

# 电能质量 三相电压不 平衡

GB/T15543-2008

# 三相不平衡问题起因

三相电压不平衡主要由负荷不平衡、系统三相阻抗不对称以及消弧线圈不正确调谐等因素引起。

1. 供电环节元件三相参数不对称  
线路的不平衡

2. 用电环节元件三相参数不对称  
三相负荷不对

两个最重要的干扰负荷：电气化铁路、交流电弧炉

3. 不对称故障

不对称短路故障：单相接地故障、相间故障、两相接地故障

非全相运行工况：单相断线、两相断线

中心点不直接接地系统的单相接地故障和非全相运行允许运行较长的一段时间

# 三相不平衡产生的危害

三相不平衡时电压、电流中的负序分量和/或零序分量对电气设备危害：

1. 同步发电机：增加转子损耗，造成转子温升的提高，严重时可能出现局部温升过高而损坏设备；引起转子转轴以及定子机座二倍频振动。
2. 感应电动机：负序电流产生制动转矩，使电机的最大转矩和输出功率下降。正反磁场的相互作用，产生脉冲转矩，引起电机振动。由于电动机的负序阻抗小，过大的负序电流使电动机定子、转子的铜耗增加，使电动机过热并导致绝缘老化过程加快。
3. 变压器：负载不平衡运行时，变压器容量不能充分利用或造成局部过热。磁路的不平衡，大量的漏磁通经箱壁使其发热。

# 三相不平衡产生的危害

4. 换流装置：触发角不对称，产生非特征谐波。随电压不平衡程度的增加，非特征谐波电流也加大，导致换流装置的滤波成本增加。
5. 继电保护和自动装置：导致作用于负序电流的保护和自动装置误动作而威胁电力系统安全。另外还可能降低负序启动元件反应于电网故障的灵敏度，危及其在真实故障时动作的可靠性。
6. 线路：负、零序电流会产生附加损耗，增大线损，同时使输电线路电压损失增加，另外还增大对通讯系统的干扰，影响正常通讯质量。
7. 计算机等电子设备：在低压三相四线制配电系统中，三相不平衡引起中线上出现不平衡电流而使零电位漂移，产生影响计算机等电子设备的电噪声干扰，甚至使得设备无法正常工作。

# 标准修订条文说明

- 标准适用范围
- 不平衡度限值
- 不平衡度测量、统计周期和取值
- 测量准确度
- 用户引起的电压不平衡度允许值换算
- 公共连接点不平衡度的计算

# 标准适用范围

95版标准适用范围：

本标准规定了三相电压不平衡度的允许值及其计算测量和取值方法。

本标准适用于交流额定频率为50Hz 电力系统正常运行方式下由于负序分量而引起的公共连接点的电压不平衡。

# 标准适用范围

## 1. 零序不平衡

系统中出现零序电压分量不可避免，尽管其不影响旋转电机的正常运行，但会对其它相关设备造成损害，并增大线损和变损等。

**高压系统：**采用中性点接地系统，当处于三相不平衡运行方式时存在零序电压分量，其短路容量较大，且一般不针对直接用户，可不考虑零序不平衡问题；

**中压系统：**一般采用中性点不直接接地系统，零序阻抗大，零序电流分量的影响小，也可以不考虑。

**低压配电系统：**三相电压不平衡时会产生较大的零序分量，增加线损和变损，减少配变出力，配变产生零序电流，影响用电设备的安全运行等。配变中的零序电流，将在铁芯中产生零序磁通，当变压器采用三相三柱Y接线方式时，将迫使零序磁通只能以油箱壁以及钢构件作为通道，产生磁滞和涡流损耗，引起钢构件局部发热，加速绕组绝缘老化，导致设备寿命降低。实际上在配电系统中零序分量引起的中线安全、节能节材等问题已经十分突出。

