

附件 3:

电子行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	功率电感测试仪校准规范		
制定或修订	<input checked="" type="checkbox"/> 制定 <input type="checkbox"/> 修订	被修订计量技术规范号	/
计量技术规范性质	<input type="checkbox"/> 检定规程 <input checked="" type="checkbox"/> 校准规范	计量技术规范类别	<input type="checkbox"/> 重点 <input checked="" type="checkbox"/> 基础
主要起草单位	中国电子技术标准化研究院		
联系人	邢荣欣	联系电话	15901519692
任务年限	1 年	申请经费	2 万元
参加单位	深圳市知用电子有限公司		
目的、意义和必要性	<p>1.指出该计量技术规范项目编制的目的、意义，描述涉及安全、节能、环保、自主创新等方面的特点和发挥的作用，解决行业、产业的问题和必要性、迫切性；</p> <p>随着我国高铁、新能源汽车以及新型储能等领域的发展，以高电压、大电流为特点的功率电子器件应用越来越广泛。对这些功率器件技术指标和可靠性的精确测量，是提高整机系统性能指标和可靠性的基础。</p> <p>功率电子器件的测试与常规器件测试系统有明显区别，一是测试功率的增大，即测试电流、电压的升高；二是功率电子器件测试通常采用脉冲测试方式。这些都对相关测试设备研制、校准和使用提出了挑战。</p> <p>功率电感作为一类基础、重要的功率电子器件，在高铁、新能源汽车等领域应用非常广泛。目前，功率电感的</p>		

工作电流已超过 1500A、工作电压在 400V 以上。传统的 LCR 表配合偏流源测量方式最大测试电流只能到 300A，远不能满足目前功率电感测试需求。

为此，国内外多家公司开发了大电流的功率电感测试仪。以德国 EDK 公司和国内深圳知用公司研制的功率大电流功率电感测试仪为例，其最高测量电流为 1500A、测试电压 400V，可满足目前功率电感的测试需求。该类设备已在相关领域得到广泛应用。

传统 LCR 校准规范依据 GJB 8817-2015 宽量程数字 RLC 测量仪检定规程，该规范对于电感参数校准采用的是标准电感方式。而功率电感测量仪，采用的测量原理是加流测压方式，通过电感、电流、电压和时间关系计算得到电感值。传统 LCR 的电感参数校准是在毫安级电流下进行校准，无法满足功率电感测量仪千安级电流下电感的校准需求。

因此，对于功率电感测量仪的校准，目前尚无适用的公开校准规范/检定规程作为依据。为了解决功率电感测试仪的校准问题，保证功率电感测试结果的一致和有效性，亟需制定此类计量器具的校验规范。

所申请功率电感测试仪校准规范适用范围为：新制造、使用中及修理后的功率电感测试仪的首次校准、后续校准和使用中检验，校准规范所规定的大电流电感校准方法，具有一定的自主创新性。

该校准规范规定的功率电感测量仪主要是针对电能转换、逆变用大功率电感进行测试的仪器。该项校准规范将通过规定对功率电感测量仪的量值溯源手段和方法，填补目前功率电感功率电感测量仪无相关规范的空白，解决

	<p>功率电感相关应用、筛选和研制单位的量值溯源需求。</p> <p>2.先进性和亮点、社会效益和推广应用前景：</p> <p>通过研究和制定功率电感测量仪的校准方法，解决目前该类设备校准无规范可依据的问题，为功率电感参数的量值溯源和测量数据的准确可靠提供依据，支撑能源转换技术的高效、可靠运转提供技术基础和保障。</p> <p>3.查新结果（国家、本行业或其他行业是否有相关技术规范）；</p> <p>目前，对于功率电感测试仪尚无规范可依据。比较接近的校准规范为：GJB 8817-2015 宽量程数字 RLC 测量仪检定规程。</p> <p>该规程适用测量设备的测量原理与功率电感测试仪的测量原理不同，且无法覆盖大电流、高电压和脉冲测量校准的需求。</p>
产业链应用	<p>1.重点产业链方向：</p> <p>电动汽车、高铁、储能、新能源等相关产业链。</p> <p>2.对本行业重点产业链的支撑作用：</p> <p>该项校准规范将通过规定对功率电感测量仪的校准和量值溯源方法，填补目前该类设备校准规范的空白，解决相关企业功率电感测量仪的量值溯源需求，服务企事业单位，为新能源产业链中的量值溯源、新技术研发提供有力支撑。</p>

