

矿井供电系统电能质量检测技术规范

Technical code for power quality detection of mine power supply system

2022-06-02 发布

2022-07-02 实施

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 总则 1

 4.1 测量组成 1

 4.2 待测电气量 2

 4.3 待测量的优先次序 2

5 电能质量参数测量 2

 5.1 供电系统频率偏差 2

 5.2 供电电压偏差 3

 5.3 三相电压不平衡 3

 5.4 电压波动和闪变 5

 5.5 公用电网谐波 5

附录 A（规范性） 频率合格率统计 8

附录 B（资料性） 不平衡度的计算 9

 B.1 不平衡度的表达式 9

 B.2 不平衡度的准确计算式 9

 B.3 不平衡度的近似计算式 9

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。

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。

本文件由山东省能源局提出并组织实施。

本文件由山东省能源标准化技术委员会归口。

矿井供电系统电能质量检测技术规范

1 范围

本文件规定了矿井供电系统电能质量参数，包括矿井供电系统频率偏差、供电电压偏差、三相电压不平衡、电压波动和闪变、公用电网谐波等的限值、测量、计算和评估方法。不包括电能质量参数中暂时过电压和瞬时过电压、间谐波电压和电流、电网载波信号的限值、测量、计算和评估方法和PDS电磁兼容性的要求。

本文件适用于井工煤矿，金属非金属等矿山参照执行。

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 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 12326—2008 电能质量 电压波动和闪变
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电能质量 power quality

电力系统指定点处的电特性，关系到供用电设备正常工作(或运行)的电压、电流的各种指标偏离基准技术参数的程度。

注：基准技术参数一般是指理想供电状态下的指标值，这些参数可能涉及供电与负荷之间的兼容性。

3.2

闪变 flicker

灯光照度不稳定造成的视感。

3.3

公共连接点 common connection point

电力系统中一个以上用户的连接处。

3.4

用户 users

依法与供电企业建立供用电关系的消费者，以及购买电力商品或接收服务的客户。本文件中指煤矿企业。

4 总则

4.1 测量组成

待测量、直接测量（如在一般低压系统中），或者通过测量传感器测量，整个测量链路如图1所示。

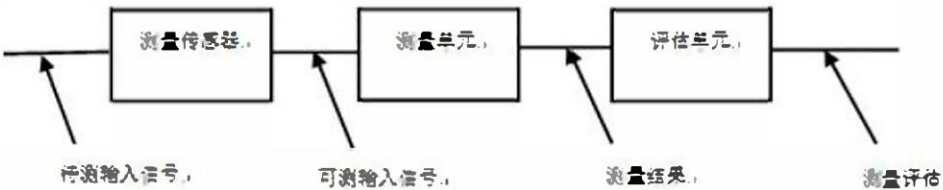


图1 测量链路

仪器可能包括整个链路（见图1）。本文件中不考虑仪器外部的传感器及其所引入的不确定性，但在附录中提供指导。

4.2 待测电气量

对供电系统单相或多相进行测量。可对相导线和中性点之间的电压（相—中性点电压），或相导线之间的电压（线间电压），或相导线、中性点和接地（相—接地电压、中性点—接地电压）之间参数进行测量。在本部分中规定的测量方法均可在每个测量通道上独立使用。

相与相之间的瞬时值可直接测量，也可由相与中性点的瞬时测量值推导得到。

电流测量可在供电系统的各条导线上进行，包括中性点导线和保护接地导线。

注：通常在测量电流时同步测量电压会更好，这样可将一根导线的电流测量结果与该导线和参考导体（如接地导线或中性点导线）之间的电压联系起来。

4.3 待测量的优先次序

待测量通常由监测目标、相关适用标准及其他因素确定。对于一般的检测，宜按下列顺序进行。例如：

- a) 电能参数（V、I、P、Q、S、DPF、TPF 等）；
- b) 谐波电压；
- c) 谐波电流；
- d) 三相不平衡；
- e) 闪烁。

注：DPF为畸变功率因数，表示为基波电压、电流之间相角的余弦值。TPF是真实功率因数，用有功与视在功率之比表示。

确定了优先顺序并选择了仪器，宜利用该仪器能提供的所有信息。

5 电能质量参数测量

5.1 供电系统频率偏差

5.1.1 频率偏差限值

频率偏差限值应满足下列要求：

- a) 供电系统正常运行条件下频率偏差限值为±0.2 Hz；
- b) 冲击负荷引起的频率偏差为±0.2 Hz；
- c) 供电系统中频率合格率的统计方法按照附录 A。

