

Table of Contents

1 Seguritat en instal·lacions elèctriques.....	2
1.1 Efectes fisiològics de l'electricitat.....	2
1.2 Toma de terra.....	5
1.3 Llei d'Ohm, aplicada a les descàrregues.....	14
1.4 Procediments de seguretat.....	23
1.5 Resposta a una emergència.....	29
1.6 Causas freqüents d'accidentes.....	31
1.7 Disseny de dispositius segurs.....	34
1.7 Utilització segura del polímetre (multímetre).....	42
1.8 Soluciones.....	53

1 Seguritat en instal·lacions elèctriques

1.1 Efectes fisiològics de l'electricitat

La majoria de nosaltres hem experimentat alguna forma de "descàrrega" elèctrica, en la qual l'electricitat provoca en el nostre cos dolor. Si tenim sort, l'abast d'aquesta experiència es limita a pessigolles. Quan treballem amb circuits elèctrics capaços de subministrar grans potències a les càrregues, les descàrregues elèctriques es converteixen en un problema molt més greu, i el risc de sofrir-les és molt major. En aquests casos, el dolor és la conseqüència menys greu de la descàrrega. Quan el corrent elèctric es condueix a través d'un material, qualsevol oposició a aquest flux d'electrons (resistència) provoca una dissipació d'energia, normalment en forma de calor. Aquest és l'efecte més bàsic i fàcil d'entendre de l'electricitat en els teixits vius: el corrent fa que s'escalfin. Si la quantitat de calor generada és suficient, el teixit pot cremar-se. L'efecte és fisiològicament el mateix que el mal causat per una flama oberta o una altra font de calor a alta temperatura, tret que l'electricitat té la capacitat de cremar teixit per sota de la pell, fins i tot cremar òrgans interns. Un altre efecte del corrent elèctric sobre el cos, potser el més important en termes de perillositat, afecta al sistema nerviós. Per "sistema nerviós" s'entén la xarxa de cèl·lules del cos anomenades "cèl·lules nervioses" o "neurones" que processen i condueixen la multitud de senyals responsables de la regulació de moltes funcions corporals. El cervell, la medul·la espinal i els òrgans del cos funcionen en conjunt, permetent sentir, moure's, respondre, pensar i recordar. Les cèl·lules nervioses creen i emeten senyals elèctrics de molt baixa tensió i intensitat en resposta a uns certs compostos químics anomenats neurotransmissors. També actuen al revés, alliberant neurotransmissors en ser estimulades amb senyals elèctrics.

Si es condueix un corrent elèctric de magnitud suficient a través d'un ésser viu (humà o un altre), el seu efecte serà anul·lar els petits impulsos elèctrics generats normalment per les neurones, sobrecarregant el sistema nerviós i impedit que els senyals reflexos i volutius (són els senyals que provoquen les contraccions voluntàries dels músculs) actuïn sobre els músculs. Els músculs activats per un corrent extern (descàrrega) es contreuen involuntàriament, sense que la víctima pugui fer res per a evitar-ho.

Aquest problema és especialment perillós si la víctima entra en contacte amb un objecte sota tensió amb les mans. Els músculs de l'avantbraç responsables de doblegar els dits tendeixen a estar millor desenvolupats que els músculs responsables d'estendre els dits, per la qual cosa si tots dos grups de músculs intenten contreure's a causa d'un corrent elèctric conduït a través del braç de la persona, els músculs "flexors" guanyaran, tancant-se el puny.

Això farà que la víctima estrenyi fortament el cable amb la mà empitjorant així la situació en assegurar un excel·lent contacte amb el cable. La víctima serà incapaç de deixar anar el conductor.

Aquesta contracció muscular involuntària es denomina tètanus. Els electricistes familiaritzats amb aquest efecte de la descàrrega elèctrica sovint es refereixen a una víctima immobilitzada de la descàrrega elèctrica com "congelada en el circuit". El tètanus induït per descàrrega elèctrica només pot interrompre's detenint el corrent a través de la víctima. Fins i tot quan es deté el corrent, és possible que la víctima no recuperi el control voluntari dels seus músculs durant un temps, ja que l'equilibri químic dels neurotransmissors s'ha descompensat.

Aquest principi s'ha aplicat a les pistoles atordidores, com les Taser, que electrocuten momentàniament a la víctima amb un impuls d'alt voltatge subministrat entre dos elèctrodes. Una descàrrega ben col·locada té l'efecte d'immobilitzar temporalment (uns minuts) a la víctima.

Una descàrrega elèctrica també pot afectar el múscul del diafragma que controla els pulmons i el cor quedant parats, en un estat de tètanus, pel corrent elèctric. Fins i tot corrents massa baixes per a provocar el tètanus, són capaçes d'alterar els senyals de les cèl·lules nervioses prou com perquè el cor no pugui bategar correctament, provocant un estat conegut com a fibril·lació.

Un cor fibril·lant és ineficaç per a bombar sang als òrgans vitals del cos. La mort per asfíxia i/o aturada cardíaca serà el resultat d'un corrent elèctric prou fort.

Curiosament, el personal mèdic utilitza una forta descàrrega de corrent elèctric en el pit d'una víctima per a "reactivar" un cor fibril·lant i que aquest torni a bategar al seu ritme normal.

La forma en què el corrent altern afecte a l'organisme depèn en gran manera de la seva freqüència. La CA de baixa freqüència s'utilitza en les llars estatunidenques (60 Hz) i europeus (50 Hz) i és de 3 a 5 vegades més perillosa que el corrent continu de la mateixa tensió i amperatge.

“El corrent altern de baixa freqüència provoca contracció muscular prolongada (tetània), que pot congelar la mà a la font de corrent, prolongant l'exposició.

El corrent continu sol provocar una única contracció convulsiva, que sovint obliga la víctima a allunyar-se de la font de corrent.”

Font

Robert S. Porter, MD, editor, “The Merck Manuals Online Medical Library”, “Electrical Injuries,” at <http://www.merck.com/mmpe/sec21/ch316/ch316b.html>

Resum

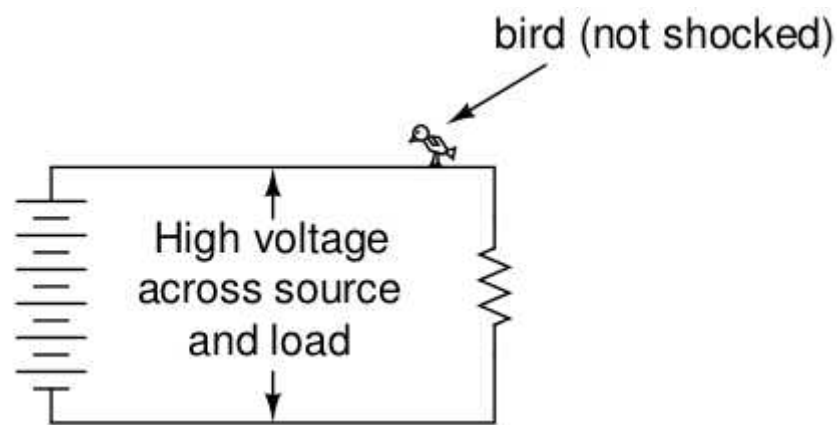
- El corrent elèctric és capaç de produir cremades profundes i greus a causa de la potència elèctrica dissipada a través de la resistència del cos.
- El tètanus és una estat en el qual els músculs es contreuen involuntàriament a causa del pas d'un corrent elèctric pel cos. La contracció involuntària dels músculs dels dits fa que la víctima no pugui deixar anar un conductor elèctric. Es diu que la víctima està "congelada".
- Els músculs del diafragma (pulmó) i del cor es veuen afectats de manera similar pel corrent elèctric. Fins i tot corrents massa petites per a induir el tètanus els poden paralitzar.
- El corrent continu (CC) presenta més probabilitats de provocar un tètanus muscular que el corrent altern (CA), per la qual cosa és més probable que la CC "congegi" a una víctima en cas de descàrrega. No obstant això, la CA provoca la fibril·lació del cor de la víctima amb major probabilitat que el CC. La fibril·lació pot manifestar-se fins i tot passat un temps després de rebre la descàrrega.

1.2 Toma de terra

Com s'ha vist anteriorment, l'electricitat requereix un camí (circuit) entre dos punts (pols) entre els quals existeixi tensió, perquè flueixi un corrent.

L'electricitat estàtica causa descàrregues momentànies. El flux d'electrons és breu quan les càrregues estàtiques s'igualen entre dos objectes. Aquest tipus de descàrregues no solen ser perilloses.

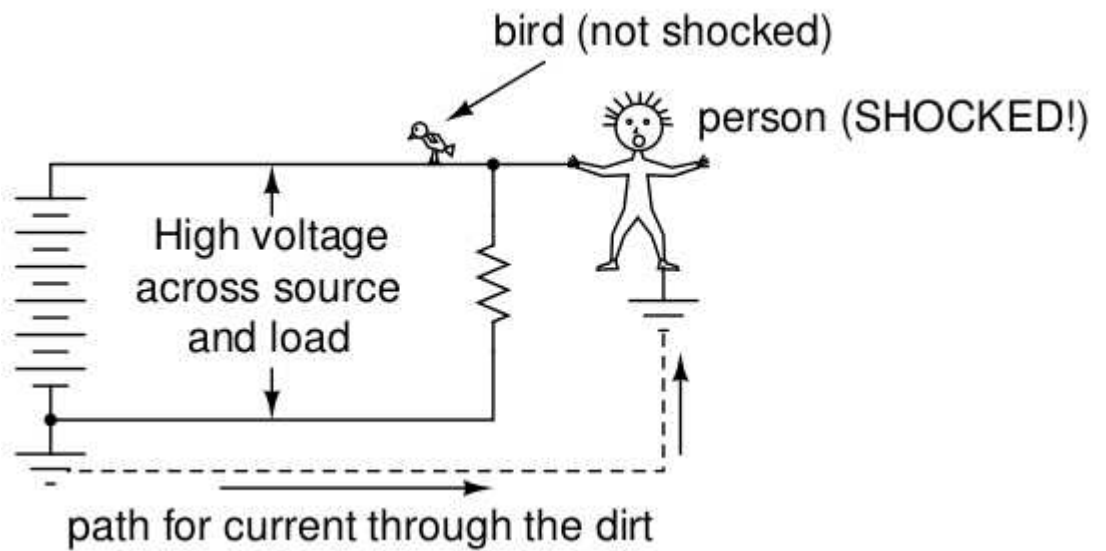
Són necessaris dos punts de contacte del cos perquè entri i surti el corrent. Els ocells poden posar-se sobre línies d'alta tensió sense sofrir una descàrrega, perquè el seu contacte amb el circuit és en un sol punt.



Perquè els electrons circulin per un conductor, és necessària una tensió que els mogui. La tensió, és sempre relativa a dos punts. No té sentit parlar de tensió si s'observa un únic punt del circuit. Falta un segon punt de referència. L'ocell, està en contacte amb un únic punt del circuit, per això no rep una descàrrega. Encara que les potes estiguin sobre el cable, és el mateix cable i la tensió en les potes és la mateixa. Elèctricament parlant, totes dues potes de l'ocell toquen el mateix punt, per tant no hi ha tensió entre elles per a causar un corrent a través del seu cos.

Es podria pensar que és impossible rebre una descàrrega elèctrica tocant un només cable. Com els ocells, que tocant un sol cable, no s'electrocuten. Desgraciadament, això no és cert. A diferència dels ocells, les persones solen estar dempeus sobre el sòl (terra) quan entren en contacte amb un cable amb tensió.

Generalment, un dels costats (pols) d'un subministrament elèctric està intencionadament connectat a terra. Si la persona toca el cable que no està connectat a terra, està fent una connexió a terra amb el seu cos. Es tracta d'un contacte entre dos punts del circuit, amb diferent tensió, la del conductor i la de la presa de terra.



El símbol de terra és el conjunt de tres ratlles horitzontals d'amplària decreixent situades en la part inferior esquerra del circuit. L'esquema mostra, que també els peus de la persona que rep la descàrrega, toquen terra.

La presa de terra del sistema elèctric consisteix en alguna mena de conductor metàl·lic enterrat profundament en el sòl per a fer el màxim contacte amb la terra. El conductor enterrat està connectat elèctricament al circuit mitjançant un cable gruixut. La connexió a terra de la víctima és a través dels seus peus, que estan en contacte amb la terra.

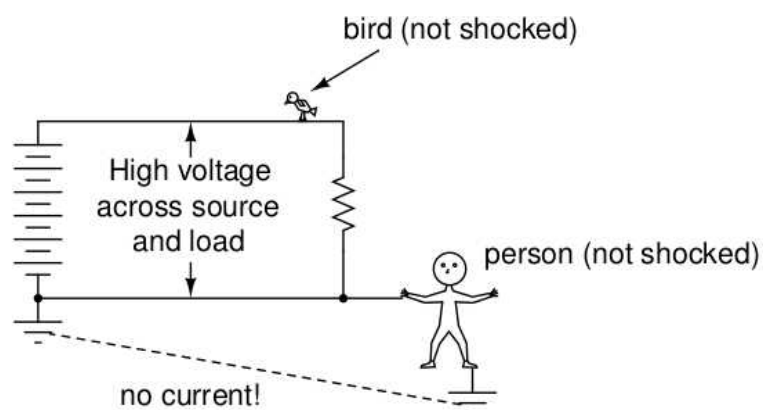
Observant l'esquema anterior, sorgeixen les següents preguntes:

Si la presència d'una presa de terra és la raó per la qual hi ha tensió entre el conductor del circuit i terra, no seria millor prescindir de la presa de terra?

La víctima de la descàrrega, probablement no camina descalça. Si els plàstics són aïllants, per què les sabates no la protegeixen de la descàrrega?

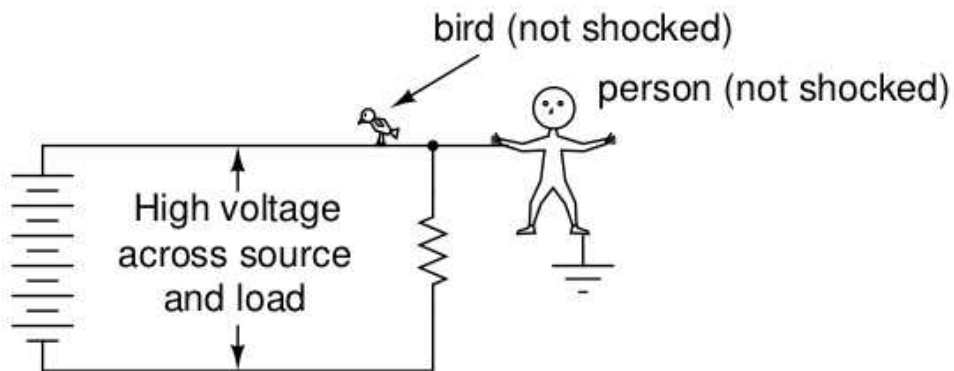
És el sòl un bon conductor? Si és possible rebre una descàrrega a través del sòl, perquè no s'utilitza terra com a material conductor en els circuits elèctrics?