<p>范围和主要 计量特性</p>	<p>1.计量技术规范的适用范围； 适用于新制造、新购置、修理后、使用中的功率电感测量仪的校准项目、校准条件、校准方法及校准结果处理。</p> <p>2. 以典型仪器或试验设备等(注明仪器型号)为依据，提出计量特性的技术指标，包括其名称、测量范围和最大允许误差； 典型仪器： 型号：DPG10 – 1500B；厂家：德国 EDK；电感测量范围：10 μ H~1H，最大允许误差：$\pm 5\%$；电压范围：10V~400V，最大允许误差：$\pm 2\%$；电流范围：10A~1500A，最大允许误差：$\pm 5\%$；脉冲时间：1 μ ~70ms，最大允许误差：$\pm 10\%$；绝缘电阻：电源端与机壳之间施加 500V 直流电压，绝缘电阻应不小于 100M Ω。</p> <p>德国 EDK 原厂出具的功率电感测量仪校准证书仅对 100 μ H~10mH 范围内电感量进行校准。项目组前期与国内知用公司进行技术沟通，尽管被校准电感测量仪的电感可测量范围是 10 μ H~1H，但目前在用的功率电感都在 10 μ H~100mH 之间。考虑到被校设备的应用范围情况，及 1H 电感制作难度和稳定性等因素，将规范中电感的校准范围限定在 10 μ H~100mH。</p> <p>计量特性： (1) 电感：10 μ H~100mH，最大允许误差：$\pm 5\%$； (2) 电压施加：10V~400V，最大允许误差：$\pm 2\%$； (3) 电流测量：10A~1500A，最大允许误差：$\pm 5\%$； (4) 测量时间：1 μ ~70ms，最大允许误差：$\pm 10\%$。</p> <p>3.主要测量标准的技术指标； (1) 大功率标准电感：</p>
-----------------------	---

电感范围：10 μ H~100mH；

最大允差：±1%；

最大耐受电流：1500A；

最大耐受电压：400V。

（2）数字多用表（具备脉冲电压测量功能）：

电压测量范围：1V~1000V，最大允差：±0.5%；

脉冲电压采样率：≥10kSa/s。

（3）标准电阻/分流器：

电阻范围：1 Ω、0.1 Ω，最大允差：±0.1%；

最大通过电流：1500A。

（4）示波器：

带宽：≥1GHz；

采样率：≥5GSa/s。

4.简要描述主要计量项目的技术原理。

（1）校准装置的搭建

功率电感测量仪校准装置，主要采用分项参数进行校准，主要的标准设备包括：大功率标准电感、数字多用表、分流器、示波器组成。

其中，大功率电感采用无芯电感方式实现，在小信号下用 LCR 表等设备在 1kHz 下进行电感量的赋值标定。空芯线圈电感计算公式为：

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \quad \text{.....(1)}$$

式中，

L ——线圈电感，单位 H；

μ_0 ——空气磁导率，；

N ——线圈匝数，无单位；

A ——线圈截面积，单位 m²；

l ——线圈长度，单位 m。

根据上式，空心电感的电感量与测量电流无关。同时无芯电感不存在磁滞饱和现象，因此小电流下标定的空芯电感感值可用于大电流下功率电感测量仪的校准。

(2) 校准项目和校准方法

序号	校准项目
1	外观及工作正常性检查
2	电感相对示值误差
3	电压输出误差
4	电流测量误差
5	测量脉冲时间误差
6	绝缘电阻

(3) 外观及工作正常性检查

外形结构应完好，面板标识字符应正确、清晰，各功能开关、旋钮和按键等应灵活可靠，接口等控制和调节机构应有明确标识，标志符合国家相关技术文件规定。不应有任何影响仪器计量特性及使用功能的缺陷。

