带来的增益变化大的不足提供了途径。但是模型补偿参数众多,IEEE 标准^[11]根据北美电网的应用给出了一组推荐参数,但未说明参数的整定方法;国内学者提出一些整定方法^[15-17],但在现场实施普遍较复杂。PSS4B 模型在推荐参数相移范围有限,仅适合无补偿相移范围较小的自并励系统,且无法保证在整个低频振荡范围内,PSS4B 出力矩始终保持与转速变化方向一致(-30°~30°),导

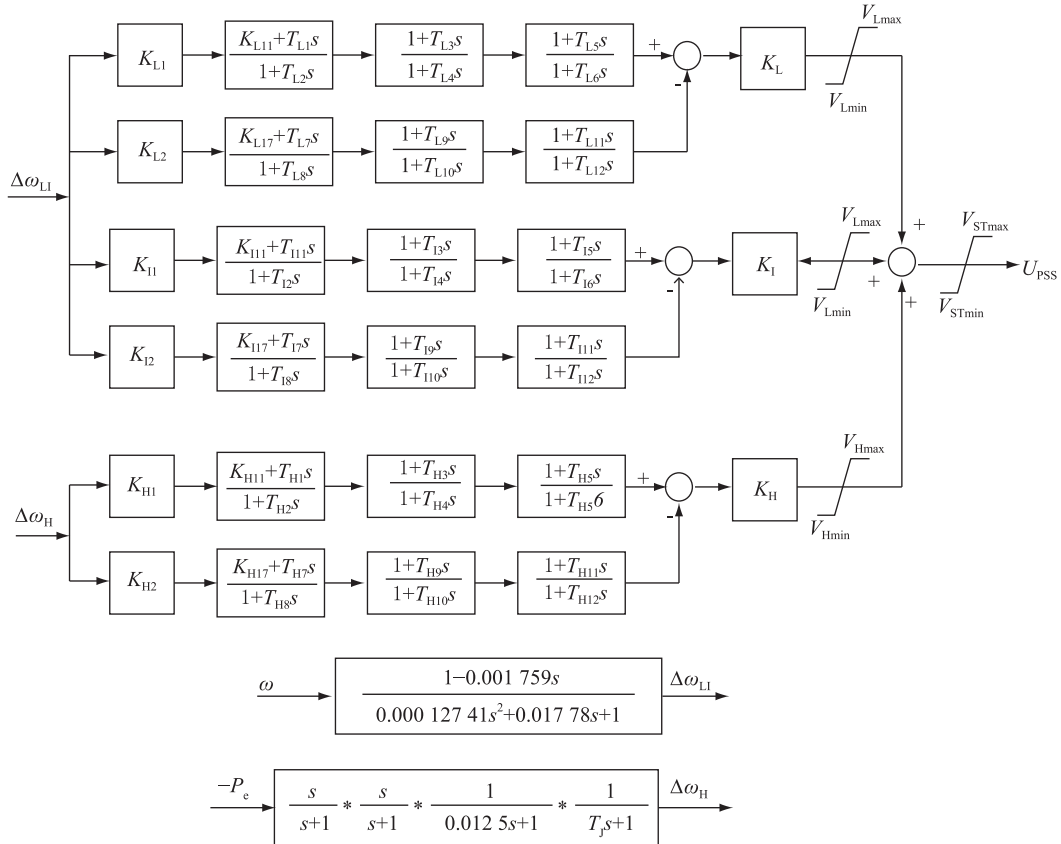


图 3 PSS4B 模型原理框图

Fig. 3 Principle diagram of PSS4B model

致 PSS4B 在高频段抑制效果降低。对于无补偿相移范围较大的励磁机励磁系统, PSS4B 推荐参数则无法适用,在高频段可能会引起发散性振荡,反而给电力系统安全运行带来负面影响。

基于以上问题,有 PSS4B-W^[3] 等新模型提出,如图 4 所示。PSS4B 输出经过多阶超前滞后相位补偿环节,规避了 PSS4B 众多参数难以现场整定的问题,也解决 PSS4B 中高频段相位偏移问题。

