



# LUND UNIVERSITY

## Forstå flimmer

### en guide til IEC 61547 for belysningsbranchen

Lindén, Johannes; Dam-Hansen, Carsten

2023

#### *Document Version:*

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

#### *Citation for published version (APA):*

Lindén, J., & Dam-Hansen, C. (2023). *Forstå flimmer: en guide til IEC 61547 for belysningsbranchen*.

#### *Total number of authors:*

2

#### **General rights**

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

#### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

A glowing yellow spiral light fixture, possibly a decorative lamp or a piece of art, is the central focus of the image. It is set against a dark, textured background that appears to be a wall or a large object. The light fixture is composed of many thin, parallel lines that form a spiral shape, and it is illuminated from within, creating a warm, golden glow. The background is dark and has a subtle, repeating pattern of light and shadow, giving it a sense of depth and texture. The overall composition is balanced and visually striking.

# Forstå flimmer

En guide til IEC 61547 for belysningsbranchen

JOHANNES LINDÉN | LTH, LUNDS UNIVERSITET

CARSTEN DAM-HANSEN | DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET



# Indhold

---

Introduktion.....	3
Hvad er TLM? .....	4
Hvordan måler man TLM?.....	6
TLM og helbred.....	7
P <sub>st</sub> og IEC 61547 .....	8
Vidensgrundlaget.....	11
Termer, definitioner og symboler .....	12
Konklusioner.....	13
Referenser.....	15
Tak.....	14

# Introduktion

---

Flimmer, eller nærmere bestemt tidlig lys modulation (TLM), er igen blevet et problem i forbindelse med indførelse af LED-basret belysningsteknologi. TLM, dvs. variationer i lysintensiteten over tid, kan have negativ effekt på menneskers sundhed, og forårsage irritation, hovedpine, overanstrengelse af øjne og migræne. Udover denne unødvendige lidelse, som flimmer kan bevirke hos enkeltpersoner, skaber de negative konsekvenser en hindring for bred og hurtig indføring af den nye LED-teknologi og dermed også en hindring for potentielle energibesparelser.

EU's nye ecodesign forordning for lyskilder og styreanordninger trådte i kraft i september 2021. Denne inkluderer for første gang (i Europa) lovbestemte grænseværdier for TLM parametre for lyskilder og henviser til nye standarder for måling af disse. Dette skaber et akut behov for at udbrede viden om TLM, og information om hvordan man hurtigt, enkelt og korrekt måler dem. De standarder der beskriver målingerne er dog teknisk komplicerede og retter sig ikke mod branchefolk.

Denne vejledning giver en introduktion til TLM, hvad det er, og hvordan det måles. Effekterne af TLM på sundhed sammenfattes, og der gøres rede for vidensniveauet inden for dette forskningsområde. En større del af denne vejledning er afsat til flimmer måleparameteren short-term flicker indicator,  $P_{st}$ , og den tekniske rapport som beskriver den, TR IEC 61547-1:2020<sup>1</sup> (herefter kaldet IEC 61547, hvis intet andet angives). Denne rapport beskriver det udstyr, metode og de foranstaltninger, der er nødvendige for at vurdere flimmer. Det er dog teknisk kompliceret og kan være meget vanskeligt at fortolke for ikke-teknisk kyndige læsere. For en mere detaljeret undersøgelse og anbefalede ændringer til IEC 61547, se "Flicker explained – Interpretation of the Technical Report IEC 61547" som sammen med denne vejledning er resultatet af projektet Flicker Explained. For en generel vejledning om TLM-målinger, se publikationen CIE TN 012:2012<sup>2</sup> udgivet af den Internationale Belysningskommission, CIE.

Formålet med denne guide er at øge kendskabet til flimmer i særdeleshed og TLM generelt med udgangspunkt i den tekniske rapport IEC 61547. Dette arbejde har til formål at bygge bro mellem tekniske standarder og rapporter på den ene side og belysningsindustrien på den anden side. Målet er at sikre overholdelse af EU's nye ecodesign forordning, som igen vil reducere sundhedsproblemer forårsaget af TLM og støtte en bæredygtig overgang til LED-teknologi.

Publiceringen af guiden er støttet af Energimyndigheden og er et samarbejde imellem Lunds Universitet og DTU (Danmarks Tekniske Universitet).

# Hvad er TLM?

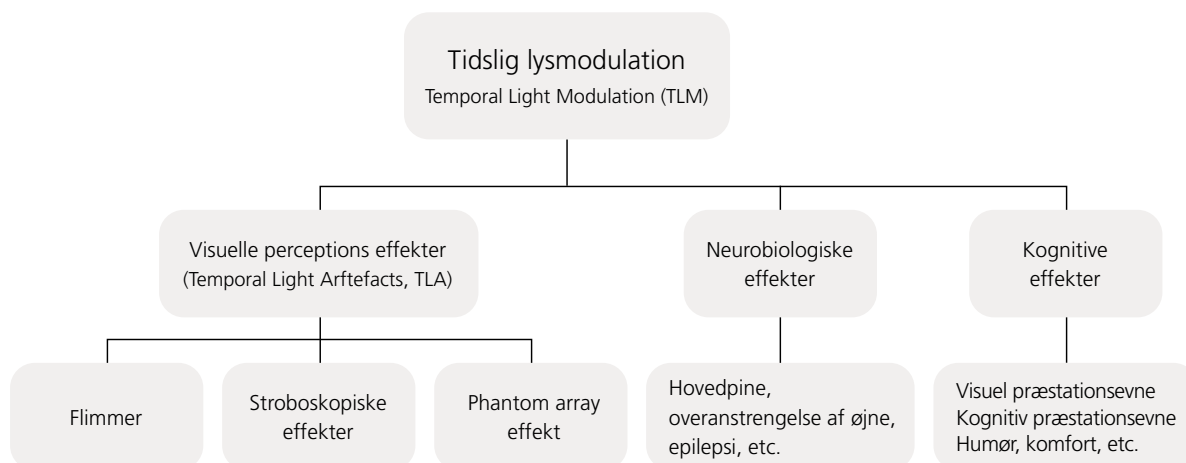
Tidslig lysmodulering (TLM) indebærer at lysintensiteten varierer (modulerer) over tid. TLM var et problem i forbindelse med lysstofrør under en periode i slutningen af 1900-tallet hvor magnetiske ballast blev anvendt. Men dette blev løst igennem indførelse af elektroniske højfrekvente ballast. Anledningen til at TLM nu er genopstået som et problem er indførelse af ny LED baseret belysnings teknologi.

