



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107769645 A

(43)申请公布日 2018.03.06

(21)申请号 201610701021.5

(22)申请日 2016.08.22

(71)申请人 中车株洲电力机车研究所有限公司
地址 412001 湖南省株洲市时代路169号

(72)发明人 尚敬 周志宇 梅文庆 杨大成
甘韦韦 刘辉荣 刘勇

(74)专利代理机构 北京聿华联合知识产权代理
有限公司 11611
代理人 张文娟 朱绘

(51) Int. Cl.
H02P 9/00(2006.01)
B60L 15/20(2006.01)

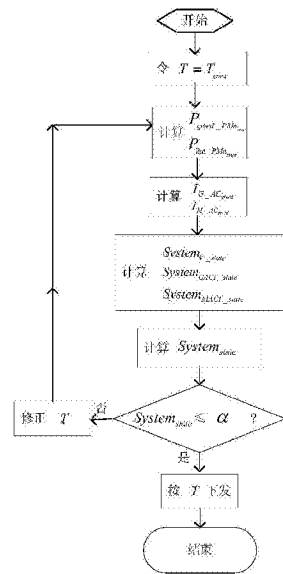
权利要求书3页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

基于电驱系统的状态估计的协同控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于电驱系统的状态估计的协同控制方法,包括:获取给定转矩;根据原动机当前转速下能输出的额定功率、发电机在当前转速下能输出的功率以及变流器整流侧效率得到发电机组能输出的实时功率;根据给定转矩、电动机的真实转速、变流器逆变侧效率以及电动机当前转速下的效率得到电动机当前需要输出功率;计算变流器中间电压状态评估函数值、变流器发电侧状态评估函数值、变流器电动机侧状态评估函数值,并根据这些状态评估函数值得到整体状态评估值;比较变流器整体状态评估值和阈值来确定是否需要修正给定转矩。本发明能够确保在系统安全可靠的前提下实现系统能力的最大程度利用,提升电驱系统的稳定性和动态响应速度。



1. 一种基于电驱系统的状态估计的协同控制方法,所述电驱系统包括由原动机和发电机组组成的发电机组、变流器和电动机,该方法包括:

步骤一、获取给定转矩 T_{gived} ;

步骤二、根据原动机当前转速下能输出的额定功率 P_{Mn_true} 、发电机在当前转速下能输出的功率 P_{Gn_true} 以及变流器整流侧效率 η_{inv_rec} 得到发电机组实时能输出的实时功率 $P_{limP_GMn_true}$;

步骤三、根据给定转矩 T_{gived} 、电动机的真实转速 $N_{Drive_motor_ture}$ 、变流器逆变侧效率 η_{inv_inv} 以及电动机当前转速下效率 η_{mn_true} 得到电动机当前需要输出功率 $P_{gived_PMn_true}$;

步骤四、计算变流器中间电压状态评估函数值 $System_{DCV_state}$ 、变流器电动侧状态评估函数值 $System_{MACI_state}$,并利用 $P_{limP_GMn_true}$ 和 $P_{gived_PMn_true}$ 计算变流器发电侧状态评估函数值 $System_{GACI_state}$,并根据这些状态评估函数值得到变流器整体状态评估值 $System_{state}$;

步骤五、比较变流器整体状态评估值 $System_{state}$ 和设定阈值,根据比较结果来确定是否需要给定转矩 T_{gived} 进行修正。

2. 根据权利要求1所述的协同控制方法,其特征在于,在步骤四中,

利用变流器中间电压实际值 V_{DC_ture} 与变流器中间电压目标值 V_{DC_gived} 和变流器中间直流电压允许的最大值 V_{DC_max} 的关系,得到变流器中间电压状态评估函数值 $System_{DCV_state}$ 。

3. 根据权利要求2所述的协同控制方法,其特征在于,

当 V_{DC_ture} 与 V_{DC_gived} 一致时, $System_{DCV_state}$ 等于0;

当 V_{DC_ture} 大于 V_{DC_max} 时, $System_{DCV_state}$ 等于1;

当 V_{DC_ture} 在 V_{DC_gived} 上下波动时, $System_{DCV_state}$ 值为介于0与1中的某个数值。

4. 根据权利要求3所述的协同控制方法,其特征在于,利用如下表达式计算 $System_{DCV_state}$,

$$System_{DCV_state} = f_{DCV_state}(V_{DC_ture}) = \begin{cases} 1 - \frac{V_{DC_ture}}{V_{DC_gived}} & V_{DC_ture} < V_{DC_gived} \\ \frac{V_{DC_ture}}{V_{DC_gived}} - 1 & V_{DC_ture} > V_{DC_gived} \\ 1 & V_{DC_ture} > V_{DC_max} \end{cases}$$