La resposta a la primera pregunta és que un punt de connexió a terra en un circuit elèctric garanteix que un dels seus costats tingui el mateix potencial que la terra i es pot tocar sense perill de rebre una descàrrega. Si la persona de l'esquema toqués la part inferior de la resistència, no passaria res, encara que els seus peus estiguessin en contacte amb terra:

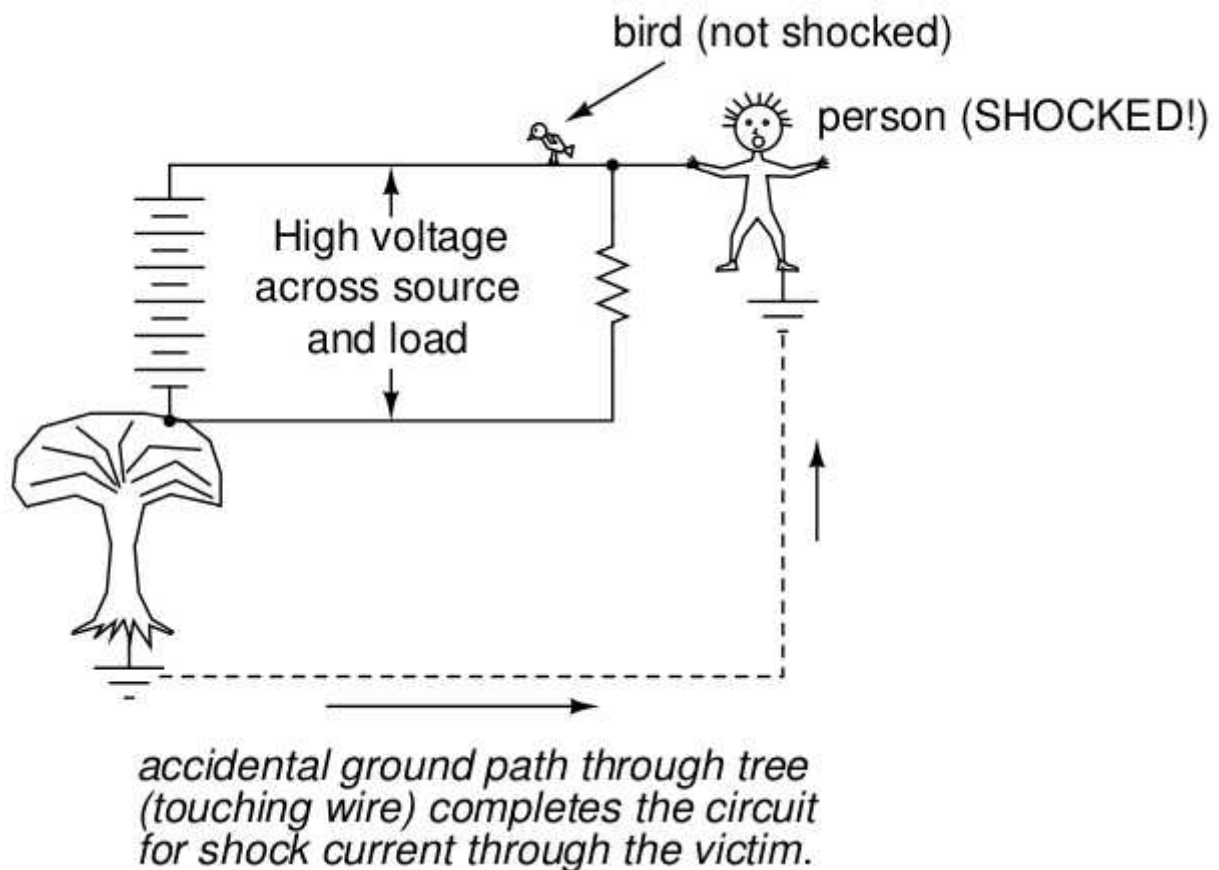


La connexió a terra del circuit garanteix que almenys una part del circuit serà segura de tocar. Però què passa si es deixa un circuit completament sense connexió a terra? No faria això segur el circuit complet, perquè només hi hauria tensió entre els pols del generador, no cap a terra?

En teoria, sí. En la pràctica, no. Sense connexió a terra, la situació seria la següent:

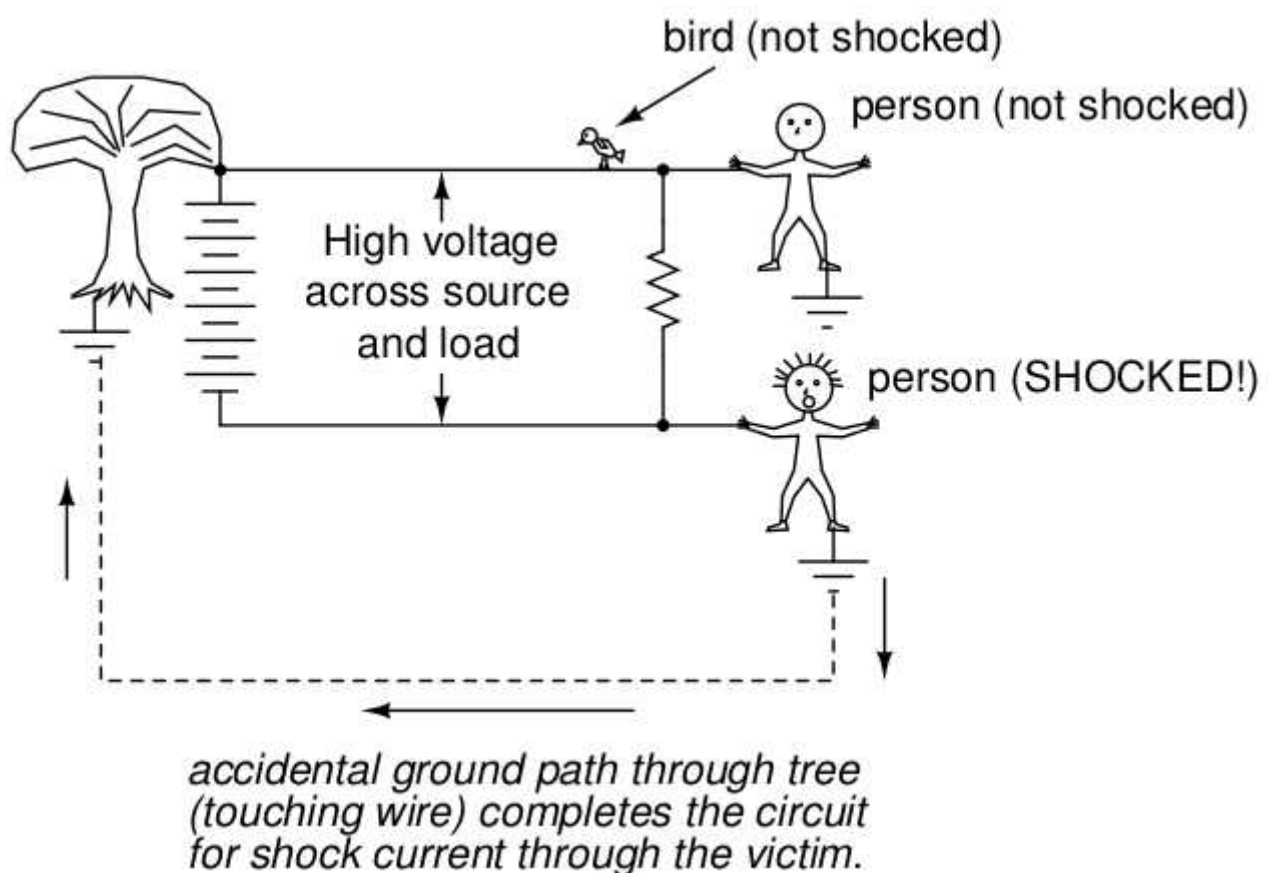


A pesar que els peus de la persona estan en contacte amb terra, qualsevol punt del circuit hauria de poder tocar-se sense perill. Com no s'ha tancat el circuit entre els costats inferior i superior de la font de tensió, no circula corrent per la persona. No obstant això, aquesta situació canviaria amb una presa de terra accidental. Si la branca d'un arbre toqués una línia elèctrica, la connectaria a terra.



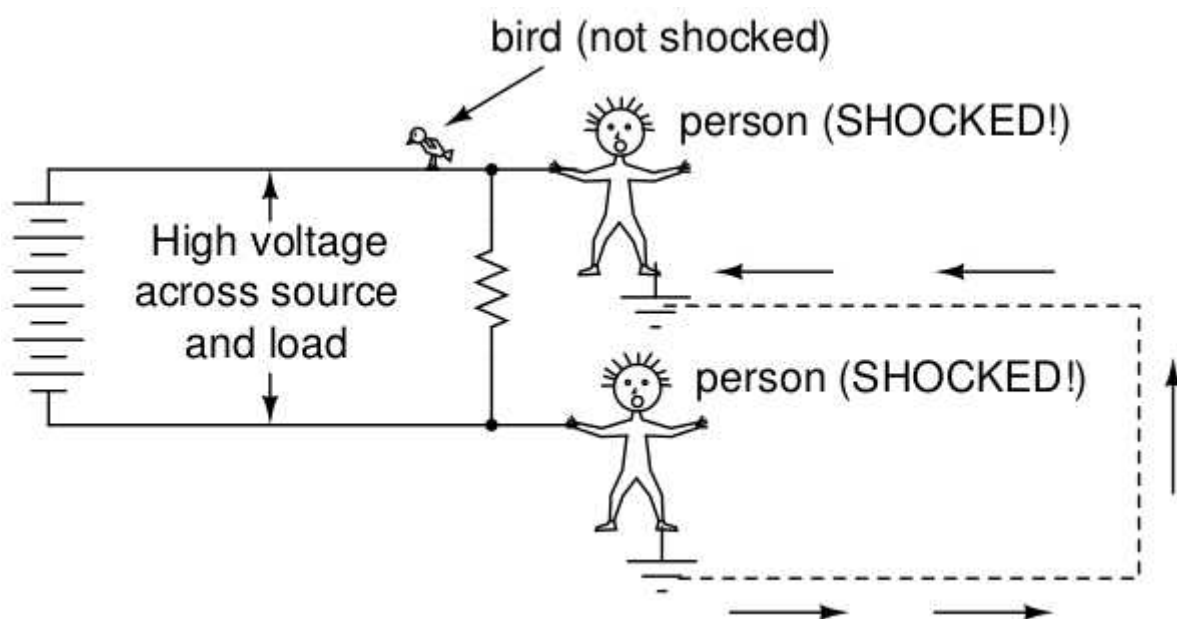
Una connexió accidental d'aquest tipus entre un conductor del sistema elèctric i la terra es denomina falla a terra. Les falles a terra poden deure's a moltes causes, com l'acumulació de brutícia en elements d'aïllament de les línies elèctriques, filtració d'aigua en els conductors subterranis de les línies elèctriques, ocells que es posen en les línies elèctriques, pontejant la línia amb la torre de cablejat amb les seves ales...

Les falles a terra solen ser imprevisibles a causa de les seves múltiples causes. Per exemple el contacte del cable amb les branques d'un arbre . Si un arbre fregués el cable superior del circuit, seria segur tocar el superior i perillós l'inferior. Si l'arbre toca el cable inferior, la situació s'inverteix i el perill el presenta el cable superior.



Amb una branca d'arbre en contacte amb el cable superior, aquest cable es converteix en el conductor a terra en el circuit, fent de presa de terra. Per tant, no hi ha tensió entre aquest cable i terra, però sí entre el cable inferior i terra.

Es considera ara un sistema elèctric sense connexió a terra i sense arbres, però aquesta vegada amb dues persones tocant cables diferents:



Les persones estan tocant cables de diferent potencial. A través dels peus de les persones, la terra tanca el circuit i ambdues reben una descàrrega.

Encara que cada persona pensi que està fora de perill tocant un sol punt del circuit, les seves accions combinades creen un escenari mortal.

Una persona tocant un cable del circuit actua com la falla a terra que fa que sigui insegur tocar un cable diferent per a l'altra persona. Aquesta és la raó per la qual els sistemes elèctrics sense connexió a terra són perillosos. La tensió entre qualsevol punt del circuit i terra és impredecible, perquè una falla a terra pot donar-se en qualsevol punt del circuit en qualsevol moment. Únicament l'ocell, que no té cap connexió a terra es troba segur.

Gràcies a la presa de terra, tots aquells components del circuit connectats a terra deixen de ser perillosos, en el que a descàrregues elèctriques es refereix, perquè mai presentaran tensió. Aquesta opció és millor que cap presa de terra.

En resposta a la segona pregunta, el calçat amb sola de goma proporciona cert aïllament elèctric que ajuda a protegir les persones de la conducció del corrent elèctric a través dels seus peus. No obstant això, els dissenys de calçat més comuns no estan pensats per a ser elèctricament "segurs", les seves soles són massa fines i els materials inadequats. A més, qualsevol humitat, brutícia o sals conductores, procedents de la suor corporal, en les soles de les sabates reduiran el poc valor aïllant que tingui la sabata.

S'ofereixen sabates fabricades específicament per a treballs elèctrics perillosos, així com gruixudes catifes de goma per a treballar en circuits amb tensió. Aquests equips especials han d'estar completament nets i secs per a ser eficaços.

El calçat normal no és suficient protecció contra les descàrregues elèctriques.

Les recerques realitzades sobre la resistència de contacte entre parts del cos humà i punts de contacte (com el sòl) mostren una àmplia gamma de valors de resistència:

- Contacte de mà o peu, aïllat amb cautxú: 20 M Ω típic.
- Contacte dempeus a través de sola de sabata de cuir (sec): 100 k Ω a 500 k Ω
- Contacte del peu a través de sola de sabata de cuir (humit): 5 k Ω a 20 k Ω

Font

Robert S. Porter, MD, editor, "The Merck Manuals Online Medical Library", "Electrical Injuries," at <http://www.merck.com/mmpe/sec21/ch316/ch316b.html>

El cautxú no sols és un material molt millor aïllant que el cuir, sinó que la presència d'aigua en una substància porosa com el cuir redueix considerablement la seva resistència elèctrica.

En resposta a la tercera pregunta, la brutícia no és un bon conductor (almenys quan està seca!). No és un conductor adequat per a conduir un corrent que alimenti una càrrega. No obstant això, com veurem en el següent apartat, es necessita molt poc corrent per a ferir o matar a una persona, així que fins i tot la mala conductivitat de la brutícia és suficient per a proporcionar un camí per al corrent mortal, havent-hi tensió suficient, com sol ocórrer en els sistemes elèctrics.

Algunes superfícies de terra són millors aïllants que unes altres. L'asfalt, per exemple, en estar compost per olis, presenta una resistència molt major que la majoria dels tipus de terra o roca. El

formigó tendeix a tenir una resistència bastant baixa a causa del seu contingut d'aigua i electròlits (substàncies químiques conductores).

Resum

- Una descàrrega elèctrica només pot produir-se quan hi ha contacte amb almenys dos punts del circuit, amb diferència de tensió entre ells.
- Els circuits elèctrics han de tenir un punt que està "connectat a terra". La presa de terra consta de barres o plaques metàl·liques enterrades en el sòl, que garanteixen que una part del circuit està sempre a potencial de terra.
- Una falla a terra és una connexió accidental entre un conductor del circuit i la terra.
- Es fabriquen sabates i catifes aïllants especials per a protegir les persones de les descàrregues per conducció a terra, però fins i tot aquests equips han d'estar nets i secs per a ser eficaços.
- El calçat normal no presenta suficient aïllament per a protegir una persona d'una descàrrega.
- Encara que la brutícia és un mal conductor, pot conduir suficient corrent com per a ferir o matar a una persona.

1.3 Llei d'Ohm, aplicada a les descàrregues

Una frase comuna que se sent en referència a la seguretat elèctrica diu: "No és el voltatge que mata, sinó el corrent". Encara que hi ha alguna cosa de veritat en això, no és tan simple. Si el voltatge no representés perill, no es col·locarien cartells advertint: PERILL - ALTA TENSIÓ!

El principi que "el corrent mata" és essencialment correcte. És el corrent elèctric la que crema els teixits, congela els músculs i fa fibrillar els cors. No obstant això, el corrent elèctric no es produeix per si sol, ha d'haver-hi una tensió disponible per a causar un flux d'electrons a través d'una víctima. El cos d'una persona també presenta una resistència al corrent que cal tenir en compte.

Prenent la Llei d'Ohm per a la tensió, el corrent i la resistència, i expressant-la en termes de corrent per a un voltatge i una resistència donats, resulta aquesta equació:

$$I = \frac{E}{R} \qquad \text{corriente} = \frac{\text{tensión}}{\text{resistencia}}$$

La quantitat de corrent que travessa un cos és igual a la quantitat de tensió aplicada entre dos punts d'aquest cos, dividida per la resistència elèctrica que ofereix el cos entre aquests dos punts.

Evidentment, com més gran sigui el voltatge disponible per a fer que els electrons flueixin, més fàcilment ho faran a través d'una resistència donada. D'aquí el perill de l'alta tensió. Tensió significa potencial per a grans fluxos de corrent a través del cos, la qual cosa causarà lesions o mort. Per contra, quanta més resistència ofereixi un cos al corrent, menor serà el flux a una tensió determinada. La perillositat de la tensió depèn de la resistència total que hi hagi en el circuit per a oposar-se a ella.

La resistència corporal no és una constant, varia d'una persona a una altra, fins i tot d'un moment a un altre.

Existeix una tècnica de mesurament del greix corporal basada en el mesurament de la resistència elèctrica entre els dits dels peus i de les mans. Diferents percentatges de greix corporal proporcionen diferents resistències. Aquesta és només una de les variables que influeixen a la resistència elèctrica en el cos humà. Perquè el mesurament sigui precís, la persona ha de regular la

seva ingesta de líquids durant diverses hores abans de la prova, la qual cosa indica que la hidratació corporal és un altre factor que influeix en la resistència elèctrica del cos.