Først nogle kommentarer om ordet *flimre*. I daglig tale anvender vi det til at beskrive hvad en lyskilde eller lampe *gør* – "lampen flimrer". For at være korrekt, og baseret på hvordan ordet flimre defineres, er denne

» **Flimre er ikke noget en lampe gør – det er noget man ser**

anvendelse forkert. Flimre er ikke noget en lampe *gør*. Flimrer er noget *man ser*, noget man opfatter. Det lampen *gør* er at den giver anledning til *tidslig lysmodulation*, eller TLM (Temporal Light Modulation), dvs. lys som varierer/moduleres over tid.

Figur 1 giver en oversigt over forskellige effekter som forårsages af TLM.



Figur 1: Oversigt over tidslig lysmodulation og dets effekter.

TLM kan give anledning til flere forskellige observerbare effekter. Tre sådanne effekter er definerede:

### 1. Flimmer

Hvis du ser på en lampe og ser at lysintensiteten varierer - så ser du flimmer. Men dette gælder kun, så længe du ikke bevæger dine øjne, og lyskilden heller ikke bevæger sig. I Tekniske termer defineres flimmer som "perception of visual unsteadiness induced by a light stimulus the luminance or spectral distribution of which fluctuates with time, for a static observer in a static environment". Flimmer kan derfor kun observeres så længe modulationsfrekvensen er under ca. 90 Hz. Ved højere frekvenser kan vores øjne ikke længere opfatte disse tidlige variationer. Som det fremgår af definitionen er flimmer et subjektivt snarere end et objektivt fænomen.

### 2. Stroboskopiske effekter

Hvis der er bevægelse involveret, f.eks. at lyskilden bevæger sig, eller hvis noget objekt bevæger sig i lyset (f.eks. en hånd eller en blyant), og man ser mønstre, så kaldes de observerede effekter for stroboskopiske effekter (se Figur 2).

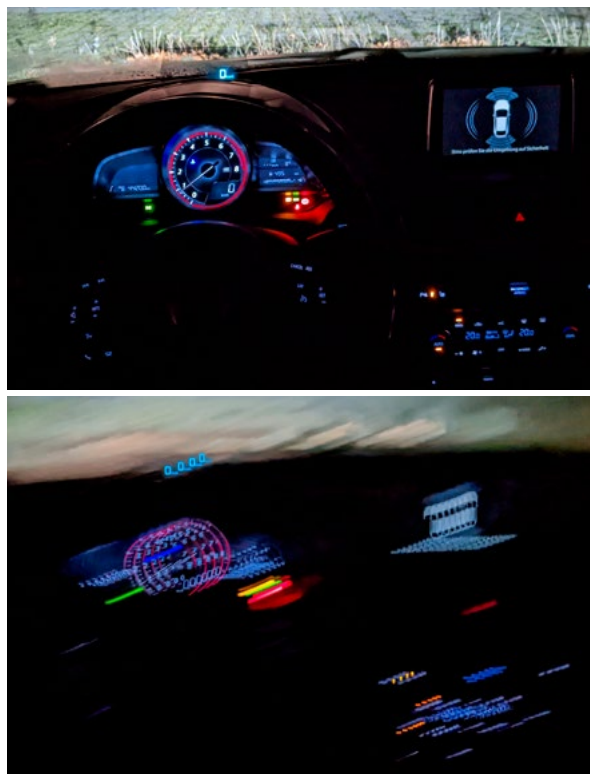


Figur 2: Illustration af stroboskopiske effekter.  
Foto: J.Rydeman

### 3. Phantom array effects

Og endelig er der en tredje effekt, som forekommer med hurtige øjenbevægelser (eng.: saccades). Hvis du ser mønstre i det korte øjeblik, du bevæger øjnene, ser du Phantom arrays (se figur 3).

Både stroboskopiske effekter og Phantom array effects er synlige ved meget højere frekvenser end 90 Hz. Stroboskopiske effekter er synlige ved frekvenser op til 2000 Hz og Phantom arrays ved frekvenser så høje som 11 000 Hz<sup>3</sup>.



Figur 3: Illustration af phantom array effect. Foto: J.Ledig

Disse tre ovenfor nævnte effekter – flimmer, stroboskopiske effekter og Phantom array effects – er eksempler på tidlige lysartefakter eller TLA's (Temporal Light Artefacts) som forårsages af en tidlig lysmodulation.

Som det fremgår af Figur 1 ovenfor kan TLM have andre effekter end direkte visuelle effekter. Der er også blevet vist at TLM kan forårsage ikke-visuelle effekter. Dette beskrives nærmere i afsnittet *TLM og helbred*.

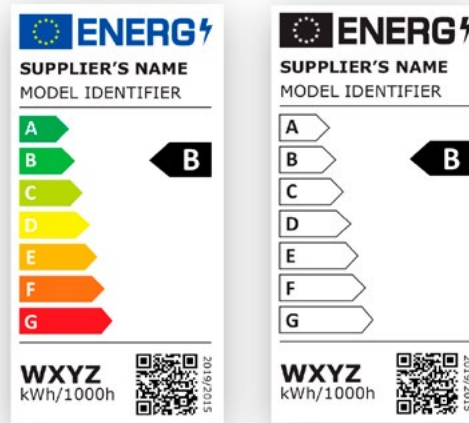
Ud over disse effekter som TLM kan have på mennesker, har det vist sig at også have negative effekter på dyr, f.eks. høns<sup>4</sup>, samt billedkvaliteten forbundet med fotografering og videooptagelse. Disse effekter beskrives ikke nærmere i denne tekst.

