

ICS 29.180
K 41
备案号: 62416-2018

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1786 — 2017

直流偏磁电流分布同步监测技术导则

Technical guideline for the synchronous monitoring of DC bias
current distribution

2017-12-27 发布

2018-06-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 特征变电站布点原则..... 2

5 监测方法..... 2

6 技术要求..... 4

7 监测结果分析..... 6

附录 A（资料性附录） 一种典型的特征变电站直流偏磁电流监测布点方法..... 7

附录 B（规范性附录） 变压器中性点直流偏磁电流的监测数据格式..... 9

附录 C（资料性附录） 直流偏磁电流同步监测平台的构建方法..... 11

附录 D（资料性附录） 一种典型的直流偏磁电流提取方法..... 12

附录 E（资料性附录） 变压器中性点直流偏磁电流分布特征分析..... 14

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国高电压试验技术和绝缘配合标准化技术委员会高电压试验技术标准化分技术委员会归口。

本标准主要起草单位：国网湖北省电力公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司、国网安徽省电力公司、国家电网公司运维检修部、国网湖北省电力公司、国网上海市电力公司电力科学研究院、武汉新电电气技术有限责任公司、国家电网公司运行分公司、国网浙江省电力公司电力科学研究院、国网四川省电力公司电力科学研究院、国网新疆电力公司电力科学研究院、国网青海省电力公司电力科学研究院、国网陕西省电力公司电力科学研究院、国网山东省电力公司电力科学研究院、国网冀北电力公司电力科学研究院、云南电网有限责任公司电力科学研究院、国网西藏电力公司、国网西藏电力公司电力科学研究院、国网宁夏电力公司电力科学研究院、南方电网科学研究院有限责任公司。

本标准主要起草人：阮羚、金炜、雷民、全江涛、孙浩良、徐玲玲、刘凡、张露、王森、苏磊、马丽山、何文林、卢军、于永军、常勇、袁海燕、张礼莉、彭珑、华明、岳嵩、吴旭涛、李胜男、胡上茂、童歆、邱凌。

本标准首次制定。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

直流偏磁电流分布同步监测技术导则

1 范围

本标准规定了直流偏磁电流分布同步监测的方法、布点原则、监测装置及监测系统的技术要求和监测结果分析等内容。

本标准适用于 110kV 及以上电压等级变压器（含换流变压器）中性点直流偏磁电流分布的监测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 2423.1 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 B：高温
- GB/T 2423.5 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击
- GB/T 2423.6 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Eb 和导则：碰撞
- GB/T 2423.7 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ec 和导则：倾跌与翻倒（主要用于设备型样品）
- GB/T 2423.8 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ed：自由跌落
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 17626 （所有部分）电磁兼容 试验和测量技术
- DL/T 860.3 变电站通信网络和系统 第 3 部分：总体要求
- DL/T 5224 高压直流输电大地返回系统设计技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

直流偏磁电流 DC bias current

流经以线路、变压器绕组、变压器中性点接地点为回路的直流电流。

3.2

特征变电站 the substation with characteristics

符合直流偏磁电流监测布点原则的变电站。

3.3

直流偏磁电流同步监测 DC bias current synchronous monitoring

监测装置利用统一的授时基准，实现同一时刻对各特征变电站变压器中性点直流偏磁电流的监测。

3.4

同步监测系统 synchronous monitoring system

利用广域网或电力公司专网与所有监测装置构建起统一的监测系统，从而实现电网内各特征变电站变压器中性点直流偏磁电流同步监测、数据处理和对比分析。

4 特征变电站布点原则

4.1 总体原则

选取特征变电站进行布点监测。典型的特征变电站直流偏磁电流监测布点方法参见附录 A。

4.2 特征变电站的选取原则

特征变电站按照下列原则选取：

- 距离原则。距换流站接地极 50km 范围内的所有 220kV 及以上等级变电站优先列为特征变电站。
- 仿真计算限值原则。围绕接地极周边交流变电站建立电网的拓扑模型，仿真计算换流站单极运行在额定电流时周围变电站变压器中性点直流偏磁电流，直流偏磁电流超过 DL/T 5224 规定允许值的变电站列为特征变电站。
- 电压等级原则。同等条件下，1000kV（750kV）和 500kV（330kV）交流变电站优先选为特征变电站。
- 事件发生优先原则。同等条件下，曾出现过直流偏磁现象的变电站优先选为特征变电站。