La resistència corporal també varia en funció de la forma en què es produeix el contacte amb la pell: és de mà a mà, de peu a peu, de mà a colze, etc.?

La suor, en ser ric en sals i minerals, és un excel·lent conductor d'electricitat per ser un líquid.

També ho és la sang, amb un elevat contingut de substàncies químiques conductores. Per tant, el contacte amb un cable fet per una mà suosa o una ferida oberta oferirà molta menys resistència al corrent que el contacte amb la pell neta i seca.

Subjectant una sonda del polímetre en cada mà amb els dits (mans netes i seques), la resistència que es mesura és d'aproximadament 1 milió d'ohms (1 MΩ). El mesurador indica menys resistència al estrenyer les sondes amb força i major resistència sense estrènyer-les. Treballant en un entorn industrial calorós i brut, la resistència entre les mans probablement seria molt menor, presentant menys resistència i una major amenaça de descàrrega elèctrica.

Quin és el corrent perjudicial?

L'efecte del corrent sobre el cos depèn de diversos factors. La química corporal individual té un impacte significatiu en com el corrent elèctric afecta a un individu. Algunes persones són molt sensibles al corrent i sofreixen espasmes musculars amb les descàrregues d'electricitat estàtica. Altres persones a penes perceben una descàrrega d'electricitat estàtica i molt menys experimenten un espasme muscular. Malgrat aquestes diferències, s'han desenvolupat directrius aproximades a través de proves que indiquen que es necessita molt poc corrent per a manifestar efectes nocius.

Les xifres de corrent de la següent taula s'indiquen en miliamperes:

BODILY EFFECT	DIRECT CURRENT (DC)	60 Hz AC	10 kHz AC
Slight sensation felt at hand(s)	Men = 1.0 mA Women = 0.6 mA	0.4 mA 0.3 mA	7 mA 5 mA
Threshold of perception	Men = 5.2 mA Women = 3.5 mA	1.1 mA 0.7 mA	12 mA 8 mA
Painful, but voluntary muscle control maintained	Men = 62 mA Women = 41 mA	9 mA 6 mA	55 mA 37 mA
Painful, unable to let go of wires	Men = 76 mA Women = 51 mA	16 mA 10.5 mA	75 mA 50 mA
Severe pain, difficulty breathing	Men = 90 mA Women = 60 mA	23 mA 15 mA	94 mA 63 mA
Possible heart fibrillation after 3 seconds	Men = 500 mA Women = 500 mA	100 mA 100 mA	

Aquestes xifres són només aproximades, ja que persones amb diferent química corporal poden reaccionar de manera diferent. S'ha suggerit que un corrent altern a través del tòrax de només 17 miliamperes és suficient per a induir la fibril·lació en determinades condicions.

La majoria de les dades relatives a la fibril·lació induïda procedeixen d'assajos amb animals.

Suposem que es col·loquen les mans sobre els terminals d'una font de tensió alterna a 60 Hz . Quanta tensió seria necessària, tenint les mans netes i seques, per a produir un corrent de 20 miliamperes (suficient per a provocar tètanus i ser incapaç de deixar anar la font de tensió)?

Amb la Llei d'Ohm ($E=IR$) es calcula:

$$E = IR$$

$$E = (20 \text{ mA})(1 \text{ M}\Omega)$$

$$E = 20.000 \text{ voltios, o } 20 \text{ kV}$$

S'ha de tenir en compte que es tracta del "millor dels casos" (pell neta i seca) des del punt de vista de la seguretat elèctrica, i que aquesta xifra de tensió representa la quantitat necessària per a induir una descàrrega elèctrica necessària per a induir el tètanus. Es necessitaria molta menys tensió per a provocar una descàrrega dolorosa. A més, els efectes fisiològics d'una determinada quantitat de corrent poden variar significativament d'una persona a una altra. Aquests càlculs no són més que estimacions aproximades.

Amb aigua ruixada en els dits per a simular la suor, s'ha mesurat una resistència de mà a mà de només 17.000 ohms (17 k Ω). Això tenint en compte que les puntes de les sondes de mesurament s'estan tocant només amb un dit de cada mà. Calculant la tensió necessària per a provocar un corrent de 20 miliamperes, s'obté:

$$E = IR$$

$$E = (20 \text{ mA})(17 \text{ k}\Omega)$$

$$E = 340 \text{ voltios}$$

En aquesta condició, més pròxima a la realitat, només farien falta 340 volts de potencial d'una de les meves mans a l'altra per a provocar 20 miliamperes de corrent. No obstant això, encara és possible rebre una descàrrega mortal amb una tensió menor. Sempre que la resistència del cos baixi. Per exemple un anell metàl·lic redueix la resistència en cas de contacte amb un objecte metàl·lic gran

com una canonada metàl·lica o una eina. En aquest cas, la resistència corporal podria descendir fins als 1.000 ohms (1 k Ω), la qual cosa fa que una tensió encara menor representi un perill potencial:

$$E = IR$$

$$E = (20 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega)$$

$$E = 20 \text{ voltios}$$

En aquestes condicions, 20 volts són suficients per a produir un corrent de 20 miliamperes a través d'una persona. Aquest corrent seria suficient per a induir el tètanus. S'ha indicat que un corrent de només 17 miliamperes pot induir fibril·lació ventricular (cor). Amb una resistència de mà a mà de 1000 Ω , bastarien 17 volts per a crear aquesta perillosa situació:

$$E = IR$$

$$E = (17 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega)$$

$$E = 17 \text{ voltios}$$

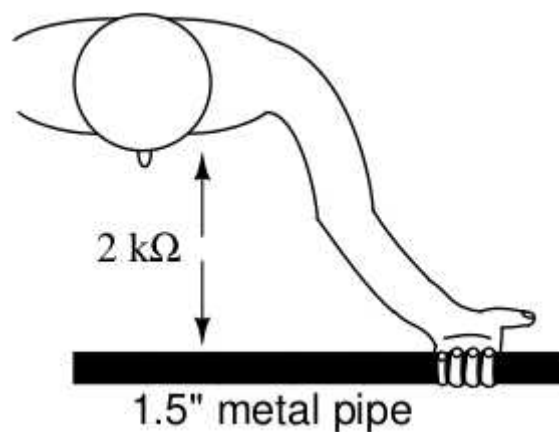
Disset volts no és molt en el que a sistemes elèctrics es refereix. És cert que es refereix a una tensió alterna de 60 Hz i una excel·lent conductivitat del cos, però demostra que fins i tot tensions molt baixes poden representar una amenaça greu en determinades condicions.

Les condicions necessàries per a produir 1.000 Ω de resistència corporal (pell suosa amb el contacte fet amb un anell d'or) no tenen per què ser tan extremes. La resistència corporal pot disminuir amb l'aplicació de voltatge (especialment si el tètanus fa que la víctima agarri amb més força el conductor), de manera que amb una tensió constant la descàrrega pot augmentar en gravetat després del contacte inicial. El que comença com una descàrrega lleu, prou per a "congelar" a una víctima, que no pugui deixar-se anar, es pot convertir en una descàrrega mortal, en disminuir la resistència del cos i augmentar el corrent durant la descàrrega.

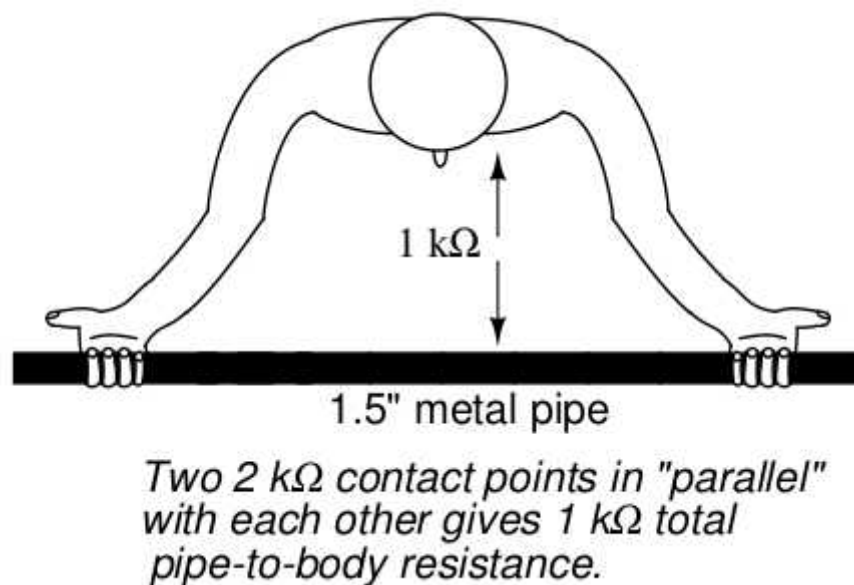
Valors per a la resistència elèctrica d'una persona, en diferents condicions:

- Filferro tocat amb el dit: 40.000 Ω a 1.000.000 Ω en sec, 4.000 Ω a 15.000 Ω en humit.
- Filferro agafat amb la mà: 15.000 Ω a 50.000 Ω en sec, 3.000 Ω a 5.000 Ω en humit.
- Alicates metàl·liques agafades amb la mà: 5.000 Ω a 10.000 Ω en sec, 1.000 Ω a 3.000 Ω en humit.
- Contacte amb el palmell de la mà: 3.000 Ω a 8.000 Ω en sec, 1.000 Ω a 2.000 Ω en humit.
- Tub metàl·lic de 35 mm agarrat amb una mà: 1.000 Ω a 3.000 Ω en sec, 500 Ω a 1.500 Ω en humit.
- Tub metàl·lic de 35 mm agarrat per dues mans: 500 Ω a 1.500 k Ω en sec, 250 Ω a 750 Ω en humit.
- Mà submergida en líquid conductor: 200 Ω a 500 Ω .
- Peu submergit en líquid conductor: 100 Ω a 300 Ω .

El valor de resistència agarrant una canonada amb les dues mans és exactament la meitat de quan la canonada s'agarra amb una sola mà.



Amb dues mans, l'àrea de contacte és el doble que amb una mà. Aquesta és una lliçó important: la resistència elèctrica entre objectes en contacte disminueix amb l'augment de la superfície de contacte. Amb les dues mans subjectant el tub, els electrons tenen dues rutes paral·leles per les quals fluir del tub al cos (o viceversa).



Es veurà més endavant que els conductors en paral·lel sempre donen com a resultat una resistència total menor que qualsevol conductor considerat independentment.

En la indústria, se sol considerar perilloses tensions que superin els 30 volts.

Una persona previnguda ha d'evitar el contacte amb objectes sota tensió superior a 30 volts, i no confiar en la resistència normal del cos per a protegir-se d'una descàrrega. Dit això, continua sent una excel·lent idea mantenir les mans netes i seques i llevar-se tot adorn metàl·lic en treballar amb electricitat. Fins i tot amb voltatges baixos, els adorns metàl·lics poden suposar un perill en conduir suficient corrent com per a cremar la pell, si es posen en contacte entre dos punts d'un circuit. Els anells de metall, especialment, han estat la causa de més d'un dit cremat en fer de pont entre dos punts d'un circuit de baixa tensió.

A més, les tensions inferiors a 30 V poden ser perilloses, ja que la persona es pot espantar per una descàrrega i fer un moviment brusc que, accidentalment, la posi en contacte amb un punt de tensió superior o causi algun altre perill.

Recordo una vegada treballant arreglant automòbil un calorós dia d'estiu. Jo portava pantalons curts i la meua cama nua estava en contacte amb el para-xocs cromat del vehicle, mentre estrenyia les connexions de la bateria. Quan vaig tocar amb una clau metàl·lica el costat positiu (no connectat a terra) de la bateria de 12 volts, vaig sentir un formigueig a la cama (en el punt on la meua cama tocava el para-xocs). La combinació del contacte ferm amb el metall i la meua pell suosa va fer possible sentir una descàrrega amb només 12 volts de potencial elèctric.

Afortunadament, no va passar res, però si el motor hagués estat en marxa i la descàrrega l'hagués sentit a la mà en lloc de la cama, podria haver sacsejat el braç per reflex i haver-lo posat en la trajectòria del ventilador, o haver deixat caure la clau metàl·lica sobre els borns de la bateria, causant un curtcircuit.

El corrent elèctric pot ser una causa indirecta de lesions en provocar moviments incontrolats.

Del camí que el corrent prengui a través del cos, depèn la seva perillositat.

El corrent afectarà a tots els músculs que trobi en el seu recorregut. Atès que els músculs del cor i els pulmons (diafragma) són probablement els més importants per a la supervivència, les descàrregues que travessen el pit són les més perilloses. Per això, el corrent d'una mà a una altra és molt perillosa i sovint causa de lesió o mort.

Per a evitar que això ocorri, és aconsellable utilitzar una sola mà treballant en circuits amb tensió perillosa, guardant l'altra mà en una butxaca per a no tocar res accidentalment.

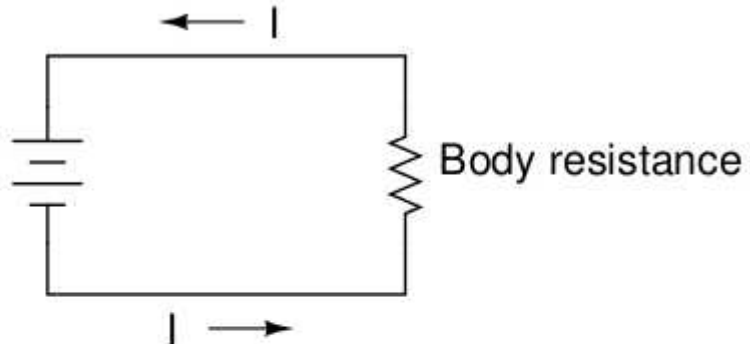
Per descomptat, sempre és més segur treballar en un circuit sense tensió, però això no sempre és pràctic o possible. Per a treballar amb una sola mà, se sol preferir la mà dreta en lloc de l'esquerra per dues raons: la majoria de les persones són destres (el que els permet una major coordinació a l'hora de treballar) i el cor sol estar situat en el costat esquerre del pit.

Per als esquerrans, aquest consell pot no ser vàlid. Si una persona té poca coordinació amb la mà dreta, pot posar-se en major perill si utilitza aquesta mà.

Convé utilitzar la mà amb la qual un se senti més còmode, fins i tot si el corrent de descàrrega a través d'aquesta mà representa un major perill per al cor.

La millor protecció contra les descàrregues d'un circuit sota tensió és la resistència i la resistència es pot augmentar mitjançant l'ús d'eines, guants, botes i altres equips aïllants. El corrent en un circuit és una funció del voltatge disponible dividit per la resistència total en la trajectòria del flux. Com es

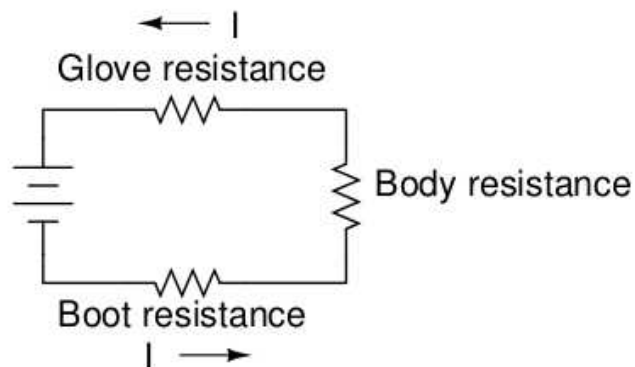
veurà amb més detall més endavant, les resistències se sumen quan només hi ha un camí perquè flueixin els electrons:



Person in direct contact with voltage source:
current limited only by body resistance.

$$I = \frac{E}{R_{\text{body}}}$$

El següent és el circuit equivalent per a una persona amb botes i guants de protecció:



Person wearing insulating gloves and boots:
current now limited by *total* circuit resistance.

$$I = \frac{E}{R_{\text{glove}} + R_{\text{body}} + R_{\text{boot}}}$$

Atès que el corrent elèctric ha de travessar les botes, el cos i els guants per a completar el seu circuit de tornada a la bateria, la suma d'aquestes resistències oposa al flux d'electrons major resistència que qualsevol de les resistències considerades individualment.

La seguretat és una de les raons per les quals els cables elèctrics solen estar recoberts de material aïllant.

No obstant això, l'aïllament dels conductors d'alta tensió no és suficient per a garantir la seguretat en cas de contacte accidental. Per això, aquestes línies es mantenen fora de l'abast públic.

