



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118934412 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 12

(21) 申请号 202410892202.5

H02P 9/10 (2006.01)

(22) 申请日 2024.07.04

H02P 9/30 (2006.01)

H02P 101/10 (2015.01)

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72) 发明人 潘垣

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

专利代理师 徐美琳

(51) Int. Cl.

F03B 13/06 (2006.01)

H02K 7/02 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/30 (2006.01)

H02P 9/00 (2006.01)

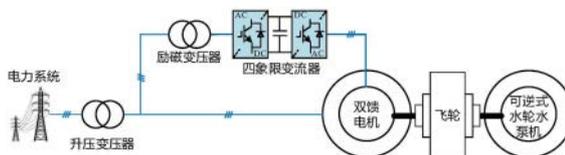
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种高惯量可变速抽水蓄能机组

(57) 摘要

本发明公开了一种高惯量可变速抽水蓄能机组,属于电力装备技术领域。包括:依次连接的水泵水轮机、飞轮、电机系统和升压变压器,电机系统包括双馈电动机、四象限变流器和励磁变压器,飞轮分别与水泵水轮机、双馈电动机同轴连接。本发明通过在现有技术增加飞轮以提高转动惯量,可以有效增大机组的转动惯量和惯性时间常数,提升机组本身的有效惯性储能,双馈电动机通过旋转的惯性储能提供惯性力矩,以抵抗负荷变动和电源扰动。



1. 一种高惯量可变速抽水蓄能机组,其特征在于,包括依次连接的水泵水轮机、飞轮、电机系统和升压变压器,所述电机系统包括双馈电动机、四象限变流器和励磁变压器;

所述水泵水轮机,与所述双馈电动机同轴连接,用于作为双馈电动发电机的负载或原动机,实现抽水和发电功能;

所述飞轮,与所述双馈电动机同轴连接,用于提升机组的转动惯量;

所述四象限变流器,包含机侧变流器和网侧变流器,其中机侧变流器与双馈电动发电机的转子绕组连接,通过调节转子电流的幅值、相位、频率,实现双馈电动机有功功率和无功功率的解耦控制,并在水流速度发生变化时通过控制转子的励磁电流频率来保持双馈电动机定子端电压频率和电网一致;网侧变流器连接电网,通过电网电压矢量控制技术实现双馈电动机有功功率和无功功率的解耦控制,并保证直流母线电压稳定和网侧电流波形为正弦;

所述励磁变压器,与所述升压变压器的低压侧和四象限变流器相连接,用于为双馈电动机提供三相交流励磁电源;

所述升压变压器,与所述电机系统和电网相连接,用于实现电机系统与电网间的电压变换与电气隔离。

2. 根据权利要求1所述的高惯量可变速抽水蓄能机组,其特征在于,所述双馈电动机包括转子结构和定子结构,所述定子结构包括定子铁芯、定子绕组;所述转子结构包括转子铁芯、转子绕组、电刷与滑环;转子绕组中的电流通过电刷与滑环馈入。

3. 根据权利要求1所述的高惯量可变速抽水蓄能机组,其特征在于,所述四象限变流器为交直交变流器,其容量小于双馈电动发电机的容量。

4. 根据权利要求2所述的高惯量可变速抽水蓄能机组,其特征在于,所述飞轮独立于双馈电动发电机的转子本体通过机械传动连接,或者与所述双馈电动发电机的转子本体合为一体。

5. 根据权利要求2所述的高惯量可变速抽水蓄能机组,其特征在于,所述双馈电动机采用磁悬浮轴承。

6. 一种权利要求1至5任一项所述的高惯量可变速抽水蓄能机组的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

当电网出现频率突然下降的故障时,飞轮向机组提供转动惯量,双馈电动机通过旋转的惯性储能提供正向惯性力矩,防止频率下降,保持系统频率的稳定;通过调节励磁电流,使得双馈电动发电机的转子合成磁动势超前定子合成磁动势,电机系统向外界输出过载电能,将转子储能转换为机械能,双馈电动发电机的转子降速,向电网提供有功补偿,抑制电网频率波动;

当电网出现频率突然上升的故障时,飞轮向机组提供转动惯量,双馈电动机通过旋转的惯性储能提供负向惯性力矩,防止频率升高,保持系统频率的稳定;通过调节励磁电流,使得双馈电动发电机的转子合成磁动势滞后定子合成磁动势,电机系统从外界吸收过载电能,将过剩的有功功率转化为转子储能,双馈电动发电机的转子升速,向电网提供有功补偿,抑制电网频率波动。

7. 一种高惯量可变速抽水蓄能机组的控制系统,其特征在于,包括:计算机可读存储介质和处理器;

