



中华人民共和国国家标准

GB/T 32877—2016/IEC/TS 60034-2-3:2013

变频器供电交流感应电动机确定损耗和效率的特定试验方法

Specific test methods for determining losses and efficiency of converter-fed AC induction motors

(Rotating electrical machines—Part 2-3: Specific test methods for determining losses and efficiency of converter-fed AC induction motors, IEC/TS 60034-2-3:2013, IDT)

2016-08-29 发布

2017-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

引言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号和缩写形式 2

5 基本要求 3

6 确定变频器供电的电动机效率的测试方法 4

7 其他程序 7

附录 A（资料性附录） 试验用变频器输出电压的定义 8

参考文献 13

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用 IEC/TS 60034-2-3:2013《旋转电机 第 2-3 部分:变频器供电交流感应电动机确定损耗和效率的特定试验方法》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

GB 755—2008 旋转电机 定额和性能(IEC 60034-1:2004, IDT);

GB/T 18039.4—2003 电磁兼容 环境 工厂低频传导骚扰的兼容水平(IEC 61000-2-4:1994, IDT)。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国旋转电机标准化技术委员会(SAC/TC 26)归口。

本标准起草单位:上海电机系统节能工程技术研究中心有限公司、上海电科系统能效检测有限公司、卧龙电气集团股份有限公司、江苏锡安达防爆股份有限公司、西安泰富西玛电机有限公司、永济新时速电机电器有限责任公司、南车株洲电机有限公司、安徽明腾永磁机电设备有限公司、山东华力电机集团股份有限公司、浙江金龙电机股份有限公司、浙江沪龙科技股份有限公司、中机国际工程设计研究院有限责任公司、湘潭电机股份有限公司、西门子(中国)有限公司、雷勃电气(无锡)有限公司、上海 ABB 电机有限公司、兰州电机股份有限公司、江门市江晟电机厂有限公司、格兰富水泵(苏州)有限公司、杭州米格电机有限公司、河北电机股份有限公司、山东力久特种电机股份有限公司、江苏大中电机股份有限公司、浙江西子富沃德电机有限公司、广东瑞荣泵业有限公司、浙江特种电机有限公司、无锡欧瑞京机电有限公司、上海德驱驰电气有限公司、威乐水泵电机有限公司。

本标准主要起草人:强雄、王传军、杨钟杠、陆进生、彭庆军、李广、吴顺海、梅浩东、张文斌、叶叶、吴文俊、袁凯南、吴艳红、朱岷、周玮杰、严蓓兰。

引言

本标准的目标是为了定义确定变频器供电的感应电动机产生的附加谐波损耗的试验方法,这些损耗显然是由 GB/T 25442—2010 确定的标准正弦波电源供电产生的损耗以外的附加损耗。根据本标准得出的结果,目的在于比较变频器供电情况下的不同交流感应电动机产生的谐波损耗。

在电气传动系统(PDS)中,电动机和变频器通常由不同制造商提供,而相同设计的电动机被大批量生产,它们可能由电网或者不同制造商提供的不同型号的变频器驱动。各自变频器的性能(比如开关频率、直流母线电压等级等)可能也会影响系统的效率。对每一个电动机、变频器、连接电缆、输出滤波器参数设置的组合来确定电动机附加谐波损耗是不切实际的。在变频器供电运行情况下规定电动机的运行效率是很难被接受的。本标准描述的试验方法有限,它们取决于试验电动机的电压等级和定额。

本标准最终得到一个谐波损耗率,用符号 r_{HLL} 表示,它表示电动机在变频器供电测得的附加谐波损耗与标准正弦波电源供电测得的损耗之比。

按照本标准确定的损耗不代表实际使用中的损耗,它提供了比较不同电动机设计与变频器驱动时匹配性的客观依据。

本标准的方法适用于变频驱动的感应电动机。但不排除应用于其他与变频器一起使用的交流或直流电动机。本方法主要适用于电压源变频器供电的电动机。

通常变频器供电时,电动机的损耗比标准正弦波系统工作时更高。附加谐波损耗取决于变频器的输出量的频谱(电流或电压),这些输出量与变频器自身的电路和控制方式有关。更多信息请参见 IEC/TS 60034-25。