5. 根据权利要求1所述的协同控制方法,其特征在于,在步骤四中,

利用变流器发电侧实际电流 $I_{G_AC_ture}$ 与当前状态下变流器发电侧应呈现的电流有效值 $I_{G_AC_gived}$ 和发电机当前转速下允许的电流最大值 $I_{G_AC_max}$ 的关系,得到变流器发电侧状态评估函数值 $System_{GACI_state}$ 。

6. 根据权利要求5所述的协同控制方法,其特征在于,

当 $I_{G_AC_ture}$ 与 $I_{G_AC_gived}$ 一致时, $System_{GACI_state}$ 等于0;

当 $I_{G_AC_ture}$ 大于 $I_{G_AC_max}$ 时, $System_{GACI_state}$ 等于1;

当 $I_{G_AC_ture}$ 在 $I_{G_AC_gived}$ 上下波动时, $System_{GACI_state}$ 值为介于0与1中的某个数值, 其中, $I_{G_AC_gived}$ 通过 $P_{gived_PMn_{true}}$ 查表确定, $I_{G_AC_max}$ 通过 $P_{lim_PMn_{true}}$ 查表确定。

7. 根据权利要求6所述的协同控制方法, 其特征在于, 利用如下表达式计算 $System_{GACI_state}$,

$$System_{GACI_state} = f_{GACI}(I_{G_AC_ture}) = \begin{cases} 1 - \frac{I_{G_AC_ture}}{I_{G_AC_gived}} & I_{G_AC_ture} < I_{G_AC_gived} \\ \frac{I_{G_AC_ture}}{I_{G_AC_gived}} - 1 & I_{G_AC_ture} > I_{G_AC_gived} \\ 1 & I_{G_AC_ture} > I_{G_AC_max} \end{cases} \circ$$

$$I_{G_AC_gived} = f_{I_{G_AC_gived}}(P_{gived_PMn_{true}})$$

$$I_{G_AC_max} = f_{I_{G_AC_max}}(P_{lim_PMn_{true}})$$

8. 根据权利要求1所述的协同控制方法, 其特征在于, 在步骤四中,

利用变流器电动侧实际电流值 $I_{M_AC_ture}$ 与当前状态下变流器电动侧应呈现的电流有效值 $I_{M_AC_gived}$ 和变流器电动侧允许的电流最大值 $I_{M_AC_max}$ 的关系, 得到变流器电动侧状态评估函数值 $System_{MACI_state}$ 。

9. 根据权利要求8所述的协同控制方法, 其特征在于,

当 $I_{M_AC_ture}$ 与 $I_{M_AC_gived}$ 一致时, $System_{MACI_state}$ 等于0;

当 $I_{M_AC_ture}$ 大于 $I_{M_AC_max}$ 时, $System_{MACI_state}$ 等于1;

当 $I_{M_AC_ture}$ 在 $I_{M_AC_gived}$ 上下波动时, $System_{MACI_state}$ 值为介于0与1中的某个数值, 其中, $I_{M_AC_gived}$ 通过 T_{gived} 查表确定。

10. 根据权利要求9所述的协同控制方法, 其特征在于, 利用如下表达式计算 $System_{MACI_state}$,

$$System_{MACI_state} = f_{MACI}(I_{M_AC_ture}) = \begin{cases} 1 - \frac{I_{M_AC_ture}}{I_{M_AC_gived}} & I_{M_AC_ture} < I_{M_AC_gived} \\ \frac{I_{M_AC_ture}}{I_{M_AC_gived}} - 1 & I_{M_AC_ture} > I_{M_AC_gived} \\ 1 & I_{M_AC_ture} > I_{M_AC_max} \end{cases} \circ$$

$$I_{M_AC_gived} = f_{I_{M_AC_gived}}(T_{gived})$$

11. 根据权利要求1~10任一项所述的协同控制方法, 其特征在于, 在步骤四中, 利用以下表达式来计算变流器整体状态评估值 $System_{state}$,

$$System_{state} = \lambda_V \times System_{v_state} + \lambda_{GACI} \times System_{GACI_state} + \lambda_{MACI} \times System_{MACI_state}$$

其中, λ_V 、 λ_{GACI} 、 λ_{MACI} 分别为 $System_{v_state}$ 、 $System_{GACI_state}$ 、 $System_{MACI_state}$ 在变流器整体

状态评估值中所占权重系数。

12. 根据权利要求11所述的协同控制方法,其特征在于,在步骤五中,
判断Systemstate是否小于等于设定阈值,如果成立,则无需调整给定转矩 T_{gived} ;
如果Systemstate大于设定阈值,则修正给定转矩 T_{gived} ,并返回步骤二中,直到Systemstate满足条件后下发修正后的给定转矩。