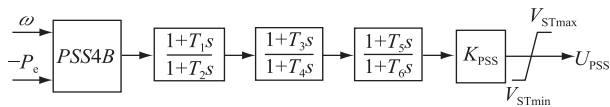


图 4 PSS4B-W 模型原理框图

Fig.4 Principle diagram of PSS4B-W model

由于现有主流模型 PSS2B 对低频段振荡阻尼效果较弱的缺陷,随着大电网互联导致系统振荡频率不断降低以及新模型的研究深入,后续可预期有更完善的模型由理论研究投入到实际应用。

2 外挂式 PSS 装置的功能需求

提出一种继续使用原励磁调节器的 PSS 改造、升级方案,现场增加一台外挂式 PSS 装置,完成 PSS 模型计算功能,将装置计算结果输出至励磁调节器,参与机端电压调节。基于此,对外挂式装置的基本软件功能以及硬件配置需求进行分析。

2.1 PSS 模型配置

面向当前及未来电网对发电机励磁系统 PSS 的要求,外挂式装置需要对当前主流模型如 PSS2B 以及研究热点且具有推广价值的模型如 PSS-NEW-B, PSS4B 等应当均有配置,同时预留硬件资源,方便后续新型 PSS 模型的扩展。

2.2 设备接口需求

2.2.1 与励磁调节器接口

外挂式 PSS 装置主体功能是完成 PSS 模型计算,并向励磁调节器传输模型计算值,需要能够与不同厂家励磁调节器输入接口匹配。

按照国内现场励磁系统 PSS 建模相位无补偿特性测试的需要,励磁调节器具备白噪声的输入接口。测试中,白噪声输入值替代调节器自身 PSS 模型输出,叠加至电压参考值。白噪声一般为 ± 5 V 或 4~20 mA 弱电信号。借用该端口,外挂式 PSS 装置配置该类型的数模转换(digital to analog, DA) 输出端口,输出计算值至励磁调节器替代内部 PSS 模型输出。

2.2.2 与电源管理单元等其他设备接口

励磁系统 PSS 功能涉及电网运行安全,是电网调度在线监测对象之一。PSS 投入/退出信号是

PSS 功能状态指示,需接入电源管理单元(power management unit, PMU) 装置或经 DCS/监控系统上传至调度端; PSS 计算输出值,需经装置 DA 输出口,以直流电流或电压信号接入 PMU 装置。相应的 PSS 装置需配置数字量输出节点及 DA 输出口。

2.3 发电机转子转速测量

PSS 输出的附加转矩必须与发电机转速变化量同相,才能加强机组的正阻尼,起到抑制低频振荡作用。转速测量的实时性和准确性对 PSS 抑制有功振荡有着直接的影响:测量越准确、间隔越小, PSS 调节越细致,调节效果越好;反之,测量偏差及延迟甚至会带来负阻尼,加剧系统的振荡。

当发电机空载时,发电机旋转速度与机端电压频率相同,所以有厂家采用机端电压频率信号近似代替发电机转速信号来简化计算。该方法通过测量正弦电压信号相邻过零点时间计算电压周期,50 Hz 稳态时,最小过零点间隔为半个周期,即最小测量间隔为 10 ms,测量间隔长。该方法忽略了定子电流对发电机合成内电势的影响,在发电机有功、无功变化时,存在测量偏差。

PSS4B 等对转速实时性要求高的模型,需要提供一种计算简单、测量快速、实时性高的转速测量方法。这也是 PSS 装置技术关键点及难点之一。

3 外挂式 PSS 装置的设计

3.1 软件设计

3.1.1 PSS 模型实现

配置 PSS2B, PSS4B 以及 PSS-NEW-B 等多种模型,模型 S 域传递函数通过 Z 变换转换成差分方程,供编程使用。为了便于现场 PSS 建模试验的进行,软件提供 PSS 模型内部变量输出。

3.1.2 发电机转子转速测量

励磁控制系统通常通过采样机端电压、电流等电气量,推导转子转速。由电机学基本原理可知,发电机转子转速即为发电机合成内电势相量 \dot{E}_q 的旋转速度。忽略铁心饱和和定子绕组电压降影响,发电机合成等效电路和电势相量图如图 5 所示。

