

Richtlijn voor de toepassing van nieuwe lamptypen in verkeersregelinstallaties

-

Grensvlakdefinities

-

Uitgave 3-2 – Januari 2004

Boerhavelaan 40

Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer
Telefoon (079) 353 12 45
Telefax (079) 353 13 65
E-mail: astrin@fme.nl

©2003. ASTRIN. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het ASTRIN-secretariaat.

De ASTRIN-leden behouden zich het recht voor om delen van dit document op elk gewenst moment te wijzigen, zonder voorafgaande of directe kennisgeving aan de gebruiker. De inhoud van dit document kan eveneens worden gewijzigd zonder voorafgaande waarschuwing. Dit document is informatief van aard. Aan de inhoud hiervan kunnen geen rechten worden ontleend.

Voorwoord

De laatste jaren komen verkeerslantaarns op de markt, waarbij in de armaturen niet langer een lamp met een gloeidraad wordt toegepast, maar waarbij de lichtbron is opgebouwd uit meer lichtpunten. Dit is onder meer het geval bij de zogenaamde LED-lantaarns. Aan verkeerslantaarns werden tot nu toe vooral lichttechnische eisen gesteld; het elektrisch gedrag van de traditionele (gasgevulde) gloeilampen werd daarbij niet expliciet voorgeschreven. Bij de toepassing van *light emitting diodes* (LED's) in verkeersregelinstallaties bleek het echter noodzakelijk om deze eisen wél nadrukkelijk te stellen, vooral met het oog op het afwijkende faalgedrag, het energieverbruik en het dimgedrag van de LED-elementen.

Met deze publicatie willen de leden van ASTRIN de overige marktpartijen behulpzaam zijn bij het eenduidig formuleren van nadere eisen, die gesteld moeten worden aan moderne verkeerslantaarns en de bewaking daarvan door het regeltoestel. Daarbij gaan wij vanzelfsprekend uit van de handhaving van het in Nederland bestaande, genormeerde veiligheidsniveau van verkeersregelinstallaties (paragraaf 2.1). Dit resulteert in een aantal *algemene aanvullende eisen*, onafhankelijk van de toegepaste techniek (paragraaf 2.2).

Andere aanvullende bepalingen zijn wel afhankelijk van de toegepaste techniek. Omdat lampen voor verkeerslantaarns en verkeersregelinstallaties veelal niet gelijktijdig worden aangekocht, hechten wij aan de uitwisselbaarheid van lampen, zonder dat daarbij onverwachte problemen bij de werking en bewaking van verkeerslantaarns optreden. Om die reden introduceren wij het begrip *grensvlakdefinitie*, een eenduidige omschrijving van de onderlinge werking van verkeersregeltoestellen en verkeerslantaarns. Regeltoestellen en lampen van verschillende typen kunnen met inachtneming van een gemeenschappelijke grensvlakdefinitie afzonderlijk worden ontwikkeld en gekeurd en vervolgens willekeurig worden gecombineerd.

Wij zijn ons bewust van het feit, dat de ontwikkeling van verkeersregeltoestellen en optische techniek voortgaat en zullen zelf een bijdrage aan die ontwikkeling blijven leveren. De nu opgestelde grensvlakdefinities zullen dan ook op termijn door innovatie worden ingehaald en moeten worden aangevuld of vervangen. Deze publicatie is zo opgesteld, dat dit door toevoeging van een andere grensvlakdefinitie aan de *aanvullende bepalingen voor uitwisselbare verkeerslantaarns* (paragraaf 2.3) mogelijk is.

De ASTRIN-leden zullen zich bij productontwikkeling en bij de levering van verkeersregelinstallaties in Nederland houden aan de uitgangspunten van deze publicatie.

Zoetermeer, maart 2001
Het ASTRIN-bestuur

Voorwoord bij de derde uitgave

De eerste uitgave van de *grensvlakdefinities* heeft zich in een constructieve belangstelling van de markt mogen verheugen. In de loop van 2002 heeft KEMA in Arnhem de eerste keuringen verricht waarbij de bepalingen in deze eerste uitgave zijn getoetst. Mede op grond hiervan is deze derde uitgave samengesteld. Ten opzichte van de eerste en tweede uitgave zijn de onderstaande wijzigingen vermeldenswaard -

- De eisen voor elektromagnetische compatibiliteit voor Klasse I en Klasse II zijn aangevuld met eisen voor de arbeidsfactor en de totale harmonische vervorming van de lampstroom. Hierbij wordt aansluiting gezocht bij de Norm IEC 61000-3-2:2000 *Electromagnetic Compatibility – part 3-2 Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*. Wij realiseren ons dat deze Norm bedoeld is voor de netaansluiting van een gehele installatie, maar menen hiermee toch een realistische bepaling te formuleren, die voorkomt dat binnen deze klassen lampen worden toegepast die een sterk van de gebruikelijke sinusvorm afwijkende stroomafname hebben.
- Het toegelaten minimale stroomopname van Klasse II-lampen in defecte toestand is nu als vaste waarde gespecificeerd.
- De periode waarbinnen elektrische in- en uitschakelverschijnselen van de lamp worden toegelaten, is beperkt.
- Met het oog op het voorkómen van misverstanden bij lampremplace is een eis tot het aanbrengen van een markering op spanningsgestabiliseerde lampen opgenomen.
- De reactietijd van Klasse I en II aspecten bij falen.

Bij de opstelling van de *grensvlakdefinities* is er nadrukkelijk voor gewaakt om eisen *aanvullend aan de geldende Normen* op te nemen. Dat komt vooral tot uiting bij de eisen ten aanzien van het faalgedrag (paragraaf 2.2), waarin een onderschrijding van de normwaarden voor lichtsterkte en gelijkmatige luminantie niet toegelaten wordt. Dit kan leiden tot een defensief lantaarnontwerp, met een zeker surplus aan lichtsterkte en het aantal toegepaste lichtpunten. Wij zijn van mening dat het op de weg van de Normcommissie ligt om hiervoor eventueel nadere bepalingen op te stellen.

Sedert het verschijnen van de eerste uitgave van de *grensvlakdefinities* zijn er aankondigingen van led-lampen die zouden kunnen functioneren binnen een lagere vermogensband dan Klasse II nu aangeeft (7 – 15 W ongedimd). Hoewel de systematiek van de *grensvlakdefinities* klassen toelaat met een andere vermogensdefinitie, hebben wij deze nu nog niet toegevoegd met het oog op een betrouwbaar functioneren van de lampbewaking, ook bij grotere kabellengte en oxidatie van verbindingen.