Resum

- La gravetat de les lesions depenen del valor del corrent de descàrrega. Un voltatge més alt causa corrents majors i per tant més perilloses. La resistència s'oposa al pas del corrent, reduint-la, per la qual cosa és una bona mesura de protecció contra les descàrregues.
- Es considera que qualsevol tensió superior a 30 V pot causar descàrregues perilloses.
- No és recomanable portar objectes metàl·lics com a anells, collarets, rellotge, polseres o pendants quan es treballa prop de circuits elèctrics, ja que poden facilitar un accident.
- Els voltatges baixos poden ser perillosos encara que siguin massa baixos per a causar directament una lesió. Una descàrrega inofensiva pot espantar a la víctima, fent que se sobresalti i sofreixi un accident.
- Quan sigui necessari treballar en un circuit sota tensió, és convenient utilitzar només una mà a fi d'evitar que es produeixi una descàrrega elèctrica mortal de mà a mà (a través del pit).

1.4 Procediments de seguretat

Sempre que sigui possible, desconnectar l'alimentació d'un circuit abans de fer qualsevol treball. Totes les fonts d'energia han de posar-se en Estat d'Energia Zero, és a dir, en un estat en el qual no puguin alliberar energia. Aquesta lliçó se centra en la seguretat elèctrica, no obstant això, molts d'aquests principis també s'apliquen a sistemes no elèctrics.

Assegurar alguna cosa en un Estat d'Energia Zero significa desconnectar-lo de qualsevol tipus d'energia potencial o energia emmagatzemada, incloent però no limitat a:

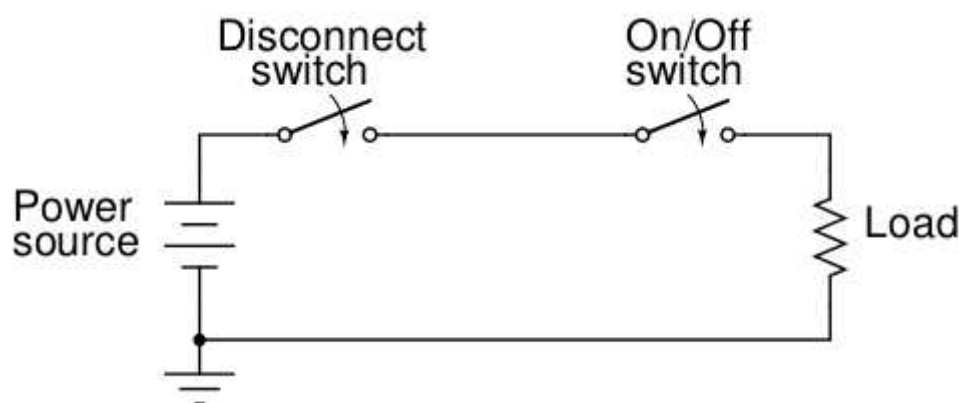
- Tensió perillosa
- Pressió de molles
- Pressió hidràulica (líquid)
- Pressió pneumàtica (aire)
- Pes en suspensió
- Energia química (substàncies inflamables o reactives)
- Energia nuclear (substàncies radioactives)

La tensió, per la seva pròpia naturalesa, és una manifestació de l'energia potencial. En un apartat anterior d'aquests apunts es va utilitzar un líquid elevat com a analogia de l'energia potencial de la tensió, que té la capacitat (potencial) de produir corrent (flux), però que únicament desenvolupa aquest potencial en establir-se un camí per al corrent entre els pols de la font de tensió.

Un parell de cables amb alta tensió entre ells no semblen perillosos encara que alberguin suficient energia potencial per a causar un corrent mortal a través d'una persona. Encara que el voltatge no es percebi, té el potencial de causar lesions, i aquest potencial ha de ser neutralitzat abans que sigui segur manipular els cables.

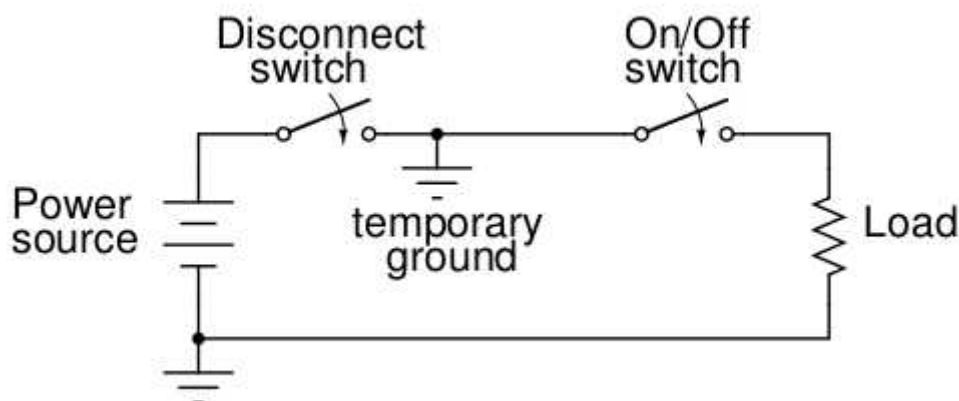
Tots els circuits ben dissenyats tenen un mecanisme de desconexió. A vegades aquests "desconnectadors" tenen la doble funció d'obrir-se automàticament a causa de corrents excessius, en aquest cas es diuen "disjuntors". Altres vegades, els seccionadors són dispositius estrictament manuals sense funció automàtica.

En qualsevol cas, han d'utilitzar-se correctament. El dispositiu de desconexió ha de ser independent de l'interruptor utilitzat per a encendre i apagar un dispositiu o alimentar un circuit. Es tracta d'un interruptor de seguretat, que només ha d'utilitzar-se per a posar el sistema en un Estat d'Energia Zero:



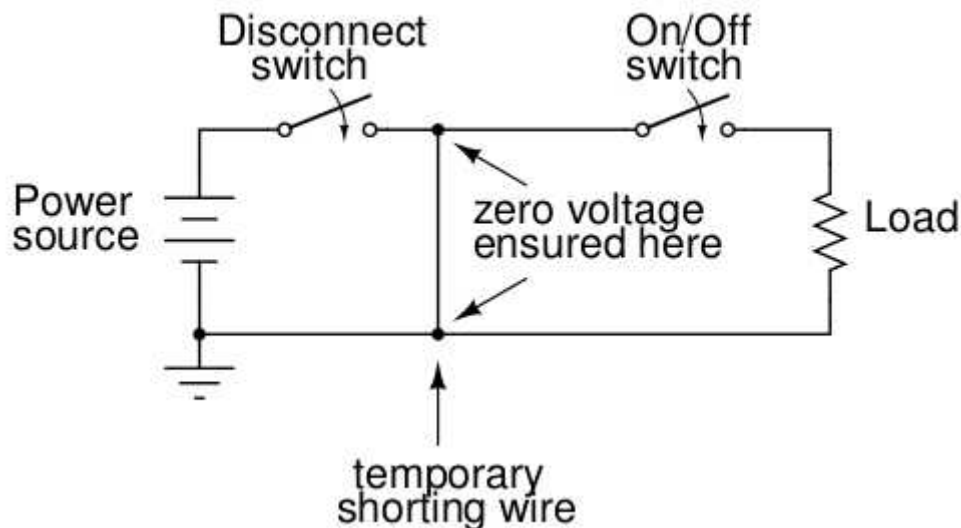
Amb l'interruptor de desconexió en la posició "obert" com es mostra (sense continuïtat), el circuit està obert i no circularà corrent. Hi haurà tensió zero a través de la càrrega, i la tensió de la font caurà en els contactes oberts de l'interruptor de desconexió. No és necessari desconnectar el conductor inferior, ja que està a potencial de terra i és millor deixar-ho així.

Per a la màxima seguretat del personal que treballa en aquest circuit, podria establir-se una connexió a terra temporal en el costat superior de la càrrega, per a garantir que mai es produeixi una caiguda de tensió a través de la càrrega:



Amb una connexió a terra temporal, tots dos costats del cablejat de càrrega estan connectats a terra, assegurant un Estat d'Energia Zero en la càrrega.

Una connexió a terra realitzada a banda i banda de la càrrega és elèctricament equivalent a un curtcircuit de la càrrega amb un cable. Aquesta és una altra manera de reduir l'energia a zero.



En aquest punt convé esmentar que els dispositius de protecció contra sobreintensitat no estan pensats per a protegir contra descàrregues elèctriques. La seva única funció és protegir els conductors contra el sobreescalfament degut a corrents excessius.

El cable de curtcircuit temporal que s'acaba de descriure, provocaria una sobreintensitat en el circuit si hi hagués tensió entre els conductors i terra, i el dispositiu de protecció contra sobreintensitat dispararia, desconnectant el circuit de la font de tensió.

És a dir, el curtcircuit es provocaria per a protegir els treballadors, mitjançant el dispositiu de protecció contra sobreintensitat, la funció de la qual no és protegir contra descàrregues elèctriques, sinó contra corrents excessius.

És important poder assegurar qualsevol dispositiu de desconnexió en la posició oberta

(apagada) i assegurar-se que romanguin així mentre es treballa en el circuit, per a això

és necessari establir un sistema de seguretat estructurat. Aquest sistema s'utilitza habitualment en les instal·lacions industrials es denomina bloqueig/etiquetat.

El procediment de bloqueig/etiquetat funciona de la manera següent: totes les persones que treballen en un circuit protegit tenen el seu propi cadenat personal o cadenat de combinació que col·loquen en la palanca de control d'un dispositiu de desconnexió abans de treballar en el sistema.

A més, han d'emplenar i signar una etiqueta que penguin del seu cadenat en la qual descriuen la naturalesa i durada del treball que pretenen realitzar en el sistema. Si hi ha diverses fonts d'energia que "bloquejar" (múltiples desconnexions, fonts d'energia tant elèctriques com mecàniques que han d'assegurar-se, etc.), el treballador ha d'utilitzar tants bloquejos com sigui necessari per a assegurar l'Estat d'Energia Zero del sistema, abans de començar a treballar. D'aquesta manera, el sistema es manté en un Estat d'Energia Zero fins que es retira l'últim cadenat de tots els dispositius de desconnexió.

Si es pren la decisió de reenergitzar el sistema i el cadenat d'una persona segueix col·locat després que tots els altres hagin retirat els seus, l'etiqueta identificaria a aquesta persona i el treball que està fent.

Fins i tot amb un bon programa de seguretat de bloqueig i etiquetatge, continua sent necessari actuar amb diligència i prendre precaucions de sentit comú. Això és especialment cert en entorns industrials en els quals multitud de persones poden estar treballant en un dispositiu o sistema simultàniament. És possible que algunes d'aquestes persones no coneguin el procediment de bloqueig/etiquetat, o pot ser que el coneguin però no l'hagin seguit. No ha de donar-se per fet que tothom compleix amb les normes de seguretat.

Després d'haver bloquejat i etiquetat una instal·lació elèctrica amb el cadenat personal, s'ha de tornar a comprovar si realment està lliure de tensió. Una manera de comprovar-ho és veure si la màquina (o el que sigui en el que s'estigui treballant) es posa en marxa si s'acciona l'interruptor o botó d'arrencada. Si es posa en marxa, hi ha tensió i perill. Si no es posa en marxa, també pot haver-la.

Per això, sempre s'ha de comprovar si hi ha presència de tensió perillosa amb un polímetre, abans de tocar qualsevol conductor del circuit. Per a major seguretat s'ha de comprovar el correcte funcionament del polímetre, abans i després de mesurar tensió en la instal·lació.

El procediment a seguir és:

- Comprovar que el polímetre funciona correctament utilitzant-lo en una font de tensió coneguda.
- Comprovar amb el polímetre que la instal·lació realment es troba lliure de tensió (Estat d'Energia Zero).
- Tornar a comprovar el polímetre en una font de tensió coneguda, per a assegurar-se que continua funcionant correctament.

Encara que aquesta quantitat de comprovacions del polímetre pot semblar excessiva, sempre hi ha la possibilitat que el polímetre sofreixi un defecte. Detectar un polímetre defectuós pot salvar la vida de la persona que l'utilitza. **Més val perdre un minut de la vida, que la vida en un minut.**

Una vegada complert el protocol de seguretat anteriorment descrit, es pot procedir a tocar els conductors de la instal·lació elèctrica. Però tenint una darrera precaució, que és tocar el conductor primer amb el dors de la mà, en comptes d'amb la palma. La raó és que si hi hagués tensió, malgrat les comprovacions anteriors, la reacció de la mà a la descàrrega seria tancar-se en un puny. D'una banda, en tocar el conductor amb el dors de la mà s'evita la mà l'agarrar en tancar-se en puny, d'altra banda, el moviment de tancar la mà en puny, fa que el seu dors deixi de tocar el conductor, finalitzant la descàrrega.

És aquest l'última precaució que qualsevol persona ha de prendre abans de començar a treballar en una instal·lació elèctrica, i mai ha d'utilitzar-se com a primer mètode de comprovació de tensió.

Si alguna vegada hi ha motius per a dubtar de la fiabilitat d'un polímetre, ha d'utilitzar-se un altre polímetre per a obtenir una "segona opinió".

Resum

- Estat d'Energia Zero: Quan un circuit, dispositiu o sistema s'ha desconnectat de manera que no existeixi energia potencial que pugui causar danys a algú que treballi en ell.
- Els interruptors de desconnexió han de ser presents en un sistema elèctric correctament dissenyat, per a permetre aconseguir un Estat d'Energia Zero.
- Poden connectar-se cables temporals de connexió a terra o curtcircuit a una càrrega que estigui sent reparada, com a protecció addicional per al personal que treballi amb aquesta càrrega.
- El sistema de bloqueig i etiquetatge funciona de la manera següent: per a assegurar que es treballa en un sistema en Estat d'Energia Zero, el treballador col·loca un cadenat personal i una etiqueta en cada dispositiu de desconnexió d'energia. L'etiqueta descriu la naturalesa i durada del treball que es realitzarà, i qui l'està fent.
- Comprovar sempre que un circuit s'ha assegurat en Estat d'Energia Zero amb equips de prova després de "bloquejar-ho". Comprovar el mesurador (polímetre) abans i després de mesurar tensió en el circuit per a assegurar que funciona correctament.
- Quan arribi el moment de tocar el conductor o conductors d'un sistema elèctric, suposadament lliure de tensió, fer-lo primer amb el dors d'una mà, de manera que si es produeix una descàrrega, la reacció muscular allunyi la mà del conductor i no l'agari.

1.5 Resposta a una emergència

Malgrat els procediments de bloqueig i etiquetatge i de les múltiples repeticions de les normes de seguretat elèctrica en la indústria, continuen produint-se accidents. La gran majoria de les vegades, aquests accidents són el resultat de no seguir els procediments de seguretat adequats. Però siguin quals siguin les seves causes, ocorren, i qualsevol que treballi amb sistemes elèctrics ha de ser conscient d'això i saber el que cal fer en cas d'una descàrrega elèctrica.

Si hi ha persones inconscients o paralizades, el primer que ha de fer-se és tallar el corrent obrint l'interruptor de desconexió o el disjuntor corresponent. Si es toca a una persona que està rebent una descàrrega elèctrica, es corre el risc de rebre una descàrrega un mateix. Abans de socórrer a algú, cal assegurar-se de no convertir-se en una víctima més.

Si la font d'energia és desconeguda, o està allunyada i el temps necessari per a desconnectar-la fes improbable la supervivència de la víctima, cap la consideració d'intentar desconnectar a la víctima de l'element sota tensió, empenyent-la o colpejant-la amb un objecte aïllant (pal o tauler plàstic). Una altra opció és utilitzar un cable no connectat, per exemple d'un allargador, embolicar amb el cable a la víctima i allunyar-la tirant pels extrems del cable. Ha de tenir-se en compte que la víctima pot estar subjectant el conductor causant de la descàrrega amb totes les seves forces, així que no serà fàcil rescatar-la.

Una vegada que s'ha desconnectat a la víctima de la font d'energia elèctrica de manera segura, s'ha de comprovar la respiració i el pols.

Si es tenen coneixements en reanimació cardiopulmonar, han d'aplicar-se a la víctima fins que arribi personal mèdic.

Si la víctima està conscient, el millor és que romangui immòbil fins que arribi al lloc personal mèdic qualificat. Si la víctima entrés en un estat de xoc fisiològic, un estat de circulació sanguínia insuficient, ha de mantenir-se el més calenta i còmoda possible.

Una descàrrega elèctrica insuficient per a causar la parada immediata del cor pot ser prou fort com per a causar irregularitat en el pols o un atac al cor diverses hores després, per la qual cosa la víctima ha de prestar molta atenció al seu propi estat després de l'incident. Idealment hauria de quedar sota supervisió mèdica.