5 监测方法

5.1 信号取样

5.1.1 电阻法取样

如图 1 所示，在变压器中性点接地引下线上安装夹具， U_+ 和 U_- 作为电压取样夹具，选取内侧两个电压夹具之间的引下线电阻作为取样电阻。

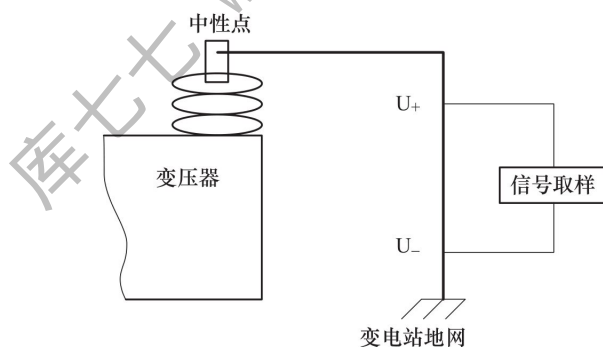


图 1 电阻法测量直流偏磁电流的信号取样

5.1.2 霍尔法取样

如图 2 所示，在变压器中性点接地引下线上安装霍尔传感器进行电流取样。

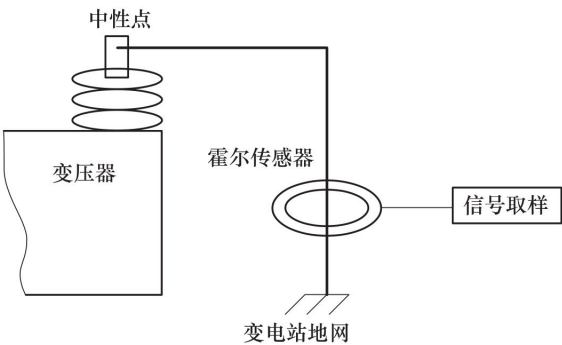


图 2 霍尔法测量直流偏磁电流的信号取样

5.2 信号测量

5.2.1 电阻法测量

通过监测取样电阻上的电压，得到直流偏磁电流。如图 3 所示，内侧两个夹具 U_+ 和 U_- 作为电压取样夹具，外侧两个夹具 I_+ 和 I_- 作为恒流源校准夹具。

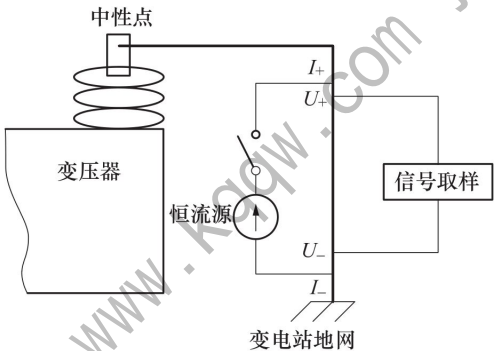


图 3 电阻法测量直流偏磁电流示意图

为满足测量准确度，应定期对取样电阻进行标定。取样电阻不应小于 $200\mu\Omega$ ，监测装置内置直流恒流源电流不小于 3A。监测装置应每月标定比对一次，时间不应大于 10s。

5.2.2 霍尔法测量

霍尔法测量是在变压器中性点接地扁钢处安装霍尔传感器，扁钢通过直流电流，磁场的变化与传感器的输出电压信号有线性关系，测得流经变压器中性点的直流偏磁电流，如图 4 所示。