本标准的目的是为了评估非正弦波电源供电的附加谐波损耗,由此来确定变频器供电电动机的效率,本标准定义的测试方法不适用于电气传动系统和单个变频器。

本标准适用于基波频率为 50 Hz 或 60 Hz 的电动机。然而对于其他额定频率的电动机,如果提供一个合适的电源,该试验程序也是适用的,如 4P 电动机 3 000 转时可以使用 100 Hz 额定电压进行试验。

低压电动机

经验表明,电动机附加谐波损耗通常随着负载增加而增加。本标准提供的方法是基于脉冲宽度调制(PWM)的变频器供电,调制频率也是不变的。这是针对一般电压源变频器,但不包括过调制电压源。到目前为止,该类电压源变频器在低压工业驱动市场占据最大的市场份额。

为了符合不断提高的国家能源效率法规要求,针对这类变频器,本标准提出了一个低压电动机试验用变频器的概念。

原则上,试验用变频器是一个明确的和可为试验电动机提供重复谐波含量的电压源。电动机的效率为 50 Hz 或 60 Hz 额定负载下运行时的效率。之所以规定 50 Hz 或 60 Hz 的测试条件,其优点是可直接比较电动机在电网和变频器两种供电情况下的效率。

综上所述,试验用变频器的概念是用来衡量变频器对电动机影响的一种新的方法,而不是强制用终端变频器进行试验。通过发布本标准,新的试验装置将被采用,也获得更多实际经验和反馈,以便对该试验程序进一步完善和细化。

低压电动机和高压电动机的多电平变频器的局限性

需要注意的是,该方法只是为了在标准试验条件下获得可比性效率数据的标准方法。通过该方法可以得出变频器与电动机的匹配性,但是通过本试验来确定指定变频器供电的电动机实际损耗是不可能的,这需要测试完整的 PDS 系统。

多电平电压源或电流源变频器与两电平电压源变频器的区别,通常被认为是在附加谐波损耗上更多的取决于转速和负荷。如电动机在实际使用和试验时由同一个变频器供电,应优先使用该程序来确定损耗和效率。

另一个选择是通过计算确定电动机的附加谐波损耗。如果这是客户的要求,变频器制造商必须把脉冲模式提供给电动机制造商。

加损耗:

$$P_{\text{LL}} = A \times T_{\text{N}}^2$$

$$P_{\text{LLC}} = A_{\text{C}} \times T_{\text{N}}^2$$

负载附加损耗 P_{LLC} 是一个包含了所有与负载有关的附加损耗,即它们既包含了基波负载电流产生的损耗也包含了由试验用变频器供电谐波所产生的损耗。

变频器供电时的负载附加损耗与正弦波供电时负载附加损耗的差值就是负载附加谐波损耗。

$$P_{\text{HL,Load}} = P_{\text{LLC}} - P_{\text{LL}}$$

恒定附加谐波损耗—恒定损耗 P_{C} 和 P_{CC}

试验用变频器供电时的空载损耗与正弦波供电时的空载损耗的差值就是恒定附加谐波损耗。

$$P_{\text{HL,No-Load}} = P_{\text{CC}} - P_{\text{C}}$$

6.2.3 效率确定

试验用变频器供电时的附加谐波损耗为恒定附加谐波损耗与负载附加谐波损耗之和。

$$P_{\text{HL}} = P_{\text{HL,No-Load}} + P_{\text{HL,Load}}$$

根据 GB/T 25442—2010 的方法 2-1-1B 测得的在正弦波供电下的基波损耗加上附加谐波损耗,就可以确定电动机在变频器供电下的效率。

$$P_{\text{T, test-converter}} = P_{\text{Tsin}} + P_{\text{HL}}$$

试验用变频器供电下的效率为:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{\text{T, test-converter}}}$$

