



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108631330 A

(43)申请公布日 2018. 10. 09

(21)申请号 201810318461.1

(22)申请日 2018.04.11

(71)申请人 湖北工业大学

地址 430068 湖北省武汉市洪山区南李路
28号

(72)发明人 赵熙临 何晶晶 林震宇 汤倩
龚梦 苏浩

(74)专利代理机构 武汉帅丞知识产权代理有限
公司 42220

代理人 朱必武

(51) Int. Cl.

H02J 3/24(2006.01)

H02J 3/38(2006.01)

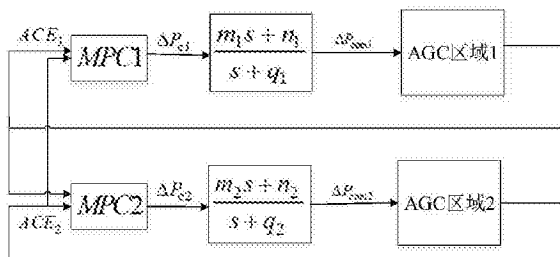
权利要求书1页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

一种基于系统结构补偿的自动发电控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于系统结构补偿的自动发电控制(AGC)方法。由于分布式发电环节的存在会使传统AGC复杂化,以含光伏电力系统为例,研究在分布式发电环节发电功率的不确定性状态下,如何消除对分布式发电系统AGC的频率控制带来的不利影响。通过引入串联补偿环节,对系统结构进行调整,以减小分布式发电系统不确定性对AGC造成的频率波动,从而实现互联网AGC系统的稳定控制。



1. 一种基于系统结构补偿的自动发电控制方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:

(1) 引入补偿环节传递函数:

$$G_c(s) = \frac{ms+n}{s+q}$$

其中,当 $q=0$ 时, $G_c(s)$ 等效为一个PI控制器;当 $q=0$ 且 $n=0$ 时, $G_c(s)$ 等效为一个比例环节,此时可通过调整 m 值来改变系统增益;

在控制器与执行机构间增加补偿环节,以实现对该控制器的补偿;

(2) 在(1)所述补偿环节作用下,通过粒子群算法进行全局寻优得到补偿环节待优化参数的参数最优解;

(3) 得到补偿环节中第 i 个区域待优化参数 m_i 、 n_i 、 q_i , $i=1, 2, \dots, n$,的参数最优解并自动带入系统实施补偿。

2. 根据权利要求1所述的基于系统结构补偿的自动发电控制方法,其特征在于,步骤(1)中,具体实现过程包括:

步骤1:模型预测控制系统的分析是基于研究对象的数学模型,假设研究对象数学模型如下所示:

$$\dot{X}_i(t) = A_{ii}X_i(t) + B_{ii}U(t) + F_{ii}W_i(t) + \sum_{i \neq j} (A_{ij}X_j(t) + B_{ij}U_j(t) + F_{ij}W_j(t))$$

$$Y_i(t) = C_{ii}X_i(t)$$

$$(i=1, 2; j=1, 2)$$

式中, $X_i \in R^n$, $U_i \in R^m$, $W_i \in R^k$, $Y_i \in R^r$ 分别代表第 i 个区域系统状态变量、控制变量、扰动变量和输出变量,其中:

$$X_i = [\Delta f_i \quad \Delta P_{ti} \quad \Delta P_{ri} \quad \Delta X_{gi} \quad \Delta P_{t12}]^T$$

$$U_i = [\Delta P_{ci}]$$

$$W_i = [\Delta P_{Li}]$$

$$Y_i = [ACE_i \quad \Delta f_i \quad \Delta P_{t12}]^T$$

$X_j \in R^n$, $U_j \in R^m$, $W_j \in R^k$, $Y_j \in R^r$ 分别代表与第 i 个区域的相邻的第 j 个区域系统的状态变量、控制变量、扰动变量和输出变量, A_{ii} , B_{ii} , F_{ii} , C_{ii} , A_{ij} , B_{ij} , F_{ij} 分别为对应维度的参数矩阵;

步骤2:在控制器与执行机构间增加补偿环节,以实现对该控制器的补偿,加入串联补偿环节后,系统的状态变量、控制变量、扰动变量和输出变量变为:

$$X_i = [\Delta f_i \quad \Delta P_{ti} \quad \Delta P_{ri} \quad \Delta X_{gi} \quad \Delta P_{t12} \quad \Delta P_{comi}]^T$$

$$U_i = [\Delta P_{ci}] \quad W_i = [\Delta P_{Li}]$$

$$Y_i = [ACE_i \quad \Delta f_i \quad \Delta P_{t12}]^T。$$

一种基于系统结构补偿的自动发电控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及AGC(Automatic Generation Control,自动发电控制)控制领域,具体涉及一种基于系统结构补偿的自动发电控制(AGC)方法,由于分布式发电环节的存在会使传统AGC复杂化,以含光伏电力系统为例,研究在分布式发电环节发电功率的不确定性状态下,如何消除对分布式发电系统AGC的频率控制带来的不利影响。

背景技术

[0002] 近年来,随着能源需求与环境污染矛盾的日益尖锐,清洁能源发电容量不断提高,这种情况使传统AGC过程更加复杂,这种复杂性体现在:一是光伏发电不确定性不可避免会对AGC产生负面影响;二是AGC的相对转动惯量的减小导致频率波动变大。目前针对此问题出现了多种控制方法:基于模糊控制PID的AGC系统控制策略、基于分数阶PID控制的AGC研究、基于平衡域动态模型的自适应AGC方法、基于搜索算法的滑膜控制的互联电网AGC。基于模糊控制PID的AGC系统控制策略能有效提高系统的稳定性,改善超调及动态性能;基于分数阶PID控制的AGC研究对负载变化具有很高的灵敏度,避免了暂态频率振荡;基于平衡域动态模型的自适应AGC方法保证了系统具有较强的鲁棒性、非线性适应性及CPS指标;基于搜索算法的滑膜控制的互联电网AGC保证了系统非线性约束下具有较好的动态性能。上述列举控制方法虽然能够保证控制系统的稳定性和动态性能,但综合来看,上述控制方法普遍不适用于大型控制系统,而实际控制过程中,AGC涉及区域较大较多。因此,以最优化理论为内核的控制方式,如模型预测控制在AGC领域得到了迅速发展。

