



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112098800 B

(45) 授权公告日 2021.02.05

(21) 申请号 202011235726.5

审查员 张虹

(22) 申请日 2020.11.09

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112098800 A

(43) 申请公布日 2020.12.18

(73) 专利权人 西南交通大学  
地址 610031 四川省成都市金牛区二环路  
北一段111号

(72) 发明人 任皓妍 马磊

(74) 专利代理机构 成都信博专利代理有限责任  
公司 51200

代理人 卓仲阳

(51) Int.Cl.  
G01R 31/26 (2014.01)

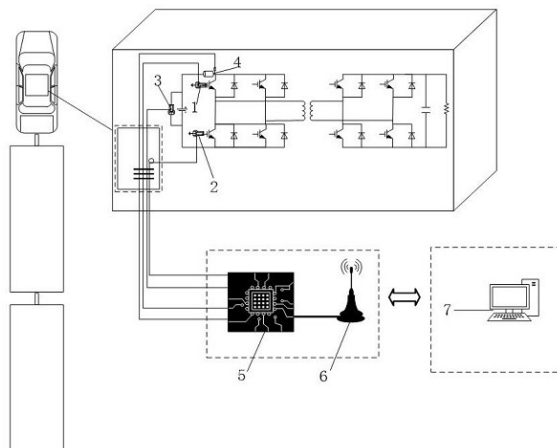
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种DAB双晶体管时频衔接匹配度在线评定方法

(57) 摘要

本发明公开了一种DAB双晶体管时频衔接匹配度在线评定方法,具体为:搭建DAB双晶体管时频衔接匹配度在线评定装置,该装置包括高精度电压差分探头一、高精度电压差分探头二、高精度原边电压差分探头、非接触电流探头、中央计算机构、无线模块和上位机;采集电参量,根据此时测量得到的电气参量计算DAB双晶体管时频衔接匹配度评定因子 $\Omega$ ;最后进行定域评判;本发明能在线的有效评定DAB内设备晶体管死区时间是否在可控范围内,晶体管开断控制的连贯性,死区时间的长短,开断时间的衔接的优劣程度;能够在线检测DAB运行过程中是否存在故障、是否稳定可靠运行。



1. 一种DAB双晶体管时频衔接匹配度在线评定方法,其特征在于,包括以下步骤:

第一步:搭建时频衔接匹配度在线评定装置,该装置包括高精度电压差分探头一(1)、高精度电压差分探头二(2)、高精度原边电压差分探头(3)、非接触电流探头(4)、中央计算机构(5)、无线模块(6)和上位机(7);

所述高精度电压差分探头一(1)、高精度电压差分探头二(2)分别电连接DAB两开断时间临近的IGBT驱动极,高精度电压差分探头一(1)连接将关断IGBT的驱动极,高精度电压差分探头二(2)连接将开通IGBT的驱动极;

所述非接触电流探头(4)环接在原边输入端,实时测量DAB原边电流值;

所述高精度原边电压差分探头(3)电连接在DAB原边,实时测量DAB原边输入电压值;

所述中央计算机构(5)外接高精度电压差分探头一(1)、高精度电压差分探头二(2)、高精度原边电压差分探头(3)、非接触电流探头(4),并与无线模块(6)桥接,配合匹配度算法计算双晶体管时频衔接匹配程度;

所述无线模块(6)桥接中央计算机构(5)与上位机(7)通讯交换信息;

第二步:进行DAB双晶体管时频衔接匹配度在线评定,采集外接的高精度电压差分探头一(1)、高精度电压差分探头二(2)、高精度原边电压差分探头(3)、非接触电流探头(4)返回的电参量;

第三步:根据此时测量得到的电参量计算DAB双晶体管时频衔接匹配度评定因子 $\Omega$ :

$$\Omega = U_{iy\max} \cdot \frac{T - (T_1 \cdot U_{lkpt} + 2T_{ml} \cdot U_{cyp}) (U_{xj} - U_{cyp})}{U_{iy} \cdot (t - t_e)} \cdot \frac{T_{ml} \cdot U_{iy\max}}{I_G(t_e) - I_G(t)} \cdot I_{Ps} \cdot (U_{lkpt} \cdot U_{xj} - U_{lkpt} \cdot U_{cyp}) - A$$