基于电驱系统的状态估计的协同控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及新能源汽车动力技术领域,尤其涉及一种基于电驱系统的状态估计的协同控制方法。

背景技术

[0002] 随着国家对新能源汽车用驱动电机扶持政策的不断出台,为了改善环境污染,国内各大公司已经将目光投向新能源汽车领域。世界各国也开发出了各式各样的新能源混合动力汽车、纯电动汽车等等一系列产品。

[0003] 然而,现有技术中还未公开任何有关电驱系统的状态评估与协同控制的方法,以能够确保在系统安全可靠的前提下实现系统能力的最大程度利用,提升电驱系统的稳定性和动态响应速度。因此,亟需提供一种解决上述问题的方案。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题之一是需要提供一种能够确保在系统安全可靠的前提下实现系统能力的最大程度利用,提升电驱系统的稳定性和动态响应速度的解决方案。

[0005] 为了解决上述技术问题,本申请的实施例首先提供了一种基于电驱系统的状态估计的协同控制方法,所述电驱系统包括由原动机和发电机组成的发电机组、变流器和电动机,该方法包括:

[0006] 步骤一、获取给定转矩 T_{gived} ;

[0007] 步骤二、根据原动机当前转速下能输出的额定功率 P_{Mn_true} 、发电机在当前转速下能输出的功率 P_{Gn_true} 以及变流器整流侧效率 η_{inv_rec} 得到发电机组实时能输出的实时功率 $P_{limP_GMn_true}$;

[0008] 步骤三、根据给定转矩 T_{gived} 、电动机的真实转速 $N_{Drive_motor_ture}$ 、变流器逆变侧效率 η_{inv_inv} 以及电动机当前转速下效率 η_{mn_true} 得到电动机当前需要输出功率 $P_{gived_PMn_true}$;

[0009] 步骤四、计算变流器中间电压状态评估函数值 $System_{DCV_state}$ 、变流器电动侧状态评估函数值 $System_{MACI_state}$,并利用 $P_{limP_GMn_true}$ 和 $P_{gived_PMn_true}$ 计算变流器发电侧状态评估函数值 $System_{GACI_state}$,并根据这些状态评估函数值得到变流器整体状态评估值 $System_{state}$;

[0010] 步骤五、比较变流器整体状态评估值 $System_{state}$ 和设定阈值,根据比较结果来确定是否需要给定转矩 T_{gived} 进行修正。

[0011] 优选地,在步骤四中,利用变流器中间电压实际值 V_{DC_ture} 与变流器中间电压目标值 V_{DC_gived} 和变流器中间直流电压允许的最大值 V_{DC_max} 的关系,得到变流器中间电压状态评估函数值 $System_{DCV_state}$ 。

[0012] 优选地,当 V_{DC_ture} 与 V_{DC_gived} 一致时, $System_{DCV_state}$ 等于0;

[0013] 当 V_{DC_ture} 大于 V_{DC_max} 时, $System_{DCV_state}$ 等于1;

[0014] 当 $V_{DC_{ture}}$ 在 $V_{DC_{gived}}$ 上下波动时, $System_{DCV_state}$ 值为介于0与1中的某个数值。

[0015] 优选地, 利用如下表达式计算 $System_{DCV_state}$,

$$[0016] \quad System_{DCV_state} = f_{DCV_stae}(V_{DC_{ture}}) = \begin{cases} 1 - \frac{V_{DC_{ture}}}{V_{DC_{gived}}} & V_{DC_{ture}} < V_{DC_{gived}} \\ \frac{V_{DC_{ture}}}{V_{DC_{gived}}} - 1 & V_{DC_{ture}} > V_{DC_{gived}} \\ 1 & V_{DC_{ture}} > V_{DC_{max}} \end{cases}$$

[0017] 优选地, 在步骤四中, 利用变流器发电侧实际电流 $I_{G_AC_{ture}}$ 与当前状态下变流器发电侧应呈现的电流有效值 $I_{G_AC_{gived}}$ 和发电机当前转速下允许的电流最大值 $I_{G_AC_{max}}$ 的关系, 得到变流器发电侧状态评估函数值 $System_{GACI_state}$ 。

[0018] 优选地, 当 $I_{G_AC_{ture}}$ 与 $I_{G_AC_{gived}}$ 一致时, $System_{GACI_state}$ 等于0;

[0019] 当 $I_{G_AC_{ture}}$ 大于 $I_{G_AC_{max}}$ 时, $System_{GACI_state}$ 等于1;

[0020] 当 $I_{G_AC_{ture}}$ 在 $I_{G_AC_{gived}}$ 上下波动时, $System_{GACI_state}$ 值为介于0与1中的某个数值, 其中, $I_{G_AC_{gived}}$ 通过 $P_{gived_PMH_{true}}$ 查表确定, $I_{G_AC_{max}}$ 通过 $P_{lim_PMH_{true}}$ 查表确定。