[0003] 鉴于MPC不仅能提升对具有时滞性、非线性和不确定性特征系统控制的鲁棒性,还能实现控制量实时在线优化和控制域的灵活改变。所以,模型预测控制算法对于AGC系统的复杂控制需求的处理有很大的参考意义。

[0004] 模型预测控制(Model predictive control,MPC)技术从上世纪70年代问世以来,已经从最初在工业过程中应用的启发式控制算法发展成为一个具有丰富理论和实践内容的新的学科分支。预测控制针对的是有优化需求的控制问题,30多年来预测控制在复杂工业过程中所取得的成功,已充分显现出其处理复杂约束优化控制问题的巨大潜力。进入本世纪以来,随着科学技术的进步和人类社会的发展,人们对控制提出了越来越高的要求,不再满足于传统的整定设计,而希望控制系统能通过优化获得更好的性能。同时,优化受到了更多因素的制约,除了传统执行机构等物理条件的约束外,还要考虑各种工艺性、安全性、经济性(质量、能耗等)和社会性(环保、城市治理等)指标的约束,这两方面的因素对复杂系统的约束优化控制提出了新的挑战。

[0005] 模型预测控制是一种基于模型的闭环优化控制算法,其算法的核心是:可预测未来的动态模型,在线反复优化计算并滚动实施的控制作用和模型误差的反馈校正。模型预测控制具有控制效果好、鲁棒性强等优点,可有效地克服过程的不确定性、非线性和并联性,并能方便的处理过程被控变量和操纵变量中的各种约束。

[0006] 模型预测控制算法是一种滚动的优化算法:在每一时刻以系统的当前状态为初始

状态,通过在线求解一个有限时域的优化问题而得到一个控制序列,并将该序列的第一项作为输入应用到系统中,在下一个采样时刻,重复上述过程。

[0007] 在AGC的实际控制过程中,当光伏系统接入电网时,光伏发电系统的输出功率变化将影响电力系统负荷与资源的平衡。然而,光伏发电系统的输出功率变化是不可避免的。所以需要提出一种系统结构补偿方法来减小分布式发电系统不确定性对AGC造成的频率波动。

发明内容

[0008] 本发明的目的是:提供一种基于系统结构补偿的自动发电控制(AGC)方法,通过引入串联补偿环节,对系统结构进行调整,以减小分布式发电系统不确定性对AGC造成的频率波动,从而实现互联电网AGC系统的稳定控制。

[0009] 为了达到上述目的,本发明所采用的技术方案是:一种基于系统结构补偿的自动发电控制方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:

[0010] (1) 引入补偿环节传递函数:

$$[0011] \quad G_c(s) = \frac{ms+n}{s+q}$$

[0012] 其中,当 $q=0$ 时, $G_c(s)$ 等效为一个PI控制器;当 $q=0$ 且 $n=0$ 时, $G_c(s)$ 等效为一个比例环节,此时可通过调整 m 值来改变系统增益;

[0013] 在控制器与执行机构间增加补偿环节,以实现对该控制器的补偿;

[0014] (2) 在(1)所述补偿环节作用下,通过粒子群算法进行全局寻优得到补偿环节待优化参数的参数最优解;

[0015] (3) 得到补偿环节中第 i 个区域待优化参数 m_i 、 n_i 、 q_i , $i=1, 2, \dots, n$,的参数最优解并自动带入系统实施补偿。

[0016] 进一步地,步骤(1)中,具体实现过程包括:

[0017] 步骤1:模型预测控制系统的分析是基于研究对象的数学模型,假设研究对象数学模型如下所示:

$$[0018] \quad \dot{X}_i(t) = A_{ii}X_i(t) + B_{ii}U_i(t) + F_{ii}W_i(t) + \sum_{i \neq j} (A_{ij}X_j(t) + B_{ij}U_j(t) + F_{ij}W_j(t))$$

$$[0019] \quad Y_i(t) = C_{ii}X_i(t)$$

$$[0020] \quad (i=1, 2; j=1, 2)$$

[0021] 式中, $X_i \in R^n$, $U_i \in R^m$, $W_i \in R^k$, $Y_i \in R^r$ 分别代表第 i 个区域系统状态变量、控制变量、扰动变量和输出变量,其中:

$$[0022] \quad X_i = [\Delta f_i \quad \Delta P_{ti} \quad \Delta P_{ri} \quad \Delta X_{gi} \quad \Delta P_{t12}]^T$$

$$[0023] \quad U_i = [\Delta P_{ci}]$$

$$[0024] \quad W_i = [\Delta P_{Li}]$$

$$[0025] \quad Y_i = [ACE_i \quad \Delta f_i \quad \Delta P_{t12}]^T$$

[0026] $X_j \in R^n$, $U_j \in R^m$, $W_j \in R^k$, $Y_j \in R^r$ 分别代表与第 i 个区域的相邻的第 j 个区域系统的状态变量、控制变量、扰动变量和输出变量, A_{ii} , B_{ii} , F_{ii} , C_{ii} , A_{ij} , B_{ij} , F_{ij} 分别为对应维度的参数矩阵;

