

## Meetmethode voor het geluid van elektrische transformatoren

*De volgende document beschrijft de meet-methodologie voor geluidsmetingen van (elektrische) transformatoren. Deze methode is goedgekeurde door het BIM.*

### 1. DEFINITIES

1°) Geluidsdrumniveau  $L_p$  in dB :

$$L_p = 10 * \log\left(\frac{p}{p_0}\right)^2, \text{ waar}$$

- p effectieve geluidsdruk, in pascal,
- $p_0$  : referentiegeluidsdruk (20 $\mu$ Pa) ;

2°) "A"-gewogen geluidsdrumniveau  $L_{pA}$  in dB(A) :

$$L_{pA} = 10 * \log\left(\frac{p_A}{p_0}\right)^2 \quad L_{pA} \text{ in dB(A)} ;$$

3°) Specifiek geluid  $L_{part}$  in dB(A): Bestanddeel van het totale geluid dat specifiek kan worden geïdentificeerd door akoestische middelen en dat kan worden toegeschreven aan een specifieke bron;

4°) Specifiek geluid  $L_{sp}$  in dB(A): Specifiek geluidsniveau dat wordt gecorrigeerd door de correctiefactor om rekening te houden met een eventueel tonaal karakter van het lawaai;

5°) Omgevingsgeluid  $L_f$  in dB(A): Equivalent geluidsdrumniveau dat wordt gemeten wanneer de omstreken geluidsbronnen stilliggen;

6°) Totaal geluid  $L_{tot}$  in dB(A): Equivalent geluidsdrumniveau dat wordt gemeten wanneer de omstreken geluidsbronnen in werking zijn en dat het niveau  $L_f$  en het niveau  $L_{sp}$  omvat;

7°) Zuivere frequentie van de transformator  $f_i^{f_0}$  : Frequenties gegenereerd door een transformator : 100 Hz; 200 Hz; 300 Hz; 400 Hz; 500 Hz; 600 Hz; 700 Hz; 800 Hz; 900 Hz;

8°) Overschrijding  $E_{f_i^{f_0}}$  : Tijdelijke verandering van het geluidsdrumniveau of verandering van het geluidsspectrum veroorzaakt door een specifiek geluid dat kan worden waargenomen door het menselijk oor;

9°) FFT (Fast Fourier Transform): snel algoritme voor berekening van de frequentie van een signaal, gebaseerd op het principe van de ontbinding van een signaal in een tijd-discrete Fourier-reeks (DFT).



**10°) Afknotting:** rechthoekig tijdvenster

**11°) Hanningvenster:** weging van de afknotting door de volgende coëfficiënten:

$$\begin{cases} w(t) = \frac{1}{2} \left[ 1 + \cos \frac{2\pi t}{\theta} \right]; & |t| \leq \frac{\theta}{2} \\ w(t) = 0; & |t| \geq \frac{\theta}{2} \end{cases}$$

$$W(f) = \frac{\theta}{2} \frac{\sin \pi f \theta}{\pi f \theta} + \frac{\theta}{4} \left[ \frac{\sin \pi \left( f - \frac{1}{\theta} \right) \theta}{\pi \left( f - \frac{1}{\theta} \right) \theta} + \frac{\sin \pi \left( f + \frac{1}{\theta} \right) \theta}{\pi \left( f + \frac{1}{\theta} \right) \theta} \right]$$

De wegingscoëfficiënten worden gegeven door:

$$w[k] = \begin{cases} 0,5 - 0,5 \cos \frac{2\pi k}{N}; & k \in [0, N-1] \\ = 0 & \text{elders} \end{cases}$$

## 2. DE METING

De metingen worden uitgevoerd op smalle band volgens de FFT-methode, met een  $\Delta f$ -berekening gelijk aan 2.5 Hz (genoteerd: FFT<sub>2.5</sub>) en met gebruik van het Hanningvenster.

De spectrumanalyse moet de frequenties van 0 tot 1000 Hz dekken.

## 3. GELUIDSPARAMETERS DIE BEPAALD MOETEN WORDEN VOOR DE BEREKENING VAN HET SPECIFIEKE GELUIDSNIVEAU VAN DE TRANSFORMATOR.

