



LUND UNIVERSITY

Flimmer

et teknisk overblik

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). *Flimmer: et teknisk overblik*.

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



Flimmer

– et teknisk overblik

JOHANNES LINDÉN | LTH, LUNDS UNIVERSITET

CARSTEN DAM-HANSEN | DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET



Indhold

Introduktion	3
Hvad er flimmer?	4
Hvorfor opstår TLM?	6
Hvordan måler man TLM?	6
Hvorfor er dette vigtigt?	7
Nogle præciseringer	8
Slutord	11

Introduktion

Flimmer kan være irriterende, men frem for alt kan det have en negativ effekt på menneskers sundhed, og forårsage irritation, hovedpine, overanstrengelse af øjne og migræne. Med introduktionen af LED baserede lyskilder og lamper er flimmer igen blevet et problem. 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 grænseværdier for flimmer, hvilket skaber et akut behov for at udbrede viden om flimmer, og hvordan det skal måles.

Hvad er flimmer?

I daglig tale bruges ordet flimmer oftest til at beskrive noget, som en lampe eller lyset fra en lampe *gør*, nemlig at det hastigt blinker eller fluktuerer i intensitet. Ud fra ordet flimmer's videnskabelige definition, er dette faktisk forkert. At flimre er ikke noget, en lampe *gør*. Flimmer er noget, *man ser*. Hvad *lampen gør*, er at den giver anledning til en *tidslig lys modulation*, eller TLM (Temporal Light Modulation), altså lys der varierer/moduleres med tiden.

TLM kan give anledning til flere forskellige observerbare effekter, hvoraf flimmer er en. Tre effekter er defineret:

1. Flimmer

Hvis du ser, at lysintensiteten fra en lampe varierer – så ser du *flimmer*. Men dette gælder kun, hvis du ikke bevæger dine øjne, og lyskilden heller ikke bevæger sig. Det indebærer, at flimmer kun kan ses, så længe moduleringsfrekvensen er under ca. 90 Hz. Over 90 Hz kan vores øjne ikke længere se disse tidslige variationer.

2. Stroboskopiske effekter

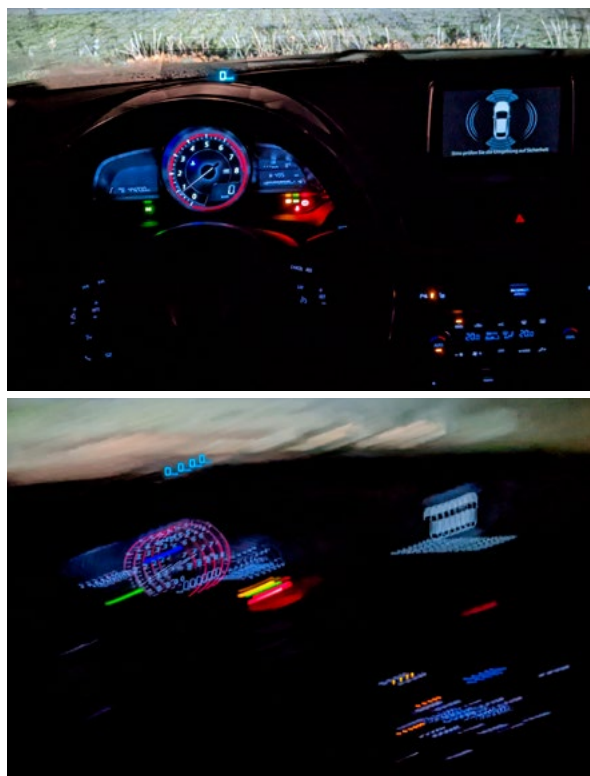
Men hvis der er bevægelse involveret, f.eks. at lyskilden bevæger sig, eller hvis noget bevæger sig i lyset (f.eks. en hånd eller en blyant), og man ser mønstre, så kaldes dette *stroboskopiske effekter*, se figur 1.