所述计算机可读存储介质用于存储可执行指令；

所述处理器用于读取所述计算机可读存储介质中存储的可执行指令,执行权利要求6所述的控制方法。

## 一种高惯量可变速抽水蓄能机组

### 技术领域

[0001] 本发明属于电力装备技术领域,更具体地,涉及一种高惯量可变速抽水蓄能机组。

### 背景技术

[0002] 抽水蓄能技术是当前大容量储能的主要实现方式,同时也是技术最成熟、经济性最优、最具大规模开发条件的储能方式,是电力系统绿色低碳清洁灵活调节电源,已成为推动我国能源体系转型与新型电力系统建设的重要手段。可变速抽水蓄能机组可以兼顾水轮发电机工况和水泵抽水的电动机工况的最优效率运行,有利于降低电机与原动机的气蚀、噪声、振动和磨损并延长机组寿命,有效提高机组响应速度,改善电力系统频率与电压快速调节与补偿能力,进而增强电力系统运行安全性、可靠性、稳定性与灵活性。因此,在变速机组技术日益成熟、运行经济优势得到普遍肯定的条件下,可变速机组有望逐渐成为抽水蓄能电站的主流机组。

[0003] 新型电力系统中光伏、风电等可再生能源的间歇性和波动性强,虽然现有可变速抽水蓄能机组具有调峰、调频、调相、储能、系统备用和黑启动等基本功能,但是对于新型电力系统所面临的瞬时有功功率突然波动等问题,其作用仍然较为有限,难以抑制突发故障可能导致的系统崩溃。

[0004] 因此,为了进一步提升抽水蓄能机组应对系统有功功率突然波动的能力,提高系统的频率稳定性,有必要提出一种新的抽水蓄能机组或对现有的抽水蓄能机组进行进一步改造,以大幅提升机组的物理转动惯量,并借助可变速电机的变速运行能力和瞬时功率输出能力,为系统提供瞬时有功的吸收或释放,从而提高系统的抗干扰能力,减少频率的剧烈波动,保证系统供电质量和可靠性。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的缺陷或改进需求,本发明的目的在于提供一种高惯量可变速抽水蓄能机组,有效提升抽水蓄能机组的物理惯量,增大可变速机组本身的有效惯性储能,具备对电力系统有功功率突然剧烈波动的瞬时抑制或补偿能力,旨在解决新型电力系统同步惯量水平不足,频率暂态支撑能力弱的问题,可应用于新建或对已建设的抽水蓄能电站进行改造。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了一种高惯量可变速抽水蓄能机组,包括:依次连接的水泵水轮机、飞轮、电机系统和升压变压器,所述电机系统包括双馈电动机、四象限变流器和励磁变压器;

[0007] 所述水泵水轮机,与所述双馈电动机同轴连接,用于作为双馈电动发电机的负载或原动机,实现抽水和发电功能;

[0008] 所述飞轮,与所述双馈电动机同轴连接,用于提升机组的转动惯量;

[0009] 所述四象限变流器,包含机侧变流器和网侧变流器,其中机侧变流器与双馈电动发电机的转子绕组连接,通过调节转子电流的幅值、相位、频率,实现双馈电动机有功

功率和无功功率的解耦控制,并在水流速度发生变化时通过控制转子的励磁电流频率来保持双馈电动机定子端电压频率和电网一致;网侧变流器连接电网,通过电网电压矢量控制技术实现双馈电动机有功功率和无功功率的解耦控制,并保证直流母线电压稳定和网侧电流波形为正弦;

[0010] 所述励磁变压器,与所述升压变压器的低压侧和四象限变流器相连接,用于为双馈电动机提供三相交流励磁电源;

[0011] 所述升压变压器,与所述电机系统和电网相连接,用于实现电机系统与电网间的电压变换与电气隔离。

[0012] 进一步地,飞轮优选为大惯量飞轮。大惯量飞轮可以是独立于双馈电动机转子本体之外的显性飞轮,与双馈电动机转子机械传动连接,,提升机组的物理转动惯量;也可以是与转子本体合为一体的隐性飞轮,通过增大转子的体积和重量来提升机组的物理转动惯量,实现提高惯性时间常数、提升机组本身有效惯性储能的效果;采用大惯量飞轮转子的双馈电动机可以根据实际需要选用磁悬浮轴承,以降低对轴承的重量压力。

[0013] 所述双馈电动机包括:转子结构和定子结构,所述定子结构包括:定子铁芯、定子绕组;所述转子结构包括:转子铁芯、转子绕组、电刷与滑环;转子绕组中的电流通过电刷与滑环馈入;双馈电动机应具有产生短时高电压、大电流或大功率脉冲的功能,以快速吸收或释放出电网所需的瞬时功率。