$$A = \frac{U_{iy\max} \cdot \left[ \frac{(t - t_s)}{\arccos \frac{I_G(t)}{I_G(t_s)}} \right]^2 \cdot \sin^{-1} \frac{U_{iy\max} - U_{lkpt}}{B}}{U_{iy} \cdot (t - t_e)} \cdot I_{Ps}$$

$$B = I_{Ps} \cdot \left( \frac{U_{iy} \cdot (t - t_e)}{I_G(t_e) - I_G(t)} \cdot \frac{(t - t_s)}{\arccos \frac{I_G(t)}{I_G(t_s)}} \right) \cos \sin^{-1} \left( \frac{U_{iy}}{\left( \frac{U_{iy} \cdot (t - t_e)}{I_G(t_e) - I_G(t)} \cdot \frac{(t - t_s)}{\arccos \frac{I_G(t)}{I_G(t_s)}} \right) \cdot I_{Ps}} \right)$$

式中,  $T_1$ 为将关断IGBT驱动端高电平开始下降的时间,  $\Omega$ 为DAB双晶体管时频衔接匹配度评定因子,  $T_{ml}$ 为将关断IGBT驱动端平波电压平台持续时间,  $T$ 为测量得到的总操作间隙时间,  $I_{Ps}$ 为非接触电流探头(4)返回的将关断IGBT的电平下降时的原边电流瞬时值,  $U_{xj}$ 为高精度电压差分探头一(1)测得的将关断IGBT的电平下降时的瞬时电压,  $U_{cyp}$ 为将关断IGBT处于平波电压平台时高精度电压差分探头一(1)所测瞬时电压,  $U_{1kpt}$ 为将关断IGBT离开平波电压平台时高精度电压差分探头二(2)返回的瞬时电压,  $U_{iy\max}$ 为最大原边输入电压,  $t_s$ 为将关断IGBT的开断起始时间,  $I_G(t)$ 为 $t$ 时刻非接触电流探头(4)返回的原边电流瞬时值,  $U_{iy}$ 为原边输入电压瞬时值,  $t_e$ 为将开通IGBT的开断完成时间,  $t$ 为测量时刻;

第四步,对计算得到的DAB双晶体管时频衔接匹配度评定因子进行定域评判:

若  $\Omega \in [0, 0.5]$ , 则评定为良好衔接; 若  $\Omega \in (0.5, 1]$ , 则评定为衔接受阻; 若  $\Omega \in (1, +\infty)$ , 则评定为开断失控。

## 一种DAB双晶体管时频衔接匹配度在线评定方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于开关变换器检测评定技术领域,尤其涉及一种DAB双晶体管时频衔接匹配度在线评定方法。

### 背景技术

[0002] 高频双有源DC-DC变换器,又称DAB,是电力电子变压器中非常重要的组成部分,其控制方法、控制精度、开断速度,一直是电力电子变压器、电能变换领域研究的重点。DAB主要由驱动电路控制晶体管实现开断衔接,完成逆变、升降压、整流的工作,因此晶体管的开关时机,晶体管的开断速度,其抗干扰能力,将直接决定输出电能是否符合要求。晶体管在开通与关断过程中会受到机械振动、控制延迟、寄生电容、环境温度等各方面因素的影响,导致其开通与关断时间与控制预期存在区别,开断时间相邻的晶体管的开通与关断如果不能有效地跟随预期,将轻则导致输出电能波形畸变,重则导致功率反向传输,损坏前向设备。因此,亟需一个对于DAB内晶体管前后开断时间衔接匹配程度的检测评估设备,对DAB的功率传输效率、运行稳定程度、故障与否进行定性评判。

### 发明内容

[0003] 为实现对DAB晶体管通断时间波动进行在线监测评判,本发明提供一种DAB双晶体管时频衔接匹配度在线评定方法。

[0004] 本发明的一种DAB双晶体管时频衔接匹配度在线评定方法,具体步骤为:

[0005] 步骤1:搭建DAB双晶体管时频衔接匹配度在线评定装置。

[0006] 装置包括高精度电压差分探头一、高精度电压差分探头二、高精度原边电压差分探头、非接触电流探头、中央计算机构、无线模块和上位机。

[0007] 高精度电压差分探头一、高精度电压差分探头二分别电连接DAB两开断时间临近的IGBT驱动极,高精度电压差分探头一连接将关断IGBT的驱动极,高精度电压差分探头二连接将开通IGBT的驱动极。