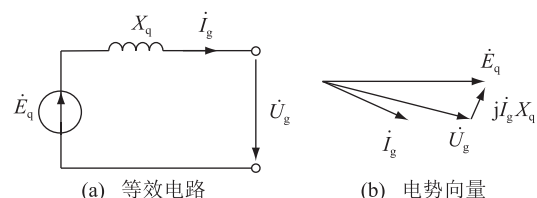


图 5 发电机合成等效电路和电势相量

Fig.5 Composite equivalent circuit and potential phasor of generator

\dot{E}_q 的计算公式为:

$$\dot{E}_q = \dot{U}_g + j\dot{I}_g X_q \quad (1)$$

式中: \dot{E}_q 是合成内电势相量; \dot{U}_g 是合成电枢电压相量; \dot{I}_g 是合成电枢电流相量; X_q 是发电机纵轴电抗。合成内电势相量 \dot{E}_q 的频率即为 \dot{E}_q 的旋转速度。

在此基础上,建立理想发电机模型的三相等效电路图和电势相量图,如图 6 所示。其中, $\dot{E}_{qa}, \dot{E}_{qb}, \dot{E}_{qc}$ 分别是理想发电机模型的 A,B,C 三相电枢电压相量, $\dot{U}_{ga}, \dot{U}_{gb}, \dot{U}_{gc}$ 分别是实际发电机 A,B,C 三相电枢电压相量, $\dot{I}_{ga}, \dot{I}_{gb}, \dot{I}_{gc}$ 分别是实际发电机 A,B,C 三相电枢电流相量, X_q 为发电机纵轴电抗。

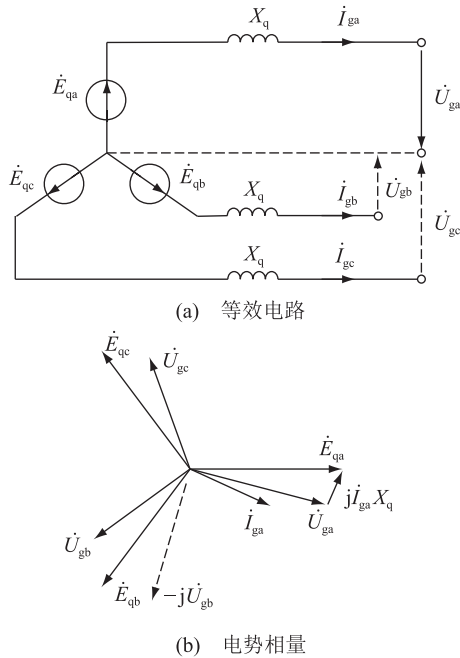


图 6 发电机三相等效电路图和电势相量

Fig. 6 Three-phase equivalent circuit and potential phasor of generator

发电机三相电枢线电压相量 $\dot{E}_{qbc}, \dot{E}_{qca}, \dot{E}_{qab}$ 的瞬时值计算公式如下:

$$\begin{cases} \dot{E}_{qa} = \dot{U}_{ga} + j\dot{I}_{ga} X_q \\ \dot{E}_{qb} = \dot{U}_{gb} + j\dot{I}_{gb} X_q \\ \dot{E}_{qc} = \dot{U}_{gc} + j\dot{I}_{gc} X_q \end{cases} \quad (2)$$

将式(2)进行旋转变换得:

$$\begin{cases} -j\dot{E}_{qa} = -j\dot{U}_{ga} + \dot{I}_{ga} X_q \\ -j\dot{E}_{qb} = -j\dot{U}_{gb} + \dot{I}_{gb} X_q \\ -j\dot{E}_{qc} = -j\dot{U}_{gc} + \dot{I}_{gc} X_q \end{cases} \quad (3)$$

如图 6(b) 所示,对标么值而言, $-j\dot{U}_{ga}$ 与发电机 BC 相线电压 \dot{U}_{gbc} 相位相同,大小相等, $-j\dot{E}_{qa}$ 与理想

发电机 BC 相线电压 \dot{E}_{qbc} 相位相同,大小相等,其他相依此类推,则上式可变换为:

$$\begin{cases} \dot{E}_{qbc} = \dot{U}_{gbc} + \dot{I}_{ga} X_q \\ \dot{E}_{qca} = \dot{U}_{gca} + \dot{I}_{gb} X_q \\ \dot{E}_{qab} = \dot{U}_{gab} + \dot{I}_{gc} X_q \end{cases} \quad (4)$$

通过以上相量的旋转和等效替换,上式中各计算项均不含 j 因子,理想发电机 $\dot{E}_{qbc}, \dot{E}_{qca}, \dot{E}_{qab}$ 相量的瞬时值直接由发电机三相电枢线电压和电枢电流瞬时采样值计算得到,而不需要任何相量变换,理想发电机各线电压的频率即为发电机转速。