# Hvordan måler man TLM?

I gennem længere tid har det været muligt at karakterisere TLM igennem måling af parametre som Percent Flicker (også kaldet Modulation Depth) og Flicker Index. Disse måleparametre blev dog udviklet på en tid hvor lyskilder, hvis de overhovedet var modulerede, var modulerede ved den dobbelte netspændingsfrekvens på 100 Hz, eller 120 Hz i Nordamerika (f.eks. lysstofrør og glødelamper). Med andre ord tager disse parametre ikke hensyn til frekvensen og er dermed uegnede til måling på lyskilder, der modulerer ved andre frekvenser.

I øjeblikket findes der to målemetoder som er blevet standard for at måle TLM: short-term flicker indicator med symbolet  $P_{st}^{LM}$  for flimmer (op til og med 90 Hz) og Stroboscopic effect Visibility Measure (forkortes SVM) med symbolet  $M_{VS}$  for stroboskopiske effekter (op til og med 2000 Hz). Bemærk at symbolet  $M_{VS}$  for Stroboscopic effect Visibility Measure ofte forveksles med forkortelsen af samme: SVM. Begge mål er designet således, at en måleværdi på 1 betyder, at effekterne er synlige i 50% af tilfældene for en standardobservatør. En højere værdi indebærer en øget sandsynlighed. For nuværende findes der ingen måleparametre for Phantom arrays.

I september 2021 opdaterede EU sine ecodesign forordninger og inkluderede for første gang bestemmelser og grænseværdier for TLM for belysningsprodukter. De angiver at  $P_{st}^{LM}$  ikke må overstige 1 og  $M_{VS}$  ikke må overstige 0,9 (som bliver sænket til 0,4 i september 2024). Disse værdier gælder for "full load", dvs. i ikke-dæmpet tilstand.



Figur 4: Eksempel på det nye energimærke i EU.

I forbindelse med den opdaterede ecodesign forordning indførte EU et nyt energimærke, og dette mærke indeholder en QR-kode, jf. Figur 4. Hvis denne kode scannes med mobilkameraet, dirigeres man till yderligere information om produktet i EPREL-databasen (European Registry for Energy Labelling). For lyskilder inkluderer dette værdier for "Flicker metric" ( $P_{st}^{LM}$ ) og "Stroboscopic effect metric" (SVM). Det skal dog bemærkes, at oplysningerne i EPREL-databasen nok ikke er helt pålidelige på nuværende tidspunkt. For mange lyskilder angives en værdi på 0 eller en værdi på 1,0 for  $P_{st}^{LM}$  og 0,4 for SVM, dvs. nøjagtigt ved grænseværdien. Det er højst usandsynligt, at disse faktisk er måleresultater.

# TLM og helbred

---

Som nævnt ovenfor er de tre TLM-effekter (flimrer, stroboskopiske effekter og Phantom array effects) eksempler på Temporal Light Artefacts (TLA). Disse tre tidlige lysartefakter er per definition visuelle. Det har dog vist sig (hvilket også illustreres i Figur 1) at TLM kan forårsage ikke-visuelle effekter, f.eks. hovedpine, migræne og anstrengelse af øjne<sup>5,6</sup>. Det er også blevet vist at TLM kan påvirke den kognitive ydeevne og læsehastighed<sup>7,8</sup>. Derudover er det set, at børn og særligt følsomme mennesker påvirkes mere end andre.

Disse neurologiske og kognitive effekter er sandsynligvis mere alvorlige end de visuelle effekter, da de mennesker, der lider af dem, ikke nødvendigvis er klar over eller forstår, at det er en lyskilde, der er årsagen til problemerne.

Problemet med TLM er det endnu ubesvarede spørgsmål om hvor stor betydning de ikke-visuelle effekter har i forhold til de visuelle. Det virker som om betydningen af TLM for disse *ikke-visuelle* effekter er stor for en gruppe af særligt følsomme individer i befolkningen, ca. 20-30%. Men det er nødvendigt med mere evidensbaserede retningslinjer.

At undersøge de visuelle effekter er forholdsvis nemt. Det er sværere med de ikke-visuelle effekter, men i den forskning der er blevet udført har man set klager over hovedpine og øjenbesvær faldt, når man skiftede fra magnetisk ballast til elektroniske højfrekvente ballast tol lysstofrør<sup>6</sup>. Effekten var marginal hos forsøgspersonerne som helhed, men effekten var meget stor i undergruppen, der havde rapporteret tendenser til lignende problemer ellers. Det er svært at opdage denne overfølsomme undergruppe. Veitch og McColl<sup>7</sup> så en ikke-visuel effekt af TLM når forsøgspersoner skulle udføre vanskelige, visuelle opgaver. Sekulovski et al.<sup>9</sup> så ingen forskel i forekomsten af hovedpine, men man sorterede ikke mulige overfølsomme mennesker ud, hvilket kan have gjort at man missede denne gruppe.

Derudover var der forskellige omstændigheder vedrørende vinduesplacering og tidspunkt på dagen, der gjorde det vanskeligt at observere TLM-effekterne. Veitch og Martinsons<sup>10</sup> observerede at de meget følsomme personer rapporterede større irritation af TLM, og resultaterne indikerer, at følsomme personer bør være i fokus for fremtidige undersøgelser. Brown og Wilkins<sup>3</sup> viste også, at personer med højere visuel følsomhed, lettere registrerer phantom array effects sammenlignet med mindre følsomme personer. Zhao et al.<sup>11</sup> så at kraftigere TLM indebar en højere hjerneaktivitet og i nogle tilfælde større vanskeligheder med at udføre visse opgaver, selv når kognitiv ydeevne ikke blev påvirket.

Den hurtige overgang til LED har betydet øget pres for at udarbejde anbefalinger og grænseværdier, og flere publikationer gør opmærksom på dette problem<sup>12</sup>. Svar på følgende spørgsmål vil gavne diskussionerne om målemetoder, og hvilke grænser der skal gælde for TLM:

- Hvad er virkningerne af TLM på undergruppen af mennesker, der er mere følsomme end andre over for visuel stress?
- Hvilke effekter har forskellige TLM-forhold på andre områder end det visuelle, dvs. fysiologisk, adfærdsmæssigt og sundhedsmæssigt?
- Hvor stor betydning har andre parametre udover den grundlæggende frekvens og moduleringsdybde for effekterne? Hvad med forskellige "duty cycles" eller andre typer bølgeformer?