Resum

- La persona que rep una descàrrega elèctrica ha de ser desconnectada de la font d'energia elèctrica.
- Localitzar l'interruptor/disjuntor de desconexió i desconnectar la font de tensió.
- Si no fos possible accedir al dispositiu de desconexió es pot intentar treure a la víctima del circuit amb un objecte aïllant, com una taula de fusta seca o un cable elèctric aïllat.
- Les víctimes necessiten una resposta mèdica immediata: comprovar la respiració i el pols, i aplicar reanimació cardiopulmonar.
- Si una víctima segueix conscient després d'haver rebut la descàrrega, ha de ser vigilada de prop i atesa fins que un equip d'emergències capacitat l'atengui.
- Existeix perill de xoc fisiològic, per la qual cosa cal mantenir a la víctima aïllada i còmoda.
- Les víctimes d'una descàrrega poden sofrir problemes cardíacs fins a diverses hores després de rebre-la. El perill d'una descàrrega elèctrica no acaba després de l'atenció mèdica immediata, les víctimes han de quedar en observació.

1.6 Causas freqüents d'accidentes

A causa de l'ús generalitzat d'aparells elèctrics, el risc d'accident per descàrrega elèctrica afecta a la població en general, no sols als professionals del sector.

Com s'ha vist abans, la resistència de la pell i del cos influeixen directament en el perill que una instal·lació elèctrica presenta. A major resistència del cos, menor serà el corrent, i menys greu seran les conseqüències d'una descàrrega a una determinada tensió. Per contra, quant menor sigui la resistència del cos, major serà la gravetat de les lesions.

La forma més fàcil de disminuir la resistència de la pell és humitejar-la. Per tant, tocar dispositius elèctrics amb les mans mullades, els peus mullats o sucos (l'aigua salada és molt millor conductora de l'electricitat que l'aigua dolça) és perillós. En la llar, en el bany s'han d'extremar les precaucions per a evitar que persones mullades entrin en contacte amb aparells elèctrics. Un bon disseny del bany situarà les preses de corrent lluny de banyeres, dutxes i lavabos per a desincentivar l'ús d'aparells elèctrics en les seves proximitats. Els telèfons que es connecten a una presa de corrent també són fonts de tensió perillosa (la tensió del circuit obert és de 48 volts de CC, i el senyal de crida és de 150 volts AC). Qualsevol voltatge superior a 30 V es considera potencialment perillós. Els aparells com a telèfons i ràdios no han d'utilitzar-se mai, mai en la banyera. Fins i tot els aparells que funcionen amb piles han d'evitar-se. Alguns dispositius que funcionen amb piles empen circuits d'augment de tensió i són potencialment letals.

També les piscines són llocs on s'ha de prestar especial atenció durant la manipulació d'aparells i instal·lacions elèctriques.

Les eines elèctriques i els cables allargadors han de ser revisats regularment en tots els seus components aïllats per a garantir el seu correcte estat. Al menor indicati que un aïllament està defectuós l'eina o el cable han de ser substituïts o reparats.

Una línia d'alta tensió caiguda a terra presenta un perill evident. Mantenir-se el més allunyat possible de la línia caiguda és la millor protecció.

Resum

- La humitat augmenta el risc de descàrrega elèctrica en disminuir la resistència de la pell.
- Substituir immediatament els allargadors i eines elèctriques desgastats o danyats. Es pot evitar l'ús d'un cable allargador o d'una eina elèctrica en mal estat, tallant la clavilla mascle del cable d'alimentació.
- Les línies de l'estesa de subministrament elèctric són molt perilloses i han d'evitar-se costi el que costi. Si una línia d'alta tensió toca el sòl, ha d'evitar-se mantenir tots dos peus en contacte amb el sòl. Convé posar-se sobre un peu o córrer (només un peu en contacte amb el sòl), allunyant-se de la zona de perill.

SOCIEDAD / SUCEOS Y TRIBUNALES | el suceso tuvo lugar durante la celebración de la fiesta de los quintos el domingo 3 de agosto de 2014

Un joven muere electrocutado cuando orinaba junto a una farola en Bunyola



Escucha la noticia



bunyola

Un joven de 18 años ha muerto esta madrugada electrocutado al apoyarse en una farola durante la celebración de la fiesta de los quintos que se celebraba en la localidad mallorquina de **Bunyola**.

El suceso se ha producido poco después de las 0.30 horas a consecuencia de la **conexión defectuosa** de la farola, según han comprobado los investigadores de la Guardia Civil que se han hecho cargo del caso.

Fuentes del instituto armado, de la policía municipal y del servicio de emergencias médicas 061 han indicado que el joven murió en el acto, por lo que los sanitarios desplazados hasta el lugar no han podido hacer que recuperara el pulso pese a practicarle maniobras de reanimación cardiopulmonar.

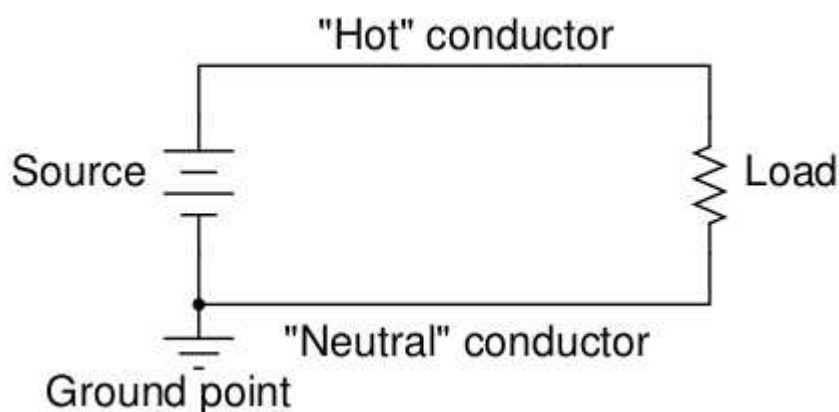
Las fiestas han sido suspendidas de inmediato y un psicólogo adscrito a los servicios públicos de emergencias ha atendido a los allegados de la víctima, que iba a cumplir 19 años el próximo mes de octubre.

ETIQUETAS **BUNYOLA** **JOVEN**

Suscríbete aquí gratis a nuestro **boletín diario**. Síguenos en Twitter, Facebook, Instagram y TikTok. Toda la actualidad de Mallorca en **mallorcadiario.com**.

1.7 Disseny de dispositius segurs

Com es va veure anteriorment, un sistema elèctric sense connexió segura a terra és imprevisible des del punt de vista de la seguretat. No hi ha forma de saber la tensió que existeix entre qualsevol punt del circuit i la presa de terra. En connectar a terra un costat de la font de tensió del sistema elèctric, es garanteix que almenys un punt del circuit és elèctricament comú amb la terra i, per tant, no presenta perill de descàrrega. En un sistema elèctric simple de dos fils, el conductor connectat a terra es denomina neutre, i l'altre conductor es denomina fase, també conegut com a viu, calent o actiu:



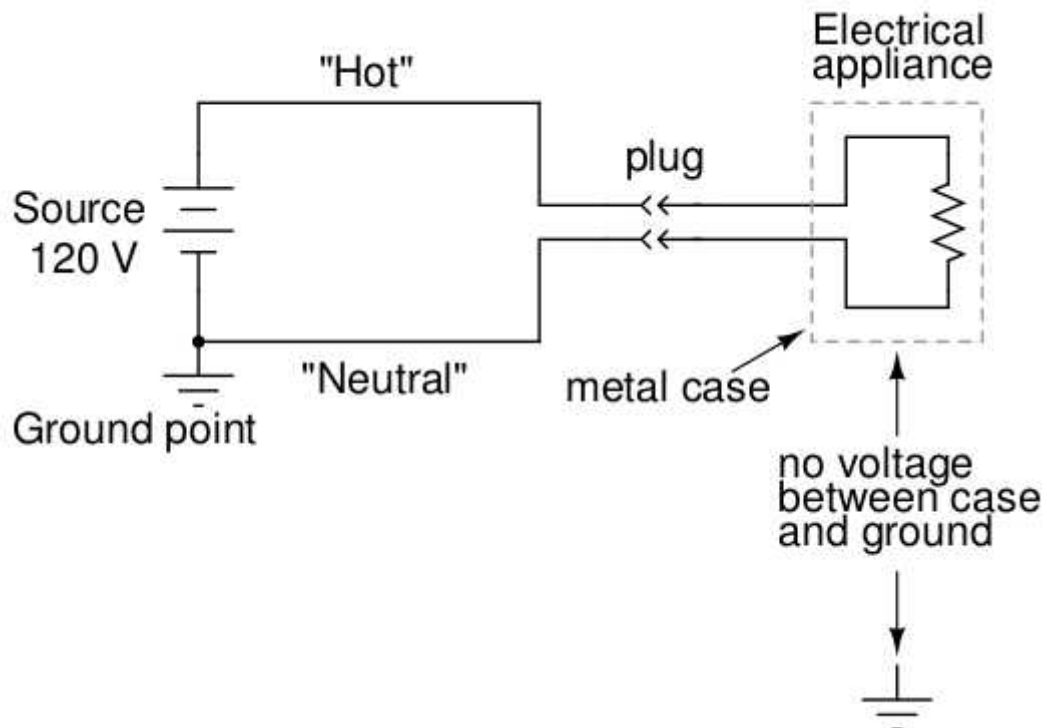
La connexió a terra, no afecta de cap manera a la font de tensió i la càrrega. La seva única finalitat és la seguretat de les persones, ja que garanteix que almenys un punt del circuit es pot tocar sense perill (tensió zero a terra).

El costat "calent" del circuit, presentarà risc de descàrrega en tocar-lo, tret que es desconnecti el circuit de la font de tensió (l'ideal és utilitzar un procediment sistemàtic de bloqueig/etiquetat).

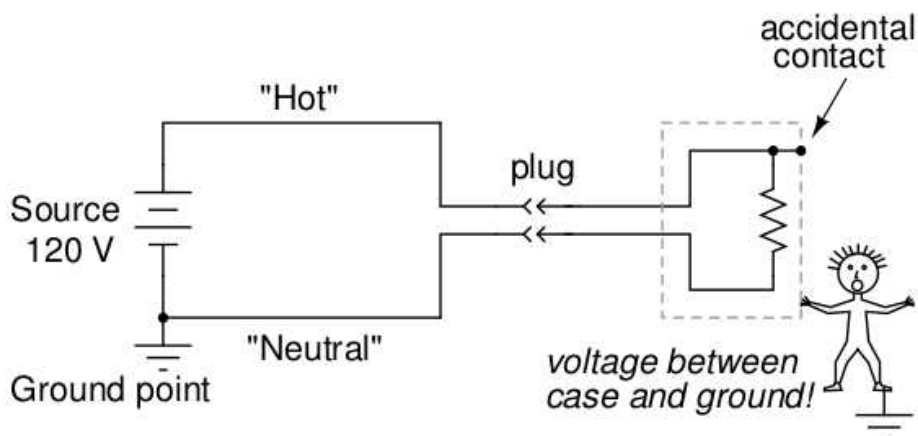
Aquesta diferència en el perill dels conductors és important d'entendre. Les següents il·lustracions mostren el cablejat d'un habitatge.

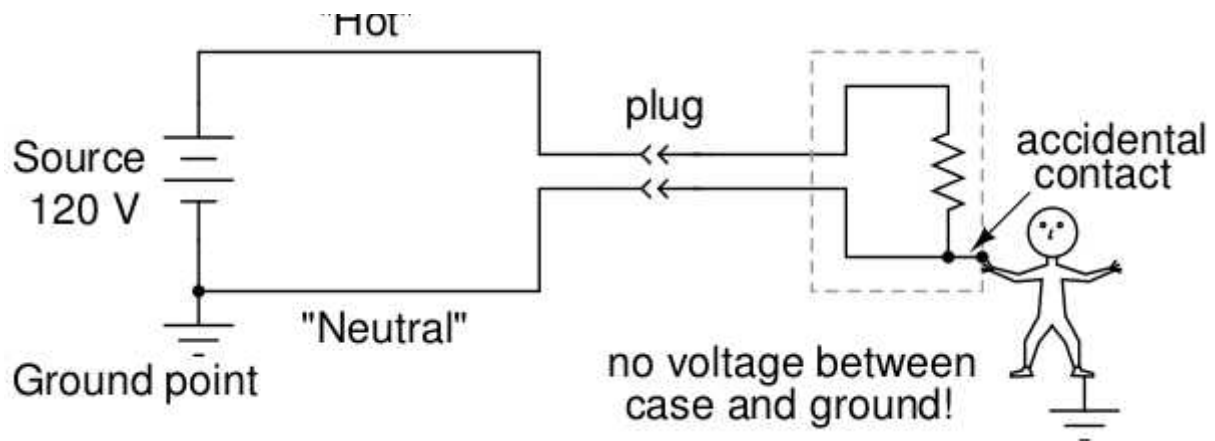
Si observem un electrodomèstic senzill, com una torradora amb una carcassa metàl·lica conductora, veurem que no hauria d'haver-hi risc de descàrrega quan funciona correctament.

Els cables que condueixen el corrent a l'element calefactor de la torradora estan aïllats del contacte amb la carcassa metàl·lica (i entre si).



No obstant això, si el conductor de fase de l'interior de la torradora entrés accidentalment en contacte amb la carcassa metàl·lica, aquesta rebria la tensió de fase, i en tocar la carcassa presentaria el mateix perill que tocar el conductor nu. El risc de descàrrega elèctrica depèn del cable que es toqui accidentalment, fase o neutre.

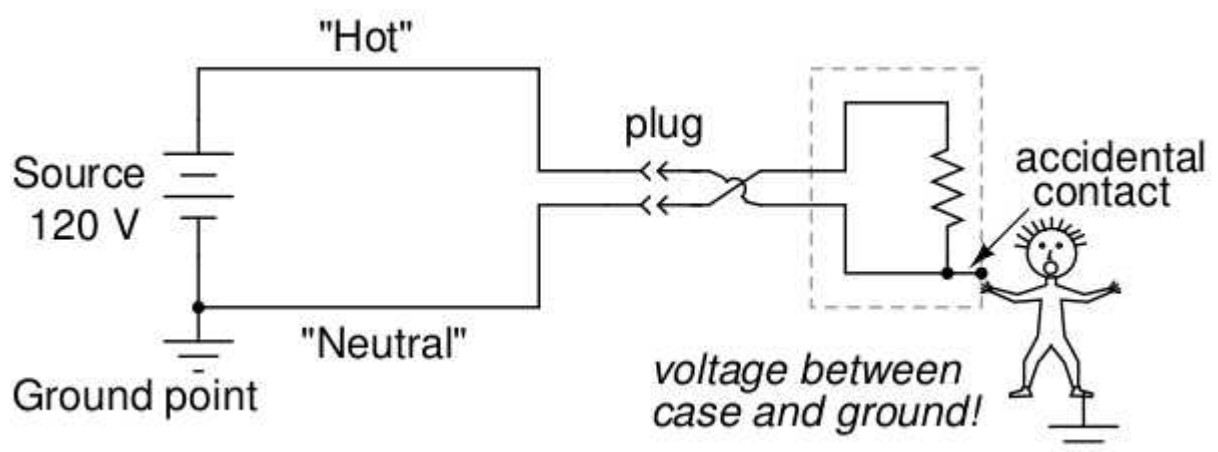




Si la fase entra en contacte amb la carcassa, posa en perill a l'usuari de la torradora. En canvi, si el cable neutre entra en contacte amb la carcassa, no hi ha perill de descàrrega elèctrica.

Es pot intentar dissenyar els dispositius elèctrics minimitzant la possibilitat de contacte de la fase amb la carcassa, encara que l'ideal seria que ni fase, ni neutre entressin accidentalment en contacte amb la carcassa.

No obstant això, aquesta mesura preventiva només és eficaç si es pot garantir la polaritat de l'endoll, perquè si l'endoll pot invertir-se, els conductors que anteriorment eren neutre es tornen fase i els que eren fase es tornen neutre.