[0027] 步骤2:在控制器与执行机构间增加补偿环节,以实现对该控制器的补偿,加入串联

补偿环节后,系统的状态变量、控制变量、扰动变量和输出变量变为:

$$[0028] \quad X_i = [\Delta f_i \quad \Delta P_{ti} \quad \Delta P_{ri} \quad \Delta X_{gi} \quad \Delta P_{t12} \quad \Delta P_{comi}]^T$$

$$[0029] \quad U_i = [\Delta P_{ci}] \quad W_i = [\Delta P_{Li}]$$

$$[0030] \quad Y_i = [ACE_i \quad \Delta f_i \quad \Delta P_{t12}]^T。$$

[0031] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:本发明采用一种基于系统结构补偿的自动发电控制(AGC)方法,减小了光伏发电功率输出突变对AGC的影响,实现了互联电网AGC系统的稳定控制。

附图说明

[0032] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0033] 图1两区域互联电网分布式发电AGC系统动态模型;

[0034] 图2补偿后系统框图;

[0035] 图3阶跃信号下 ACE_1 响应曲线;

[0036] 图4阶跃信号下 ACE_2 响应曲线;

[0037] 图5阶跃信号下 Δf_1 响应曲线;

[0038] 图6阶跃信号下 Δf_2 响应曲线;

[0039] 图7区域1光伏发电系统输出;

[0040] 图8区域2光伏发电系统输出;

[0041] 图9考虑光伏 ACE_1 响应曲线;

[0042] 图10考虑光伏 ACE_2 响应曲线;

[0043] 图11考虑光伏 Δf_1 响应曲线;

[0044] 图12考虑光伏 Δf_2 响应曲线。

具体实施方式

[0045] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0046] 本发明涉及一种基于系统结构补偿的自动发电控制(AGC)方法。由于分布式发电环节的存在会使传统AGC复杂化,以含光伏电力系统为例,研究在分布式发电环节发电功率的不确定性状态下,如何消除对分布式发电系统AGC的频率控制带来的不利影响。通过引入串联补偿环节,对系统结构进行调整,以减小分布式发电系统不确定性对AGC造成的频率波动,从而实现互联电网AGC系统的稳定控制。

[0047] 一种用于互联电网自动发电控制(AGC)的光伏发电不确定性补偿方法,所述方法包括如下步骤:

[0048] (1) 引入补偿环节传递函数:

$$[0049] \quad G_c(s) = \frac{ms+n}{s+q}$$

[0050] 其中,当 $q=0$ 时, $G_c(s)$ 等效为一个PI控制器;当 $q=0$ 且 $n=0$ 时, $G_c(s)$ 等效为一个比例环节,此时可通过调整 m 值来改变系统增益;

[0051] 在控制器与执行机构间增加补偿环节,以实现对该控制器的补偿;

[0052] 上述步骤的具体实现过程包括:

[0053] 步骤1:模型预测控制系统的分析是基于研究对象的数学模型,假设研究对象数学模型如下所示:

$$[0054] \quad \dot{X}_i(t) = A_{ii}X_i(t) + B_{ii}U(t) + F_{ii}W_i(t) + \sum_{i \neq j} (A_{ij}X_j(t) + B_{ij}U_j(t) + F_{ij}W_j(t))$$

$$[0055] \quad Y_i(t) = C_{ii}X_i(t)$$

$$[0056] \quad (i=1,2; j=1,2)$$

[0057] 式中, $X_i \in R^n$, $U_i \in R^m$, $W_i \in R^k$, $Y_i \in R^r$ 分别代表第 i 个区域系统状态变量、控制变量、扰动变量和输出变量。其中:

$$[0058] \quad X_i = [\Delta f_i \quad \Delta P_{ti} \quad \Delta P_{ri} \quad \Delta X_{gi} \quad \Delta P_{t12}]^T$$

$$[0059] \quad U_i = [\Delta P_{ci}]$$

$$[0060] \quad W_i = [\Delta P_{Li}]$$

$$[0061] \quad Y_i = [ACE_i \quad \Delta f_i \quad \Delta P_{t12}]^T$$

[0062] $X_j \in R^n$, $U_j \in R^m$, $W_j \in R^k$, $Y_j \in R^r$ 分别代表与第 i 个区域的相邻的第 j 个区域系统的状态变量、控制变量、扰动变量和输出变量。 A_{ii} , B_{ii} , F_{ii} , C_{ii} , A_{ij} , B_{ij} , F_{ij} 分别为对应维度的参数矩阵。

[0063] 步骤2:在控制器与执行机构间增加补偿环节,以实现对该控制器的补偿。加入串联补偿环节后,系统的状态变量、控制变量、扰动变量和输出变量变为:

$$[0064] \quad X_i = [\Delta f_i \quad \Delta P_{ti} \quad \Delta P_{ri} \quad \Delta X_{gi} \quad \Delta P_{t12} \quad \Delta P_{comi}]^T$$

$$[0065] \quad U_i = [\Delta P_{ci}] \quad W_i = [\Delta P_{Li}]$$

$$[0066] \quad Y_i = [ACE_i \quad \Delta f_i \quad \Delta P_{t12}]^T$$

[0067] 加入串联补偿环节的系统框图如图2所示。

[0068] (2)在(1)所述补偿环节作用下,通过粒子群算法(PSO)进行全局寻优得到补偿环节的参数 m_1 、 n_1 、 q_1 、 m_2 、 n_2 、 q_2 的参数最优解。