Yderligere forskning med udgangspunkt i disse spørgsmål ville danne grundlag for bedre og mere evidensbaserede diskussioner om emnet tidlig lysmodulering og dets virkninger på menneskers velbefindende. I mellemtiden ville det være klogt at lade forsigtighedsprincippet være i kraft.



## $P_{st}$ og IEC 61547

Flimmermålet *short-term flicker indicator*, med symbolet  $P_{st}$ , beskrives i den tekniske rapport IEC TR 61547, som blev udstedt i 2020 af International Electrotechnical Commission (IEC). Den nuværende version er den tredje udgave, og den første kom i 2015. Selvom IEC 61547 er en rapport (TR står for Technical Report), og ikke en standard, bruges den i praksis som en standard.

IEC 61547 blev offentliggjort som et resultat af introduktionen af LED-belysningssteknologi. Den indeholder blandt andet en beskrivelse af en lysflimmermåler og dens resultat  $P_{st}$ . Lysflimmermåleren beskrevet i IEC 61547 er en videreudvikling af flimmermåleren beskrevet i standarden IEC 61000-4-15<sup>13</sup>, med tilhørende grænseværdier og anbefalinger ifølge standarden IEC 61000-3-3<sup>14</sup>, som blev publiceret i 1994. Fremover vil flimmermålere som beskrevet i IEC 61000-4-15 blive kaldt IEC Flickermeter og lysflimmermålere som beskrevet i IEC 61547 kaldes IEC Light Flickermeter.

Short-term flicker indicator, med symbolet  $P_{st}$ , som er et af resultaterne fra IEC Flickermeter og beskrevet i IEC 61000-4-15, blev udviklet på det tidspunkt, hvor glødepærer var den mest almindelige lyskilde i hjemmet. Formålet med udviklingen af IEC Flickermeter og  $P_{st}$  var at udvikle et værktøj til at vurdere spændingsfluktuationer i strømforsyningen for at undgå synlig flimmer fra lamper og klager fra elkunder, da klagerne på det tidspunkt hovedsageligt vedrørte svingende lysniveauer fra lamper.  $P_{st}$  er derfor baseret på en 60 W glødepære.

Ifølge den oprindelige standard IEC 61000-4-15 og det IEC Flickermeter som beskrevet deri, skal spændingsfluktuationerne registreres over 10 minutter for at opnå en værdi på  $P_{st}$ . Bemærk her, at det faktum, at man skal registrere spændingen for at få et mål for lysflimmer, har ført til en vis forvirring og forskellige meninger: er  $P_{st}$  et mål for spænding eller lys? I elbranchen betragtes  $P_{st}$  nogle gange som et mål for fluktuationer i forsyningsspændingen, men i belysningsindustrien som et mål for flimmer.  $P_{st}$  er et mål for flimmer. For at opnå en værdi skal man dog

registrere spændingen ved hjælp af IEC Flickermeter. Ved at gøre dette *simulerer* IEC Flickermeter lysets fluktuationer, som de ville have været fra en 60 W glødepære, forbundet med den registrerede netspænding. Dette var rimeligt på det tidspunkt, da der var en mere eller mindre direkte kobling imellem fluktuationerne i spænding og lysets fluktuationer. Måling af spændingen blev derfor anset ækvivalent til måling af lyset.

Med dette i tankerne kan man sige at " $P_{st}$  er et mål for kvaliteten af forsyningsspændingen udtrykt i lysflimmer fra en 60 W glødepære", eller at IEC Flickermeter kun er et mål for flimmer fra en sådan lampe. (Det er her værd at bemærke, at  $P_{st}$  faktisk bruges som parameter for kvaliteten af forsyningsspændingen, og at parameteren bruges som en kravspecifikation for andre elektriske apparater.)

I tilfældet med IEC Flickermeter og  $P_{st}$  følger en interessant observation: hvad du "måler" eller registrerer (i dette tilfælde netspændingen), er ikke nødvendigvis det du får et "mål" for (lysflimmer). Men det er faktisk tilfældet i mange andre situationer, når noget måles, såsom temperatur. Temperatur kan måles på flere måder, f.eks. med et alkoholtermometer eller med en elektrisk sensor (såkaldt termoelement), eller en anden type anordning.

Siden IEC Flickermeter blev introduceret er det blevet implementeret i elmåleinstrumenter, som kan tilsluttes en ledning (enten direkte eller ved hjælp af en strømtang), for derefter at udføre en simulering af lysfluktuationerne i en 60 W glødepære for at opnå en værdi for  $P_{st}$ .

Eftersom  $P_{st}$  blev udviklet på et tidspunkt, hvor glødepærer var den mest almindelige lyskilde, var det rimeligt at simulere lysfluktuationer baseret på spændingsfluktuationer, da der mere eller mindre var en direkte kobling imellem fluktuationerne i spændingsforsyningen og lyset.

Så i begyndelsen af 2000'erne, da LED-belysnings-teknologi blev introduceret, var der imidlertid ikke

længere noget (simpelt) forhold mellem netspændingens og lysets fluktuationer. Pludselig var der LED-lyskilder på markedet, der næsten ikke var følsomme over for spændingsudsving, men også LED-lamper, der i sig selv genererede betydelig flimmer, uanset kvaliteten af forsyningsspændingen. Således opstod der et behov for at evaluere lysintensitetsvariationer udsendt fra alle lyskilder, uanset forsyningsspændingen.