谐波损耗率为:

$$r_{\text{HL}} = \frac{P_{\text{HL}}}{P_{\text{Tsin}}} \times 100\% \text{ (应当四舍五入,取整数)}$$

6.3 方法 2-3-B: 特定变频器供电的损耗求和法

变频器供电产生的总附加损耗应该通过在基频供电下的负载试验和由终端设备的特定变频器供电下的负载试验共同确定,除了使用特定的变频器系统,测试程序与 2-3-A 方法一致。

6.4 方法 2-3-C: 输入-输出法

6.4.1 试验设置

这是一个通过测量轴转矩与转速来确定电动机机械功率 P_{2C} 的测试方法。在这个测试方法中也可测得定子的电功率 P_{1C} 。

6.4.2 试验程序

为了获得与实际运行相同或近似的试验条件,试验应该在为最终应用的特定变频器和基本部件装配完整的电动机上进行。

用测功机将测试电动机与负载连接。在额定转矩下运行电动机直到热平衡(变化率为每半个小时 1 K 或更少)。试验结束后记录:

T 输出转矩;

n 转速;

P_{1C} 变频器供电下的电动机输入功率。

6.4.3 效率的确定

计算输出功率:

$$P_{zC} = 2\pi \cdot T \cdot n / 60$$

计算效率:

$$\eta = \frac{P_{zC}}{P_{IC}}$$

6.5 方法 2-3-D:量热法

效率还可以通过测量在初级或次级水冷却回路中被试设备的总损耗所产生的热量来确定效率。此方法的试验程序应符合 IEC 60034-2-2。

7 其他程序

如果电动机功率等级超过现有的测试能力,那么通过计算来确定变频器运行引起的附加谐波损耗也许是一个替代方法。这种计算必须是基于实际情况下的变频器脉冲模式,与频率相关电动机的等效电路参数和能够覆盖谐波的影响的电动机模型。

附录 A
(资料性附录)

试验用变频器输出电压的定义

A.1 定义和原理

第 4 章和下列术语和定义适用于本附录。

NP	中性点
SP	星点
U_d, U_{d+}, U_{d-}	整流器部分的直流母线电压,以中性点为参考, U_{d+} 是正电位, U_{d-} 是负电位
U_U, U_V, U_W	逆变器输出相到中性点之间的电压,稳定状态运行时是方波
U_U^*, U_V^*, U_W^*	逆变器输出相的设置点到中性点的电压
U_{UD}, U_{VD}, U_{WD}	逆变器输出相到星点的电压,稳定状态运行时是方波
$U_{UD}^*, U_{VD}^*, U_{WD}^*$	相的设置点到星点的电压,稳定状态运行时是正弦波
U_{CCM}	电动机和星点之间的共模电压
U_{ref}	电动机相电压设置点的幅值,稳定状态运行时是恒定的
f_{lref}	电动机电压设置点的频率,稳定状态运行时是恒定的
U_{ext}^*	线性扩展电压,调制器使用的共模电压
S_U, S_V, S_W	逆变阶段的开关命令