[0021] 优选地, 利用如下表达式计算 $System_{GACI_state}$,

$$[0022] \quad System_{GACI_state} = f_{GACI}(I_{G_AC_{ture}}) = \begin{cases} 1 - \frac{I_{G_AC_{ture}}}{I_{G_AC_{gived}}} & I_{G_AC_{ture}} < I_{G_AC_{gived}} \\ \frac{I_{G_AC_{ture}}}{I_{G_AC_{gived}}} - 1 & I_{G_AC_{ture}} > I_{G_AC_{gived}} \\ 1 & I_{G_AC_{ture}} > I_{G_AC_{max}} \end{cases}$$

$$[0023] \quad I_{G_AC_{gived}} = f_{I_{G_AC_{gived}}}(P_{gived_PMH_{true}})$$

$$[0024] \quad I_{G_AC_{max}} = f_{I_{G_AC_{max}}}(P_{lim_PMH_{true}})$$

[0025] 优选地, 在步骤四中, 利用变流器电动侧实际电流值 $I_{M_AC_{ture}}$ 与当前状态下变流器电动侧应呈现的电流有效值 $I_{M_AC_{gived}}$ 和变流器电动侧允许的电流最大值 $I_{M_AC_{max}}$ 的关系, 得到变流器电动侧状态评估函数值 $System_{MACI_state}$ 。

[0026] 优选地,

[0027] 当 $I_{M_AC_{ture}}$ 与 $I_{M_AC_{gived}}$ 一致时, $System_{MACI_state}$ 等于0;

[0028] 当 $I_{M_AC_{ture}}$ 大于 $I_{M_AC_{max}}$ 时, $System_{MACI_state}$ 等于1;

[0029] 当 $I_{M_AC_{ture}}$ 在 $I_{M_AC_{gived}}$ 上下波动时, $System_{MACI_state}$ 值为介于0与1中的某个数值, 其中, $I_{M_AC_{gived}}$ 通过 T_{gived} 查表确定。

[0030] 优选地, 利用如下表达式计算 $System_{MACI_state}$,

$$[0031] \quad \text{System}_{MACI_state} = f_{MACI}(I_{M_AC_ture}) = \begin{cases} 1 - \frac{I_{M_AC_ture}}{I_{M_AC_gived}} & I_{M_AC_ture} < I_{M_AC_gived} \\ \frac{I_{M_AC_ture}}{I_{M_AC_gived}} - 1 & I_{M_AC_ture} > I_{M_AC_gived} \\ 1 & I_{M_AC_ture} > I_{M_AC_roax} \end{cases} \circ$$

$$[0032] \quad I_{M_AC_gived} = f_{I_{M_AC_gived}}(T_{gived})$$

[0033] 优选地,在步骤四中,利用以下表达式来计算变流器整体状态评估值Systemstate,

$$[0034] \quad \text{System}_{state} = \lambda_V \times \text{System}_{V_state} + \lambda_{GACI} \times \text{System}_{GACI_state} + \lambda_{MACI} \times \text{System}_{MACI_state}$$

[0035] 其中, λ_V 、 λ_{GACI} 、 λ_{MACI} 分别为 System_{V_state} 、 $\text{System}_{GACI_state}$ 、 $\text{System}_{MACI_state}$ 在变流器整体状态评估值中所占权重系数。

[0036] 优选地,在步骤五中,

[0037] 判断Systemstate是否小于等于设定阈值,如果成立,则无需调整给定转矩 T_{gived} ;

[0038] 如果Systemstate大于设定阈值,则修正给定转矩 T_{gived} ,并返回步骤二中,直到Systemstate满足条件后下发修正后的给定转矩。

[0039] 与现有技术相比,上述方案中的一个或多个实施例可以具有如下优点或有益效果:

[0040] 本发明实施例利用给定的转矩,计算得到发电机组实时能输出的实时功率和电机当前需要输出功率,然后计算变流器中间电压状态评估函数值、变流器电动侧状态评估函数值,并利用发电机组实时能输出的实时功率和电机当前需要输出功率计算变流器发电侧状态评估函数值,并根据这些状态评估函数值得到变流器整体状态评估值,通过将变流器整体评估值与设定阈值进行比较得到系统状态情况。

[0041] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明的技术方案而了解。本发明的目的和其他优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所特别指出的结构和/或流程来实现和获得。

附图说明

[0042] 附图用来提供对本申请的技术方案或现有技术的进一步理解,并且构成说明书的一部分。其中,表达本申请实施例的附图与本申请的实施例一起用于解释本申请的技术方案,但并不构成对本申请技术方案的限制。

