

CM-083-V01 在配电网中安装高效率的变压器

(第一版)

一、 来源、定义和适用条件

1. 来源

本方法学参考 UNFCCC-EB 的 CDM 项目方法学 AM0067: Methodology for installation of energy efficient transformers in a power distribution grid (第 02 版), 可在以下网址查询 <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/approved>。

2. 定义

本方法学采用以下定义:

配电网: 配电网是电力系统的一部分, 它主要是将电能输送至终端用户。其输电电压为中压 (通常低于 50 KV)。

负载损失: 负载损失或线圈损耗都是由变压器内的绕组电阻引起的。这些损耗包括变压器内初级和二级导体中的涡流损耗。

空载损失: 空载损失或磁芯损耗是由变压器铁心磁化或通电引起的。当一个变压器保持稳定的通电状态, 无论通过其的电流大小如何, 损耗都会发生。

地理范围: 地理范围是指包含项目活动区域的特许区域¹。

项目活动区域: 是在项目活动实施的地区内, 预先确定的一个区域。

性能水平: 在地理范围内所安装的变压器, 其经过认证的关于负载损失和空载损失的最大值。这些数值可以由政府部门指定的机构提供, 也可由独立的有资质的实体 (第三方) 提供。

变压器的类型: 本方法学涉及的变压器的类型由变压器的容量 (kVA) 和变压系数进行分类。

3. 适用性

本方法学适用于以下项目活动:

- (1) 在现有的配电网中安装新的高效变压器, 替代现有的低效变压器; 或
- (2) 在配电网新覆盖的地区安装新的高效变压器, 而在基准线情景下, 将安装效率较低的变压器。

¹ 特许区域是指电力公司拥有运营授权的地域。

以下条件适用于本方法学：

- (a) 仅申请由于空载损失²的减少带来的减排量；
- (b) 在配电网中安装变压器受国家或者地方法律控制，其中规定了最大空载损失和负载损失的允许值；
- (c) 项目活动中所安装的变压器在额定负荷下的负载损失，等于或者低于基准线情景下所安装变压器的负载损失；
- (d) 项目中所安装的变压器符合相关的国家/国际质量保证和质量控制标准。需要由一个经认证的机构/政府认可的机构按照相关的国家/国际标准进行测试证明。认证报告应该包括由测量得到的不同工况下的负载损失和空载损失以及相关的不确定性信息；
- (e) 项目参与方采取一系列措施，确保被替代的变压器不用于该配电网的其他地区或者其他配电网；
- (f) 提供一个确定本项目中所安装的变压器准确经纬度的详细清单；
- (g) 可以获得过去 3 年中所安装的变压器的总量和类型的相关信息。

另外，也应满足本方法学所涉及的参考工具中所包含适用性条件。

本方法学适用性的进一步解释：

注释1：

为了证明项目活动满足条件（c），项目业主需要证明对每一种类型的变压器，项目活动所安装变压器在额定负荷下的负载损失，等于或低于基准线情景下安装的变压器的负载损失。

$$\forall k, LL_{PR,k} \leq LL_{BL,k}$$

其中：

- $LL_{BL,k}$ = 基准线情景下本应安装的 k 类型变压器的负载损失（瓦）
- $LL_{PR,k}$ = 在项目活动期间安装的 k 类型变压器负载损失（瓦）
- k = 项目中安装的变压器类型

基准线情景下变压器的负载损失（ $LL_{BL,k}$ ），应在政府规定的损失值和可从商业途径获得的变压器制造商提供的损失值两者之中取最小值。

注释2：

变压器可以在计入期内的任意时间安装，但它们只能从下一个监测期开始申

² 本方法学不计入来自负载损失的减排量，因为变压器负载损失会随着负载变化而变化，因此，计入这样的减排量应需要连续监测项目活动的变压器的负载。

请减排量。项目参与方需要提供每个变压器的如下信息：

- 安装时间；
- 变压器的具体地点（经纬度信息和序列号）；
- 每一个变压器的技术参数，例如变压系数，容量等；
- 由制造商提供的负载损失和空载损失。

对于项目备案后安装的变压器，经国家主管部门备案的审定/核证机构须确保其符合相关的适用性条件。而且经国家主管部门备案的审定/核证机构须明确说明新的变压器数量，并且提供相关的评价报告。