PDS 原理图见图 A.1。

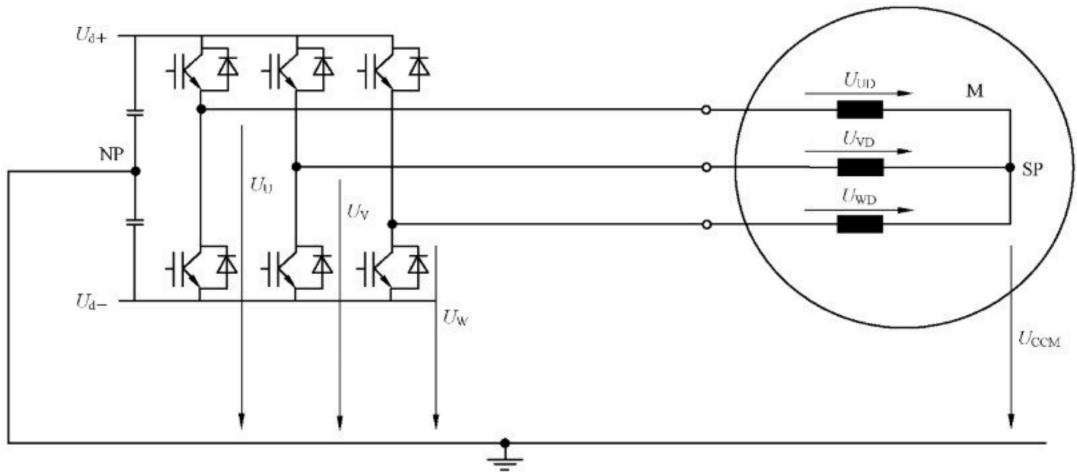


图 A.1 PDS 原理图

图 A.1 显示星形连接的电动机,但本标准也适用于具有内部或外部星点的三角形连接的电动机。

逆变器的输出电压(U_U, U_V, U_W)可以被分成差模电压系统(对称的)(U_{UD}, U_{VD}, U_{WD})和相当于参考点的共模电压系统(U_{CCM})。

差模电压也就是电动机的三相电压。每相电压等于逆变器的输入电压减去共模电压。

例如,对 U 相:

$$U_{UD} = U_U - U_{CCM}$$

共模电压可以如下计算：

$$U_{CCM} = (U_U + U_V + U_W)/3$$

A.2 参考电压和输出电压波形的产生

本章描述试验用变频器脉冲调制的实现方法和说明为什么其测量值看起来像图 A.3 所示。

一个基本控制器生成对于稳定运行状态所需的电动机电压和频率 U_{ref} 、 f_{1ref} 绝对值的设定值。

通过变频器控制器计算得到输出给电动机的正弦波电压设定值 (U_{UD}^* , U_{VD}^* , U_{WD}^*)：

$$U_{UD}^* = U_{ref} \cdot \sin(2\pi \cdot f_{1ref} \cdot t)$$

$$U_{VD}^* = U_{ref} \cdot \sin(2\pi \cdot f_{1ref} \cdot t - 2\pi/3)$$

$$U_{WD}^* = U_{ref} \cdot \sin(2\pi \cdot f_{1ref} \cdot t - 2\pi/3)$$

然后用一个线性扩展信号 U_{ext}^* 叠加到各电压设定值上。线性扩展信号是一个共模电压,它增加了输出电压范围,此时电动机的电压符合设定值,没有低次谐波。

$$U_U^* = U_{UD}^* + U_{ext}^*$$

$$U_V^* = U_{VD}^* + U_{ext}^*$$

$$U_W^* = U_{WD}^* + U_{ext}^*$$

最后将这些信号与三角开关信号比较并计算脉冲调制信号 S_U , S_V , S_W 。三角开关信号是一个周期性的对称三角波,它的频率定义为逆变器的开关频率。逆变器按照脉冲调制产生输出电压 (U_U , U_V , U_W)。图 A.2 描述了系统框图。