Figur 1: Illustration af stroboskopisk effekt. Foto: J.Rydeman

3. Phantom array effect

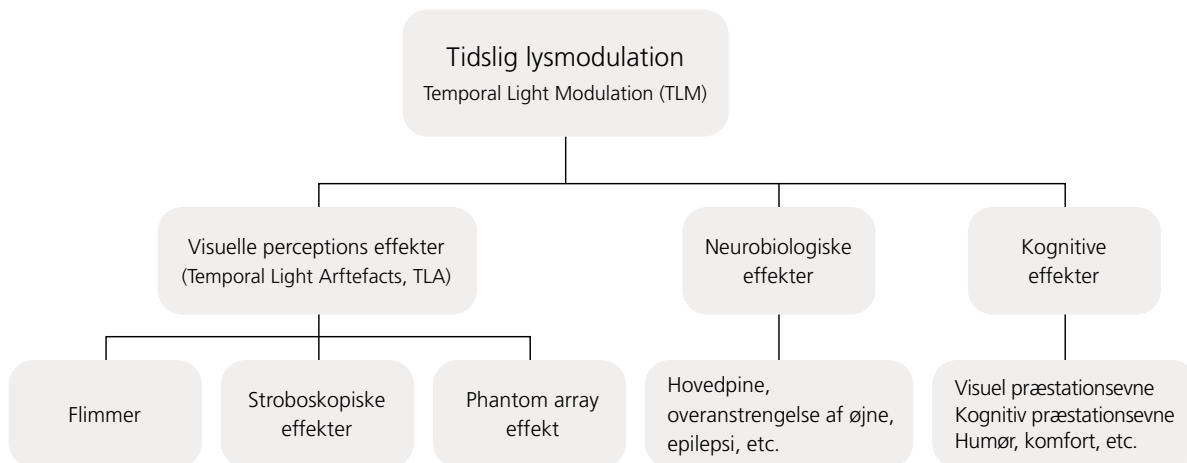
Og endelig er der en tredje effekt, som forekommer med hurtige øjenbevægelser. Hvis du ser mønstre i det korte øjeblik, du bevæger øjnene, ser du *Phantom arrays*, se Figur 2.



Figur 2: Illustration af phantom arrays. Foto: J.Ledig

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.

Alle disse tre effekter – flimmer, stroboskopiske effekter og Phantom array effects – er eksempler på tidslige lysartefakter eller TLA's (Temporal Light Artefacts) som forårsages af en tidslig lysmodulation, se figur 3.