[0069] (3)得到补偿环节中六个待优化参数 m_1 、 n_1 、 q_1 、 m_2 、 n_2 、 q_2 的参数最优解并自动带入系统实施补偿。

[0070] 下面根据具体实施例对本发明进行说明。本发明选用的实验平台为两区域互联电网AGC系统,其数学模型为:

$$[0071] \quad \dot{X}_i(t) = A_{ii}X_i(t) + B_{ii}U(t) + F_{ii}W_i(t) + \sum_{i \neq j} (A_{ij}X_j(t) + B_{ij}U_j(t) + F_{ij}W_j(t))$$

$$[0072] \quad Y_i(t) = C_{ii}X_i(t)$$

$$[0073] \quad (i=1,2; j=1,2)$$

[0074] 式中, $X_i \in R^n$, $U_i \in R^m$, $W_i \in R^k$, $Y_i \in R^r$ 分别代表第 i 个区域系统状态变量、控制变量、扰动变量和输出变量。其中:

$$[0075] \quad X_i = [\Delta f_i \quad \Delta P_{ti} \quad \Delta P_{ri} \quad \Delta X_{gi} \quad \Delta P_{t12}]^T$$

$$[0076] \quad U_i = [\Delta P_{ci}]$$

$$[0077] \quad W_i = [\Delta P_{Li}]$$

$$[0078] \quad Y_i = [ACE_i \quad \Delta f_i \quad \Delta P_{t12}]^T$$

[0079] $X_j \in R^n, U_j \in R^m, W_j \in R^k, Y_j \in R^r$ 分别代表与第*i*个区域的相邻的第*j*个区域系统的状态变量、控制变量、扰动变量和输出变量。

$$[0080] \quad A_{11} = \begin{bmatrix} \frac{-D_1}{M_1} & \frac{1}{M_1} & 0 & 0 & \frac{-1}{M_1} & 0 \\ 0 & \frac{-1}{T_{d1}} & \frac{1}{T_{d1}} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{-m_1 K_{r1}}{R_1 T_{g1}} & 0 & \frac{-1}{T_{r1}} & \frac{1}{T_{r1}} - \frac{K_{r1}}{T_{g1}} & 0 & 0 \\ \frac{-m_1}{R_1 T_{g1}} & 0 & 0 & \frac{-1}{T_{g1}} & 0 & 0 \\ 2\pi T_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{n_1 - m_1 q_1}{R_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & -q_1 \end{bmatrix}$$

$$[0081] \quad A_{22} = \begin{bmatrix} \frac{-D_2}{M_2} & \frac{1}{M_2} & 0 & 0 & \frac{1}{M_2} & 0 \\ \frac{-1}{T_{d2}} & \frac{1}{T_{d2}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{-m_2 K_{r2}}{R_2 T_{g2}} & 0 & \frac{-1}{T_{r2}} & \frac{1}{T_{r2}} - \frac{K_{r2}}{T_{g2}} & 0 & 0 \\ \frac{-m_2}{R_2 T_{g2}} & 0 & 0 & \frac{-1}{T_{g2}} & 0 & 0 \\ 2\pi T_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{n_2 - m_2 q_2}{R_2} & 0 & 0 & 0 & 0 & -q_2 \end{bmatrix}$$

$$[0082] \quad B_{11} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{K_{r1}}{T_{g1}} & \frac{1}{T_{g1}} & 0 & n_1 - m_1 q_1 \end{bmatrix}^T \quad B_{22} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{K_{r2}}{T_{g2}} & \frac{1}{T_{g2}} & 0 & n_2 - m_2 q_2 \end{bmatrix}^T$$

$$[0083] \quad F_{11} = \begin{bmatrix} \frac{-1}{M_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T \quad F_{22} = \begin{bmatrix} \frac{-1}{M_2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T$$

$$[0084] \quad A_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2\pi T_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad A_{21} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2\pi T_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[0085] \quad C_{11} = \begin{bmatrix} B_1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad C_{22} = \begin{bmatrix} B_2 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[0086] \quad B_{12} = B_{21} = 0_{6 \times 1} \quad F_{12} = F_{21} = 0_{6 \times 1}$$

[0087] 根据上文的数学模型,利用MATLAB中模型预测控制的工具箱,构建出两区域互联电网AGC系统的模型,如图1所示,在图1中,将 ACE_1 、 ACE_2 的期望值作为MPC控制器的输入,每一采样时刻,MPC控制器会计算出一个最优序列。

[0088] 表1两区域互联AGC系统动态模型仿真参数

[0089] Table 1 Simulation parameters of dynamic model of two regional interconnected AGC system

| 参数 | 区域 1 | 区域 2 |
|----------|------|------|
| M_i | 11 | 12.5 |
| D_i | 2.75 | 2.0 |
| B_i | 28 | 19 |
| R_i | 0.04 | 0.06 |
| K_{vi} | 0.3 | 0.4 |
| T_{gi} | 0.15 | 0.1 |
| T_{ri} | 11 | 9 |
| T_{ti} | 0.2 | 0.3 |
| T_{12} | 0.85 | |

[0091] 设置仿真采样周期为0.01s,考虑光伏发电系统输出突变,采用上述系统补偿方式实现AGC控制,并与未加入补偿前的仿真结果进行对比。

[0092] 以阶跃信号为输入对两区域互联电网AGC进行仿真,通过粒子群算法(PSO)进行全局寻优得到的参数最优解如表2所示。

[0093] 表2阶跃信号下参数最优解

[0094] Table 2 Parameters optimal solution under step signal

| 参数 | 最优解 |
|-------|-----------------------|
| m_1 | 5.187 793 973 963 098 |
| n_1 | 4.591 708 935 793 283 |
| q_1 | 0.763 401 703 669 231 |
| m_2 | 5.107 249 768 899 896 |
| n_2 | 6.428 451 138 599 305 |
| q_2 | 0.579 802 457 772 249 |

[0096] 为研究各种扰动情况下,采用本发明所提方法进行控制的AGC系统的动态性能和稳定性,给定区域1的扰动负荷 ΔP_{L1} 为0.04pu,区域2的扰动负荷 ΔP_{L2} 为0.02pu,测试扰动输入为阶跃信号时AGC系统的各输出响应,如图3~6所示。