[0014] 所述水泵水轮机,与所述双馈电动机同轴连接,用于作为双馈电动发电机的负载或原动机,实现抽水和发电功能;

[0015] 所述大惯量飞轮,应具有较大的直径或较高的转速,以提升机组的转动惯量和惯性时间常数;

[0016] 所述四象限变流器,包含机侧变流器和网侧变流器,其中机侧变流器通过电刷与滑环和双馈电动机转子绕组连接,可以通过调节转子电流的幅值、相位、频率,实现双馈电动机有功功率和无功功率的灵活解耦控制,并在水流速度发生变化时通过控制转子的励磁电流频率来保持双馈电动机定子端电压频率和电网一致;网侧变流器通过变压器连接电网,可以通过电网电压矢量控制技术实现双馈电动机有功功率和无功功率的解耦控制,并保证直流母线电压稳定和网侧电流波形为正弦;所述四象限变流器为部分功率的交直交变流器,其容量小于双馈电动机容量,可以显著降低系统成本。

[0017] 所述励磁变压器,与所述升压变压器低压侧和四象限变流器相连接,用于为双馈电动机提供三相交流励磁电源,并与四象限变流器、双馈电动机一起构成电机系统;

[0018] 所述升压变压器,与所述电机系统和电网相连接,用于实现电机系统与电网间的电压变换与电气隔离。

[0019] 本发明还提供了一种高惯量可变速抽水蓄能机组的控制方法,适用于电网频率发生波动的情形,即电网频率从稳定状态在短时间内突然下降或者突然上升,包括以下步骤:

[0020] 当电网出现频率突然下降的故障时,飞轮向机组提供转动惯量,双馈电动机通过旋转的惯性储能提供正向惯性力矩,防止频率下降,保持系统频率的稳定;通过调节励磁电流,使得双馈电动发电机的转子合成磁动势超前定子合成磁动势,电机系统向外界输出过载电能,将转子储能转换为机械能,双馈电动发电机的转子降速,向电网提供有功补

偿,抑制电网频率波动;

[0021] 当电网出现频率突然上升的故障时,飞轮向机组提供转动惯量,双馈电动机通过旋转的惯性储能提供负向惯性力矩,防止频率升高,保持系统频率的稳定;通过调节励磁电流,使得双馈电动发电机的转子合成磁动势滞后定子合成磁动势,电机系统从外界吸收过载电能,将过剩的有功功率转化为转子储能,双馈电动发电机的转子升速,向电网提供有功补偿,抑制电网频率波动。

[0022] 本发明还提供了一种高惯量可变速抽水蓄能机组的控制系统,包括:计算机可读存储介质和处理器;

[0023] 所述计算机可读存储介质用于存储可执行指令;

[0024] 所述处理器用于读取所述计算机可读存储介质中存储的可执行指令,执行上述的控制方法。

[0025] 通过本发明所构思的以上技术方案,与现有技术相比,能够取得以下

[0026] 有益效果:

[0027] (1) 本发明提供的高惯量可变速抽水蓄能机组,在现有技术增加飞轮以提高转动惯量,可以有效增大机组的转动惯量和惯性时间常数,提升机组本身的有效惯性储能,双馈电动机通过旋转的惯性储能提供惯性力矩,以抵抗负荷变动和电源扰动。当系统中负荷增加或电源减少时,机组的旋转惯性储能使得双馈电动机能够短时提供电能,抵消负荷增加带来的扰动,从而保持系统频率的稳定;相反,当系统中负荷减少或电源增加时,双馈电动发电机的旋转惯性储能同样能够提供反向的惯性力矩,快速吸收电网电能,防止系统频率过快上升。

[0028] (2) 本发明提供的高惯量可变速抽水蓄能机组,其中的双馈电动机具备瞬时脉冲功率释放或吸收的功能,可配合大惯量转子及交流励磁控制系统,实现对电力系统瞬时功率波动的快速平抑,从而提高电力系统的抗干扰能力,减少频率的剧烈波动,保证系统供电质量和可靠性。

## 附图说明

[0029] 图1为本发明实施例一提供的高惯量可变速抽水蓄能机组示意图。

## 具体实施方式

[0030] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间不构成冲突就可以相互组合。

[0031] 图1为本发明实施例一提供的一种高惯量可变速抽水蓄能机组示意图。

[0032] 如图1所示,本发明提供了一种高惯量可变速抽水蓄能机组,包括:双馈电动机,水泵水轮机,大惯量飞轮,四象限变流器,励磁变压器,升压变压器等。所述双馈电动机包括:转子结构和定子结构,所述定子结构包括:定子铁芯、定子绕组;所述转子结构包括:转子铁芯、转子绕组、电刷与滑环;转子绕组中的电流通过电刷与滑环馈入;双馈电动机可以与所述大惯量飞轮机械传动连接,提升机组的物理转动惯量,也可以通过增加转

