



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103972900 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 06

(21) 申请号 201410216454. 2

H02J 3/36 (2006. 01)

(22) 申请日 2014. 05. 21

(71) 申请人 中国南方电网有限责任公司电网技术研究中心

地址 510080 广东省广州市越秀区东风东路水均岗 6、8 号粤电大厦西塔

申请人 四川大学

(72) 发明人 洪潮 李兴源 冯明 赵勇 周保荣 姚文峰 张东辉 熊卿 张帆 樊丽娟

(74) 专利代理机构 成都科海专利事务有限责任公司 51202

代理人 邓继轩

(51) Int. Cl.

H02J 3/16 (2006. 01)

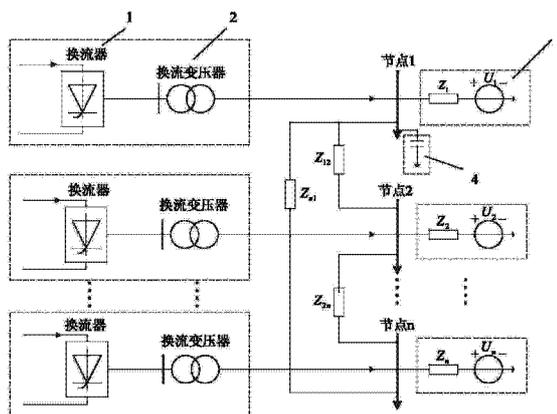
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

利用电压控制敏感因子确定多馈入直流输电系统无功补偿装置布点的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种利用电压控制敏感因子确定多馈入直流输电系统无功补偿装置布点的方法,其特点是首先提出了电压控制敏感因子的定义及其计算方法,然后将多馈入直流系统受端节点处的电压控制敏感因子分别进行计算,并从大到小进行排序,从而确定安装无功补偿装置的优先级。利用电压控制敏感因子来进行无功补偿装置的布点,不仅考虑到了对本地逆变侧换流母线电压稳定性的影响,而且还考虑到了无功补偿装置对多馈入直流输电系统中其他节点处影响,从而使整体上对电压稳定性的改善最优,经济效益最大化。



1. 一种利用电压控制敏感因子确定多馈入直流输电系统无功补偿装置布点的方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

(1) 计算多馈入直流输电系统逆变站换流母线节点 i 处的电压稳定因子 VSF_i , 计算公式如下:

$$VSF_i = \frac{\Delta U_i}{\Delta Q} \quad (1)$$

其中, ΔQ 表示无功补偿装置在节点 i 处所提供无功的变化量, ΔU_i 表示节点 i 在无功变化量为 ΔQ 时节点电压的改变量;

(2) 计算节点 i 处的电压变化对其他节点 j 的影响, 即计算多馈入作用因子 $MIIF_{ji}$, 计算公式如下:

$$MIIF_{ji} = \frac{\Delta U_j}{\Delta U_i} \quad (2)$$

其中, ΔU_j 表示当节点 i 处的电压变化量为 ΔU_i 时节点 j 处电压的改变量;

(3) 计算多馈入交直流系统中节点 i 处的电压控制敏感因子 $VCSF_i$, 计算公式如下:

$$VCSF_i = VSF_i \cdot \sum_{j=1}^n MIIF_{ji} \quad (3)$$

(4) 按上述方法计算其他节点处的电压控制敏感因子, 并将其按照从大到小的顺利依次排列, 从而得到各节点安装无功补偿装置的优先级。

利用电压控制敏感因子确定多馈入直流输电系统无功补偿装置布点的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用电压控制敏感因子确定多馈入直流输电系统无功补偿装置布点的方法,属于高压直流输电领域。

背景技术

[0002] 与交流输电相比,基于晶闸管换流技术的高压直流输电没有功角稳定问题,功率调节迅速灵活而且能够限制短路容量,故在远距离大容量输电和区域电网互联两方面得到了广泛应用。但是,直流系统在提供电能的同时要从交流系统吸收大量的无功,这给交流系统的电压支撑能力带来了巨大压力。与单馈入系统相比,多馈入直流系统输送容量更大、运行方式更为灵活,系统结构及相互作用也更为复杂。由于多条线路落点于同一交流电网,受端系统接受的功率更大,交直流系统间的相互作用将更强。这使得多馈入系统的电压稳定问题变得更为突出和复杂。