### 3.1. De frequentieoverschrijding

De overschrijding van de frequenties wordt berekend op basis van het niet-gewogen FFT<sub>2.5</sub>-spectrum.

De frequentieoverschrijding  $E_{f_i^{f_0}}$  die op de zuivere frequentie  $f_i^{f_0}$  ligt, wordt berekend als het rekenkundig verschil tussen het geluidsniveau van het signaal S dat wordt gemeten op de zuivere frequentie  $f_i^{f_0}$ , namelijk S ( $f_i^{f_0}$ ), en het achtergrondgeluidsniveau F geïnterpoleerd op  $f_i^{f_0}$ , namelijk F( $f_i^{f_0}$ ); de interpolatie bestaat erin dat het lineaire gemiddelde wordt genomen van de stralen gelegen op  $\pm 3 \Delta f$ -**resolutie** van de zuivere frequentie  $f_i^{f_0}$ .

Een correctieterm van 1.76 dB door het gebruik van het Hanningvenster moet in aanmerking worden genomen gezien de energie-impact van dit venster.

We hebben dus:



$$E_{f_i^{f_0}} = S(f_i^{f_0}) - F(f_i^{f_0}) + 1.76$$

### 3.2. Achtergrondgeluid correctie

Een correctie  $C_{f_i^{f_0}}^{BF}$  van het geluidsniveau van het signaal dat wordt gemeten op de zuivere frequenties van de transformator, wordt bepaald volgens de formules die in het hieronder tabel worden gegeven, afhankelijk van de frequentieoverschrijding  $E_{f_i^{f_0}}$  die in punt 3.1 is gedefinieerd.

Overschrijding	Correctie
$E_{f_i^{f_0}}$	$C_{f_i^{f_0}}^{BF}$
$E_{f_i^{f_0}} > 10$	$C_{f_i^{f_0}}^{BF} = 0$
$3 < E_{f_i^{f_0}} < 10$	$C_{f_i^{f_0}}^{BF} = 10 * \log \left[ 1 - 10^{\left( \frac{-E_{f_i^{f_0}}}{10} \right)} \right]$



#### 4. SPECIFIEKE GELUID BEPALING VAN DE TRANSFORMATOREN

##### 4.1. Conversie van smalle band in derde octaaf

De op smalle band vastgestelde geluidsniveaus worden geconverteerd in 1/3-octaaftanden volgens de vastgestelde procedure in de onderstaande tabel.

Vaststelling van het 1/3-octaafspectrum

1/3-octaaftand (Hz)	Centrale frequentie i (Hz)	Geluidsniveau in dBlin (niet-gewogen)
89.1-112	100	$Lp_{part,100Hz} = Lp_{f100} + C_{f100}^{BF}$
112-141	125	////
141-178	160	////
178-224	200	$Lp_{part,200Hz} = Lp_{f200} + C_{f200}^{BF}$
224-282	250	
282-355	320	$Lp_{part,320Hz} = Lp_{f300} + C_{f300}^{BF}$
355-447	400	$Lp_{part,400Hz} = Lp_{f400} + C_{f400}^{BF}$
447-562	500	$Lp_{part,500Hz} = Lp_{f500} + C_{f500}^{BF}$
562-708	640	$Lp_{part,640Hz} = 10 * \log \left( 10^{\frac{(Lp_{f600} + C_{f600}^{BF})}{10}} + 10^{\frac{(Lp_{f700} + C_{f700}^{BF})}{10}} \right)$
708-891	800	$Lp_{part,800Hz} = Lp_{f800} + C_{f800}^{BF}$
891-1122	1000	$Lp_{part,1000Hz} = 10 * \log \left( 10^{\frac{(Lp_{f900} + C_{f900}^{BF})}{10}} + 10^{\frac{(Lp_{f1000} + C_{f1000}^{BF})}{10}} \right)$

##### 4.2. “A”-weging

Op elke band van het 1/3-octaafspectrum zoals bepaald in punt 4.1, wordt de genormaliseerde "A"-weging, zoals hieronder gedefinieerd, toegepast.



