

## Transformatoren

### Inleiding

Naast voedingen voor ICT-apparatuur, maken steeds meer en meer apparaten zoals de verlichting, de belinstallatie, stuurkringen, signalisatietoestellen... gebruik van spanningen lager dan de netspanning en dit vooral omwille van veiligheidsredenen. Als gevolg hiervan is ook in de wereld van de transformatoren een duidelijke evolutie waar te nemen. Denk maar aan elektronische transformatoren die niet alleen de spanning maar in veel gevallen ook de frequentie omvormen, dimbare transfo's, transfo's die via bussystemen worden aangestuurd,...

In dit artikel worden de begrippen contactspanning, absolute conventionele grensspanning en zeer lage veiligheidsspanning verklaard en wordt een overzicht gegeven van de verschillende types transformatoren en hoe ze geplaatst, beveiligd en gedimd kunnen worden.

### Verschillende spanningsgebieden

Het AREI maakt afhankelijk van de spanningen tussen de actieve geleiders van een elektrische installatie een onderscheid tussen volgende spanningsgebieden:

		Wisselspanning (50Hz) (V)	Gelijkspanning (V)	
			met rimpel	zonder rimpel
zeer lage spanning (ZLS)		$U < 50$	$U < 75$	$U < 120$
laagspanning	1e categorie	$50 < U < 500$	$75 < U < 750$	$120 < U < 750$
	2e categorie	$500 < U < 1\ 000$	$750 < U < 1\ 500$	$750 < U < 1\ 500$
hoogspanning	1e categorie	$1\ 000 < U < 50\ 000$	$U > 1\ 500$	$U > 1\ 500$
	2e categorie	$U > 50\ 000$		

Tabel 1: spanningsgebieden

Uit deze tabel blijkt dat bv. halogeenverlichting op 12 V behoort tot de zeer lage spanning en niet tot de laagspanning zoals dikwijls foutief wordt beweerd. Indien de lampen daarenboven gevoed worden door een veiligheidstransformator spreekt men van zeer lage veiligheidsspanning.

## Spanningsdefinities

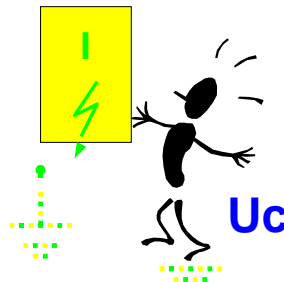
Met het oog op de veiligheid van personen, worden een aantal spanningen gedefinieerd:

De *contactspanning* ( $U_c$ ) is de spanning waaraan een persoon wordt blootgesteld bij aanraking van een onder spanning staande massa bv. ten gevolge van een isolatiefout.

De *absolute conventionele grensspanning* ( $U_L$ ) is de *limiet* van de contactspanning ( $U_c$ ) die men oneindig lang kan verdragen zonder gevaar te lopen. Let op: de contactspanning zelf is onafhankelijk van de weerstand van het menselijk lichaam.

De *limiet* van de contactspanning is echter wel afhankelijk van deze weerstand die functie is van de huidvochtigheid. Hoe vochtiger de huid, hoe kleiner de weerstand van het lichaam. Eénzelfde contactspanning zal dus bij een vochtige huid gevaarlijker zijn omdat door het lichaam een grotere foutstroom loopt:

$$I_{\text{lichaam}} = U_c / R_{\text{lichaam}}$$



Om de invloedsfactor van de huidvochtigheid te bepalen wordt een code gebruikt die is samengesteld uit de letters "BB" gevolgd door een cijfer gaande van 1 tot 3.