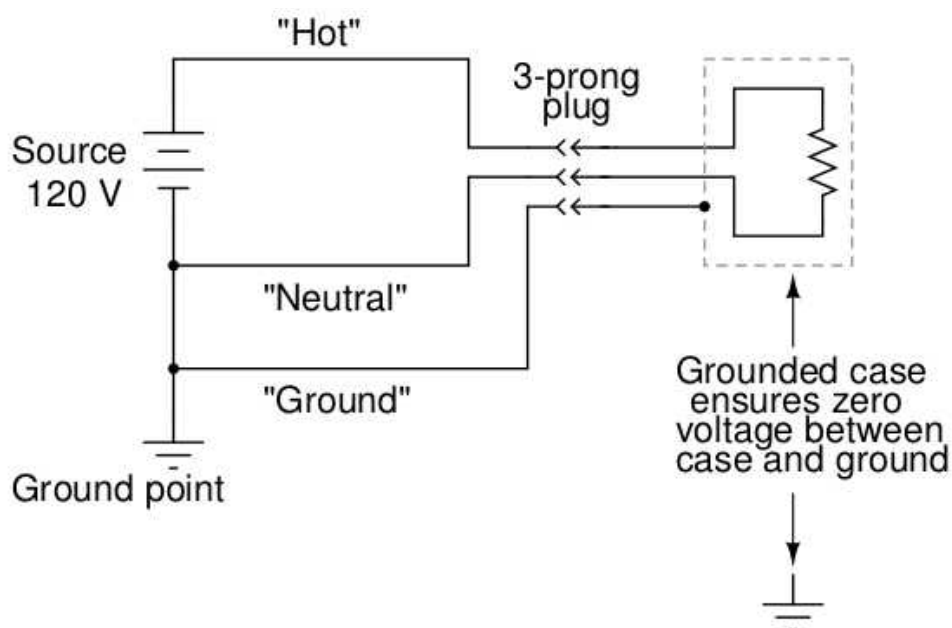
Els electrodomèstics dissenyats d'aquesta manera solen venir amb endolls "polaritzats", en els quals les clavilles són de forma o gruix diferents. Les preses de corrent es dissenyen, de manera que l'endoll només pot ser inserit en la presa en una posició determinada, evitant els canvis de polaritat.



Una altra opció és fer que la carcassa exterior de l'aparell no sigui conductora. Aquests aparells es denominen de doble aïllament, ja que la carcassa aïllant serveix com una segona capa d'aïllament, a més de la dels propis conductors. Si un cable de l'interior de l'aparell entra accidentalment en contacte amb la carcassa, no existeix cap perill per a l'usuari de l'aparell.



Una carcassa de material conductor, es pot connectar a terra.

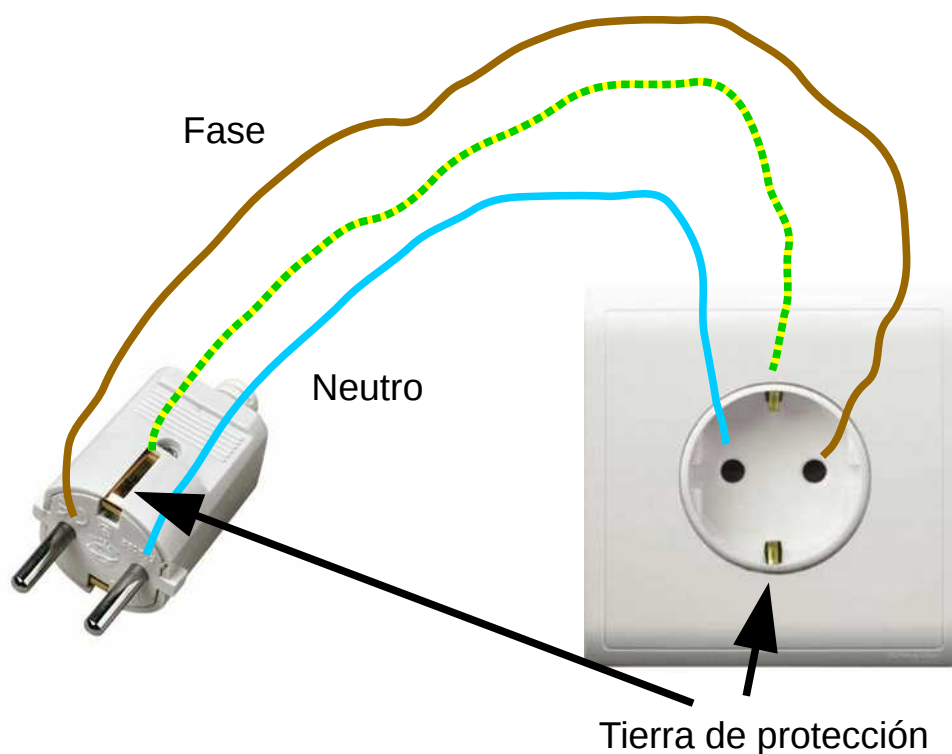


El tercer conductor del cable d'alimentació proporciona una connexió elèctrica directa entre la carcassa de l'aparell i la presa de terra, fent que els dos punts siguin elèctricament comuns, evitant una caiguda de tensió entre ells. Si el conductor de fase toca accidentalment la carcassa metàl·lica de l'aparell, es crearà un curtcircuit, disparant els dispositius de protecció contra sobreintensitats. L'usuari de l'aparell romandrà fora de perill.

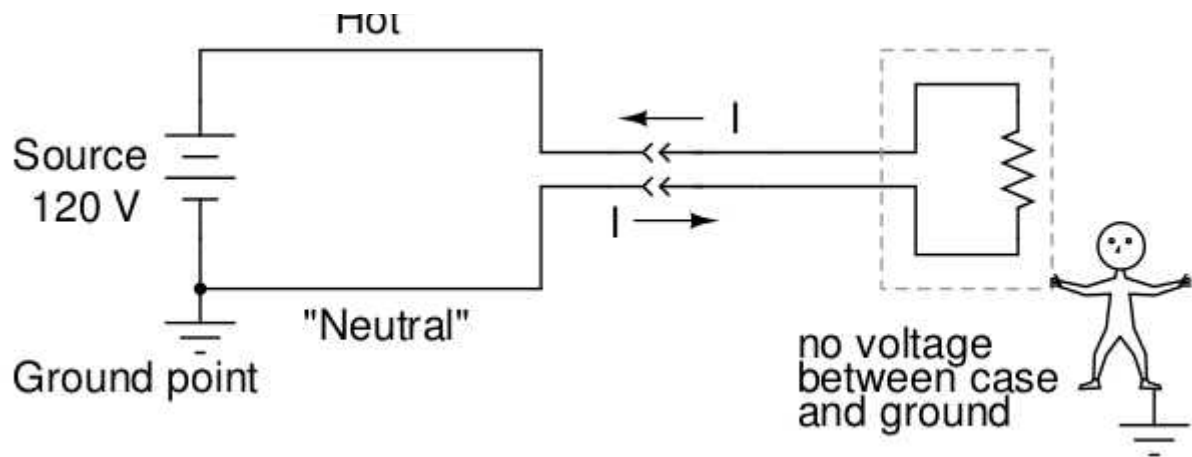
És molt important assegurar que la terra de protecció està correctament connectada a la carcassa de l'aparell, en la clavilla de l'endoll i en la presa de corrent que alimenta l'aparell. Si una d'aquestes connexions falta, la protecció contra descàrrega per contacte de fase amb la carcassa falla.

ATENCIÓ!

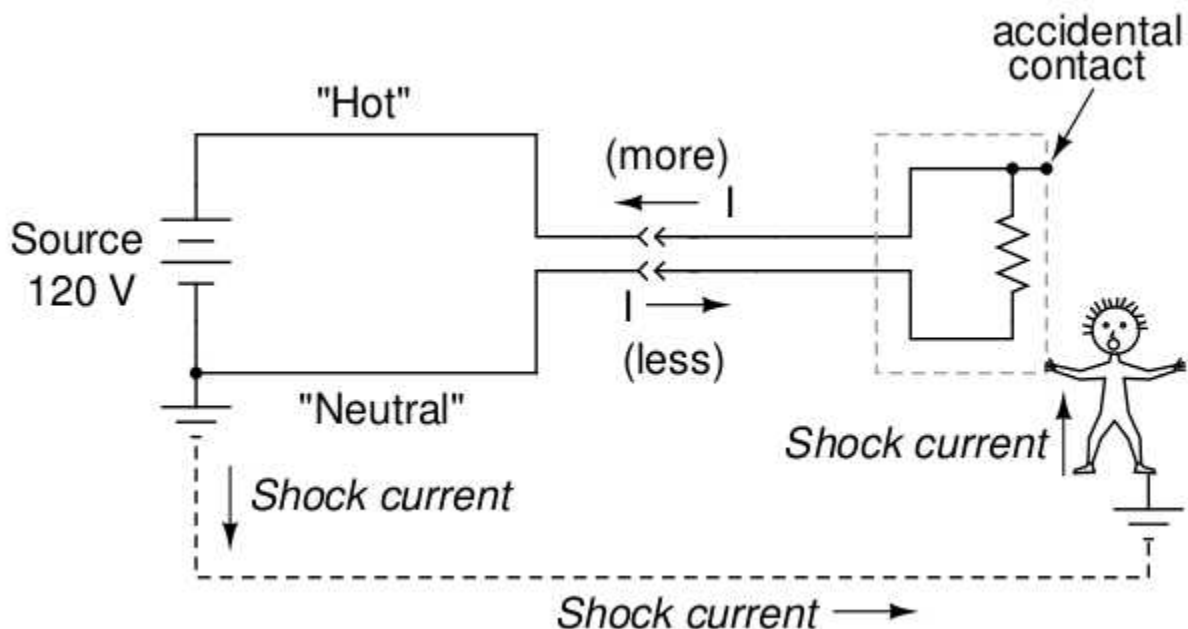
La falta de connexió de la terra de protecció no influeix en el funcionament de l'aparell i pot passar desapercebuda fàcilment.



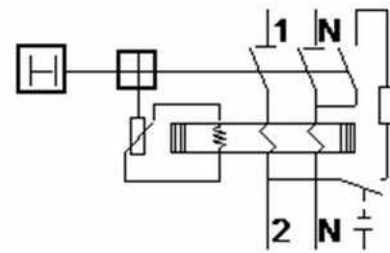
Una protecció addicional contra les descàrregues elèctriques ha d'instal·lar-se en el quadre elèctric de la instal·lació, es tracta d'un dispositiu anomenat interruptor diferencial.



En la imatge superior, es mostra un aparell el correcte funcionament del qual, des del punt de vista del perill de descàrrega, es pot comprovar observant els corrents d'entrada i sortida que circulen pels conductors de fase i neutre. El corrent de fase ha de ser igual a la de neutre. Si no ho fossin iguals, significa que hi ha una derivació de corrent a terra. La causa d'aquesta derivació pot ser una persona rebent una descàrrega, com es mostra en la següent imatge.



L'interruptor diferencial dispara en detectar una diferència de corrent entre fase i neutre, desconnectant el circuit de l'alimentació.



Els interruptors diferencials disposen d'un pulsador de prova que serveix per a comprovar el correcte funcionament del dispositiu. En accionar el pulsador de prova es provoca una diferència entre els corrents de fase i neutre. Si el funcionament és correcte, l'interruptor diferencial ha de disparar-se, en prémer el botó de prova.

Resum

- Les instal·lacions elèctriques solen tenir un pol de la font de tensió connectat a terra per a garantir la seguretat en aquest punt.
- El conductor "connectat a terra" en un sistema elèctric es denomina conductor neutre, mentre que el conductor no connectat a terra es denomina fase.
- La connexió a terra de les instal·lacions elèctriques es fa per motius de seguretat contra descàrregues. La connexió a terra no influeix en el funcionament de la càrrega.
- La seguretat elèctrica d'un electrodomèstic o una altra càrrega pot millorar-se utilitzant diversos mètodes, com a endolls polaritzats, doble aïllament o els endolls amb presa de terra.
- Els interruptors diferencials funcionen obrint els seus contactes, desconnectant la càrrega, en detectar una diferència de corrent entre els conductors de fase i neutre. Durant el funcionament correcte, no hauria d'haver-hi diferència de corrent. Una diferència de corrent significa que hi ha una derivació de corrent a terra.

1.7 Utilització segura del polímetre (multímetre)

Utilitzar un polímetre de manera segura i eficaç és potser l'habilitat més valuosa per a un tècnic, tant per la seva pròpia seguretat com per la seva destresa en el treball.

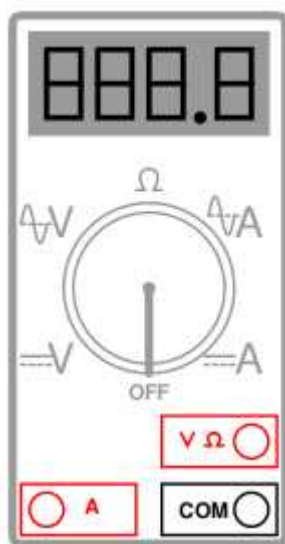
Al principi es pot sentir objecció a utilitzar un polímetre, sabent que s'està connectant a circuits amb tensió potencialment mortal. Aquesta preocupació és raonable, sempre és millor procedir amb cautela en utilitzar instruments de mesura. El descuit, més que cap altre factor, és la causa que tècnics experimentats sofreixin accidents.

El polímetre és l'eina de mesurament més comú en el treball del tècnic.

Polímetre significa mesurador de diverses magnituds, de fet amb ell es poden mesurar, entre altres, tensió, intensitat de corrent i resistència. En mans d'un tècnic capacitat, el polímetre és alhora una eina de treball eficaç i un dispositiu de seguretat. No obstant això, en mans d'algú ignorant o descurat, el polímetre pot convertir-se en un perill utilitzant-lo en una instal·lació sota tensió.

Existeixen moltes marques diferents de polímetres, amb múltiples models i diferents característiques.

El multímetre que es mostra a continuació és un disseny "genèric", que s'utilitzarà per a ensenyar els principis bàsics d'ús:



La pantalla és de tipus "digital", mostra valors numèrics mitjançant quatre dígits de manera similar a un rellotge digital.

El selector giratori (ara en posició d'apagada) té cinc posicions de mesurament diferents: dos en "V", dos en "A" i una en el centre, mostrant la lletra grega ómega (Ω) que representa la "resistència".

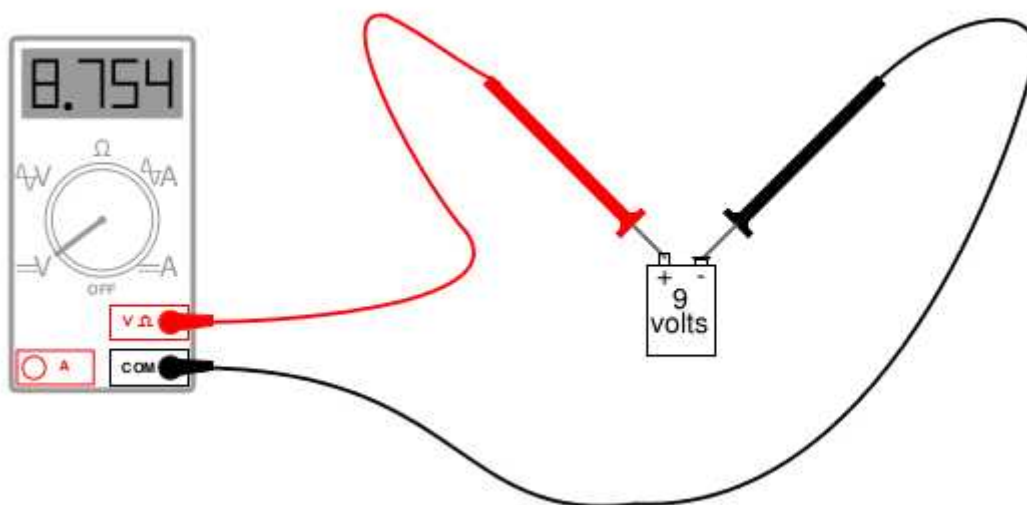
Un dels dos ajustos "V" i "A" mostra un parell de línies horitzontals (una contínua i una altra discontinua). L'altra opció mostra una línia discontinua amb una corba irregular damunt. Les línies paral·leles representen l'ajust per a corrent continu (DC, cc), mentre que la corba representa l'ajust per a corrent altern (AC, ca).

La "V" significa (tensió) i la "A" "amperatge" (corrent).

El mesurador utilitza circuits diferents per a mesurar la cc i ca. L'usuari ha de seleccionar el tipus de tensió (V) o corrent (A) que desitja mesurar. Encara que no s'ha parlat del corrent altern detalladament, aquesta distinció en la configuració del mesurador és important.