合成内电势相量 \dot{E}_q 当前相位值 θ_1 计算公式为:

$$\theta_1 = \arccos \left[1 + 3 \left(\frac{\dot{E}_{qca} - \dot{E}_{qab}}{2\dot{E}_{qbc} - \dot{E}_{qca} - \dot{E}_{qab}} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (5)$$

在经过采样周期 ΔT 之后的另一采样时刻,得到内电势 \dot{E}_q 当前相位值 θ_2 ;则发电机转速为:

$$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta T} \quad (6)$$

每次采样完成一次运算, ΔT 取值越小,则转速的计算周期越短,测量延时越小。应用于 PSS 运算时,根据 PSS 对转速测量实时性的要求,转速测量间隔可选取在 0.2~1 ms,该计算周期远远小于采用过零点完成转速计算的 10~20 ms。

3.2 硬件设计

装置采用高性能 32 位微处理器 PowerPC+DSP 作为控制核心:PowerPC 负责顺序事件记录、录波、打印、对时、人机接口及与监控系统通讯等功能;DSP 负责 PSS 模型运算及相应的功能投退、模型切换等流程控制。DSP 与微处理器分工明确,通过内部通讯总线进行数据交互及资源共享,高性能的硬件保证了装置的实时计算能力。同时,装置硬件采用模块化设计,硬件模块可以通过内部高速总线扩展,具有较好的灵活性及可扩展性。装置的硬件结构图如图 7 所示。

CPU 插件由高性能 PowerPC 芯片、现场可编程门阵列芯片 FPGA、存储器、以太网控制器及其他外设组成,实现对整个装置的管理、人机界面、通信和录波等功能。

DSP 插件由高性能的数字信号处理器、光纤接口、16 位高精度模数转换回路以及其他外设组成,完成模拟量数据采集、控制计算等功能。

DA 输出插件配置多路通道,满足 PSS 计算值、

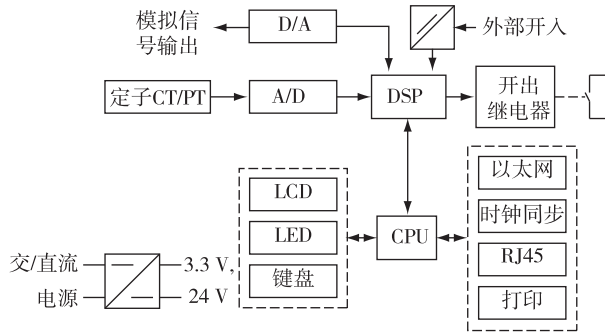


图7 外挂装置硬件结构

Fig. 7 Hardware structure diagram of external device

白噪声信号、有功无功、转速以及 PSS 计算中间值输出等,可供励磁调节器、PMU 装置、中控后台和进行 PSS 模型辨识试验使用。

开关量输出插件主要是向 PMU 装置和控制后台等表明当前装置的工作状态。

4 试验测试

搭建动模仿真系统对 PSS 外挂装置性能进行试验测试。系统采用单机无穷大模型,主回路如图 8 所示。380 V 测试发电机经过升压变连接到 1 kV 线路,经降压变与 380 V 电网系统连接。试验机组采用 15 kW 发电机,通过控制装置参数转化,模拟 20 kV,300 MW 机组运行。

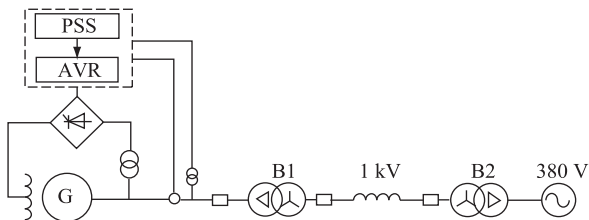


图8 动模系统回路示意图

Fig. 8 Circuit diagram of dynamic simulation system

励磁调节器以机端电压闭环调节运行,控制整流桥触发角度,维持机端电压稳定。外挂装置完成 PSS 运算,计算值输出至励磁调节器采样端口。

在外挂 PSS 装置中实现发电机转子转速的过零点测量及基于瞬时采样值快速测量,过零点测速转速计算间隔 10 ms,基于瞬时值测速计算间隔 250 μ s。在调节器机端电压参考值 5% 向上阶跃过程中,转速测量如图 9 所示。由于动模机组转动惯量较小,转速变化幅度较大。过零点采样受过零点时刻测量偏差的影响,振荡过程计算值出现 5 r/min 波动,且计算噪声较大,在图中 0.8~0.85 s 时间窗口内出现约 3 r/min 测量噪声。基于瞬时值测速最大 4.2 r/min 波动,同样 50 ms 采样窗口内最大测量噪声约 1 r/min。基于瞬时值测速,因计算间隔减小,

