



# 中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 20840.100—2023

## 互感器 第 100 部分：电力系统保护用 电流互感器应用导则

Instrument transformers—Part 100: Guidance for application of current  
transformers in power system protection

(IEC TR 61869-100:2017, MOD)

2023-12-28 发布

2024-07-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	V
引言 .....	VII
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和符号 .....	1
4 电流互感器设计过程中的责任 .....	5
4.1 历史 .....	5
4.2 电流互感器设计过程细分 .....	5
5 暂态设计的基本理论方程 .....	6
5.1 电路 .....	6
5.2 暂态现象 .....	10
6 工作循环 .....	14
6.1 C-O 工作循环 .....	14
6.2 C-O-C-O 工作循环 .....	38
6.3 暂态设计汇总 .....	42
7 暂态面积系数 $K_{td}$ 的数值计算法 .....	43
7.1 概述 .....	43
7.2 基本电路 .....	44
7.3 算法 .....	45
7.4 计算方法 .....	45
7.5 参考算例 .....	46
8 铁芯饱和与剩磁 .....	49
8.1 饱和的常规定义 .....	49
8.2 有气隙铁芯与无气隙铁芯 .....	52
8.3 产生剩磁可能的原因 .....	54
9 实用性建议 .....	57
9.1 同一绕组规定不同 PR 准确级的风险 .....	57
9.2 TPY 级暂态面积系数 $K_{td}$ 对相位差 $\Delta\varphi$ 和二次回路时间常数 $T_s$ 的限制 .....	57
10 不同准确级之间的关系 .....	57
10.1 概述 .....	57
10.2 极限条件下的电动势计算 .....	58
10.3 极限条件下励磁(或磁化)电流的计算 .....	58
10.4 应用示例 .....	59
10.5 准确级规范的最低要求 .....	59
10.6 用有气隙铁芯代替无气隙铁芯 .....	60

11 保护功能及其对 CT 规范的修正 .....	61
11.1 概述 .....	61
11.2 一般应用建议 .....	61
11.3 过流保护:ANSI 代码:50/51/50N/51N/67/67N;IEC 符号:I> .....	64
11.4 距离保护:ANSI 编码:21/21N; IEC 符号:Z< .....	66
11.5 差动保护 .....	73
附录 A (资料性) 本文件对 IEC TR 61869-100:2017 进行更正的内容 .....	82
附录 B (资料性) C-O 工作循环软件代码 .....	84
附录 C (资料性) 计算暂态面积系数 $K_{td}$ 的软件代码 .....	87
参考文献 .....	94

图 1 故障初始角 $\gamma$ 的定义 .....	2
图 2 保护回路的主要部件 .....	6
图 3 完整电气回路 .....	7
图 4 一次短路电流 .....	8
图 5 $L_{CT}$ 的非线性磁通 .....	9
图 6 电流互感器的线性化励磁电感 .....	9
图 7 用非线性模型仿真的单相短路特性 .....	11
图 8 三相短路特性 .....	12
图 9 磁通的构成 .....	13
图 10 两个不同故障初始角的短路电流 .....	15
图 11 最高磁通值 $\Psi_{max}$ 的曲线 .....	15
图 12 50 Hz 和 $\varphi=70^\circ$ 时四种情况下的一次电流曲线 .....	16
图 13 影响电流互感器磁饱和的短路电流四种典型情况 .....	17
图 14 暂态系数计算的有关时间范围 .....	19
图 15 50 Hz 下出现第一个磁通峰值时间与 $T_p$ 的关系 .....	20
图 16 最不利故障初始角 $\theta_{if,\Psi_{max}}$ 与 $T_p$ 和 $t'_{al}$ 的函数关系 .....	21
图 17 最不利故障初始角 $\gamma_{if,\Psi_{max}}$ 与 $T_p$ 和 $t'_{al}$ 的函数关系 .....	21
图 18 用最不利故障初始角 $\theta_{if,\Psi_{max}}$ 计算的 $K_{if,\Psi_{max}}$ .....	22
图 19 $K_{if,\Psi_{max}}$ 和 $\gamma_{if,\Psi_{max}}$ 的极坐标图 .....	22
图 20 时间范围 1 中 $K_{if}$ 的确定 .....	23
图 21 一次电流曲线(50 Hz、 $T_p=1$ ms、 $\gamma_{\Psi_{max}}=166^\circ$ 、 $t'_{al}=2$ ms) .....	28
图 22 最不利故障初始角(50 Hz、 $T_p=50$ ms、 $T_s=61$ ms) .....	29
图 23 不同时间范围的暂态系数 .....	29
图 24 50Hz、 $T_s=61$ ms 时不同 $t'_{al}$ 下所有时间范围内的 $K_{if}$ .....	30
图 25 图 24 的局部放大图 .....	31
图 26 较小一次时间常数下的一次电流 .....	31