Zoetermeer, november 2003
Het ASTRIN-bestuur

Register van wijzigingen versie 3-x

Versie 3-2: Zie blz. 10. Bij in- en uitschakelverschijnselen zijn de waarden 50ms geworden, hetgeen ook in de eerdere versie had moeten staan.

- De toepassing van LED's in verkeerslantaarns

1.1. Innovatieve aspecten

Tot voor kort was het gebruik van *light emitting diodes* (LED's) in verkeerslantaarns in Nederland nog niet mogelijk, doordat ze op een aantal punten niet aan de eisen voldeden. Daardoor was het gebruik van gloeilampen onvermijdelijk, met alle nadelen die daaraan kleven, zoals beperkte levensduur, de noodzaak tot preventieve lampremplace en een relatief hoog energieverbruik. Nieuwe ontwikkelingen in het productieproces van LED's hebben de toepassing ervan in verkeerslantaarns nu binnen bereik gebracht. Uitbreiding van het aantal kleurschakeringen dat betaalbaar te produceren is, en verhoging van de lichtsterkte maken een zinvol en – ook economisch – verantwoord gebruik bij kruispuntregelingen mogelijk.

De verschillende principes waarmee licht in gloeilampen en in LED's wordt opgewekt, zorgen voor een groot aantal voordelen van de LED-technologie ten opzichte van de gloeilamp. Bij gloeilampen wordt licht opgewekt door middel van warmte, waardoor de lamp tijdens het produceren van licht geleidelijk zichzelf te gronde richt en veel energie in de vorm van warmte verloren gaat. Licht wordt bij een LED geproduceerd door een kwantummechanisch proces in een halfgeleider dat niet thermisch is en derhalve een zeer lange levensduur van de LED mogelijk maakt.

De (wolfram) gloeidraad van een gloeilamp wordt tijdens het in werking zijn van de lamp geleidelijk verbruikt, waardoor deze steeds kwetsbaarder wordt voor hoge inschakelstromen en trillingen. Het halfgeleidermateriaal en de aansluitingen van een LED zijn volledig gefixeerd in een epoxybehuizing waardoor deze ongevoelig is voor trillingen en schokken.

De genoemde eigenschappen maken onder meer een zeer lange levensduur van een verkeerslantaarn in LED-technologie mogelijk met daarbij een relatief laag energieverbruik. Bovendien zorgt de redundantie die inherent is aan de toepassing van LED's ter vervanging van gloeilampen, voor een geleidelijke uitval in plaats van de bij een gloeilamp gebruikelijke, plotseling optredende fatale fout. Een 'LED-lamp' bestaat immers uit een aantal onafhankelijke lichtbronnen. Uiteraard moet bij het ontwerp dan wel op een verstandige manier omgegaan worden met de gevolgen van een dergelijke geleidelijke uitval.

Het energieverbruik van de huidige verkeerslantaarns in LED-uitvoering zal overigens wel lager zijn dan dat van lantaarns in een andere uitvoering, maar de verschillen zullen vaak geringer zijn dan op het eerste gezicht verwacht. De meeste verkeerslantaarns in Nederland zijn immers op het ogenblik al voorzien van krypton- of halogeenlampen die bij een bepaalde lichtsterkte al een veel lager energieverbruik hebben dan gewone gloeilamp (35 – 40 W in plaats van 60 – 100 W).

1.2. Ontwerpuitgangspunten met het oog op functionaliteit en veiligheid

Een verkeerslantaarn moet uiteraard zo ontworpen worden, dat aan alle in de betrokken normen opgenomen optische, elektrische en mechanische eisen voldaan wordt. De verkeerslantaarn maakt echter deel uit van een systeem: de verkeersregelinstallatie. Binnen dit systeem heeft het verkeersregeltoestel tot taak de aangesloten lantaarns aan te sturen en op functioneren te bewaken. Bij het technische ontwerp van het verkeersregeltoestel is daarbij in het verleden impliciet uitgegaan van een *verwacht gedrag* van de aangesloten lantaarns. Zo kon gerekend worden op een duidelijk faalgedrag ("een defecte gloeilamp is geheel gedoofd en neemt geen stroom af") en op goed meetbare vermogens, in het algemeen 15 W of meer per lamp. Ten behoeve van het dimmen kan de voedingspanning van de gloeilampen eenvoudig verlaagd worden, waarbij de lichtsterkte van alle typen gloeilampen globaal in dezelfde mate afneemt bij verlaging van de bedrijfsspanning.

Bij de introductie van de LED-lamp voor verkeersregeltoepassingen bleken deze impliciete aannamen niet zonder meer geldig, zodat aanvullende aandacht moet worden besteed aan de "samenwerking" tussen verkeersregeltoestel en verkeerslantaarn. Hieruit kunnen aanvullende ontwerpcriteria voor beide systeemdelen worden afgeleid. Hierbij zijn *algemene criteria*, die onafhankelijk van het lamptype kunnen worden opgesteld en *specifieke criteria*, die afhankelijk zijn van de toegepaste componenten en het ontwerp. In het onderstaande wordt verantwoord welke aanvullingen en interpretaties er op het eisenpakket moeten komen, opdat de LED-lamp – maar ook een andere innovatieve lamp – probleemloos kan worden toegepast.

a. Levensduur

De *verwachte levensduur* van een LED-lamp is een belangrijk kwaliteitskenmerk. De levensduur is vanzelfsprekend afhankelijk van de eigenschappen van de LED's in de lamp, maar ook van de elektrische schakeling van de LED's, de temperatuur in de lantaarn, de betrouwbaarheid van overige elektronica in de lantaarn en vooral van het antwoord op de vraag "wanneer is een lamp van een LED-lantaarn defect?" Het *ontwerp* van de LED-verkeerslamp is voor de levensduur minstens zo belangrijk als de eigenschappen van de in de lamp gebruikte LED's.

Voor de toepassing in verkeersregelinstallaties is de verwachte levensduur van de lampen geen *veiligheidskenmerk*. Een verkeersregelinstallatie detecteert immers defecte (kritische) lampen en reageert daarop, eventueel door over te gaan op geelknipperen. De verwachte levensduur leidt derhalve *niet* tot aanvullende functionele- of veiligheids-eisen.

b. Kans op onveilig falen

Een component of systeem faalt op onveilige wijze, wanneer een ernstige fout met betrekking tot de veiligheid niet snel genoeg ontdekt wordt en/of er geen tijdige, passende reactie volgt. Zo'n ernstige fout bij een verkeersregelinstallatie is bijvoorbeeld het tonen van groen licht aan conflicterende richtingen voor een periode langer dan 100 ms. Met het oog op de veiligheid worden er aan verkeersregeltoestellen strenge eisen gesteld. Zo dient de kans op onveilig falen kleiner te zijn dan eenmaal per 100.000 jaar dat het regeltoestel functioneert.