[0097] 从图3~6中可以看出,采取系统补偿后各输出超调量减小,调节时间大大缩短,且系统最终趋于稳定。

[0098] 进一步地,为验证采用本发明所提方法时,能减小光伏发电不确定性对AGC系统的影响,考虑光伏不确定性,当光伏输入为图7、图8所示时,则两区域输出响应如图9~12所示。

[0099] 图9~12表明在DMPC控制方式下,当光伏发电系统存在,且其输出功率产生突变情况下时,对系统进行补偿相比无系统补偿的AGC系统各输出曲线不仅超调量大大减小,而且调节时间也大大缩短,且系统最终趋于稳定。可见针对光伏发电系统存在的分布式发电系统AGC,加入系统补偿环节能很大程度减小光伏发电输出突变给AGC带来的频率波动,控制

效果更优。该输出波形验证了本发明所提的用于互联电网自动发电控制 (AGC) 的可变域MPC控制方法的可行性与有效性。

[0100] 相比控制域固定的情况下,控制域可变时系统各输出响应的超调量更小,且控制域固定时,超调量随着控制域的增大而减小,系统最终均趋于稳定。该输出波形验证了本发明所提的用于互联电网自动发电控制 (AGC) 的光伏发电不确定性补偿方法的可行性与有效性。

[0101] 应当理解的是,本说明书未详细阐述的部分均属于现有技术。

[0102] 应当理解的是,上述针对较佳实施例的描述较为详细,并不能因此而认为是对本发明专利保护范围的限制,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明权利要求所保护的范围情况下,还可以做出替换或变形,均落入本发明的保护范围之内,本发明的请求保护范围应以所附权利要求为准。