为满足测量准确度，监测装置应定期进行比对校验。

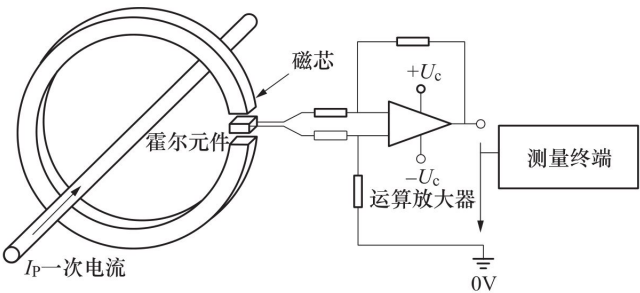


图 4 霍尔法测量直流偏磁电流示意图

5.3 监测装置同步

5.3.1 同步监测

监测装置基于卫星授时获取统一的基准时钟源，监测系统服务器向所有装置下发同一采集时刻，装置时钟与系统下发采集时刻一致则启动采集，如图 5 所示。

各监测装置按照系统配置的采样时间间隔，实现同步监测。上传数据应包含采集数据的时间标签。

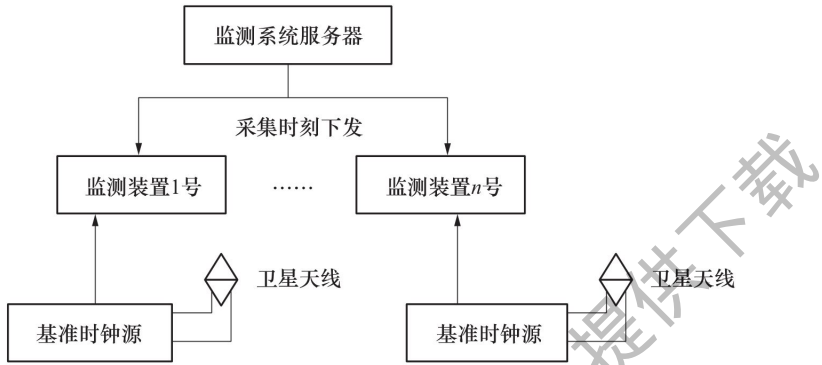


图 5 监测装置同步监测示意图

5.3.2 时钟偏差

各监测装置时钟同步偏差应小于 $20\mu\text{s}$ ，1s 至少采集一次信号。

5.4 监测数据传输

5.4.1 监测网络

监测系统通过以太网或 GPRS 网络进行数据传输，监测端应与服务器端进行自动通信。

5.4.2 数据要求

监测数据 60s 内应至少上传一次，上传的每组数据应包含电流值、采集时刻值及传感器参数、温度、变压器对应的地址码信息。数据格式应统一（见附录 B）。

当监测数据超过 DL/T 5224 中规定的阈值时，装置应上传数据，后台监测系统自动记录事件时刻值和状态信息。

6 技术要求

6.1 一般要求

6.1.1 监测要求

监测系统应能对电网各特征变电站变压器中性点直流偏磁电流进行同步、连续监测，实时记录直流偏磁电流分布情况。

6.1.2 通信要求

监测装置通信接口应满足现场工业控制总线要求，通信协议应符合 DL/T 860.3 中抽象服务通信接

口的规定。

6.1.3 其他

已安装直流偏磁抑制装置的变电站，也应对直流偏磁电流进行监测，有条件时宜监测直流偏磁抑制装置的状态。

6.2 监测装置技术要求

6.2.1 性能要求

监测装置的绝缘性能、电磁兼容性能、机械性能、连续通电性能、外壳防护性能应满足 GB/T 17626、GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.5~GB/T 2423.8 和 GB/T 4208 的相关要求。

对于室内及遮蔽场所使用的装置，应满足 IP31 的要求；对于户外使用的装置，应满足 IP55 的要求。

6.2.2 技术指标

监测装置的技术指标应满足以下要求：

- a) 使用环境：-25℃~+40℃。
- b) 相对湿度：≤95%。
- c) 工作电源：AC 220V。
- d) 测量范围：-200A~+200A。
- e) 测量准确度：当电流绝对值 $|I| > 10\text{A}$ 时，准确度为 ±3%；当电流绝对值 $|I| \leq 10\text{A}$ 时，准确度为 ±0.3A。
- f) 测量间隔：1s~10s（可配置）。
- g) 装置时钟源同步偏差：≤20μs。

6.2.3 功能要求

监测装置应具备电流采集、在线标定、时钟同步、数据通信等功能，并应兼容多种通信接口，能够按照统一的通信规约接入监测系统。

6.2.4 其他

监测装置的接入，不应导致被监测设备或邻近设备出现安全隐患。

6.3 同步监测系统技术要求

6.3.1 监测平台构建

监测系统应以区域电网中分散的变压器为对象，构建统一的监测平台。监测平台应有数据收发、综合分析及诊断、中央管理等模块。同步监测平台的构建方法参见附录 C。

6.3.2 功能要求

监测系统应具备以下功能：

- a) 能实时显示装置运行状态和监测数据，并自动设置采集时间间隔、电流触发阈值、数据上传频率等参数；
- b) 能连续录波；

- c) 能对监测装置进行远程校验和远程在线升级;
- d) 能对直流偏磁事件进行自动识别和记录;
- e) 能以语音、灯光、短信等形式对直流偏磁电流越限进行预警;
- f) 能保存不少于 1 年的监测数据, 并提供数据查询和分析。