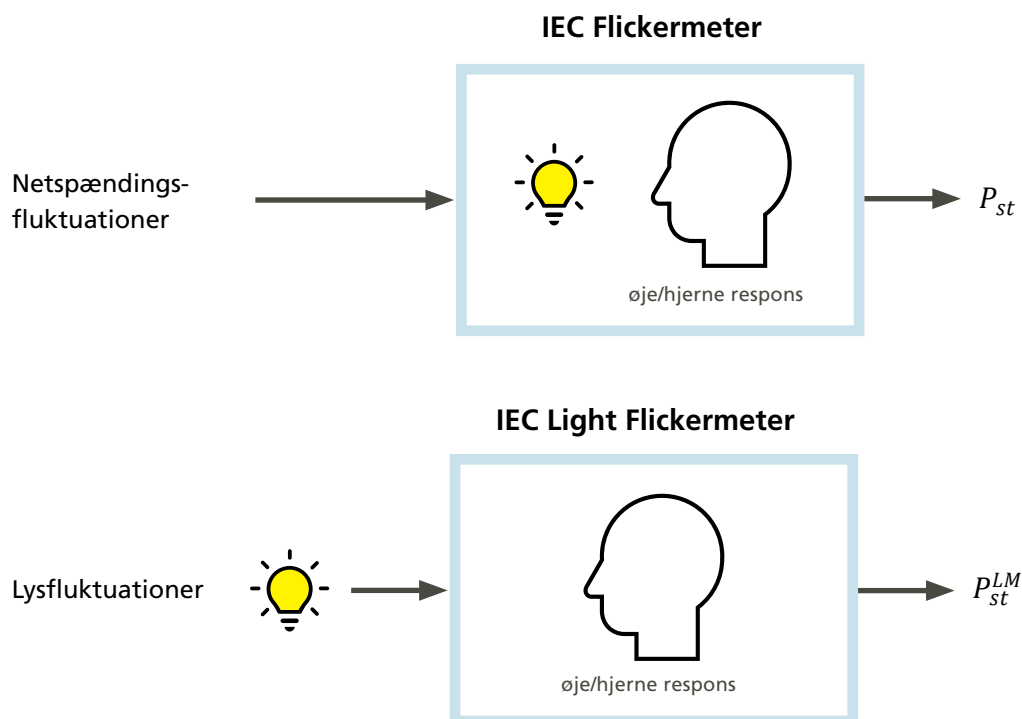
Det er dette behov, der ligger til grund for IEC 61547 og IEC Light Flickermeter. Det beskriver en flimmermåler, der bruger lysvariationer direkte som input, i modsætning til det originale IEC Flickermeter, som tager spændingen som indgang og simulerer lyset fra en 60W glødepære.

For at præcisere hvilken type måler, der anvendes i måleproceduren, blev der i IEC 61547 introduceret et andet symbol for short-term flicker indicator:  $P_{st}^{LM}$ , hvor LM står for "Light Measurement" (lysmåling). Altså

IEC Flickermeter tager netspændingen som input, og det resulterende flimmermål betegnes  $P_{st}$ , mens IEC Light Flickermeter tager lysintensiteten som input, og det resulterende flimmermål betegnes,  $P_{st}^{LM}$ . Se illustration i Figur 5.

Bemærk at  $P_{st}$  og  $P_{st}^{LM}$  stadig er mål for det samme: flimmer, men at de opnås ved hjælp af lidt forskellige måleinstrumenter (ligesom man kan måle temperatur ved hjælp af forskellige måleinstrumenter – f.eks. et kviksølvtermometer eller et termoelement).

For at "undgå misforståelser" eller for at "være ekstra specific omkring, hvilket måleinstrument der er blevet brugt", introduceredes yderligere et symbol i IEC 61547:  $P_{st}^V$ , hvor V indikerer at det er spænding (voltage) som registreres, og at det altså er IEC Flickermeter der er anvendt. Med andre ord:  $P_{st}^V$  er præcis det samme som  $P_{st}$ .



Figur 5: To versioner af flimmermålere, med forskelligt input, men med samme resulterende måleparameter.

På samme måde som  $P_{st}$  bruges i flere elmålere, bruges  $P_{st}^{LM}$  nu oftere og oftere i lysmålere. For at få en værdi af  $P_{st}$  med IEC Flickermeter skal spændingen måles over 10 minutter. For at måle  $P_{st}^{LM}$  med IEC Light Flickermeter er den anbefalede måletid af lysintensitetsvariationer 3 minutter eller 180 sekunder.

På trods af de gode intentioner om at forsøge at undgå forvirring kan indførelsen af forskellige symboler give indtryk af inkonsekvens. En mulig forklaring kan være, at rapporten er skabt i skæringspunktet mellem forskellige discipliner - el- og belysningsbranchen.

Risikoen for kommunikationsvanskeligheder øges på grund af den inkonsekvente brug af terminologien i IEC 61547. Ud over at blive omtalt som "short-term flicker severity" i IEC 61000-4-15 og IEC 61000-3-3,

bruges mange forskellige navne for short-term flicker indicator igennem rapporten: *short-term flicker value*, *intrinsic flicker*, *intrinsic flicker performance of lighting*, *intrinsic flicker performance of a light source*, *flicker severity value*, *flicker performance*, *flicker metric*, og *short-term flicker metric*.

Intetsteds i IEC 61547 er der fortalt hvad P'et i  $P_{st}$  står for. Det er ikke indlysende, men det står sandsynligvis for "Perceptibility" (synlighed).

I tabellen nedenfor sammenfattes, med noter, de vigtigste informationer om TLM-mål, der omtales i dette arbejde, short-term flicker indicator  $P_{st}$  og Stroboscopic effect Visibility Measure  $M_{VS}$  for stroboskopisk effekt.

Enhed/fænomen	Navn på mål	Symbol
Flimmer	Short-term flicker indicator*	$P_{st}^{**}$
Stroboskopisk effekt	Stroboscopic effect visibility measure (SVM)	$M_{VS}^{***}$

\* I IEC 61000-4-15 og IEC 61000-3-3 anvendes den alternative term "short-term flicker severity".

\*\* For klarheds skyld kan symbolet  $P_{st}^{LM}$  anvendes for at indikere at IEC lysflimmermåleren blev anvendt (dvs. at lyset blev detekteret) eller symbolet  $P_{st}^V$ , for at indikere at IEC flimmermåleren blev anvendt (dvs. at spændingen blev detekteret).