因此，**在低压系统中应该考虑由于零序电压分量引起的不平衡问题。**

# 标准适用范围

## 2. 电气设备的不平衡限值

电压不平衡标准主要是针对公用电网的电能质量标准，根据各种电气设备对电压不平衡承受能力而规定PCC的不平衡限值，并不是具体电气设备的设计标准。

作为公用电网电能质量标准和电气设备的标准，既有联系，又必须注意其区别。基于目前水平所制定的电能质量标准，一般与电气设备的标准间存在一定差距，因此标准中特别指出：“**电气设备额定工况的电压允许不平衡度和负序电流允许值仍由各自标准规定。**”

# 标准适用范围

## 3. 正常运行方式

对中心点不直接接地系统，发生单相接地故障时仍允许运行1~2个小时，由其造成的电压不平衡的影响应该予以考虑。

相当一部分牵引变属于两相供电，可理解为典型的非全相运行方式。如牵引站还担负其它用户供电功能，可以理解为严重的单相不平衡负荷。尽管采用换相方式供电以力求对称性，但对每一PCC，属严重的负荷不对称其造成三相电压不平衡的影响也应该予以重视。

本标准修订中对其适用范围通过时间加以界定，规定“瞬时和暂时的不平衡问题不适用于本标准”。瞬时和暂时的具体时间参考电力行业标准《电能质量术语》规定，瞬时为“工频0.5周波~30周波”，暂时为“工频30周波~3s”。

换言之，只要不平衡持续时间大于3s的均属于本标准考虑范围之内。

# 标准适用范围

## 4. 基波不平衡和谐波不平衡

系统运行时三相电压可能含有一定的谐波分量，既有整次谐波，也有间谐波，且各次谐波都可能存在正序、负序和零序分量，处理起来相当复杂。

IEC61000—4—30 《电能质量测量方法》中明确规定：电压不平衡所测量的是“输入电压信号基波分量的有效值”。考虑到电能质量中谐波标准对公共连接点谐波的限制要求，**本标准只适用于电压基波分量的负序和零序不平衡**，而谐波不平衡不在本标准考虑范围。

# 标准适用范围

2008版标准适用范围：

本标准规定了三相电压不平衡的限值、计算、测量和取值方法。

本标准适用于标称频率为50Hz的交流电力系统正常运行方式下由于负序基波分量引起的公共连接点的电压不平衡及低压系统由于零序基波分量而引起的公共连接点的电压不平衡。

电气设备额定工况的电压允许不平衡度和负序电流允许值仍由各自标准规定，例如旋转电机按GB 755《旋转电机 定额和性能》要求规定。

瞬时和暂时的不平衡问题不适用于本标准。

# 不平衡度限值

- 95版标准限值规定：

## 3 电压不平衡度允许值

### 3.1 电力系统公共连接点正常电压不平衡度允许值为2%，短时不得超过4%。

电气设备额定工况的电压允许不平衡度和负序电流允许值仍由各自标准规定例如旋转电机按GB 755 《旋转电机 基本技术要求》规定。

### 3.2 接于公共接点的每个用户引起该点正常电压不平衡度允许值一般为1.3%，根据连接点的负荷状况，邻近发电机继电保护和自动装置安全运行要求可作适当变动，但必须满足3.1条的规定。

# 不平衡度限值

1. 从用户设备电压不平衡兼容限值水平规定了电网PCC电压不平衡允许值，需要所有包括供电方和用户方的电气设备来共同维护，是一个低限值，是在综合考虑了重要用电设备（如旋转电机）标准、电网电压不平衡度的实际现状、国外同类标准以及电磁兼容标准等进行分析选取的。

电压不平衡度在空间和时间上均处于动态变化中，整体上呈现统计特性，具有正态分布特点，因此在标准中规定用95%概率大值作为衡量值，即标准中规定的“正常电压不平衡度允许值2%”是在测量时间95%内的限值，而剩余5%的时间可以超过2%。但是过大的“非正常值”时间虽短，也会对电网和设备造成危害，特别是对负序启动元件的快速动作继电保护和自动装置，容易引起误动，因此标准对最大的允许值做了不得大于4%的规定。