图 27	某一较小一次时间常数下的 $K_{if}$ 值	32
图 28	不同故障初始角下的短路电流	33
图 29	不同故障初始角的暂态系数	33
图 30	每个时间步长下最不利故障初始角(50 Hz)	34
图 31	两个不同故障初始角的一次电流(16.67 Hz)	34
图 32	不同故障初始角的暂态系数(16.67 Hz)	35
图 33	每个时间步长下最不利故障初始角(16.67 Hz)	35
图 34	参考文献[5]给出的故障发生情况	36
图 35	若干年中故障的统计分布	37
图 36	用不同故障初始角 $\gamma$ 计算的暂态系数 $K_{if}$	38
图 37	无气隙铁芯在 C-O-C-O 工作循环中的磁通	39
图 38	带气隙铁芯在 C-O-C-O 工作循环中典型磁通曲线(在第二次通电期间磁通较高)	40
图 39	带气隙铁芯在 C-O-C-O 工作循环中的典型磁通曲线(在第一次通电期间磁通较高)	40
图 40	在 C-O-C-O 循环中允许饱和情况下的磁通曲线	41
图 41	铁芯饱和用以降低磁通峰值	42
图 42	暂态设计的曲线汇总	43
图 43	数值法计算 $K_{td}$ 的基本电路图	44
图 44	C-O 工作循环中的 $K_{td}$ 计算	46
图 45	C-O-C-O 工作循环中第一个循环没有磁饱和时的 $K_{td}$ 计算	47
图 46	C-O-C-O 工作循环中第一个循环有磁饱和时的 $K_{td}$ 计算	47
图 47	非对称性降低后 C-O-C-O 工作循环中 $K_{td}$ 的计算	48
图 48	$t'_{al}$ 和 $t''_{al}$ 较小时 C-O-C-O 工作循环中 $K_{td}$ 的计算	48
图 49	无气隙铁芯 C-O-C-O 工作循环的 $K_{td}$ 计算	49
图 50	GB 1208 和 GB/T 20840.2 的饱和磁通定义对比	50
图 51	GB 1208 定义的剩磁系数 $K_r$	50
图 52	应用直流法确定带气隙铁芯的饱和磁通与剩磁通	51
图 53	应用直流法确定无气隙铁芯的饱和磁通与剩磁通	51
图 54	电弧炉变压器 CT 二次电流故障录波	54
图 55	四线连接	55
图 56	自动重合闸时第二次故障期间的 CT 二次电流故障录波	56
图 57	定时限特性的速断/延时过流保护(ANSI 代码 50/51)的应用	64
图 58	延时过流保护时间特性	65
图 59	CT 配置示例(延时过流保护)	65
图 60	距离保护原理(时间-距离图)	66
图 61	距离保护原理(R/X 图)	67
图 62	距离保护 CT 设计示例	68
图 63	C-O-C-O 工作循环中的一次电流	70