二、 基准线方法学

4. 项目边界

项目边界是在计入期内实施变压器替代的项目活动所在的地理范围。边界包括项目活动所在地所属的电力系统（或电网）。

包含在项目边界内或排除在项目边界外的温室气体如下表所示。

表1 包含在项目边界内或排除在项目边界外的排放源

	排放源	气体类型	是否包含？	理由/说明
基准线	电网中的化石燃料电厂	CO ₂	是	如果安装了基准线情景的变压器，则需考虑化石燃料电厂产生的排放
		CH ₄	否	为简化考虑，予以排除
		N ₂ O	否	为简化考虑，予以排除
项目活动	电网中的化石燃料电厂	CO ₂	是	当拟议项目活动采用高效变压器时，需考虑化石燃料电厂产生的排放
		CH ₄	否	为简化考虑，予以排除
		N ₂ O	否	为简化考虑，予以排除

5. 基准线情景和额外性论证

应用EB最新版本的“基准线情景识别与额外性论证组合工具”识别基准线情景和论证项目额外性。须考虑以下所列（但不限于）变压器的基准线情景：

- (1) 在替代或安装变压器时，采用比项目活动中使用的变压器更加高效的变压器；
- (2) 继续现有实践。在项目实施区域内替代或安装变压器时，使用最常用的变压器；
- (3) 在替代或安装变压器时，采用法律法规规定的新型变压器；
- (4) 在替代或安装变压器时，采用与本项目相同的技术，但不作为自愿减排项目实施。

若删除那些不符合法律规定的其他可行的替代方案，则选择的范围将会缩小。

障碍分析可以包括：

- (1) 技术障碍，（不限于以下所列）：
 - 高效材料的生产需要应用先进技术，但这些材料在东道国的产能比较有限，从而导致高效变压器的生产受限。此外，高效变压器的生产技术在东道国未普遍使用；
 - 由于对技术不熟悉或者拟议项目是同类项目中的第一个，从而明显地阻碍拟议项目活动的实施；
 - 缺乏所安装的变压器类型在东道国当地自然条件和运行状况下相关技术性能的信息。
- (2) 投资障碍，（不限于以下所列）：
 - 项目业主的融资能力和其他投资机会的对比；
 - 对于创新项目缺少债券融资；
 - 缺少本国或者外国直接投资；
 - 补贴的存在阻碍了能效项目的实施；
 - 无力管理实施自愿减排项目所需的资源。
- (3) 普遍实践障碍，（不限于以下所列）：
 - 变压器的常规技术（比如硅钢片）被认为更可靠和稳定；
 - 当前的普遍商业实践是继续从一个特定的变压器制造商采购变压器，比如长

期合同。

本方法学仅适用于基准线情景是如下所列的前述基准线情景：

- 情景(2)：继续现有实践，即在项目区域内替代或安装变压器时，采用最常用的变压器；或
- 情景(3)：在替代或安装变压器时，采用法律法规规定的新型变压器。

6. 基准线排放³

在第 y 年的基准线排放 BE_y 由以下公式得出：

$$BE_y = \sum_{k=1}^n (NLL_{BL,k} \times n_{k,y}) \times MP \times (1 - Br) \times EF_{CO2,grid,y} \times 10^{-6} \quad (1)$$

其中：

BE_y	=	第 y 年的基准线排放量（tCO ₂ /年）
k	=	指数 k 代表项目活动安装的变压器类型
$NLL_{BL,k}$	=	在基准线情景下到第 $y-1$ 年年底本应安装的第 k 种类型的变压器的空载损失率。基准线下每种类型变压器的空载损失率根据公式(2)分别确定。
MP	=	监测期的时间长度（小时）
Br	=	每个监测期的停电时间比例（%）
$EF_{CO2,grid,y}$	=	项目活动所在电网第 y 年的电网排放因子。此因子按EB的“电力系统排放因子计算工具”中的组合边际计算。
$n_{k,y}$	=	到第 $y-1$ 年年底安装的第 k 种类型的变压器的数量

