

TESTMETODER FOR LEVETID AF LED-BELYSNINGSPRODUKTER

Nyt litteraturstudie omkring levetidstest af LED og LED-produkter udarbejdet af Lighting Research Center for IEAs Solid State Lighting Annex peger på, at nye testmetoder skal kunne forudsige både parametriske og tidlige katastrofale fejl, og at på EU's nye udholdenhedstest er potentiel succesfuld

AF CARSTEN DAM-HANSEN, SENIORFORSKER OG DENNIS DAN CORELL, FORSKNINGSIINGENIØR, DTU FOTONIK

Selv om LED-teknologi igennem det sidste årti har overtaget belysningsmarkedet, og LED-belysningsprodukter er den foretrukne lyskilde til langt de fleste anvendelser, mangler vi stadig en standard, der klart definerer levetiden af LED-systemter og en testmetode til estimering af levetiden af LED-belysningsprodukter.

Hvordan fejler LED-produkter?

Et LED-belysningsprodukt består af flere forskellige dele, LED-komponenter og printplader, optiske elementer som linser, reflektorer og diffusere, driverelektronik, elektriske forbindelser, lodninger og kølingselementer og mekaniske dele. LED-komponenter kan være enkelt LEDer, LED-arrays eller LED-moduler. En fejl i en enkelt af disse dele kan medføre, at hele systemet fejler. Et LED-belysningsprodukt kan principielt fejle igennem to typer af fejl, som er fundamentalt forskellige mekanismer:

Katastrofale fejl:

En ændring, som fører til et pludseligt ophør af lysstrømmen fra et LED-system. Det kan forårsages af f.eks. brudte lodninger og elektriske forbindelser eller fejl i driverelektronik.

Parametriske fejl:

En ofte langsom ændring over tid ud over en bestemt tærskelværdi for LED-systemets parametre. Det er oftest lysstrømmen, hvor en relativ nedgang i lysstrøm i forhold til den oprindelige lysstrøm på 30% svarende til L70 (eng. luminous flux maintenance), men det kan også være kromaticitet, altså en ændring i farven af lyset fra LED-systemet. Det måles ved en given afstand i CIE 1976 u^*v^* -kromaticitetsdiagrammet, med n -step u^*v^* -cirkler.



Figur 1: Foto af laborietest af LED-belysningsprodukter, hvor 15 enheder af hver type testes ifølge EU's udholdenhedstest og LM-84. Foto: Carsten Dam-Hansen, DTU Fotonik.

En katastrofal fejl er nem at identificere, men da et LED-produkt efter en parametriske fejl godt kan have en funktionalitet og udsende lys, kan det være svært for en forbruger at afgøre om et LED-produkt har fejlet eller ej.