7 监测结果分析

7.1 直流偏磁事件的识别

7.1.1 直流偏磁事件上报

确认邻近换流站处于单极大地回线或双极不平衡运行方式, 且与变电站变压器中性点出现直流偏磁电流的时间一致。当监测点直流电流超过触发阈值时, 该点上报直流偏磁事件。

7.1.2 直流偏磁事件判断

在同一采集时刻, 有不少于 3 个监测点上报直流偏磁事件, 或监测点直流偏磁电流普遍发生跃变时, 判断为直流偏磁事件。

7.2 直流偏磁电流的提取

为得到有效的直流电流测量结果, 应对采集的直流电流信号中工频及高次谐波信号进行抑制处理。通常可采用监测端硬件滤波电路或后台软件算法来实现。典型的采用时间常数为 20ms 整数倍的积分电路提取直流偏磁电流的方法参见附录 D。

7.3 直流偏磁电流分布特征分析

7.3.1 电流方向

规定电网中直流电流的方向: 从换流站接地极流入大地为正, 从大地流入接地极为负。规定变压器中性点直流电流的方向: 从变压器流入大地为正, 从大地流入变压器为负。

7.3.2 参数记录

发生直流偏磁事件时, 应记录以下参数:

- 换流站的输送功率、接地极流入大地或大地流入接地极的电流大小、方向和持续时间等参数;
- 每个特征变电站的直流电流大小、方向和持续时间等参数。

7.3.3 特征分析

结合每个特征变电站的电流测量结果和总入地电流, 采用线性分析方法, 得出在一定电网运行方式下, 每个特征变电站变压器中性点直流偏磁电流与总入地电流的相关系数, 从而得出区域电网直流偏磁电流的大小及分布特征。附录 E 给出了一种变压器中性点直流偏磁电流分布特征分析方法。

附 录 A
(资料性附录)

一种典型的特征变电站直流偏磁电流监测布点方法

在交流电网直流网络参数确定的情况下，使用节点电压法可得到：

$$\begin{bmatrix} H-M_1HG+M_1R^{-1}H \\ KG \end{bmatrix} U = \begin{bmatrix} M_0I_0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{A.1}$$

式中：

- G ——节点电导矩阵；
- U ——节点电压；
- H ——接地中性点与所有节点间的关联矩阵；
- M_1 ——变电站间互阻；
- M_0 ——变电站与直流极间互阻；
- I_0 ——直流极的入地电流列向量；
- K ——非接地中性点的关联矩阵；
- R ——变电站的接地电阻。

求解线性方程组即可求得整个交流电网的直流电位分布，进而可以得出整个交流电网的直流电流分布。

下面以某电网为例：

搜集某电网实际参数及土壤典型参数，根据式 (A.1)，开发数值化的直流偏磁计算分析软件进行计算。某换流站接地极单极运行，运行电流为 3000A 时，计算得出各变电站变压器中性点直流电流，见表 A.1。

表 A.1 各变电站中性点总入地电流

变电站	与某换流站接地极间的距离 km	入地直流电流 A	变电站	与某换流站接地极间的距离 km	入地直流电流 A
朝阳	5.43	—36.46	铝业	27.29	—7.14
杨家湾	6.23	—26.37	桔城	28	—1.78
郭家岗	6.51	—39.32	点军	28.24	—5.44
獭亭	9.73	16.63	枝江	30.98	—12.86
香都	12.05	—9.58	长坂坡	60.65	—1.19
顾家店	16.45	4.88	纪南	72.69	5.62
楼子河	16.65	—8.64	远安	73.45	—1.13
安福寺	20.23	5.72	五峰	87.11	—0.32
白家冲	23.71	14.45	斗笠	110.04	5.77
长阳	24.65	8.11	双河	120.77	0.22

