



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103107550 B

(45) 授权公告日 2015. 02. 25

(21) 申请号 201310028512. 4

(22) 申请日 2013. 01. 24

(73) 专利权人 中国南方电网有限责任公司超高压输电公司贵阳局

地址 550003 贵州省贵阳市公园南路 185 号

专利权人 南京南瑞继保电气有限公司

(72) 发明人 瞿少君 周培 吕刚 陈赤汉

包顺先 赵中原 程璐璐

(74) 专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所

(普通合伙) 32249

代理人 陈建和

(51) Int. Cl.

H02J 3/36(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5535113 A, 1996. 07. 09,

CN 102129000 A, 2011. 07. 20,

潘丽珠. 高压直流输电对交流系统电压稳定

影响的研究. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库》. 2006, (第 8 期),

黎小林等. 基于谐波电流时域分段算法的换流站损耗评估. 《南方电网技术》. 2009, 第 3 卷 (第 1 期),

审查员 周凤

权利要求书1页 说明书4页

(54) 发明名称

一种基于换流器损耗选择换流变分接头控制模式的方法

(57) 摘要

一种基于换流器损耗选择换流变分接头控制模式的方法, 先根据 IEC61803 标准定义计算典型工况下换流器的损耗; 再结合触发角度、换流变压器阀侧绕组线电压有效值、阀两端直流电压以及直流电流, 拟合出换流变分接头定角控制模式和定电压控制控制模式下换流器损耗与运行工况参数之间的直接数学关系式; 根据实际的直流输电系统运行工况, 实时计算换流变分接头定角度控制控制模式和定电压控制控制模式下换流器的损耗, 通过两者比较, 选择损耗小的换流变分接头控制模式。从而可优化安排直流系统的运行方式, 减少某种运行方式带来的高损耗。

1. 一种基于换流器损耗选择换流变分接头控制模式的方法,其特征在于包括下述步骤:

(1) 根据 IEC61803 标准定义计算典型工况下换流器的损耗值;

(2) 根据步骤 (1) 计算得到的损耗值,结合触发角度、换流变压器阀侧绕组线电压有效值、阀两端直流电压值以及直流电流值,拟合出换流变分接头定角度控制模式和定电压控制模式下换流器损耗与运行工况参数之间的直接数学关系式;所述换流器损耗与运行工况参数之间的直接数学关系式形式如下:

$$P_{\alpha} = f_{\alpha}(\alpha, U_l, U_{dc}, I_{dc}) \quad \text{式 (1)}$$

$$P_U = f_U(\alpha, U_l, U_{dc}, I_{dc}) \quad \text{式 (2)}$$

P_{α} 和 P_U 分别为换流变分接头定角度控制模式和定电压控制模式下的损耗,单位 kW;

α 为触发角度,单位度;

U_l 为换流变压器阀侧绕组线电压有效值,单位 kV;

U_{dc} 为阀两端直流电压,单位 kV;

I_{dc} 为直流电流,单位 A;

所述式 (1) 如下:

$$P_{\alpha} = U_l^2 \left[k_1 \alpha + \alpha^2 (k_2 U_{dc}^2 - k_3 - k_4 \frac{U_{dc}}{\alpha}) + \alpha^4 (k_5 + k_6 U_{dc}^4) \right] + U_{dc} (k_7 - k_8 U_{dc} - \frac{k_9}{U_{dc}}) \\ + I_{dc} (k_{10} + k_{11} U_l I_{dc} + k_{12} U_l^2 I_{dc})$$

其中, $k_1 k_2 \dots k_{12}$ 为拟合系数;

所述式 (2) 如下:

$$P_U = U_{dc}^2 \left[K_1 \frac{U_{dc}}{\alpha} - K_2 + K_3 \frac{U_l^2}{U_{dc}} \alpha + \alpha^2 (K_4 U_l^2 U_{dc}^2 \alpha^2 - K_5 U_l^2) \right] \\ + U_l^2 (K_6 \alpha^2 - K_7 \alpha - K_8 \alpha^4) + I_{dc}^2 (\frac{K_9}{I_{dc}} + K_{10} U_l + K_{11} U_l^2) - K_{12}$$