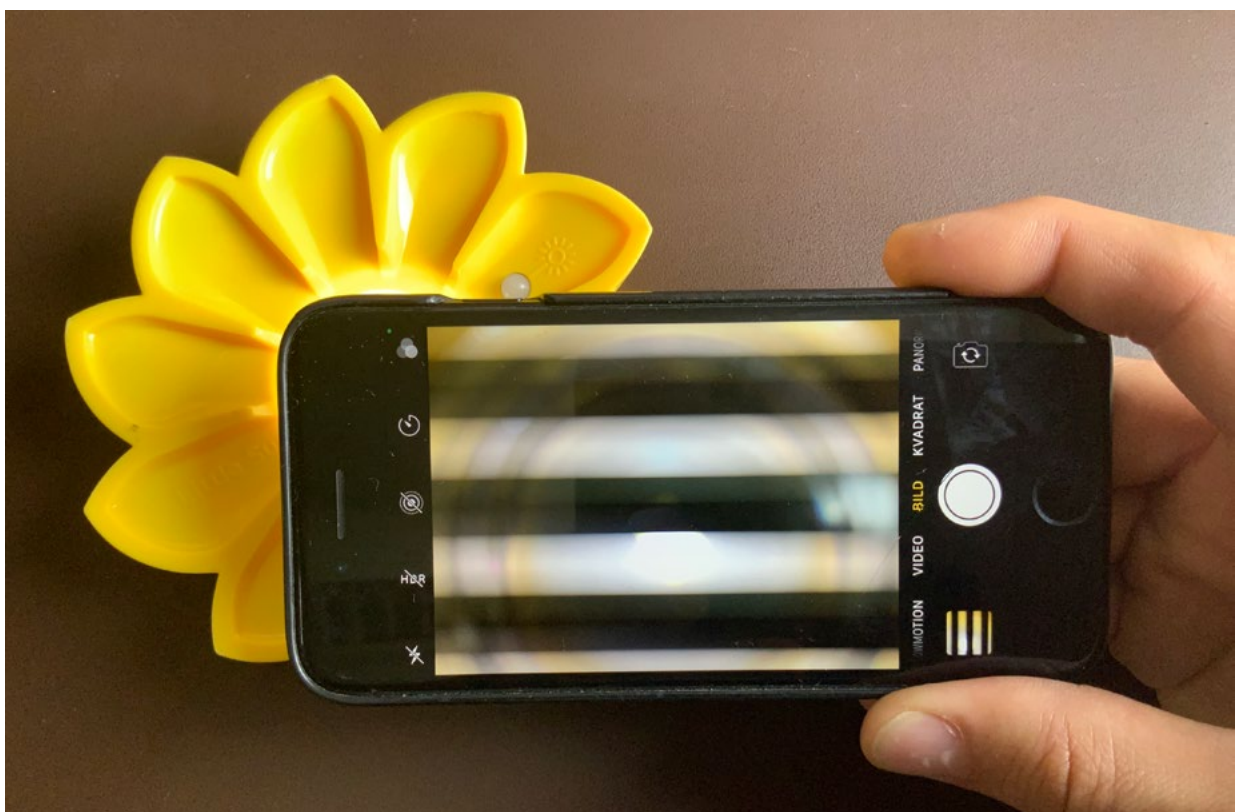
Figur 3: Oversigt over forskellige effekter som følge af tidslig lysmodulation (TLM)

Disse tre lysartefakter er pr. definition visuelle effekter. Men det har også vist sig, at TLM kan forårsage ikke-visuelle effekter, såsom hovedpine, migræne og anstrengelse af øjne. Det kan også påvirke den kognitive ydeevne og læsehastighed. 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 tidslige lysartefakter, da de mennesker, der er berørt af dem, ikke nødvendigvis altid er klar over eller forstår, at det netop er lyset, der er årsagen til problemerne.

Ud over disse effekter på mennesker kan TLM også påvirke dyr, såsom høns, samt billedkvaliteten forbundet med fotografering og videooptagelse. Ved brug af kameraer på telefoner og computere, kan der forekomme rullende stribemønstre på skærmen, se Figur 4. De kan derfor bruges til at påvise TLM.

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



Figur 4: Artefakter ved videooptagelse af lyskilde med TLM

Hvorfor opstår TLM?

Når det kommer til LEDer, er det vigtigt at påpege, at det aldrig er selve lysdioden, der forårsager modulationen. Det er altid driverelektronikken, der bevirker modulationen. Da vi har 230 volt vekselstrøm i stikkontakterne, skal dette transformeres ned til lavere spænding og til jævnstrøm, og modulationen sker på grund af elektriske komponenter. Det kan være en udfordring at få plads til al elektronikken i en E14-fatning, men det er bestemt muligt. Der er masser af LED-pærer på markedet, der slet ikke modulerer.

Men for producenten kan det nogle gange være billigere at fravælge vigtige komponenter, der ville eliminere modulation og flimmer.

Faktum er, at selv den gamle glødepære også modulerede til en vis grad. Men LED (som står for Light Emitting Diode), dvs. en lysemitterende diode, er en diode, en ensretter. Den vil kun have strøm i én retning, nemlig jævnstrøm. Og en konstant jævnstrøm giver totalt moduleringsfrit lys.

Hvordan måler man TLM?