根据电网拓扑图，朝阳 500kV 变电站与五峰变电站、獭亭变电站和楼子河变电站相连，而某换流

站接地极与朝阳变电站相距 5.43km，与五峰变电站相距 87.11km，与獭亭变电站相距 9.73km，与簏子河变电站相距 16.65km。

综合布点原则，某换流站接地极单极运行时，可选作监测的特征变电站有 500kV 朝阳变电站、500kV 安福寺变电站、220kV 獭亭变电站、220kV 郭家岗变电站、220kV 杨家湾变电站、220kV 白家冲变电站、220kV 枝江变电站、220kV 香都变电站、220kV 楼子河变电站和 220kV 长阳变电站。

库七七 www.kq qw.com 提供下载

附 录 B
(规范性附录)

变压器中性点直流偏磁电流的监测数据格式

变压器中性点直流偏磁电流的监测数据格式见表 B.1。

表 B.1 变压器中性点直流偏磁电流的监测数据格式

直流偏磁电流逻辑节点分类					
中文语义	对象名称	CDC 类型	英文语义	M/O	单位
数据对象					
公用逻辑节点信息					
模式	Mod	INC	Mode	M	
行为	Beh	INS	Behaviour	M	
装置健康状态	Health	INS	Health	M	
逻辑节点铭牌	Namplt	LPL	Name	M	
状态信息					
监测装置通信异常	MoDevConf	SPS	OnLine monitor communication status	M	
监测装置运行异常	SupDevRun	SPS	OnLine monitor running status	M	
测量信息					
中性点全电流	NeuA	MV	The neutral point current	O	A
中性点直流总电流	DCNeuA	MV	DC Total current neutral	M	A
中性点交流总电流	ACNeuA	MV	AC Total current neutral	O	A
采集时刻	AcqTime	MV	Acquisition time	M	S
环境温度, 包括监测装置内部和外部温度	TemMon	MV	Temperature monitoring	O	℃
事件时刻, 包括直流偏磁发生时刻值和直流偏磁结束时刻值	EveTime	MV	Event time	O	ms
传感器参数, 采用特征电阻原理(或霍尔效应原理)传感器校准参数	SenPara	MV	Sensor parameters	M	
控制					
可复位动作计数器	OpCntRs	INC	Resettable operation counter	O	
程序在线升级数据包	OnlUpgr		Online upgrade	O	
定值					
采集间隔	SmpProd	ASG	Sampling period	O	S
事件触发阈值	TriThre	ASG	Trigger threshold	O	A

表 B.1 (续)

定值					
传感器校准时刻	CalPara ASG		Calibration parameter	M	S
参数值由 0 变 1 表示立即重载监测装置，重载结束自动复归	ReStart	ING	Restart device immediately	M	
注 1：中性点直流总电流的方向：从变压器流入大地为正，从大地流入变压器为负。 注 2：M：Mandatory，指定、强制；O：Optional，可选。					

附录 C
(资料性附录)

直流偏磁电流同步监测平台的构建方法

为构建直流偏磁电流分布同步监测平台，直流电流监测点应可扩充且灵活设置，直流电流监测系统应通过 GPRS 网络进行数据传输，监测终端应与服务器端进行自动通信。利用广域网组建监测平台如图 C.1 所示。