Voor de aangesloten gloeilampen in de verkeerslantaarns wordt de kans op onveilig falen daarbij impliciet verwaarloosbaar geacht, zodat de veiligheid van de verkeersregelinstallatie gelijk is aan die van het verkeersregeltoestel.

Voor verkeerslantaarns met elektronische componenten zoals LED's, besturings- en bewakingscircuits is dat niet zonder meer het geval. Opdat de veiligheid van de verkeersregelinstallatie als geheel niet afneemt bij de toepassing van minder veilige lantaarns of lampen, moet een aanvullende eis worden gesteld ten aanzien van de kans op onveilig falen van een verkeerslantaarn en -lamp. Deze eis is onafhankelijk van de techniek van de lantaarn en de lamp.

c. Faalgedrag

Verkeerslampen die meer lichtbronnen gebruiken (zoals LED-lampen), falen niet *ineens*, zoals verkeerslantaarns met gloeilampen, maar ze degraderen geleidelijk. Bij een bepaald aantal defecte lichtbronnen in een lamp zal geconcludeerd moeten worden, dat een aspect van de lantaarn defect is. Het gaat daarbij overigens niet alleen om het aantal LED's dat defect is, maar soms ook om de vraag welke LED's defect zijn. Het beeld van de lamp mag geen grote donkere plekken bevatten en niet zodanig verstoord zijn dat een figuratie (pijl-, fiets- of voetgangersymbool) niet meer herkenbaar is.

Voor verkeerslampen die meer lichtbronnen gebruiken, moet een algemene aanvullende eis worden geformuleerd, waarmee aangegeven wordt onder welke omstandigheden de betreffende lamp wordt geacht niet meer goed te branden. Wij gaan daarbij onder alle omstandigheden uit van de ondergrens voor de lichtsterkte, zoals de norm die stelt. Het is immers niet te verantwoorden deze om zichtbaarheidsredenen gestelde ondergrens tijdens normaal bedrijf van de verkeersregelinstallatie te onderschrijven.

d. Lampbewaking

Bij gebruik van lampen in een verkeerslantaarn zal het verkeersregeltoestel bij defect raken van een rode lamp in het algemeen reageren door een melding of het uitschakelen van de verkeersregelinstallatie naar de toestand geelknipperen. Een dergelijke voorziening blijft nodig, ook bij de toepassing van lampen met een lange levensduur, omdat ook hierbij incidentele (fabricage)fouten kunnen optreden en bovendien niet alleen de lamp, maar ook de bekabeling tussen regeltoestel en lantaarn defect kan raken.

De voorgaande en de huidige generatie van verkeersregeltoestellen gaat bij de bewaking van de lantaarncircuits in het algemeen uit van stroommeting bij gebruikelijke gloeilampvermogens. Bovendien is bij het uitvallen van een gloeilamp de vermindering van de stroomsterkte goed te detecteren. In een aantal gevallen moet de bewakingsdrempel in het regeltoestel worden aangepast wanneer remplace door lampen met een ander vermogen plaatsvindt.

Doordat LED-lampen een lager vermogen opnemen dan gloeilampen en doordat een LED-lamp veelal geleidelijk faalt, waarbij de stroom slechts zeer beperkt zal afnemen, zal het bewakingscircuit in het regeltoestel afgestemd moeten zijn op de (elektrische) eigenschappen van de te bewaken (LED-)lampen. Deze eisen zijn niet algemeen te formuleren, maar zijn afhankelijk van de stand van de techniek.

e. Bewakingstijden

De lampbewaking in de regeltoestellen is zó ontworpen dat aan de bewakingstijd-eisen uit de norm kan worden voldaan. Bij de in Nederland geldende waarden voor de bewakingstijden is dit technisch nog juist mogelijk, zonder dat het regeltoestel te kritisch hoeft te reageren op iedere verstoring.

Bij de ontwikkeling van een LED-lamp wordt echter veelal een oplossing gekozen, waarbij een deel van de bewakingsfunctie in de lamp zelf is ondergebracht. Zo kan het defect raken van individuele LED's of LED-groepen in de lamp zelf worden bewaakt, waarbij bij het bereiken van een ondergrens de lamp geheel wordt uitgeschakeld. Het bewakingscircuit van het regeltoestel "ziet" vervolgens dit uitschakelen en reageert daarop. De som van de reactietijd van de bewakingscircuits in de lamp en in het regeltoestel zal binnen de vereiste totaal bewakingstijd van de norm moeten blijven. Bij een goed, defensief ontwerp van een LED-lamp hoeft dat geen probleem te zijn, wanneer de lamp stapsgewijs faalt en ruim voor het bereiken van de ondergrens van de lichtsterkte wordt uitgeschakeld. Niettemin is het wenselijk om eisen te stellen aan de reactietijd van een eventueel bewakingscircuit in de lamp op het geleidelijk falen van die lamp. Hiermee wordt voorkomen dat gedurende langere tijd een lamp op verminderde sterkte brandt.

N.B. De norm NEN-EN 12368:2000 noemt als ondergrenswaarde voor een brandende lamp een lichtsterkte van 10 cd in de referentie-as. Formeel houdt dit in, dat een tijdelijk (zeer) gedeeltelijk brandende lamp toch aan de bepalingen uit de norm blijft voldoen.

f. Energieverbruik

Het *energieverbruik* van een LED-lamp is een belangrijk kwaliteitskenmerk, maar geen *veiligheidskenmerk*. Uit oogpunt van energiebesparing is een zo laag mogelijk energieverbruik gewenst, vanzelfsprekend binnen de genormeerde lichttechnische vereisten. Bij gebruik in combinatie met bestaande regeltoestellen kan het energieverbruik echter ook niet tot de laagst haalbare waarde teruggebracht worden. Verkeersregeltoestellen zullen bij de bewaking van het functioneren van de installatie wel onderscheid moeten kunnen blijven maken tussen onderlichten en hoofdlantaarns. Een LED-lantaarn die bij goed functioneren geen energie lijkt af te nemen, is door het verkeersregeltoestel niet door stroommeting "op afstand" te bewaken.