In volgende tabel is de absolute conventionele grensspanning voor wisselspanning (50 Hz), gelijkspanning met en zonder rimpel weergegeven in functie van de toestand van het menselijk lichaam:

Code	Toestand menselijk lichaam	Wisselspanning 50 Hz (V)	Gelijkspanning (V)	
			Met rimpel	Zonder rimpel
BB 1	Droge huid of vochtig door transpiratie	50	75	120
BB 2	Natte huid	25	36	60
BB 3	Ondergedompelde huid	12	18	30

Tabel 2: absolute conventionele grensspanning

Waar vroeger het AREI enkel sprak van zeer lage spanning (ZLS) en zeer lage veiligheidsspanning (ZLVS) werden onlangs ook definities voor de zeer lage beschermingsspanning (ZLBS) en de zeer lage functionele spanning (ZLFS) ingevoerd:

- ZLS: spanning waarvan de waarde bepaald wordt volgens tabel 1.
- ZLFS: zeer lage spanning waarvan de waarde beperkt blijft tot deze van de absolute conventionele spanningsgrens  $U_L$  (tabel 2):
  - in normale bedrijfsomstandigheden
- ZLBS: zeer lage spanning waarvan de waarde beperkt blijft tot deze van de absolute conventionele spanningsgrens  $U_L$  (tabel 2):
  - in normale bedrijfsomstandigheden, en
  - in foutomstandigheden, *uitgezonderd* aardfouten in andere stroombanen
- ZLVS: zeer lage spanning waarvan de waarde beperkt blijft tot deze van de absolute conventionele spanningsgrens  $U_L$  (tabel 2):
  - in normale bedrijfsomstandigheden, en
  - in foutomstandigheden, *met inbegrip* van aardfouten in andere stroombanen

De ZLVS verschilt dus van de ZLBS door het feit dat een punt van de stroombaan op ZLBS wel met de aarde mag worden verbonden wat niet het geval is voor ZLVS. ZLVS kan dus onder geen enkele omstandigheid een potentiaal vertonen hoger dan  $U_L$  (tabel 2). Bij ZLBS is dit enkel mogelijk in geval van aardingsfouten in andere

stroombanen en bij ZLFS kan bij elke mogelijke fout (aardingsfout, tijdelijke primaire overspanning,...) de spanning hoger komen te liggen dan  $U_L$ .

In het vervolg van de tekst zal enkel de ZLVS besproken worden. Voor de bescherming tegen rechtstreekse en onrechtstreekse aanraking en voor de plaatsingsvoorschriften van de (voorlopig nog weinig toegepaste) stroombanen op ZLBS en ZLFS wordt verwezen naar de betreffende tekst uit het AREI (gewijzigde artikels 24 –27).

#### Beschermingsmaatregelen door gebruik van ZLVS:

*De zeer lage veiligheidsspanning* wordt gebruikt als passieve beschermingsmaatregel tegen elektrische schokken bij *onrechtstreekse* aanraking. Om te kunnen spreken van een zeer lage veiligheidsspanning (ZLVS) moet de stroombaan gevoed worden door een veiligheidstransformator waarvan de secundaire spanning lager is dan de absolute conventionele grensspanning  $U_L$  (zie tabel 2).

Het is toegelaten de ZLVS ook aan te wenden als beschermingsmaatregel tegen *rechtstreekse* aanraking. De spanningslimieten van tabel 1 worden dan verlaagd naar de limieten van tabel 3.

Code	Toestand menselijk lichaam	Wisselspanning 50 Hz (V)	Gelijkspanning (V)	
			Met rimpel	Zonder rimpel
BB 1	Droge huid of vochtig door transpiratie	25	36	60
BB 2	Natte huid	12	18	30
BB 3	Ondergedompelde huid	6	12	20

Tabel 3

#### Installatievoorschriften ZLVS:

Installaties op ZLVS vragen bovendien een aantal regels die absoluut moeten gerespecteerd worden:

De *actieve geleiders* van stroombanen op zeer lage veiligheidsspanning mogen niet elektrisch verbonden worden met:

- actieve delen die tot stroombanen op andere spanning behoren;
- beschermingsgeleiders die tot stroombanen op een andere spanning behoren.

De *massa's* van het elektrisch materieel mogen niet verbonden worden met:

- een aardelektrode;
- beschermingsgeleiders of massa's van installaties op een andere spanning;
- geleidende delen tenzij deze onmogelijk op een gevaarlijk potentiaal kunnen worden gebracht.

### Types transformatoren

Om de netspanning, die 230V bedraagt, om te vormen naar lagere spanningsniveaus maakt men gebruik van transformatoren. Afhankelijk van de constructie maakt men een onderscheid tussen magnetische en elektronische transformatoren.