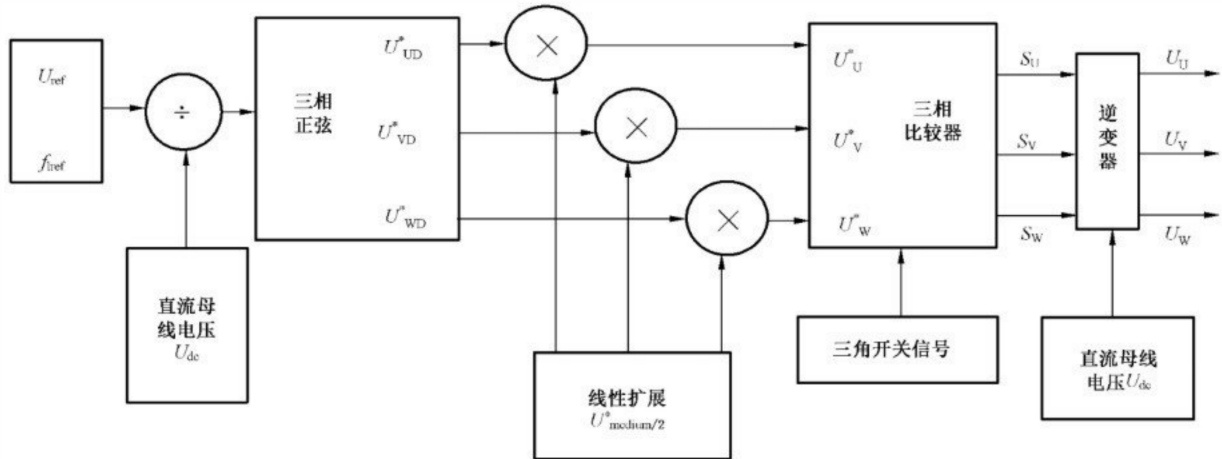


图 A.2 电压生成系统原理图

在试验逆变器中使用的线性扩展信号 U_{ext}^* 被定义为 3 个正弦波电压设定值 (U_{UD}^* , U_{VD}^* , U_{WD}^*) 中间值的一半。中间电压是唯一的最低绝对值,相关说明见图 A.3。