De energie die een verkeerslantaarn met LED's verbruikt, zal dan ook het resultaat zijn van de afweging tussen een zo laag mogelijk energieverbruik, de gewenste toepassingsmogelijkheden en een zo breed mogelijke inzetbaarheid. Aanvullende bepalingen ten aanzien van het energieverbruik kunnen volgen uit de karakteristiek van het bewakingscircuit (zie *Lampbewaking*), of afzonderlijk worden gespecificeerd, waarbij dan eisen aan het grensvlak met het regeltoestel worden gesteld.

g. Dimmen

Veel verkeersregeltoestellen kennen één vaste dimstand, die bereikt wordt door het verlagen van de voedingsspanning van de lantaarns door het tussenschakelen van een centrale transformator. De lichtsterkte van LED-lantaarns als functie van de aangeboden spanning is echter anders dan die van lantaarns met gloeilampen, zodat veelal een andere waarde voor de (vaste) dimstand zal moeten worden gekozen. Bezwaar hiervan is, dat LED-lantaarns ook aangebracht worden bij bestaande installaties. In dat geval zou dan de apparatuur in het regeltoestel die voor het dimmen zorgt, vervangen moeten worden. Een bijkomende complicatie is dat ook de mogelijkheid van gemengd gebruik van lampen en LED's gewenst is, binnen een installatie, een kruispuntarm of een signaalgroep of zelfs in verschillende aspecten van dezelfde lantaarn.

Afhankelijk van de toepassing moet worden gekozen voor een overeenkomstig dimgedrag bij dezelfde gereduceerde spanning van gloei- en LED-lampen, of voor een afwijkende dimspanning, waarbij dan de gehele installatie moet zijn uitgerust met gelijksoortige lampen. Alternatief kan een LED-lamp worden uitgerust met een stroomregeling in de lamp zelf, waarin ook een dimstand is opgenomen.

Er is thans in Nederland geen kwantitatieve norm die de *mate* van lichtsterkteverlaging bij dimmen voorschrijft. De introductie van innovatieve lamptypen op zich is geen reden om nu aanvullende eisen te stellen.

h. Lichtmeting

Iedere lantaarn, van welk type ook, moet voldoen aan de genormeerde optische eigenschappen. Voor de LED-lantaarn behoeven geen aanvullende eisen te worden geformuleerd.

De manier waarop de lichtsterkte van verkeerslantaarns met lampen gemeten moet worden, is door jarenlange ervaring wijdverbreid. De manier waarop dat gebeurt, is echter niet zonder meer geschikt voor toepassing bij LED-lantaarns. Lantaarns met lampen worden weliswaar in het algemeen gevoed met een sinusvormige wisselspanning met een frequentie van 50 Hz, maar door de traagheid van het fysische proces in de lamp is de door de lamp geproduceerde lichtstroom wel vrij constant. Apparatuur die een momentopname van die lichtstroom maakt, zal dan ook een betrouwbare indicatie ervan geven. LED-lantaarns die gevoed worden met een niet-afgevlakte blokspanning van 100 Hz (gelijkgerichte sinus) vertonen echter een ander beeld. Door de aard van het proces waarmee elektrische energie in licht wordt omgezet, volgt de lichtstroom veel sterker het aangeboden elektrische signaal. Dit maakt het noodzakelijk bij metingen van de lichtsterkte gebruik te maken van apparatuur die geen momentopname maakt, maar een gemiddelde bepaalt over een aantal perioden van het aan de lantaarn aangeboden signaal.

i. Elektromagnetische compatibiliteit (EMC)

Verkeersregelinstallaties dienen te voldoen aan de EMC-productnorm NEN-EN 50293, hetgeen in principe bereikt kan worden door er voor te zorgen dat de onderdelen van de installatie elk afzonderlijk aan deze norm voldoen. In de norm is vastgelegd tegen welke verstoringen een systeemdeel bestand moet zijn (*immunititeit*). Eveneens is vastgelegd welke verstoring een systeemdeel in zijn omgeving mag veroorzaken, waaronder die op het voedende elektriciteitsnet (*emissie*). Technische ontwikkelingen kunnen er de aanleiding voor zijn om *binnen* de verkeersregelinstallatie, bijvoorbeeld tussen regeltoestel en lantaarns, andere elektrische normen te hanteren. Zo kan het in het kader van de energiebesparing opportuun zijn om een LED aan te sturen met een andere wisselspanningvorm dan de gebruikelijke 50 Hz zuivere sinus. Dat kan vanzelfsprekend alleen gerealiseerd worden wanneer er tussen regeltoestel en lantaarns een dienovereenkomstige grensvlakdefinitie bestaat. Het regeltoestel zal er in voorkomende gevallen door filtering voor moeten zorgen dat de verstoring van het voedende elektriciteitsnet de grenswaarden van de norm NEN-EN 50293 niet overschrijdt. Hierbij moet in voorkomende gevallen rekening worden gehouden met de *gesommeerde* invloed van alle aangesloten lantaarns. In verband met de afwijkende stroom-spanningkarakteristiek van LED-lampen zullen niet alle regeltoestellen met mechanische relais als eindschakelaar geschikt zijn voor het aansturen van nieuwe lamptypen. Hierbij is de veiligheid overigens niet in het geding.

j. Verloop van optische kenmerken tijdens bedrijf (korte termijn)

De optische kenmerken van een gloeilamp zijn tijdens bedrijf vrijwel constant. De kleur en de intensiteit van het licht, zoals dat door een LED wordt uitgestraald is echter afhankelijk van de temperatuur van de LED en dus van de duur dat de LED brandt. Bij de lichttechnische keuring van een lantaarn met LED-verkeerslampen moet derhalve niet slechts naar de eigenschappen direct na het inschakelen van een lamp worden gekeken, maar ook naar het mogelijke verloop van die eigenschappen na enige tijd (stabiliteit). Hierbij moeten realistische bedrijfsomstandigheden worden beschouwd, zodat voor het rode, gele en groene aspect een verschillende bedrijfcyclus kan gelden.

k. Verloop van optische kenmerken tijdens bedrijf (lange termijn)

Zoals met alle typen lampen het geval is, vermindert de lichtsterkte door veroudering in de loop van de levensduur van de lamp. Daarnaast vervuilen de verkeerslantaarns zelf als gevolg van luchtvervuiling en de uitstoot van het verkeer. Deze effecten kunnen aanzienlijk zijn, maar zijn tot nu toe bij de normering van verkeerslantaarns niet beschouwd. De introductie van innovatieve lamptypen op zich is geen reden om nu aanvullende eisen te stellen.

l. Fantoomeffect

De toepassing van LED's in verkeerslantaarns wijkt zó af van die van lampen, dat er een behoorlijk effect is op de mogelijke fantoomwerking van de verkeerslantaarns. Hoewel op het eerste gezicht zou kunnen worden gesteld, dat de gevoeligheid voor het fantoomeffect bij toepassing van LED's afwezig is, is dat in werkelijkheid niet het geval.