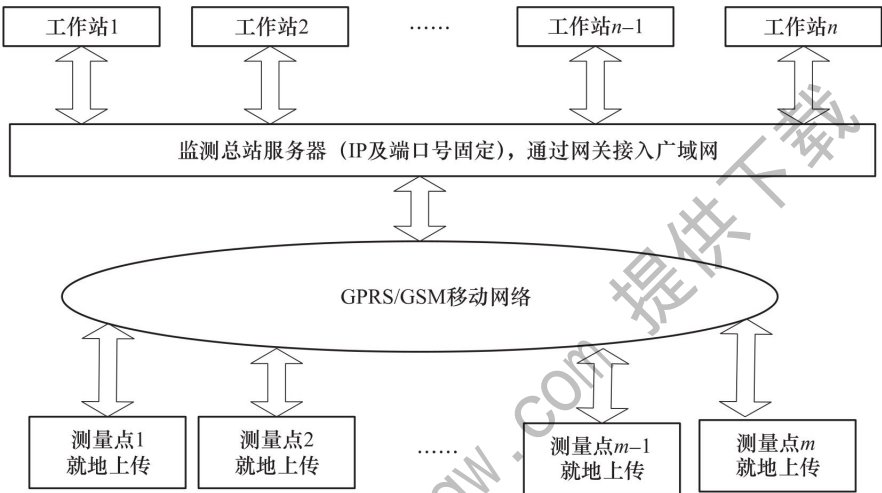


图 C.1 利用广域网组建监测平台

监测系统也可利用电力网的专用内网（以太网）组建监测平台，就地上传变电站，如图 C.2 所示。

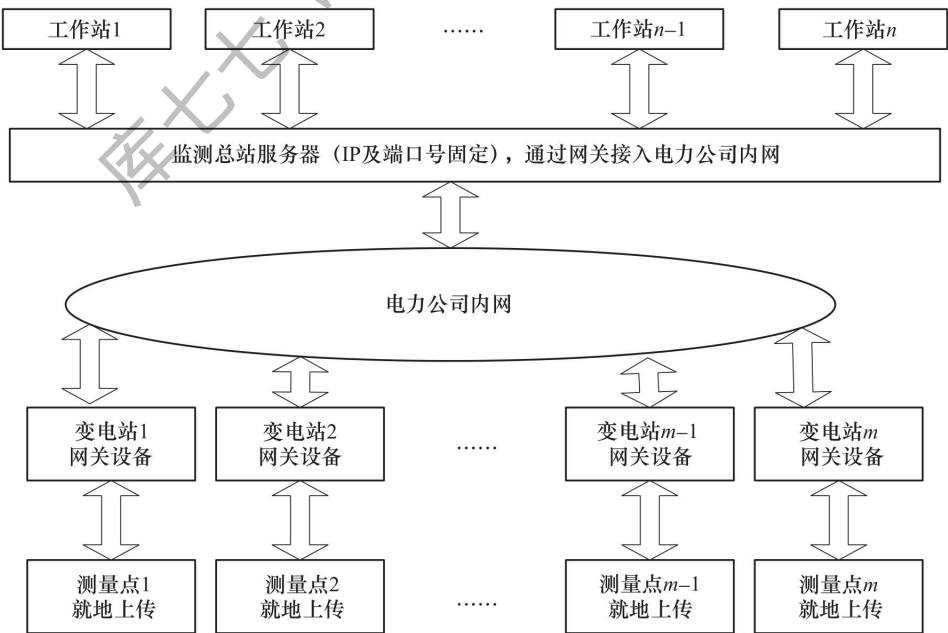


图 C.2 利用专用内网（以太网）组建监测平台

附录 D
(资料性附录)
一种典型的直流偏磁电流提取方法

D.1 直流偏磁电流信号提取方法

变压器中性点直流电流中常含有 50Hz 的工频及高次谐波分量，为了完全滤除交流分量，采用时间常数为 20ms 整数倍的积分电路实现对交流信号的抑制，为描述积分电路工作原理，将图 D.1 中的波形用式 (D.1) 表示，即：