5.1.2 测量方法

测量电网基波频率,每次宜取1 s、3 s或10 s间隔内计到的整数周期与整数周期累计时间之比(和1 s、3 s或10 s时钟重叠的单个周期应丢弃)。测量时间间隔不应重叠,每1 s、3 s或10 s间隔应在1 s、3 s或10 s时钟开始时计。本文件不排除更先进的频率测量方法的采用。

5.1.3 仪器准确度

测量误差不应超过 ± 0.01 Hz。

5.2 供电电压偏差

5.2.1 供电电压偏差的限值

供电电压偏差的限值应满足下列要求:

a) 35 kV 及以上供电电压正、负偏差绝对值之和不应超过标称电压的 10 %;

注:如供电电压上下偏差同号(均为正或负)时,按较大的偏差绝对值作为衡量依据。

b) 10 kV 及以下三相供电电压偏差为标称电压的 $\pm 7\%$;

c) 220 V 单相供电电压偏差为标称电压的 $+7\%$, -10% 。

5.2.2 测量仪器性能分类

测量仪器性能分以下两类:

a) A 级用来进行精确测量;

b) B 级用来进行不需要高精度的测量。

5.2.3 测量方法

获得电压有效值的基本的测量时间窗口应为10周波,并且每个测量时间窗口应该与紧邻的测量时间窗口接近而不重叠,连续测量并计算电压有效值的平均值,最终计算获得供电电压偏差值,计算公式如下:

$$\Delta U = \frac{U - U_N}{U_N} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

ΔU ——供电电压偏差;

U ——实际电压;

U_N ——系统标称电压。

对A级电压监测仪,可以根据具体情况选择4个不同类型的时间长度计算供电电压偏差:3 s、1 min、10 min、2 h。对B级电压监测仪制造商应该标明测量时间窗口、计算供电电压偏差的时间长度。时间长度宜采用1 min或10 min。

5.2.4 仪器准确度

A级性能电压监测仪的测量误差不应超过 $\pm 0.2\%$; B级性能仪器的测量误差不应超过 $\pm 0.5\%$ 。

5.3 三相电压不平衡

5.3.1 电压不平衡度限值

5.3.1.1 供电系统公共连接点电压不平衡度限值为:

——电网正常运行时, 负序电压不平衡度不超过 2 %, 短时不应超过 4 %;

——低压系统零序电压限值暂不作规定, 但各相电压应满足 GB/T 12325 的要求。

注1：本文件中不平衡度为在电力系统正常运行的最小方式(或较小方式)下、最大的生产(运行)周期中负荷所引起的电压不平衡度的实测值。

注2：低压系统是指标称电压不大于1 kV的供电系统。

5.3.1.2 接于公共连接点的每个用户引起该点负序电压不平衡度允许值为1.3%，短时不超过2.6%。根据连接点的负荷状况以及邻近发电机、继电保护和自动装置安全运行要求，该允许值可作适当变动，但应满足5.3.1.1的规定。

5.3.2 用户引起的电压不平衡度允许值换算

负序电压不平衡度允许值可根据连接点的正常最小短路容量换算为相应的负序电流值作为分析或测算依据，邻近大容量电机的用户其负序电流值换算时应考虑旋转电机的负序阻抗。有关不平衡度的计算见附录B。

5.3.3 测量条件

测量应在电力系统正常运行的最小方式(或较小方式)下，不平衡负荷处于正常、连续工作状态下进行，并应包括不平衡负荷的最大工作周期。

5.3.4 测量时间

对于电力系统的公共连接点，测量持续时间取一周(168 h)，每个不平衡度的测量间隔可为1 min的整数倍；对于波动负荷，按5.3.3的规定，取正常工作日24 h持续测量，每个不平衡度的测量间隔为1 min。

5.3.5 测量取值

对于电力系统的公共连接点，供电电压负序不平衡度测量值的10 min方均根值的95%概率大值应不大于2%，所有测量值中的最大值不大于4%。对日波动不平衡负荷，供电电压负序不平衡度测量值的1 min方均根值的95%概率大值应不大于2%，所有测量值中的最大值不大于4%。

对于日波动不平衡负荷也可以时间取值：日累计大于2%的时间不超过72 min，且每30 min中大于2%的时间不超过5 min。

注1：为了实用方便，实测值的95%概率值可将实测值按由大到小次序排列，舍弃前面5%的大值取剩余实测值中的最大值。

注2：以时间取值时，如果1 min方均根值超过2%，按超标1 min进行时间累计。

注3：所有测量值是指以5.3.6.1要求得到的所有测量结果。

5.3.6 测量仪器

5.3.6.1 不平衡度测量仪器应满足本文件的测量要求，仪器记录周期为3 s，按方均根取值。电压输入信号基波分量的每次测量取10个周波的间隔。对于离散采样的测量仪器直接按式(2)计算：

$$E = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \varepsilon_k^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