1/3-octaaftand (Hz)	Centrale frequentie i (Hz)	A <sub>i</sub> -filter (Hz)
89.1-112	100	-19.1
112-141	125	-16.1
141-178	160	-13.4
178-224	200	-10.9
224-282	250	-8.6
282-355	320	-6.6
355-447	400	-4.8
447-562	500	-3.2
562-708	640	-1.9
708-891	800	-0.8
891-1122	1000	0

#### 4.3. Het specifieke geluidsniveau van de transformator

Het specifieke geluidsniveau van de transformator wordt verkregen door de energiesom te maken van de niveaus van het gewogen frequentiespecifieke geluid, volgens de volgende verhouding:

$$Lp_{part} = 10 \log \left( \sum_i 10^{\frac{(Lp_{part,iHz} + A_{iHz})}{10}} \right)$$

Waarbij, ter herhaling,  $A_{iHz}$  de waarde is van de A filter die op punt 4.2. gedefinieerd is, voor de 1/3-octaaftand die gecentreerd is op frequentie i, waarbij i tussen 100 en 1000 Hz ligt per 1/3-octaaftand.

#### 4.4. De tonale overschrijding en de toeslag voor tonale overschrijding

De tonale overschrijding wordt berekend op basis van het 1/3 octaaf niet-gewogen frequentiespectrum dat is vastgesteld in punt 4.1.

De tonale overschrijding wordt bepaald als zijnde het kleinste rekenkundige verschil tussen het niveau  $Lp$  van een overschrijdende band van 1/3 octaaf niet-gewogen en het niveau  $Lp$  van de aanliggende frequentiebanden:

$$E_{iHz} = \min \left[ \left( Lp_{iHz} - Lp_{(i-1)Hz} \right), \left( Lp_{iHz} - Lp_{(i+1)Hz} \right) \right]$$

$$\Leftrightarrow Lp_{iHz} > Lp_{(i-1)Hz}, Lp_{(i+1)Hz}$$

waarbij



$E_{iHz}$  overschrijding in de 1/3 octaaf frequentieband "i";

$Lp_{iHz}$  : geluidsdrumniveau in de frequentieband i.

Een correctiefactor  $K$  wordt toegepast voor de tonale overschrijding  $E_{iHz} \max$ , m.a.w. voor de tonale overschrijding die de hoogste is van de tonale overschrijdingen  $E_{iHz}$  die worden gedetecteerd op het gehele spectrum.

De correctiefactoren afhankelijk van de overschrijding worden voorgesteld hieronder:

Tonale overschrijding in dB	Correctiefactor K in dB(A)
$E \leq 3$	0
$3 < E \leq 6$	2
$6 < E \leq 9$	3
$9 < E \leq 12$	4
$12 < E \leq 15$	5
$15 < E$	6

#### 4.5. Specifiek niveau van de transformator

Het specifieke niveau van de transformator wordt vastgesteld volgens de volgende verhouding:

$$Lp_{sp} = Lp_{part} + K$$

waarbij  $Lp_{part}$  het specifieke geluidsniveau is van de transformator, gedefinieerd in punt 4.3.



## 5. **KENMERKEN VAN DE MEETTOESTELLEN**

De meetapparatuur moet aan de bepalingen van de norm CEI 651 van klasse 1 voldoen. De integrerende geluidsmeters moeten van categorie B zijn, zoals nader bepaald in de norm CEI 804.

De metingen kunnen met digitale of gelijkwaardige audiofonische opnamen worden aangevuld, voorzover ze ten minste één ijksignaal bij het begin van de opname bevatten en de toestellen en hun toebehoren door een hiertoe bevoegde agent worden geplaatst.

Het toestel voor audiofonische opnamen vertoont ten minste volgende karakteristieken:

- reëel dynamisch gamma: min. 60 dB;
- amplitudevervorming: lager dan 0,5 %;
- minimale lopende band: van 20 tot 12 000 Hz;
- De bemonsteringsfrequentie bedraagt minstens 44 KHz voor digitale opnamen.