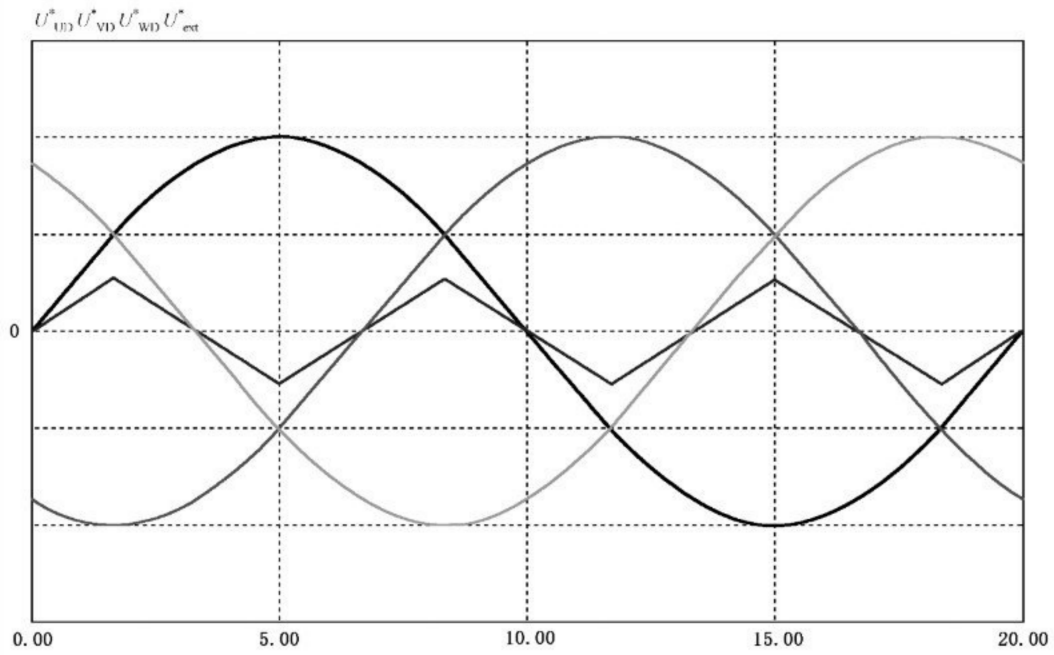


图 A.3 正弦波电压设定值和线性扩展电压

U 相正弦波电压设定值与三角开关信号生成的参考电压的比较,如图 A.4 所示。

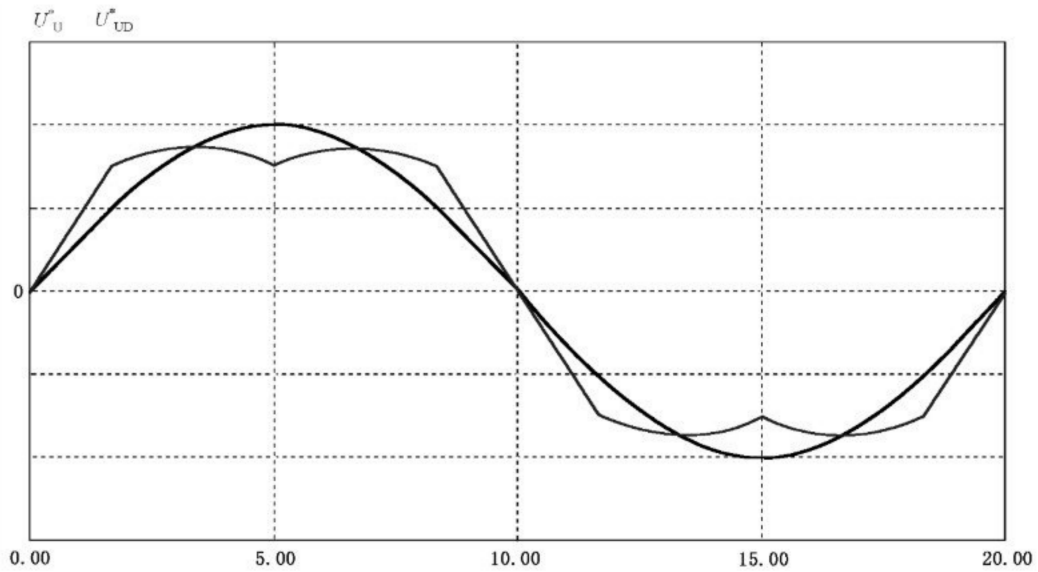


图 A.4 电压设定值和扩展的参考电压

通过测量逆变器终端和中性点得到输出电压,它与扩展参考电压和三角开关信号之间的比较所产生的模式相对应(见 A.2)。如图 A.5 和图 A.6 所示,基频 50 Hz 和三角开关频率 4 kHz。

逆变器终端电压 U_U

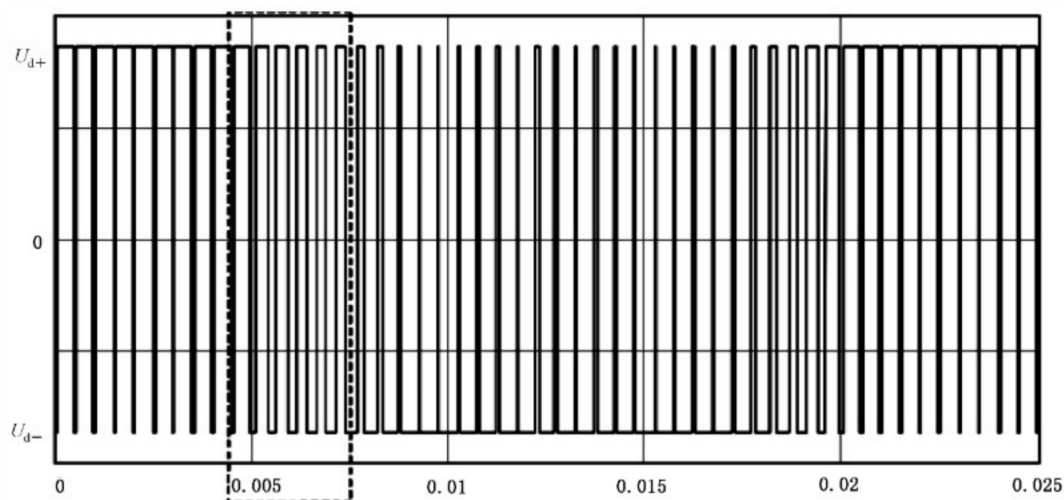


图 A.5 电动机终端电压的脉冲模式
(基频 50 Hz; 三角开关频率 4 kHz)