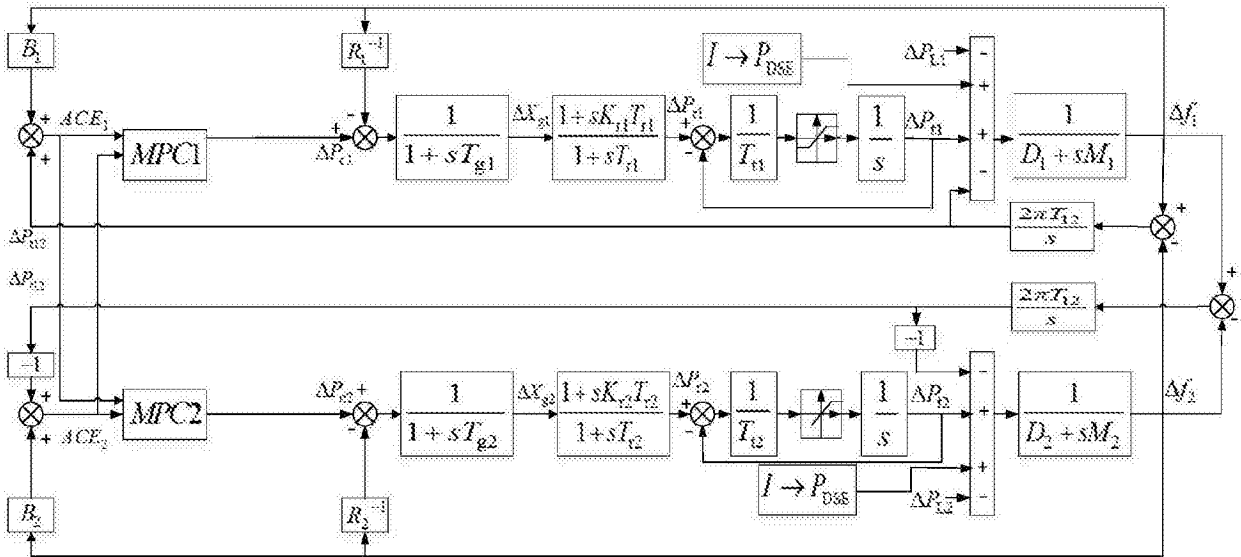


图1

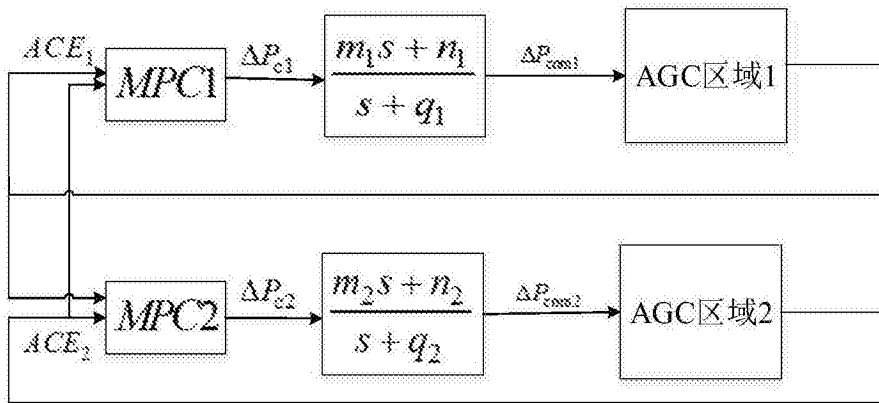


图2

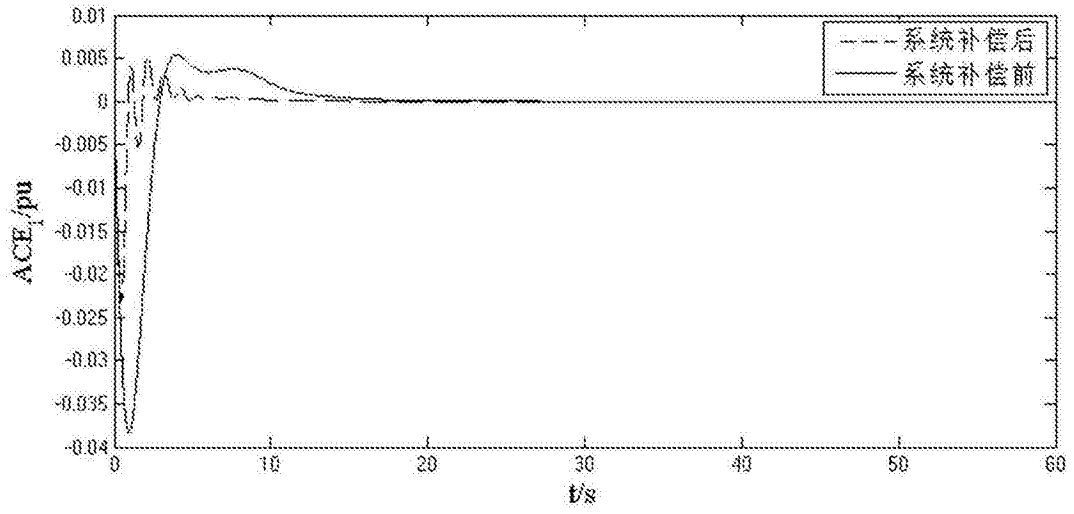


图3

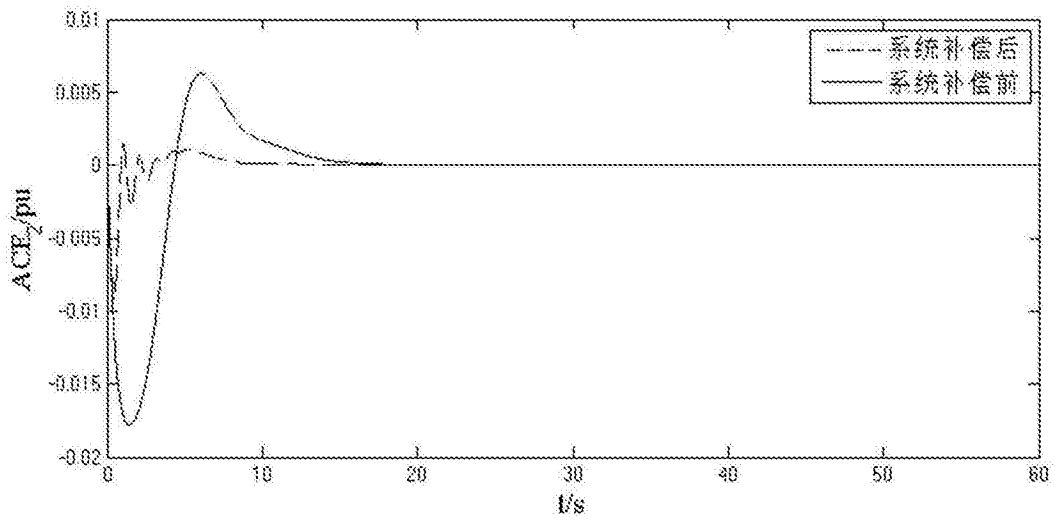


图4