Testmetoder

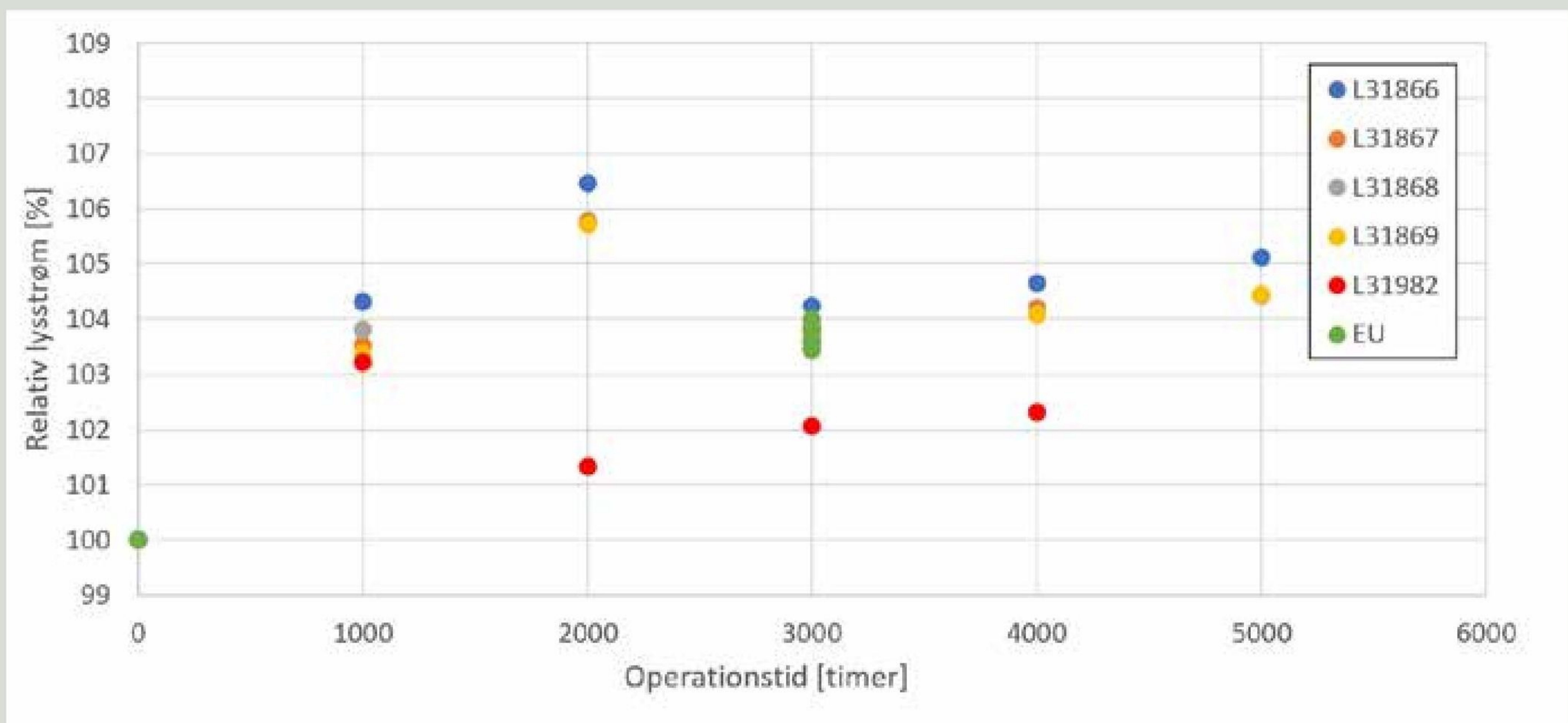
Med en levetidstest ønsker man at kunne estimere levetiden af et LED-belysningsprodukt igennem en testmetode, som kan tage højde for begge typer af fejlmekanismer, og som ikke er for langvarig.

Problemet er, at langt de fleste levetidstestmetoder, der anvendes i øjeblikket, udelukkende tager højde for den parametriske fejl; den meget langsomme aftagen i lysstrømmen under kontinuerlig drift, som er en egenskab ved LED-komponenter og

afhænger af operationsstrømmen og temperaturen af LED-chippen.

LM-80² er en standardiseret metode til måling af lysstrøms- og farvevedligeholdelse af LEDer, LED-arrays, og LED-moduler, altså de LED-komponenter som kan indgå i et LED-belysningsprodukt. En LM-80 rapport er resultatet af en minimum 6000 timers test ved tre forskellige operationstemperaturer, som 55, 85 og 105°C, og forskellige operationsstrømme. Langt de fleste LED-producenter får udført LM-80 test af deres produkter, og man vil kunne finde LM-80 rapporter på deres hjemmesider.

For hele LED-belysningsprodukter specificerer LM-84³ en testmetode til bestemmelse af lysstrøms- og farvevedligeholdelse af LED-lyskilder, og armaturer.



Figur 2. Målt relativ lysstrøm fra LED-rør i forhold til initialværdien ved 0 timer for ti enheder ifølge EU's udholdenhedstest, målt ved 3000 timer og for fem enheder målt hver 1000 time ifølge LM-84. Der ses at være god overensstemmelse imellem enhederne for de to test på nær en enkelt enhed der falder ved 2000 timer.