ε_k^2 ——在3 s内第k次测得的不平衡度；

m ——在3 s内均匀间隔取值次数($m \geq 6$)。

注：5.3.5中10 min或1 min方均根值系由所有记录周期的方均根值的算术平均求取。

5.3.6.2 仪器的不平衡度测量误差：

电压不平衡度的测量误差应满足式(3)规定：

$$|\varepsilon_U - \varepsilon_{UN}| \leq 0.2\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

ε_U ——电压不平衡度实际值；
 ε_{UN} ——电压不平衡度的仪器测量值实际值。
电流不平衡度的测量误差应满足式(4)规定：

$$|\varepsilon_I - \varepsilon_{IN}| \leq 1\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

ε_I ——电流不平衡度实际值；
 ε_{IN} ——电流不平衡度的仪器测量值实际值。

5.4 电压波动和闪变

5.4.1 限值

电压波动限值及闪变限值如下：

a) 电压波动 d 的限值和变动频率 r 有关：当 $r \leq 1\,000\text{ h}^{-1}$ 时，对于低压(LV)和中压(MV)， $d=1.25\% \sim 4\%$ ；对于高压(HV)， $d=1.0\% \sim 3\%$ ；当随机不规则变动时，对于 LV 和 MV， $d=2\%$ ；对于 HV， $d=1.5\%$ 。

b) 闪变限值见表 1。

表1 各级电压下闪变限值

系统电压等级	LV	MV	HV
短时间闪变值 P_{st}	1.0	0.9(1.0)	0.8
长时间闪变值 P_{lt}	0.8	0.7(0.8)	0.6
注1：括号中的值仅适用于所有用户为同电压等级场合。 注2：系统标称电压UN等级划分标准如下： 低压(LV)： $UN \leq 1\text{ kV}$ ； 中压(MV)： $1\text{ kV} < UN \leq 35\text{ kV}$ ； 高压(HV)： $35\text{ kV} < UN \leq 110\text{ kV}$ 。			

闪变限值要根据协议用电容量占供电容量的比例以及电压等级分别按三级处理原则，具体规定见 GB/T 12326。

5.4.2 闪变测量

电压波动和闪变的衡量点为公共连接点， P_{st} 的测量周期为10 min，取实测95%概率大值； P_{lt} 的测量周期为2 h，不应超标。

5.4.3 检测设备

测量闪变使用的仪器，应符合GB/T 12326—2008中附录A的要求。

5.5 公用电网谐波

5.5.1 电压限值

谐波电压限值见表2。

表2 公用电网谐波电压（相电压）限值

电网标称电压 kV	电压总谐波畸变率 %	各次谐波电压含有率 %	
		奇次	偶次
0.38~3.3	5.0	4.0	2.0
6	4.0	3.2	1.6
10			
35	3.0	2.4	1.2
110	2.0	1.6	0.8

5.5.2 电流限值

谐波电流允许值应满足GB/T 14549中的要求。

5.5.3 谐波测量

5.5.3.1 谐波电压(或电流)测量应选择在电网正常供电时可能出现的最小运行方式，且应在谐波源工作周期中产生的谐波量大的时段内进行。当测量点附近安装有电容器组时，应在电容器组的各种运行方式下进行测量。

5.5.3.2 测量的波次数一般为第2到第19次，根据谐波源的特点或测试分析结果，可适当变动谐波次数测量的范围。

5.5.3.3 对于晶闸管变流设备供电的提升机等负荷变化快的谐波源，测量的间隔时间不大于2 min，测量次数应满足数理统计的要求，宜不少于30次。

5.5.3.4 谐波测量的数据应取测量时段内各相实测量值的95%概率值中最大的一相值，作为判断谐波是否超过允许值的依据。对负荷变化慢的谐波源，宜选五个接近的实测值，取其算术平均值。

注：为了实用方便，实测值的95%概率值可按下述方法近似选取：将实测值按由大到小次序排列，舍弃前面5%的大值，取剩余实测值中的最大值。

5.5.4 谐波的测量仪器

5.5.4.1 仪器的功能应满足本文件测量要求。

5.5.4.2 为了区别暂态现象和谐波，对负荷变化快的谐波，每次测量结果可为3 s内所测值的平均值。宜采用下式计算：

$$U_h = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (U_{hk})^2} \dots\dots\dots (5)$$