估算基准线空载损失的程序（ $NLL_{BL,k}$ ）

(1) 基准线情景2： $NLL_{BL,k}$ 根据如下步骤计算：

$$NLL_{BL,k} = \min \{ NLL_{reg,k}, NLL_{AVG,k} \} \quad (2)$$

其中：

$NLL_{reg,k}$	=	国家规定的第 k 种类型的变压器的空载损失率（瓦）
$NLL_{AVG,k}$	=	第 k 种类型所有变压器中，空载损失（由厂商提供）位居前20%的变压器的空载损失平均值 ^{4 5} （瓦）。

$NLL_{AVG,k}$ 的计算步骤：

³ 方法学附件1中有关于如何估算基准线排放的案例。

⁴ 是最低空载损失变压器制造商的位居前20%的空载损失的平均值

⁵ 如果在项目活动前最近五年所安装的是一种特定类型的变压器，之前不曾安装在配电网内或者不是在项目活动的地理范围内制造的，则不能使用这个程序评估这种变压器的基准线空载损失。此时，需要对方法学提出修改要求。

- (i) 列出在项目活动实施前最近五年间在其地理区域内安装的 k 类型变压器的数量(N);
 - (ii) 根据制造厂商的产品说明书确定变压器的空载损失, 然后按照空载损失从低到高的顺序排列;
 - (iii) 取(ii)的序列中位居前20% ($0.2 \times N$) 变压器的空载损失的平均值。
- (2) 基准线情景3: 根据国家法规确定基准线情景的变压器空载损失 ($NLL_{BL,k}$)。

7. 项目排放

第 y 年的项目排放 PE_y 根据下面公式得出:

$$PE_y = \sum_{k=1}^n \left[(1 + UNC) \times NLL_{PR,k,y} \times n_k \times MP \times (1 - Br) \times EF_{CO_2,grid,y} \times 10^{-6} \right] \quad (3)$$

其中:

- PE_y = 第 y 年的项目排放量 (tCO₂/年)
- k = 指标 k 代表第 $y-1$ 年年底在包含项目活动区域的地理范围内所安装的变压器类型
- $NLL_{PR,k,y}$ = 项目活动在第 $y-1$ 年年底安装的第 k 种高效变压器的空载损失率 (瓦)
- MP = 监测期的时间长度 (小时)
- Br = 每个监测期的停电时间比例 (%)
- $EF_{CO_2,grid,y}$ = 项目活动所在电网第 y 年的电网排放因子。此因子按“电力系统排放因子计算工具”中的组合边际计算。
- UNC = (认证机构出具的) 认证报告中给出的变压器空载损失的最大不确定性允许值
- n_k = 到第 $y-1$ 年年底项目活动安装的第 k 种类型的变压器的数量

8. 泄漏

如果采取了一系列措施确保被替换的变压器不会在别处使用, 则项目活动不用考虑泄漏。为了证明被替换的变压器没有再次被使用, 项目业主必须提供变压器报废的书面证明。经国家主管部门备案的审定/核证机构在核查时必须确定被替换的变压器没有被扩散到其他地方。

9. 减排量

减排量计算公式如下:

$$ER_y = BE_y - PE_y \quad (4)$$

其中:

ER_y = 第 y 年的减排量（吨 CO_2 ）
 BE_y = 第 y 年的基准线排放量（吨 tCO_2 ）
 PE_y = 第 y 年的项目活动排放量（吨 tCO_2 ）

10. 不需要监测的数据和参数

除了如下表格中列出的参数，还包括本方法学所用到的工具中规定的不需监测的数据和参数。

下列各事项需要符合适用性条件：

参数	$LL_{BL,K}$
数据单位	W
描述	基准线情景中本应安装的 k 类型变压器的负载损失率
数据来源	有两种信息来源： 1. 地方或国家对变压器性能水平的法律规定 2. 制造商提供的信息
测量程序 (如果有的话)	基准线情景下的变压器负载损失，应该在政府规定的损失值和从商业途径可获得的变压器制造商提供的损失值两者中取最小值。
其他意见	-

参数	$LL_{reg,k}$
数据单位	W
描述	国家法律规定的 k 类型变压器的空载损失
数据来源	地方、国家对变压器性能水平的法律规定
测量程序 (如果有的话)	-
其他意见	只能采用最新的规定