Igennem 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 udviklet, når lyskilder kun modulerede ved den dobbelte netspændingsfrekvens på 100 Hz (f.eks. lysstofrør og glødelamper). De tager således ikke hensyn til frekvensen og er dermed uegnede til måling på lyskilder, der modulerer ved andre frekvenser.

Da problemer med flimmer og lysmodulation kan forekomme ved alle mulige forskellige frekvenser, når det kommer til LED-lyskilder, har der været forsket i, hvordan man måler og kvantificerer effekterne af TLM på mere nøjagtige måder.

I øjeblikket findes der to målestandarder: 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_{15} for stroboskopiske effekter (op til og med 2000 Hz).

Begge mål er designet således, at en måleværdi på 1 betyder, at effekterne er synlige i 50% af tilfældene for en standardobservatør.

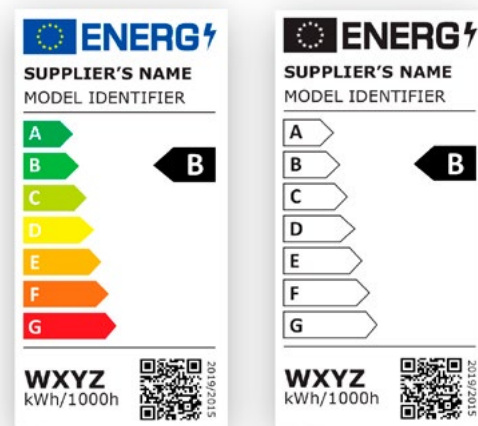
Desværre er der endnu ingen måleparameter for Phantom arrays. Men hvad værre er, er at der heller ikke er nogen målestandard for de mest alvorlige effekter – de neurologiske og kognitive effekter. Det er disse effekter, der burde danne grundlag for grænseværdierne for tidlig modulation TLM af generel belysning. Men mere forskning er nødvendig her.

Hvorfor er dette vigtigt?

Heldigvis er man i EU blevet enige om grænseværdier for flimrer og stroboskopiske virkninger i de opdaterede ecodesign direktiver med det resultat, at fra september 2021 må P_{st}^{LM} ikke overskrive en værdi på 1, og stroboscopic effect visibility measure (SVM) må ikke overskrive en værdi på 0.9, hvilket skærpes til 0.4 fra september 2024. Disse værdier gælder for "full load", dvs. i ikke-dæmpet tilstand. Man skal være opmærksom på at disse grænseværdier gælder for belysningsprodukter som forhandles på EU's marked, men at det kan være hensigtsmæssigt med forskellige grænseværdier for forskellige anvendelsesområder. F.eks. kan man tænke sig lavere grænseværdier for skoler og sygehus, sammenlignet med lagerlokaler.

Med indførelsen af disse nye grænseværdier skabes der et presserende behov for at udbrede viden om TLM, og hvordan det skal måles.

De effekter, der forekommer i et mobilkamera (se Figur 3), kan bruges til at give en indikation af, om en lyskilde flimrer. Det er vigtigt, at kameraet holdes så tæt på lyskilden som muligt. Hvis der så ikke opstår sribemønstre på skærmen, er det ret sikkert, at lampen ikke flimrer. Det er dog ikke en sikker måle at måle flimrer på. Stribemønstre kan opstå selvom lampen ikke giver anledning til flimrer. Men man kan bruge mobilkameraet på en anden måde, når man skal købe LED-lyskilder. I forbindelse med den opdaterede ecodesign forordning indførte EU et nyt energimærke, og dette mærke indeholder en QR-kode, jf. Figur 5. Hvis denne kode scannes med mobilkameraet, dirigeres man till EPREL-databasen (European Registry for Energy Labelling), hvor yderligere information om produktet findes, f.eks. værdier for "Flicker metric" og "Stroboscopic effect metric" – henholdsvis P_{st}^{LM} og 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.