[0008] 非接触电流探头环接在原边输入端,实时测量DAB原边电流值。

[0009] 高精度原边电压差分探头电连接在DAB原边,实时测量DAB原边输入电压值。

[0010] 中央计算机构外接高精度电压差分探头一、高精度电压差分探头二、高精度原边电压差分探头和非接触电流探头,并与无线模块桥接,配合匹配度算法计算双晶体管时频衔接匹配程度。

[0011] 无线模块桥接中央计算机构与上位机通讯交换信息。

[0012] 步骤2:进行DAB双晶体管时频衔接匹配度在线评定,采集外接的高精度电压差分探头一、高精度电压差分探头二、高精度原边电压差分探头和非接触电流探头返回的电参量。

[0013] 步骤3:根据此时测量得到的电气参量计算DAB双晶体管时频衔接匹配度评定因子 $\Omega$ ;

$$[0014] \quad B = I_{Ps} \cdot \left( \frac{\frac{U_{iy} \cdot (t-t_e)}{I_G(t_e) - I_G(t)}}{(t-t_s)} \right) \cos \sin^{-1} \left( \frac{U_{iy}}{\left( \frac{\frac{U_{iy} \cdot (t-t_e)}{I_G(t_e) - I_G(t)}}{(t-t_s)} \right) \cdot I_{Ps}} \right)$$

$$[0015] \quad A = \frac{U_{iy \max} \cdot \left( \frac{(t-t_s)}{\arccos \frac{I_G(t)}{I_G(t_s)}} \right)^2 \cdot \sin^{-1} \frac{U_{iy \max} - U_{lkpt}}{B}}{\frac{U_{iy} \cdot (t-t_e)}{I_G(t_e) - I_G(t)} \cdot I_{Ps}}$$

$$[0016] \quad \Omega = U_{iy \max} \cdot \frac{T - \left( T_1 \cdot U_{lkpt} + 2T_{ml} \cdot U_{cyp} \right) \left( U_{xj} - U_{cyp} \right)}{U_{iy} \cdot (t-t_e) \cdot I_{Ps} \cdot \left( U_{lkpt} \cdot U_{xj} - U_{lkpt} \cdot U_{cyp} \right)} - \frac{T_{ml} \cdot U_{iy \max}}{U_{iy} \cdot (t-t_e) \cdot I_{Ps}} - A$$

[0017] 式中,  $T_1$ 为将关断IGBT驱动端高电平开始下降的时间,  $\Omega$ 为DAB双晶体管时频衔接匹配度评定因子,  $T_{ml}$ 为将关断IGBT驱动端平波电压平台持续时间,  $T$ 为测量得到的总操作间隙时间,  $I_{Ps}$ 为非接触电流探头返回的将关断IGBT的电平下降时的原边电流瞬时值,  $U_{xj}$ 为高精度电压差分探头一测得的将关断IGBT的电平下降时的瞬时电压,  $U_{cyp}$ 为将关断IGBT处于平波电压平台时高精度电压差分探头一所测瞬时电压,  $U_{lkpt}$ 为将关断IGBT离开平波电压平

台时高精度电压差分探头二返回的瞬时电压,  $U_{iy\max}$  为最大原边输入电压,  $t_s$  为 IGBT 开断起始时间,  $I_G(t)$  为  $t$  时刻非接触电流探头返回的原边电流瞬时值,  $U_{iy}$  为原边输入电压瞬时值,  $t_e$  为 IGBT 开断完成时间,  $t$  为测量时刻。

[0018] 步骤4: 对计算得到的 DAB 双晶体管时频衔接匹配度评定因子进行定域评判:

[0019] 若  $\Omega \in [0, 0.5]$ , 则评定为良好衔接; 若  $\Omega \in (0.5, 1]$ , 则评定为衔接受阻; 若  $\Omega \in (1, +\infty)$ , 则评定为开断失控。

[0020] 本发明的有益技术效果为:

[0021] 本发明能在线有效评定 DAB 内设备晶体管死区时间是否在可控范围内, 晶体管开断控制的连贯性, 死区时间的长短, 开断时间衔接的优劣程度; 能够在线检测 DAB 运行过程中是否存在故障, 是否稳定可靠运行。