参数	$NLL_{AVG,K}$
数据单位	W
描述	在项目活动的地理范围内安装的所有第 <i>k</i> 种类型变压器中（在项目活动实施前最近五年中），性能位居前20%的变压器的空载损失（由厂商提供）的平均值
数据来源	在安装时制造商提供的性能参数
测量程序 （如果有的话）	-
其他意见	-

三、 监测方法学

11. 一般监测规则

监测方法学要求监测如下符合本方法学要求的参数：

- 项目活动中安装的每一个高效变压器的实际安装类型、容量、变压系数和负载损失率（W）；
- 过去5年所安装的变压器类型的历史数据。

本监测方法学要求监测以下参数，用于计算项目的排放量：

- 项目活动中安装的高效变压器的负载和空载损失率（W）；
- 项目活动中安装的每个高效变压器的相关参数（安装数据、地点、技术数据）；
- 电网的二氧化碳排放因子（tCO₂/MWh）；
- 电网在y年的年度停电率（%）；
- 项目活动安装的变压器数量和运行的变压器的数量（即考虑安装以后拆除的高效变压器数量）。

作为监测的一部分，应为所有收集的数据建立电子档案，并且在计入期结束后至少再保管2年。如果没有特殊说明，则应监测以下所有表格列出的数据。应根据相关的工业标准，和采用经校准的测量设备进行所有的测量活动。

另外，还应遵循方法学所采用的工具中提到的监测规定。

12. 监测的数据和参数

数据/参数	$EF_{CO_2,grid,y}$
数据单位：	tCO ₂ /MWh
描述：	电网温室气体排放因子
数据来源：	官方统计或者从当地电力公司获得的数据
测量程序 （如果有的话）：	采用“电力系统排放因子计算工具”中指定的组合边际方法计算
监测频率：	一年一次

质量保证和质量控制程序:	-
其他意见:	-

数据/参数:	<i>MP</i>
数据单位:	小时
描述:	每个监测周期的时间长度
数据来源:	官方统计或者从当地电力公司获得的数据
测量程序 (如果有的话):	-
监测频率:	根据项目设计文件中指定的监测频率进行
质量保证和质量控制程序:	-
其他意见:	项目参与方必须定义周期的长度 (如果监测周期是一年, 那么 MP=8,760)

数据/参数:	<i>Br</i>
数据单位:	%
描述:	在相应的监测周期的停电率
数据来源:	官方统计或者从当地电力公司获得的数据
测量程序 (如果有的话):	-

监测频率:	一年一次
质量保证和质量控制程序:	停电数据收集工作应该作为正常业务运营的一部分。数据必须和其他公司的内部报告交叉校核。
其他意见:	-

数据/参数:	k
数据单位:	变压器类型（按容量和变压系数进行分类）
描述:	指标 k 代表在项目活动中安装的变压器的类型
数据来源:	由高效变压器安装施工方提供的安装记录
测量程序 （如果有的话）:	记录并报告
监测频率:	在项目边界内每一个变压器的安装和更换都需要监测
质量保证和质量控制程序:	安装数据的收集是日常业务运营的一部分。数据必须和其他公司的内部报告进行交叉校核。
其他意见:	

数据/参数:	$n_{k,y}$
数据单位:	数量
描述:	项目活动在第“ $y-1$ ”年年底累积安装的 k 类型高效变压器的数量
数据来源:	由高效变压器安装施工方提供的安装记录
测量程序 （如果有的话）:	记录和报告

监测频率:	每年一次
质量保证和质量控制程序:	安装数据的收集是日常业务运营的一部分。数据必须和其他公司的内部报告进行交叉校核。
其他意见:	-

数据/参数:	$NLL_{PR,k,y}$
数据单位:	W
描述:	项目活动中在第“y-1”年年底安装的k类型的高效变压器的空载损失率
数据来源:	出厂预检时制造厂商的性能测试报告
测量程序 (如果有的话):	根据当地、国家或国际标准
监测频率:	在每一次变压器安装时进行测量
质量保证和质量控制程序:	厂商的性能测试报告应该由厂商提交给认证机构进行验证
其他意见:	必须由经授权的认证机构提供验证报告