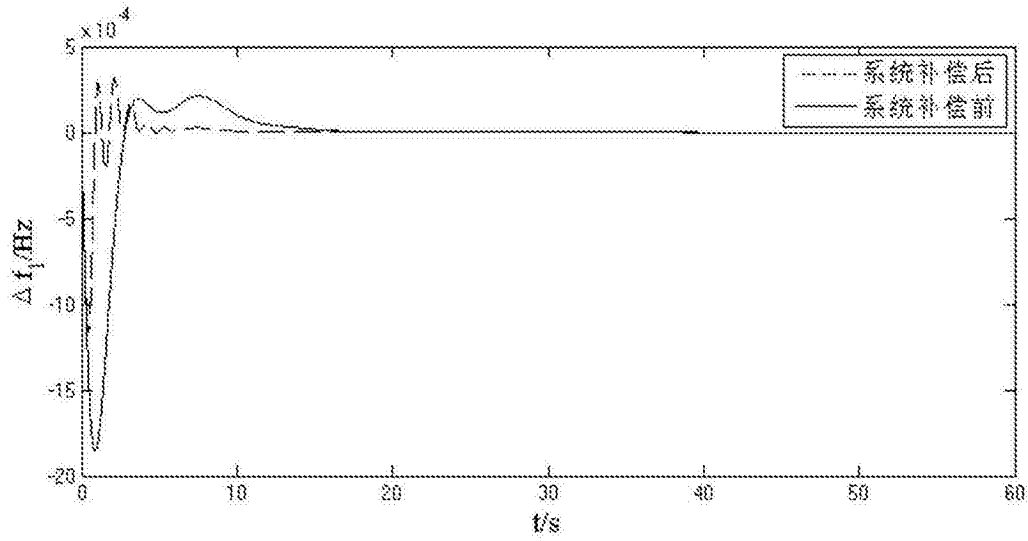


图5

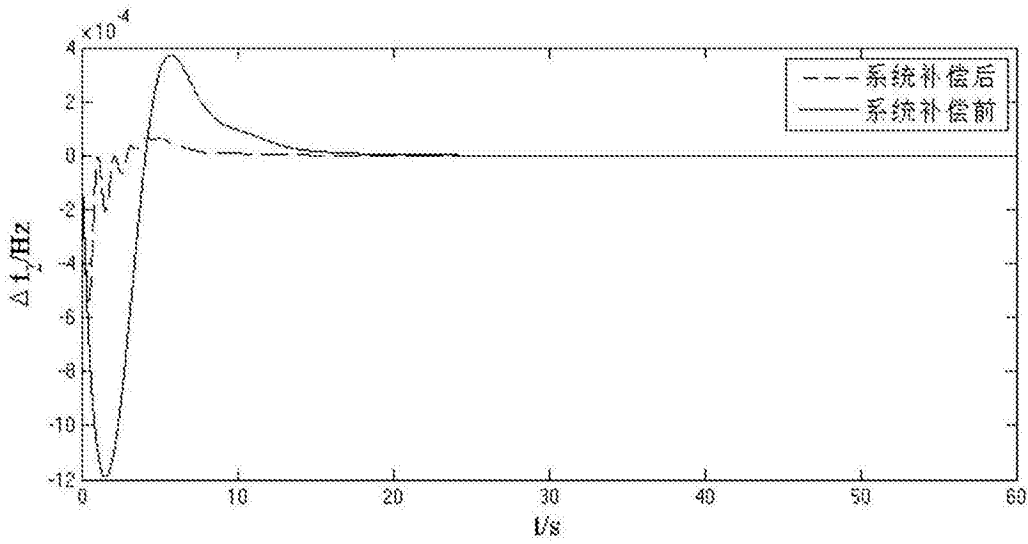


图6

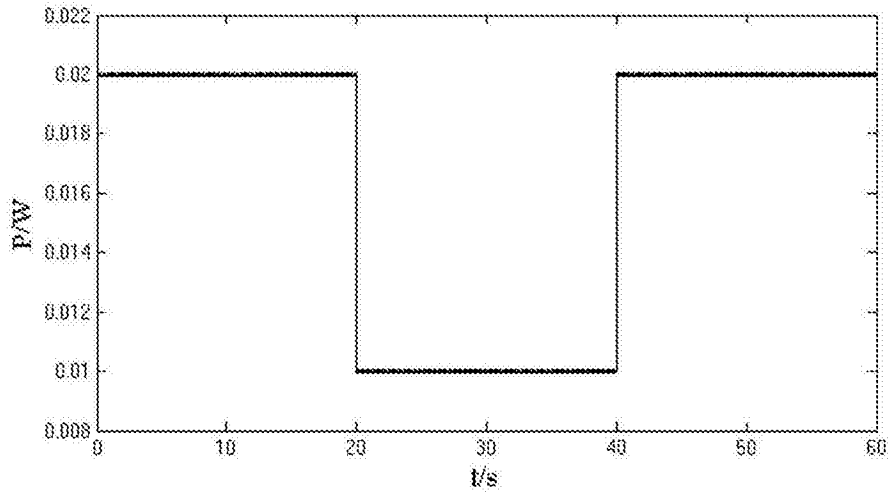


图7

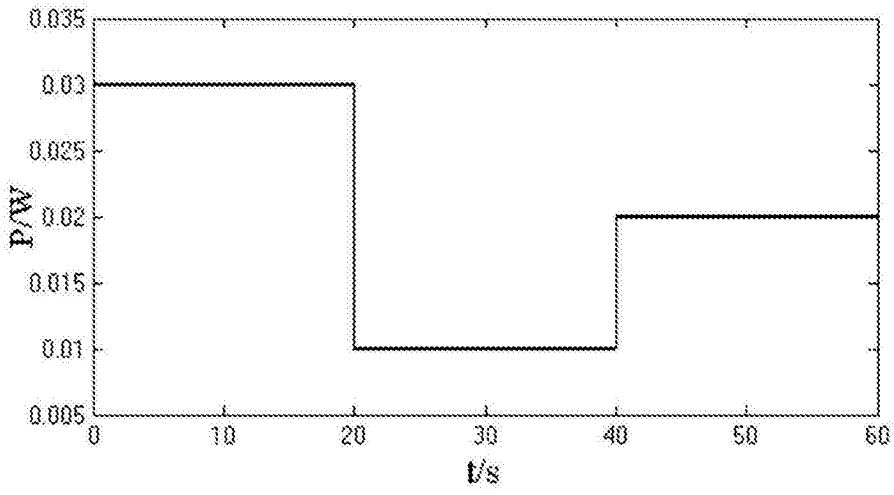


图8

