

Guide Jordtagsmätning

Jordtags- och markresistivitetsprovare



Jordtagsmätning

En av de grundläggande och förebyggande åtgärder som kan göras för att öka elsäkerheten i både hushåll och industrier är att ordna med en bra skyddsjord.

Om det inte finns ett jordtag, kan människors liv vara i fara samt att elektriska installationer och utrustning kopplad till dem kan skadas.

Ett enskilt jordtaga är inte nog för att kunna garantera säkerheten. Endast regelbundna besiktningar och kontroller kan bevisa att den elektriska installationen fungerar som den ska.

Det finns en mängd olika sätt att göra en kontroll av ett jordtag på, beroende på typ av installationssystem, om nolledare finns samt om det är ett hushåll, en industri eller ett stadsnät. Samt om det finns möjlighet att arbeta i spänningslöst tillstånd.

Kontroll av jordtag görs för att få ett jordtagsvärde som indikerar jordtagsresistansen. Ett jordtagsvärde är övergångsresistansen mellan jordtaget och sann jord.

Varför är jordning en nödvändighet?

Med jordning menas att en anslutning mellan en given punkt i nätet, installationen eller en maskin och ett jordtag finns. Detta jordtag är en ledande del som sätts i jord eller i ett annat kemiskt ledande material som har elektrisk kontakt med jorden. (Mer information finns hos EBR).

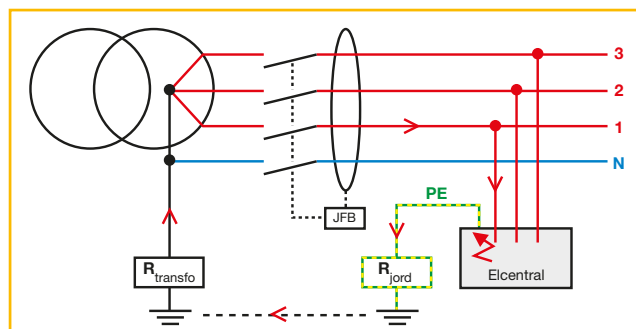
Jordning innebär användandet av en ledande metall för anslutning mellan jordtaget till metallchassit som kan komma i kontakt med en elektrisk ström genom ett isolationsfel i en elektrisk utrustning. Då felströmmen kommer att gå till jord, uppstår ingen fara för människor. Om det inte finns någon jordning kan en människa som rör objektet få strömgenomgång, vilket kan vara livsfarligt beroende på strömnivån.

Jordning gör alltså att läckströmmar säkert leds till jord och det bör finnas automatik som kan stänga av en elanläggning i händelse av fel. Därför är korrekt jordning viktig för utrustning och människor i händelse av höga felströmmar eller blixtnedslag.

Exempel:

Om isolationen i en last är felaktig, kommer felströmmen att dras till jord via skyddledaren (PE).

Beroende på storleken av värdet, kommer felströmmen innebära att installationen kopplas ifrån om en jordfelsbrytare löser ut.



Vad ska jordtagsvärdet ha för resistans?

Innan jordtagsmätning görs, måste man först finna ett högsta acceptabelt värde för anläggningen. Det värde beräknas fram och är beroende av anläggningstyp samt olika länders förordningar. Även vilken typ av installation samt nätverk är av betydelse.

I Sverige fås mer information hos Svensk Energis rekommendationer EBR som behandlar jordning.

Som ett exempel, låt oss ta ett TT-system:

För att kunna ha säkra elmiljöer för människor, måste en elinstallation vara utrustad med ett skydd som utlöser när det finns en felpänning i installationen som överskrider ett spänningsvärde som är farligt för människor.

Flera studier har visat att en spänning som är acceptabel för människor är 50 V i torra utrymmen. Denna beröringsspänning är lägre i fuktiga miljöer som badrum och här gäller 25 V.

Exempelvis för en industri är jordfelsbrytare (JFB) som tillåter en ström upp till 500 mA ansluten till skyddsjord.

Enligt Ohms lag:

$$U = RI$$

Är i detta fall: $R = 50 \text{ V} / 0.5 \text{ A} = 100 \Omega$

För att säkerställa att det inte finns personfara eller risk för elektrisk utrustning, måste jordtagets resistans vara mindre än 100 Ω .

Beräkningen ovan visar att resistansvärdet beror på strömmen på den jordfelsbrytare som övervakar elinstallationen.

Det finns en tabell för att se resistansen i förhållande till jordresistansen, den är i exemplet nedan specificerad enligt NF C 15-100 standard.

Maximal resistans på jordelektroden med jordfelsbrytarens nominella ström

Max nominell ström på JFB ($I_{\Delta n}$)		Max resistans på jordtaget för anslutning till skyddsjord (Ω)
Låg känslighet	20 A	2.5
	10 A	5
	5 A	10
	3 A	17
Medel känslighet	1 A	50
	500 mA	100
	300 mA	167
	100 mA	500
Hög känslighet	$\leq 30 \text{ mA}$	> 500

I Sverige gäller generellt att: *frånkopplingstider i tabell 41.1 ska användas upp till 32 A.*

Vad är ett jordtag gjort av?

Jordtaget

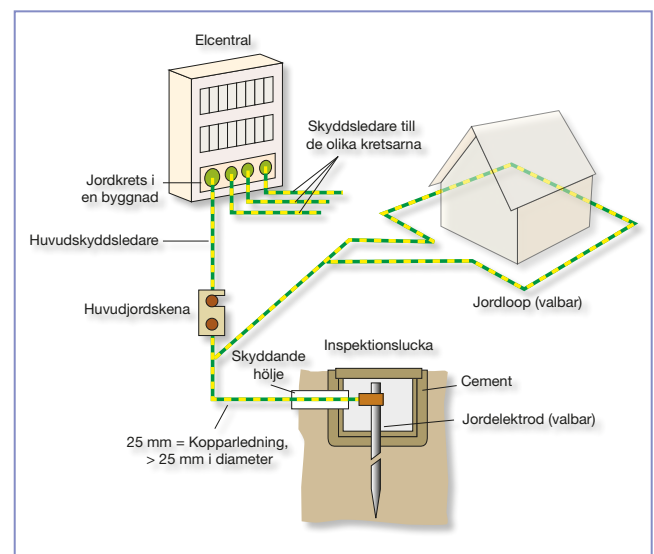
Det finns flera olika sätt att installera ett jordtag på, beroende på land, typer av system, samt regler.

I Sverige, används följande typer:

- djupjordtag
- ytjordtag
- stråljordtag

Som kan göras med:

- plattor av järn
- spett och "kråkfot"
- nät av järn
- kabel i mark
- borring i berg med ledande massa



Oberoende av vilken typ av jordtag som används, är det viktigt att det har en bra kontakt med jord så att god förbindelse finns mellan jord och jordtag. Det ska dra åt sig läckströmmar som kan uppkomma vid ett fel.

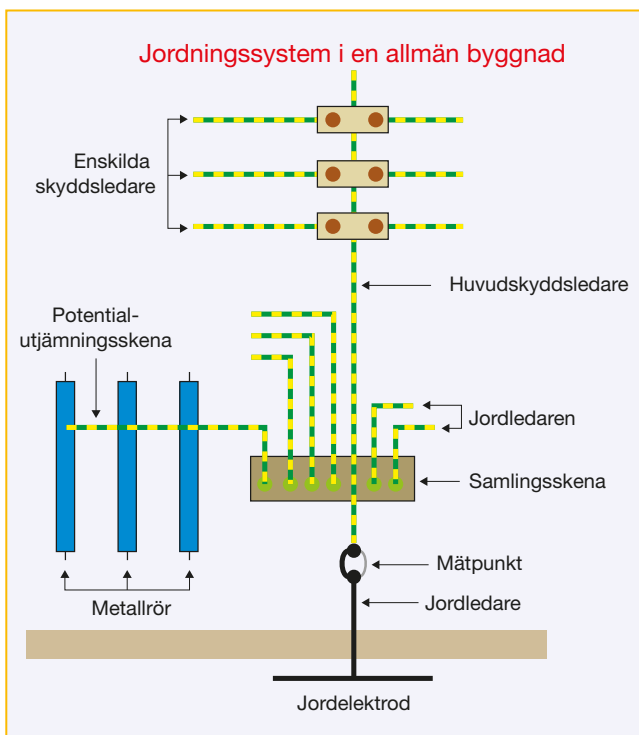
Kvaliteten på en jordning är beroende av framför allt tre saker:

- typ av jordtag
- skyddsledare
- typ av mark samt markresistansen på den, det är därför viktigt att mäta markresistansen innan ett nytt jordtag installeras.

Andra problemområden

Hela jordningssystemet i en byggnad är ansluten till jordtaget.

Jordningssystemet består av följande delar: jordtaget, jordens anslutning, skyddsledaren, huvudpotentialen och lokala potentialer.

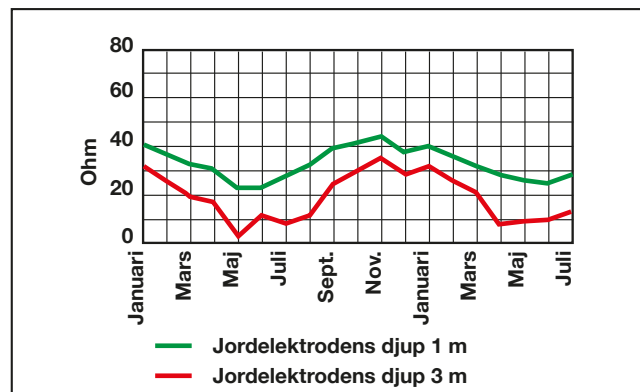


Markresistivitet

Markresistivitet (ρ) uttrycks i Ohm per meter (Ωm). Detta värde är en teoretisk resistans i Ohm i formen av en kub med en storlek av 1 m^2 och en längd om 1 m . Genom att mäta den, kan man enkelt se jordens förmåga att leda elektriska strömmar. Desto lägre markresistivitet, ju mindre kabel behöver läggas ut för att säkerställa en låg resistans.

Resistansen varierar beroende på vilken typ av jord det är, hur fuktig den är samt på dess temperatur (frost ökar resistansen). Det är därför som jordresistansen förändras sig beroende på årstid samt på övriga mätförhållanden. När temperatur och fuktighet är stabila i jorden blir även mätresultaten mer repeterbara. **Det rekommenderas att alltid trycka ned hjälpspetten 30-40 cm.**

Variationer över året för ett jordtag.



Typiska markresistivitetsvärden

Typ av jord	Resistivitet
Myr	5 till 40
Lerjord	20 till 200
Matjord	10 till 150
Jurasten	30 till 40
Sandlera	50 till 500
Sand	200 till 2500
Kal stenig mark	1 500 till 3 000
Gräsbevuxen stenig mark	300 till 500
Mjuk kalksten	100 till 1000
Splittrad kalksten	500 till 2000
Morän	30 000
Granit och sandsten	1 500 till 50 000
Sten av granit och sandsten	1 000 till 60 000

Varför är det bra att göra markresistivitetsmätning

Genom att mäta markresistivitet fås enkelt:

- Platsen där jordtaget ska grävas ner.
- Definition på den elektriska specifikationen d.v.s storleken på jordtaget.
- Optimera kostnaden för att sätta jordtaget, då beräkning av storlek kan göras snabbt.

Som ett resultat av detta görs dessa mätningar även vid nyanläggning av transformatorer och distributionsstationer där det är viktigt att välja bästa möjliga jord för jordelektroden.

Metoder för att göra en markresistivitetsmätning

Det finns olika metoder för att mäta markresistivitet. De två mest använda metoderna är med "4 hjälpspett". Det finns två metoder:

- **WENNER** metoden som är användbar för att göra mätningen vid ett djup.
- **SCHLUMBERGER** metoden vilken är användbar för mätning vid olika djup samt se den geologiska profilen på jorden.

Wennermetoden (vanligast)

Mätprincip

Fyra hjälpspett sätts upp på en rak linje, med lika långt avstånd "a" emellan, i Sverige är "a" = 3 m. Generering av en mätström "I" från jordbryggan sker mellan de två yttre hjälpspetten (E och H). Potentialen av ΔV mäts då mellan de två centralt placerade hjälpspetten (S och ES).

Instrumentet som används är en jordbrygga med **4 ingångar** som ger en mätström och kan mäta ΔV -värdet.