Het effect van invallend (zon)licht op verkeerslantaarns kan in twee delen gesplitst worden: Licht dat reflecteert op de lens van de lantaarn, en licht dat door de lens de lantaarn binnenkomt, in de lantaarn gereflecteerd wordt en daarna door de lens weer naar buiten treedt.

Het eerste effect, reflectie op de lens, wordt niet bepaald door wat zich in de lantaarn bevindt en slechts afhankelijk van de aard van de toegepaste lens. Het tweede effect, spiegeling via de binnenzijde van de lantaarn, is voor een LED-lantaarn en een lantaarn met lamp verschillend. Wanneer bij de LED-lantaarn een kleurloze spinnenweblens toegepast wordt, in tegenstelling tot de bij een lantaarn met lamp noodzakelijke gekleurde lens, zal uittredend fantoomlicht in elk geval niet de kleur van het betreffende aspect van de lantaarn hebben. Bovendien zal het uittredend fantoomlicht bij een LED-lantaarn door het ontbreken van een grote reflector minder sterk gebundeld zijn.

Hoewel LED's zelf geen gekleurd licht reflecteren en toepassing van een kleurloze lens er mede voor zorgt, dat er geen invallende licht gekleurd uit een LED-lantaarn kan treden, blijft dus een voldoende onderdrukking van spiegelphantoom noodzakelijk om aan de eisen ten aanzien van het fantoomeffect te voldoen. Hiervoor behoeven echter geen aanvullende eisen te worden geformuleerd.

m. In- en uitschakelverschijnselen; bedrijfscyclus

optisch gedrag

Wanneer de reactie van weggebruikers op het aan- of uitgaan van lampen maatgevend is voor de regelgeving, wordt in het algemeen in tienden van seconden gerekend. De "reactiesnelheid" van een lamp bij ontsteken (de opgløeitijd) of bij doven (de nagløeitijd) is daarbij niet zonder betekenis. Bij de huidige typen gloeilampen wordt dit gedrag verwaarloosd, maar bij de introductie van lampen met elektronische, tijdafhankelijke componenten is het nodig om (opnieuw) minimumeisen aan schakelverschijnselen te stellen. Deze zijn techniekonafhankelijk en hebben de vorm van een algemene, aanvullende eis.

bedrijfscyclus

Volgens de regelgeving heeft het geelknipperen in een verkeerslantaarn een frequentie van 0,66 tot 1 Hz bij een licht-donkerverhouding van 1:1; dit is de zogenaamde bedrijfscyclus. Om deze bedrijfscyclus te bereiken wordt in het regeltoestel een knipperspanning gegenereerd, met een vorm die eventueel rekening houdt met specifieke op- en nagløeitijden van de gebruikte lampen. Hierdoor is het niet zonder meer mogelijk om lamptypen aan te sluiten met een onderling aanmerkelijk afwijkende op- en nagløeikarakteristiek. In situaties waarbij gemengd gebruik van lamptypen verwacht wordt, moet derhalve een zekere uniformiteit in het knippergedrag worden voorgeschreven.

elektrisch gedrag

Bij het *ontsteken* van een aspect treedt veelal een kortstondige, hoge inschakelstroom op, waardoor de stroommeting ten behoeve van de lampbewaking in het regeltoestel tijdelijk met niet-realistische waarden geconfronteerd wordt. Bij gloeilampen neemt deze inschakelstroom voldoende snel af om de voorgeschreven reactietijd bij lampfouten niet in gevaar te brengen; bovendien is hier sprake van een volledig falen, zodat er geen stroom van betekenis loopt bij een defect aspect. Bij nieuwe lampen met elektronische componenten neemt de inschakelstroom niet a priori voldoende snel af, terwijl bij gedeeltelijk falen nog een aanzienlijke reststroom over kan blijven. Om te garanderen dat ondanks de inschakelstroom een (gedeeltelijk) defect aspect tijdig wordt ontdekt, moet de periode waarbinnen een (sterk) verhoogde inschakelstroom optreedt worden ingeperkt. Anderzijds moet de stroom bij inschakelen ook weer voldoende snel stijgen opdat het branden van de lamp door het regeltoestel kan worden bevestigd.

Bij het *uitschakelen* van een aspect dient de spanning over dat aspect voldoende snel af te nemen. Omdat in lampen met elektronische componenten energie kan worden opgeslagen, kan bij het wegnemen van de voedingsspanning door het regeltoestel nog enige tijd een spanning blijven bestaan, waardoor het bewakingscircuit in het regeltoestel kan worden misleid.

n. Spanningstabilisatie

In een deel van de verkeersregeltoestellen wordt een zogenaamde spanningstabilisatie toegepast, waarbij voedingsspanning van de lantaarns wordt gestabiliseerd rondom de nominale waarden voor normaal- en gedimd bedrijf. Hiermee wordt bereikt dat de lichtsterkte onafhankelijk is van de momentane netspanning en/of dat de levensduur van de toegepaste lampen niet nadelig wordt beïnvloed door langdurig bedrijf onder overspanning, hetgeen plaatselijk kan voorkomen.

Spanningsstabilisatie kan centraal worden verzorgd in het regeltoestel, of lokaal in elk aspect. Onder omstandigheden is centrale stabilisatie onmisbaar, vooral daar waar binnen een relatief brede klasse van onderling uitwisselbare lampen, configuraties van meerdere lampen per fasecyclus moeten worden bewaakt. Om vanuit het regeltoestel voldoende precies te kunnen meten, is een beperking van de variatie in de werkspanning van de aangesloten aspecten onontkoombaar.

In de gevallen dat een centrale spanningsstabilisatie niet hoeft te worden toegepast, maar wel waarde wordt gehecht aan (lokale) spanningsstabilisatie, moet een gestabiliseerde lamp bij remplace vervangen worden door een andere, eveneens gestabiliseerde lamp. Lokale spanning en spanningstabilisatie in het aspect zijn derhalve essentiële technische productkenmerken, welke duidelijk herkenbaar moeten zijn.