Her testes op til seks enheder af produktet i op til 6000 timer, hvor der måles for hver 1000 timer. Herudfra kan levetiden ved L70 estimeres ved ekstrapolation til maksimalt 36.000 timer⁴. Hvis der findes en LM-80 rapport for LED-komponenterne i produktet, kan disse data for den aktuelle operationstemperatur og operationsstrøm benyttes og levetidstesten gennemføres ved en kun 3000 timers test af hele produktet.

Katastrofale fejl

Selvom LED-belysningsprodukter igennem disse test angives som havende meget lange levetider, har forskning vist, at katastrofale fejl ikke er ualmindelige og kan være dominerende for erstatningslyskilder og armaturer. Og forskning har også vist, at periodevis tænd/sluk har en indflydelse på levetiden af LED-systemer. Det ser man helt bort fra ved brug af de to testmetoder, hvor produkterne kontinuert er tændt. Det fremgår af det nye litteraturstudie omkring levetidstest af LED og LED-produkter udarbejdet af Lighting Research Center for IEAs Solid State Lighting (SSL) Annex¹. Her peges der på, at levetiden afhænger af operationstemperatur, omgivelsestemperatur og fugtighed, men også af forbrugsmønstret, og at en levetidstestmetode skal kunne forudsige både parametriske og katastrofale fejl og estimere levetiden herudfra.

Rapporten anbefaler EU's nye udholdenhedstest⁵ som en potentielt succesfuld levetidstestmetode, som LED-belys-

ningsprodukter ifølge den nye forordning skal kunne gennemgå fra den 1. september 2021. Metoden benytter i alt 1200 cykler med en lang tænd periode på 2½ time, og en sluk periode på ½ time. Det svarer til en tid på 3000 timer, hvor produktet er tændt. Den lange tændperiode i en cyklus sikrer, at LED-komponenterne opnår den maksimale operationstemperatur, hvilket leder til parametriske fejl, og slukperioden sikrer, at temperaturen varierer maksimalt ned til omgivelsestemperaturen og dermed udøver termisk stress på produktet, som kan lede til katastrofale fejl.

Laboratorietest

DTU Fotonik har opbygget et laboratorium til levetidstest og kører sammenlignende test med kontinuerte og tænd/sluk-testmetoder. Der testes således ti enheder ifølge EU's udholdenheds test og fem enheder efter LM-84 af forskellige typer af LED belysningsprodukter. Første test på 25 W LED T8 rør med længde på 150 cm har vist, at alle enheder overlevede udholdenhedstesten, og som det ses på figur 2, er ændringen i lysstrøm over tid den samme for de to test ved 3000 timer og der ses en lille relativ stigning i lysstrømmen på 103.7 %. Test af LED-belysningsprodukter med nominelle levetider på omkring 15.000 timer er i gang, og det forventes, at tænd/sluktest vil have større indflydelse på disse, end på LED-røret, som har en nominal levetid angivet til 50.000 timer.

Arbejdet med levetidstest af LED-belysningsprodukter indgår i projekter støttet af EUDP; Globale SSL kvalitetskrav og test - IEA-4E-SSL (64018-0534), Energibesparende LED Smart Tube i intelligente løsninger (64017-05144) og Elforsk i DoLEDlast (352-015).

Noter:

1. "Literature Summary of Lifetime Testing of Light Emitting Diodes and LED Products", IEA SSL Annex, (2021) https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2021/06/SSL-Annex-Lifetime-Literature-Review-Report-by-the-LRC_final.pdf
2. IES LM-80-20, "IES Approved Method: Measuring Luminous Flux and Color Maintenance of LED Packages, Arrays and Modules", IES, New York, (2020)
3. IES LM-84-20, "Approved Method: Measuring Optical Radiation Maintenance of LED Lamps, Light Engines, and Luminaires", IES, New York, (2020)
4. IES TM-28-20, "Technical Memorandum: Projecting Long-Term Luminous Flux Maintenance of LED Lamps and Luminaires", IES, New York, (2020)
5. KOMMISSIONENS FORORDNING (EU) 2019/2020 af 1. oktober 2019 om fastlæggelse af krav til miljøvenligt design af lyskilder og separate styreanordninger, Annex V, Konsolideret tekst af 1-7-2021: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/HTML/?uri=CELEX:02019R2020-20210701&qid=1629361796204&from=EN>