相比过零点测速,测量噪声频率增加,但波动幅值减小,测量更稳定。

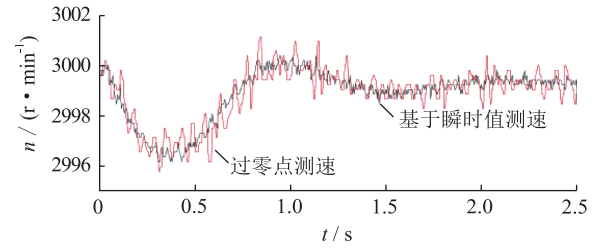


图9 转子转速测量对比

Fig.9 Comparison graph of rotor speed measurement

PSS 模型功能测试采用对比测试方式,在励磁调节器和外挂 PSS 装置内设置相同的 PSS 模型,调节器机端电压参考值进行 5% 向上阶跃,两者试验结果相互对比。

投入 PSS2B 模型,励磁调节器内 PSS 模型计算值及接收到的外挂装置输出值对比如图 10 所示,两装置模型输出值曲线接近。

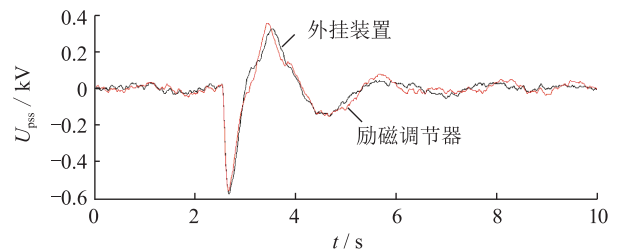


图10 励磁调节器及外挂装置 PSS 输出对比

Fig.10 Comparison graph of PSS model Output

投入 PSS2B 模型,励磁调节器分别叠加调节器内 PSS 模型计算值及外挂装置输出值,有功功率振荡对比如图 11 所示。

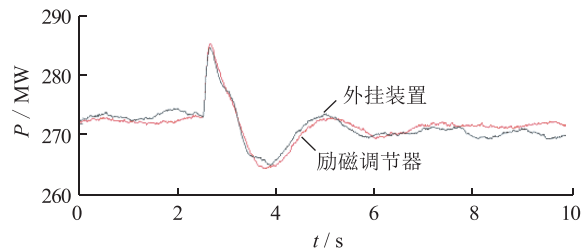


图11 投入 PSS2B 模型有功振荡对比

Fig. 11 Comparison graph of active power oscillation with PSS2B model input

2 种方式下,有功振荡抑制效果接近:有功功率峰值变化 12.3 MW,11.7 MW,振荡次数均为 2 次,频率约为 0.4 Hz。

投入 PSS4B 模型,励磁调节器分别叠加调节器内 PSS 模型计算值及外挂装置输出值,有功功率振荡对比如图 12 所示。2 种方式下,有功振荡抑制效果接近:有功功率峰值变化 12.8 MW,12.3 MW,振

荡次数均约为 1 次,频率约为 0.6 Hz。

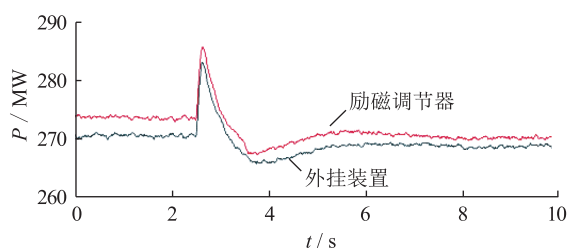


图 12 投入 PSS4B 模型有功振荡对比

Fig. 12 Comparison graph of active power oscillation with PSS4B model input

投入 PSS-NEW-B 模型,励磁调节器分别叠加调节器内 PSS 模型计算值及外挂装置输出值,有功功率波动对比如图 13 所示。2 种方式下,有功振荡抑制效果也比较接近:有功功率峰值变化 14.6 MW, 14.0 MW,振荡次数均为 2 次,频率约为 0.5 Hz。