Resistansvärdet **R** som avläses på jordbryggan kan användas för att beräkna markresistiviteten med följande formel:

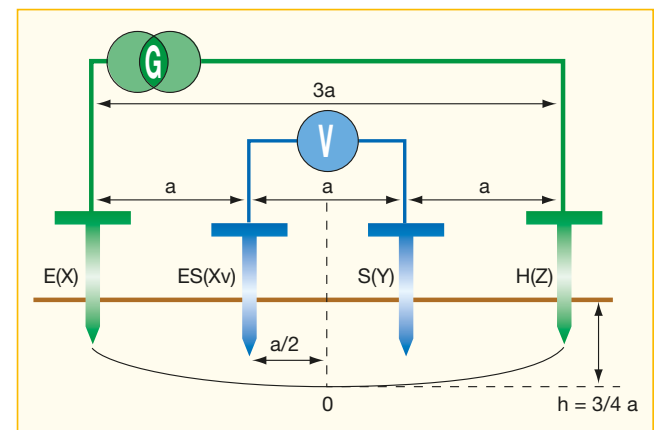
$$\rho = 2 \pi a R$$

Där ρ är markresistivitet i Ωm vid punkten 0, på djupet $h = 3a/4$

a är mätavståndet i m

R är värdet (i Ω) på resistansen avläst på jordbryggan

För dessa mätningar rekommenderar EBR att avståndet "a" ska vara 3 m. Mätningen görs i tre olika riktningar: där det lägsta markresistivitetsvärdet fås, sätts jordtaget.



OBS: benämningarna X, Xv, Y och Z är lika med de äldre namnen på hjälpspetten E, Es, S och H.

Schlumbergermetoden

Mätprincip

Schlumbergermetoden baseras på samma mätprincip. Den enda skillnaden är positioneringen av hjälpspetten:

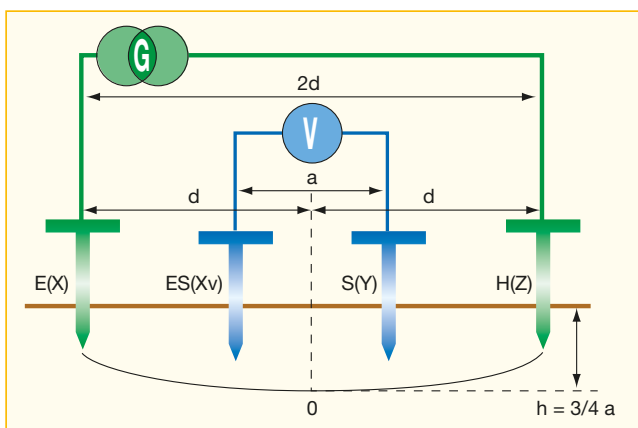
- avståndet mellan de två yttre hjälpspetten är $2d$
- avståndet mellan de två inre hjälpspetten är A

resistansvärdet **R** som läses av på jordbryggan kan användas för att beräkna markresistivitet med följande formel:

$$\rho_S = (\pi \cdot (d^2 - A^2/4) \cdot R_{S-ES}) / 4$$

Denna metod sparar mycket tid på fältet, speciellt när flera markresistivitetsmätningar ska göras för att få en geologisk profil på jorden. Mycket av den sparade tiden kommer från att endast de yttre hjälpspetten behöver flyttas. Denna metod används inte i Sverige.

För mer information se EBR.



Jordtagsmätning på en installation som endast har ett jordtag

Det är viktigt att komma ihåg att jordtagsmätning görs med två hjälpspett. Denna metod är referensen i alla elektriska installationer och används för att säkert och med en hög repeterbarhet mäta jordtaget. Mätprincipen går ut på att man använder en jordbrygga **G** och skickar en växelström (I) genom hjälpspett H och tillbaka genom hjälpspett E.

Medan Schlumbergermetoden spar tid, är Wennermetoden mer känd och ofta använd. Även den matematiska formeln är mycket enklare. Många Chauvin-Arnoux jordbryggor har formlerna inlagda för automatisk beräkning av markresistivitet, oberoende av vilken mätmetod som används.

Metoder för att mäta jordmotstånd på ett redan existerande jordtag

De olika metoderna:

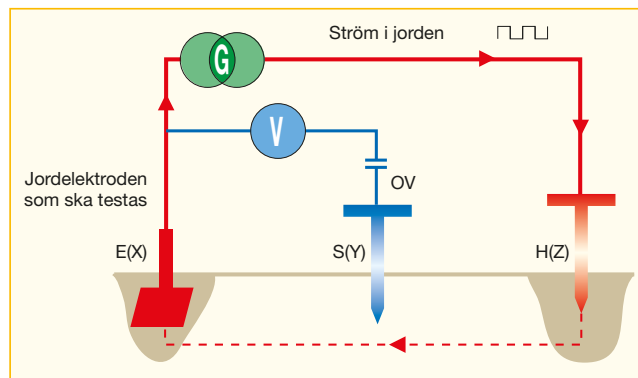
Markresistivetsmätning som har presenterats används vid sättande av ett nytt jordtag. För redan existerande jordtag används mätmetoder som säkerställer deras säkerhetsnivå i enlighet med deras konstruktion och jordtagsvärde. Olika mätmetoder kan användas, men det är beroende av hur jordtaget är konstruerat, om det är möjligt att skilja ifrån och mäta enskilt (som t ex på en fångstarm) eller om en resulterande mätning ska göras, där samtliga jordtag på den ingående gruppen är anslutna under mätningen.

I Sverige mäts det resulterande värdet, utan att koppla loss jordklämman vid underhållskontroll.

Spänningen V mellan hjälpspett E och punkten i jord där potentialen är noll mäts med hjälpspettet S.

Resistansen kan då beräknas genom att dela spänningen som mäts av strömmen som skickas (I), med denna formel:

$$R_E = U_{ES} / I_{EH}$$



I Sverige underhållsmäts jordtag med att placera hjälpspetten på 40 m och 80 m på en rak linje från jordtaget.

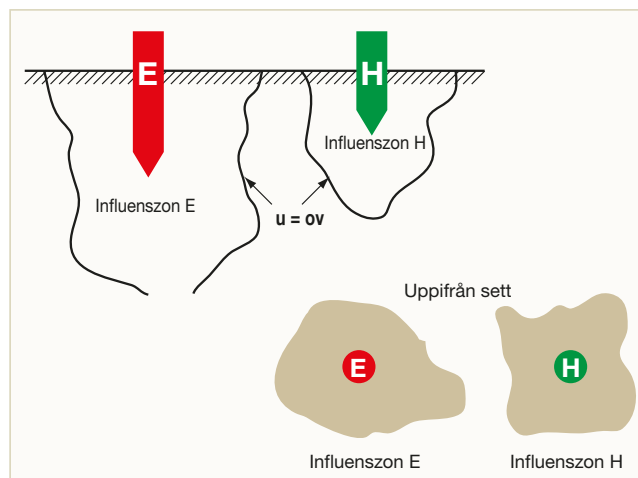
Mer information se EBR.

Viktigt:

En felström går initialt via kontaktresistansen på jordtaget.

Ju längre bort från jordtaget, tenderar de parallella kontaktresistanserna att bli oändliga vilket ger en ekvivalent resistans nära noll. Över denna gräns, oberoende av felströmmen, blir potentialskillnaden noll. Det betyder att runt jordtaget, finns det en influenszon, d.v.s. jordtagets utbredning, vars storlek och utbredning är okända på grund av markförhållanden.

Var noggrann med att hjälpspettet S (spänningspotential hjälpspett) är i sann jord och hamnar utanför jordtagets utbredning där ström (I) flyter.



Eftersom strömmen beror på markresistiviteten är det svårt att vara säkra på att jordtagets utbredning kan undvikas. Det bästa sättet att verifiera mätningen är därför att repetera mätningen och flytta på hjälpspett S för att säkerställa att mätningen blir repetitiv.

3-tråds metoden (ibland kallad 62 % metoden)

Denna metod kräver att två hjälpspett används för att mata en ström som kan ge 0 V i spänningspotential. Placeringen av de två hjälpspetten i relation till jordtaget E som ska mätas är viktig.

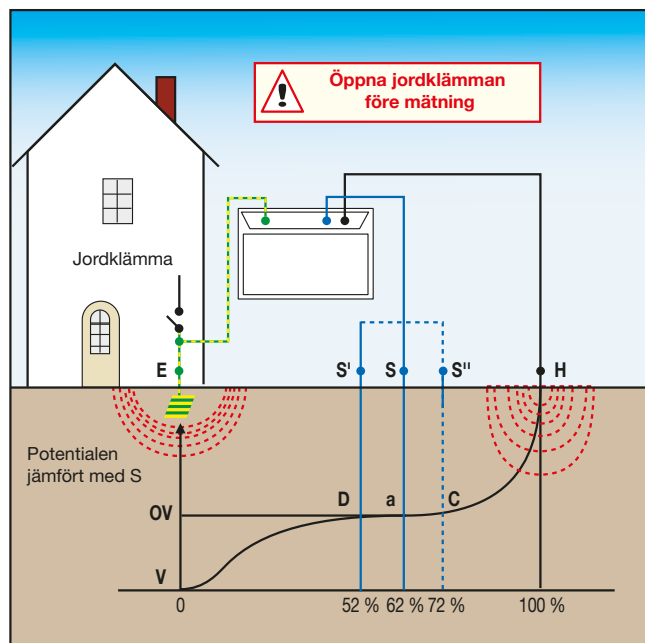
För korrekt mätning, får inte spänningspotentiala hjälpspett S sättas i jordtagets utbredning. Spänningspotentialen kan komma från både E och H och är orsakad av strömmen som finns i jordtaget (I).

Erfarenhet från verkliga förhållanden på fältet visar att den bästa metoden för en hög mätsäkerhet är att placera hjälpspett S på cirka 62 % av avståndet från E på en rak linje EH.

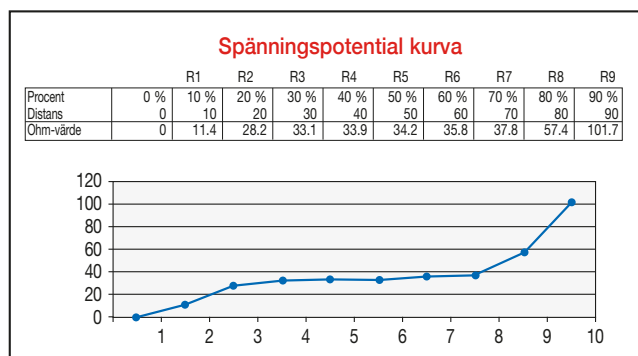
Du behöver verifiera att mätningen inte varierar när hjälpspett S flyttas $\pm 10\%$ (S' och S'') på varje sida om den första positionen på linjen EH.

Om mätresultatet varierar, betyder det att hjälpspettet S inte är i sann jord, hjälpspettet S måste då placeras på ett längre avstånd från jordtaget och mätningen görs om. Minst 2 m i taget ska S flyttas så att en potentialkurva framträder.

I Sverige använder vi inte 62 % metoden, istället rekommenderar EBR att mätning görs på en rak linje och hjälpspetten placeras på 40 m (S) och 80 m (H) ifrån varandra.



Exempel: Mätning vid olika avstånd R1 till R9 från 10 till 90 % av avståndet SH



Triangelmetoden (med två spett)

För denna metod används två hjälpspett. Denna metod kan användas istället för 62 % metoden när det inte finns tillräckligt avstånd från jordtaget E.

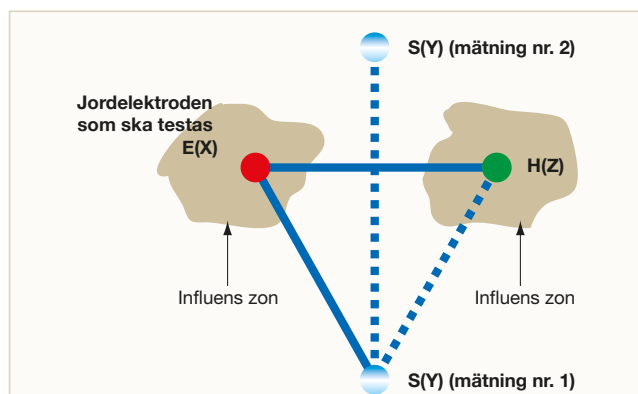
Utförande:

- Sätt upp hjälpspetten S och H så att jordtaget E och hjälpspett S och H formar en liksidig triangel.
- Första mätningen görs med S på en sida och sedan görs mätning med S på den andra sidan.

Om de två mätvärden som fås har en mycket stor skillnad, påverkas hjälpspett S av jordtagets utbredning. Avståndet mellan hjälpspetten måste ökas och mätningen görs om. Mätresultatet tillåts variera några procent mellan de två mätningarna.

