

Tekst: Ignacio Molina

Versie: 10/2023

## DC: voordelen & nadelen



*Of we het nu leuk vinden of niet, DC-netwerken verschijnen steeds vaker in elektrische installaties. Nieuwe toepassingen zoals LED-verlichting, fotovoltaïsche panelen, opslag van elektrische energie met behulp van accu's, elektrische voertuigen en kleine apparaten zoals computers, beeldschermen, camera's en tv's met een klein vermogen werken allemaal op gelijkstroom. Momenteel gebruiken we AC/DC of DC/AC converters om de meeste van deze toepassingen van stroom te voorzien. Als we dan bedenken dat deze conversies energieverliezen veroorzaken, kunnen we onszelf de volgende vraag stellen: Waarom niet gelijkstroom blijven gebruiken in het hele netwerk om al deze apparaten van stroom te voorzien? Dit zou ons de energieverliezen besparen.*

Afkortingen gebruikt in de tekst:

- DC: gelijkstroom
- AC: wisselstroom
- LS: laagspanning
- ZLS: zeer lage spanning
- ZLVS: zeer lage veiligheidsspanning

## Voordelen van DC

De hele elektrische installatie uitvoeren in DC houdt vele voordelen in:

- Geen faseverschuiving tussen I en U want geen frequentie
- Geen cos phi of arbeidsfactor, dus meer efficiëntie
- Geen harmonischen
- Geen skin-effect in de geleiders en dus volstaat een kleinere doorsnede voor dezelfde stroom
- Voeding mogelijk op meerdere niveaus van het DC-net want geen frequentie-synchronisatie nodig
- Geen capacatieve en inductieve verliezen
- Geen piekstromen bij opstart want geen AC/DC-voeding (en obligate ingangscondensator)
- Binnen bepaalde grenzen wordt DC minder gevaarlijk geacht dan AC. AC kan al gevaarlijk zijn vanaf 25 mA terwijl DC dat slechts is vanaf 60 mA. Dus,
  - Mogelijk om te werken in ZLS tot 120 Vdc in plaats van tot 50 Vac.
  - Mogelijk om te werken bij LS DC tot een hoger voltage dan bij LS AC en dit met behoud van de kabeling, bijvoorbeeld:

Spanning DC	Spanning AC	Vermogen @ 16A
350V DC	230V AC monofasig	5,6kW (DC) / 3,7kW (AC)
700V DC of +/- 350V DC	400V AC driefasig	11,2kW (DC) / 11,1Kw(AC)
1400V DC of +/-700V DC	690V AC driefasig	22,4kW (DC) / 19,1kW (AC)

Tabel 1: Vergelijking van de spanningen bij DC en AC

## Het skin-effect

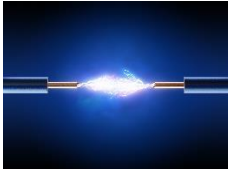
In wisselstroom geldt dat hoe hoger de frequentie, hoe groter de neiging van de stroom om door de buitenste lagen van de geleider te lopen, met als gevolg dat een groot deel van het midden van de geleider niet door de stroom doorlopen wordt. Bij de berekening van kabeldoorsneden moet rekening worden gehouden met dit elektromagnetische fenomeen door de geleidersecties te over dimensioneren. In DC, waar er geen frequentie is, bestaat dit fenomeen niet. De stroom zal daarom alle massa van de geleider doorlopen, waardoor een aanzienlijk kleinere doorsnede kan gebruikt worden om dezelfde stroom door te laten.

## Nadelen van DC

DC heeft ook enkele nadelen:

- De vlamboog bij een stroomonderbreking kan leiden tot brandgevaar
- Er is een gebrek aan componenten en normen voor DC-beveiligingsapparaten
- DC-netwerken met gedecentraliseerde bronnen kunnen onstabiel worden.
- Corrosieproblemen

## Vlamboog



In wisselstroom veranderen elektronen 100 keer per seconde van richting bij een frequentie van 50 Hz. Als twee contacten worden geopend, wordt er 100 keer per seconde de vlamboog verbroken. Deze microsnelheden voorkomen dat de boog zich te gevaarlijk ontwikkelt tussen de 2 contacten. Bij gelijkstroom vloeit de stroom altijd in dezelfde richting. Bij een onderbreking zal de stroom de neiging hebben om in de geïoniseerde lucht te blijven stromen, altijd in dezelfde richting, waardoor een intense vlamboog ontstaat. De vlamboog moet worden geabsorbeerd met behulp van een geavanceerde vlamboogonderbrekingstechniek en zo snel mogelijk, zodat hij geen tijd heeft om gevaarlijkere proporties aan te nemen. Om deze redenen is een schakelaar of stroomonderbreker die ontworpen is voor wisselstroom niet noodzakelijk geschikt voor gelijkstroom. Je hebt een apparaat nodig dat de stroom zeer snel kan onderbreken en tegelijkertijd de vlamboog kan absorberen. Stroomonderbrekers of schakelaars moeten ontworpen zijn voor DC. Soms zijn ze zelfs gepolariseerd.