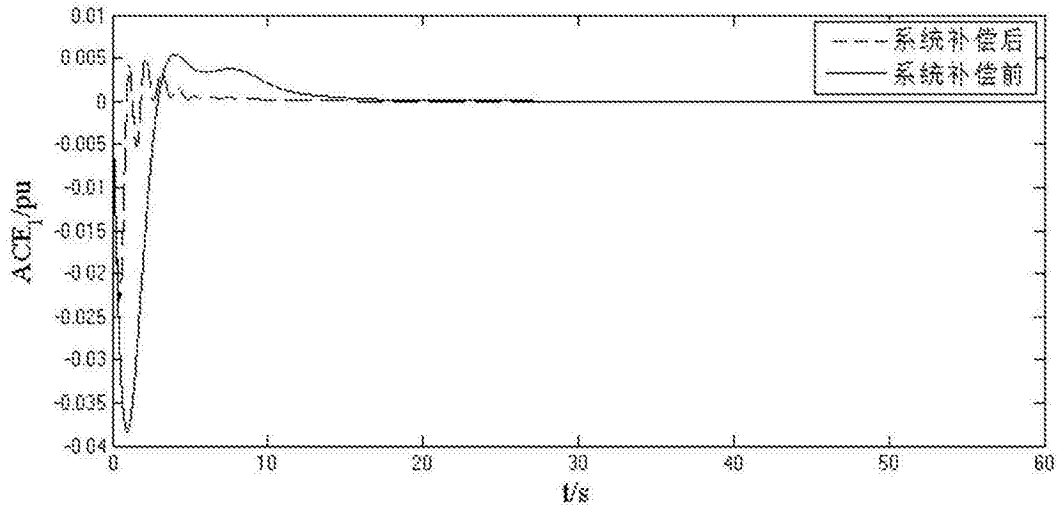


图9

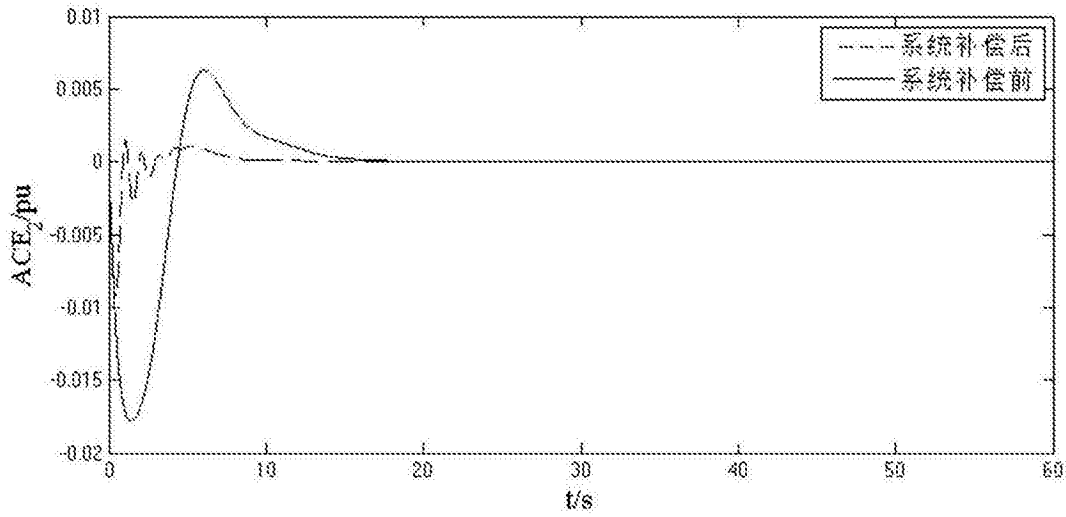


图10

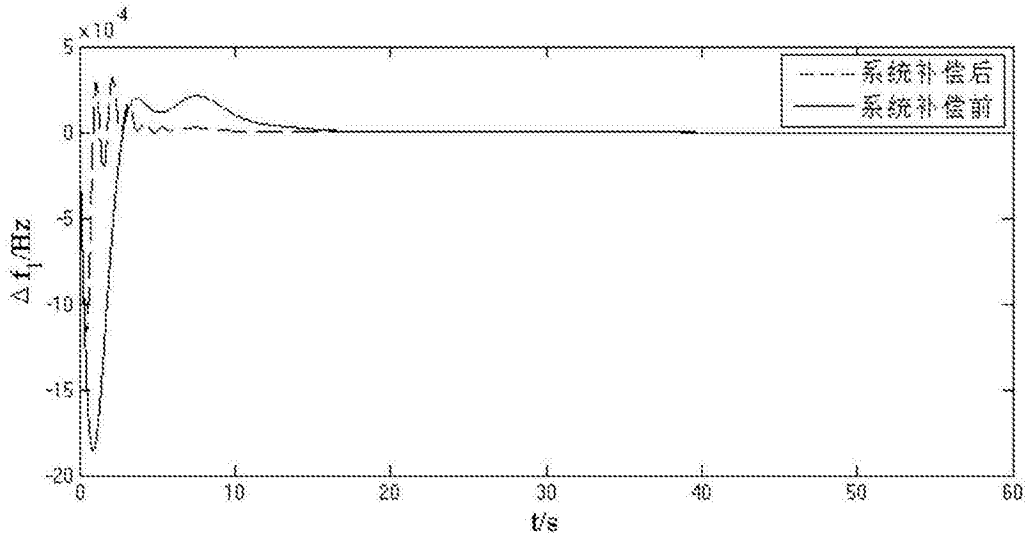


图11

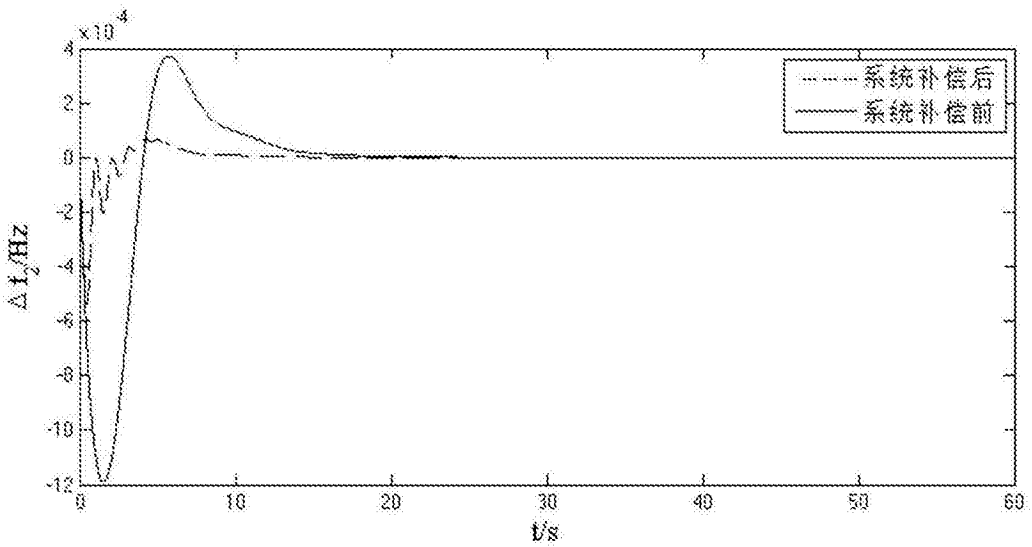


图12