Mätresultaten av denna mätning kan i sig vara osäker, även om mätvärdena är ungefär lika, så kan jordtaget påverka denna mätning.

För att vara säker på mätresultatet, repetera mätningen efter att ha ökat avståndet på hjälpspetten. För mätningar i Sverige rekommenderar vi att följa EBR.

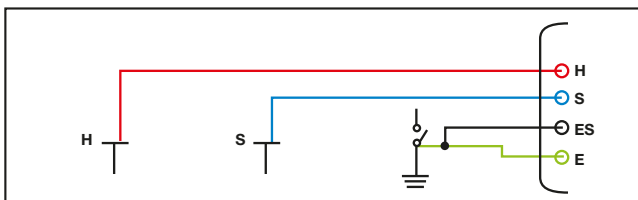


4-tråds jordtagsmätning

4-tråds jordtagsmätning baserar sig på samma princip som en 3-trådsmätning, med tillägget att en extra anslutning mellan jordtaget och jordbryggan kan mätas.

Denna metod ger en bättre upplösning (cirka 10 gånger bättre än 3-trådsmetoden), vilket betyder att resistansen av mätledningarna kan kompenseras bort.

Denna funktion är praktisk att använda för att mäta mycket låga jordtagsvärden, därför används den där mätresultatet endast är några Ohm. I Sverige används generellt 3-trådsmetoden även för dessa typer av mätningar.



OBS! Att öppna jordklämman

Fördelen med 3-tråds och 4-tråds mätning är att de kan utföras på en icke späningsatt anläggning. För dessa två typer av mätmetoder kan även jordklämman öppnas och göra en enskild jordtagsmätning kan göras för att säkerställa att det uppmätta värdet verkligen är jordtaget.

Det kan annars finnas jordförbindningar mellan olika jordtag orsakade av metallrör, som t.ex. vatten- eller gasrör. Jordtagsmätning med jordklämman ansluten kan även mäta dessa oönskade jordförbindningar.

Det kan medföra att jordtagsvärdet blir onormalt högt (om en metallledare är utbytt t.ex. mot ett isolationsmaterial). Finns osäkerhet vid mätning av ett jordtag, så bör man alltid öppna jordklämman för att göra en enskild mätning av jordtaget.

I Sverige gäller följande:

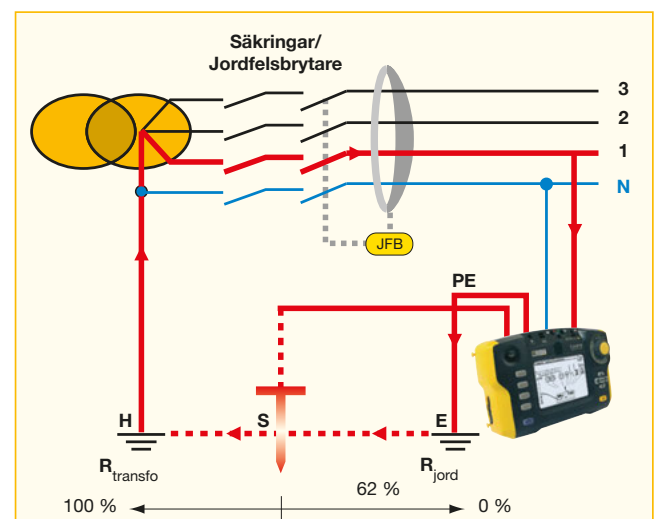
För att kontrollera ett nysatt jordtag, ska mätning göras med öppen klämma, så kallad enskild jordtagsmätning. Samt vid underhållsbesiktning med stängd jordklämma, så kallad resulterande jordtagsmätning.

⚠ Det kan vara farligt att öppna jordklämman!

62 %-metoden (ett hjälpspett)

(endast för TT eller oberoende IT system)

Med denna metod behöver inte jordklämman öppnas och dessutom behövs endast ett hjälpspett (S). Med denna metod fungerar jordsystemet på distributions- transformatorn som H hjälpspett och PE skyddsledaren som extra skyddsjord och ett E hjälpspett.



Mätningen är i princip som en normal 62% jordtagsmätning.

Med hjälp av huvudspänningen kan därför loopimpedansmätning göras utan hjälpspett för jordtagsmätning i stadsnät. Sätts så att avståndet mellan E-S är lika med 62% av det totala avståndet (avståndet mellan E och H).

Jordtagsmätning

Som ett resultat av det kommer hjälpspeppet S att vara i den neutrala "0 V spänningspotentialen", alltså sann jord.

Jordtagsresistansen beräknas genom att dela den uppmätta spänningen med den matade strömmen.

Skillnader mot en normal 62%-mätning:

- Drivspänningen för mätningen kommer från huvudspänningen istället för batterier.
- Endast ett hjälpspepp behövs användas (S) så mätningen kan göras snabbt.
- Det är inte nödvändigt att koppla ifrån jordklämma. Det sparar även tid och mätningen görs säkert.

Fas-PE skyddsledarmätning

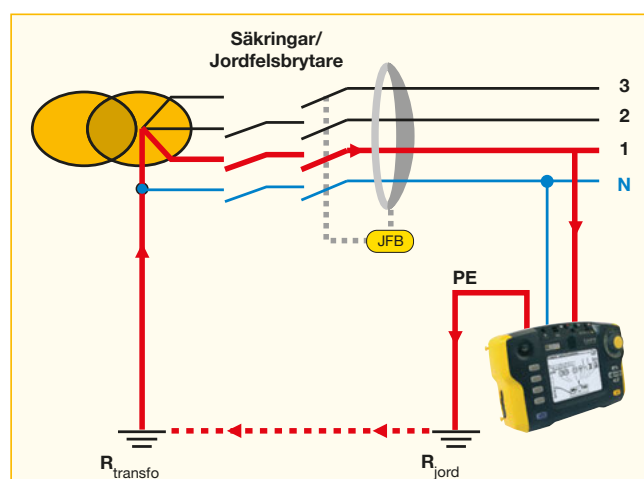
(endast på TT system)

I stadsnät är det ofta svårt att mäta jordtagens resistans med hjälpspepp, p.g.a betong, asfalt eller det fysiska utrymmet. Därför finns det i standarden för elektriska installationer möjlighet att mäta loopimpedans där det är omöjligt att använda hjälpspepp.

IEC 60364-6: "OBS: om det är omöjligt att mäta R_A , kan denna mätning ersättas av en loopimpedans mätning."

Med hjälp av huvudspänningen kan därför loopimpedansmätning göras utan hjälpspepp för jordtagsmätning i stadsnät.

Loopimpedans mätning inkluderar både jordtagets resistans samt alla ingående resistanser på kablar och transformatorer till jord.



Det sanna jordtagsvärdet är därför lägre än det uppmätta:

R uppmätt $>$ R jordtag

OBS: På TN eller IT (oberoende) system, kan loopimpedansen användas för att beräkna kortslutningströmmen för korrekt beräkning av skyddsutrustning som jordfelsbrytare.

Jordtagsmätning på system med flera parallella jordsystem

Där jord "distribueras" till varje användare, t.ex. i transformatoriosker med jordbockar och jordskenor eller på platser där känslig elektronisk utrustning finns, kan ett nät av jordtag anslutna till flera olika jordelektroder användas för att skapa ett totalt potentialfritt jordplan.

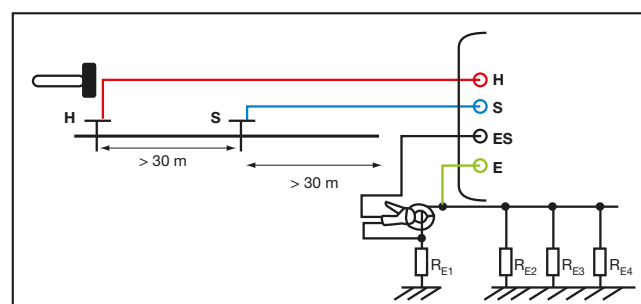
För denna typ av nätverk är en selektiv mätning av jordtaget nödvändig för att optimera säkerheten samt att snabba på mätningen. Alla jordtagsmetoder som vi har gått igenom fram till nu kan användas för att mäta på ett enskild jordtag. Därför är det, om jordtaget har flera parallella jordningar, omöjligt att isolera och mäta varje enskilt jordtag, istället mäts endast summan av alla jordtag som finns parallellt.

Den andra lösningen är att frångilja varje enskilt jordtag och mäta den enskilda resistansen, men det tar väldigt lång tid och är omständigt. För denna typ av installation, som ofta finns i industrin, används istället en eller flera strömtänger.

Det är två typer av selektiva mätningar, med eller utan hjälpspepp

Alla selektiva jordtagsmätningar:

- Sparar tid, med en strömtång mäts strömmen som flyter i jordtaget, samt går förbi influenserna som fås med parallella jordtag.
- Garanterad säkerhet för människor och utrustning som är i kontakt med installationen.



Selektiv 4-tråds jordtagsmätning

Med 3- eller 4-tråds mätning på ett system med parallella jordningar, är den genererade mätströmmen uppdelad mellan de olika jordningarna. Det betyder att det är omöjligt att se hur mycket ström som går i varje enskilt jordtag, alltså kan inte resistansen definieras heller. I dessa fall, är det den totala strömmen som flyter i jordsystemet som mäts, vilket ger den sammanlagda jordtagsresistansen lika med resistansen av alla parallella ingående jordtag i kretsen.

För att kunna mäta ett parallellt jordtag, finns det en selektiv 4-tråds mätmetod. Denna princip är likadan förutom att en strömtång används för att mäta strömmen i jordtaget, så att ett korrekt mätvärde fås.

Vid användandet och särskilt vid spänningspotential hjälpspeppet S, ger denna metod noggrann repeterbar mätning på jordtagets resistans.

Jordtagsmätning med 2 strömtänger samt mätning med tångmetoden

Mätning utan att koppla bort jordtaget samt utan hjälpspepp

Dessa mätningar har revolutionerat traditionella jordtagsmätningssätt med sin mycket höga mätrepeterbarhet. Med dessa metoder behöver inte det parallella jordsystemet kopplas ur. Dessutom sparar de tid eftersom det inte är nödvändigt att använda hjälpspepp.

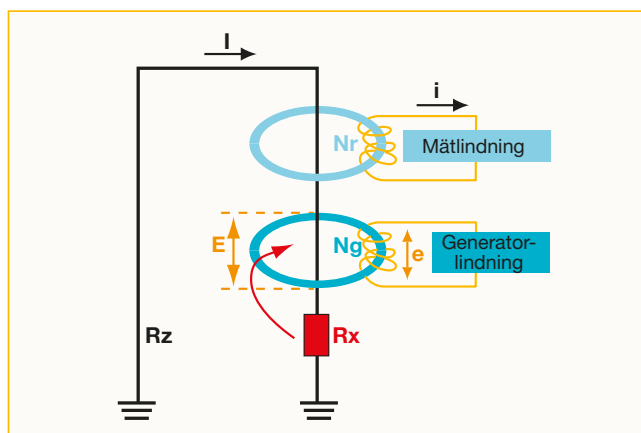
Utplacering av hjälpspepp är det enskilt mest tidskrävande arbetet vid kontroll av jordtag.

Mätning enligt tångmetoden

Fördelen med slingresistanstången är att den är enkel och snabb: omslut bara jordledaren och mät jordtagsvärdet samt strömmen i jordtaget.

En slingresistanstång har två lindningar, en som är en "generatorlindning" och den andra som är en "mätlindning".

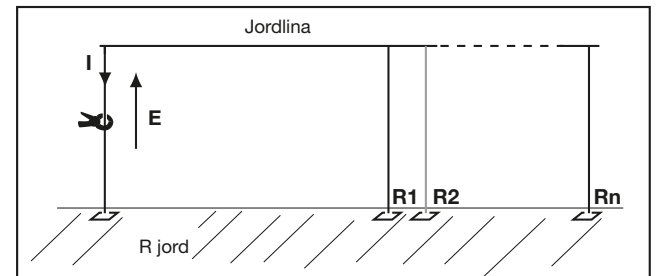
- Slingresistanstångens "generatorlindning" sänder ut en spänning (50, 60, 128 eller 2083 Hz) med ett konstant värde E på ledaren som är omsluten; en ström $I = E / R_{loop}$ flyter sedan genom den resistiva looppen.
- Slingresistanstångens "mottagarlindning" mäter dess ström.
- eftersom E och I är kända, kan slingans totala impedans beräknas utav dessa.



För att korrekt identifiera mätströmmen och förhindra störströmmar, använder slingresistanstången en valbar mätfrekvens.