Figur 5: Eksempel på det nye energimærke i EU

En vigtig grund til, at der er mere fokus på flimrer og TLM, er de ikke-visuelle effekter, der er nævnt ovenfor, såsom hovedpine, migræne, overanstrengelse af øjne og indvirkningen på f.eks. kognitiv ydeevne og læsehastighed. At TLM giver anledning til både visuelle og ikke-visuelle effekter er ubestridt. Det store endnu ubesvarede spørgsmål er, hvor stor betydning de *ikke-visuelle* effekter har i forhold til de visuelle.

Det er relativt let at teste de visuelle effekter, men det er sværere med de ikke-visuelle. Udfra forskningsresultater ser det imidlertid ud til, at TLM's betydning for disse effekter er stor for en undergruppe af individer i befolkningen, som er mere følsomme end andre over for visuel stress. Hvad er virkningerne af TLM på denne undergruppe? Hvilke virkninger har forskellige TLM-forhold på de fysiologiske, adfærdsmæssige og sundhedsmæssige områder? Hvor stor en rolle spiller andre parametre ud over frekvensen af flimrer for effekterne? Disse spørgsmål bør ligge til grund for den fremtidige forskning omkring TLM og menneskers velvære. Indtil da vil det være klogt at anvende forsigtighedsprincippet.

Nogle præciseringer

Med EU's opdaterede ecodesign forordning stilles som nævnt for første gang krav til lyskilder, der sælges på EU-markedet: SVM må ikke være højere end 0,9 (og 0,4 fra 2024) og P_{st}^{LM} må ikke være højere end 1,0. Det er producenterens ansvar at disse krav opfyldes, og de offentlige myndigheder kan på sin side kræve dette. Som altid i sådanne sammenhænge kræves der standarder, klare definitioner og en konsekvent terminologi for at det skal være klart for alle hvad der snakkes om.

For SVM og P_{st}^{LM} findes der de to dokumenter IEC TR 63158 og IEC TR 61547, som er publiceret af International Electrotechnical Commission (IEC). Frem for alt er der en del detaljer som det er værd at klargøre når det gælder rapporten som omhandler flimmer og P_{st}^{LM} , IEC TR 61547.

Til at begynde med kan det være på sin plads at gentage, at flimmer defineres som noget perceptuelt, dvs. noget subjektivt, og at dette dermed ikke er i overensstemmelse med, hvordan ordet flimmer bruges i hverdagen. Men når det er sagt, kan det være værd at påpege, at P_{st}^{LM} på den måde, den er beskrevet i IEC TR 61547, er beregnet til at måle flimmer *objektivt*. Hvordan kan man objektivt måle noget subjektivt? Uden at gå ind i en semantisk eller filosofisk diskussion, lad os bare bemærke, at denne situation ikke er væsentligt forskellig fra, hvordan vi behandler måling af lys generelt. Lys kan også defineres som noget subjektivt, noget der gør indtryk. Ikke desto mindre er det stadig muligt at måle lys objektivt ved hjælp af for eksempel en lysmåler. Ligesom måling af elektromagnetisk stråling kan undersøges under hensyntagen til det menneskelige øjes følsomhed, kan lysintensitetsvariationer undersøges med en flimmermåler, der giver en værdi som resultat.

Den næste detalje, der skal afklares, er, at den måleparameter der præsenteres i IEC 61547 hedder P_{st} , ikke P_{st}^{LM} . For at udrede dette skal vi se lidt på baggrunden for IEC 61547 og måleparameteren for flimmer.

Den lysflimmermåler som beskrives i IEC 61547 (i det følgende benævnt **IEC-lysflimmermåleren**) blev udviklet som en konsekvens af introduktionen af LED-lyskilde og lamper og var baseret på en tidligere flimmermåler (som vi fremadrettet kalder **IEC-flimmermåleren**). IEC-flimmermåleren blev til på et tidspunkt, hvor glødepæren var den mest almindelige lyskilde, og formålet med denne måler var at sikre, at variationerne i netspændingen var af god nok kvalitet, så glødepærene ikke gav anledning til flimmer.