2. Eisen aan verkeerslantaarns

2.1. Bestaande normering

Nieuwe verkeerslantaarns die in Nederland gebruikt worden, moeten – onafhankelijk van de toegepaste lichttechniek – voldoen aan de norm NEN-EN 12368:2000 *Verkeersregelinstallaties - Verkeerslantaarns*. Aanvullende, niet in deze (Europese) norm geregelde, eisen zijn voor Nederland opgenomen in een zogenoemde restnorm NEN 3322:2000 *Verkeersregelinstallaties – Verkeerslantaarns – Aanvullende eisen*. De tekst van de Europese norm is zó geschreven, dat de aard van de toe te passen technologie voor de verkeerslantaarn vrijgelaten wordt.

De eisen, te stellen aan de elektrische veiligheid en de elektromagnetische compatibiliteit van verkeerslantaarns zijn gebaseerd op het Europese harmonisatiedocument HD 638 S1:2001 *Verkeersregelinstallaties voor wegverkeer* en de norm NEN-EN 50293:2001 *Elektromagnetische compatibiliteit – Verkeersregelinstallaties – Productnorm*.

Natuurlijk zijn bij de aan lantaarns te stellen ook de eisen van belang die op het punt van de verkeersveiligheid aan de regeltoestellen gesteld worden. Lantaarns, en dan met name de rode aspecten daarvan, moeten namelijk ook bewaakt kunnen worden op goed functioneren. De betreffende eisen zijn geformuleerd in de norm NEN-EN 12675:2000 *Verkeersregeltoestellen*, aangevuld door de Nederlandse (rest)norm NEN 3384:2001 *Elektrische Verkeersregeltoestellen*.

De norm NEN-EN 12368 kent voor diverse functionele eisen een klasse-indeling. De keuze uit deze klassen wordt per land gemaakt. In deze norm zijn voor Nederland zijn de volgende keuzes aangegeven:

temperatuurgebied	klasse B (-25 °C tot +55 °C)
lichtsterkte	klasse A3/1 (400 cd tot 1000 cd)
lichtverdeling	klasse W (alle bundeltypen behalve de extra brede bundel)
fantom	klasse 2
licht met symbool	klasse S1 (als bij volle lens)

Er is geen verschil in de eisen aan lantaarns met een lensdiameter van 20 cm en die met een lensdiameter van 30 cm.

N.B. Deze tabel is uitsluitend informatief bedoeld en geeft de status per april 2001 weer.

2.2. Algemene aanvullende eisen voor verkeerslantaarns

In deze paragraaf worden eisen geformuleerd die, in aanvulling op de normen, *algemene geldigheid* hebben voor de toepassing van lantaarns en -lampen in verkeersregelinstallaties.

De eisen zijn niet afhankelijk van de locatie of van de toegepaste techniek. Deze aanvullende eisen blijven ook geldig wanneer, door technische innovatie, andere optische elementen of een andere vorm van samenwerking tussen lantaarn en regeltoestel mogelijk wordt.

Het voldoen van een verkeerslantaarn aan de algemene aanvullende eisen dient te worden aangetoond.

Kans op onveilig falen

Het geheel van componenten in, en behorende bij, de lamp heeft een kans op onveilig falen van minder dan éénmaal per 1.000.000 apparaatjaar.

Deze eis heeft tot doel te voorkomen dat de kans op onveilig falen van de verkeersregelinstallatie als geheel, door de toevoeging van elektronische componenten buiten het verkeersregeltoestel, aanmerkelijk stijgt tot boven de voorgeschreven waarde van éénmaal per 100.000 apparaatjaar.

Faalgedrag

Voor lampen met meervoudige lichtbronnen gelden onverkort alle bepalingen uit de van toepassing verklaarde eisen en normen, ook wanneer een of meer van de samenstellende lichtpunten is uitgevallen.

Er zijn geen redenen voor het aanpassen van de optische-, constructieve, elektrische en veiligheidseisen ten behoeve van nieuwe lantaarntypen. Met betrekking tot verkeerslantaarns met armaturen met meervoudige lichtbronnen wordt daarbij vooral gewezen op de volgende bepalingen uit de Norm NEN-EN 12368:2000:

- de lichtsterkte (*luminous intensity*) dient ook bij gedeeltelijke uitval aan de genormeerde waarden te voldoen;
- gelijkmatige luminantie (*luminance uniformity*); het lichtbeeld dient ook bij gedeeltelijke uitval binnen de genormeerde grenzen te blijven.

Een lamp met meervoudige lichtbron die niet (meer) voldoet aan de gestelde eisen, wordt geacht niet goed te branden. Een lamp die gedeeltelijk kan falen, moet zodanig worden ontworpen en/of bewaakt, dat het onderschrijden van de eisen ten gevolge van het gedeeltelijke falen tijdens bedrijf niet kan voorkomen of wordt gedetecteerd.

Verloop van optische kenmerken tijdens bedrijf (korte termijn)

Het rode en het groene aspect van een lantaarn dienen te voldoen aan de eisen voor lichtsterkte, gelijkmatige luminantie en kleur gedurende een periode de maximale opgløeitijd tot vijftien minuten nadien.

Het gele aspect van een lantaarn dient te voldoen aan deze eisen gedurende een periode na de maximale opgløeitijd tot één minuut nadien. Het gele aspect dient bovendien te voldoen aan deze eisen tijdens het knipperen met een bedrijfs­cyclus van 1 Hz en een effectieve spanningsperiode van 50 %, gedurende een periode kort na het eerste ontsteken tot vijftien minuten nadien.

De meting voor het verloop van de optische kenmerken (stabiliteit) is in de tijd beperkt om de duur van de beproeving binnen redelijke grenzen te houden. Daarbij wordt er van uitgegaan dat lampen na een brandduur van vijftien minuten zeker een stabiele optische toestand bereikt zullen hebben.

In en uitschakelverschijnselen

De periode, gelegen tussen het moment van inschakelen van een lamp door het regeltoestel en het bereiken van de voorgeschreven lichtsterkte door die lamp is maximaal 50 ms.

De periode, gelegen tussen het moment van uitschakelen van een lamp door het regeltoestel en het doven van die lamp is maximaal 50 ms.

Deze eis heeft tot doel te voorkomen dat elektronische componenten in de lamp het door het verkeer verwachte optisch gedrag van de verkeerslantaarn nadelig beïnvloeden.

De inschakelstroom van een lamp dient binnen 100 ms na inschakelen een waarde te hebben tussen 80 en 120 % van de nominale waarde.

Deze eis heeft tot doel om de lampbewaking in het regeltoestel correct te laten reageren bij een gedeeltelijk falend aspect.