Till exempel, ta mätning med det parallella jordtags systemet där mätningen av jordtagsresistansen R_x parallellt med n jordtag, är det vi vill mäta.

Det kan representeras av diagrammet nedan:



Om spänningen E ges i någon punkt på R_x jordsystemet, går strömmen I i kretsen enligt följande formel:

$$R_{loop} = E / I = R_x + R_{jord} + (R_1 // R_2 // R_3 \dots // R_n) + R_{jordvajer}$$

Där:

R_x (sökta mätvärde)

R_{jord} (vanligtvis ett lågt värde under 1 Ω)

$R_1 // R_2 \dots // R_n$ (värden som är försumbara: flera jordningar parallellt)

$R_{jordanslutning}$ (vajer) (vanligtvis ett lågt värde under 1 ohm)

Eftersom vi vet att de parallella resistanserna är försumbara, gäller:

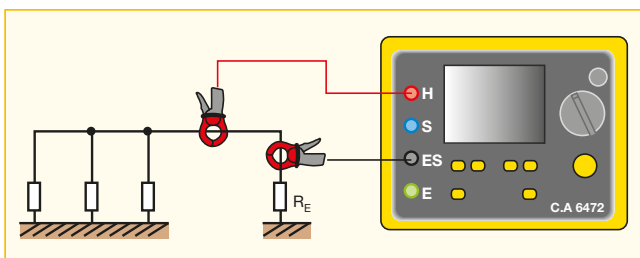
R_{loop} uppmätt är lika med jordtagsvärdet resistans R_x som ska mätas. I Sverige används tångmetoden vid underhållsbesiktning av jordtag, ett värde under 100 Ω är godkänt.

Mer information finns i EBR.

Jordtagsmätning med 2 tänger

Denna metod baseras på samma metod som tångmetoden.

Det innebär att två tänger placeras på jordledaren som ska mätas och därefter ansluts dessa till jordbryggan. En av tångerna genererar en känd signal (32 V / 1367 Hz) och den andra tången mäter strömmen som finns i kretsen.



Istället för att en enskild tång innehåller generator och mottagarkrets, används två separata tänger, där en är generator och den andra är mottagare. Fördelen med att ha en tång per funktion är att mätning på ledare som sitter illa till eller har en grov diameter kan göras enkelt.

Jordresistansbryggorna CA6471 och CA6472 har denna 2-tångs funktion, och kan användas med Chauvin-Arnoux tångerna typ C eller MN, vilka klarar av att omsluta alla typer av ledare och anslutningar för jordtagsmätning.

OBS! för slingresistansmätningar finns det flera punkter som måste kontrolleras innan en mätning kan göras.

1 - Antal parallella jordtag

Med formeln som visades på förra sidan, ser man att metoden enbart fungerar där det finns lågimpedans kretsar parallellt till jordtaget som ska kontrolleras.

Därför är det önskvärt att kontrollera resistansen på n elektroden parallellt och kontrollera att värdet är försumbart på R och E.

Exempel 1:

Det finns ett 20 Ω jordtag parallellt med 100 andra 20 Ω jordtag.

Resistansen blir då:

$$R_{\text{loop}} = 20 + 1 / 100 * (1/20) = 20 + 1/5 = 20.2$$

Värdet är väldigt nära uppmätt värde R1.

Exempel 2:

Det finns ett jordtag med 2 parallella jordtag där R1 = R2 = 20 Ω

Resistansen blir då:

$$R_{\text{loop}} = R1 + R2 = 40$$

Det uppmätta värdet skiljer då mycket från det aktuella värdet på R1, vilket är 20 Ohm. Dock, om inte målet är att mäta R1, utan bara att hålla sig under ett gränsvärde till exempel 100 Ohm kan mätning med slingresistansmetoden ändå utföras.

2 - Identifiering av den uppmätta installationen

För att använda slingresistansmetoden, är det viktigt att förstå hur jordsystemet ser ut:

- om det inte finns någon lågimpedanskrets parallellt till det testade jordtaget, är det inte möjligt att använda slingresistansmetoden eftersom det inte finns en krets för strömmen.
- om det uppmätta värdet är extremt lågt, måste kontroll göras att tången inte mäter över en nollpotential. Denna mätning kan dock användas för att göra ett kontinuitetstest.

3 - Mätfrekvens och impedans

Observera att för mätning med tångmetoden gäller att mätsignalen på tången är ganska hög i normalfallet upp till 2083 Hz. Det är därför en "loopimpedansmätning".

I praktiken är det seriella reaktiva värdet i en krets (linjeinduktansen) försumbar jämfört med loopimpedans resistansen, så att loopimpedansen Z är lika med loopresistansen av värdet R.

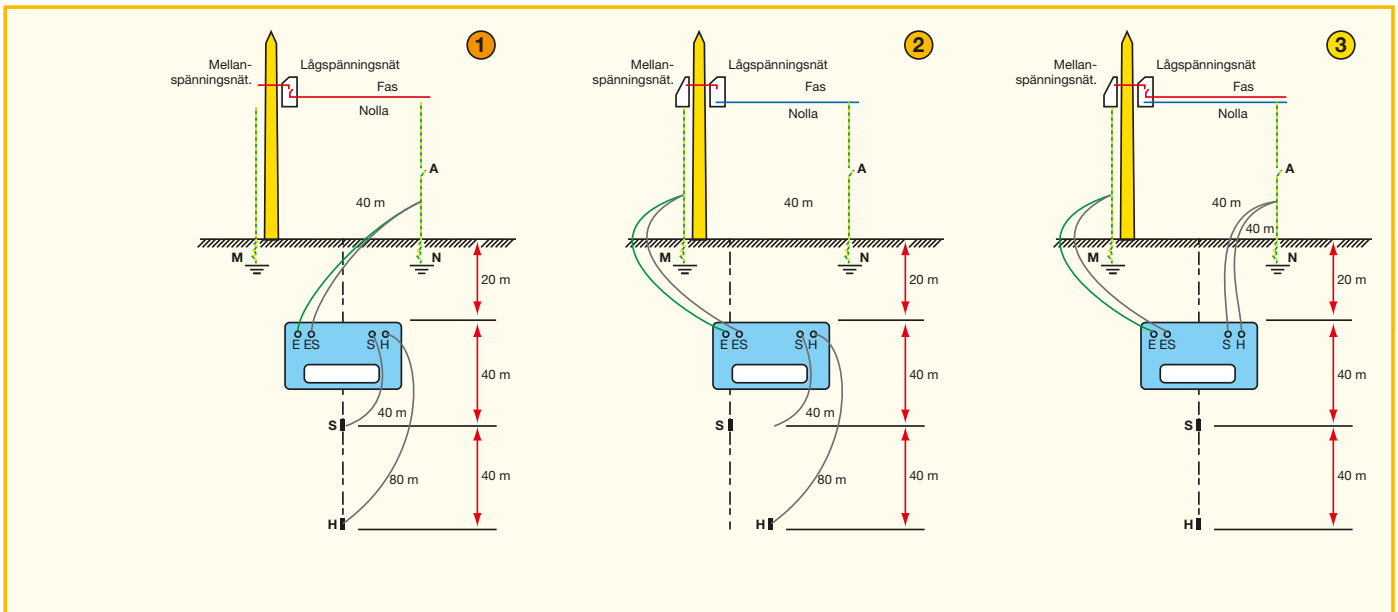
På system byggda på långa avstånd, som järnvägar, är inte den induktiva delen försumbar.

I de fall där en loopimpedansmätning utförs, visar mätresultatet ett högre värde.

För att komma tillrätta med mätningen av den induktiva delen har Chauvin-Arnoux slingresistanstängerna CA6416 och CA6417 en valbar mätfrekvens på 50, 60, 128 samt 2083 Hz.

Det begränsar influenserna av den induktiva delen på kretsen, eftersom de mäter på en frekvens som är nära nätets egen frekvens under normal drift.

Mätning på mellan- och högspänning



Jordkopplingsmätning

Jordkopplingsmätning används framför allt av nätägare som vill kontrollera anslutningen mellan ett mellanspännings- och ett lågspänningsnät. Det innebär en kontrollmätning av två jordsystem som i normala fall inte ska vara ihopkopplade fysiskt.

Om två jordsystem har bra kontakt trots att de inte är ihopkopplade, kan det innebära fara för utrustning och människor. När en felström finns på jordtaget M på ett mellanspänningsnätverk (MV), kan det orsaka en potentialstigning på jordningen. Även lågspänningsnätets nolla (LV) påverkas av det, vilket kan riskera personskada eller fel på ansluten utrustning på LV nätet

Jordtagskoppling på högspänning

Om ett blixtnedslag inträffar i en mellan- eller lågspännings transformator, fås en omedelbar potentialhöjning som kan vara flera kV stor.

Metoden för mätning görs med två hjälpspett, dvs 3-tråds metoden eller 62 %-metoden. Hjälpspetten H (ström) och S (spänningspotentialen) måste vara placerade så att följande iakttages:

- tillräckligt avstånd från jordtaget som ska mätas, respektera avståndet till närliggande jordar.
- ha en jordtagspotentialreferens.

Jordkopplingsmätningen görs på följande sätt:

- 1 Öppna nollan på lågspänningsnätet (öppen A)***
 - Anslut E och ES till N (LV nollan) med två 40 m kablar (enligt EBR)
 - Anslut S till det första spettet med en 40 m kabel (enligt EBR)
 - Anslut H till det andra spettet med en 80 m kabel
 - Placera jordbryggan mellan M och N vid en punkt 20 m från deras axel
 - Mät resistansen på noll-ledarens jordtag: $R_{neutral}$

*Punkt A (jordklämman) måste öppnas för att mäta jordkopplingen på det första jordtaget

- 2 Upprepa mätningen, denna gång med E och ES anslutna till M (vilket är chassijord på ett mellanspänningsnätverk MV)**
(LV nolledaren är fortfarande inte ansluten)
 - Mät resistansen på chassijorden på jordtaget: R_{chassi}

- 3 Anslut E och ES till M (MV chassijord) med två 40 m kablar**
 - Anslut S och H till N (LV neutral) med två 40 m kablar
 - Uppmätt $R_{chassi/nolla}$

- 4 Beräkna jordkopplingen:**

$$R_{koppling} = [R_{chassi} + R_{nolla} - R_{chassi/nolla}] / 2$$

- 5 Beräkna jordkopplingskoefficienten:**

$$k = R_{koppling} / R_{chassi}$$

OBS: glöm inte att återansluta A (jordklämman)

Jordtagsmätning på kraftledningar med parallell luftjord

Alla jordtagsmätningar beskrivna hittills i denna guide görs med en låg mätfrekvens. Det betyder att mätfrekvensen är nära nätets egenfrekvens så att mätningen görs vid så normala driftförhållanden som möjligt.

Dessutom är en jordtagsmätning i princip oberoende av frekvensen eftersom jordtaget normalt är resistivt.

Komplexa jordsystem med många parallella jordtag kan vara mycket induktiva, vilket beror på kablar som går till många olika jordtag.

Dessutom på äldre installationer, kan man anta att själva jordtaget är isolerat genom en öppen jordklämma. Men beroende på gömda och glömda anslutningar kan den ändå vara ansluten till andra jordtag.

Även om den induktiva delen på dessa jordtag är låg vid låga frekvenser, kan de bli mycket höga vid höga frekvenser (till exempel vid blixtnedslag).

Som ett resultat av detta, kan impedansen vid höga frekvenser hindra att felströmmar går rätt väg till jord i händelse av ett fel. Detta trots att jordsystemet är effektivt vid låga impedanser då det har en låg resistans.

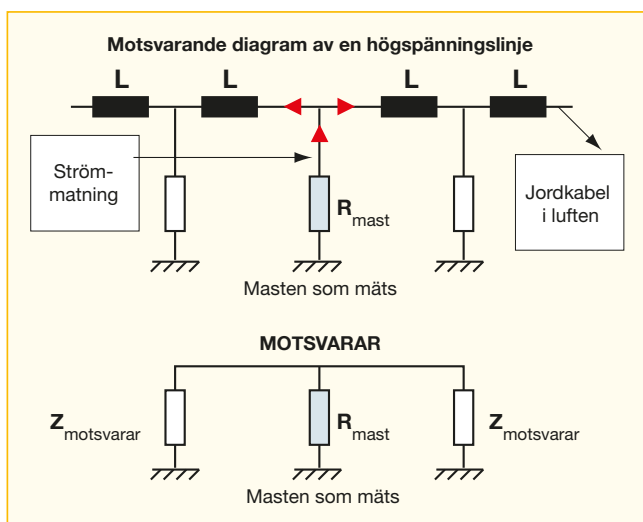
Jordtagsmätning tillsammans med frekvensanalys kan därmed användas för att se hur jordtagssystemet uppför sig i händelse av blixtnedslag.