[0043] 图1为现有技术中典型的电驱系统的结构示意图。

[0044] 图2为本申请实施例的电驱系统的状态估计与协同控制方法的流程图。

具体实施方式

[0045] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,以下结合附图对本发明作进一步地详细说明。

[0046] 图1为现有技术中典型的电驱系统的结构示意图。如图1所示,本实施例的电驱系统主要由发电机组(由原动机和发电机组成,图示的原动机为柴油机)、变流器和电动机(也

可称驱动电机)组成。

[0047] 需要说明的是,本实施例的电驱系统,其原动机并不直接驱动负载(驱动轮、水泵、风机等),而是直接带动发电机发电,完成化学能至电能的转化。在电驱系统中,从实时控制的动态响应速度看,原动机与发电机组成的输入系统,属于响应大延迟的慢速系统。而变流器与电动机组成的输出系统,属于响应迅速的快速系统。整个系统的响应速度受输入系统的限制,通过本实施例的系统状态评估,在安全可靠地响应上位机下发指令的同时,能够提升整个电驱系统的动态响应速度与系统可靠性。

[0048] 图2是根据本发明实施例的基于电驱系统的状态估计的协同控制方法的流程图,下面参考图2来说明方法的各个步骤。

[0049] 在第一步中,获取给定转矩 T_{gived} 。具体地,令转矩等于下发的给定转矩 $T = T_{gived}$ 。

[0050] 在第二步中,计算发电机组实时能输出的实时功率 $P_{limP_GMn_{true}}$ 。

[0051] 具体地,根据原动机当前转速下能输出的额定功率 P_{Mn_true} 、发电机在当前转速下能输出的功率 P_{Gn_true} 以及变流器整流侧效率 η_{inv_rec} 得到发电机组实时能输出的实时功率 $P_{limP_GMn_{true}}$,具体参照如下表达式(1.1)。

[0052] 发电机组输出功率计算如下:

[0053] $P_{Mn_true} = f_M(n_{true})$ (1.1)

[0054] $P_{Gn_true} = \eta_{Mn_{true}} P_{Mn_true}$

[0055] $\eta_{inv_rec} = f_{rec_n}(t_{air}, t_{water}, I_{rec_rms})$

[0056] $P_{limP_GMn_{true}} = \frac{V_{DC_{true}}}{V_{DC_{gived}}} \eta_{Gn_{true}} \eta_{inv_rec} P_{Gn_true}$

[0057] 说明:

[0058] (1) P_{Mn_true} 为原动机当前转速下能输出的额定功率,通过原动机实时转速 n_{true} 查表得出。

[0059] (2) P_{Gn_true} 为发电机在当前转速下能输出的功率, $\eta_{Mn_{true}}$ 为原动机在转速 n_{true} 下的效率($\eta_{Mn_{true}}$ 通过实时转速查表得出)。

[0060] (3) η_{inv_rec} 为变流器整流侧效率,根据环温 t_{air} 、冷却水水温 t_{water} 、电流有效值 I_{rec_rms} 三者查表得出。

[0061] (4) $P_{limP_GMn_{true}}$ 为发电机组实时能输出的实时功率, $V_{DC_{gived}}$ 为上位机给定的变流器中间电压目标值, $V_{DC_{true}}$ 为变流器中间电压实际值, $\eta_{Gn_{true}}$ 为发电机在转速 n_{true} 下的效率(通过实时转速查表得出), $\eta_{Mn_{true}}$ 为原动机在转速 n_{true} 下的效率(通过实时转速查表得出), P_{Gn_true} 为发电机在当前转速下能输出的功率。

[0062] 在第三步中,计算电动机当前需要输出功率 $P_{gived_PMn_{true}}$ 。

[0063] 具体地,根据给定转矩 T_{gived} 、电动机的真实转速 $N_{drive_motor_ture}$ 、变流器逆变侧效率 η_{inv_inv} 以及电动机当前转速下的效率 $\eta_{mn_{true}}$ 得到电动机当前需要输出功率 $P_{gived_PMn_{true}}$ 。具体参照如下表达式(1.2)

[0064] 电动机输出需求功率计算

$$[0065] \quad P_{gived_PMn_{true}} = \frac{T_{gived} \times N_{Drive_motor_ture}}{\eta_{inv_inv} \times \eta_{mn_{true}} \times 9550} \quad (1.2)$$

$$[0066] \quad \eta_{inv_inv} = f_{inv_n}(t_{air}, t_{water}, I_{inv_rms})$$

[0067] 说明：

[0068] (1) $P_{gived_PMn_{true}}$ 为当前需要输出功率, T_{gived} 为上位机下发的给定转矩, $N_{Drive_motor_ture}$ 为电动机的真实转速, η_{inv_inv} 为变流器逆变侧效率(该值可根据 t_{air} , t_{water} , I_{inv_rms} 三者查表得出), $\eta_{mn_{true}}$ 为电动机当前转速下效率(该值根据电机转速查表, 得出该转速点电动机效率)。