[0003] 在各种提高电压稳定性的措施中,在直流逆变站装设无功补偿装置能有效提升系统的电压稳定性,避免直流系统控制方式不必要的切换,是一种效果显著且得到广泛使用的方法。对于多馈入交直流系统,安装无功补偿装置时不仅要考虑节点自身的电压稳定性,同时也要考虑节点间的相互影响。常用的确定无功补偿装置安装位置的方法是寻找电压稳定性较弱的节点。通常,大都选择电压稳定因子 (Voltage Stability Factor, VSF) 来作为衡量系统弱节点的标准。这种方法只考虑了节点自身的电压稳定性,没有考虑对其他节点的电压支撑作用。而在多馈入交直流系统中,各直流输电系统间的相互作用很强,对系统整体特性影响很大。安装无功补偿装置时必须考虑系统间的相互作用,才能使系统整体性能达到最优。在衡量系统间相互作用的指标中,多馈入相互作用因子 (Multi-infeed Interaction Factor, MIIF) 物理意义明确,能有效反应各系统间的相互影响,是一种得到广泛认可和使用的指标。因此,考虑将 VSF 与 MIIF 进行合理的结合,得到既能体现节点本身的强弱,又能反映其对多馈入系统中其他节点作用的指标。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对现有技术不足而提供一种利用电压控制敏感因子 (Voltage Control Sensitive Factor, VCSF) 确定多馈入直流输电系统无功补偿装置安装位置的方法,其特点是首先提出了电压控制敏感因子的定义及其计算方法,然后将多馈入直流系统受端节点处的电压控制敏感因子从大到小进行排序,电压控制敏感因子越大,说明在此处安装无功补偿装置时对整个系统的电压的提升量最大,系统性能改善也最明显,经济效益也最大,从而确定安装无功补偿装置的优先级。

[0005] 本发明的目的由以下技术措施实现:

[0006] 利用电压控制敏感因子确定多馈入直流输电系统无功补偿装置布点的方法的实现包括以下步骤:

[0007] (1) 计算多馈入直流输电系统逆变站换流母线节点 i 处的电压稳定因子 VSF_i , 计算公式如下:

$$[0008] \quad VSF_i = \frac{\Delta U_i}{\Delta Q} \quad (1)$$

[0009] 其中, ΔQ 表示无功补偿装置在节点 i 处所提供无功的变化量, ΔU_i 表示节点 i 在无功变化量为 ΔQ 时节点电压的改变量;

[0010] (2) 计算节点 i 处的电压变化对其他节点 j 的影响, 即计算多馈入作用因子 $MIIF_{ji}$, 计算公式如下:

$$[0011] \quad MIIF_{ji} = \frac{\Delta U_j}{\Delta U_i} \quad (2)$$

[0012] 其中, ΔU_j 表示当节点 i 处的电压变化量为 ΔU_i 时节点 j 处电压的改变量;

[0013] (3) 计算多馈入交直流系统中节点 i 处的电压控制敏感因子 $VCSF_i$, 计算公式如下:

$$[0014] \quad VCSF_i = VSF_i \cdot \sum_{j=1}^n MIIF_{ji} \quad (3)$$

[0015] (4) 按上述方法计算其他节点处的电压控制敏感因子, 并将其按照从大到小的顺利依次排列, 从而得到各节点安装无功补偿装置的优先级。

[0016] 本发明具有如下优点:

[0017] 利用电压控制敏感因子来进行无功补偿装置的布点, 不仅考虑到了对本地逆变侧换流母线电压稳定性的影响, 而且还考虑到了无功补偿装置对多馈入直流输电系统中其他节点处影响, 使整体上对电压稳定性的改善最优, 经济效益最大化。

附图说明

[0018] 图 1 为多馈入直流系统结构框图。

[0019] 其中, 1 为换流器, 2 为换流变压器, 3 为受端交流系统, 4 为无功补偿装置。 Z_1 、 Z_2 、 \dots 、 Z_n 分别为各交流侧等值系统的等值阻抗; Z_{12} 、 Z_{n1} 、 \dots 、 Z_{2n} 分别为各直流系统之间的耦合阻抗。