I Sverige finns högfrekvensmetoden beskriven i EBR.

Jordtagsmätning på kraftledningar med parallell luftjord

Högspänningsledningar har vanligtvis en jordkabel i luften för att dra ström från blixtnedslag via masten.

Eftersom alla master är ihoplänkade med denna jordledare, har alla master många parallella jordtagsresistanser, vilket innebär att de har flera parallella jordtag.

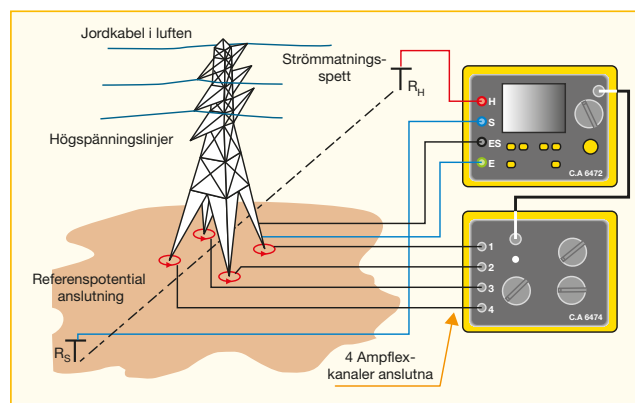


Vid användning av en konventionell mätmetod, kan mätning endast göras på den totala jorden på hela kraftledningen. Mätningen görs på alla ingående jordtag parallellt.

Eftersom det finns ett stort antal master, kommer denna mätning att visa ett för lågt mätvärde, även om den enskilda masten har ett högre mätvärde.

Det innebär att det är omöjligt att mäta jordtagsresistans på kraftledningsmaster med en konventionell metod, om inte varje jord isoleras, vilket görs genom att koppla ifrån luftjorden.

Det är dyrt och farligt, samt måste göras i spänningslöst tillstånd.



Mätprincip

När jordbryggan CA6472 ansluts till en CA6474 vektorialenhet, kan de användas för att mäta masters jordtag med en selektiv mätmetod, även då masten är en del av ett parallellt jordtagssystem.

Denna metod utförs med CA6472 och CA6474 som kombinerar två mätprinciper:

1. Användandet av 4 flexibla strömspolar (AmpFLEX™) placerade runt mastens ben för mätning av den ström som flyter till mastens jord.

Denna selektiva mätning baseras på samma princip som en selektivmätning med en vanlig strömtång.

2. Med en hög mätfrekvens upp till 5 kHz, fås:

- ett stabilt Z värde (se diagram) som är mycket högre än jordtagsresistansen som mäts. Som ett resultat av detta, är strömmen som flyter till den andra masten genom luftjorden försumbar och värdet på strömmen som flyter via jord ökar. Detta gör att mätnoggrannheten ökas på mätningen.
- genom att det går att scanna frekvensen mellan 41 Hz till 5 kHz kan studier utföras på hur jordsystemet uppför sig i händelse av ett blixtnedslag.

Mätmetoder

Jordbryggan CA6472 används för mätning på kraftledningsmaster med två metoder:

1. **Med aktiv mätning** genom att mata en mätström från CA6472 (som en traditionell 3- eller 4-tråds jordtagsbrygga).
2. **Med passiv mätning** som använder störströmmar i högspänningslinjen. Den passiva metoden är användbar för att kontrollera att mätningen är konsekvent med den aktiva mätningen. Dessutom kan mätresultaten garanteras oberoende av kondition, eftersom en hög markresistivitet kan hindra att en tillräcklig mätström går vidare till nästa mast, vilket gör det omöjligt att mäta med den aktiva metoden.

Andra mätningar

När CA6472 är ihopkopplad med CA6474 blir det ett genuint diagnosverktyg för högspänningslinjer. Dessutom kan det även användas för att mäta en masts impedans. Detta kan användas för:

- **Mätning av den totala linjeimpedansen** vid olika mätfrekvenser så att man kan se hur linjen uppför sig om det blir ett fel. Om det blir ett blixtnedslag, måste impedansen på linjen vara tillräckligt låg för att felströmmen ska gå via luftjorden och driva den till jord via masterna.
- **Uppskatta kvalitén på lufkabelns förbindelser**
Förbindelserna bör vara av god kvalitet, då strömmen går via masten från jordkabeln till jord. Genom att mäta strömmen i toppen av masten samt förbindelseresistansen mellan jordkabeln i luften och mastkabeln, kan man få reda på förbindelsens kvalitet.
- **Mäta jordtagen på mastens alla ben**
Med hjälp av denna mätning kan man kontrollera jordtagsförbindelsen på mastens alla ben.

Faktorer som påverkar jordtagsmätningen

Det finns två faktorer som påverkar mätresultaten:

- **Hjälpspettens (H och S) resistans**
- **Störningsspänningar**

Resistansen på hjälpspetten H och S

Om hjälpspettens (H och S) resistans är hög p.g.a markresistiviteten (t.ex stenig jord), påverkar detta mätnoggrannheten; mätströmmen blir mycket svag och räcker inte till för att mäta jordtaget.

Chauvin Arnoux CA647X-seriens jordbryggor kan användas till att mäta resistansen på hjälpspetten och därmed kan man avgöra om dess resistansvärde är för högt. Man kan på detta sätt spara tid, eftersom ett felaktigt jordspett kan upptäckas genast. Problemet med ett

spett med för högt resistansvärde kan lösas genom att de parallellt placerade spetten sätts djupare ner i marken och/eller marken runt spetten väts ner, eller fler parallella hjälpspett används. Alla jordbryggsmodeller tillåter inte lika stort maximivärde åt hjälpspetten.

Störningsspänningar på testobjektet

Närvaron av störningsspänningar kan påverka resistansmätningens värden. P.g.a detta bör man använda en jordbrygga som är immun mot störningsspänningar vid mätning på jordtag. I vissa fall tillåter inte den allmänt använda frekvensen 128 Hz tillsammans med störningsspänningarna att utföra mätningar. Om störningarna går att upptäcka och mäta, så går det att uppskatta dess påverkan på mätningarna och därmed förstå problemet då mätningen inte går att utföra. Vissa instrument har en blinkande lampa som varnar användaren för väsentliga störningsspänningar på samma gång som den väljer en mätfrekvens med den lägsta brusnivån. På detta sätt förbättrar funktionerna för mätning av hjälpspettens resistans samt störningsspänningar tolkningen av mätvärden och sparar därmed tid ute på fältet. Om det uppmätta värdet är betydligt högre än det förväntade värdet, kan det innebära att jordtaget är felaktigt eller att de yttre parametrarna har orsakat ett mätfel. Därför är det viktigt att skaffa en jordbrygga som tillämpar sig för de omständigheter där man förväntar sig att mätningarna kommer att utföras:

- **i närvaro av eller utan störningsspänningar**
- **hög markresistivitet**

Att tänka på då man utför mätningar på jordtag

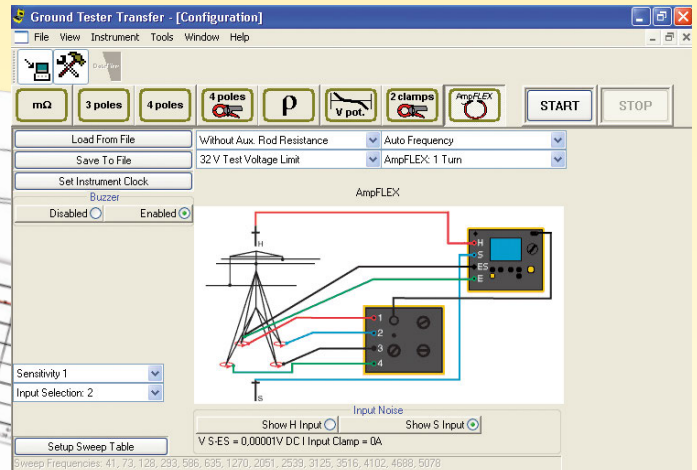
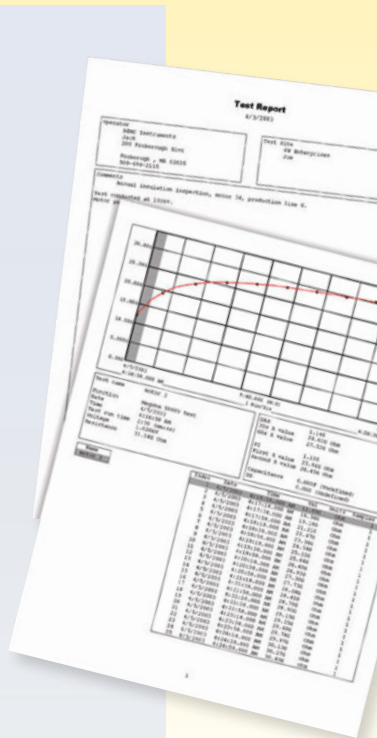
1. För att undvika influenszoner, rekommenderas det att man väljer så långt avstånd som möjligt mellan spetten H och S samt jordtaget E som mätningen utförs på.
2. För att undvika elektromagnetiska störningar, rekommenderas det att mätkabelrullarna rullas ut helt och hållet. Man bör även se till att kablarna inte bildar några öglor på marken samt att kablarna placeras på så långt avstånd som möjligt från varandra utan att de berör några metallytor, andra kablar, räls etc.
3. För att man ska uppnå en godkänd mätnoggrannhet, så bör man använda sig av hjälpspett med låg resistans och placera dem djupt ner i marken och/eller väta ner marken runt spetten, eller använda flera parallella hjälpspett.
4. För att säkerställa mätvärden, rekommenderas det att man utför en ny mätning efter att man har flyttat på referensspettet 0 V.

DataView[®]

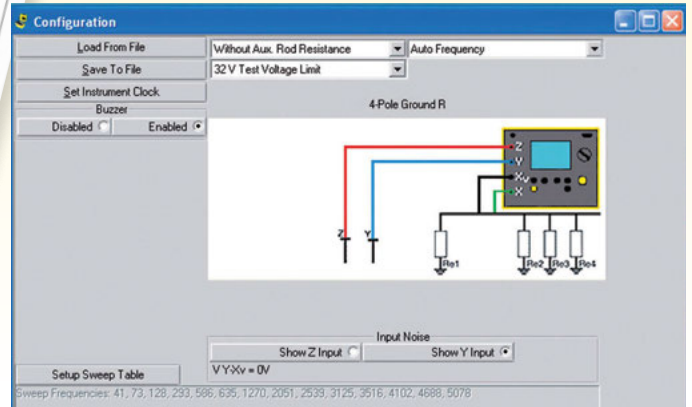
(för CA6470N/CA6471 /CA6472 + CA6474)

Licensfri mjukvara för konfigurering och fjärrstyrning av instrumenten samt realtidsvisning. Skapa rapporter på svenska av lagrade mätningar

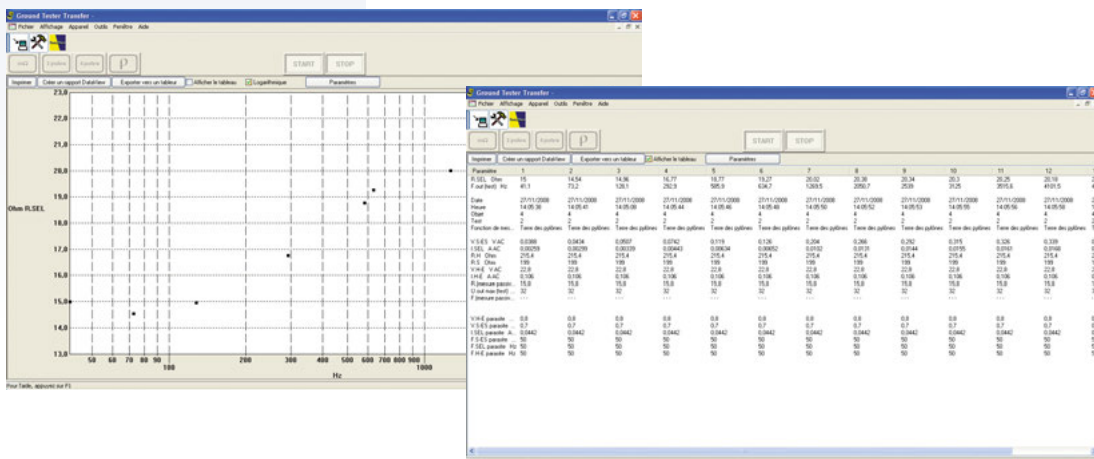
- Konfigurering av alla inställningar för samtliga funktioner
- Fjärrstyrning av mätning
- Lagrade mätvärden från instrumentet hämtas med mjukvaran
- Möjligt att lägga till kommentarer direkt i rapporten
- Skapa rapporter på svenska av lagrade mätningar
- Visning i kurvform: impedans mätning som funktion av frekvensen, visning av teoretisk stegspänning som funktion av distansen o.s.v.