图 64	暂态系数 $K_{if}$ 及其包络线 $K_{ifp}$ .....	71
图 65	TPY 级 CT 的暂态系数 $K_{if}$ (第一次故障期间出现饱和) .....	71
图 66	TPZ 级 CT 的暂态系数 $K_{if}$ (第一次故障期间出现饱和) .....	72
图 67	TPX 级 CT 的暂态系数 $K_{if}$ .....	72
图 68	差动保护原理 .....	73
图 69	变压器差动保护(故障) .....	74
图 70	变压器差动保护 .....	75
图 71	母差保护(区外故障) .....	77
图 72	母差保护用 CT 的电流仿真 .....	79
图 73	简单双端线路的 CT 设计 .....	80
表 1	短路电流初始角的四种典型情况 .....	16
表 2	暂态设计的公式汇总 .....	43
表 3	饱和点定义对比 .....	52
表 4	测量的剩磁系数 .....	53
表 5	同一绕组不同 PR 级规定 .....	57
表 6	电动势定义 .....	58
表 7	电动势值的转换 .....	58
表 8	计算系数间的转换 .....	58
表 9	限值电流的定义 .....	59
表 10	准确级规范的最低要求 .....	59
表 11	有气隙与无气隙铁芯的特征 .....	60
表 12	应用建议 .....	61
表 13	TPY 级铁芯扩大面积系数计算结果 .....	76
表 14	PX 级铁芯扩大面积系数计算结果 .....	77
表 15	线路差动保护计算方案 .....	81
表 A.1	本文件对 IEC TR 61869-100:2017 进行更正的内容 .....	82

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T(Z) 20840《互感器》的第 100 部分。GB/T(Z) 20840 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：通用技术要求；
- 第 2 部分：电流互感器的补充技术要求；
- 第 3 部分：电磁式电压互感器的补充技术要求；
- 第 4 部分：组合互感器的补充技术要求；
- 第 5 部分：电容式电压互感器的补充技术要求；
- 第 6 部分：低功率互感器的补充通用技术要求；
- 第 7 部分：电子式电压互感器；
- 第 8 部分：电子式电流互感器；
- 第 9 部分：互感器的数字接口；
- 第 14 部分：直流电流互感器的补充技术要求；
- 第 15 部分：直流电压互感器的补充技术要求；
- 第 100 部分：电力系统保护用电流互感器应用导则；
- 第 102 部分：带有电磁式电压互感器的变电站中的铁磁谐振；
- 第 103 部分：互感器在电能质量测量中的应用。

本文件修改采用 IEC TR 61869-100:2017《互感器 第 100 部分：电力系统保护用电流互感器应用导则》。文件类型由 IEC 的技术报告调整为我国的国家标准化指导性技术文件。

本文件与 IEC TR 61869-100:2017 相比做了下述结构调整：

- 增加了附录 A；
- 本文件的附录 B、附录 C 对应 IEC TR 61869-100:2017 的附录 A、附录 B。

本文件与 IEC TR 61869-100:2017 的技术差异及其原因如下：

- 删除了 IEC TR 61869-100:2017 的术语“3.1.7 时间”，因术语与其概念一样，且与缩略语重复；
- 将“注”的内容调整为正文（见 6.1.3.6），以完善标准技术内容；
- 删除了 IEC TR 61869-100:2017 的 8.2 最后一段、11.2.1 中第 2 段第 1 句话、表 12 的倒数第 1 行和倒数第 3 行的有关高阻抗保护方面的内容，以符合我国的实际情况；
- 在“不再需要力矩，1A 的额定电流是足够的，甚至 0.1A 的值现在正在讨论并已经用于特殊领域”后增加了“但是，对于一次电流很大（如发电机出口用 10000A 以上）的暂态保护用电流互感器，二次电流可选用较大值，如 5A（这是从 CT 制造角度考虑），相应的电阻性负荷也应按照电流的平方进行换算”（见 11.2.2），以符合我国的实际情况；
- 将“ALF 或  $K_{ssc}$  大于等于 20”更改为“ALF 或  $K_{ssc}$  大于或等于 10”（见 11.3.2），以符合我国的实际情况；
- 删除了 IEC TR 61869-100:2017 中 11.5.6 有关“高阻抗差动保护”的内容，以符合我国的实际情况。