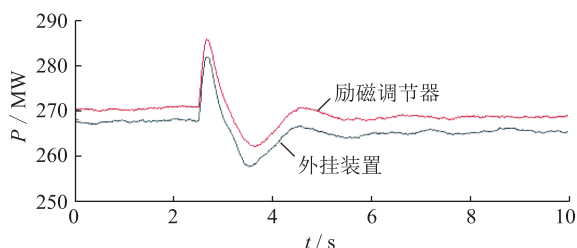


图 13 投入 PSS-NEW-B 模型有功振荡对比

Fig. 13 Comparison graph of active power oscillation with PSS-NEW-B model input

测试结果表明,外挂式装置具有和励磁调节器内部 PSS 模型接近的计算值;励磁调节器分别叠加调节器内 PSS 模型计算值及外挂装置输出值,有功功率低频振荡的抑制效果接近。外挂式装置可以替代调节器内部 PSS 模型,实现对有功低频振荡同样的抑制效果。

5 结论

文中介绍了多种 PSS 模型的结构及优缺点,分析了外挂式 PSS 装置的功能需求,提出了新型外挂式电力系统稳定器装置的软硬件设计方案。装置具备 PSS2B, PSS4B 和 PSS-NEW-B 等多模型,采用基于发电机三相等效电路和电势相量分析的发电机转子转速测量方法。通过交流发电机动模试验进行测试,试验结果验证了装置设计的实用性和功能的正确性。文中提出的装置具有硬件结构清晰、软件功能丰富,同时易于励磁调节器工程现场升级使用的特点。该装置借助 PSS 优化模型的实现,能够最大限度的发挥发电机励磁抑制电力系统有功低频振荡的作用,提高电网的稳定裕度。

参考文献:

- [1] 陈恩泽,刘涤尘,廖清芬,等.多重扰动下的跨区电网低频振荡研究[J].电工技术学报,2014,24(2):290-296.
CHEN Enze, LIU Dichen, LIAO Qingfen, et al. Research on low frequency oscillation of interconnected power grid based on multiple disturbances [J]. Transactions of China Electro technical Society, 2014, 24(2): 290-296.
- [2] 宋敦文,杨学涛,丁巧林,等.大规模互联电网低频振荡分析及控制方法综述[J].电网技术,2011,35(10):22-28.
SONG Dunwen, YANG Xuetao, DING Qiaolin, et al. A survey on analysis on low frequency oscillation in large-scale interconnected power grid and its control measures [J]. Power System Technology, 2011, 35(10): 22-28.
- [3] 吴跨宇,吴龙,卢岑岑,等.一种改进型 PSS4B 电力系统稳定器的工程化应用研究[J].电力系统保护与控制,2015,43(14):113-119.
WU Kuayu, WU Long, LU Cencen, et al. Engineering application of an improved PSS4B power system stabilizer [J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(14): 113-119.
- [4] 吴跨宇,卢岑岑,吴龙,等.一种新型双信号电力系统稳定器及其仿真研究[J].电网技术,2016,40(5):1462-1468.
WU Kuayu, LU Cencen, WU Long, et al. A new PSS with double-signal input and its simulation research [J]. Power System Technology, 2016, 40(5): 1462-1468.
- [5] 叶慧,戴申华,桂国亮.具有多模型适应性的发电机 PSS 参数优化方法[J].江苏电机工程,2012,31(5):18-20.
YE Hui, DAI Shenhua, GUI Guoliang. The optimization method of generator PSS parameter with multi-model adaption [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2012, 31(5): 18-20.
- [6] 王晓伟,蒋平,高磊,等.江苏电网电力系统稳定器参数辨识研究[J].江苏电机工程,2007,26(2):6-9.
WANG Xiaowei, JIANG Ping, GAO Lei, et al. Research on parameter identification of power system stabilizer in jiangsu power grid [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2007, 26(2): 6-9.
- [7] Q/GDW143-2012 电力系统稳定器整定试验导则[S].北京:中国电力出版社,2012.
Q/GDW143-2012 Guide for setting test of power system stabilizer [S]. Beijing: China Electric Power Press, 2012.
- [8] 刘取.电力系统稳定性及发电机励磁控制[M].北京:中国电力出版社,2007.
LIU Qu. Power system stability and generator excitation control [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2007.
- [9] 李基成.现代同步发电机励磁系统设计及应用[M].北京:中国电力出版社,2009.
LI Jicheng. Design & application of modern synchronous generator excitation system [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2009.
- [10] 王铁强,贺仁睦,王卫国,等.电力系统低频振荡机理的研究[J].中国电机工程学报,2002,22(2):22-26.
WANG Lieqiang, HE Renmu, WANG Weiguang, et al. The mechanism study of low frequency oscillation in power system [J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engi-