Med IEC-flimmermåleren registreres netspændingen (ikke lysets variationer), og ud fra dette *simuleres* det, hvor synligt flimmeret fra en 60 W glødelampe ville have været, hvis den havde været tilkoblet den registrerede netspænding. Målet givet af IEC-flimmermåleren var short-term flicker indicator, P_{st} . IEC-flimmermåleren og P_{st} er således baseret på glødepæren. Dette var rimeligt på det tidspunkt, da glødepæren var den mest almindelige lyskilde, og derfor fandtes der en næsten direkte sammenhæng mellem variationer i netspænding og variationer i lys. Med tanke på dette, kunne man sige at P_{st} er et mål for netspændingskvalitet udtrykt i flimmer fra en 60 W glødepære.

Det faktum at IEC-flimmermåleren registrerer netspændingen, men giver et mål for lysflimmer, har ført til delte meninger om, hvad P_{st} faktisk er et mål for: spænding eller lys? I el-sammenhæng ses P_{st} ofte som et mål for netspændingsvariationer, mens det i lys-sammenhæng ses som et mål for lysflimmer. Svaret er, at P_{st} er et mål for lysflimmer, intet andet. Men for at få en værdi for lysets flimmer skal netspændingsvariationerne registreres.

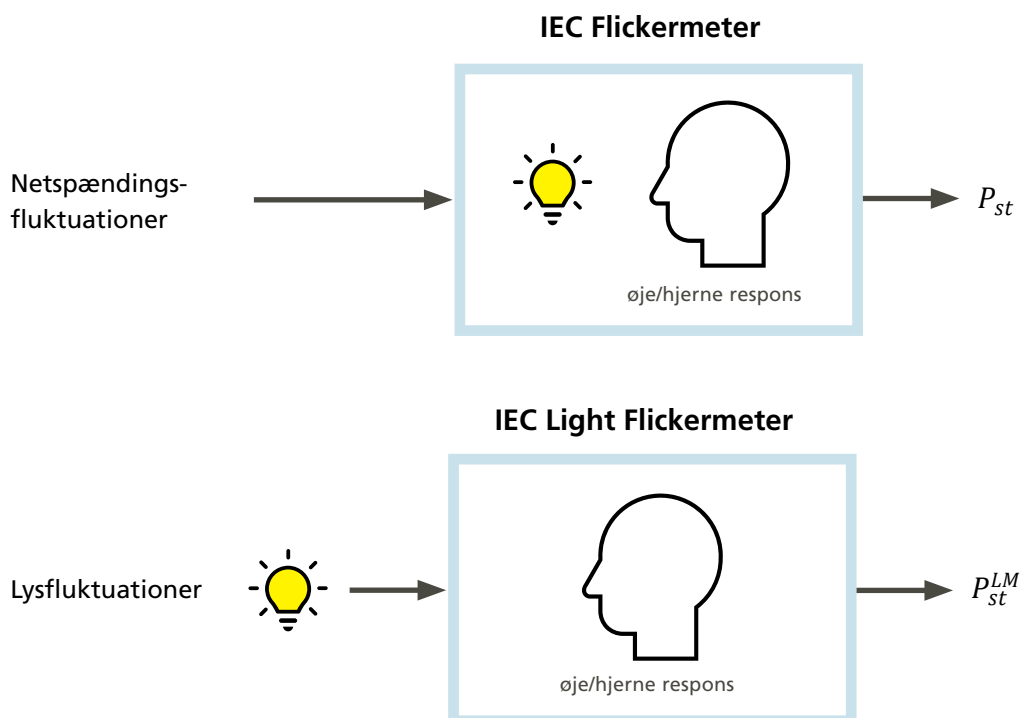
Med dette følger en interessant observation: hvad du "måler" eller registrerer (i dette tilfælde netspændingen), er ikke nødvendigvis det du får et "mål" for (lysflimmer). Men det er faktisk tilfældet i mange andre situationer, når noget måles, såsom temperatur. Temperatur kan måles på flere måder, f.eks.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

I det ene tilfælde registreres en ændring i volumen og i det andet spænding. Fremgangsmåden for at måle er forskellige, men det endelige mål er i begge tilfælde temperatur.