本文件做了下列编辑性改动：

- 重新绘制了全文的图，将图中的曲线说明直接标注在图中。将图 3、图 43 和图 59 中电感符号调整为国内常用符号；

- 将 IEC TR 61869-100:2017 的三相端子标志均由“L1、L2、L3”调整为“A、B、C”；
- 对 IEC TR 61869-100:2017 中未编号的公式予以编号并调整了全文的其他公式编号；
- 将 3.1.3 中“注 1”改为“注”；
- 图 14 中增加了纵坐标和  $t_{\text{tfp,max}}$  处的竖线；
- 将图 24 上面一段文字中的“ $\delta=3^\circ$ ”调整为“ $\Delta\varphi=3^\circ$ ”；
- 图 31 纵坐标中删除了“标么值”；
- 图 38 增加了  $t''_{\text{al}}$  及其说明,图 39 增加了对  $t''_{\text{al}}$  的说明；
- 式(30)前面的一句话中增加了表示短路电流交流磁通分量的符号“ $\hat{\Psi}_{\text{sc}}$ ”；
- 图 43 符号说明中删除了重复的一个  $i_{\text{m}}$ ；
- 将 10.4 第一段中的“TPY 20×5.5”改为“TPY 级,  $K_{\text{ssc}}=20, K_{\text{td}}=5.5$ ”；
- 表 10 关于 TPX、TPY 和 TPZ 的要求中增加了引语“标准规范:”,并将“注”调整为“注 1”,增加了“注 2:对暂态准确级而言,GB/T 20840.2 规定两种规范方法是不能混合使用的,否则对电流互感器的要求可能过分”,同时将脚注与注的内容互换了位置；
- 对 11.4.3.1.2、11.5.2 和 11.5.3.2 增加了引导语,对 11.4.3.1.2 中“注”的内容进行改动；
- 增加了 11.4.3.1.3 的注；
- 更改了图 68 中电流流向；
- 调整了表 2 和表 3 的格式,对表 2 部分内容的表述形式进行了调整,表 4、表 5、表 7、表 8、表 11、表 13、表 14 和表 15 补全表头及部分内容,表 6 和表 9 增加了表头,对表 13 的脚注形式进行了调整,表 15 中删除了第一列“ $K_{\text{td}}=0.5^{(1)}$ ”的上角标；
- 更正了 IEC TR 61869-100:2017 中的错误,见附录 A；
- 用资料性引用的 GB/T 20840.2 替换了 IEC 61869-2(见 4.1、5.1.1、5.1.2、6.1.3.6、6.3、7.1、8.1.2、8.1.4、10.1)；
- 用资料性引用的 GB 16847 替换了 IEC 60044-6(见 4.1、4.2、5.1.1、5.2.3、6.1.3.2、6.3、8.1.2、11.1)；
- 用资料性引用的 GB 1208 替换了 IEC 60044-1(见 8.1.2、8.2、11.1)；
- 删除了 IEC TR 61869-100:2017 中资料性引用的 IEC 60617-3:1996(见 11.1)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国互感器标准化技术委员会(SAC/TC 222)归口。

本文件起草单位:国网江西省电力有限公司电力科学研究院、沈阳变压器研究院有限公司、南京南瑞继保电气有限公司、中国电力科学研究院有限公司、大连第一互感器有限责任公司、浙江天际互感器股份有限公司、江苏科兴电器有限公司、云南电网有限责任公司电力科学研究院、大连北方互感器集团有限公司、西安高压电器研究院股份有限公司、国网陕西省电力公司电力科学研究院。

本文件主要起草人:晏年平、刘玉凤、万华、张宇、须雷、刘勇、沙玉洲、赵希才、唐福新、杨峰、汪本进、刘红文、徐碧川、陈连友、曾磊磊、刘彬、吕航、冯建华、邓小聘、杨晓西。

## 引 言

互感器标准的制定,是为了给互感器建立一套最佳的评价准则,为互感器从原材料选择、设计、生产、检验、选用、运行及维护等方面所需的注意事项提供指导。GB/T(Z) 20840 旨在规定适用于互感器的设计、制造、试验、运行及维护等方面的遵循原则和相关规则,拟由 14 个部分构成。