Mätinställningar för vald mätmetod samt inkopplingsbild i skärmen.



Mätinställningar för vald mätmetod samt inkopplingsbild i skärmen.



Visning av inspelade mätsresultat både i grafisk och i numerisk utskrift.

Att välja rätt jordtagningsinstrument



	CA6421	CA6423	CA6460	CA6462	CA6470N TERCA 3	CA6471	CA6472	CA6416	CA6417
Jordtagsmätning									
3-trådsmetoden (62%-metoden)	●	●	●	●	●	●	●		
4-trådsmetoden			●	●	●	●	●		
Jordkopplingskontroll					●	●	●		
Slingresistansmetoden								●	●
Selektiv jordtagsmätning									
4-tråds + slingresistansmetod						●	●		
2-tångs slingresistansmetod						●	●		
Slingresistansmetoden								●	●
Kraftledning med luftjord									
med CA6474							●		
Markresistivitet									
Manuell			●	●					
Automatisk					●	●	●		
Potentialmätning									
							●		
Kontinuitet									
					●	●	●		
Mätfrekvens									
128 Hz	●	●	●	●					
50, 60, 128 samt 2 083 Hz								●	●
Automatiskt 41 till 512 Hz					●	●			
Automatiskt 41 till 5 078 Hz							●		
Rs, Rh mätning och visning									
					●	●	●		
U störningsindikering och visning									
								●	●
Visning av mätresultat									
Analog display	●								
LCD-display		●	●	●					
OLED-display								●	●
Tredelad LCD-display					●	●	●		
Drivspänning									
Batterier	●	●	●					●	●
Uppladdningsbara batterier				●	●	●	●		
Mer information på sidan	18	18	20	20	22	24	26	32	32

3-tråds jordbryggor

CA6421 & CA6423

Vattentäta CA6421 och CA6423 jordbryggor är mycket lätta att använda samt har låg vikt.

De ger en snabb och noggrann jordtagsmätning med den traditionella 3-trådsmetoden.

Används företrädesvis vid underhållsbesiktning.

Ergonomi

- Enkelt instrument för fältbruk
- Lättavsläst analog eller digital display
- Mycket enkel att använda
- Enkel anslutning med färgkodade ingångar och kablar



CA 6421

Mätning

- Resistanmätning med 2- eller 3-trådsmetoden
- Med automatisk indikering av för höga brus eller störningsnivåer
- Direktavläsning av mätresultat mellan 0,5 och 2000 Ohm (1 000 Ω på CA6421)
- Automatiskt mätområde (för CA6423)
- Mätfel samt störningar indikeras med LED

Drivspänning

- Batteridrivna
- Batteriet klarar 1 800 mätningar om 15 s



CA 6423

	CA6421	CA6423
Specifikationer		
Mätningar	Jordtagsresistans	Jordtagsresistans
Typ	2 & 3-tråds	2 & 3-tråds
Markresistivitet	Nej	Nej
Mätområde	0,5 Ω...1 000 Ω	0,01 Ω...2 000 Ω (3 automatiska områden)
Upplösning	-	10 mΩ / 100 mΩ / 1 Ω (beroende på mätområde)
Noggrannhet	± (5 % + 0,1 % vid full skala)	± (2 % + 1 siffror)
Spänning	≤ 24 V	≤ 48 V
Frekvens	128 Hz	128 Hz
Alarm	3 stegs-indikator med LED för validering	3 stegs-indikator med LED för validering
Andra funktioner		
Drivspänning	8 x 1,5 V batterier	8 x 1,5 V batterier
Display	Analog	2000-siffrors digital LCD skärm
Elektrisk säkerhet	IEC 61010 & IEC 61557	IEC 61010 & IEC 61557
Storlek	238 x 136 x 150 mm	238 x 136 x 150 mm
Vikt	1,3 kg	1,3 kg

Beställningsinformation

> **CA6421** **P01123011**
Levereras med 1 bärrem, 8 x AA 1,5 V -batterier samt manual.

> **CA6423** **P01127013**
Levereras med 1 bärrem, 8 x AA 1,5 V -batterier samt manual.

Tillbehör och reservdelar

Anslutningssats (4 x 1 m).....P01295092
AxelväskaP01298061A
0,1 – 250 V HRC säkringar (10-pack)P01297012

Se sid 30 för kompletta jordtagssatser



3- och 4-tråds jordtags- och markresistiviteitsbryggor

CA6460 & CA6462

En riktig jordtagsbrygga med tre funktioner i ett instrument. CA6462 är speciellt utvecklad för fältbruk med enkelt handhavande vare sig du ska anlägga ett nytt jordtag eller göra en kontroll på ett befintligt.

För underhållskontroll samt nysättning av jordtag.

Ergonomi

- IP67-kapsling för fältbruk
- Stor 2000-siffrors bakgrundsbelyst LCD-skärm för tydlig avläsning
- Digital display på uppmätta värden med storhet
- Mycket enkel att använda
- Enkel anslutning med färgkodade ingångar och kablar

Mätningar

- Jordtagsresistans med 3- eller 4-trådsmetoden samt markresistiviteitsmätning
- Klarar höga stör- och brusnivåer på jordtaget
- Automatiskt mätområde
- 3 varningar med LED:
 - hög brusnivå,
 - för hög resistans på hjälpspetten
 - felindikering vid felanslutning

Drivspänning

- Batteridriven (CA6460) eller med uppladdningsbara batterier (CA6462)



CA 6460



CA 6462

	CA6460	CA6462
Specifikationer		
Mätningar	Jordtag/Markresistivitet/Jordkoppling	Jordtag/Markresistivitet/Jordkoppling
Typ	3-tråds & 4-tråds	3-tråds & 4-tråds
Mätområde	0,01 Ω...2 000 Ω (3 automatiska mätområden)	0,01 Ω...2 000 Ω (3 automatiska mätområden)
Upplösning	10 mΩ / 100 mΩ / 1 Ω (beroende på mätområde)	10 mΩ / 100 mΩ / 1 Ω (beroende på mätområde)
Noggrannhet	± (2 % + 1 siffror)	± (2 % + 1 siffror)
Spänning	≤ 24 V	≤ 48 V
Frekvens	128 Hz	128 Hz
Varningar	3 fels-indikering med LED för validering	3 fels-indikering med LED för validering
Andra funktioner		
Drivspänning	8 x 1.5 V batterier	Uppladdningsbart NiMH batteri
Display	2000-siffrors digital LCD	2000-siffrors digital LCD
Elektrisk säkerhet	IEC 61010 & IEC 61557	IEC 61010 & IEC 61557
Storlek	270 x 250 x 110 mm	270 x 250 x 110 mm
Vikt	2,8 kg	3,3 kg

Beställningsinformation

> **CA6460** **P01126501**
Levereras med 8 x AA 1,5 V -batterier samt manual

> **CA6462** **P01126502**
Levereras med laddkabel 230V samt manual

Tillbehör och reservdelar

Sats med bananingångar (5 st) P01102028
Mjuk väska P01298066
Väska P01298067
0,1 A - 250 V HRC säkringar (10-pack) P01297012
Batteripack för CA 6462 P01296021

Se sid 30 för kompletta jordtagssatser



3- och 4-tråds jordtags- och markresistiviteitsbryggor

CA6470N TERCA 3

Denna jordtags- och markresistiviteitsbrygga är även ett diagnosverktyg för jordtag. Den ger mer information vid mätningen men är ändå enkel att använda.

Med automatiskt igenkänning av anslutning samt färgkodade ingångar.

Dessutom har vridomkopplaren direktfunktioner för alla mätningar.

För nysättning samt underhållsbesiktning.

Ergonomi

- IP67-kapsling för fältbruk
- Stor 2000-siffrors bakgrundsbelyst LCD-skärm för tydlig avläsning
- Digital display på uppmätta värden med storhet
- Mycket enkel att använda
- Enkel anslutning med färgkodade ingångar och kablar
- Ökad säkerhet med indikering av anslutning direkt i displayen
- USB kommunikationsinterface
- Kompatibel med DataView® mjukvara



CA 6470N TERCA 3

Mätningar

- Jordtagsresistans med 3- eller 4-trådsmetoden samt markresistiviteitsmätning
- Utvecklad för att klara höga stör- och brusnivåer på jordtaget upp till 60 V toppvärde
- Markresistivitet: automatisk beräkning både med Wenner- och Schlumbergermetoder
- 200 mA förbindelsetest/resistansmätning med (2- eller 4-tråds koppling)
- Mätfrekvens: 41 till 512 Hz valbar eller automatisk
- Mätning och visning av hjälpspettens resistanser
- Upp till 100 kΩ egenresistans på hjälpspetten
- Minneslagring för rapportgenerering samt lagring av mätvärden

Drivspänning

- Drivs av uppladdningsbara batterier



DataView®



Jordtags- och markresistiviteitsbryggor

CA6470N Terca 3

Specifikationer		
Jordtagsmätning 3-trådsmetoden	Område	0,01 Ω ...99,99 k Ω
	Upplösning	0,01 Ω ...100 Ω
	Testspänning	16 V eller 32 V, valbart
	Mätfrekvens	40 Hz...512 Hz automatiskt eller manuellt
	Testström	Upp till 250 mA
	Noggrannhet	± 2 % avläst värde ± 1 siffra
Jordtagsmätning 4-trådsmetoden	Område	0,001 Ω ...99,99 k Ω
	Upplösning	0,001 Ω ...100 Ω
	Testspänning	16 V eller 32 V
	Mätfrekvens	40 Hz...512 Hz automatiskt eller manuellt
	Testström	Upp till 250 mA
	Noggrannhet	± 2 % avläst värde ± 1 siffra
Markresistiviteitsmätning med 4 hjälpspett	Mätmetod	Wenner- eller Schlumbergermetoden med automatisk beräkning av resultaten samt visning i Ω -meter eller Ω -fot
	Automatiskt mätområde	0,01 Ω ...99,99 k Ω
	Upplösning	0,01 Ω ...100 Ω
	Testspänning	16 eller 32 V, valbart
	Mätfrekvens	73 – 91.5 – 101 – 128 Hz valbart
Extern spänningsmätning	Automatiskt mätområde	0,1...65,0 VAC/DC – DC till 450 kHz
	Noggrannhet	± 2 % avläst värde + 2 siffror
Resistans mätning/ förbindelsekontroll	Typ av mätning	2- eller 4-tråds, valbart
	Automatiskt mätområde	2-tråds: 0,01 Ω ...99,9 k Ω – 4-tråds: 0,001 Ω ...99,99 k Ω
	Noggrannhet	± 2 % avläst värde + 2 siffror
	Testspänning	16 VDC (polaritet +, - eller automatiskt)
	Testström	> 200 mA max. för R < 20 Ω
Minne	Storlek	512 mätvärden
	Kommunikation	Optiskt-isolerat USB
Andra funktioner		
Drivspänning	Uppladdningsbart batteri NiMH	
Batteriladdare	Extern drivspänning 18 Vdc / 1.9 A eller 12 Vdc	
Elektrisk säkerhet	50 V CAT IV	
Storlek / Vikt	272 x 250 x 128 mm / 3 kg	

Beställningsinformation

> **CA6470N Terca 3** **P01126506**
Levereras med 1 laddare 230 V mjukvara + 1 optisk/USB kabel
samt manual



Tillbehör och reservdelar

12 Vdc adapter för bil	P01102036
Optisk/RS232 kommunikationskabel	P01295252
Adapter för 230V batteriladdning	P01102035
Mjuk väska.....	P01298066
Väska	P01298067
Batteripack	P01296021
Optisk/USB kommunikationskabel.....	HX0056-Z

Se sid 30 för kompletta jordtagssatser

3- och 4-tråds jordtags- och markresistiviteitsbryggor

CA6471

För mätning av jordtag, selektiv mätning av jordtag, markresistivitet samt jordkoppling och förbindelsekontroll.