其中, $K_1 K_2 \dots K_{12}$ 为拟合系数;

(3) 根据实际的直流输电系统运行工况,按照步骤 (2) 得到的直接数学关系式,实时计算换流变分接头定角度控制模式和定电压控制模式下换流器的损耗,通过两者比较,选择损耗小的换流变分接头控制模式。

2. 如权利要求 1 所述的一种基于换流器损耗选择换流变分接头控制模式的方法,其特征在于,所述典型工况包括:直流电流分别为额定 I_{dc} 、 $0.8I_{dc}$ 、 $0.6I_{dc}$ 、 $0.4I_{dc}$ 以及 $0.2I_{dc}$ 下的各种运行工况。

一种基于换流器损耗选择换流变分接头控制模式的方法

技术领域

[0001] 本发明属于高压直流输电领域,特别涉及一种基于换流器损耗选择换流变分接头控制模式的方法。

背景技术

[0002] 高压直流输电系统中,换流变分接头的控制对于高压直流输电系统的运行起着重要作用,根据被控制量的不同,换流变分接头控制模式分为定角控制和定电压控制,前者指保持触发角 α 或熄弧角 γ 为要求的参考值,后者指保持 U_{d10} (空载直流电压) 为要求的参考值。

[0003] 定角度控制模式,换流变分接头控制器将实测的换流器触发角和设定的参考值进行比较,得到角度差。当角度差超过动作死区上限时,发出降分接头的命令;当角度差超过动作死区下限时,发出升分接头的命令。执行换流变分接头升降指令的时候有一定的延时,以避免分接头在交、直流电压扰动时发生升降。

[0004] 定电压控制模式,换流变分接头控制器根据实际的换流变抽头位置和换流变交流侧电压计算换流变阀侧空载电压。将计算得到的换流变阀侧空载电压与设定的参考值进行比较,得到电压误差。换流变抽头控制器根据得到的电压误差来产生升/降换流变抽头的命令。当电压误差超过动作死区上限时,发出降抽头的命令;当电压误差超过动作死区下限时,发出升抽头的命令。执行抽头升降指令的时候有一定的延时,以避免抽头在交、直流电压扰动时发生升降。

[0005] 换流变分接头的不同控制模式会影响换流器损耗,由于换流器在运行中的波形复杂,目前还没有一个较好的直接测算损耗的方法。通常采用的方法是分别计算晶闸管阀的各损耗分量,最后相加得到换流器的损耗。目前未有专门针对换流器损耗进行计算分析,从而对直流输电系统的运行和维护进行优化。

发明内容

[0006] 本发明的目的:在于提出了一种基于换流器损耗选择换流变分接头控制模式的方法,可以根据直流输电系统运行工况,实时计算换流器的损耗,选择损耗小的换流变分接头控制模式。

[0007] 为了达成上述目的,本发明的解决方案是:

[0008] 一种基于换流器损耗选择换流变分接头控制模式的方法,包括以下步骤:

[0009] (1) 根据 IEC61803 标准定义计算典型工况下换流器的损耗;

[0010] (2) 根据步骤(1) 计算得到的损耗,结合触发角度、换流变压器阀侧绕组线电压有效值、阀两端直流电压以及直流电流,拟合出换流变分接头定角控制模式和定电压控制控制模式下换流器损耗与运行工况参数之间的直接数学关系式;

$$[0011] \quad P_a = f_a(\alpha, U_1, U_{dc}, I_{dc}) \quad (1)$$

$$[0012] \quad P_U = f_U(\alpha, U_1, U_{dc}, I_{dc}) \quad (2)$$

[0013] P_α 和 P_U 分别为换流变分接头定角度控制模式和定电压控制控制模式下的损耗, 单位 kW; α 为触发角度, 单位度; U_l 为换流变压器阀侧绕组线电压有效值, 单位 kV; U_{dc} 为阀两端直流电压, 单位 kV; I_{dc} 为直流电流, 单位 A。

[0014] (3) 根据实际的直流输电系统运行工况, 按照步骤(2)得到的直接数学关系式, 实时计算换流变分接头定角度控制控制模式和定电压控制控制模式下换流器的损耗, 通过两者比较, 选择损耗小的换流变分接头控制模式。