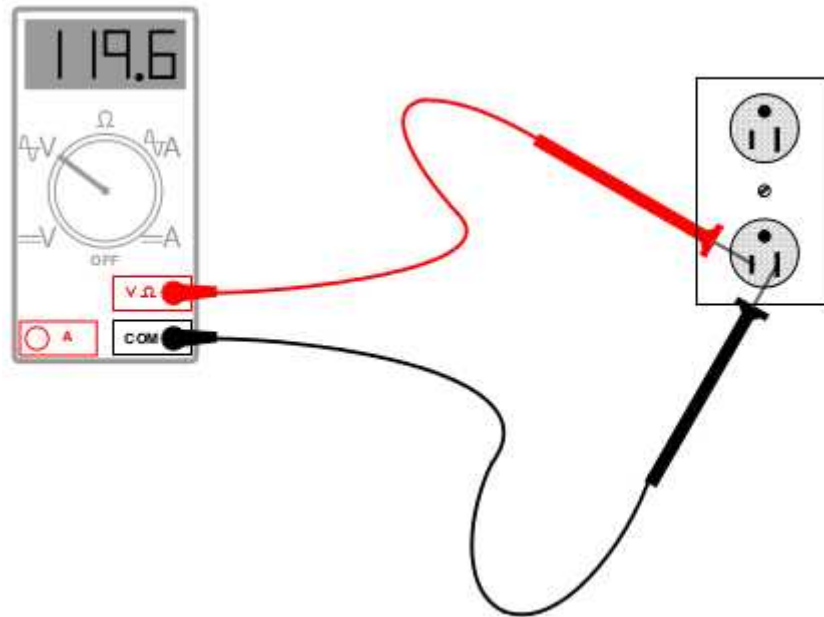
El multímetre disposa de tres preses diferents a les que es poden connectar les sondes (puntes) de mesurament. La sonda negra es connecta sempre a la presa negra del multímetre, la que està marcada "COM" de comú. La sonda vermella es connecta a la presa vermella marcada per a tensió i resistència, o a la presa vermella marcada per a corrent.

En el següent exemple, el polímetre s'utilitza per a mesurar la tensió d'una bateria. Com les bateries generen cc, serà necessari fer la selecció corresponent.



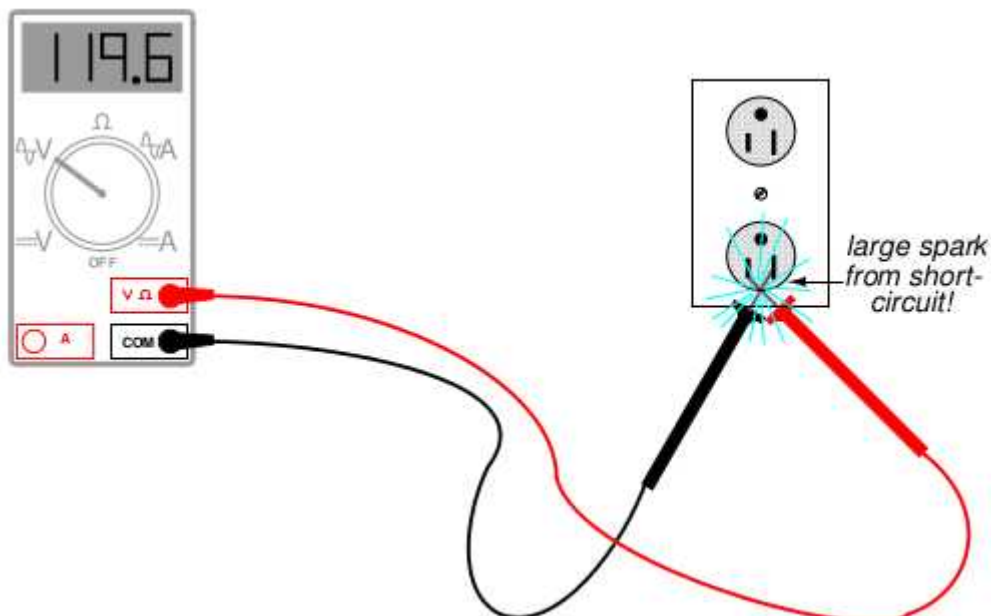
La sonda negra està connectada a la presa comuna, la vermella a la presa V, Ω i el selector en posició de V en cc.

En el següent exemple es mesura la tensió alterna d'una presa de corrent domèstic.



Ara el selector passa a la posició de V ac, les sondes de mesurament queden en les posicions anteriors.

En tots dos exemples, és fonamental que les puntes de les sondes no es toquin, perquè causarien un curtcircuit.



Aquesta és una de les formes en què un polímetre pot convertir-se en una font de perill si s'utilitza de manera inadequada.

El mesurament de la tensió és potser la funció més comuna per a la qual s'utilitza un polímetre. És el principal mesurament que es realitza amb finalitats de seguretat (part del procediment de bloqueig/etiquetat). Com la tensió es mesura sempre entre dos punts, el mesurador ha d'estar fermament connectat a aquests dos punts del circuit perquè proporcioni un mesurament fiable.

Això significa que l'usuari ha de subjectar una sonda amb cada mà per a assegurar el contacte adequat durant el mesurament.

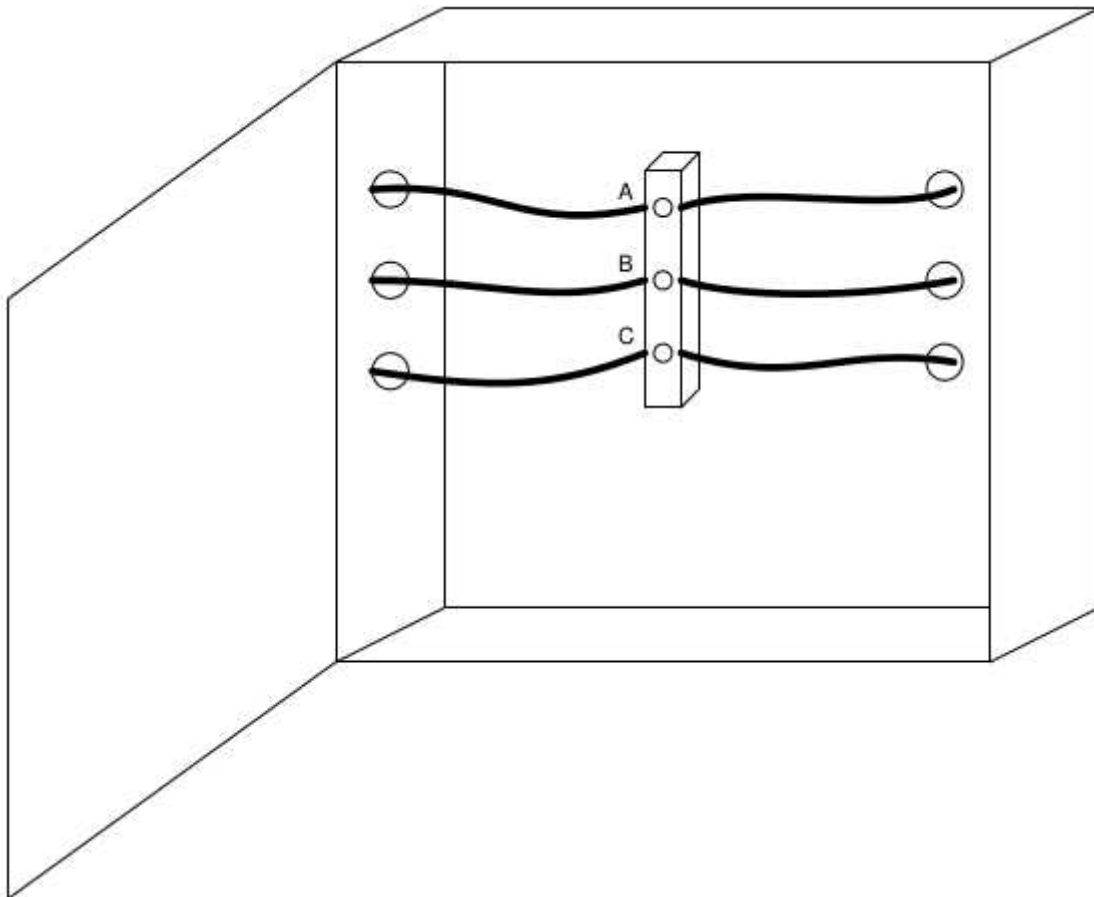
Aquesta situació és un perill potencial, ja que la descàrrega de mà a mà presenta el major perill, al circular el corrent pel pit de la víctima (cor, diafragma). Si l'aïllament de protecció de les sondes està desgastat o esquerdat, és possible que els dits de l'usuari entrin en contacte amb els conductors de la sonda durant el mesurament, provocant una descàrrega. Seria més segur utilitzar una sola mà per a agarrar les sondes. Com subjectar les sondes amb una sola mà resulta incòmode, existeixen accessoris en forma de pinça que es poden muntar sobre les puntes de la sonda. La pinça se subjecta, amb una sola mà al punt de mesurament, de manera que la sonda queda fixa en aquest punt. Així es poden realitzar els mesuraments còmodament, sense haver d'estar subjectant les sondes amb les dues mans.

En comprovar la tensió d'un circuit, s'ha de fer sempre tant per a cc com per a ca. Aquesta és una manera d'esbrinar si un circuit està sota tensió i de quin tipus és la tensió.

En el següent exemple, s'ha de comprovar que tres conductors estan lliures de tensió.

El primer pas és comprovar que el polímetre mesura correctament tensió en una presa amb tensió coneguda.

El següent pas és comprovar que els tres conductors estan lliures de tensió. Però entre quals d'ells s'ha de fer el mesurament?



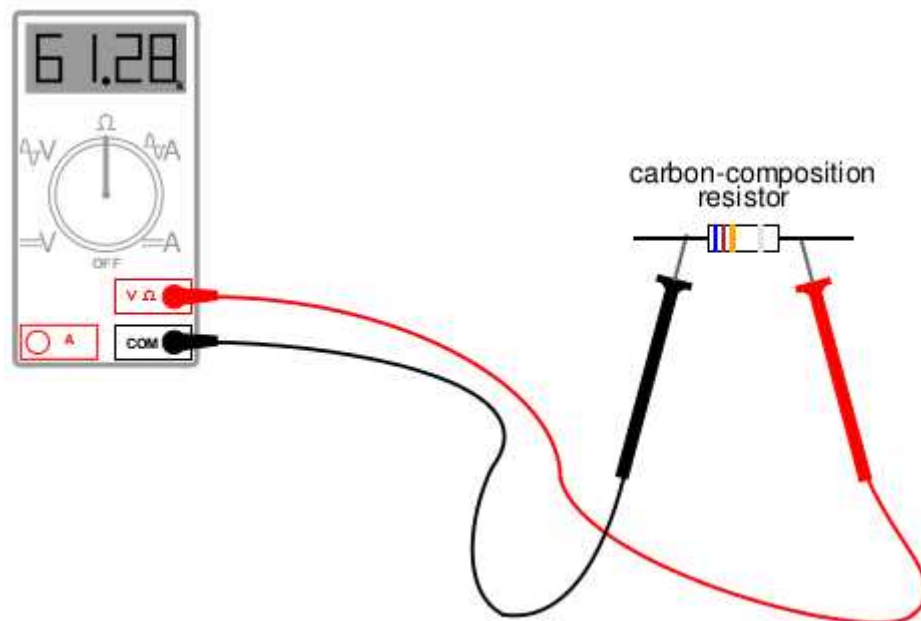
No quedarà més remei que fer el mesurament de totes les combinacions possibles, és a dir, serà necessari mesurar entre AB, BC i AC. El mesurament es farà una vegada en ac (6 mesuraments) i una altra en cc. Finalment s'haurà de mesurar si hi ha tensió entre els conductors i terra, en ac i cc (6 mesuraments). Això dona un total de 12 mesuraments.

Després d'haver realitzat tots els mesuraments, es tornarà a comprovar el funcionament del polímetre en una presa amb tensió coneguda.

Només a partir d'aquest moment, després de totes les proves realitzades, suposem que els cables es troben lliures de tensió. L'última mesura de precaució és realitzar el primer contacte amb un conductor amb el dors de la mà.

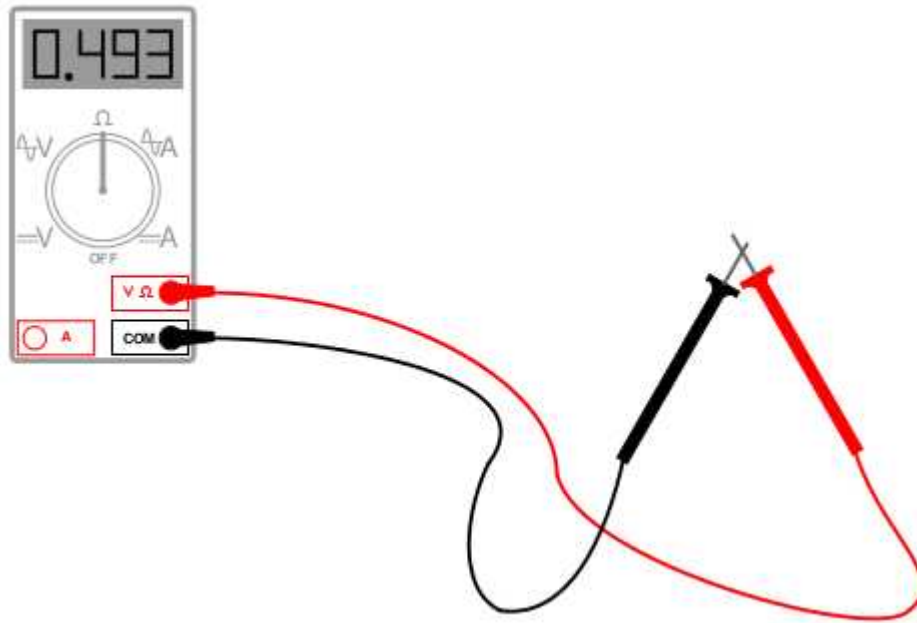
Utilitzar el polímetre per al mesurament de resistència és molt més senzill. Les sondes de mesurament quedaran en les mateixes preses que es van utilitzar per a mesurar tensió. Únicament el

selector passarà de V a Ω . Amb les sondes de mesurament es toquen els extrems del component la resistència del qual es vol esbrinar. El polímetre indicarà la resistència del component en ohms.

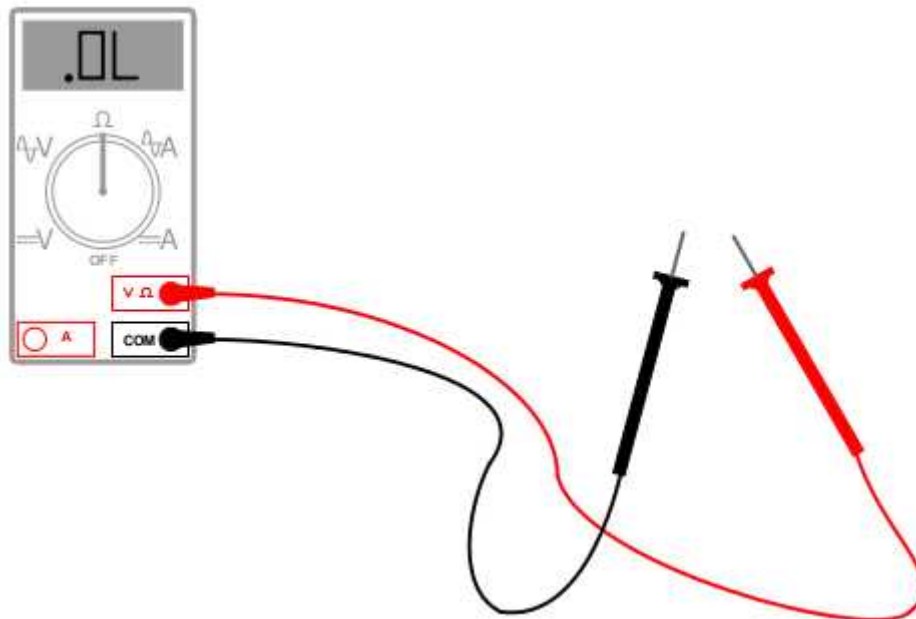


En mesurar resistència, és important recordar, que el component la resistència del qual es mesura aquesta lliure de tensió, normalment es desconnectarà del circuit. Si el component estigués sota tensió durant el mesurament, el valor mostrat segurament és erroni. A més, el polímetre pot quedar avariats.

El mesurament de resistència resulta també molt útil per a mesurar continuïtat entre dos punts d'un circuit. Continuïtat entre dos punts significa que el circuit no està interromput entre aquests dos punts i que la resistència entre ells és pràcticament zero. El polímetre sol presentar una posició específica per a seleccionar el mesurament de continuïtat, xiulant quan la resistència entre els dos punts de mesurament és zero. Es pot comprovar el correcte funcionament del mesurament de continuïtat, ajuntant les puntes de les sondes per a comprovar que el polímetre xiula.