### Magnetische transformatoren

Deze bestaan uit een ijzerkern waarop twee wikkelingen uit koperdraad zijn aangebracht. De ontstane warmte in de transformator wordt veroorzaakt door de koperverliezen, ten gevolge van het vloeien van elektrische stroom door de weerstand van wikkelingen, en door de ijzerverliezen, veroorzaakt door de magnetische flux in de ijzeren kern. Deze verliezen kunnen meer dan 20% van het nominaal vermogen bedragen.

Bij het inschakelen van een magnetische transformator kan een piekstroom ontstaan die tot 20 maal de nominale waarde van de stroom kan bereiken.



Magnetische transformatoren

Magnetische transformatoren worden onderverdeeld in:

- Autotransformatoren (spaartransformatoren):

Transformator waarvan de primaire en de secundaire wikkeling voor een deel gemeenschappelijk zijn (symbool:  $\delta$ ). Voor minder gevoelige toepassingen als motoren waarvoor er geen galvanische scheiding tussen in- en uitgang vereist is, kan een spaartransformator vaak volstaan.

- Scheidingstransformatoren:

primaire en secundaire wikkeling zijn elektrisch van elkaar gescheiden. De isolatie tussen deze wikkelingen moet een graad van bescherming tegen elektrische schokken verzekeren die gelijkwaardig is met deze van een *basisisolatie*. De scheidingstransformator biedt het voordeel om met een 'zuiver' net te kunnen verdergaan, alsook het aardingssysteem te kunnen aanpassen.

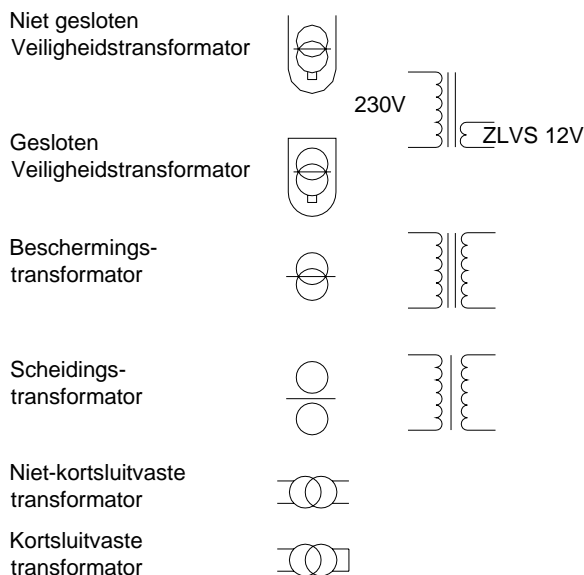
- Beschermingstransformatoren:

Scheidingstransformator waarbij primaire en secundaire wikkeling van elkaar gescheiden zijn door een *dubbele isolatie*. Beschermingstransformatoren mogen niet geaard worden.

- Veiligheidstransformatoren:

Beschermingstransformator bestemd voor het voeden van één of meerdere stroombanen op zeer lage veiligheidsspanning.

Symbolen magnetische transformatoren:



## Elektronische transformatoren:

- Elektronische transformatoren zijn voorzien van componenten die de netspanning omvormen tot een wisselende spanning meestal met een zeer grote frequentie (pulsbreedte gemoduleerd signaal). Aan de secundaire zijde verkrijgt men een spanning die stabiel blijft.
- De transformator werkt niet bij belastingen beneden de door de fabrikant opgegeven minimumbelastingswaarde of als de lamp defect is.
- Wegens de hoogfrequente eigenschappen van de secundaire spanning is het niet mogelijk deze te meten met een gewone multimeter.
- De piekstroom bij het inschakelen van een elektronische transformator is ongeveer 5 à 6 maal de waarde van de nominale stroom en de transformatorverliezen bedragen 5 à 10% van het nominaal vermogen.
- Elektronische transformatoren kunnen als veiligheidstransformator worden aangewend indien ze voorzien zijn van het veiligheidstransformatorsymbool.