Na het wegnemen van de voedingsspanning dient de spanning over het aspect binnen 20 ms te zijn gedaald tot maximaal 10 % van de nominale waarde.

Deze eis voorkomt dat eventueel geaccumuleerde energie in het aspect het lampbewakingscircuit in het regeltoestel na het uitschakelen misleidt.

Spanningstabilisatie

De aanwezigheid van een schakeling voor spanningstabilisatie in een lamp dient aan de buitenzijde van de behuizing duidelijk aangegeven te zijn.

Deze eis heeft tot doel misverstanden bij de uitwisseling van lampen (lampremplace) te voorkomen.

2.3. Aanvullende bepalingen voor uitwisselbare verkeerslantaarns

In deze paragraaf worden aanvullende bepalingen geformuleerd die slechts geldig zijn voor een bepaalde combinatie van regeltoestel- en lamptechniek. Omdat de veiligheid van de verkeersregelinstallatie onder andere afhankelijk is van de bewaking van de elektrische circuits tussen lantaarns en verkeersregeltoestel, dient het elektrisch gedrag van lantaarns en toestel op elkaar te zijn afgestemd. Omdat verkeersregeltoestellen en verkeerslantaarns veelal gescheiden worden aangeschaft en geïnstalleerd, en bovendien de uitwisselbaarheid van verschillende fabrikaten en typen verkeerslantaarns gewenst is, bestaat er behoefte aan een *grensvlakdefinitie* van de elektrische eigenschappen van lantaarns.

Het voldoen van een verkeerslantaarn en een verkeersregeltoestel aan de aanvullende bepalingen voor uitwisselbare verkeerslantaarns dient te worden aangetoond voor de klasse(n) van de grensvlakdefinitie waarvoor het gebruik is toegelaten.
--

Deze aanvullende eisen zullen wijzigen wanneer, door technische innovatie, andere optische elementen, of een andere vorm van samenwerking tussen lantaarn en regeltoestel mogelijk wordt.

Grensvlakdefinitie uitwisselbare verkeerslantaarns

Klasse I: **Eerste-generatie LED-lantaarns met een lampvermogen tot 50 W en een nominale voedingsspanning van 42 V of 230 V wisselspanning .**

Verkeerslantaarns, waarvan het elektrische gedrag voldoet aan deze *Grensvlakdefinitie uitwisselbare verkeerslantaarns*, Klasse I, kunnen worden toegepast in combinatie met nieuwe en het grootste deel van de bestaande verkeersregeltoestellen.

Energieverbruik

De nominale bedrijfsspanning van de lamp is 42 V of 230 V wisselspanning.

Het energieverbruik per lamp is kleiner dan 50 W in ongedimde toestand. Het energieverbruik per fasecyclus is kleiner dan 300 W.

Deze eis is gesteld met het oog op de nauwkeurigheid en het instelbereik van het meetcircuit voor de lampbewaking in het regeltoestel en het mogelijke gecombineerde effect van de inschakelverschijnselen van een (zeer) groot aantal LED-lampen.

Lampbewaking

Het waargenomen vermogen van het aangesloten aspect bedraagt minstens 20 W in ongedimde toestand, respectievelijk 12 W in gedimde toestand.

Deze eis is gesteld met het oog op de elektrische eigenschappen van toegepaste typen vermogensschakelaars in verkeersregeltoestellen.

Het falen van een aangesloten aspect is op de klemmenstrook van het regeltoestel meetbaar door het dalen van het continuvermogen van dat aspect met een waarde van minimaal 10 W ongedimd, respectievelijk 6 W gedimd.

Deze eis is gesteld met het oog op de nauwkeurigheid en het instelbereik van het meetcircuit in het regeltoestel. Er wordt met nadruk op gewezen dat de ingestelde bewakingsdrempel in het regeltoestel mogelijk moet worden aangepast wanneer lamp(en) vervangen worden door lamp(en) met een ander nominaal vermogen, ook wanneer zij tot dezelfde klasse behoren.

Bewakingstijd

De reactietijd van het geheel van componenten in het aspect, dat dient ter bewaking van het functioneren daarvan, is kleiner dan 30 ms, wanneer een plotselinge gebeurtenis optreedt waardoor het aspect optisch volgens de eisen uit is. Bij stapsgewijze degradatie van de optische uitstraling is er geen reactie tijd van het geheel van componenten in het aspect, indien het aspect niet langer aan de eisen voldoet.

Deze eis heeft tot doel te voorkomen, dat de reactietijd van bestaande en nieuwe verkeersregelinstallatie als geheel op het moment van plotselinge uitvallen van een aspect, door de toevoeging van aspect bewakings-elementen buiten het regeltoestel niet meer aan de eisen voldoet. Bij de huidige eis voor het geheel van 200 ms, moet de regelaar dan ook binnen 170ms reageren aangezien het aspect een reactietijd van kleiner dan 30ms heeft.

Dimmen

De lichtsterkte van het aspect vermindert op de gebruikelijke wijze bij een klemspanning in het regeltoestel met een waarde tussen 65 % en 75 % van de nominale klemspanning in ongedimde toestand.

Deze kwalitatieve eis is gesteld met het oog op de aanwezige dimvoorziening in bestaande en nieuwe verkeersregeltoestellen en de handhaving van het gebruikelijke gedimde beeld op straat, ook bij gemengd gebruik van LED- en gloeilampen. Er zijn geen nadere kwantitatieve eisen gesteld omdat hiervoor in de Normen NEN-EN 12368:2000 en NEN 3322:2000, noch in de regelgeving aanknopingspunten zijn.

Elektromagnetische compatibiliteit

Het aspect voldoet aan de eisen van de productnorm NEN-EN 50293:2001.

Deze eis is gesteld met het oog op de gevoeligheid van componenten in het regeltoestel voor de verstoring door het aspect van het elektrische circuit tussen toestel en lantaarns. Daarnaast gaat deze eis uit van de afwezigheid van bijzondere voorzieningen in het regeltoestel voor de afscherming van de netaansluiting voor verstoringen door (elektronische) componenten in de lantaarns of de lampen.

Het aspect heeft een arbeidsfactor ($\cos \varphi$) groter dan 0,9 (inductief) en een totale harmonische vervorming van de stroom (THD) kleiner dan 33 %, bij nominale bedrijfsspanning.

Een consequentie van deze eis is, dat de stroomafname globaal sinusvormig dient te zijn. Hieruit volgt tevens, dat het bewakingscircuit van bestaande verkeersregeltoestellen niet hoeft te worden aangepast aan een afwijkende karakteristiek van specifieke elektronica (stroomsturing) in het aspect.

