



LUND UNIVERSITY

Förstå Flimmer

en guide till IEC 61547 för belysningsbranschen

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). *Förstå Flimmer: en guide till IEC 61547 för belysningsbranschen*. Lund University, Lund Institute of Technology.

Total number of authors:

2

Creative Commons License:

Annan

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



Förstå flimmer

En guide till IEC 61547 för belysningsbranschen

JOHANNES LINDÉN | LTH, LUNDS UNIVERSITET

CARSTEN DAM-HANSEN | DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET



Innehåll

Introduktion	3
Vad är TLM?.....	4
Hur mäter man TLM?.....	6
TLM och hälsa	7
P _{st} och IEC 61547.....	8
Kunskapsläge	11
Termer, definitioner och symboler	12
Slutsatser	13
Tack	14
Referenser.....	14

Introduktion

Flimmer, eller närmare bestämt temporal ljusmodulering (TLM), har återigen blivit ett problem i samband med införandet av LED-baserad belysningsteknik. TLM, dvs. variationer i ljusintensiteten över tiden, kan ha en negativ inverkan på människors hälsa och orsaka irritation, huvudvärk, ögonbesvär och migrän. Förutom det onödiga lidande som TLM orsakar för enskilda personer utgör de negativa konsekvenserna av TLM ett hinder för en bred och snabb anpassning av den nya LED-tekniken och följaktligen också ett hinder för potentiella energibesparingar.

EU:s nya ekodesign-direktiv trädde i kraft i september 2021. Dessa innehåller för första gången (i Europa) lagstadgade gränsvärden för TLM-parametrar för ljuskällor och hänvisar till nya standarder för att mäta dem. Detta skapar ett akut behov av att sprida medvetenhet om TLM och information om hur man snabbt, enkelt och korrekt mäter detta. De standarder som beskriver mätningarna är dock tekniskt komplicerade och riktar sig inte till branschfolk.

Den här guiden ger en introduktion till TLM, vad det är och hur det mäts. Effekter av TLM på hälsan sammanfattas och kunskapsläget inom detta forskningsområde redogörs. En större del av den här guiden ägnas åt flimmermättet short-term flicker indicator, P_{stf} , och den tekniska rapport som beskriver det, TR IEC 61547-1:2020¹ (hädanefter kallad IEC 61547, om inget annat anges). Denna rapport beskriver den utrustning, metod och de åtgärder som krävs för att bedöma flimmer. Den är dock tekniskt komplicerad och kan vara mycket svår att tolka för icke-tekniska läsare. För en mer detaljerad undersökning och rekommenderade ändringar av IEC 61547, se "Flicker explained – Interpretation of the Technical Report IEC 61547" som tillsammans med denna vägledning är resultatet av projektet Flicker Explained. För en allmän vägledning om TLM-mätningar, se publikationen CIE TN 012:2012² utgiven av Internationella belysningskommissionen, CIE.

Syftet med den här guiden är att öka kunskapen om flimmer i synnerhet och TLM i allmänhet, med den tekniska rapporten IEC 61547 som utgångspunkt. Detta arbete syftar till att överbrygga klyftan mellan tekniska standarder och rapporter å ena sidan och belysningsindustrin å andra sidan. Syftet är att se till att EU:s nya ekodesigndirektiv följs, vilket i sin tur kommer att minska hälsoproblem orsakade av TLM och stödja en hållbar övergång till LED-teknologi.

Publiceringen av guiden stöds av Energimyndigheten och är ett samarbete mellan Lunds universitet och DTU (Danmarks Tekniska Universitet).

Vad är TLM?

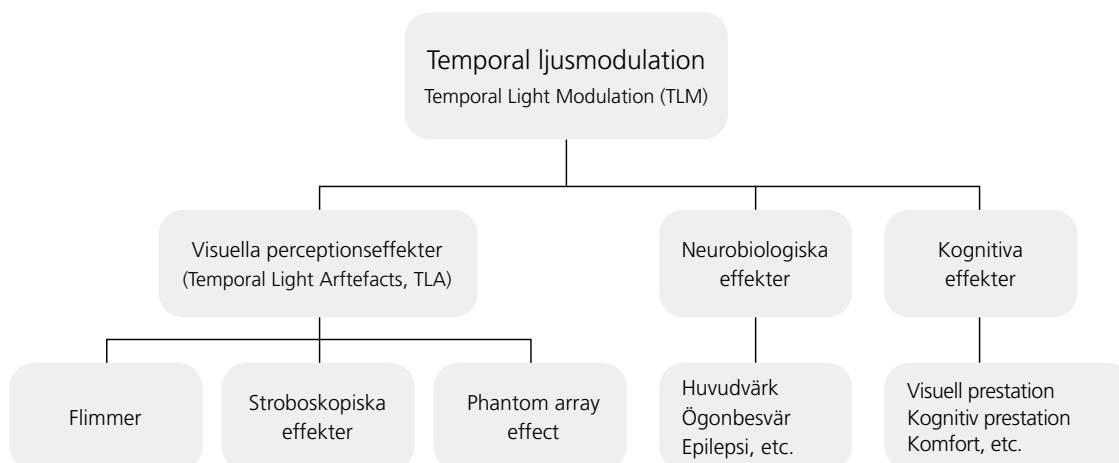
Temporal ljusmodulering (TLM) innebär att ljusintensiteten varierar (modulerar) över tiden (temporalt). TLM var ett problem i lysrör under en period i slutet av 1900-talet när magnetiska drivdon användes, men detta löstes då genom införandet av elektroniska högfrekventa drivdon. Anledningen till att TLM nu har återuppstått som ett problem är införandet av ny LED-baserad belysningsteknologi.