[0020] 图 2 为节点 1 处安装无功补偿装置时各母线电压波形。

[0021] 其中, U_1 、 U_2 、 U_3 分别为节点 1 处安装无功补偿装置时节点 1、节点 2、节点 3 处的电压波形。

[0022] 图 3 为节点 2 处安装无功补偿装置时各母线电压波形。

[0023] 其中, U_1 、 U_2 、 U_3 分别为节点 2 处安装无功补偿装置时节点 1、节点 2、节点 3 处的电压波形。

[0024] 图 4 为节点 3 处安装无功补偿装置时各母线电压波形。

[0025] 其中, U_1 、 U_2 、 U_3 分别为节点 3 处安装无功补偿装置时节点 1、节点 2、节点 3 处的电压波形。

具体实施方式

[0026] 下面通过实施例对本发明进行具体的描述,有必要在此指出的是本实施例只用于对本发明进行进一步说明,不能理解为对本发明保护范围的限制,该领域的技术熟练人员可以根据上述发明的内容作出一些非本质的改进和调整。

[0027] 实施例:

[0028] 如图 1 所示,各条高压直流输电系统将直流电送入到换流器 1,通过换流变压器 2 与受端交流系统 3 连接,同时无功补偿装置 4 对受端交流系统进行无功补偿。

[0029] 在 PSCAD/EMTDC 电磁暂态仿真程序中建立三馈入直流输电系统仿真模型。PSCAD/EMTDC 电磁暂态仿真软件是一种电力系统仿真软件, PSCAD 是其用户界面, EMTDC 即直流系统电磁暂态 (Electro-Magnetic Transient in DC System)。EMTDC 的主要功能是分析电力系统中的各种暂态过程。所搭建的多馈入直流系统模型中,各条直流输电系统的额定直流功率为 1000MW,额定直流电压为 500kV,采用基于晶闸管技术的单极 12 脉动换流器。直流系统整流侧采用定电流控制方式,逆变侧采用定熄弧角控制。各交流系统等值阻抗为: $Z_1 = 5.4909 + j20.435 \Omega$, $Z_2 = 4.7335 + j17.617 \Omega$, $Z_3 = 5.0841 + j18.921 \Omega$;各直流输电电子系统间的耦合阻抗为: $Z_{12} = 3.7927 + j47.124 \Omega$, $Z_{13} = 1.2642 + j15.708 \Omega$, $Z_{23} = 0.25285 + j3.1416 \Omega$ 。

[0030] 各节点的电压稳定因子为: $VSF_1 = 0.0658$, $VSF_2 = 0.0579$, $VSF_3 = 0.0594$ 。换流站间的相互作用因子如表 1 所示。

[0031] 表 1 换流站间的相互作用因子

		换流站 i		
		1	2	3
换流站 j	1	1	0.6256	0.6331
	2	0.5405	1	0.8734
	3	0.5685	0.8968	1

[0032] 由此计算得到各节点的电压控制敏感因子为: $VCSF_1 = 0.1388$, $VCSF_2 = 0.1460$, $VCSF_3 = 0.1489$ 。

[0034] 根据电压稳定因子从大到小对节点进行排序,依次为:1,3,2。根据电压控制敏感因子从大到小排序,依次为:3,2,1。在这三个节点中,节点 1 最弱,节点 2 最强。但是节点 1 对其他节点的影响相对较小,因此从整个系统性能提升的角度来说反而不是无功补偿装置的最佳安装位置。 $t = 3s$ 时分别在三个节点处安装无功补偿电容 $C = 3.0086 \mu F$,相应的电压波形如图 2-图 4 所示。

[0035] 当无功补偿装置安装于换流站 1 时:母线 1 电压提升 3.29kV,母线 2 提升 1.48kV,母线 3 提升 1.98kV,系统电压共提升 6.75kV;安装于换流站 2 时:母线 1 电压提升 2.08kV,母线 2 提升 2.5kV,母线 3 提升 2.31kV,系统电压共提升 6.89kV;安装于换流站 3 时:母线 1 电压提升 2.2kV,母线 2 提升 2.35kV,母线 3 提升 2.7kV,系统电压共提升 7.25kV。