[0069] 在第四步中, 计算变流器中间电压状态评估函数值 $System_{DCV_state}$ 、变流器电动侧状态评估函数值 $System_{MACI_state}$, 并利用 $P_{limP_GMn_{true}}$ 和 $P_{gived_PMn_{true}}$ 计算变流器发电侧状态评估函数值 $System_{GACI_state}$, 并根据这些状态评估函数值得到变流器整体状态评估值 $System_{state}$ 。

[0070] 本实施例中, 变流器的状态评估方程如下：

$$[0071] \quad System_{DCV_state} = f_{DCv_stae}(V_{DC_{gived}}, V_{DC_{ture}}, V_{DC_{max}}) \quad (1.3)$$

$$[0072] \quad System_{GACI_state} = f_{GACI}(I_{G_AC_{gived}}, I_{G_AC_{ture}}, I_{G_AC_{max}})$$

$$[0073] \quad System_{MACI_state} = f_{MACI}(I_{M_AC_{gived}}, I_{M_AC_{ture}}, I_{M_AC_{max}})$$

$$[0074] \quad System_{state} = f_{inv}(System_{v_state}, System_{GACI_state}, System_{MACI_state})$$

[0075] 其中参数含义：

[0076] (1) $V_{DC_{gived}}$ 为上位机下发的变流器中间电压目标值, $V_{DC_{ture}}$ 中间直流电压实际值, $V_{DC_{max}}$ 中间直流电压允许的最大值, f_{DCv_stae} 为变流器中间电压状态评估函数, $System_{DCV_state}$ 为变流器中间电压状态评估函数值。

[0077] (2) $I_{G_AC_{gived}}$ 为当前状态下变流器发电侧应呈现的电流有效值, $I_{G_AC_{ture}}$ 为变流器发电侧实际电流, $I_{G_AC_{max}}$ 为发电机当前转速下允许的电流最大值, f_{GACI} 为变流器发电侧状态评估函数, $System_{GACI_state}$ 为变流器发电侧状态评估函数值。

[0078] (3) $I_{M_AC_{gived}}$ 为当前状态下变流器电动侧应呈现的电流有效值, $I_{M_AC_{ture}}$ 为变流器电动侧实际电流值, $I_{M_AC_{max}}$ 为变流器电动侧允许的电流最大值, f_{MACI} 为变流器电动侧状态评估函数, $System_{MACI_state}$ 为变流器电动侧状态评估函数值。

[0079] (4) f_{inv} 为变流器整体状态评估函数, $System_{state}$ 变流器整体状态评估值。

[0080] 具体地, 本实施例按如下表达式(1.4)(1.5)(1.6)分别计算 $System_{DCV_state}$ 、 $System_{GACI_state}$ 与 $System_{MACI_state}$ 。

[0081] 在该步骤中, 利用变流器中间电压实际值 $V_{DC_{ture}}$ 与变流器中间电压目标值 $V_{DC_{gived}}$ 和变流器中间直流电压允许的最大值 $V_{DC_{max}}$ 的关系, 得到变流器中间电压状态评估函数值 $System_{DCV_state}$, 具体如下表达式(1.4)。

[0082] 变流器中间电压状态评估：

$$[0083] \quad \text{System}_{DCV_state} = f_{DCV_state}(V_{DC_ture}) = \begin{cases} 1 - \frac{V_{DC_ture}}{V_{DC_gived}} & V_{DC_ture} < V_{DC_gived} \\ \frac{V_{DC_ture}}{V_{DC_gived}} - 1 & V_{DC_ture} > V_{DC_gived} \\ 1 & V_{DC_ture} > V_{DC_max} \end{cases} \quad (1.4)$$

[0084] 说明：当中间定压实际值 V_{DC_ture} 与上位机下发的给定值 V_{DC_gived} 一致时，状态评估函数值 $\text{System}_{DCV_state}$ 等于0，表明当前中间电压状态良好；当中间电压实际值 V_{DC_ture} 大于中间电压允许的最大值 V_{DC_max} 时，状态评估函数值 $\text{System}_{DCV_state}$ 等于1，表明当前中间电压状态为故障状态；当中间定压实际值 V_{DC_ture} 在给定值 V_{DC_gived} 上下波动时， $\text{System}_{DCV_state}$ 值为介于0与1中的某个数值。

[0085] 在该步骤中，利用变流器发电侧实际电流 $I_{G_AC_ture}$ 与当前状态下变流器发电侧应呈现的电流有效值 $I_{G_AC_gived}$ 和发电机当前转速下允许的电流最大值 $I_{G_AC_max}$ 的关系，得到变流器发电侧状态评估函数值 $\text{System}_{GACI_state}$ ，具体如下表达式(1.5)。