Först några kommentarer om ordet *flimmar*. I vardagligt tal använder vi det för att beskriva vad en lampa gör – ”lampan flimrar”. För att vara korrekt, och baserat på hur ordet flimmar definieras, är denna an-

» **Flimra är inget en lampa gör – det är något du ser**

vändning felaktig. Flimra är inte något som en lampa gör. Flimmer är något *man ser*, något man uppfattar. Vad lampan gör, är att den ger upphov till *temporal ljusmodulation*, eller TLM (Temporal Light Modulation), dvs ljus som varierar/modulerar med tiden.

Figur 1 ger en översikt över olika effekter som orsakas av TLM.



Figur 1: Översikt över temporal ljusmodulering (TLM) och dess effekter.

TLM kan ge upphov till flera olika observerbara effekter. Tre effekter är definierade:

1. Flimmer

Om du tittar på en lampa och ser att ljusintensiteten varierar – då ser du flimmer. Detta gäller dock bara så länge du inte rör ögonen och om ljuskällan inte rör sig. I tekniska termer definieras 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 är därför endast märkbart så länge som modulationsfrekvensen är lägre än cirka 90 Hz. Vid högre frekvenser kan våra ögon inte uppfatta variationerna i tiden. Som framgår av definitionen är flimmer ett subjektivt snarare än objektivet fenomen.

2. Stroboskopiska effekter

Om rörelse förekommer, t.ex. om ljuskällan rör sig eller om något föremål rör sig i ljuset (exempelvis en hand eller en penna) och ett mönster uppstår, kallas de observerade effekterna för stroboskopiska effekter (se figur 2).

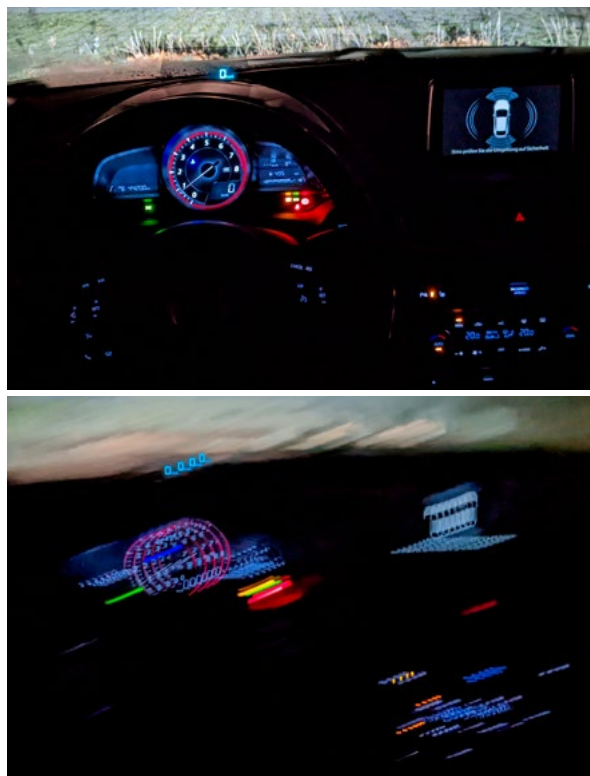


Figur 2: Illustration av stroboskopiska effekter.
Foto: J.Rydeman

3. Phantom array effects

Slutligen finns det en tredje effekt som uppträder under saccader (snabba ögonrörelser). Om du ser ett mönster under det korta ögonblick du rör ögonen, då ser du Phantom arrays (se figur 3).

Både stroboskopiska effekter och Phantom array effects är synliga vid mycket högre frekvenser än 90 Hz. Stroboskopiska effekter är synliga vid frekvenser upp till 2 000 Hz och Phantom array effects vid frekvenser så höga som 11 000 Hz³.



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

Alla de tre effekter som nämns ovan – flimmer, stroboskopiska effekter och Phantom array effects – är exempel på temporala ljusartefakter, eller TLAs (Temporal Light Artefacts) och orsakas som sagt av TLM.

Som framgår av figur 1 ovan kan TLM även ha andra effekter än direkt visuella. Det har också visats att TLM kan orsaka icke-visuella effekter. Detta beskrivs närmare i avsnittet *TLM och hälsa*.