Instrumentet ger mer information vid mätningen men är ändå enkel att använda. Med stor bakgrundsbelyst display, automatisk igenkänning av anslutning samt färgkodade ingångar.

Dessutom har vridomkopplaren direktfunktioner för mätningar, allt för att ge användaren största möjliga säkerhet.

Ergonomi

- IP67-kapsling för fältbruk
- Stor 2000-siffrors bakgrundsbelyst LCD-skärm för tydlig avläsning
- Digital display på uppmätta värden med storhet
- Mycket enkel att använda
- Enkel anslutning med färgkodade ingångar och kablar
- Ökad säkerhet med indikering av anslutning direkt i displayen
- USB kommunikationsinterface
- Levereras med DataView® mjukvara



CA 6471



DataView®

Mätningar

- Jordtagsmätning med 3- eller 4-trådsmetoden
- Selektiv jordtagsmätning (4-trådsmetoden, med tång eller slingresistansmätning med två tänger)
- Markresistivitet: automatisk beräkning både med Wenner- och Schlumbergermetoder
- Jordkopplingsmätning
- 200 mA förbindelsetest/resistansmätning med (2- eller 4-tråds koppling)
- Mätfrekvens: 41 till 512 Hz (med hjälpspett) samt 128 Hz till 1758 Hz (selektiv mätning med tänger)
- Upp till 100 k Ω egenresistans på hjälpspetten
- Minneslagring för rapportgenerering samt lagring av mätvärden



Drivspänning

- Drivs av uppladdningsbara batterier
- Adapter för laddning med 12 V för bilar

Jordtags- och markresistivitetsbryggor

		CA6471
Specifikationer		
Jordtagsmätning <i>Mätning med 2 tänger</i>	Mätområde	0,01 Ω ...500 Ω
	Upplösning	0,01 Ω ...1 Ω
	Mätfrekvens	Auto: 1367 Hz ; Manuell: 128 Hz - 1367 Hz - 1611 Hz - 1758 Hz
Jordtagsmätning <i>3-trådsmetoden</i>	Mätområde	0,01 Ω ...99,99 k Ω
	Upplösning	0,01 Ω ...100 Ω
	Testspänning	16 V eller 32 Vrms spänning, valbar
	Mätfrekvens	41 Hz...512 Hz, automatiskt eller manuellt
	Testström	Upp till 250 mA
	Noggrannhet	± 2 % avläst värde + 1 siffror till 128 Hz
Jordtagsmätning <i>4-trådsmetoden / 4-tråds + mätning med tänger</i>	Mätområde	0,001 Ω ...99,99 k Ω
	Upplösning	0,001 Ω ...100 Ω
	Testspänning	16 V eller 32 V valbart
	Mätfrekvens	41 Hz...512 Hz automatiskt eller manuellt
	Testström	Upp till 250 mA
	Noggrannhet	± 2 % avläst värde ± 1 siffror
Markresistivitet	Mätmetod	Wenner- eller Schlumbergermetoden med automatisk beräkning av mätvärdet samt visning i displayen med Ω -meter eller Ω -fot
	Avtomatiskt mätområde	0,01 Ω ...99,99 k Ω ; P max. 999 k Ω m
	Upplösning	0,01 Ω ...100 Ω
	Testspänning	16 V eller 32 V, valbart
	Mätfrekvens	41 Hz...512 Hz valbart
Extern spänningsmätning	Automatiskt mätområde	0,1...65,0 VAC/DC – DC till 450 kHz
	Noggrannhet	± 2 % avläst värde + 1 siffror
Resistansmätning/förbindelsekontroll	Typ av mätning	2-tråds eller 4-trådsmetoden, valbar
	Automatiskt mätområde	2- tråds: 0,01 Ω ...99,9 k Ω – 4-tråds: 0,001 Ω ...99,99 k Ω
	Noggrannhet	± 2 % avläst värde + 2 siffror
	Testspänning	16 VDC (polaritet +, - eller automatiskt)
	Testström	> 200 mA max. för R < 20 Ω
Minne	Storlek	512 mätvärden
	Kommunikation	Optiskt isolerad USB
Andra funktioner		
Drivspänning	Uppladdningsbart batteri NiMH	
Batteriladdare	Extern drivspänning med 18 V DC/1,9 A eller 12 V DC	
Elektrisk säkerhet	50 V CAT IV	
Storlek / Vikt	272 x 250 x 128 mm / 3 kg	

Beställningsinformation

> **CA6471** **P01126505**
Levereras med laddare 230 Vac, Dataview mjukvara + optisk/USB kommunikationskabel samt 2 x C182 slingresistanstänger med kablar, manual samt mjuk väska.



Tillbehör och reservdelar

12 Vdc adapter för bil	P01102036
Optisk/RS232 kommunikationskabel	P01295252
Mjuk väska.....	P01298066
Väska	P01298067
Batteriladdare 230Vac	P01102035
Batteripack	P01296021
Optisk/USB kommunikationskabel	HX0056-Z
MN62 slingtång (Ø. 20 mm)	
(med 2 m kabel för ES ingång)	P01120452
C182 slingtång (Ø 20 mm)	
(med 2 m kabel för ES ingång)	P01120333

Se sid 30 för kompletta jordtagssatser

Jordbrygga för mätning enligt högfrekvensmetoden

CA6472

CA6472 jordbrygga för mätning enligt högfrekvensmetoden. Denna jordbrygga är det fulländade diagnosverktyget för alla typer av jordtag.

Med samma enkla handhavande som våra andra jordbryggor. Till CA6472 kan CA6474 kraftledningsadapter anslutas för att mäta enskilda jordtag på en kraftledning med parallellt ansluten jordförbindelse.

Ergonomi

- IP67-kapsling för fältbruk
- Stor 2000-siffrors bakgrundsbelyst LCD-skärm för tydlig avläsning
- Digital display på uppmätta värden med storhet
- Mycket enkel att använda
- Enkel anslutning med färgkodade ingångar och kablar
- Ökad säkerhet med indikering av anslutning direkt i displayen
- USB kommunikationsinterface
- Med DataView® mjukvara



CA 6472

Mätningar

- Jordtagsmätning med 3- eller 4-trådsmetoden
- Selektiv jordtagsmätning (4-trådsmetoden, med tång eller slingresistansmätning med två tänger)
- Markresistivitet: automatisk beräkning både med Wenner- och Schlumbergermetoder
- Jordkopplingsmätning
- 200 mA förbindelsetest/resistansmätning med (2- eller 4-tråds koppling)
- Mätning på jordtag med parallelljord (med CA6474)
- Mätfrekvens från 41 till 5 078 Hz (automatisk för bästa mätfrekvens, samt även manuellt och svepfunktion)
- Upp till 100 k Ω egenresistans på hjälpspetten
- Minneslagring för rapportgenerering samt lagring av mätvärden
- Utvecklad för att klara höga stör- och brusnivåer på jordtaget upp till 60 V toppvärde



DataView®



Drivspänning

- Drivs av uppladdningsbara batterier
- Adapter för laddning för 12 V i bilar

Jordtags- och markresistivitetsbryggor

		CA6472
Specifikationer		
Jordtagsmätning <i>Mätning med 2 tänger</i>	Mätområde	0,01 Ω ...500 Ω
	Upplösning	0,01 Ω ...1 Ω
	Mätfrekvens	Automatiskt: 1 367 Hz ; Manuellt: 128 Hz - 1 367 Hz - 1 611 Hz - 1 758 Hz
Jordtagsmätning <i>3-trådsmetoden</i>	Automatiskt mätområde	0,01 Ω ...99,99 k Ω
	Upplösning	0,01 Ω ...100 Ω
	Testspänning	16 V eller 32 Vrms, valbart
	Mätfrekvens	41 Hz...5078 Hz automatiskt eller manuellt
	Testström	Upp till 250 mA
	Noggrannhet	± 2 % avläst värde + 1 siffra vid 128 Hz
Jordtagsmätning <i>4-trådsmetoden / 4-tråds + mätning med tänger</i>	Mätområde	0,001 Ω ...99,99 k Ω
	Upplösning	0,001 Ω ...100 Ω
	Testspänning	16 V eller 32 V valbart
	Mätfrekvens	40 Hz...512 Hz automatiskt eller manuellt
	Testström	Upp till 250 mA
	Noggrannhet	± 2 % avläst värde ± 1 siffra
Markresistivitet	Mätmetod	Wenner- eller Schlumbergermetoden med automatisk beräkning av mätvärdet samt visning i displayen med Ω -meter
	Automatiskt mätområde	0,01 Ω ...99,99 k Ω ; P max. 999 k Ω m
	Upplösning	0,01 Ω ...100 Ω
	Testspänning	16 eller 32 V, valbart
	Mätfrekvens	41...512 Hz, valbart
Extern spänningsmätning	Automatiskt mätområde	0,1 till 65,0 VAC/DC – DC till 450 kHz
	Noggrannhet	± 2 % avläst värde + 1 siffra
Resistansmätning/ förbindelsekontroll	Typ av mätning	2-tråds eller 4-trådsmetod, valbart
	Automatiskt mätområde	2-tråds: 0,01 Ω ...99,9, k Ω – 4-tråds: 0,001 Ω ...99,99 k Ω
	Noggrannhet	± 2 % avläst värde + 2 siffror
	Testspänning	16 VDC (polaritet +, - eller automatiskt)
	Testström	> 200 mA för R < 20 Ω
Minne	Storlek	512 mätvärden
	Kommunikation	Optiskt isolerat USB
Andra funktioner		
Drivspänning	Uppladdningsbart batteri NiMH	
Batteriladdning	230 VAC adapter med 18 VDC / 1,9 A eller 12 VDC	
Elektrisk säkerhet	50 V CAT IV	
Storlek / Vikt	272 x 250 x 128 mm / 3,2 kg	

Beställningsinformation

> **CA6472** **P01126504**
Levereras med laddare 230Vac, mjukvara för export av mätvärden + optisk/USB kommunikationskabel, 2 st C182 tänger med kablar, manual samt mjuk väska.



Tillbehör och reservdelar

12 Vdc adapter för bil	P01102036
Optisk / RS232 kommunikationskabel	P01295252
Mjuk väska.....	P01298066
Väska	P01298067
Batteriladdare 230 Vac	P01102035
Batteripack	P01296021
Optisk/USB kommunikationskabel	HX0056-Z
MN62 slingtång (Ø. 20 mm) (med 2 m kabel för ES ingång)	P01120452
C182 slingtång (Ø 20 mm) (med 2 m kabel för ES ingång)	P01120333

Se sid 30 för kompletta jordtagssatser

Adapter för mätning på master

CA6474

Tillsammans med CA6472 jordbrygga ges en unik lösning för jordtagsmätning på kraftledningsmaster eller på vindkraftverk under drift.

Med selektiv jordtagsmätning kan mätning utföras på en kraftledningsmast utan att den enskilda masten behöver kopplas. Med AmpFLEX™ flexibla spolar, görs mätningar oberoende av hur masten ser ut.

Ergonomi

- IP67-kapsling för fältbruk
- Används med flexibla strömspoler typ Rogowski för att enkelt kunna komma runt mastfoten
- Fungerar med alla typer av master (1, 2, 3 eller 4 ben)
- Kompatibel med DataView® mjukvara

Mätningar

- Mastens jordtagsresistans: selektiv mätning för kontroll av mastens jordtagsresistans utan att bryta den från elnätet.
- Mätning kan göras med upp till 5 kHz i automatisk läge, som fasta frekvens steg eller med svep läge
- Mätning av mastens totala jordtagsresistans
- Mätning av varje mastfots jordtag
- Mätning av total linjeimpedans
- Mätning av luftjordens resistans utan att bryta den från elnätet

Drivspänning

- Drivs av CA6472



CA 6474



DataView®



Jordtagsmätning med parallell jordlina

CA6474	
Specifikationer	
Typ av mätning	Total jordresistans Jordtagsresistans på varje mastfot Total linjeimpedans Kvalitetskontroll på luftjords anslutning Aktiv mätning (med CA6472) Passiv mätning (med hjälp av störströmmar) Ampflex med: 1, 2, 3 eller 4 samtidiga mätningar Känslighet: x 10, x 1, x 0,1 Strömmätning: 0,1 mA...99,9 A
Mätområde	0,001 Ω till 99,99 k Ω
Noggrannhet	\pm (5 % + 1 siffra)
Frekvens	41...5,078 Hz
Frekvenssvav funktion	Ja
Andra funktioner	
Drivspänning / Lagring / Visning av mätvärden	Med CA 6472
Storlek / Vikt	260 x 240 x 120 mm / 2,3 kg

Beställningsinformation

> CA6474 P01126510

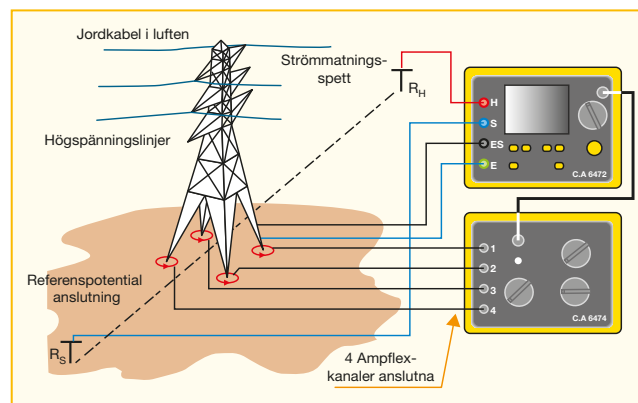
Levereras komplett med väska för tillbehör med: CA6472-CA6474 anslutningskabel, 6 BNC/BNC kablar 15 m långa, 4 AmpFLEX™ flexibla strömpolar 8 m långa, 1 paket med 12 AmpFLEX™ id-ringar, 2 kablar (5 m grön, 5 m svart) med 4 mm säkerhetsanslutningar på rulle, 5 anslutningar y/banan \varnothing 4 mm, 3 justerbara klämmor, 1 kalibrationsloop samt manual.

Tillbehör och reservdelar

CA6472 – CA6474 anslutningskabel	P01295271
15 m BNC/BNC kabel	P01295272
8 m AmpFLEX™ flexibla strömpolar	P01120551
Paket med 12 AmpFLEX™ id-märkningar	P01102045
5 m grön kabel (E ingång)	P01295291
5 m svart kabel (ES ingång)	P01295292
Kalibreringsloop.....	P01295294
AmpFLEX™ flexibla strömpolar: andra längder och utföranden finns, från 140 mm diameter	



Med AmpFLEX™ strömpolar kan mätningar på alla masttyper göras, även vindkraftverk.



Jordtagsmätning på kraftledningsmast med CA6472 och CA6474

Jordtagsresistans- och markresistivitetstillbehör

Chauvin Arnoux har högkvalitativa tillbehör för dina jordtags- eller markresistivetsmätningar. Med färgkodning på alla kablar och ingångar fås felfria anslutningar och säkra mätningar. Kabellängderna är speciellt utvalda för att passa din mätapplikation. Svenska tillbehörssatser är märkta med "S" (för information om längder på kablar se EBR). För enkelt handhavande har kabelrullarna ett löstagbart handtag vilket gör de enkla att rulla upp samt lägga i väskan.

Dessa tillbehörssatser passar alla olika jordtagsinstrument vare sig de är för jordtagsresistans eller markresistivetsmätningar.

Alla tillbehör som jordspett, kablar, rullar, krokodilklämmor mm. transporteras enkelt med den medföljande väskan.



Jordtagsats P01102021:
för mätning vid underhållsbesiktning med 3-tråds-
metoden



Jordtags- och markresistivitetssats P01102024:
jordtagsmätning 3- och 4-trådsmetoden samt
markresistivetskontroll vid nysättning av jordtag
(med väska)

Beställningsinformation

> 50 m jordtagssats, 3-trådsP01102021

Levereras med 2 st hjälpspett, 2 x 50 m kabelrullar (röd, blå), 1 x 10 m kabelvinda (grön), hammare, 5 x bananadapttrar (y / ø 4 mm) samt väska .

> 100 m jordtagssats "S", 3-tråds.....P01102022

Levereras med 2 st hjälpspett, 2 x 100 m kabelrullar (röd, blå), 1 x 10 m kabelvinda (grön), hammare, 5 x bananadapttrar (y / ø 4 mm) samt väska.

> 50 m jordtagssats, 4-trådsP01102040

Levereras med 4 st hjälpspett, 2 x 50 m kabelrullar (röd, blå), 2 x 30 m kabelrullar (svart, grön), hammare, 5 st bananadapttrar (y / 4 mm) samt väska.

> 100 m jordtagssats "S", 4-tråds.....P01102024

Levereras med 4 st hjälpspett, 3 x 100 m kabelrullar (röd, blå, grön), 1 x 30 m kabelrulle (svart), 1 x 10 m kabelvinda (grön), hammare, 5 x bananadapttrar (y / ø 4 mm) samt väska.

> 150 m jord- och markresistivitetssatsP01102025

Levereras med 4 st hjälpspett, 3 x 150 m kabelrullar (röd, blå, grön), 1 x 30 m kabelrulle (svart), 1 x 10 m kabelvinda (grön), hammare, 5 x bananadapttrar (y / ø 4 mm) samt väska.

> Jordtagsextrasats, 100 m.....P01102030

Levereras med 2 st hjälpspett, 1 x100 m kabelrulle samt 1 x 30 m kabelrulle.

> Markresistanssats (100 m)P01102030

Levereras med 2 st hjälpspett, 1 x 100 m kabelrulle (grön), 1 x 30 m kabelrulle (svart) samt väska.

> CA647X förbindelsesats.....P01102037

Levereras med 4 x 1,5 m kablar med ø 4 mm bananingångar, 4 st krokodilklämmor samt 2 st testprober.

Tillbehör och reservdelar

> För jord- och markresistivitetssatser:

Sats med bananingångar (5 st).....	P01102028
Sats med 4 vevar för upprullning.....	P01102029
1 hjälpspett.....	P01102031
Kabelrulle, 150 m (röd).....	P01295260
Kabelrulle, 100 m (röd).....	P01295261
Kabelrulle, 50 m (röd).....	P01295262
Kabelrulle, 150 m (blå).....	P01295263
Kabelrulle, 100 m (blå).....	P01295264
Kabelrulle, 50 m (blå).....	P01295265
Kabelrulle, 100 m (grön).....	P01295266
Kabelrulle, 30 m (svart).....	P01295267
Kabelrulle, 30 m (grön).....	P01295268
Kabelvinda, 10 m (grön).....	P01102026
Axelväska nro. 8 (CA6421-23).....	P01298061A
Väska för jordtagssats (CA6460-72).....	P01298066
Väska för jord- och markresistivitetssats.....	P01298067
Batteri (CA6462/70/71/72).....	P01296021
Säkringssats: HBC 0,1 A 6,35 x 31,5 mm (10 st).....	P01297012
Laddare 230 Vac (CA6470N/71/72).....	P01102035
Billaddare (CA6470-72).....	P01102036
MN82 -tång (CA6471/72).....	P01120452
C182 -tång (CA6471/72).....	P01120333
DataView -programvara.....	P01102095

Mätning av jordtag med tångmetoden

CA6416 & 6417

I tillägg till den traditionella jordtagskontrollen med jordbrygga, ger slingresistanstangmetoden en repeterbar och säker kontroll av jordtag. Dessutom behöver heller inga hjälpspett användas.

Slingresistanstangmetoden kan användas där man har minst två med varandra förbundna jordtag.

Dessa slingresistanstänger kan även mäta läckströmmen i jordlinan vilket ger ytterligare en kontroll på jordtagets kondition.

Rekommenderas vid underhållsbesiktning enligt EBR.

Ergonomi

- Automatisk Hold-funktion
- OLED-display för avläsning i solljus
- Automatisk kalibrering
- Programmerbara alarm
- Mjukvara DataView® för lagring av mätvärden
- Android applikation för lagring samt positionering av mätstället

Mätningar

- Slingresistansmätning 0,01...1500 Ω
- Jordinduktansmätning 10...500 μH
- Läckströmsmätning 0,2 mA...40 A
- Beräkning av impedanser vid olika frekvenser
- Lagring av 300 mätvärden (CA6416) samt 2000 mätvärden (CA6417) med Bluetooth
- Batterlivslängd cirka 1500 mätningar om 30 s

Tångkonstruktion:

Måthuvudet är nyckelkomponenten på en slingresistanstång, den garanterar produktens höga prestanda. Chauvin Arnoux® slingresistanstänger är uppbyggda med två oberoende, magnetiskt skärmade kretsar med utmärkt brusdämpning. Den mekaniska designen medger en stabil och repeterbar tång- öppning och -stängning, vilket ger en mycket hög noggrannhet. Ytan på kontaktytorna är utvecklad för att förhindra att partiklar fastnar och ger felaktiga mätvärden.



CA 6417



CA6416 & CA6417	
Slingresistansmätning 1 500 - siffrors display	Mätområden (Ω) / Upplösning (Ω) / Onoggrannhet 0,010...0,099 / 0,001 / $\pm 1,5\% \pm 0,01$ avläst värde 0,10...0,99 / 0,01 / $\pm 1,5\% \pm 2$ avläst värde 1,0...49,9 / 0,1 / $\pm 1,5\% \pm$ avläst värde 50,0...99,5 / 0,5 / $\pm 2\% \pm$ avläst värde 100...199 / 1 / $\pm 3\% \pm$ avläst värde 200...395 / 5 / $\pm 5\% \pm$ avläst värde 400...590 / 10 / $\pm 10\% \pm$ avläst värde 600...1150 / 50 / ca: 20 % 1200...1500 / 50 / ca: 25 %
Mätfrekvenser	Mätfrekvens 2,083 Hz / Beräkningsfrekvenser 50, 60,128 samt 2 083 Hz
Loopinduktansmätning	Mätområden (μH) / Upplösning (μH) / Onoggrannhet 10...100 / 1 / $\pm 5\% \pm$ avläst värde 100...500 / 1 / $\pm 3\% \pm$ avläst värde
Beröringsspänning	Mätområde (V) / Onoggrannhet (V) 0,1...4,9 / 0,1 5,0...49,5 / 0,5 50,0...75,0 / 1
Strömmätning 4 000 - siffrors display	Mätområden (A) / Upplösning (A) / Onoggrannhet 0,200...0,999 mA / 1 μA / $\pm 2\% \pm 50$ μA 1,000...2,990 mA - 3,00...9,99 mA / 10 μA / $\pm 2\% \pm 50$ μA 10,00...29,90 mA - 30,00...99,9 mA / 100 μA / $\pm 2\% \pm$ avläst värde 100,0...299,0 mA - 0,300...0,990 mA / 1 mA / $\pm 2\% \pm$ avläst värde 1,000...2,990 A - 3,00...39,99 A / 10 mA / $\pm 2\% \pm$ avläst värde
Inställningar	
Användningslägen	Standard eller avancerat användarläge
Alarm	Konfigurerbart på Z, V och A
Summerfunktion	Aktivering
HOLD	Manuell eller automatisk PRE-HOLD
Automatisk avstängning	Aktiv / Inaktiv
Generella specifikationer	
Display	152 -segments OLED-display, storlek 48 x 39 mm
Maximal kabelarea	35 mm
Lagring	300 (CA6416) samt 2000 (CA6417) tids- och datumstämplade mätvärden
Kommunikation	Bluetooth, klass 2 (CA6417)
Drivspänning	4 x 1,5 V AA -batterier eller 4 x NiMH -batterier
Batteritid	1440 mätningar x 30 s
Kalibrering	Automatisk vid uppstart
Säkerhetsklassning	IEC 61010 600 V CAT IV
Kapslingsklass	IP40
Storlek	55 x 95 x 262 mm
Vikt	ca. 935 g med batterier

Beställningsinformation

> **CA6416**.....P01122015-L

Levereras med väska, batterier, kalibreringsloop samt manual.

> **CA6417**.....P01122016-L

Levereras med väska, batterier, kalibreringsloop, GTC-mjukvara samt manual.

Tillbehör och reservdelar

CL1 kalibreringsloopP01122301

DataView® -mjukvara.....P01102095

Bluetooth modem USB för PCP01102112

VäskaP01298080

En europeisk instrumenttillverkare

Vi finns över hela världen!

Chauvin Arnoux är Frankrikes ledande instrumenttillverkare. Vi tillverkar instrument för el- och energiovervakning samt elektriska test- och mätinstrument för underhållsbruk av elinstallationer. Dessutom tillverkar vi temperaturgivare till kunder med mycket höga krav på kapsling, som till exempel kärnkraftverk.

Utvecklar nya och bättre sätt att mäta framtiden varje dag!

Från att råmaterialet kommer in till våra fabriker, till varje enskilt supportärende, är vårt team av medarbetare vår finaste resurs. Varje dag finner vi nya lösningar på mätproblem för professionella användare. Våra teknikintensiva proffskunder är industriföretag, nätbolag samt underhållspersonal och elektriker.

► **Läs mer och beställ:**

www.chauvin-arnoux.se