[0036] 由此可见,如果只考虑无功补偿装置安装节点处的电压稳定性,则安装最佳位置依次为:1,3,2,这与电压稳定因子 VSF 的排序结果一致。但是,若从系统电压稳定性整体效

果来看,则安装最佳位置依次为 :3,2,1,这与电压控制敏感因子 VCSF 的排序结果相同。因此,仿真结果充分说明了 VCSF 的合理性和有效性。相比电压稳定因子 VSF,由电压控制敏感因子 VCSF 确定的无功补偿装置安装位置更有利于系统整体性能的改善。

[0037] 本发明提出了一个新的量化指标电压控制敏感因子来评价无功补偿装置安装位置对系统整体电压稳定性的影响。然后在 PSCAD/EMTDC 电磁暂态仿真程序中建立了仿真模型对所提出的无功补偿装置的布点策略的有效性进行了验证。实施例表明,利用电压控制敏感因子来衡量无功补偿装置的布点对系统整体的影响,是有效且经济的。

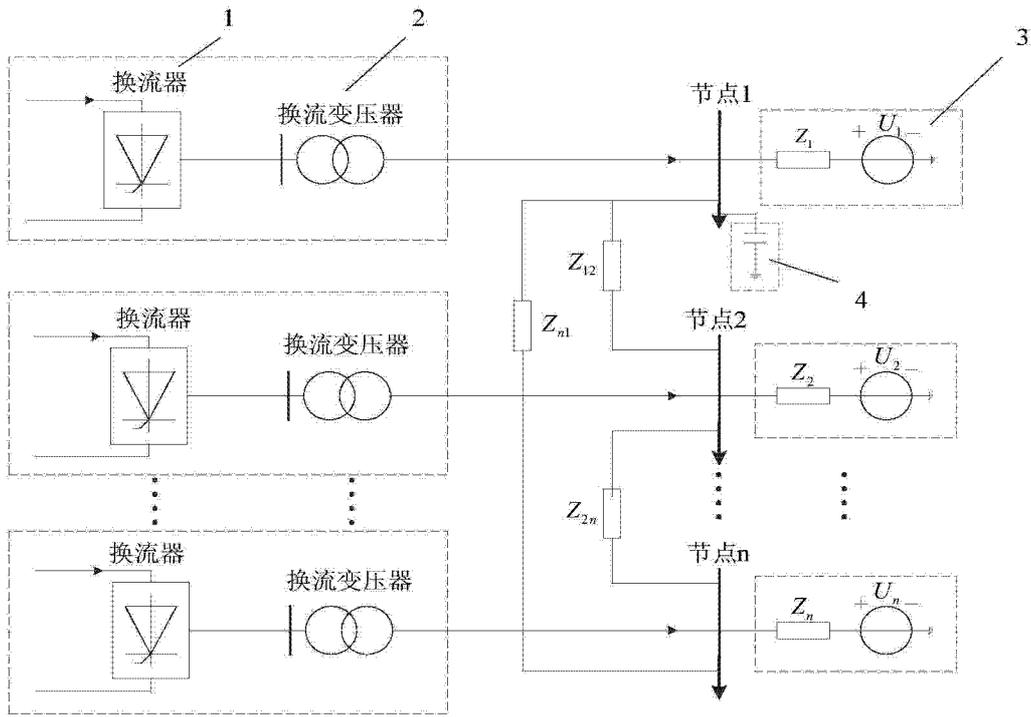


图 1

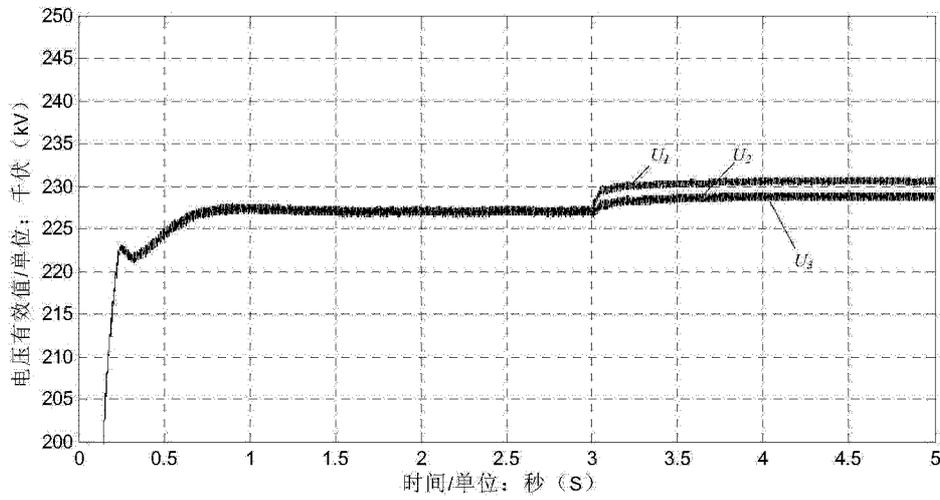


图 2

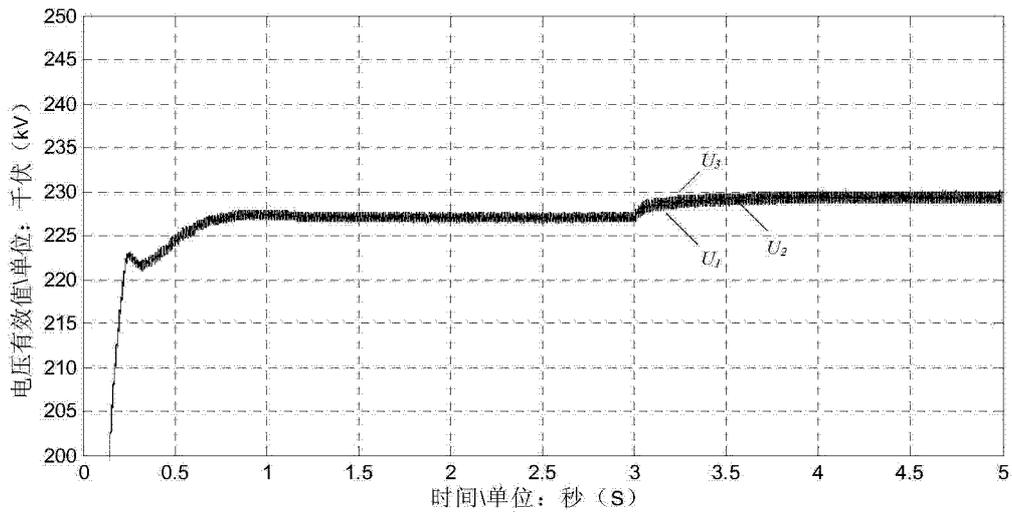


图 3

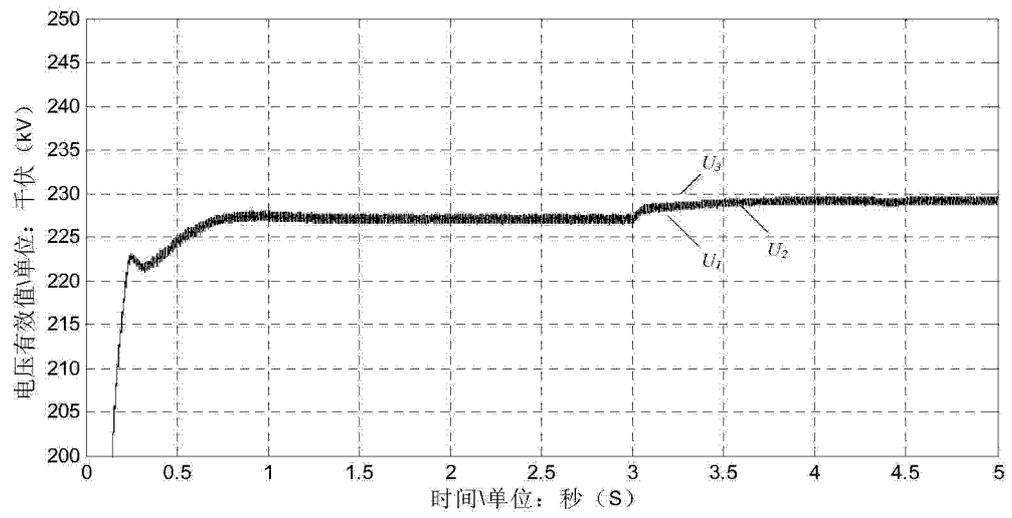


图 4