\*\*\* For Stroboscopic effect Visibility Measure anvendes SVM som forkortelse, men denne anvendes selv nogle gange, fejlagtigt, som dets symbol.

# Vidensgrundlaget

---

Forskningsområdet inden for TLM er meget aktivt. Med indførelsen af grænseværdierne for TLM i de opdaterede ecodesign forordninger og måleparametrene  $P_{st}^{LM}$  og  $M_{VS}$  blev indført, er der diskussioner om forbedringer.

Diskussionerne drejer sig hovedsagelig om forbedringer af de eksisterende måleparametre, men også om udvikling af mål for ikke-visuelle effekter – de som giver anledning til neurobiologiske og kognitive effekter.

I en nyligt publiceret artikel undersøges teknologiens og forskningens historie vedrørende TLM og flere forskellige kvantificerende mål<sup>15</sup>.

I en såkaldt korrespondanceartikel<sup>12</sup> præsenteres vidensgrundlaget omkring effekterne af TLM. Meget af dette indhold er beskrevet i *TLM og helbred* i dette dokument.

Den internationale belysningskommision – CIE – har også for nylig offentliggjort mere detaljerede dokumenter om emnet. I en frit tilgængelig Technical Note med titlen "Guidance on the Measurement of Temporal Light Modulation of Light Sources and Lighting Systems"<sup>2</sup> gives anbefalinger, som danner grundlag

for en forståelse af de nye måleværdier. Dokumentet indeholder også retningslinjer for nøjagtig måling af disse måleværdier. Den tekniske rapport "Visual Aspects of Time-Modulated Lighting Systems"<sup>16</sup> giver en mere detaljeret introduktion til de visuelle og perceptuelle effekter af TLM og en beskrivelse af de metoder, der anvendes til at kvantificere disse.

Problemer med nøjagtighed og reproducerbarhed<sup>17-19</sup> er også for nylig blevet observeret i forbindelse med beregningen af både  $M_{VS}$  og  $P_{st}^{LM}$ . Disse spørgsmål har indflydelse på laboratoriesammenligninger og kontrol af overholdelsen af EU-lovgivningen. Disse spørgsmål undersøges i øjeblikket og vil blive overvejet i fremtidige opdateringer. En interlaboratorie sammenligning (IC 2022) er i planlægningsfasen af det såkaldte Solid State Lighting (SSL) Annex under rammerne af Det Internationale Energiagentur (IEA).\*

Opdateringer af både IEC 61547 og CIE TN 012:2021 forventes i de kommende år.

---

\* [www.iea-4e.org/ssl/our-work/testing-standards](http://www.iea-4e.org/ssl/our-work/testing-standards)

# Termer, definitioner og symboler

I de følgende afsnit præsenteres termer, definitioner og symboler, som i nogle tilfælde er blevet ændret og suppleret lidt i forhold til IEC 61547 eller andre. Termerne, definitionerne og symbolerne er justeret for at være mere konsekvente og klare, hvilket gør dem mere tilgængelige for et bredere publikum.

Tekst i lilla angiver ændringer og/eller tilføjelser til de oprindelige definitioner som angivet i IEC 61547, CIE TN 016<sup>20</sup>, IEC 63158<sup>21</sup> eller andre kilder.

## flimmer

Opfattelse/foremelse af visuel ustabilitet forårsaget af et lysstimulus, hvis luminans eller spektralfordeling fluktuerer over tid, for en stationær observatør i et stillestående miljø.

N.B. 1: Lysets fluktuationer over tid inkluderer periodiske og ikke-periodiske udsving og kan være forårsaget af selve lyskilden, strømkilden eller andre faktorer.

N.B. 2: Flimmer defineres her som noget perceptuelt, hvilket afviger fra den almindelige brug af ordet flimmer, som har tendens til at henvise til en objektiv egenskab ved lyset eller en lyskilde - noget som lyset gør.

## stroboskopisk effekt

Ændring i bevægelsesopfattelse / fornemmelse forårsaget af en lysstimulus, hvis luminans eller spektralfordeling svinger over tid, for en stationær observatør i et ikke- stillestående miljø.

N.B. 1: Den stroboskopiske effekt er en type tidlig lysartefakt (TLA).

N.B. 2: En stationær observatør og et ikke-stillestående miljø er minimumskrav for at kunne detektere den stroboskopiske effekt, men ikke begrænsende. Det betyder, at den stroboskopiske virkning også kan detekteres af en ikke-stationær observatør.

## short-term flicker indicator

Symbol:  $P_{st}$

Mål for flimmer, evalueret over et bestemt tidsinterval af relativt kort varighed.

$P$  står for *Perceptibility* (synlighed) og  $st$  står for *short-term* (kortvarigt).

N.B. 1: Tidslængden for målingen er normalt 10 minutter i overensstemmelse med IEC 61000-4-15.

N.B. 2: Den alternative term "short-term flicker severity" anvendes i IEC 61000-3-3-3 og IEC 61000-4-15.

N.B. 3: short-term flicker indicator kan også betegnes  $P_{st}^V$  eller  $P_{st}^{LM}$ , for at angive og klargøre om IEC Flickermeter eller IEC

Light Flickermeter er blevet anvendt for at opnå resultatet.  $V$  står for spænding (eftersom spændingen anvendes som input i IEC Flickermeter) og  $LM$  står for lysmåling (eftersom lysvariation anvendes som input i IEC Light Flickermeter).

## stroboscopic effect visibility measure

Symbol:  $M_{VS}$

Forkortelse: SVM

Mål for synlighed af stroboskopisk effekt, evalueret over en vis tid.

N.B. 1: Målingens varighed er normalt 1 sekund (minimum) i overensstemmelse med CIE TN 006:2016.

## IEC flickermeter

Måleinstrument designet til at måle en størrelse, der er repræsentativ for flimmer, og som bruger spænding som input.

N.B. 1: Specifikationer for IEC Flickermeter findes i IEC 61000-4-15.

N.B. 2: Ett av resultaterne fra IEC Flickermeter er  $P_{st}$ , som også kan betegnes  $P_{st}^V$  for at klargøre at IEC Flickermeter er anvendt i måleproceduren.