- neering, 2002, 22(2): 22-26.
- [11] IEEE Std 421.5-2005 IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies [S].
- [12] 刘子全, 高磊, 赵娟, 等. 一种可有效提高临界增益的改进型电力系统稳定器[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(8): 1875-1881.
- LIU Ziquan, GAO Lei, ZHAO Xian, et al. An improved power system stabilizer for higher critical gain[J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engineering, 2015, 35(8): 1875-1881.
- [13] 刘明群, 刘喜泉. 宽频段电力系统稳定器研究[J]. 云南电力技术, 2015, 43(4): 72-74.
- LIU Mingqun, LIU Xiquan. Study on broadband power system stabilizer[J]. Yunnan Electric Power, 2015, 43(4): 72-74.
- [14] 冯楠, 郭李娟, 符金伟, 等. 电力系统稳定器研究综述[J]. 陕西电力, 2013, (11): 45-50.
- FENG Nan, GUO Lijuan, FU Jinwei, et al. Research summary of power system stabilizer [J]. Shanxi Electric Power, 2013, (11): 45-50.
- [15] 邱磊, 王克文, 李奎奎, 等. 多频段 PSS 结构设计和参数协调[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(5): 102-107.
- QIU Lei, WANG Kewen, LI Kuikui, et al. Construction design and parameter coordination of multi-band PSS [J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(5): 102-107.
- [16] 赵晓伟, 谢欢, 吕思昕, 等. 电力系统稳定器 PSS4B 的参数整定及现场试验[J]. 电网技术, 2016, 40(2): 508-513.
- ZHAO Xiaowei, XIE Huan, LV Sixin, et al. Parameter setting and on-site test of power system stabilizer -PSS4B[J]. Power System Technology, 2016, 40(2): 508-513.
- [17] 杜颖, 王克文, 王君亮, 等. PSS4B 型电力系统稳定器参数整定[J]. 电测与仪表, 2014, 51(21): 67-73.
- DU Ying, WANG Kewen, WANG Junliang, et al. Parameter setting of power system stabilizer PSS4B[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2014, 51(21): 67-73.

作者简介:



韩兵

韩兵(1985—),男,山东济宁人,硕士,工程师,主要研究方向为电力系统和电力电子技术应用(E-mail: wildhogs@163.com);

吴龙(1970—),男,江苏宿迁人,硕士,教授级高级工程师,主要研究方向为电力系统自动化;

吴跨宇(1979—),男,浙江萧山人,硕士,高级工程师,主要研究方向为发电机励磁系统及电力系统分析;

石祥建(1980—),男,江苏徐州人,硕士,高级工程师,主要研究方向为电力系统和电力电子技术应用;

卢岑岑(1986—),女,浙江杭州人,硕士,工程师,主要研究方向为发电机励磁及电力系统分析。

Design and Realization of New External Power System Stabilizer Device

HAN Bing¹, WU Long¹, WU Kuayu², SHI Xiangjian¹, LU Cencen²

(1. NARI Relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211102, China;

2. State Grid Zhejiang Electric Power Research Institute, Hangzhou 310014, China)

Abstract: For the application requirements of power system stabilizer for generator excitation system, the functional requirements of PSS devices are analyzed. And a new external power system stabilizer device based on PowerPC + DSP as the control core is proposed. The hardware and software design of the device is described, and a real-time measurement method of the generator rotor speed is proposed. The efficiency and applicability of this device are demonstrated by dynamic simulation test. The device provides a way to realize the transformation and upgrading of PSS for excitation system through the external device, which can enhance the effect of the generator on suppressing the low frequency oscillation of the power system and improve the stability margin of the power grid.

Key words: power system stabilizer; device; external; design

(编辑 钱悦)