式中：
 U_{hk} ——3 s内第k次测得的h次谐波的方均根值；
 m ——3 s内取均匀间隔的测量次数， $m \geq 6$ 。

5.5.4.3 仪器准确度。谐波测量仪的允许误差见表3。

表3 谐波测量仪的允许误差

等级	被测量	条件	允许误差
A	电压	$U_h \geq 1\% U_N$ $U_h < 1\% U_N$	5% U_h 0.05% U_N
	电流	$I_h \geq 3\% I_N$ $I_h < 3\% I_N$	$I_h \geq 5\% I_N$ $I_h < 0.15\% I_N$
B	电压	$U_h \geq 3\% U_N$ $U_h < 3\% U_N$	5% U_h 0.15% U_N
	电流	$I_h \geq 10\% I_N$ $I_h < 10\% I_N$	$I_h \geq 5\% I_N$ $I_h < 0.5\% I_N$
注1: U_N 为标称电压, U_h 为谐波电压; I_N 为额定电流, I_h 为谐波电流; 注2: A级仪器频率测量范围为0 Hz~2 500 Hz, 用于较精确的测量, 仪器的相角测量误差不大于 $\pm 5^\circ$ 或 $\pm 1^\circ$; h: B级仪器用于一般测量。			

5.5.4.4 仪器应保证其电源在标称电压 $\pm 15\%$, 频率在 49 Hz~51 Hz 范围内电压总谐波畸变率不应超过 8%条件下能正常工作。

5.5.4.5 对不符合 5.5.4.2 规定的仪器, 可用于负荷变化慢的谐波源的测量。用于负荷变化快的谐波源的测量, 测量条件和次数应分别符合 5.5.4.1 和 5.5.4.3 的规定。

5.5.4.6 测量的频率范围内, 仪用互感器、电容式分压器等谐波传感设备应有良好的频率特性, 其引入的幅值误差不应大于 5%, 相角误差不大于 5° 。

在没有确切的频率响应误差特性时, 电流互感器和低压电压互感器用于 2 500 Hz 及以下频率的谐波测量 6 kV~110 kV 电磁式电压互感器可用于 1 000 Hz 及以下率测量; 电容式电压互感器不能用于谐波测量。在谐波电压测量中, 对谐波次数或测量精度有较高需要时, 应采用电阻分压器 ($U_N < 1\text{ kV}$) 或电容式分压器 ($U_N \geq 1\text{ kV}$)。

附 录 A
(规范性)
频率合格率统计

通过监测及直接或间接的统计频率超限时间以获得表征电网频率在限值以内的一种方法,统计时间以s为单位,计算公式如下:

$$\sigma_f = \left(1 - \frac{t_1}{t_2}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (A. 1)$$

- 式中:
- σ_f ——频率合格率;
 - t_1 ——频率超限时间;
 - t_2 ——总运行统计时间。

附录 B (资料性) 不平衡度的计算

B.1 不平衡度的表达式

$$\begin{cases} \varepsilon_{U2} = \frac{U_2}{U_1} \times 100\% \\ \varepsilon_{U0} = \frac{U_0}{U_1} \times 100\% \end{cases} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

U_1 ——三相电压的正序分量方均根值, V;

U_2 ——三相电压的负序分量方均根值, V;

U_0 ——三相电压的零序分量方均根值, V。

将式(B.1)中 U_1 、 U_2 、 U_0 换成 I_1 、 I_2 、 I_0 则为相应的电流不平衡度 ε_{I2} 、 ε_{I0} 的表达式。

B.2 不平衡度的准确计算式

B.2.1 在三相系统中, 通过测量获得三相电量的幅值和相位后应用对称分量法分别求出正序分量、负序分量和零序分量, 由式(B.1)求出不平衡度。

B.2.2 在没有零序分量的三相系统中, 当已知三相量 a、b、c 时也可以用式(B.2)求负序不平衡度:

$$\varepsilon_2 = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6L}}{1 + \sqrt{3 - 6L}}} \times 100\% \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

L —— $(a^4 + b^4 + c^4) / (a^2 + b^2 + c^2)^2$ 。

B.3 不平衡度的近似计算式

B.3.1 设公共连接点的正序阻抗与负序阻抗相等, 则负序电压不平衡度为:

$$\varepsilon_{U2} = \frac{\sqrt{3} I_2 U_L}{S_K} \times 100\% \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

I_2 ——负序电流值, 单位为安(A);

S_K ——公共连接点的最小短路容量, 单位为伏安(VA);

U_L ——线电压, 单位为伏(V)。

B.3.2 相间单相负荷引起的负序电压不平衡度可近似为:

$$\varepsilon_{U2} = \frac{S_L}{S_K} \times 100\% \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

S_L ——单相负荷容量, 单位为伏安(VA)。