# 不平衡度限值

2. 为保证公共连接点总的三相不平衡水平，标准规定了接入公共连接点的各用户所引起的三相电压不平衡限值，实际上规定了各个用户对公共连接点三相不平衡度的“贡献”限值。

原标准规定：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一般为1.3%。该值是在参考国外相关标准的基础上，并考虑到不平衡负荷电网中少数特殊负荷而确定。考虑到实际情况的千差万别，标准还规定：“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”，但必须满足公共连接点的不平衡限值要求。

# 不平衡度限值

- 在标准修订过程中，电铁、冶炼和电力系统的电压不平衡度调研、统计结果基本能满足原标准规定限值的要求，个别检测点数据偏高甚至超标主要与其系统的短路容量、电压等级和治理手段有关，可以预见采取合理的治理手段后可满足原标准限值要求。可见，原来的限值规定的比较合理，因此在**本次标准修订过程中对公共连接点负序不平衡度的限值维持原规定不变。**
- 对于用户的不平衡限值要求，考虑到其“贡献”的电压不平衡度也处于动态变化过程中，并且变化也呈现正态分布特点，为与公共连接点的限值规定相配合，规定为：“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一般为1.3%，**短时不超过2.6%。**”
- 对零序不平衡度的限值，除了前苏联在ГОСТ13109—1987《电能 公用电网的电能质量要求》中给出了零序电压不平衡度的限值要求外（零序电压正常不大于2%，最大不超过4%），均是针对负序分量而制定。国内由于原标准没有对零序作出要求，在调研过程中也没有得到实际低压系统中零序不平衡状况的实际数据，在本次修订中对零序不平衡度的限值暂时不作规定，“但各相电压必须满足GB/T12325《电能质量 供电电压偏差》的要求。”
- 原标准对最大限值的时间要求是“短时”，但具体的时间没有明确规定，本标准参考电力行业标准《电能质量术语》将“短时”明确规定为“3s~1min”。

# 不平衡度限值

2008版标准限值规定：

- 4 电压不平衡度限值
- 4.1 电力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%，短时不得超过4%；
  - 低压系统零序电压限值暂不作规定，但各相电压必须满足GB/T12325《电能质量 供电电压偏差》的要求。
  - 注1：本标准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1kV的供电系统。
- 4.2 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一般为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，但必须满足4.1 条的规定。

# 不平衡度测量、统计周期和取值

标准修订过程中部分电网、电气化铁路和钢厂的电压不平衡情况调研结果比预期理想的原因：

- (1) 对电能质量的重视程度提高，对一些电能质量较差的用户或供电点采取了有效的治理措施；
- (2) 电气化铁路、大型炼钢炉采用更高一级的系统电压供电，系统的短路容量大大增加，从而降低了不平衡度；
- (3) 可能由于测量方法使得实测结果偏小：对波动负荷，采用10min的平均值测量方法，可能使得测量结果与实际的未能捕捉或统计的尖峰负荷差距较大。

# 不平衡度测量、统计周期和取值



$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \varepsilon_k^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{10} (6\%)^2 \times 1} = 1.9\%$$

# 不平衡度测量、统计周期和取值

- 1.测量条件
- 原95版标准中不平衡度测量值是指在电力系统正常运行的**最小方式**下负荷所引起的**电压不平衡度为最大**的生产(运行)周期中的实测值，例如炼钢电弧炉应在系统最小运行方式下的熔化期间测量。
- 同时满足“系统正常最小运行方式”和“不平衡度为最大”两个条件通常比较困难，从而给实际操作带来很大程度的不便。
- 为便于操作，修订时将电压不平衡度测量的条件规定为：“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，并保证不平衡负荷的最大工作周期包含在内。”