Voor kleine stromen is de onderbreking relatief eenvoudig, maar niet voor hoge DC-stromen en -spanningen. In elk geval niet met de mechanische systemen die momenteel in wisselstroom worden gebruikt. Een oplossing om het ontstaan van deze ongewenste vlamboog te voorkomen is mogelijk op een elektronische manier. Door halfgeleiders te gebruiken, kan de stroom zeer snel worden gereduceerd tot een verwaarloosbare waarde zonder mechanische opening. Het huidige probleem is dat de wetgeving (RGIE 5.3.3.1. a3) elke onderbreking met halfgeleiders verbiedt.

Dat is omdat met halfgeleiders niet kan worden gegarandeerd dat de onderbreking daadwerkelijk fysiek gebeurt. Een aanvaardbare LS DC oplossing zou ergens tussen deze twee technologieën in kunnen liggen. De stroom zou elektronisch (d.w.z. met behulp van halfgeleiders) en snel (halfgeleiders zijn veel sneller dan mechanische contacten) sterk gedempt kunnen worden, zodat deze een verwaarloosbare waarde bereikt. Vervolgens wordt de gedempte stroom uiteindelijk mechanisch onderbroken. Bijgevolg zou voldaan zijn aan de wetgeving. Halfgeleiderautomaten worden al gebruikt in sommige delen van microgrids zonder problemen te veroorzaken.

Daarnaast kan een onbedoelde onderbreking optreden als gevolg van bijvoorbeeld slecht uitgevoerde verbindingen, isolatiefouten tussen geleiders of gewoon een breuk. Het risico bestaat dus dat er een vlamboog ontstaat die in de geïoniseerde lucht een weerstand vormt die de stroom in de leiding zodanig beperkt dat niet gedetecteerd wordt door de overstroombeveiligingen. De vlamboog wordt bijgevolg niet onderbroken leiden tot oververhittingsproblemen of zelfs brand.

Er zijn echter oplossingen voor vlamboogdetectie (optisch, thermisch, frequentiedetectie, enz.) die worden aangeboden door bedrijven en fabrikanten die gespecialiseerd zijn in DC-netwerken.

## Corrosie



Aarde is een relatief corrosieve omgeving. Als de DC-installatie geaard is, waarbij de ionen altijd in dezelfde richting bewegen, krijgt corrosie meer de tijd om haar destructieve werk te doen dan bij wisselstroom. De schade kan tot 100 keer groter zijn dan bij wisselstroom. De belangrijkste oorzaken van corrosie zijn:

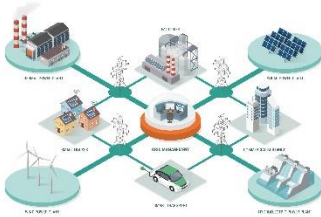
- Lekstromen (elektrolyt, vochtige aarde),
- Aardstromen,

- Galvanische stromen.

Bij galvanische stromen treedt er een potentiaalverschil op wanneer twee verschillende metalen met elkaar in contact komen. Zelfs als dit verschil heel laag is, kan dit uiteindelijk leiden tot corrosieproblemen.

Deze corrosieproblemen kunnen grote schade veroorzaken aan installaties, materialen en structuren. Ze kunnen zelfs leiden tot de aantasting van betonwapening. Een stroom van 1 A kan tot 9 kg ijzer oplossen in een jaar! Er bestaan echter oplossingen die bijvoorbeeld bestaan uit het plaatsen van anti-parallel diodes die verbonden zijn met de aardgeleider. Gespecialiseerde bedrijven bieden oplossingen om deze corrosieproblemen te vermijden, maar er moet rekening mee worden gehouden bij het ontwerp van de DC-installatie.

## Passieve en actieve DC-netten



Een passief netwerk bestaat uit apparaten en toestellen die autonoom werken. Er is geen intelligent beheer. Spanningspieken, spanningsvariaties (bijvoorbeeld van batterijen) of snelle veranderingen in stroom ( $di/dt$ ) worden niet gecontroleerd. In geval van een anomalie, worden de beveiligingscomponenten aangesproken met het risico dat de limieten van hun karakteristieken, (vooral die voor kortsluitstromen) worden overschreden.

Een actief netwerk wordt van A tot Z gecontroleerd en alle componenten van het netwerk worden bepaald. Dit type netwerk staat bekend als een "intelligent netwerk". Er wordt vaak voorzien in congestiebeheer, gebaseerd op spanningsniveau, communicatie en gegevensbeheer. Dit beheer maakt het bijvoorbeeld mogelijk om overspanning of plotselinge stroomveranderingen ( $di/dt$ ) te voorkomen door ze in real-time op het netwerk te beperken. Het actieve netwerk zal snel en direct ingrijpen op de installatie om te voorkomen dat er anomalieën ontstaan. Het zal ook kortsluitstromen of overstromen voorkomen vooraleer ze gevaarlijke proporties aannemen.