Bedrijfscyclus geelknipperen

De effectieve spanningsperiode van de knipperspanningsvoorziening in het regeltoestel is 40 tot 50 % van de duur van de knipperperiode. De effectieve lichtperiode van de lamp tijdens knipperen is 40 tot 60 % van de duur van de knipperperiode.
--

Deze eisen zijn gesteld met het oog op de aanwezige knipperspanningsvoorziening in bestaande en nieuwe verkeersregeltoestellen en de handhaving van een aanvaardbaar knipperend beeld op straat, ook bij gemengd gebruik van LED- en gloeilampen.

Grensvlakdefinitie uitwisselbare verkeerslantaarns

Klasse II: Tweede-generatie LED-lantaarns met een lampvermogen tot 15 W en een nominale voedingsspanning van 42 V wisselspanning .

Verkeerslantaarns, waarvan het elektrische gedrag voldoet aan deze *Grensvlakdefinitie uitwisselbare verkeerslantaarns*, Klasse II, kunnen worden toegepast in combinatie met verkeersregeltoestellen waarvan het lampbewakingscircuit hiervoor is aangepast.

Energieverbruik

De nominale bedrijfsspanning van de lamp is 42 V wisselspanning. De lamp dient te voldoen aan deze grensvlakdefinitie bij een voedingsspanning tussen 26 en 50 V.

Deze eis is gesteld om reden van uniformiteit.

Het energieverbruik van de lamp is kleiner dan 15 W bij de nominale bedrijfsspanning.

Deze eis is gesteld met het oog op het instelbereik van het meetcircuit voor de lampbewaking in het regeltoestel.

Lampbewaking

Het maximaal aantal aangesloten en bewaakte aspecten bedraagt vijf per fasecyclus.

Deze eisen zijn gesteld om voldoende onderscheiding te verkrijgen bij het detecteren van defecte aspecten binnen configuraties van meerdere aspecten per fasecyclus.

De opgenomen stroom van een aspect dient minimaal 80mA te bedragen.

Dit komt overeen met een 3.5W (42V) en 2.5W (31V). Deze eis is gesteld met het oog op de elektrische eigenschappen van toegepaste typen vermogensschakelaars in verkeersregeltoestellen.

Het falen van een aangesloten aspect is op de klemmenstrook van het regeltoestel meetbaar door het dalen van de stroom door dat aspect tot een waarde van maximaal 33 mA .

Deze eis is gesteld met het oog op de nauwkeurigheid en het instelbereik van het meetcircuit in het regeltoestel. Bij de aangegeven waarden is het mogelijk in de praktijk een eenduidige grens in te stellen voor de bewaking op de laatste brandende (rode) lamp, die bij vervanging (remplace) door andere lampen van Klasse II niet hoeft te worden aangepast. Er wordt met nadruk op gewezen dat specifiek ingestelde bewakingsdrempels voor andere gebeurtenissen dan het defect raken van de laatste (rode) lamp mogelijk wél moeten worden aangepast wanneer lamp(en) vervangen worden door lamp(en) met een ander nominaal vermogen.

Bewakingstijd

De reactie tijd van het geheel van componenten in het aspect, dat dient ter bewaking van het functioneren daarvan, is kleiner dan 50 ms, wanneer een gebeurtenis optreedt waardoor het aspect niet langer aan de eisen voldoet.

Deze eis heeft tot doel te voorkomen, dat de reactietijd van een verkeersregelinstallatie als geheel op het moment van plotselinge uitvallen van een aspect, door de toevoeging van aspect bewakingselementen buiten het regeltoestel niet meer aan de eisen voldoet. Bij de huidige eis voor het geheel van 200 ms, moet de regelaar dan ook binnen 150ms reageren aangezien het aspect een reactietijd van kleiner dan 50ms heeft.

Dimmen

De lichtsterkte van het aspect vermindert de gebruikelijke wijze bij verlaging van de nominale klemspanning van 42 V wisselspanning tot een nominale klemspanning van 31 V wisselspanning.

Deze kwalitatieve eis is gesteld met het oog op de handhaving van het gebruikelijke gedimde beeld op straat, ook bij gemengd gebruik van LED- en gloeilampen. Er zijn geen nadere kwantitatieve eisen gesteld omdat hiervoor in de Normen NEN-EN 12368:2000 en NEN 3322:2000, noch in de regelgeving aanknopingspunten zijn.

Een niet-traploos dimmend aspect dient normaal te branden bij een voedingsspanning tussen 36 en 50 V, respectievelijk te dimmen bij een spanning tussen 26 en 34 V.

Lichtnet stabilisatie

In het regeltoestel kan een voorziening voor de centrale stabilisatie van de voedingsspanning van de lampen zijn aangebracht, echter deze voorziening is niet verplicht.

Elektromagnetische compatibiliteit

Het aspect voldoet aan de eisen van de productnorm NEN-EN 50293:2001.

Deze eis is gesteld met het oog op de gevoeligheid van componenten in het regeltoestel voor de verstoring door het aspect van het elektrische circuit tussen toestel en lantaarns. Daarnaast gaat deze eis uit van de afwezigheid van bijzondere voorzieningen in het regeltoestel voor de afscherming van de netaansluiting voor verstoringen door (elektronische) componenten in de lantaarns of de lampen.

Het aspect heeft een arbeidsfactor ($\cos \varphi$) groter dan 0,9 (inductief) en een totale harmonische vervorming van de stroom (THD) kleiner dan 33 %, bij nominale bedrijfsspanning.

Een consequentie van deze eis is, dat de stroomafname globaal sinusvormig dient te zijn. Hieruit volgt tevens, dat het bewakingscircuit van bestaande verkeersregeltoestellen niet hoeft te worden aangepast aan een afwijkende karakteristiek van specifieke elektronica (stroomsturing) in het aspect.

Bedrijfscyclus geelknipperen

De effectieve spanningsperiode van de knipperspanningsvoorziening in het regeltoestel is 40 tot 50 % van de duur van de knipperperiode. De effectieve lichtperiode van de lamp tijdens knipperen is 40 tot 60 % van de duur van de knipperperiode.

Deze eisen zijn gesteld met het oog op de aanwezige knipperspanningsvoorziening in bestaande en nieuwe verkeersregeltoestellen en de handhaving van een aanvaardbaar knipperend beeld op straat, ook bij gemengd gebruik van LED- en gloeilampen.