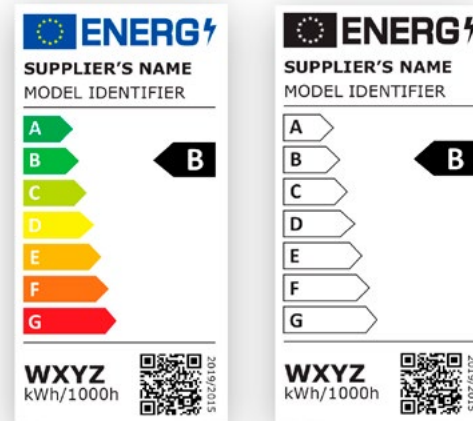
Förutom de effekter TLM kan ha på människor har det också visat sig ha negativa effekter på djur, t.ex. höns⁴, samt bildkvaliteten i samband med fotografering och videoupptagning. Dessa effekter tas inte upp närmre i denna text.

Hur mäter man TLM?

Sedan en längre tid tillbaka har man kunnat mäta TLM med hjälp av mått som Percent Flicker (även kallat Modulation Depth) och Flicker Index. Dessa mått utvecklades dock vid en tidpunkt då ljuskällor, om de var modulerade överhuvudtaget, var modulerade med en frekvens på 100 Hz, eller 120 Hz i Nordamerika (främst glödlampor och lysrör). Med andra ord tar dessa mått inte hänsyn till frekvensen och är därför inte lämpliga för ljuskällor som modulerar vid andra frekvenser.

För närvarande finns det två metoder som har blivit standard för att mäta TLM: short-term flicker indicator, P_{st}^{LM} , för flimmer (upp till 90 Hz) och Stroboscopic effect Visibility Measure (förkortat SVM) med symbolen M_{VS} för stroboskopiska effekter (upp t.o.m. 2000 Hz). Observera att symbolen M_{VS} för Stroboscopic effect Visibility Measure ofta förväxlas med förkortningen av detsamma: SVM. Båda måtten är designade så att ett mätvärde på 1 betyder att effekterna är synliga i 50% av fallen, för en standardobservatör. Ett högre mätresultat innebär en högre sannolikhet. För närvarande finns det inga mått för Phantom array effects.

I september 2021 uppdaterade EU sina ekodesigndirektiv och inkluderade för första gången bestämmelser och gränsvärden för TLM i belysningsprodukter. De anger att P_{st}^{LM} inte får överstiga 1 och M_{VS} inte får överstiga 0,9 (vilket kommer att sänkas till 0,4 senast 2024). Dessa värden gäller vid "full load", dvs i odimrat läge.



Figur 4: Exempel på EU:s nya energimärkning för ljuskällor

I samband med de uppdaterade ekodesigndirektiven införde EU en ny energimärkning och denna etikett innehåller en QR-kod, se figur 4. Om denna kod skannas med mobilkameran leder den till ytterligare information om produkten i databasen EPREL (European Registry for Energy Labelling). För ljuskällor inkluderar detta värden för "Flicker metric" (P_{st}^{LM}) och "Stroboscopic effect metric" (SVM). Det bör dock noteras att informationen i EPREL-databasen inte är helt tillförlitlig i dagsläget. Många ljuskällor anger värdet 0, eller värdet 1,0 för P_{st}^{LM} och 0,4 för SVM, dvs exakt på gränsvärdet. Det är högst osannolikt att dessa faktiskt är mätresultatet.

TLM och hälsa

Som nämnts ovan är de tre TLM-effekterna (flimmer, stroboskopiska effekter och phantom array effects) exempel på Temporal Light Artefacts (TLA) (se figur 1). Dessa tre ljusartefakter är per definition visuella. Det har dock visat sig (vilket också illustreras av figur 1) att TLM kan orsaka icke-visuella effekter, t.ex. huvudvärk, migrän och ögonbesvär^{5,6}. Det har också visats att TLM kan påverka den kognitiva prestandan och läshastigheten^{7,8}. Dessutom har man sett att barn och högkänsliga personer påverkas mer än andra.

Dessa neurologiska och kognitiva effekter är förmodligen allvarligare än de visuella effekterna, eftersom de som lider av dem inte nödvändigtvis är medvetna om att det är en ljuskälla som orsakar problemen.

Problemet med TLM är den ännu obesvarade frågan om hur stor betydelse de *icke-visuella* effekterna har jämfört med de visuella. Det verkar som om betydelse av TLM för dessa icke-visuella effekter är stor för en undergrupp av känsliga individer i befolkningen, ca. 20-30%. Men det behövs mer evidensbaserade riktlinjer.