Elektronische veiligheidstransformatoren

## Plaatsing

- Transformatoren dienen zo geplaatst te worden dat ze ten allen tijde een goede afkoeling hebben en bereikbaar blijven. Volgende symbolen met betrekking tot de plaatsingsvoorschriften zijn daartoe voorzien op de transformator:

Geschikt voor montage op normaal brandbaar materiaal



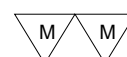
Geschikt voor montage op makkelijk brandbaar materiaal



Mag in meubilair ingebouwd worden



Mag in meubilair ingebouwd maar is van hogere veiligheid



- De toegestane omgevingstemperatuur wordt vermeld op de transformator. Men dient er rekening mee te houden dat bij een hogere omgevingstemperatuur het vermogen van de transformator niet volledig benut mag worden. Een hoge omgevingstemperatuur kan enerzijds het in werking treden van de thermische beveiliging veroorzaken (indien aanwezig), en anderzijds de levensduur nadelig beïnvloeden. Indien de omgevingstemperatuur hoger ligt dan 40°C, moet een transformator met een hoger nominaal vermogen gekozen worden. Om de warmte-afgifte te beperken is het aangewezen transformatoren altijd licht te overdimensioneren.
- Om te vermijden dat bij gebruik van de ZLVS de spanningsval in de secundaire leiding te groot wordt, zal een veiligheidstranformator, bv. voor verlichting op 12V, best in de nabijheid van de lamp geplaatst worden, doch zodanig dat de lamp de transformator niet onnodig verwarmt (minstens 20 cm afstand). Wanneer men toch lange leidingen nodig heeft moet men gebruik maken van dikkere leidingen.
- Voor de aansluiting van spots op ZLVS in valse plafonds wordt vaak gebruik gemaakt van losse koppelstukken zonder beschermdoos. Het AREI (art. 207) vereist echter dat de verbindingen uitgevoerd worden binnenin contactdozen of in plafonddozen met voldoende ruimte.
- Het is verboden elektronische transformatoren aan de secundaire zijde parallel te schakelen.
- Om EMC-redenen kan men best vermijden dat in geval van elektronische transformatoren dat hoogfrequente netleidingen parallel lopen met databekabeling. Indien ze elkaar kruisen moet dit loodrecht gebeuren.

### Beveiliging

Tegenwoordig wordt voor de voeding van halogeenspots (12 V) meestal gebruik gemaakt van elektronische transformatoren. Deze zijn bijna altijd kortsluitvast wat wil zeggen dat ze de bescherming van de transformator verzekeren tegen overbelasting en kortsluiting via een ingebouwde, zelfherstellende beveiliging. Deze beveiliging kan tevens dienst doen als bescherming tegen overbelasting en kortsluiting van de



secundaire leiding. Er moet dan gecontroleerd worden of de maximale toelaatbare stroom in deze leiding niet kan overschreden worden.

Bovendien zijn elektronische transformatoren meestal voorzien van een (zelfherstellende) thermische beveiliging tegen oververhitting en soms ook van een overspanningsbeveiliging.

Bij een niet-kortsluitvaste transformator is een externe veiligheid tegen overbelasting en kortsluiting van de transformator wel noodzakelijk. Soms wordt hiervoor een ingebouwde, vervangbare zekering voorzien. Indien dit niet het geval is dient extern een bijkomende veiligheid worden geplaatst.

#### *Beveiliging primaire stroombaan:*

De (primaire) voedingsleiding dient enkel beveiligd te worden tegen kortsluiting daar een transformator alleen nooit oorzaak kan zijn van een overbelasting. Bij het kiezen van deze (kortsluit)beveiliging dient echter rekening gehouden te worden met de hoge inschakelstromen die transformatoren veroorzaken. Daarom wordt voor de primaire beveiliging meestal gekozen voor:

- aM of gTr zekeringen
- automatische schakelaars met uitschakelcurve C of D

Vuitstregel voor het bepalen van het kaliber voor de primaire beveiliging van éénfasige transformatoren:

< 630 VA: 1,5 à 2 x I<sub>pr</sub> met I<sub>pr</sub> = 1,2 x schijnbaar vermogen (VA)/ U<sub>pr</sub> (V)

> 630 VA: 2 à 2,5 x I<sub>pr</sub> met I<sub>pr</sub> = 1,1 x schijnbaar vermogen (VA)/ U<sub>pr</sub> (V)

Het is aan te raden om de primaire van elke transformator apart te beveiligen tegen kortsluiting. Indien toch meerdere transformatoren parallel achter een beveiliging zijn opgesteld moet men er rekening mee houden dat de hoge inschakelstroom de beveiliging ongewenst kan activeren.