数据/参数:	$LL_{PR,i}$
数据单位:	W
描述:	在项目活动中安装的高效变压器的负载损失率
数据来源:	出厂预检时厂商的性能测试报告
测量程序 (如果有的话):	出厂预检时测量的额定电流下的负载损失值

监测频率:	在每一次变压器安装时进行监测
质量保证和质量控制程序:	厂商性能检测报告应该由厂商提交给认证机构验证进行验证
其他意见:	必须由经授权的认证机构提供验证报告

数据/参数:	被替换的变压器数量
数据单位:	无量纲
描述:	在项目活动中被替换的变压器数量的历史记录。记录须包含如何确保变压器不会用在本电网的其他部分或者其他电网的信息。
数据来源:	由安装施工方提供的变压器拆除及安装记录。电力公司提供的变压器处置记录。
测量程序 (如果有的话):	-
监测频率:	每年一次
质量保证和质量控制程序:	-
其他意见:	-

附件1 估算基准线排放的案例

变压器类型	规定的空载损失	项目活动实施前最近五年安装变压器的数量 (y=0)			空载损失率 (NLL _k) (W)		
		东道国现有的变压器			东道国现有的变压器		
		制造商A	制造商B	制造商C	制造商A	制造商B	制造商C
1	55	10	30	20	50	60	80
2	80	10	15	0	75	80	95
3	95	0	0	20	90	100	110
4	98	0	20	50	100	120	125

估算 $NLL_{BL,k}$:

$$NLL_{BL,k} = \min \{ NLL_{reg,k}, NLL_{AVG,k} \}$$

(a) 估算类型1变压器的空载损失率 (NLL)

$$NLL_{reg,1} = 55$$

(b) 估算位居前 20%的变压器的空载损失:

下面表格给出类型1变压器按照空载损失值由小到大的排列:

制造商	类型1变压器空载损失	安装变压器数量	占变压器总数的比例
A	50	10	17% (10/60)
B	60	30	50% (30/60)
C	80	20	33% (20/60)

在上面表格中, 空载损失最小的变压器仅占总数的17%。这意味着剩下的3%数量须由空载损失次低的制造商 (制造商B) 生产的变压器递补 (以便计算出位居前20%的空载损失的平均值)。

因此，最终的表格给出了空载损失位居总数的前20%的类型1变压器的数量，其值为12。

制造商	类型1变压器空载损失	变压器数量	占变压器总数的比例
A	50	10	17%
B	60	2	3%

类型1变压器空载损失位居前20%的平均值（12个），即 $NLL_{AVG,1}$ 可计算为：

$$NLL_{AVG,1} = \frac{10 \times 50 + 2 \times 60}{12} = 51.67 \text{ W (空载损失性能居前20\% 的平均值)}$$

因此，

$$NLL_{BL,1} = \text{Min}\{\text{性能居前20\%, 国家规定}\} = \{51.67, 55\} = 51.67 \text{ W}$$

基准线情景中每一类变压器的空载损失汇总：

不同类型变压器的空载损失		数值	参考
$NLL_{BL,1}$	=	51.67 W	位居前的20%
$NLL_{BL,2}$	=	75 W	位居前的20%
$NLL_{BL,3}$	=	95 W	来自法规。 位居前20%的平均值是110, 因为不安装空载损失90 W和100 W的变压器。
$NLL_{BL,4}$	=	98 W	来自法规。 位居前20%的空载损失值是120。

变压器类型	第“y-1”年安装的变压器的总数
1	10
2	12

3	20
4	12

基准线排放根据下述公式计算：

$$BE_y = \sum_{k=1}^n (NLL_{BL,k} \times n_{k,y-1}) \times MP \times (1 - Br) \times EF_{CO_2,grid,y} \times 10^{-6}$$

$$= (51.67 \times 10 + 75 \times 12 + 95 \times 20 + 98 \times 10) \times MP \times (1 - Br_y) \times EF_{CO_2,grid,y} \times 10^{-6}$$

$$= 4296.7 \times MP \times (1 - Br_y) \times EF_{CO_2,grid,y} \times 10^{-6}$$