子本体的体积和重量以增大转动惯量,实现提高惯性时间常数、提升机组本身有效惯性储能的效果;采用大飞轮转子的双馈电动机可以根据实际需要选用磁悬浮轴承,以降低对轴承的重量压力;双馈电动机应具有产生短时高电压、大电流或大功率脉冲的功能,以快速吸收或释放出电网所需的瞬时功率。所述水泵水轮机,与所述双馈电动机同轴连接,用于作为双馈电动发电机的负载或原动机,实现抽水和发电功能;所述大惯量飞轮,应具有较大的直径或较高的转速,以提升机组的转动惯量和惯性时间常数;所述四象限变流器,包含机侧变流器和网侧变流器,其中机侧变流器通过电刷与滑环和双馈电动机转子绕组连接,可以通过调节转子电流的幅值、相位、频率,实现双馈电动机有功功率和无功功率的灵活解耦控制,并在水流速度发生变化时通过控制转子的励磁电流频率来保持双馈电动机定子端电压频率和电网一致;网侧变流器通过变压器连接电网,可以通过电网电压矢量控制技术实现双馈电动机有功功率和无功功率的解耦控制,并保证直流母线电压稳定和网侧电流正弦;所述四象限变流器为部分功率的交直交变流器,其容量小于双馈电动机容量,可以显著降低系统成本。所述励磁变压器,与所述升压变压器低压侧和四象限变流器相连接,用于为双馈电动机提供三相交流励磁电源,并与四象限变流器、双馈电动机一起构成电机系统;所述升压变压器,与所述电机系统和电网相连接,用于实现电机系统与电网间的电压变换与电气隔离。

[0033] 抽水蓄能电站正常运行时,高惯量可变速抽水蓄能机组可配合指令完成调峰、调频、调相、储能、系统备用和黑启动等基本功能。

[0034] 当电网出现频率突然下降的剧烈波动故障时,高惯量可变速抽水蓄能机组的大转动惯量使得双馈电动机能够继续提供正向惯性力矩,为电网提供惯量支撑,产生对频率变化的瞬时抑制作用,防止频率的快速跌落。在此基础上,还可以通过交流励磁实现对双馈电动发电机的快速脉冲功率控制,通过调节励磁电流,使得转子合成磁动势超前定子合成磁动势,电机系统向外界快速输出高过载电能,将转子储能转换为机械能,双馈电动机转子降速,从而向电网提供快速强有功补偿,起到快速抑制电网频率波动的作用。

[0035] 当电网出现频率突然上升的剧烈波动故障时,高惯量可变速抽水蓄能机组的大转动惯量使得双馈电动机能够继续提供负向惯性力矩,为电网提供惯量支撑,防止频率的快速升高。在此基础上,还可以通过交流励磁实现对双馈电动发电机的快速脉冲功率控制,通过调节励磁电流,使得转子合成磁动势滞后定子合成磁动势,电机系统从外界快速吸收高过载电能,将过剩的有功功率转化为转子储能,双馈电动机转子升速,从而向电网提供快速强有功补偿,起到快速抑制电网频率波动的作用。

[0036] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

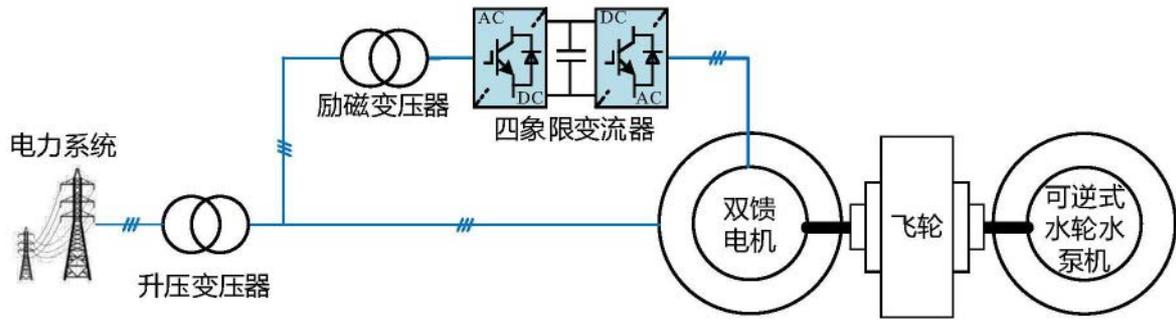


图1