(4) 电感示值相对误差校准

1) 测试点的选择

每个电感量程或档位，应至少测量高中低 3 组电感值，且覆盖最小测试电流、最大测试电流。

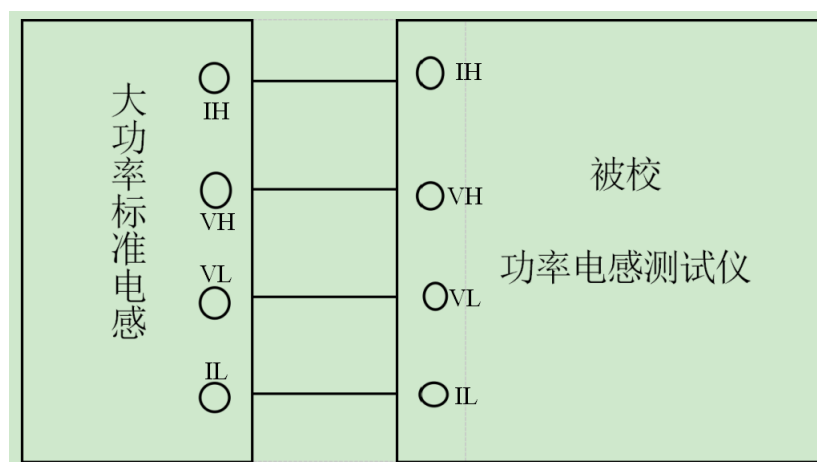
2) 电感相对示值误差的校准

采用开尔文方式，将大功率标准电感接入被校功率电感测量仪的测量端如图 1 所示；

图 1 电感相对示值误差校准连接图

3) 在不同电流、电压和测量时间条件下，对被校功率电感测量仪的电感参数进行校准，通过公式（1）计算电感示值相对误差：

$$\Delta L_{\text{相对}} = \frac{L_x - L_s}{L_s} \times 100\% \dots\dots(1)$$



式中：

$\Delta L_{\text{相对}}$ —— 电感示值相对误差，%；

L_x —— 功率电感测试仪测量示值，H；

L_s —— 功率电感电感标准值，H。

（5）电压输出校准

将被校准功率电感测量仪的电压输出端分别与数字多用表的电压测量输入端连接。设置被校测量仪不同的电压输出值，利用数字多用表进行电压测量，实现电压参数的校准。

（6）电流测量误差校准

将被校准功率电感测量仪的电压输出端通过标准电阻/分流器与与电流测量端相连接。数字多用表的电压测

	<p>量端分别与标准电阻/分流器的两端相连接。根据公式(2)，设置不同的输出电压和选取不同的电阻值，确保被校准电流在被测系统的测量范围内。</p> $I = \frac{U}{R} \dots\dots(2)$ <p>式中：</p> <p>I——电流校准点，A；</p> <p>U——输出电压设置值，V；</p> <p>R——标准电阻/分流器电阻值，Ω。</p> <p>利用数字多用表测量电阻两端的电压 U_s，根据式(3)计算电流校准值。</p> $I_s = \frac{U_s}{R} \dots\dots(3)$ <p>式中：</p> <p>I_s——电流校准值，A；</p> <p>U_s——数字多用表电压测量值，V；</p> <p>R——标准电阻/分流器电阻值，Ω。</p> <p>(7) 测量脉冲时间校准</p> <p>对于脉冲时间的校准，将被校准功率电感测量仪的电压输出端分别与数字示波器的电压输入端连接。设置被校测量仪的输出电压为 10V，利用示波器的时间测量功能进行校准。</p>
水平	<div> <input type="checkbox"/> 国际先进 <input checked="" type="checkbox"/> 国内先进 </div>

国内外情况 简要说明		<p>1.与国内相关技术规范之间的关系；</p> <p>对于功率电感测量仪的校准，目前最接近的规范是 GJB 8817-2015 宽量程数字 RLC 测量仪检定规程。但该规范仅适用于毫安级电感测量仪的校准，不能满足千安级电感测量仪的校准需求。目前国内尚无公开方法对功率电感测量仪进行校准。亟需制定功率电感测量仪校准规范，以指导该设备的校准。</p> <p>2.指出是否发现有知识产权的问题，或涉及专利的情况；</p> <p>不涉及知识产权与专利问题。</p>			
推荐意见		<p>功率电感测试仪广泛应用于新能源汽车和轨道交通产业链中，用于对新能源汽车和高铁中使用的大功率电感进行性能测试，在相关产业链中发挥着重要的作用。但目前国家及行业没有相应的计量技术规范，不能满足计量需求，因此有必要编制本规范。建议书给出的计量特性和技术方案基本合理，可满足功率电感测试仪的校准需求，建议立项。</p>			
主要 起草 单位	(签字、盖公章) 月 日	技术 委员 会	(盖公章) 月 日	部委托 支撑 单位	(盖公章) 月 日

填写说明：1.表中第 2，3，11 行，请在选定的内容上填写 “■” 的符号。

2.填写制定或修订项目中，若选择修订则必须填写被修订计量技术规范号。