### Beveiliging secundaire stroombaan:

Het kaliber van de beveiliging tegen overbelasting en kortsluiting dient aangepast aan de maximaal toelaatbare stroom per uitgaande kring en aan de lengte van de stroombaan. Men opteert voor:

- gG of gL zekeringen
- automatische schakelaars met uitschakelcurve C

De weergegeven tabel geeft de noodzakelijke leidingdoorsnede en de nominale stroom van de beveiliging aan de secundaire kant van de transformator in functie van de stroombaanlengte voor een maximale spanningsval van 3% bij 12V:

Totaal lampvermogen (W)	Nominale stroom (A)	Maximum beveiliging (A)	Lengte in meter/ doorsnede in mm <sup>2</sup>				
			2,5	5	7,5	10	15
20	1,7	2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5
40	3,3	5	1,5	1,5	2,5	4	6
60	5	6,3	1,5	2,5	4	6	10
80	6,7	10	1,5	4	6	6	10
100	8,3	10	2,5	4	6	10	16
120	10	16	2,5	6	6	10	16
140	11,7	16	4	6	10	16	16
160	13,3	16	4	6	10	16	-
180	15	16	4	10	10	16	-
200	16,7	20	4	10	10	16	-

Wanneer een *niet-kortsluivaste* transformator belast is met meerdere, afzonderlijk beveiligde, verlichtingskringen dient men in sommige gevallen op de primaire stroombaan eveneens een beveiliging tegen overbelasting te plaatsen.

Bv. Een beschermingstransformator 230V/230V, gebruikt voor de stuurkringen, is belast met 4 afzonderlijke kringen die zijn uitgevoerd met een draadsectie van 1,5 mm<sup>2</sup> en beveiligd tegen kortsluiting en overbelasting met een C-automaat van 10A.

In principe kan in de primaire stroombaan een stroom vloeien van  $4 \times 10A = 40A$ . Indien de draadsectie van de primaire leiding  $2,5 \text{ mm}^2$  bedraagt, moet een automaat met een kaliber van max. 20A worden geplaatst om de beveiliging tegen overbelasting van de voedingsleiding te verzekeren. Deze beveiliging kan tevens dienst doen als kortsluitbeveiliging.

Voor transformatoren 230V/12V stelt dit probleem zich in mindere mate omdat de stroom in de primaire kring een factor 19,2 (= transformatieverhouding) kleiner is dan de totale stroom in de secundaire kring.

## Dimmen

Net zoals 230V verlichting kan verlichting op ZLVS gedimd worden. Hiervoor zijn de mechanische dimmers veelal vervangen door de, energiezuinigere, elektronische dimmers waarvan 2 werkingsprincipes bestaan, namelijk faseaansnijding en faseafsnijding.

Omdat *magnetische transformatoren* een inductieve belasting vormen voor de dimmer worden ze gedimd door middel van het faseaansnijdingsprincipe.

*Elektronische transformatoren* worden gedimd door dimmers gebaseerd op het faseafsnijdingsprincipe (geschikt voor capacatieve lasten "C"). Tegenwoordig bestaan er ook elektronische transformatoren die universeel dimbaar zijn. Hierbij kan men zowel een fase-afsnijdings "C" als een fase-aansnijdingsdimmer "L" gebruiken. Of uiteraard een zogenaamde 'universeel'-dimmer "R,L,C"

Meestal zijn dimmer en transformator in dezelfde behuizing geïntegreerd. Deze module wordt dan gestuurd, bv. door drukknoppen, meestal met 1-10 V stuursignalen om de verlichtingssterkte tot het gewenste niveau te reduceren.

Bron:

