

Eenvoudige aardlektester

isolatietest voor
lichtnetinstallaties



Elbert Jan van Veldhuizen (Nederland)

Aardlekschakelaars zijn essentieel voor de veiligheid van onze elektrische installatie in huis, maar soms spreken ze zonder aanwijsbare reden aan. Een professionele aardweerstandstester (of megger) kan helpen om het probleem te lokaliseren, maar de gemakkelijk te bouwen aardlektester van dit artikel is een veilig, betaalbaar en nuttig alternatief. Hij gebruikt standaard CR2032-lithiumbatterijen voor de hoogspanningsvoeding.

WAARSCHUWING: de netspanning kan levensgevaarlijk zijn. De hier beschreven schakeling is niet voor beginners. Bouw of gebruik hem niet, tenzij u ervaring hebt in de omgang met netspanning!

Aardlekschakelaars hebben al veel mensen behoed voor fatale elektrische schokken. Veel ouderen kennen voorbeelden van mensen die zijn geëlektrocuteerd door bijvoorbeeld een defecte lamparmatuur, maar tegenwoordig komt dat bijna nooit meer voor. Een aardlekschakelaar (*Residual Current Device*, RCD) detecteert stroomverschillen tussen de fasedraad (*Live*, L) en de nuldraad (*Neutral*, N). (Als er een verschil is, lekt er stroom weg naar de aarde.) Als het verschil meer dan 30 mA bedraagt, schakelt de aardlekschakelaar de stroom uit. Een wisselstroom van 30 mA door het menselijk lichaam kan een hartstilstand of ernstig letsel veroorzaken als die meer dan een fractie van een seconde aanhoudt. Aardlekschakelaars zijn ontworpen om de stroom zo snel te onderbreken dat letsel wordt voorkomen [1].

Een aardlekschakelaar spreekt niet alleen aan als een mens de fasedraad aanraakt, ook vocht in een stopcontact of een apparaat kan een lekstroom veroorzaken. De bron van zulke problemen is vaak moeilijk te vinden. Een "simpele" manier is om eerst de spanning uit te schakelen en dan verschillende draden in de lasdozen af te koppelen. Daarna schakelen we de spanning weer in en we kijken of het probleem zich nog steeds voordoet. Dat werkt, maar erg handig is het niet... Om te beginnen moeten we telkens de spanning uitschakelen voordat we iets aan de bedrading veranderen. Als we daarbij een fout maken, werken we aan bedrading die onder spanning staat! Verder treden aardlekproblemen soms alleen sporadisch op; niet alle fouten zijn gemakkelijk reproduceerbaar.

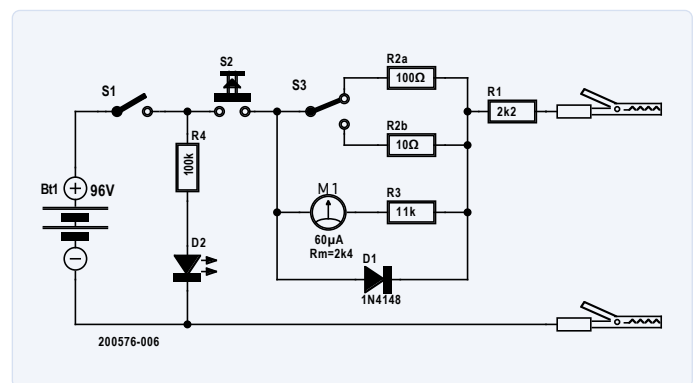
Waarom deze schakeling?

De ontwerper van dit project had problemen met de elektrische installatie in de serre van zijn ouders: de aardlekschakelaar sprak regelmatig aan zonder duidelijke oorzaak. Toen hij in het weekend de installatie kwam controleren, werkte alles goed en gebeurde er niets, maar later die week sprak de schakelaar toch weer aan. In plaats van afwachten of de aardlekschakelaar misschien doorslaat, is het veel beter om de lekstroom te meten. Als we lekstromen kunnen meten die kleiner zijn dan de schakeldrempel van de aardlekschakelaar, kunnen we (potentiële) problemen veel gemakkelijker lokaliseren.

Hoe moeten we meten?

Bij isolatieproblemen in het lichtnet heeft het geen zin de weerstand te meten met een standaard multimeter. Als u ooit de weerstand van uw huid gemeten hebt, hebt u het ongetwijfeld gemerkt: u meet dan een weerstand van ongeveer 1 M Ω (afhankelijk van hoe vochtig uw huid is). Dat zou betekenen dat als u de netspanning van 230 V zou aanraken, er een stroom van veel minder dan 1 mA zou gaan lopen. Dat is lang niet dodelijk, zo'n kleine stroom zou u misschien niet eens voelen. Maar de weerstand is sterk afhankelijk van de aangelegde spanning bij het meten. Bij de meeste multimeters is dat minder dan 9 V. Maar bij 230 V is de weerstand van het menselijk lichaam slechts enkele k Ω en dan gaat er een stroom lopen van honderden milliampères, wat zeker schadelijk en zelfs dodelijk kan zijn. Die spanningsafhankelijkheid van de weerstand wordt onder andere veroorzaakt door elektrochemische reacties in het lichaam.

Dus om een goede meting van de lekstroom te doen, moeten we niet meten met een lage spanning, zoals een multimeter, maar in het ideale geval met 230 V, want dat is de netspanning in de meeste Europese landen. De uitdaging voor de auteur was dus om dit op een goedkope, maar vooral ook veilige manier te doen. Om aan die laatste voorwaarde te voldoen, moeten we misschien toch een ietwat lagere spanning



Figuur 1. Het schema van de aardlektester.

gebruiken. En dat beperkt ook de kosten: hoe lager de spanning, hoe minder batterijen we nodig hebben om deze lekstroommeter te voeden.

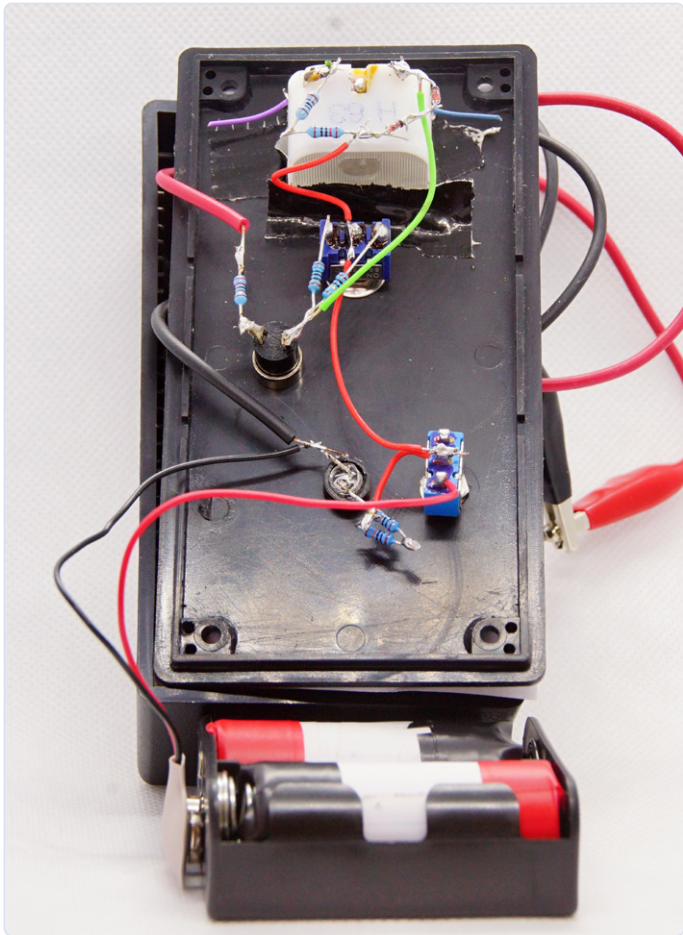
Waarom batterijen?

De CR2032 is een 3V-lithiumbatterij die, zoals de naam al aangeeft, een diameter van 20 mm heeft en 3,2 mm dik is. Daarmee heeft deze batterij ongeveer dezelfde diameter als een standaard C-batterij, die ongeveer 50 mm lang is. Als we 16 CR2032-batterijen op elkaar stapelen, heeft het geheel ongeveer dezelfde afmetingen als een C-batterij, maar dan met een spanning van 48 V. Met twee van die "C-batterijen" in serie krijgen we 96 V en kunnen we een standaard batterijhouder voor twee C-cellen gebruiken. CR2032's worden alom gebruikt in draagbare elektrische apparaten, speelgoed en gadgets, dus ze zijn overal verkrijgbaar voor heel redelijke prijzen. Andere mogelijkheden voor ongeveer dezelfde prijs zouden 64 LR44's of acht A23-batterijen zijn, maar daar zijn geen standaard batterijhouders voor te koop.

Een andere overweging voor het gebruik van deze batterijen was dat, volgens sommige bronnen (hoewel het moeilijk is om daar duidelijkheid over te krijgen!), CR2032's slechts een vrij beperkte stroom kunnen leveren, niet meer dan 10 mA. Een gelijkspanning van 96 V is potentieel gevaarlijk. Bij gelijkstroom bedraagt de dodelijke stroom voor mensen ongeveer 100 mA. Volgens de datasheets kunnen de batterijen niet zoveel stroom leveren; dus in theorie zouden ze een veilige voeding voor onze aardlektester moeten vormen. Maar in de praktijk heeft de auteur (piek)stromen van enkele honderden mA gemeten, die lang genoeg konden aanhouden om gevaarlijk te zijn (zie het **kader** over de CR2032's). Om veiligheidsredenen is er dus ook nog een stroombegrenzingsweerstand ingebouwd.

De hardware

Voor het meten van de lekstroom heeft de auteur een ouderwetse draaispoelmeter gebruikt die hij nog had liggen. Het voordeel van een analoge meter is dat die sneller reageert dan een (standaard) digitale meter, zodat piekstromen bij het inschakelen ook zichtbaar worden. De weerstand van deze meter (R_m) bedraagt 2,4 k Ω en de stroom bij volle uitslag (I_{FS} , full scale) is 60 μ A. Natuurlijk moeten we altijd opletten dat we het juiste meetbereik kiezen. Maar het is ook verstandig om de meter met een diode te beschermen tegen te grote stromen. Een diode begrenst de spanning over de meter en diens serieweerstand R3 tot 0,7 V.



Figuur 2. Constructie van het prototype van de auteur.

In **figuur 1** ziet u het schema van deze aardlektester. R1 is de stroombegrenziende weerstand. Om aan de veilige kant te blijven, is een weerstand van 2,2 kΩ gemonteerd, die de stroom begrenst tot ongeveer 45 mA. Als deze maximale stroom loopt, wordt er 4 W gedissipeerd in weerstand R2. Gebruik dus een vermogensweerstand of laat de stroom niet te lang lopen.

Uit shuntweerstand R2, weerstand R3 en de interne weerstand R_m van de meter kunnen we, onder de aanname dat R2 veel kleiner is dan $R_3 + R_m$, met behulp van de Wet van Ohm het juiste meetbereik berekenen:

$$R_3 \leq \frac{V_{diode}}{I_{FS}} - R_m \quad R_2 = \frac{(R_m + R_3) \times I_{FS}}{I_{scale}}$$

waarin I_{scale} de maximale uitgangsstroom van de schakeling is. We kunnen dan de weerstandswaarden slim aanpassen zodat standaard E12-waarden kunnen worden gebruikt. De auteur kwam uit op:

- R3 is 11 kΩ (10 kΩ in serie met 1 kΩ). Dit begrenst de uitslag tot de waarde '7' op een volle schaal van '8': de diode begrenst de spanning over R3 en de meter tot 0,7 V, wat een maximale stroom

Hoeveel CR2032's zijn er?



De populariteit van dit type batterij heeft de vervelende bijkomstigheid dat er heel veel fabrikanten zijn die CR2032's produceren. Naast de gerenommeerde merken zijn er allerlei

fabrikanten die lithiumbatterijen met een spanning van 3 V produceren met dezelfde afmetingen (20 mm diameter, 3,2 mm dik) waar dit type knoopcel zijn naam aan ontleent. Maar als het gaat om zaken als capaciteit, inwendige weerstand en maximale stroom, blijkt de "CR2032-standaard" lang niet zo standaard te zijn. En zeker van de goedkopere exemplaren, die natuurlijk heel aantrekkelijk lijken als u 32 batterijen nodig hebt, is het onmogelijk om te achterhalen waar ze zijn geproduceerd. Op de verpakking staan meestal geen andere technische gegevens dan "3 V". Achteraf bleken de algemene gegevens die de auteur had gevonden en waaruit bleek dat de kortsluitstroom van deze batterijen niet meer dan enkele tientallen mA bedroeg, erg optimistisch vanuit het gezichtspunt van veiligheid. In de praktijk bleken de CR2032's die hij had gekocht een kortsluitstroom van meer dan 300 mA te hebben, die na 10 seconden geleidelijk inzakte tot 80 mA. Daarom is het niet verstandig om stroombegrenzingsweerstand R1 weg te laten. Voorkomen is beter dan genezen!

oplevert van ongeveer 53 μ A, terwijl de volle schaalwaarde 60 μ A is. De auteur gebruikt daarom twee diodes in serie met een totale spanning van 1,4 V, zodat de volle uitslag gehaald kan worden terwijl de stroom door de meter binnen redelijke grenzen blijft.