[0015] 上述典型工况具体是指, 直流电流分别为额定 I_{dc} 及 $0.8I_{dc}$ 、 $0.6I_{dc}$ 、 $0.4I_{dc}$ 、 $0.2I_{dc}$ 的各种运行工况。

[0016] 上述公式(1)拟合后形式如下:

[0017]

$$P_\alpha = U_l^2 \left[k_1 \alpha + \alpha^2 (k_2 U_{dc}^2 - k_3 - k_4 \frac{U_{dc}}{\alpha}) + \alpha^4 (k_5 + k_6 U_{dc}^4) \right] + U_{dc} (k_7 - k_8 U_{dc} - \frac{k_9}{U_{dc}})$$

$$+ I_{dc} (k_{10} + k_{11} U_l I_{dc} + k_{12} U_l^2 I_{dc})$$

[0018] 其中, k_1, k_2, \dots, k_{12} 为拟合系数。

[0020] 上述公式(2)拟合后形式如下:

$$P_U = U_{dc}^2 \left[K_1 \frac{U_{dc}}{\alpha} - K_2 + K_3 \frac{U_l^2}{U_{dc}} \alpha + \alpha^2 (K_4 U_l^2 U_{dc}^2 \alpha^2 - K_5 U_l^2) \right]$$

$$+ U_l^2 (K_6 \alpha^2 - K_7 \alpha - K_8 \alpha^4) + I_{dc}^2 (\frac{K_9}{I_{dc}} + K_{10} U_l I + K_{11} U_l^2) - K_{12}$$

[0023] 其中, K_1, K_2, \dots, K_{12} 为拟合系数。

[0024] 本发明有益效果是, 采用上述方案, 通过计算和拟合给出了换流器损耗与运行工况参数之间的直接数学关系, 可根据直流输电系统实时运行工况计算换流器损耗, 从而选择损耗较小的换流变分接头控制模式, 可优化安排直流系统的运行方式, 减少某种运行方式带来的高损耗, 有较高的应用价值。

具体实施方式

[0025] 以下结合具体实施例对本发明的技术方案进行详细说明。

[0026] 本发明提供一种基于换流器损耗选择换流变分接头控制模式的方法, 包括如下步骤:

[0027] (1) 根据 IEC61803 标准定义计算典型工况下换流器的损耗; 典型工况可取直流电流分别为额定 I_{dc} 及 $0.8I_{dc}$ 、 $0.6I_{dc}$ 、 $0.4I_{dc}$ 、 $0.2I_{dc}$ 的各种运行工况。

[0028] (2) 根据步骤(1)计算得到的损耗, 结合触发角度、换流变压器阀侧绕组线电压有效值、阀两端直流电压以及直流电流, 拟合出换流变分接头定角控制模式和定电压控制控制模式下换流器损耗与运行工况参数之间的直接数学关系式; 拟合后形式如下:

[0029]

$$P_\alpha = U_l^2 \left[k_1 \alpha + \alpha^2 (k_2 U_{dc}^2 - k_3 - k_4 \frac{U_{dc}}{\alpha}) + \alpha^4 (k_5 + k_6 U_{dc}^4) \right] + U_{dc} (k_7 - k_8 U_{dc} - \frac{k_9}{U_{dc}})$$

$$+ I_{dc} (k_{10} + k_{11} U_l I_{dc} + k_{12} U_l^2 I_{dc})$$

[0031]
$$P_U = U_{dc}^2 \left[K_1 \frac{U_{dc}}{\alpha} - K_2 + K_3 \frac{U_L^2}{U_{dc}} \alpha + \alpha^2 (K_4 U_L^2 U_{dc}^2 \alpha^2 - K_5 U_L^2) \right]$$

[0032]
$$+ U_L^2 (K_6 \alpha^2 - K_7 \alpha - K_8 \alpha^4) + I_{dc}^2 \left(\frac{K_9}{I_{dc}} + K_{10} U_L I + K_{11} U_L^2 \right) - K_{12}$$