Da LED-lyskilder og lamper blev introduceret, var der ikke længere en direkte forbindelse mellem spændingsvariationer og lysvariationer. Således blev der udviklet en flimmermåler, der registrerede lysvariationerne direkte, uanset lyskilde eller netspændingsvariationer – IEC-lysflimmermåleren. For at præcisere hvilken type måler, der anvendes i måleproceduren, blev et andet symbol for short-term flicker indicator introduceret i IEC 61547: P_{st}^{LM} , hvor LM står for "Light Measurement".

Således registrerer IEC-flimmermåleren netspænding, og det resulterende mål betegnes P_{st} , mens IEC-lysflimmermåleren registrerer lysintensitetsvariationer, og det resulterende mål betegnes, P_{st}^{LM} . Se illustration i figur 6.

I et forsøg på at "undgå misforståelser" blev yderligere et andet symbol introduceret i IEC 61547: P_{st}^V , hvor V indikerer at det er spænding (voltage) som registreres, altså at IEC flimmermåleren anvendes. Med andre ord P_{st}^V er præcis det samme som P_{st} .



Figur 6: To versioner af flimmermålere, med forskelligt input, men med samme resulterende måleparameter.

En forklaring på uklarhederne kan muligvis være, at rapporten er kommet til i krydsfeltet mellem to discipliner – elektricitet og lys.

Det hele bliver ikke bedre af den inkonsekvente terminologi i de rapporter, der berører emnet. Bare i IEC 61547 har P_{st} , short-term flicker indicator, en række forskellige navne: *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*.

Det fremgår af rapporten, at LM som sagt står for Light Measurement, samt at st står for short-term. Men det er lidt bemærkelsesværdigt, at det ikke er klart, hvad P står for. I løbet af dette arbejde forekommer det dog mest rimeligt, at P skal stå for "Perceptibility", men der er også kommet en flere forslag: Planning levels, Pegel (niveau på tysk), Papillotement (flimmer på fransk) eller selv Paracetamol (eftersom mere flimmer forårsager mere hovedpine).

Tabellen nedenfor opsummerer, med noter, de vigtigste informationer om TLM-mål, der omtales i denne tekst.

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

* I el-sammenhænge kan termen "short-term flicker severity" forekomme.

** 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).

*** SVM anvendes som forkortelse for Stroboscopic effect Visibility Measure, men selv, fejlagtigt, som dets symbol.

Slutord

Denne tekst er et resultat af projektet "Flicker Explained", som er et samarbejde imellem Lunds Universitet og Danmarks Tekniske Universitet (DTU). Projektet har fået støtte af Energimyndigheden, igennem EELYS projektet "Flicker Explained" med nr. P2021-00030.

Projektet har også produceret to andre publikationer:

- Flicker explained: interpretation of the Technical Report IEC 61547, som er en detaljeret gennemgang af den tekniske rapport IEC 61547, indeholdende forklaringer og forslag til ændringer.
- Flicker Explained - Guide to IEC 61547 for the lighting Industry, som er en kortfattet version af den første og beregnet til at tjene som en guide til interesserede indenfor belysningsindustrien. Tillgængelige på engelsk, svensk og dansk.

Alla rapporter produceret i projektet Flicker Explained findes tillgængelige via www.design.lth.se/ljuslaboratoriet.

KONTAKT



Johannes Lindén, Forskningsingeniør
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 Energimyndigheden i Sverige.



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

ISBN

978-91-8039-532-8 (tryk)

978-91-8039-533-5 (digital version)

www.design.lth.se