## IEC light flickermeter

Måleinstrument designet til at måle flimmer som følge af tidlige variationer i lysets intensitet, og som anvender lysintensitet som input.

N.B. 1: IEC Light Flickermeter er en modificering af IEC Flickermeter.

N.B. 2: Et af resultaterne fra IEC Light Flickermeter er  $P_{st}^{LM}$ , som er det samme som  $P_{st}$  men med tilføjelsen  $LM$  for at klargøre at IEC Light Flickermeter er anvendt i måleproceduren.

## SYMBOLER

$P_{st}$  – short-term flicker indicator

$P_{st}^V$  – short-term flicker indicator,  $P_{st}^V$ , hvor  $V$  indikerer at målinger udføres med IEC flickermeter, som anvender spændingen som input

$P_{st}^{LM}$  – short-term flicker indicator,  $P_{st}^{LM}$ , hvor betegnelsen  $LM$  angiver at målingerne udføres med hjælp af IEC Light Flickermeter, som anvender lysintensitet som input

$M_{VS}$  – stroboscopic effect visibility measure

# Konklusioner

Tidlig lysmodulation (TLM), som i daglig tale kaldes "flimmer", udgør en hindring for potentielle energibesparelser og en trussel mod menneskers sundhed og trivsel. EU's nye ecodesign forordning har til formål at regulere forekomsten af TLM i lyskilder på EU's marked, men de standarder og rapporter, der beskriver baggrunden er teknisk komplicerede.

Dette dokument er et resultat af projektet "Flicker Explained" hvis formål er at bygge bro mellem de tekniske dokumenter og belysningsindustrien. Derudover er projektet begrundet som følge af de nye ecodesign forordninger og grænseværdierne for målene for synlighed af stroboskopisk effekt, stroboscopic effect visibility measure, ( $M_{VS} < 0,9$ ) og short-term flicker indicator ( $P_{st}^{LM} < 1$ ). Bemærk, at fra september 2024 vil grænsen for synlighed af stroboskopisk effekt være endnu strengere ( $M_{VS} < 0,4$ ).

I daglig tale bruges ordet "flimmer" til at beskrive noget, som en lampe gør, som i "lampen flimrer". For at være korrekt og baseret på, hvordan ordet flimmer er defineret, er denne brug forkert. Flimmer er ikke noget, en lampe gør – det er noget, du ser. Hvad lampen gør, er, at den giver anledning til *tidlig lysmodulation*, TLM, som igen kan give anledning til forskellige effekter, hvoraf en er flimmer.

En del af årsagen til forvirringen er oprindelsen af måleinstrumentet IEC Flickermeter og flimmermålet, som dette instrument giver: short-term flicker indicator  $P_{st}$ . Dette blev udviklet med det formål at være et værktøj til at vurdere spændingsfluktuationer i elforsyningen som et middel til at undgå synlig flimmer fra glødepærer, som var den mest almindelige lyskilde på det tidspunkt. På en måde kan man sige, at i tilfælde af IEC Flickermeter og  $P_{st}$  er det, du "måler" eller registrerer (spændingen), ikke det, du får et "mål" for (lysets flimren).

Nedenfor er en liste over nogle sandsynlige "faldgruber", som det er godt at være opmærksom på, når du arbejder med TLM, flimmer og målene  $P_{st}$  og  $M_{VS}$ .

- Flimmer defineres som noget subjektivt, men evalueres på en objektiv måde.
- Ordet temporal kan i medicinske sammenhænge henvise til det sideområde af hjernen/kraniet som

ligger nær tindingerne. I TLM henviser temporal dog til noget som har med tid at gøre.

- $P_{st}$ ,  $P_{st}^{LM}$  og  $P_{st}^V$  er symboler for et og samme mål: short-term flicker indicator, som er et mål for flimmer. De forskellige symboler anvendes for at angive hvilket måleinstrument som blev anvendt:  $P_{st}^{LM}$  angiver at IEC Light Flickermeter blev anvendt (dvs. at lyset blev registreret) og  $P_{st}^V$  angiver at IEC Flickermeter blev anvendt (dvs. at spændingen blev registreret).
- P står for "Perceptibility" (synlighed).
- st står for "short-term" (kortvarigt).
- LM står for "Light Measurement".
- Det korrekte navn for  $P_{st}$  er "short-term flicker indicator". Det har dog mange navne i litteraturen, blandt andet *short-term flicker severity*, *short-term flicker value*, *intrinsic flicker*, *intrinsic flicker performance of lighting*, *intrinsic flicker performance of a light source*, *flicker severity value*, *flicker performance*, *flicker metric*, og *short-term flicker metric*
- Symbolet  $M_{VS}$  for Stroboscopic effect Visibility Measure förveksles ofte med forkortelsen af det samme: SVM.

Det er værd at bemærke, at forskningsområdet TLM er meget aktivt. Det skal understreges, at SVM og  $P_{st}^{LM}$  kun er mål for visuelle effekter. For nærværende er der ingen mål for ikke-visuelle effekter, såsom hovedpine, migræne og øjenbesvær eller for den sags skyld effekter på kognitiv ydeevne og læsehastighed. Disse neurologiske og kognitive effekter er sandsynligvis mere alvorlige end de visuelle effekter, da de, der lider af dem, ikke nødvendigvis er klar over, at det kan være en lyskilde, der bidrager til deres problemer. Der er behov for mere forskning på dette område.

Projektet Flicker Explained har også produceret et dokument "Flicker explained – Interpretation of the Technical Report IEC 61547", som indeholder forslag til forbedringer og ændringer af både tekst og figurer i IEC 61547 sammen med en instruktion om, hvordan man bygger en TLM-måleopstilling.

Rapporten er tilgængelig via [www.design.lth.se/ljuslaboratoriet](http://www.design.lth.se/ljuslaboratoriet).

# Tak

---

Dette arbejde har modtaget støtte fra Energimyndigheten igennem EELYS-projektet "Flicker Explained". (projekt nr. P2021-00030), og er udført i samarbejde mellem Lunds Universitet og Danmarks Tekniske Universitet (DTU).

En særlig tak skal lyde til Pierre Beeckman (Signify), Konika Banerjee (Signify), José Julio Gutiérrez (University of the Basque Country), Cherry Li (Everfine), Sarah Rönnberg (Luleå tekniska universitet), Math Bollen (Luleå tekniska universitet), P-O Hedekvist (RISE), Steve Coyne (Light Naturally) og Sven-Erik Berglund (SEB elkonsult).

# Referenser

---

1. IEC TR 61547-1:2020 *Equipment for general lighting purposes - EMC immunity requirements - Part 1: Objective light flickermeter and voltage fluctuation immunity test method*. (2020).
2. Schakel, M., Blattner, P., Dekker, P., Bergen, T. & Thorseth, A. *CIE TN 012:2021 Guidance on the Measurement of Temporal Light Modulation of Light Sources and Lighting Systems*. (2021) doi:10.25039/TN.012.2021.
3. Brown, E., Foulsham, T., Lee, C. & Wilkins, A. Visibility of temporal light artefact from flicker at 11 kHz. *Lighting Research & Technology* 147715351985239 (2019) doi:10.1177/1477153519852391.
4. Sekulovski, D., Perz, M. & Stephan, A. TOWARDS AN AVIAN FLICKER VISIBILITY MEASURE. in *Proceedings of the Conference CIE 2021* 530–535 (International Commission on Illumination, CIE, 2021). doi:10.25039/x48.2021.PO03.
5. Wilkins, A., Veitch, J. & Lehman, B. LED lighting flicker and potential health concerns: IEEE standard PAR1789 update. in *2010 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2010 - Proceedings* (2010). doi:10.1109/ECCE.2010.5618050.
6. Wilkins, A. J., Nimmo-Smith, I., Slater, A. I. & Bedocs, L. Fluorescent lighting, headaches and eyestrain. *Lighting Research & Technology* 21, 11–18 (1989).
7. McColl, S. L. & Veitch, J. A. Full-spectrum fluorescent lighting: a review of its effects on physiology and health. *Psychol Med* 31, 949–964 (2001).
8. Jaén, E. M., Colombo, E. M. & Kirschbaum, C. F. A simple visual task to assess flicker effects on visual performance. *Lighting Research and Technology* 43, 457–471 (2011).
9. Sekulovski, D., Poort, S., Perz, M. & Waumans, L. Effects of long-term exposure to stroboscopic effect from moderate-level modulated light. *Lighting Research & Technology* 1477153519881473 (2019) doi:10.1177/1477153519881473.
10. Veitch, J. A. & Martinsons, C. Detection of the stroboscopic effect by young adults varying in sensitivity. *Lighting Research and Technology* 52, 790–810 (2020).

11. Zhao, X., Hou, D., Lin, Y. & Xu, W. The effect of stroboscopic effect on human health indicators. *Lighting Research and Technology* 52, 389–406 (2020).
12. Veitch, J. A., Martinsons, C., Coyne, S. & Dam-Hansen, C. Correspondence: On the state of knowledge concerning the effects of temporal light modulation. *Lighting* 89–92 (2021) doi:10.1177/1477153520959182.
13. IEC 61000-4-15:2010 *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-15: Testing and measurement techniques - Flickermeter - Functional and design specifications*. (2010).
14. IEC 61000-3-3:2013 *Electromagnetic compatibility (EMC) Part 3-3: Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current < 16 A per phase and not subjected to condition*. (2013).
15. Miller, N. J., Leon, F. A., Tan, J. & Irvin, L. Flicker: A review of temporal light modulation stimulus, responses, and measures. *Lighting Research and Technology* Preprint at <https://doi.org/10.1177/14771535211069482> (2022).
16. Perz, M. et al. *CIE 249:2022 Visual Aspects of Time-Modulated Lighting Systems*. (2022) doi:10.25039/TR.249.2022.
17. Koch, R. & Zuber, R. ANTI-ALIASING FILTER EFFECTS ON SAMPLING FREQUENCY AND EFFECTS OF MATHEMATICAL IMPLEMENTATION. in *Proceedings of the CIE Symposium on Advances on the Measurement of Temporal Light Modulation* (International Commission on Illumination (CIE), 2022). doi:10.25039/x49.2022.P10.
18. Tan, J. IMPACT OF SAMPLING RATE ON FLICKER METRIC CALCULATIONS. in *Proceedings of the CIE Symposium on Advances on the Measurement of Temporal Light Modulation* (International Commission on Illumination (CIE), 2022). doi:10.25039/x49.2022.P13.
19. Dam-Hansen, C., Coyne, S., Isoardi, G. & Ohno, Y. MINIMISING THE UNCERTAINTIES IN THE CALCULATION OF STROBOSCOPIC EFFECT VISIBILITY MEASURE. in *Proceedings of the CIE Symposium on Advances on the Measurement of Temporal Light Modulation* (International Commission on Illumination (CIE), 2022). doi:10.25039/x49.2022.P11.
20. Sekulovski, D. et al. *CIE TN 006:2016: Visual Aspects of Time-Modulated Lighting Systems – Definitions and Measurement Models*. [http://files.cie.co.at/883\\_CIE\\_TN\\_006-2016.pdf](http://files.cie.co.at/883_CIE_TN_006-2016.pdf) (2016).
21. IEC TR 63158:2018 *Equipment for general lighting purposes - Objective test methods for stroboscopic effects of lighting equipment*. (2018).



## KONTAKT



**Johannes Lindén**, Forskningsingenør  
Designvetenskaper, Lunds Tekniska Universitet  
johannes.linden@design.lth.se

*Dette dokument er udarbejdet i et samarbejde mellem Lunds Tekniska Universitet (LTH) og Danmarks Tekniske Universitet (DTU), med støtte fra Energimyndigheten i Sverige.*



**Carsten Dam-Hansen**, Seniorforsker  
DTU Electro, Danmarks Tekniske Universitet  
cadh@dtu.dk

---

## ISBN

978-91-8039-526-7 (tryk)

978-91-8039-527-4 (digital version)

[www.design.lth.se](http://www.design.lth.se)