# 不平衡度测量、统计周期和取值

## ■ 2. 测量时间

- 95版标准只规定了测量值不少于30个，并对日波动负荷按典型工作日24小时作为测量时间，“对于日波动负荷，也可以按日累计超标时间不超过72min，且每30min中超标时间不超过5min来判断。”而对PCC并没有给出测量时间要求。规定实测值不少于30个的理由，是假定不平衡的波动服从正态分布根据概率理论得出的。
- 欧洲标准EN50160《公共配电系统供电电压特性》中明确规定：在正常运行方式下，不平衡度以10min平均有效值在一周内的95%概率大值为准。取一周时间的主要考虑是一周为一个典型的负荷周期。
- GB/T19862—2005《电能质量监测设备通用要求》中规定记录保存时间为3min。

### 存在的问题：

- 对于波动性较大的日波动负荷，可能存在冲击性负荷短时内对其它负荷造成较大的负序冲击，采用10分钟平均值的测试法并不一定能反映实际平衡情况。同时如果仅用“测量值不少于30个”加以限制，表明测量装置可以采用不连续方式测量，可能无法捕捉到实际的最大不平衡度值。
- 测量时间间隔过长（如采用10min），本身“每30min中超标时间不超过5min来判断”就无法操作，因此也要求缩短测量时间间隔。

# 不平衡度测量、统计周期和取值

- 2008版标准测量时间规定为“对于电力系统的公共连接点，测量持续时间取一周(168小时)，每个不平衡度的测量间隔可为1min的整数倍；对于波动负荷，按6.1规定，可取正常工作日24小时持续测量，每个不平衡度的测量间隔为1min。”
- 测量样本数：PCC若以10min为测量时间间隔，连续一周的测量值样本数为1008个，日波动负荷以1min为测试时间间隔，24h连续测量的样本数为1440个。
- 对于数字化测量仪器，样本数的增加，处理时间完全满足要求。

# 不平衡度测量、统计周期和取值

## 3 测量取值

电压不平衡度整体上呈现统计特性，具有正态分布特点，参考国外标准的规定，取其95%概率大值作为不平衡度的衡量依据。

2008版标准取值规定：

- 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10min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1min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72min，且每30min中大于2%的时间不超过5min。
- 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分钟方均根值超过2%，按超标1min进行时间累计。
- 注3：所有测量值是指以6.4条要求得到的所有测量结果。

**注意所有测量值与限值规定中短时的一致性理解。**

# 不平衡度测量、统计周期和取值

## 4. 不平衡度测量

测量的方法主要为对称分量法。在没有零序的场合，还可通过直接测量三个不对称电量的大小直接计算得到。为减少偶然性波动的影响，规定了测量仪器记录周期为3s，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推荐按下式计算：

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \varepsilon_k^2}$$

式中  $\varepsilon_k$  —— 在3s内第k次测得的不平衡度；

$m$  —— 在3s内均匀间隔取值次数( $m \geq 6$ )。

对于特殊情况由供用电双方另行商定。

# 测量准确度

- **标准间指标的矛盾：**
- IEC61000-4-30：A级性能测量误差均小于 $\pm 0.15\%$ ；B级由制造商自行规定。
- GB/T19862—2005《电能质量监测设备通用要求》：电压不平衡度的测试值与实际值的相对误差不大于 $0.2\%$ ，电流不大于 $1\%$ 。
- GB/T15543-1995《电能质量 三相电压允许不平衡度》：电压不平衡度的测量绝对误差为 $0.2\%$ ，电流不平衡度的测量绝对误差为 $1\%$ 。
- **指标选取依据：**
- GB/T19862—2005 要求监测设备仪器电压测试的准确度达到 $0.004\%$ ，电流测量准确度达到 $0.02\%$ ，其指标明显高于IEC61000-4-30的A级测量仪器要求，且测试设备一般很难达到该要求。
- GB/T15543-1995要求略低于IEC61000—4—30中对A级仪器规定的 $0.15\%$ 的要求。这是在考虑测量结果不会明显引起不良后果的前提下，给仪器的结构、型式的选择以尽可能大的灵活性。用绝对误差来规定测量精度，在三相比平衡时，其测量结果相对误差会较大，但不会造成严重后果。这个误差要求对测试设备一般应能达到。因此该指标引用95版规定。
- 考虑到不平衡度本身是一个百分比的概念，而传统的绝对误差是一个偏差的概念，为防止与相对误差概念的混淆，修订时对测量仪器的测试误差要求用绝对误差规定，用具体的公式加以描述。

# 用户引起的不平衡度限值换算

- 标准对用户规定了电压不平衡度的限值，但可能相应连接点上已经存在多个用户，且背景电压中存在一定水平的不平衡，无法直接判断新接入用户对连接点的电压不平衡度“贡献”的大小，对已入网用户的“贡献”大小也无法直接通过电压不平衡度判断，因此审核新用户的接入或考核已入网用户，负序的发生量大小宜用电流来进行校验。
- 旋转电机的负序阻抗一般远小于正序阻抗，但在公共连接点离旋转电机电气距离较远的场合，可近似认为公共连接点与电源之间的正、负序阻抗相等。则负序电压不平衡度换算为负序电流计算近似为：

$$\varepsilon_{U2} = \frac{\sqrt{3}I_2 U_L}{S_k} \times 100(\%)$$

- 可见，该近似计算是有条件的，因此标准规定：“邻近大型旋转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。”
- 对于接于相间单相负荷引起的负序电压不平衡度可近似为：

$$\varepsilon_{U2} \approx \frac{S_L}{S_k} \times 100\%$$

# 公共连接点不平衡度的计算

- 不平衡度的计算一般采用对称分量法：

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_{U2} = \frac{\left| \dot{U}_A + a^2 \dot{U}_B + a \dot{U}_C \right|}{\left| \dot{U}_A + a \dot{U}_B + a^2 \dot{U}_C \right|} \\ \varepsilon_{U0} = \frac{1}{3} \frac{\left| \dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C \right|}{\left| \dot{U}_A + a \dot{U}_B + a^2 \dot{U}_C \right|} \end{array} \right.$$

- 在没有零序分量的三相系统中，当已知三相量 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 时也可以用下式求负序不平衡度：

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

式中：

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

# 相关条款的分歧与统一

- 零序电压不平衡及其限值问题
- 负序不平衡限值问题
- 测量时间问题

# 零序电压不平衡及其限值问题

- **意见：**
- 零序电压限值采用前苏联规定；
- 零序电压不平衡度限值规定为：“低压系统零序电压暂不作规定，但各相电压必须满足《电能质量 供电电压偏差》的要求。”
- 将电压零序分量引起的不平衡度从正文中删除，并加注说明“存在由电压零序分量引起的不平衡度，但不在本标准中规定。”
- **标准工作组讨论结论：**
- 原标准没有对零序提出要求，目前没有足够的研究或测试结果支持该指标；
- 低压220V系统绝大多数为民用单相负荷，各相之间难以平衡，指标控制困难，也更难以普遍检测和治理，一则民用单相负荷量大面广，二则引起零序不平衡的原因具有极大的随机性，本次修订时可暂时不给出具体限值要求。
- 尽管本次标准修订对零序限值暂不规定，但该工作应该引起相关部门的重视并着手相应的研究工作，以期下次修订提供必要的依据，该内容出现在正文表明其重要性。
- 限值不作严格规定，但电压必须满足《电能质量 供电电压偏差》的要求。

# 负序不平衡限值问题

- 意见：
- 用户：
- （1）标准应充分考虑目前中国电网在许多地区还比较薄弱，及电铁等负荷产生负序的客观属性等情况，在调查研究现状的基础上，以电网和负荷综合利益最大化为基础修订标准；（2）负序限值在PCC点由产生负序的负荷按比例分配；（3）在电网比较薄弱地区，负序超过限值时，可按周围受负序影响设备承受能力校验负序，在受负序影响设备承受能力内，可允许负序超过标准限值；（4）标准体现出铁路牵引变电所换相连接的效果。
- 电力系统：应该遵循谁污染谁治理原则，对限值要求不应低于原标准的规定。

# 负序不平衡限值问题

- 工作组结论：
- （1）标准的修订到再次修订，需要运行多年，不能只考虑现状，更应考虑到发展和各方面的利益，对电网薄弱问题，需要由电力部门加以改造，对用户负序问题，需要用户进行必要的治理。本标准的给出的限值与原标准相比并没有提高。
- （2）用户负荷对PCC点产生负序的影响，如果规定为按比例分配，由于实际负荷是变化的，有较大的随机性和不确定性。另外PCC可能随时有新的用户需要加入，则需要重新分配，可操作性太差。
- （3）在电网比较薄弱地区，负序超过限值时，周围受负序影响设备多，承受能力差异性大，并且设备不断增多和更换，可操作性太差。
- （4）变电所换相是降低负序的有效措施。本标准针对PCC，由于各牵引站间距离较远，并不处在同一个PCC上，应该不属于本标准范围。同时许多牵引站还担负着给其它用户供电的职能，因此各牵引站的不平衡状况将直接影响与之相近的其它用户，如果考虑换相连接的效果而放宽要求，对其它用户是不公平的。再者，换相连接的效果的测量、统计和考核也不易实施。

# 负序不平衡限值问题

- (5) 原标准的PCC误差限值是在综合考虑了重要用电设备（如旋转电机）标准、电网电压不平衡度的实际现状、国外同类标准以及电磁兼容标准等进行分析选取的，而用户产生的不平衡限值是在参考国外相关标准的基础上，并考虑到不平衡负荷电网中少数特殊负荷而确定。修订过程中调研的情况表明该限值制定比较合理，实际系统也一般能满足其要求。
- 限值维持原标准指标，用户引起的负序不平衡短时可以超标，但最大不能超过2.6%。与原标准相比，在指标上有所放宽。
- 标准规定：“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”，但必须满足公共连接点的限值规定。也就意味着由于电网比较薄弱、供电容量不足，但由于其它用户产生负序较小，对大用户的要求可适当放宽。

# 测量时间问题

- 意见:
- 测量时间取一周，每个不平衡度的测量间隔为 10 min;
- 发电机等设备的负序反时限跳闸时间一般最长为 15min，长于这个时间将烧毁电机，而一般设备接入系统时的暂态过渡时间为 1~3min，因此测量取样周期的时间间隔不应该大于 3min;
- 对最大值限值的取值，如果采用 10min 或 1min 的算术平均值作为判断标准，将使标准放得太宽，不利于电能质量的控制。

# 测量时间问题

- 工作组结论：
- (1) IEC和欧洲标准中10min的不平衡度平均值主要是针对公共电网，对日波动负荷采用一周和10min进行测量和统计将因为平均时间过长而无法反映实际情况，再加上95%概率取值使得该问题将更为突出。
- (2) 既然标准规定短时的电压不平衡属于本标准考核的内容，也就是持续3s以上时间的不平衡均要考虑，实际上采用1min的平均值和95%概率大值对日波动负荷的检测已经有所放宽。强行规定为10min与GB/T19862要求的3min也无法兼顾。

# 测量时间问题

- (3) GB/T 18039.4-2003《电磁兼容 环境 工厂低频传导骚扰的兼容水平》规定95%概率大值为10min的平均值，但最大值规定为瞬时值。本标准中将GB/T 18039.4—2003作为引用标准，且规定每一个不平衡度为3s的测量值，因此将最大值规定为“所有测量值中的最大值。”也就是每3s不平衡度的均方根值的最大值，其主要考虑是瞬时值在时间上不好界定，给测量的实现带来困难，采用上述方式处理实际上在一定程度上降低了对不平衡度的要求。但标准规定持续时间小于3s的不平衡不属于本标准的考虑范围，采用3s的均方根值最为测量值应该是合理的。
- (4) 既然GB/T19862—2005《电能质量监测设备通用要求》作为现行有效的国家标准，为避免不同标准间的冲突，且又与国际标准接轨，因此在测量时间间隔的规定上，对日波动负荷采用1min，而对公共连接点，规定1min的整数倍，具体时间由测量装置的数据保存时间确定。从而保证了与GB/T19862—2005的3min规定和EN50160、IEC标准的10min的规定相兼容。

# 标准的局限性分析

- 风电并网对电能质量的影响
- 牵引变电站换相连接对不平衡的影响
- 零序不平衡限值的确定问题

# 风电并网对电能质量的影响

- 风资源的不确定性和风电机组本身的运行特性使风电机组的输出功率呈波动性，可能会影响电网的电能质量，如电压偏差、电压波动和闪变、谐波等。
- 风力机组大多采用软并网方式，在启动时会产生较大的冲击电流。切出时风机会从额定出力状态下自动退出运行。这种冲击对配电网的影响十分明显。
- 风速的变化和风机的塔影效应都会导致风机出力的波动，而其波动正好处在能够产生电压闪变的频率范围之内（低于25Hz），因此风机在正常运行时也会给电网带来闪变问题。
- 风电场如果看做负的负荷，不具有可预测性；看做电源，可靠性没有保证。风力发电并网以后，如果电力系统的运行方式不相应地做出调整和优化，系统的动态响应能力将不足以跟踪风电功率的大幅度、高频率的波动，系统的电能质量和动态稳定性将受到显著影响。
- GB/T20320-2006/IEC61400-21:2001《风力发电机组 电能质量测量和评估方法》只规定了风力发电机组对电压波动、闪变和谐波的测量及评估方法。风力发电对三相电压不平衡的影响问题，由于缺乏实际数据和运行经验，在本标准修订中没有加以考虑，同时其测量和评估方法也没有深入研究。

# 牵引变电站换相连接对不平衡的影响

- 单相供电电铁普遍采用换相连接的供电方式。从相序上三个牵引变电站形成一个循环，如其牵引负荷相等，则对电力系统来说三相负荷平衡，负序电流不进入电力系统，而只在三个牵引站内流通。但由于各变电站的牵引负荷的随时变化，不可能达到理想的平衡状态，仍将在系统中产生一定的负序电流，不过在数值上有所减小。实践证明，采用牵引变换相连接方法，对减少电力系统中负序电流是有效的。
- 每个牵引站都是一个PCC结点，同时为节约资源投入，大量的牵引站还担负着其它用户的供电，由于本标准只是针对PCC制定，并没有考虑牵引站换相连接的有利因素。但考虑到牵引站换相连接所产生的效果，应进行对不同牵引站间整体的电能质量测量和评估方法进行研究，希望在下次修订时补充相应的内容。

# 零序不平衡限值的确定问题

- 不平衡电流会增加线损及变损，降低变压器的出力和影响变压器的安全运行，造成三相电压不平衡因而降低供电质量，甚至会影响计量而造成损失。
- 低压配电系统零序电流普遍存在，在城市民用电网及农用电网中由于大量单相负荷的存在，该现象尤为严重，除了尽量合理地分配负荷之外几乎没有什么行之有效的解决办法。正因为没有有效办法，反而不被重视，也很少有人进行研究。
- GB50052-95《供配电系统设计规范》第6.08条规定：“当选用Yyn0结线组别的三相变压器，其由单相不平衡负荷引起的电流不得超过低压绕组额定电流的25%，且其中一相的电流在满载时不得超过额定电流值。”该规定限制了Yyn0结线配变接用单相负荷的容量，也影响了变压器设备能力的充分利用。由于Yyn0结线组的配电变压器零序激磁阻抗较大，零线电流会造成较大的电压变化，形成比较严重的三相电压不平衡现象，不但影响单相用户，对三相用户的影响更大。
- 原国标没有对零序提出要求，目前没有足够的研究或测试结果支持该指标的确定，此外低压系统绝大多数为民用单相负荷，由于民用单相负荷量大面广，引起零序不平衡的原因具有极大的随即性，不仅各相之间难以平衡，指标难以控制，也更难以普遍检测和治理，因此本次修订时暂不给出具体限值要求，但该工作应该引起相关部门的重视并着手相应的研究工作，以期下次修订提供必要的依据。

■ 谢谢!!!