## 附图说明

[0022] 图1为本发明 DAB 双晶体管时频衔接匹配度在线评定装置结构示意图。

## 具体实施方式

[0023] 下面结合附图和具体实施方式对于本发明做进一步详细说明。

[0024] 本发明的一种 DAB 双晶体管时频衔接匹配度在线评定方法, 具体步骤为:

[0025] 步骤1: 连接 DAB 双晶体管时频衔接匹配度在线评定装置。

[0026] DAB 双晶体管时频衔接匹配度在线评定装置如图1所示, 包括高精度电压差分探头一1、高精度电压差分探头二2、高精度原边电压差分探头3、非接触电流探头4、中央计算机机构5、无线模块6、上位机7。

[0027] 所述高精度电压差分探头一1、高精度电压差分探头二2分别电连接 DAB 两开断时间临近的 IGBT 驱动极, 高精度电压差分探头一1连接将关断 IGBT 的驱动极, 高精度电压差分探头二2连接将开通 IGBT 的驱动极。

[0028] 所述非接触电流探头4环接在原边输入端, 实时测量 DAB 原边电流值。

[0029] 所述高精度原边电压差分探头3电连接在 DAB 原边, 实时测量 DAB 原边输入电压值。

[0030] 所述中央计算机机构5外接高精度电压差分探头一1、高精度电压差分探头二2、高精度原边电压差分探头3、非接触电流探头4, 并与无线模块6桥接, 配合匹配度算法计算双晶体管时频衔接匹配程度。

[0031] 所述无线模块6桥接中央计算机机构5与上位机7通讯交换信息。

[0032] 步骤2: 进行 DAB 双晶体管时频衔接匹配度在线评定, 采集外接的高精度电压差分探头一1、高精度电压差分探头二2、高精度原边电压差分探头3、非接触电流探头4返回的电参量。

[0033] 步骤3: 根据此时测量得到的电气参量计算 DAB 双晶体管时频衔接匹配度评定因子:

$$[0034] \quad B = I_{Ps} \cdot \left( \frac{\frac{U_{iy} \cdot (t-t_e)}{I_G(t_e) - I_G(t)}}{(t-t_s)} \right) \cos \sin^{-1} \left( \frac{U_{iy}}{\left( \frac{\frac{U_{iy} \cdot (t-t_e)}{I_G(t_e) - I_G(t)}}{(t-t_s)} \right) \cdot I_{Ps}} \right)$$

$$[0035] \quad A = \frac{U_{iy \max} \cdot \left( \frac{(t-t_s)}{\arccos \frac{I_G(t)}{I_G(t_s)}} \right)^2 \cdot \sin^{-1} \frac{U_{iy \max} - U_{lkpt}}{B}}{\frac{U_{iy} \cdot (t-t_e)}{I_G(t_e) - I_G(t)} \cdot I_{Ps}}$$

$$[0036] \quad \Omega = U_{iy \max} \cdot \frac{T - \left( T_1 \cdot U_{lkpt} + 2T_{ml} \cdot U_{cyp} \right) \left( U_{xj} - U_{cyp} \right)}{\frac{U_{iy} \cdot (t-t_e)}{I_G(t_e) - I_G(t)} \cdot I_{Ps} \cdot \left( U_{lkpt} \cdot U_{xj} - U_{lkpt} \cdot U_{cyp} \right)} - \frac{T_{ml} \cdot U_{iy \max}}{\frac{U_{iy} \cdot (t-t_e)}{I_G(t_e) - I_G(t)} \cdot I_{Ps}} - A$$

[0037] 式中,  $T_1$ 为将关断IGBT驱动端高电平开始下降的时间,  $\Omega$ 为DAB双晶体管时频衔接匹配度评定因子,  $T_{ml}$ 为将关断IGBT驱动端平波电压平台持续时间,  $T$ 为测量得到的总操作间隙时间,  $I_{Ps}$ 为非接触电流探头4返回的将关断IGBT的电平下降时的原边电流瞬时值,  $U_{xj}$ 为高精度电压差分探头—1测得的将关断IGBT的电平下降时的瞬时电压,  $U_{cyp}$ 为将关断IGBT处于平波电压平台时高精度电压差分探头—1所测瞬时电压,  $U_{lkpt}$ 为将关断IGBT离开平波