- 第 1 部分:通用技术要求。目的在于规定适用于各类互感器设计制造和生产试验等所需要遵循的通用技术要求。
- 第 2 部分:电流互感器的补充技术要求。目的在于规定适用于各类电流互感器的补充技术要求。
- 第 3 部分:电磁式电压互感器的补充技术要求。目的在于规定适用于各类电磁式电压互感器的补充技术要求。
- 第 4 部分:组合互感器的补充技术要求。目的在于规定适用于各类组合互感器的补充技术要求。
- 第 5 部分:电容式电压互感器的补充技术要求。目的在于规定适用于各类电容式电压互感器的补充技术要求。
- 第 6 部分:低功率互感器的补充通用技术要求。目的在于规定适用于各类低功率互感器的补充技术要求。
- 第 7 部分:电子式电压互感器。目的在于规定适用于各类电子式电压互感器的补充技术要求。
- 第 8 部分:电子式电流互感器。目的在于规定适用于各类电子式电流互感器的补充技术要求。
- 第 9 部分:互感器的数字接口。目的在于规定适用于各类电子式互感器数字接口的技术要求。
- 第 10 部分:低功率无源电流互感器的补充技术要求。目的在于确立适用于各类低功率无源电流互感器的补充技术要求。
- 第 11 部分:低功率无源电压互感器的补充技术要求。目的在于确立适用于各类低功率无源电压互感器的补充技术要求。
- 第 14 部分:直流电流互感器的补充技术要求。目的在于规定适用于各类直流电流互感器的补充技术要求。
- 第 15 部分:直流电压互感器的补充技术要求。目的在于规定适用于各类直流电压流互感器的补充技术要求。
- 第 100 部分:电力系统保护用电流互感器应用导则。目的在于对各类电流互感器在电力系统保护的应用方面提供指导。
- 第 102 部分:带有电磁式电压互感器的变电站中的铁磁谐振。目的在于对各类带有电磁式电压互感器的变电站有关铁磁谐振的产生机理和抑制等方面提供指导。
- 第 103 部分:互感器在电能质量测量中的应用。目的在于对各类互感器在电能质量测量的应用方面提供指导。

GB/T(Z) 20840 通过 14 个部分明确了各类互感器产品的技术规范,给出了具体的技术要求、试验项目、试验程序、试验方法及运行指导等。通过确立各类产品明确的范围、术语、技术要求和试验要求等,让从事相关产品设计、生产、试验及使用等方面的人员能够更加清晰、准确地进行操作,从而为设计、制造高质量的产品奠定基础,更好地促进贸易、交流和技术合作,并为我国电网的正常运行提供保障。

自 GB 16847—1997《保护用电流互感器暂态特性技术要求》颁布以来,暂态保护用电流互感器的应用范围不断扩大。因此,根据电力系统要求进行设计的理论背景变得越来越复杂。本文件是对 GB/T 20840.2 的技术内容的补充,同时,对 GB/T 20840.2 中有关暂态保护特性的背景资料及其历史版本中的技术内容进行了比对和解释,对用户进一步理解 GB/T 20840.2 的技术内容是有帮助的。

# 互感器 第 100 部分：电力系统保护用 电流互感器应用导则

## 1 范围

本文件给出了理解电磁式电流互感器(CT)定义及其要求的先进信息,以便给一般用户或专家提供信息,帮助继电保护装置制造商、电流互感器制造商和项目工程师理解电流互感器如何响应简化的或标准化的短路电流信号。在必要之处,也涉及了一些抽象性的概念,并讨论了电流互感器设计过程中职责方面的问题。

本文件适用于符合 GB/T 20840.2 要求的保护用电磁式电流互感器。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 15544.1—2023 三相交流系统短路电流计算 第 1 部分:电流计算(IEC 60909-0:2016, MOD)

注:GB/T 15544.1—2023 被引用的内容与 IEC 60909-0:2001 被引用的内容没有技术上的差异。

GB/T 20840.1—2010 互感器 第 1 部分:通用技术要求(IEC 61869-1:2007, MOD)

注:GB/T 20840.1—2010 被引用的内容与 IEC 61869-1:2007 被引用的内容没有技术上的差异。

GB/T 20840.2—2014 互感器 第 2 部分:电流互感器的补充技术要求(IEC 61869-2:2012, MOD)

注:GB/T 20840.2—2014 被引用的内容与 IEC 61869-2:2012 被引用的内容没有技术上的差异。

## 3 术语、定义和符号

### 3.1 术语和定义

GB/T 20840.1—2010 和 GB/T 20840.2—2014 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**额定一次短路电流** **rated primary short-circuit current**

$I_{psc}$

暂态一次短路电流的交流分量方均根值,为电流互感器准确度性能的基准。

[来源:GB/T 20840.2—2014,3.3.206]

#### 3.1.2

**额定短时热电流** **rated short-time thermal current**

$I_{th}$

在二次绕组短路的情况下,电流互感器能在规定的短时间承受且无损伤的最大一次电流方均根值。

[来源:GB/T 20840.2—2014,3.3.203]