[0086] 变流器发电侧状态评估：

$$[0087] \quad \text{System}_{GACI_state} = f_{GACI}(I_{G_AC_ture}) = \begin{cases} 1 - \frac{I_{G_AC_ture}}{I_{G_AC_gived}} & I_{G_AC_ture} < I_{G_AC_gived} \\ \frac{I_{G_AC_ture}}{I_{G_AC_gived}} - 1 & I_{G_AC_ture} > I_{G_AC_gived} \\ 1 & I_{G_AC_ture} > I_{G_AC_max} \end{cases} \quad (1.5)$$

$$[0088] \quad I_{G_AC_gived} = f_{I_{G_AC_gived}}(P_{gived_PMn_true})$$

$$[0089] \quad I_{G_AC_max} = f_{I_{G_AC_max}}(P_{lim_PMn_true})$$

[0090] 说明：当变流器发电侧实际值 $I_{G_AC_ture}$ 与 $I_{G_AC_gived}$ 一致时，状态评估函数值 $\text{System}_{GACI_state}$ 等于0，表明当前变流器发电侧状态良好；当变流器发电侧实际值 $I_{G_AC_ture}$ 大于允许的最大值 $I_{G_AC_max}$ 时，状态评估函数值 $\text{System}_{GACI_state}$ 等于1，表明当前变流器发电侧状态为故障状态；当 $I_{G_AC_ture}$ 在给定值 $I_{G_AC_gived}$ 上下波动时， $\text{System}_{GACI_state}$ 值为介于0与1中的某个数值；其中， $I_{G_AC_gived}$ 通过 $P_{gived_PMn_true}$ 查表确定； $I_{G_AC_max}$ 通过 $P_{lim_PMn_true}$ 查表确定。

[0091] 在评估变流器电动侧状态时，具体利用变流器电动侧实际电流值 $I_{M_AC_ture}$ 与当前状态下变流器电动侧应呈现的电流有效值 $I_{M_AC_gived}$ 和变流器电动侧允许的电流最大值 $I_{M_AC_max}$ 的关系，得到变流器电动侧状态评估函数值 $\text{System}_{MACI_state}$ ，具体为如下表达式(1.6)。

[0092] 变流器电动侧状态评估：

$$[0093] \quad \text{System}_{MACI_state} = f_{MACI}(I_{M_AC_ture}) = \begin{cases} 1 - \frac{I_{M_AC_ture}}{I_{M_AC_gived}} & I_{M_AC_ture} < I_{M_AC_gived} \\ \frac{I_{M_AC_ture}}{I_{M_AC_gived}} - 1 & I_{M_AC_ture} > I_{M_AC_gived} \\ 1 & I_{M_AC_ture} > I_{M_AC_max} \end{cases} \quad (1.6)$$

$$[0094] \quad I_{M_AC_gived} = f_{I_{M_AC_gived}}(T_{gived})$$

[0095] 说明：当变流器电动侧实际值 $I_{M_AC_ture}$ 与 $I_{M_AC_gived}$ 一致时，状态评估函数值 $\text{System}_{MACI_state}$ 等于0，表明当前变流器电动侧状态良好；当变流器电动侧实际值 $I_{M_AC_ture}$ 大于允许的最大值 $I_{M_AC_max}$ 时，状态评估函数值 $\text{System}_{MACI_state}$ 等于1，表明当前变流器电动侧状态为故障状态；当 $I_{M_AC_ture}$ 在给定值 $I_{M_AC_gived}$ 上下波动时， $\text{System}_{MACI_state}$ 值为介于0与1中的某个数值；其中， $I_{M_AC_gived}$ 通过 T_{gived} 查表确定。

[0096] 最后，根据上面得到的变流器中间电压状态评估函数值 $\text{System}_{DCV_state}$ 、变流器发电侧状态评估函数值 $\text{System}_{GACI_state}$ 、变流器电动侧状态评估函数值 $\text{System}_{MACI_state}$ 得到变流器整体状态评估值 System_{state} ，具体如表达式(1.7)所示。

[0097] 变流器整体状态评估：

$$[0098] \quad \text{System}_{state} = \lambda_V \times \text{System}_{V_state} + \lambda_{GACI} \times \text{System}_{GACI_state} + \lambda_{MACI} \times \text{System}_{MACI_state} \quad (1.7)$$

[0099] 说明： System_{V_state} 为变流器电压状态评估值， $\text{System}_{GACI_state}$ 为变流器发电侧状态评估值， $\text{System}_{MACI_state}$ 为变流器电动侧状态评估值， System_{state} 为变流整体状态评估值； λ_V 、 λ_{GACI} 、 λ_{MACI} 分别为电压、发电侧、电动侧状态评估值在变流器整体状态评估值中所占权重系数，此系数具体根据实际运行情况现场调试确定。