$$f(t)=A_0+A_1\sin(\omega t+\varphi)+\cdots \tag{D.1}$$

式中：

- ω ——角频率；
- φ ——初始角度；
- A_0 、 A_1 ——常数。

交流信号为周期变化的信号，则周期区间（20ms）内所有小矩形面积之和为零；直流是非周期信号，信号全周期内所有小矩形面积之和不为零。

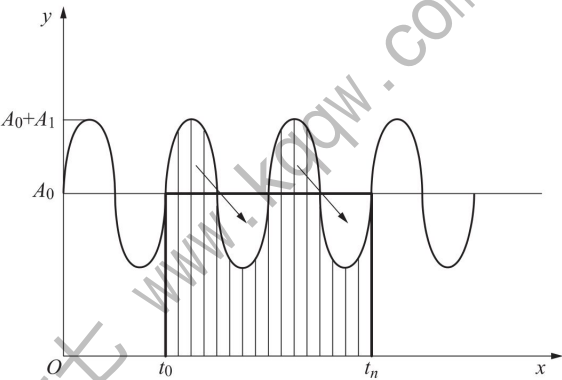


图 D.1 积分电路工作原理示意图

D.2 典型试验验证

采用上述方法验证交直流叠加信号对直流电流测量的影响，试验电路如图 D.2 所示。

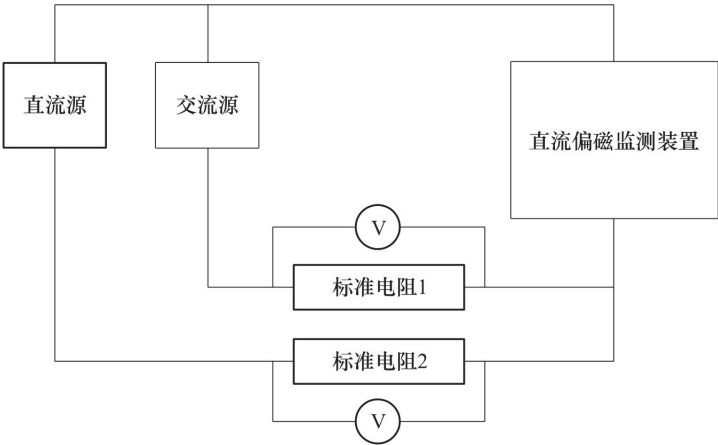


图 D.2 交直流叠加试验验证电路

验证直流偏磁监测装置取样的一段电阻为 $250\mu\Omega$ 时，固定接入 1A 直流电流，接入 1A~10A 可调交流电流，分析交流电流从 1A~10A 变化时对直流电流测量的影响。试验结果表明，在 1A~10A 交流信号干扰下，装置直流电流测量值的准确性符合标准要求。

库七七 www.k99w.com 提供下载

附 录 E
(资料性附录)

变压器中性点直流偏磁电流分布特征分析

E.1 分析方法

电网和大地构成的是线性系统，理论上换流站单极运行时接地极入地电流应与每个变电站的变压器中性点处电流呈线性关系。若总入地电流为 I_1 ，变电站 A 的变压器中性点处电流为 I_2 ，或总入地电流为 I_3 ，变电站 A 的变压器中性点处电流为 I_4 ，则应有 $I_1 / I_2 = I_3 / I_4 = \lambda$ (λ 为常数)。在这里，我们称这个常数 λ 为某接地极单极运行时变电站 A 的变压器中性点电流相关系数。根据实际监测情况，可以得到某换流站单极运行时，各特征变电站变压器中性点直流偏磁电流与总入地电流的相关系数。

E.2 典型实例分析

以某电网为例，对电网中变压器中性点直流偏磁电流分布特征分析方法进行说明。

2014 年 6 月 19 日 20:00，A 换流站极 1 单极运行，负荷为 300MW，电流为 600A。2014 年 6 月 27 日 20:00，A 换流站极 1 单极运行，负荷最大为 580MW，电流为 1180A，各特征变电站见表 E.1。

表 E.1 A 换流站单极运行不同负荷时，各特征变电站的直流偏磁电流

A 换流站运行电流 A	特征变电站直流偏磁电流 A					
	顾家店	枝江	郭家岗	杨家湾	安福寺	远安
600	-0.4	-1.2	2.0	3.8	2	-0.8
1180	-0.8	-2.2	3.0	6.8	3.9	-1.8

由表 E.1 可知，当 A 换流站单极运行负荷增加时，其单极运行电流也随之增大，各交流变电站的直流偏磁电流也呈倍数增大。当 A 换流站单极运行时，各特征变电站的直流偏磁电流基本与总入地电流呈线性关系，各特征变电站的相关系数见表 E.2。

表 E.2 A 换流站单极大运行地运行时，各特征变电站的相关系数

特征变电站	枝江	郭家岗	杨家湾	安福寺	远安	顾家店
相关系数	-0.00186	0.00254	0.00576	0.00339	-0.00153	-0.00068

由表 E.2 可以看出，电网发生直流偏磁事件时，变电站的相关系数越大，其直流偏磁电流越大，直流偏磁风险也越大。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
直流偏磁电流分布同步监测技术导则
DL/T 1786—2017

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

*

2018年11月第一版 2018年11月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1印张 29千字
印数 001—200册

*

统一书号 155198·1011

版 权 专 有 侵 权 必 究
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

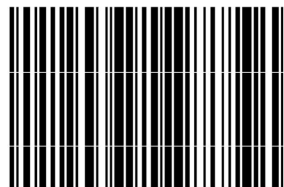


中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 最及时、最准确、最权威 的电力标准信息



155198.1011