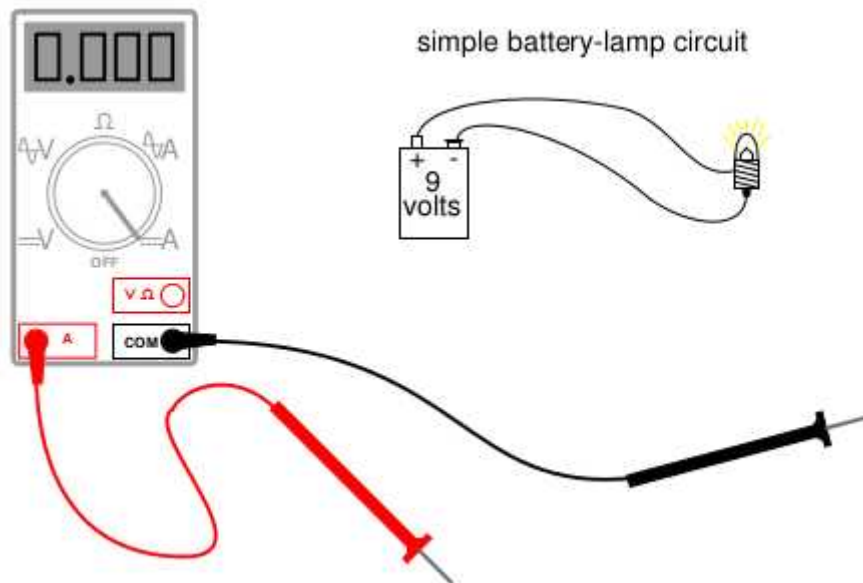


En separar les puntes de les sondes, la pantalla indicarà OL, que significa Open Loop (circuit obert).

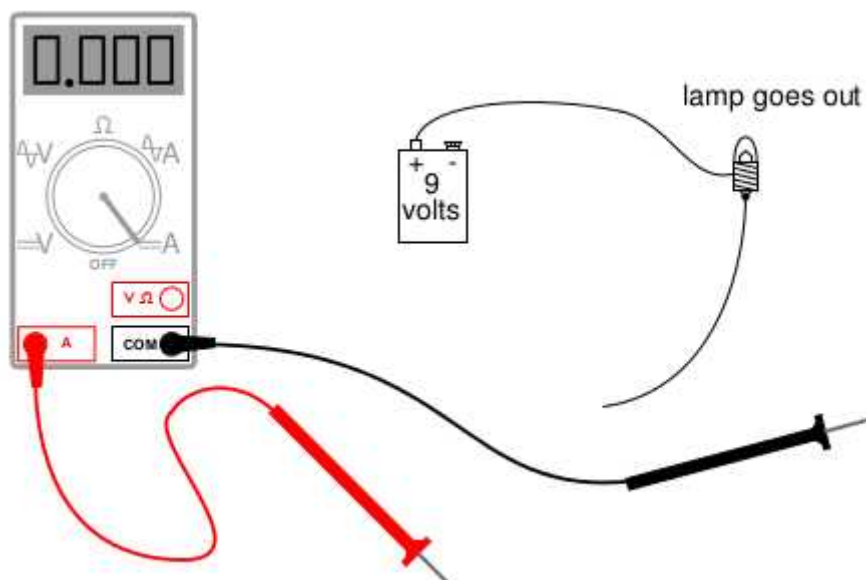


L'aplicació més perillosa i complexa del polímetre és, amb diferència, el mesurament de corrent. La raó és molt senzilla, perquè el polímetre pugui mesurar el corrent, aquesta ha de circular pel polímetre. Per a això és necessari obrir el circuit i integrar el polímetre en aquest. Abans d'integrar el polímetre en el circuit, se seleccionarà A, en cc o ca, segons el cas, i es connectarà la sonda de mesurament vermell en la presa A.

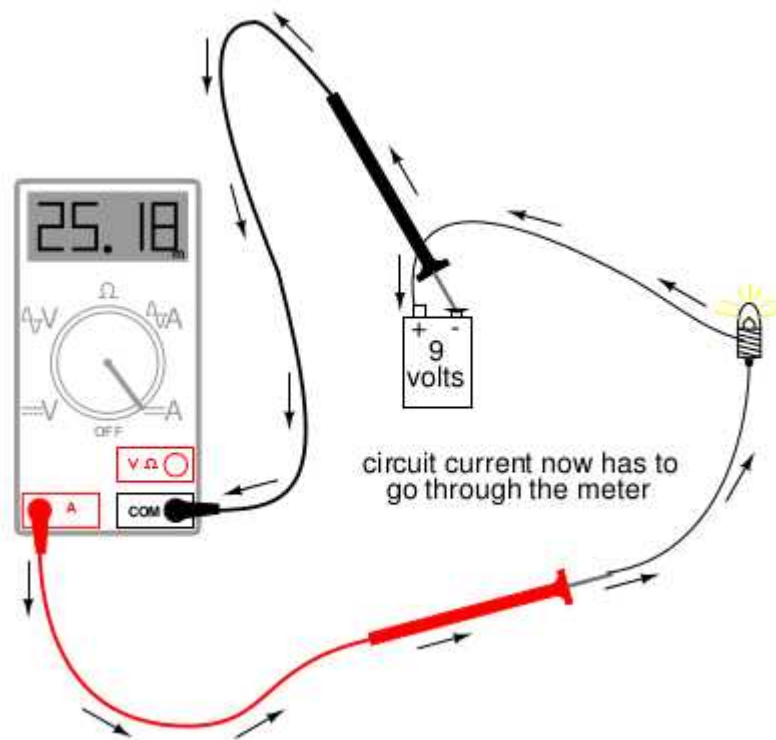
La següent imatge mostra el polímetre preparat per a mesurar corrent.



A continuació s'obre el circuit, per a poder connectar el polímetre.

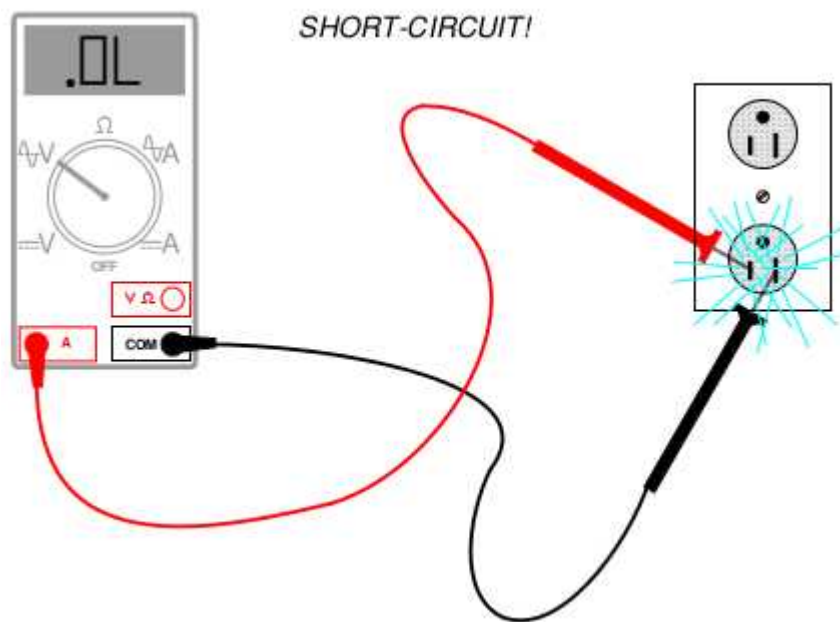


L'últim pas consisteix en pontejar amb el polímetre el circuit interromput, connectant la sonda negra al conductor negatiu i la vermella al positiu.



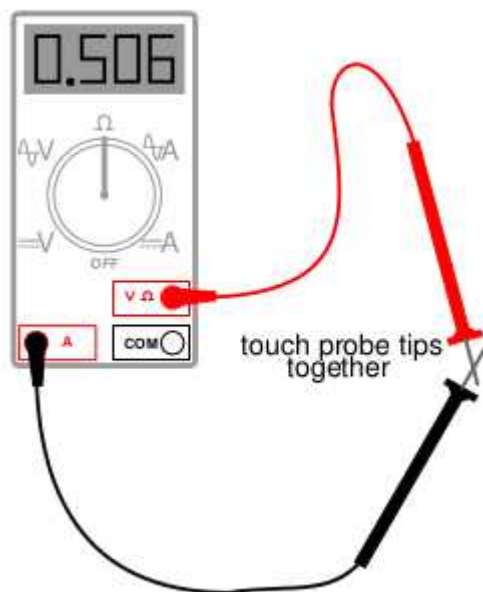
Aquest exemple mostra un circuit molt segur, ja que 9 volts a penes suposen un perill. No obstant això, en circuits amb tensions més elevades, mesurar el corrent podria ser molt perillós. Fins i tot si la tensió és baixa, el corrent podria ser prou alta com perquè es produeixi una espurna en el moment en el qual s'estableix la connexió de l'última sonda.

Un altre perill potencial en utilitzar un polímetre és que estigui en mode de mesurament de corrent (amperímetre) en intentar mesurar tensió. Quan es mesura corrent, integrant el polímetre en el circuit, aquest ha d'oferir la mínima resistència. Si accidentalment es deixen les sondes de mesurament en els contactes A i COM, i només s'ajusta el selector a V, el polímetre provocarà un curtcircuit en tocar les sondes dos punts amb diferent tensió. Encara que els polímetres estan equipats amb un fusible intern per a evitar danys majors en cas de curtcircuit, és molt probable que el mesurador quedi avariats.

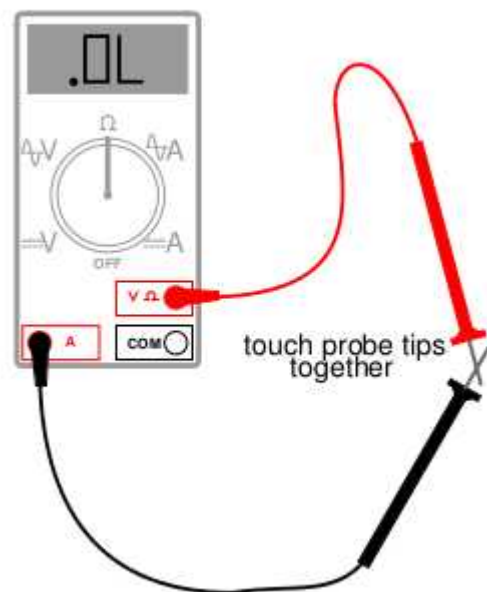


La següent imatge mostra com provar el correcte estat del fusible del polímetre.

Indication with a good fuse



Indication with a "blown" fuse

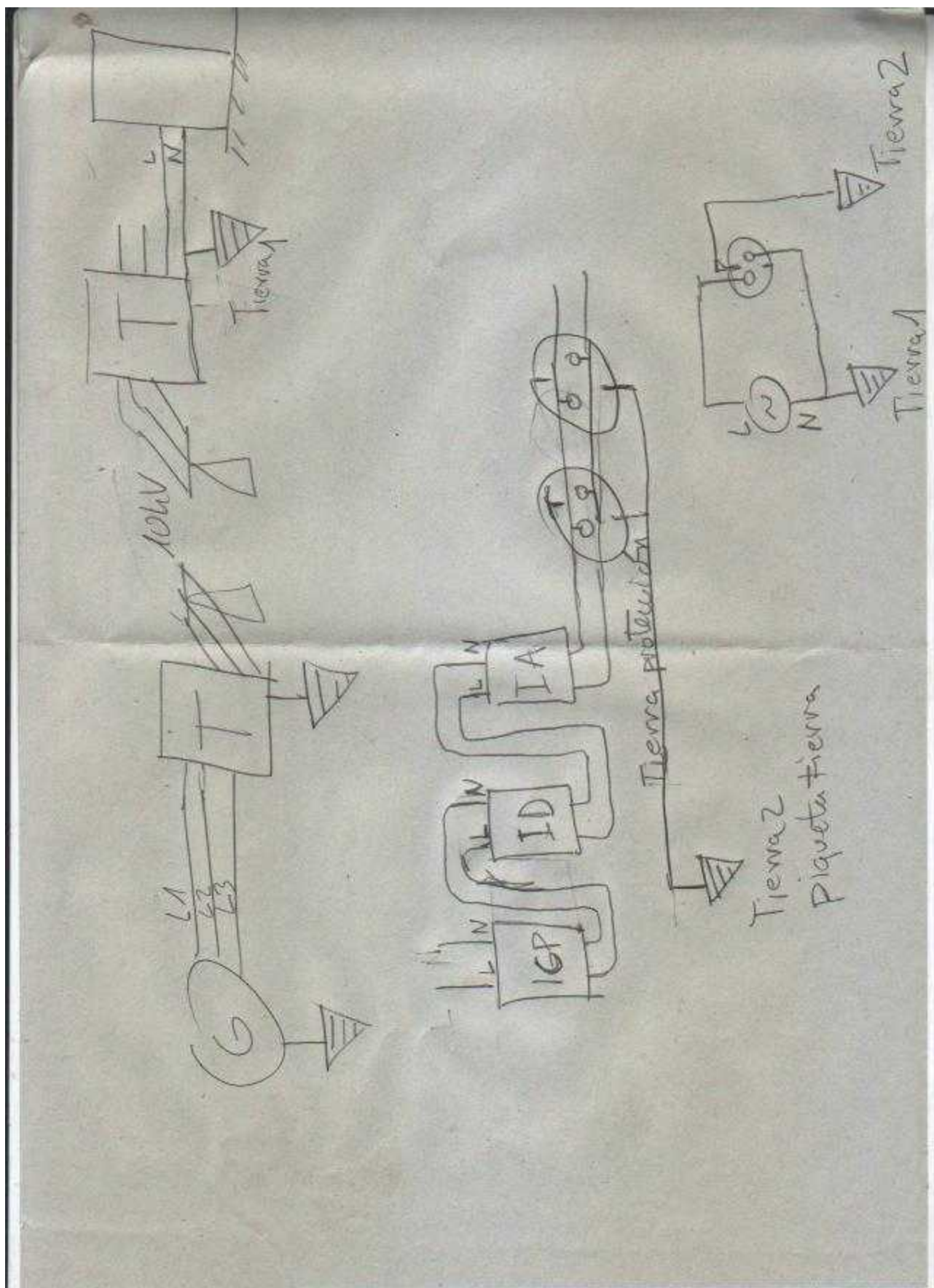


Si l'estat del fusible és correcte, el polímetre indicarà resistència zero. Si el fusible estigués fos, indicarà OL (o equivalent).

Resum

- Un mesurador capaç de comprovar la tensió, el corrent i la resistència es denomina polímetre, multímetre, tester.
- La tensió sempre es mesura entre dos punts d'un circuit. En aquest mode de mesurament, al polímetre també se'n diu voltímetre. S'ha de tenir precaució de no tocar les sondes del mesurador, ni que les sondes es toquin entre elles, perquè es causaria un curtcircuit.
- Per a comprovar si un circuit està lliure de tensió, s'ha d'utilitzar el polímetre en mode de mesurament de tensió alterna i contínua. S'ha de comprovar la tensió entre totes les combinacions de parells de conductors, i entre els conductors individuals i terra.
- Quan estan en el mode de mesurament de tensió (voltímetre), els polímetres tenen una resistència molt alta entre els seus contactes i, en conseqüència, entre les sondes de mesurament, si estàs estan correctament connectades.
- No intentar mai mesurar la resistència o la continuïtat en un circuit que estigui sota tensió. En el millor dels casos, les lectures de resistència que s'obtinguin seran inexactes i, en el pitjor, el mesurador podria danyar-se i l'usuari podria sofrir lesions.
- Els polímetres en mode de mesurament de corrent (amperímetres), sempre estan integrats en un circuit, de manera que els electrons han de fluir a través del polímetre.
- En el mode de mesurament de corrent (amperímetre), els polímetres pràcticament no presenten resistència entre els seus contactes. L'objectiu és permetre que el corrent flueixi a través del mesurador amb la menor dificultat possible. Si no fos així, el mesurador afegiria una resistència al circuit, reduint el corrent.

1.8 Soluciones



Aquests apunts són una adaptació de “[Lessons in electric circuits volume 1 DC](#)”, autor Tony R. Kuphaldt.

Traducció i adaptació Paulino Posada

Traducció al castellà realitzada amb la versió gratuïta del traductor www.deepl.com/translator

Traducció al català realitzada amb <https://www.softcatala.org/traductor/>