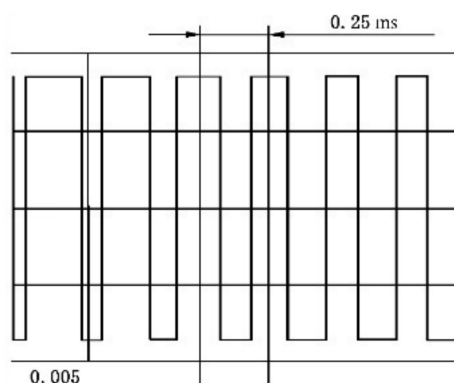


图 A.6 图 A.5 放大的标志区

任何两个相邻方波中心点之间的距离都是三角开关频率的倒数,它与逆变器的开关频率一致。

A.3 时域的检查

为了检查施加在电动机上的电压和频率调制的正确性,测量应当在 5.2.2 中定义的操作点下进行。逆变器的端电压 U_U 如图 A.5 和图 A.6 所示,没有脉冲丢失。两相邻方波中心点之间的距离必须是对应于开关频率为 4 kHz 时为 0.25 ms 或在开关频率 2 kHz 时为 0.5 ms。

如果存在丢失脉冲情况,必须升高直流母线电压。

为了检查线性扩展是否正确应用,终端电压 U_U 应通过低通滤波器测量。信号如图 A.7 给出。

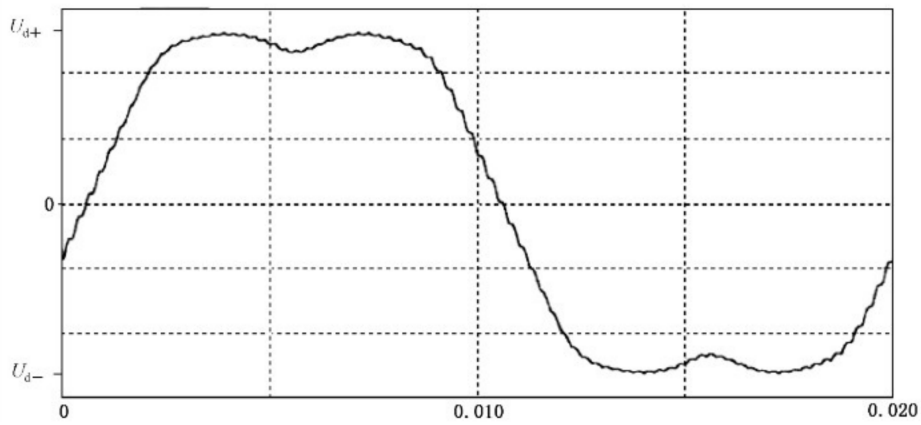


图 A.7 逆变器滤波终端电压
(基频为 50 Hz; 2 阶低通滤波器 500 Hz/0.7)

唯有明确的双极值形状才可以, 信号在顶点或底部不能显示出任何饱和和迹象。
端电压可选择对直流母排的正极或负极来测量, 测量结果 $-/+U_d/2$ 。
接地电位不适合作为参考电位。

参 考 文 献

- [1] IEC/TS 60034-25 Rotating electrical machines—Part 25: Guidance for the design and performance of a.c. motors specifically designed for converter supply
 - [2] IEC 61800-2 Adjustable speed electrical power drive systems—Part 2: General requirements—Rating specifications for low voltage adjustable frequency a.c. power drive systems
 - [3] IEC 61800-4 Adjustable speed electrical power drive systems—Part 4: General requirements—Rating specifications for high voltage adjustable frequency a.c. power drive systems above 1 000 V a.c., and not exceeding 35 kV
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
变频器供电交流感应电动机确定损耗和
效率的特定试验方法

GB/T 32877—2016/IEC/TS 60034-2-3:2013

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2016年10月第一版

*

书号: 155066 · 1-55133

版权专有 侵权必究



GB/T 32877-2016