[0033] 其中, $k_1 k_2 \dots k_{12}$ 为拟合系数, $K_1 K_2 \dots K_{12}$ 为拟合系数。

[0034] P_α 和 P_U 分别为换流变分接头定角度控制模式和定电压控制控制模式下的损耗, 单位 kW; α 为触发角度, 单位度; U_L 为换流变压器阀侧绕组线电压有效值, 单位 kV; U_{dc} 为阀两端直流电压值, 单位 kV; I_{dc} 为阀两端直流电流值, 单位 A。

[0035] (3) 根据实际的直流输电系统运行工况, 按照步骤(2)得到的直接数学关系式, 实时计算换流变分接头定角度控制控制模式和定电压控制控制模式下换流器的损耗, 通过两者比较, 选择损耗小的换流变分接头控制模式。

[0036] 以实际直流输电工程为例, 典型工况换流器损耗如表 1 和表 2 所示:

[0037] 表 1 为换流变分接头定角度控制模式下典型工况损耗表

[0038]

直流电 流(A)	触发角 (度)	直流功率 (MW)	直流电压 (KV)	空载直流电压 (KV)	交流母线 (KV)	损耗 (kW)
3000	14.85	1500	500	282.62	537	5123
2400	15.84	1200	500	279.14	537	4394
1800	14.41	900	500	272.48	537	3709
1200	15.68	600	500	269.30	537	2913
600	14.67	300	500	263.22	537	2330

[0039] 表 2 为换流变分接头定电压控制模式下典型工况损耗表

[0040]

直流电 流(A)	触发角 (度)	直流功率 (MW)	直流 电压	空载直流电压 (KV)	交流母线 (KV)	损耗(kW)
3000	14.85	1500	500	282.62	537	5132
2400	18.16	1200	500	282.62	537	4541
1800	20.97	900	500	282.62	537	3993
1200	23.45	600	500	282.62	537	3490
600	25.71	300	500	282.62	537	3034

[0041] 换流变分接头定角控制模式和定电压控制控制模式下换流器损耗与运行工况参数之间的直接数学关系式拟合后形式如下:

[0042]
$$P_\alpha = U_L^2 \left\{ \frac{61}{7399} \alpha + \alpha^2 \left(\frac{1009}{2524} \cdot 10^{-9} U_{dc}^2 - \frac{9}{89077} - \frac{133}{856} \cdot 10^{-4} \frac{U_{dc}}{\alpha} \right) + \alpha^4 \left(\frac{1727}{1913} \cdot 10^{-8} + \frac{575}{678} \cdot 10^{-18} U_{dc}^4 \right) \right\}$$

[0043]
$$+ U_{dc} \left(\frac{2007}{106} - \frac{312}{21275} U_{dc} - \frac{87706}{19 \cdot U_{dc}} \right) + I_{dc} \left(\frac{563}{560} + \frac{825}{256} \cdot 10^{-8} U_L I_{dc} + \frac{1291}{1217} \cdot 10^{-9} U_L^2 I_{dc} \right)$$

;

[0044]

$$P_U = U_{dc}^2 \left\{ \frac{2362}{177 \cdot U_{dc}} - \frac{95}{4272} + \frac{1894}{995} \cdot 10^{-5} \frac{U_L^2}{U_{dc}} \alpha + \alpha^2 \left(\frac{982}{837} \cdot 10^{-19} U_L^2 U_{dc}^2 \alpha^2 - \frac{1265}{249} \cdot 10^{-10} U_L^2 \right) \right\}$$

$$[0045] \quad +U_L^2 \left(\frac{5}{36946} \alpha^2 - \frac{241}{28942} \alpha - \frac{1751}{276} \alpha^4 \right) + I_{dc}^2 \left(\frac{993}{1135 \cdot I_{dc}} + \frac{2693}{1378} \cdot 10^{-8} U_L + \frac{908}{493} \cdot 10^{-9} U_L^2 \right)$$

$$[0046] \quad - \frac{10482}{41}$$

[0047] 选择二者中损耗较小一种的换流变分接头控制模式

[0048] 最后应该说明的是：结合上述实施例仅说明本发明的技术方案而非对其限制。所属领域的普通技术人员应当理解到：本领域技术人员可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换，但这些修改或变更均在申请待批的专利要求保护范围之内。