Gezien hun voordelen bestaan er al verschillende gelijkstroomnetten, van laagspanning tot hoogspanning. Ook in België zijn innovatieve projecten opgezet die gelijkstroomnetwerken gebruiken om hun efficiëntie, de verschillende gebruikte componenten en hun veiligheid te testen en te verifiëren. Eén zo'n project, MIRaCCLE (<https://klinkenberg.be/miraccle/>) genaamd, is momenteel lopende in het industriepark van de Haut-Sarts in Luik.

Het beheer van een gelijkstroomnetwerk verschilt van dat van een wisselstroomnetwerk en vereist gekwalificeerd (BA5) of ervaren (BA4) personeel alsook specifieke gelijkstroomapparatuur. Het beschikbare kortsluitvermogen is vaak beperkt en kan soms problemen veroorzaken in gedecentraliseerde netwerken. Als het aantal belastingen op het netwerk (apparaten, actieve componenten, enz.) niet onder controle wordt gehouden, kan het kortsluitvermogen worden overschreden. Een DC-netwerk moet daarom al in de ontwerpfase worden afgebakend wat betreft belastingen en componenten om problemen te voorkomen.

## Beveiliging tegen elektrische schokken door indirecte aanraking bij huishoudelijke installaties

We weten dat het AREI het gebruik van minstens één differentieelstroomschakelaar (beter bekend als differentieel) van max. 300 mA vereist aan het hoofd van een huishoudelijke installatie. Differentieelstroomschakelaars voor DC zijn nog niet beschikbaar op de markt, maar zouden er zeker moeten komen. IEC 60755-1, die de "Algemene veiligheidseisen voor differentieelstroomschakelaars - Deel 1: differentieelstroomschakelaars voor DC-systemen" definieert, werd gepubliceerd op 24.10.22. Het definieert de standaardwaarden van lekstromen voor differentieelstroomschakelaars in DC-netwerken. Deze zijn 80 mA DC in plaats van de 30 mA bij AC en 20 mA DC in plaats van de 10 mA bij AC. Sinds 24/10/22 hebben fabrikanten dus een normatief kader dat hen in staat stelt om differentieelstroomschakelaars te fabriceren die zijn aangepast voor DC. Vergeet dus voorlopig elke huishoudelijke installatie die volledig ontworpen is in LV DC. Daarentegen staat niets het gebruik van DC-mininetwerken in ZLVS, zoals USB-C, in de weg. USB-C kan veilig worden gebruikt voor toepassingen tot 100 W. USB-C heeft een galvanische scheiding (en is dus niet geaard) en biedt spanningsniveaus tot 20 V DC. Apparatuur zoals stopcontacten, connectoren, voedingen, schakelaars, enz. is al beschikbaar op de markt en kan worden gebruikt om verschillende toestellen rechtstreeks van gelijkstroom te voorzien.

## AREI

In België is momenteel een werkgroep actief bij de FOD Economie. Die als doel heeft de specifieke schema's voor gelijkstroom (al dan niet geaard) te bundelen en alle nodige beschermingsmaatregelen te vervolledigen, rekening houdend met de huidige stand van de technologie.

## Besluit

AC of DC? Nee, AC en DC! De 2 systemen hebben hun voor- en nadelen. Het is aan ons, elektrotechnici, om ze verstandig te gebruiken. Het AC-netwerk zal niet van de ene op de andere dag verdwijnen en de goede oude transformator is nog steeds een uitstekende manier om van het ene spanningsniveau naar het andere over te gaan. Vooral bij hoge vermogens en hoge spanningsniveaus. Maar DC/DC converters worden steeds efficiënter en kunnen steeds hogere spanningsniveaus en vermogens omzetten in DC. Het zou veel te duur en zinloos zijn om de hele bestaande en relatief efficiënte infrastructuur van het huidige AC-netwerk te vervangen door DC. Het gebruik van DC-microgrids naast AC-netwerken zou echter aanzienlijke extra efficiëntie kunnen opleveren voor bepaalde toepassingen. In elk geval hebben veel apparaten nog steeds AC nodig om te werken, zoals inductiekookplaten, wasmachines, motoren, magnetrons, enz. Wat de regelgeving betreft, is de weg nog lang en traag en we zullen niet snel zien dat huishoudelijke LV-installaties volledig in DC worden uitgevoerd en wel om de veiligheidsredenen die ik heb uitgelegd. En dat is terecht, je speelt niet met de veiligheid van mensen en goederen. Laten we niet vergeten dat de geïnstalleerde apparatuur na verloop van tijd verslijt en/of degradeert. Vanuit veiligheids oogpunt moet je ook daarmee rekening houden.

**Bronnen:** Cired, NPR9090, AREI

\*\*\*\*\*