Att testa de visuella effekterna är relativt lätt. Det är svårare med de icke-visuella, men bland den forskning som gjorts har man sett att klagomål på huvudvärk och ögonbesvär minskade när man bytte från magnetdon till högfrekvensdon⁶. Effekten var marginell hos testpersonerna som helhet, men effekten var mycket stor hos den undergrupp som rapporterat tendenser till liknande besvär även annars. Det är svårt att detektera denna överkänsliga undergrupp. Veitch och McColl⁷ såg en icke-visuell effekt av TLM när försökspersoner fick utföra svåra, visuella uppgifter. Sekulovski et al.⁹ såg ingen skillnad i förekomst av huvudvärk, men sorterade inte ut eventuella överkänsliga personer, vilket kan ha gjort att man missade denna grupp. Dessutom förekom varierande omständigheter

beträffande fönsterplacering och tidpunkt på dygnet som försvårade observationen av TLM-effekterna. Veitch och Martinsons¹⁰ observerade att högkänsliga individer rapporterade större irritation på TLM, och resultaten indikerar att känsliga personer bör vara i fokus för framtida undersökningar. Brown och Wilkins³ visade också att personer med högre visuell känslighet detekterar phantom array effects lättare jämfört med mindre känsliga personer. Zhao et al.¹¹ såg att mer TLM innebar en högre hjärnaktivitet, och, i vissa fall, större svårigheter att utföra vissa uppgifter, även när kognitiv prestation inte påverkades.

Den snabba övergången till LED har inneburit ett ökat tryck för att få fram rekommendationer och gränsvärden, och flera publikationer uppmärksammar detta problem¹². Svar på följande frågor skulle gagna diskussionerna angående sätt att mäta och vilka gränser som ska gälla för TLM:

- Hurdana är effekterna av TLM på den undergrupp av människor som är mer känsliga än andra på visuell stress?
- Vilka effekter har olika TLM-förhållanden på andra områden än de visuella, det vill säga fysiologiskt, beteendemässigt och hälsomässigt?
- Hur stor roll spelar andra parametrar utöver grundfrekvensen och modulationsdjup för effekterna? Hur är det med olika "duty cycles" eller andra typer av vågformer?

Vidare forskning med dessa frågor som utgångspunkt skulle utgöra ett underlag för bättre och mer evidensbaserade diskussioner i ämnet kring temporal ljusmodulering och dess effekter på människors välbefinnande. Under tiden vore det klokt att låta försiktighetsprincipen gälla.

P_{st} och IEC 61547

Flimmermättet *short-term flicker indicator*, med symbolen P_{st} , beskrivs i den tekniska rapporten IEC TR 61547, som utfärdades 2020 av International Electrotechnical Commission (IEC). Den nuvarande versionen är den tredje upplagan, och den första kom 2015. Även om IEC 61547 är en rapport (TR står för Technical Report), och inte en standard, används den som en standard i praktiken.

IEC 61547 publicerades som en följd av införandet av LED-lamptechnologin. Den innehåller bland annat en beskrivning av en ljusflimmermätare och dess resultat P_{st} . Den ljusflimmermätare som beskrivs i IEC 61547 är en vidareutveckling av den flimmermätare som beskrivs i standarden IEC 61000-4-15¹³, med tillhörande gränsvärden och rekommendationer enligt standarden IEC 61000-3-3¹⁴, som publicerades 1994. I fortsättningen kommer flimmermätare som beskrivs i IEC 61000-4-15 att kallas IEC Flickermeter och ljusflimmermätare som beskrivs i IEC 61547 för IEC Light Flickermeter.

Short-term flicker indicator, med symbolen P_{st} , som är en av utresultaten från IEC Flickermeter och som beskrivs i IEC 61000-4-15, utvecklades vid den tid då glödlampor var den vanligaste ljuskällan i bostäder. Syftet med utvecklingen av IEC Flickermeter och P_{st} var att få fram ett verktyg för att bedöma spänningsfluktuationer i strömförsörjningen för att undvika synligt flimmer från lampor och klagomål från elkunder, eftersom klagomålen på den tiden främst gällde fluktuerande ljusnivåer från lampor. P_{st} baseras därför på en glödlampa på 60 W.

Enligt den ursprungliga standarden IEC 61000-4-15 och den IEC Flickermeter som beskrivs däri måste spänningsfluktuationerna registreras i 10 minuter för att få ett värde på P_{st} . Observera här att det faktum att man måste registrera spänningen för att få ett mått på ljusflimmer har lett till viss förvirring och skilda åsikter: är P_{st} ett mått på spänning eller ljus? Inom elbranschen betraktas P_{st} ibland som ett mått på fluktuationer i matarspänningen, men inom belysningsbranschen som ett mått på flimmer. P_{st} är ett mått på flimmer. Men för att få fram ett värde måste man dock

registrera spänningen med hjälp av IEC Flickermeter. Genom att göra detta *simulerar* IEC Flickermeter ljusfluktuationerna så som de skulle ha uppträtt från en 60 W glödlampa som är ansluten till den registrerade spänningen. Detta var rimligt på den tiden, eftersom det fanns en mer eller mindre direkt koppling mellan fluktuationerna i spänningen och ljusets fluktuationer. Att mäta spänningen ansågs därför vara likvärdigt med att mäta ljuset.