电压平台时高精度电压差分探头二返回的瞬时电压,  $U_{iy\max}$  为最大原边输入电压,  $t_s$  为 IGBT 开断起始时间,  $I_G(t)$  为  $t$  时刻非接触电流探头 4 返回的原边电流瞬时值,  $U_{iy}$  为原边输入电压瞬时值,  $t_e$  为 IGBT 开断完成时间,  $t$  为测量时刻;

[0038] 如此每过一个开断周期, 设备都会返回所测开断死区的评判因子  $\Omega$ 。

[0039] 步骤 4: 对计算得到的 DAB 双晶体管时频衔接匹配度评定因子进行定域评判:

[0040] 若  $\Omega \in [0, 0.5]$ , 则评定为良好衔接; 若  $\Omega \in (0.5, 1]$ , 则评定为衔接受阻; 若  $\Omega \in (1, +\infty)$ , 则评定为开断失控。



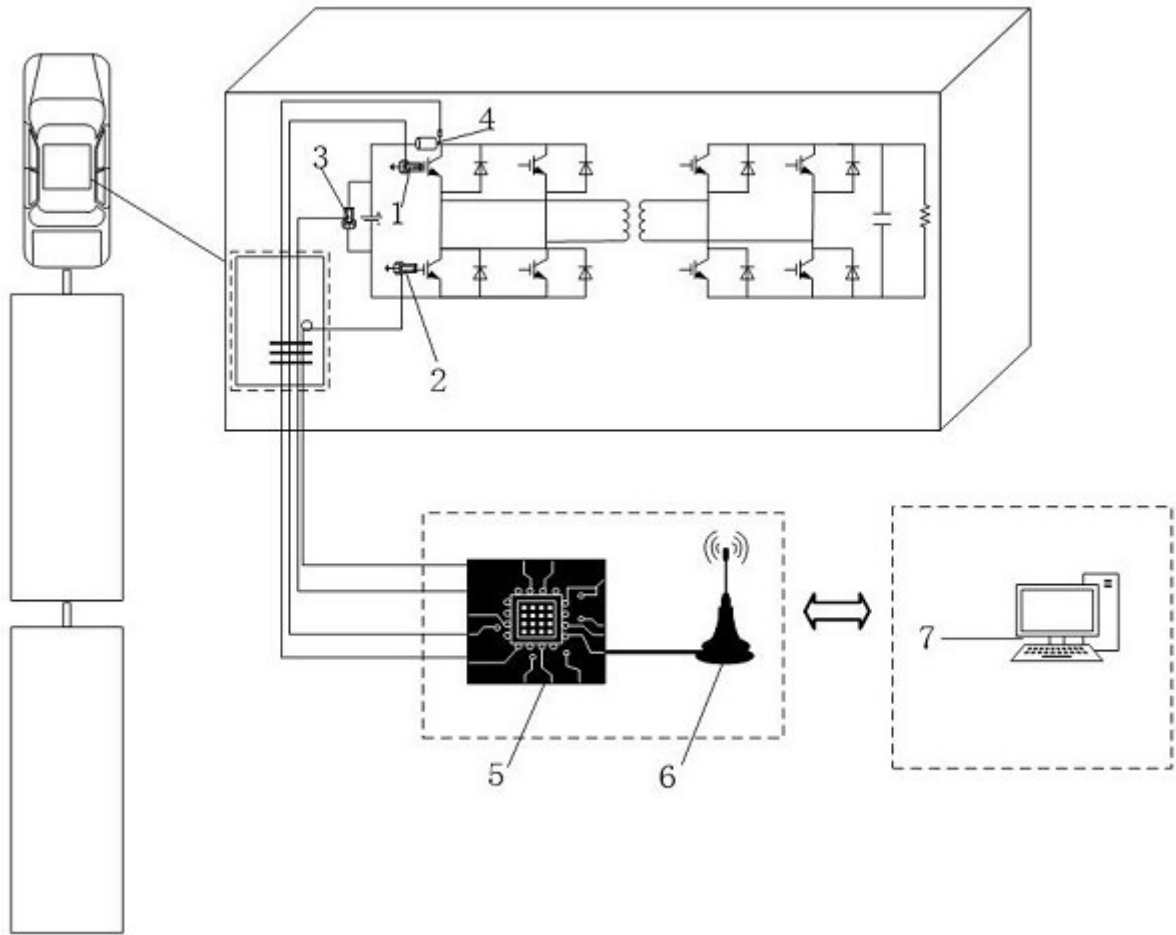


图1