[0100] 在第五步中，比较变流器整体状态评估值 System_{state} 和设定阈值 α ，根据比较结果来确定是否需要给对给定转矩 T_{gived} 进行修正。

[0101] 具体地，判断 System_{state} 是否小于等于设定阈值 α ，如果成立，则说明系统状态良好，无需调整下发的给定转矩，直接按上位机的给定转矩下发，流程结束。如果 System_{state} 大于设定阈值 α ，则修正需要下发的给定转矩，再返回第二步，直到 System_{state} 满足条件后下发修正后的转矩指令，流程结束。

[0102] 通过本发明公开的一种基于电驱系统的状态评估的协同控制方法，可以在确保系统安全可靠的前提下实现系统能力的最大程度利用，对于提升电驱系统的稳定性与动态响应速度具有极其重要的意义。

[0103] 虽然本发明所揭露的实施方式如上，但所述的内容只是为了便于理解本发明而采用的实施方式，并非用以限定本发明。任何本发明所属技术领域内的技术人员，在不脱离本发明所揭露的精神和范围的前提下，可以在实施的形式上及细节上作任何的修改与变化，但本发明的专利保护范围，仍须以所附的权利要求书所界定的范围为准。

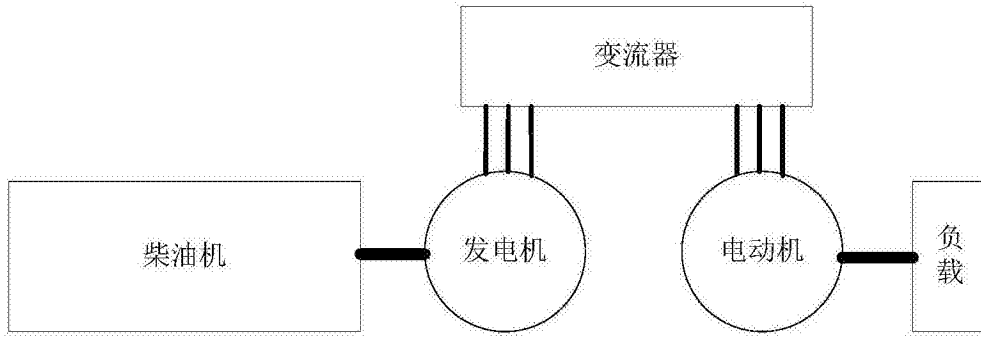


图1

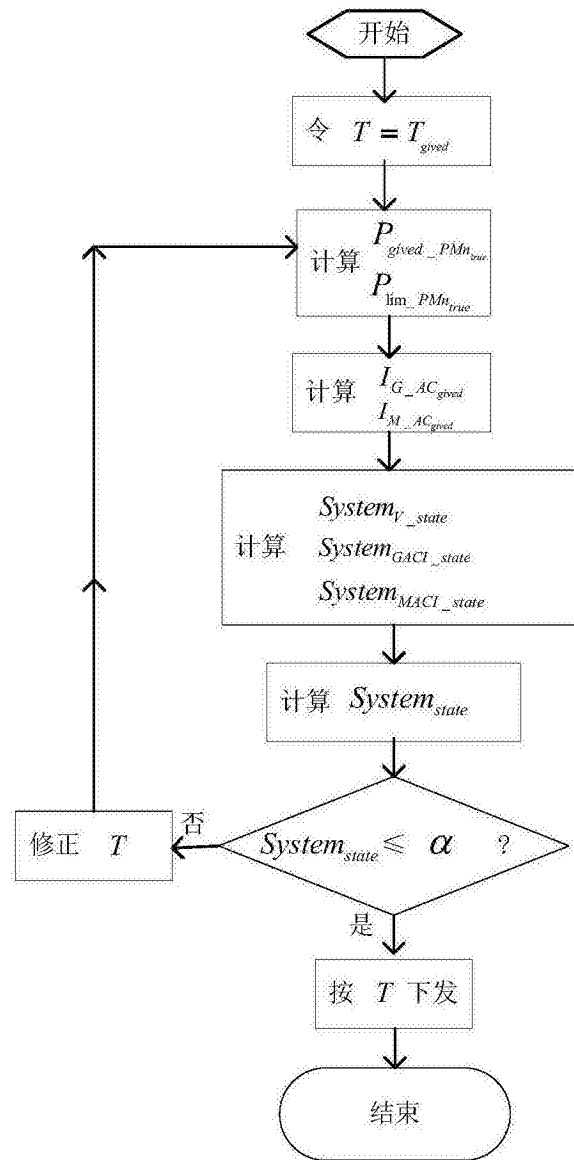


图2