Med detta i åtanke kan man säga att " P_{st} är ett mått på matarspänningens kvalitet uttryckt i ljusflimmer från en 60 W glödlampa", eller att IEC Flickermeter endast är ett mått på flimmer från en sådan lampa. (Det är värt att notera här att P_{st} faktiskt används som en parameter för kvaliteten på matarspänningen och att parametern används som kravnivå för andra elektriska apparater.)

I fallet med IEC Flickermeter och P_{st} följer härav en intressant iakttagelse: vad du "mäter" eller registrerar (i det här fallet spänningen), är inte nödvändigtvis det du får ett "mått" på (ljusflimret). Men detta är faktiskt också fallet i många andra situationer när någonting mäts, till exempel temperatur. Temperatur kan mätas på flera sätt, t.ex. med en sprittermometer eller med en elektrisk sensor (s.k. termoelement), eller någon annan typ av anordning.

Sedan IEC Flickermeter introducerades har den implementerats i elmätningssinstrument, som kan anslutas till en ledning (antingen direkt eller med hjälp av strömtång) för att sedan utföra en simulering av ljusfluktuationerna hos en glödlampa på 60 W för att erhålla ett värde för P_{st} .

Eftersom P_{st} utvecklades vid en tidpunkt då glödlampor var den vanligaste ljuskällan, var det rimligt att simulera ljusfluktuationer baserat på spänningsfluktuationer, eftersom det fanns mer eller mindre en direkt koppling mellan fluktuationerna i spänningsförsörjningen och ljusfluktuationerna.

Så i början av 2000-talet, när LED-belysningstekniken infördes, fanns det dock inte längre något (enkelt) samband mellan spänningen och ljusfluktuationerna.

Plötsligt fanns det LED-lampor på marknaden som knappt alls var känsliga för spänningsfluktuationer, men också LED-lampor som i sig själva genererade betydande flimmer, oavsett kvaliteten på matarspänningen. Därmed uppstod ett behov av att utvärdera ljusintensitetsvariationer som avges från alla ljuskällor, oberoende av matningsspänningen.

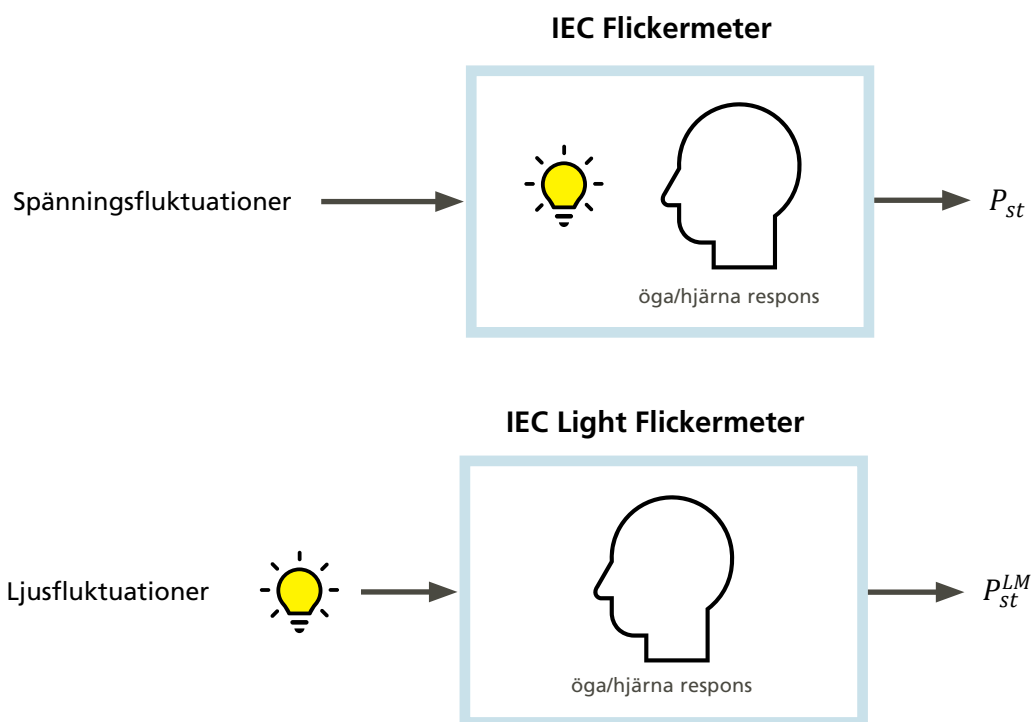
Det är detta behov som ligger till grund för IEC 61547 och IEC Light Flickermeter. Den beskriver en flimmermätare som använder ljusvariationer direkt som input, i motsats till den ursprungliga IEC Flickermeter, som tar spänningen som input och simulerar ljuset från en 60 W glödlampa.

För att förtydliga vilken mätare som används infördes i IEC 61547 ytterligare en symbol för short-term flicker indicator, P_{st}^{LM} , där LM står för "Light Measurement" (ljusmätning). Alltså, IEC Flickermeter tar spänningen som input och det resulterande flimmermåttet beteck-

nas P_{st} , medan IEC Light Flickermeter tar ljusintensiteten som input och det resulterande flimmermåttet betecknas P_{st}^{LM} , se figur 5.

Notera att P_{st} och P_{st}^{LM} fortfarande är mått på samma sak: flimmer, men att de erhålls med hjälp av lite olika mätinstrument (precis som man kan mäta temperaturen, eller någon annan storhet, med hjälp av olika mätinstrument - en kvicksilvertermometer eller ett termoelement).

För att "undvika förvirring", eller för att "vara extra tydlig med vilket mätinstrument som har använts", infördes ännu en tredje symbol i IEC 61547: P_{st}^V , där V anger att det är spänningen (voltage) som har använts som input, och att det alltså är IEC Flickermeter som har använts. Med andra ord: P_{st}^V är exakt samma sak som P_{st} .



Figur 5: Två versioner av flimmermätare, med olika input, men med samma resulterande mått.

På samma sätt som P_{st} används i flera elmätare, används P_{st}^{LM} nu allt oftare i ljusmätare. För att få ett värde på P_{st} med IEC Flickermeter ska spänningen loggas i 10 minuter. För att mäta P_{st}^{LM} med IEC Light Flickermeter är den rekommenderade tiden för loggning av ljusintensitetsvariationer 3 minuter eller 180 sekunder.

Trots de goda avsikterna att försöka undvika förvirring kan införandet av olika symboler ge intryck av inkonsekvens. En möjlig förklaring kan vara det faktum att rapporten är skapad i skärningspunkten mellan olika discipliner - el- och belysningsbranschen.

Risken för kommunikationssvårigheter ökar på grund av den inkonsekventa användningen av terminologin i IEC 61547. Utöver att omnämnas som "short-term

flicker severity" i IEC 61000-4-15 och IEC 61000-3-3, används många olika namn för short-term flicker indicator rapporten igenom: 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, och short-term flicker metric.

Ingenstans i IEC 61547 är det heller sagt vad P:et i P_{st} står för. Det är inte uppenbart, men det står troligen för "Perceptibility" (uppfattbarhet).

I tabellen nedan sammanfattas, med några anmärkningar, den viktiga informationen om de två TLM-mått som nämns i detta arbete, short-term flicker indicator P_{st} och Stroboscopic effect Visibility Measure M_{VS} för stroboskopisk effekt.

Storhet/fenomen	Namn på mått	Symbol
Flimmer	Short-term flicker indicator*	P_{st}^{**}
Stroboskopisk effekt	Stroboscopic effect visibility measure (SVM)	M_{VS}^{***}

* I IEC 61000-4-15 och IEC 61000-3-3 används den alternativa termen "short-term flicker severity".

** För tydlighet kan symbolen P_{st}^{LM} användas för att indikera att IEC Light Flickermeter har använts (det vill säga att ljus har detekterats), eller symbolen P_{st}^V för att indikera att IEC Flickermeter har använts (det vill säga att spänning har detekterats).

*** För Stroboscopic effect Visibility Measure används förkortningen SVM, men denna används även ibland, felaktigt, som symbol.

Kunskapsläge

Forskningsområdet inom TLM är mycket aktivt. I och med att gränsvärdena för TLM införs i de uppdaterade ekodesigndirektiven, och att måtten P_{st}^{LM} och M_{VS} införs, förs diskussioner om förbättringar.

Diskussionerna gäller främst förbättringar av de existerande måtten, men även utveckling av mått för icke-visuella effekter – de som ger upphov till neurobiologiska och kognitiva effekter.

I en nyligen publicerad artikel granskas teknikens och forskningens historia beträffande TLM och flera olika kvantifierande mått¹⁵.

I en så kallad korrespondensartikel¹² presenteras kunskapsläget när det gäller effekterna av TLM. Mycket av detta innehåll redogörs för i avsnittet *TLM och hälsa* i detta dokument.

Internationella belysningskommissionen - CIE - har också nyligen publicerat mer detaljerade dokument om ämnet. I en s.k. Technical Note med titeln "Guidance on the Measurement of Temporal Light Modulation of Light Sources and Lighting Systems"² ges rekommendationer, som lägger grunden för

en förståelse av de nya mätvärdena. Dokumentet innehåller också riktlinjer för korrekt mätning med dessa mått. Den tekniska rapporten "Visual Aspects of Time-Modulated Lighting Systems"¹⁶ ger en mer detaljerad introduktion till de visuella och perceptuella effekterna av TLM och en beskrivning av de metoder som används för att kvantifiera dessa.

Problem rörande noggrannhet och reproducerbarhet¹⁷⁻¹⁹ har också nyligen observerats i samband med beräkningen av både M_{VS} och P_{st}^{LM} . Dessa frågor har inverkan på laboratoriejämförelser och verifiering av överensstämmelsen med EU-lagstiftningen. Dessa frågor undersöks för tillfället och kommer att beaktas i framtida uppdateringar. En jämförelsekampanj mellan laboratorier (IC 2022) håller på att planeras det så kallade Solid State Lighting (SSL) Annex inom ramen för Internationella energiorganet (IEA)*.