- R2a is 100 Ω (voor een bereik van 8 mA).
- R2b is 10 Ω (voor een bereik van 80 mA).

Gezien de eenvoud van de schakeling en het kleine aantal componenten is er geen print nodig voor dit project. In **figuur 2** ziet u het inwendige van de aardlektester zoals de auteur die heeft opgebouwd. Onderaan ziet u twee stapels CR2032-batterijen omwikkeld met tape in een standaard batterijhouder voor C-cellen. Plus- en minpolen van deze zelfgemaakte 46V-batterijen zijn gemarkeerd met rode en zwarte tape.

Metten van de aardlekstroom

Het gebruik van deze aardlekmeter is eenvoudig. Als het apparaat met S1 wordt ingeschakeld, licht LED D2 op. Als op S2 wordt gedrukt, loopt de meetstroom naar de aansluitingen. Krokodillenklemmen zijn het handigste om de meetsnoeren te verbinden met de draden van het te onderzoeken circuit. De stroom kan op de meter worden afgelezen. Zo kunnen we alle draden in een lasdoos op lekstromen controleren. Met de testspanning van 96 V uit de batterijen is de gemeten stroom natuurlijk kleiner dan de aardlekstroom die er zou lopen bij de

netspanning van 230 V. Als we ervan uitgaan dat de weerstand van het lek slechts marginaal verandert tussen 96 en 230 V, zal er bij een hogere spanning een evenredig grotere stroom lopen. Ook de inwendige weerstand van de batterij, de shuntweerstand en de veiligheidsweerstand R_{int} reduceren de stroom. De inwendige weerstand kan gemakkelijk worden bepaald door de kortsluitstroom van de aardlek-meter te meten met een multimeter. Bij het prototype van de auteur werd, toen de 10Ω -shuntweerstand (R_{2b}) was geselecteerd, 38 mA gemeten, dus de inwendige weerstand was $2526\ \Omega$. We kunnen uit de gemeten stroom I_m de werkelijke lekstroom I_{actual} bij netspanning berekenen met:

$$I_{actual} = \frac{V_{mains}}{\frac{V_{batt}}{I_m} - R_{int}}$$

In tabelvorm gegoten:

I_m [mA]	I_{actual} [mA]
0	0
1	2
2	5
3	8
4	11
5	14
6	17
7	20
8	24
10	31
20	100
30	>200

En wat was nou het probleem in de serre van de ouders van de auteur? Bij een kabel naar een buitenlamp werd een lekstroom gemeten van 4 mA tijdens het foutzoeken met de aardlek-meter. In de praktijk zou dat 11 mA zijn als de netspanning was ingeschakeld. En waarschijnlijk meer bij regen. De beste manier om dat op te lossen was natuurlijk het vervangen van die kabel. . 

200576-03

WEBLINK

[1] Residual-Current Device:
https://en.wikipedia.org/wiki/residual-current_device

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie via luc.lemmens@elektor.com of redactie@elektor.com.

Een bijdrage van

Ontwerp en tekst: **Elbert Jan van Veldhuizen**

Redactie: **Luc Lemmens**

Vertaling: **Evelien Snel**

Illustraties: **Elbert Jan van Veldhuizen, Patrick Wielders**

Layout: **Giel Dols**



GERELATEERDE PRODUCTEN

> **PeakTech 2710 Digital RCD Tester (SKU 19318)**
www.elektor.nl/19318

> **PeakTech 2715 Digital Loop / PSC Tester (SKU 19078)**
www.elektor.nl/19078



Pas op: hoogspanning!

Er zijn altijd veiligheidsrisico's aan de orde bij het werken aan schakelingen of systemen die met het lichtnet (kunnen) zijn verbonden. Elektor en de ontwerper van dit project aanvaarden geen aansprakelijkheid voor schade (in welke vorm dan ook) veroorzaakt door het gebruik van deze aardlektester. Zoals met alle projecten waar netspanning aan te pas komt, adviseren we met klem: als u niet weet wat u doet, doe het dan niet!