Uppdateringar av både IEC 61547 och CIE TN 012:2021 förväntas inom de kommande åren.

* www.iea-4e.org/ssl/our-work/testing-standards

Termer, definitioner och symboler

I följande avsnitt presenteras termer, definitioner och symboler, som i vissa fall har ändrats och kompletterats något jämfört med IEC 61547 eller andra. Termerna, definitionerna och symbolerna har justerats för att bli mer konsekventa och tydliga, vilket gör dem mer tillgängliga för en bredare publik.

Text i lila anger ändringar och/eller kompletteringar av de ursprungliga definitionerna så som de framställs i IEC 61547, CIE TN 016²⁰, IEC 63158²¹ eller andra källor.

flimmer

Uppfattning/förnimmelse av visuell ostadighet som orsakas av ett ljusstimuli vars luminans eller spektralfördelning fluktuerar med tiden, för en stillastående observatör i en stillastående miljö.

N.B. 1: Ljusets fluktuationer med tiden omfattar periodiska och icke-periodiska fluktuationer och kan orsakas av själva ljuskällan, strömkällan eller andra faktorer.

N.B. 2: Flimmer definieras här som något *perceptuellt*, vilket skiljer sig från den vardagliga användningen av ordet flimmer, som tenderar att hänvisa till en objektiv egenskap hos ljuset eller en ljuskälla - något som ljuset gör.

stroboskopisk effekt

Förändring av rörelseuppfattning/förnimmelse som orsakas av ett ljusstimuli vars luminans eller spektralfördelning fluktuerar med tiden, för en stillastående observatör i en icke-stillastående miljö.

N.B. 1: Den stroboskopiska effekten är en typ av temporal ljusartefakt (TLA).

N.B. 2: En stillastående observatör och en icke-stillastående miljö är minimikrav för att upptäcka den stroboskopiska effekten, men inte begränsande. Detta innebär att den stroboskopiska effekten även kan upptäckas av en icke-stillastående observatör.

short-term flicker indicator

Symbol: P_{st}

Mått på flimmer, utvärderad under ett specificerat tidsintervall av relativt kort varaktighet.

P står för *Perceptibility* (uppfattbarhet) och *st* står för *short-term* (kortfristig).

N.B. 1: Tidslängden för mätningen är vanligtvis 10 minuter, i enlighet med IEC 61000-4-15.

N.B. 2: Den alternativa termen "short-term flicker severity" används i IEC 61000-3-3-3 och IEC 61000-4-15.

N.B. 3: short-term flicker indicator kan också betecknas P_{st}^V eller P_{st}^{LM} , för att ange och klargöra om IEC Flickermeter eller IEC Light Flickermeter har använts för att erhålla resultatet. V står för spänning (eftersom spänningen används som input i IEC Flickermeter) och LM står för ljusmätning (eftersom ljusvariation används som input i IEC Light Flickermeter).

stroboscopic effect visibility measure

Symbol: M_{VS}

Förkortning: SVM

Mått på synbarhet av stroboskopiska effekt, utvärderad under en viss tid.

N.B. 1: Tidslängden för mätningen är vanligen 1 sekund (minimum), i enlighet med CIE TN 006:2016.

IEC flickermeter

Mätinstrument konstruerat för att mäta en kvantitet som är representativ för flimmer och som använder spänning som input.

N.B. 1: Specifikationer för IEC Flickermeter finns i IEC 61000-4-15.

N.B. 2: Ett av resultaten från IEC Flickermeter är P_{st} , som också kan betecknas P_{st}^V för att klargöra att IEC Flickermeter användes i mätproceduren.

IEC light flickermeter

Mätinstrument konstruerat för att mäta flimmer till följd av temporala förändringar i ljusets intensitet, och som använder ljusintensitet som input.

N.B. 1: IEC Light Flickermeter är en modifiering av IEC Flickermeter.

N.B. 2: Ett av resultaten från IEC Light Flickermeter är P_{st}^{LM} , vilket är detsamma som P_{st} men med tillägget LM för att klargöra att IEC Light Flickermeter användes i mätproceduren.

SYMBOLER

P_{st} – short-term flicker indicator

P_{st}^V – short-term flicker indicator, P_{st} , där V indikerar att mätningar utförs med IEC flickermeter, som använder spänningen som input

P_{st}^{LM} – short-term flicker indicator, P_{st} , där beteckningen LM anger att mätningarna utförs med hjälp av IEC Light Flickermeter, som använder ljusintensitet som input

M_{VS} – stroboscopic effect visibility measure

Slutsatser

Temporal ljusmodulation (TLM), som i vardagligt tal kallas "flimmer", utgör ett hinder för potentiella energibesparingar och ett hot mot människors hälsa och välbefinnande. EU:s nya ekodesigndirektiv syftar till att reglera förekomsten av TLM i ljuskällor på EU:s marknad, men de standarder och rapporter som beskriver bakgrunden är tekniskt komplicerade.

Detta dokument är ett resultat av projektet "Flicker Explained" med målet att överbrygga klyftan mellan de tekniska dokumenten och belysningsindustrin. Dessutom är projektet motiverat till följd av de nya ekodesigndirektiven och begränsningarna på måtten för synbarhet av stroboskopisk effekt, stroboscopic effect visibility measure, ($M_{VS} < 0,9$) och short-term flicker indicator ($P_{st}^{LM} < 1$). Observera att från och med september 2024 kommer gränsen för synbarhet av stroboskopisk effekt att vara ännu strängare ($M_{VS} < 0,4$).

I vardagligt tal används ordet "flimmer" för att beskriva något som en lampa gör, som i "lampan flimrar". För att vara korrekt, och baserat på hur ordet flimmer definieras, är denna användning felaktig. Flimmer är inte något som en lampa gör – det är något du ser. Vad lampan gör, är att den ger upphov till *temporal ljusmodulation*, TLM, vilket i sin tur kan ge upphov till olika effekter, varav en är flimmer.

En del av orsaken till förvirringen är ursprunget till mätinstrumentet IEC Flickermeter och flimmermättet detta instrument ger: short-term flicker indicator P_{st} . Detta utvecklades med syftet att vara ett verktyg för att bedöma spänningsfluktuationer i elförsörjningen som ett medel för att undvika synligt flimmer från glödlampor, som var den vanligaste ljuskällan på den tiden. På sätt och vis kan man säga att beträffande IEC Flickermeter och P_{st} är det man "mäter" eller registrerar (spänningen) inte det man får ett "mått" på (ljusflimret).

Nedan följer en lista över några troliga "fallgropar" som det är bra att vara medveten om när man arbetar med TLM, flimmer och måtten P_{st} och M_{VS} .

- Flimmer definieras som något subjektivt, men utvärderas på ett objektivt sätt.
- Ordet temporal kan i medicinska sammanhang avse det sidoområde av hjärnan/skallen som ligger nära

tinningarna. I TLM hänvisar dock temporal till något som har med tid att göra.

- P_{st} , P_{st}^{LM} och P_{st}^V är symboler för ett och samma mått: short-term flicker indicator, som är ett mått på flimmer. De olika symbolerna används för att ange vilket mätinstrument som använts: P_{st}^{LM} anger att IEC Light Flickermeter användes (dvs. att ljuset registrerades) och P_{st}^V anger att IEC Flickermeter användes (dvs. att spänningen registrerades).
- P står för "Perceptibility" (uppfattbarhet).
- st står för "short-term" (kortvarigt).
- LM står för "Light Measurement".
- Det korrekta namnet för P_{st} är "short-term flicker indicator". Den har dock många namn i litteraturen, bland annat *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*, och *short-term flicker metric*.
- Symbolen M_{VS} för Stroboscopic effect Visibility Measure förväxlas ofta med förkortningen av detsamma: SVM.

Det är värt att notera att forskningsområdet TLM är mycket aktivt. Det måste betonas att SVM och P_{st}^{LM} endast är mått på visuella effekter. För närvarande finns det inga mått för icke-visuella effekter, t.ex. huvudvärk, migrän och ögonbesvär eller för den delen effekter på kognitiva prestationer och läshastighet. Dessa neurologiska och kognitiva effekter är förmodligen allvarigare än de visuella effekterna, eftersom de som lider av dem inte nödvändigtvis är medvetna om att det kan vara en ljuskälla bidra till deras problem. Det behövs mer forskning på detta område.

Projektet Flicker Explained har också tagit fram ett dokument "Flicker explained – Interpretation of the Technical Report IEC 61547", som innehåller förslag till förbättringar och ändringar av både text och figurer i IEC 61547, tillsammans med en instruktion om hur man bygger upp en TLM-mätningssuppställning.

Rapporten finns tillgänglig via www.design.lth.se/ljuslaboratoriet.

Tack

Detta arbete har fått stöd från Energimyndigheten genom EELYS-projektet "Flicker Explained" (projektnr. P2021-00030), och har utförts i samarbete mellan Lunds universitet och Danmarks tekniska universitet (DTU).

Ett särskilt tack riktas till 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) och 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 (2016).
21. IEC TR 63158:2018 *Equipment for general lighting purposes - Objective test methods for stroboscopic effects of lighting equipment*. (2018).

KONTAKT



Johannes Lindén, Forskningsingenjör
Designvetenskaper, Lunds tekniska högskola
johannes.linden@design.lth.se

*Denna skrift har tagits fram i ett
samarbete mellan Lunds tekniska
högskola (LTH) och Danmarks
Tekniske Universitet (DTU), med
stöd av Energimyndigheten.*



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

ISBN

978-91-8039-524-3 (tryck)

978-91-8039-525-0 (digital version)

www.design.lth.se