
1 OMFANG.....	2
2 PROSEDYRE FOR MÅLING AV OVERGANGSMOTSTAND MOT JORD FOR ENKELTELEKTRODER ELLER SAMLING AV ELEKTRODER.....	3
2.1 Bruksområde.....	3
2.2 Beskrivelse av metoden	3
2.3 Sikkerhetstiltak	5
2.4 Prosedyre	6
3 PROSEDYRE FOR MÅLING AV OVERGANGSMOTSTAND FOR ANLEGG MED GJENNOMGÅENDE JORDLINE MED JORDSYSTEMMÅLER	9
3.1 Bruksområde.....	9
3.2 Beskrivelse av metoden	9
3.3 Prosedyre	10
4 RAPPORTSKJEMA FOR DOKUMENTASJON AV MÅLING AV JORDOVERGANGSMOTSTAND	12
5 REFERANSEDOKUMENTER	13

1 OMFANG

Dette vedlegget inneholder prosedyrer for måling av jordelektrodens overgangsmotstand mot jord. Det er ulike prosedyrer for om en skal måle jordovergangsmotstand for enkeltelektroder, samling av elektroder eller større jordingssystem.

Det finnes et eget vedlegg med forslag til rapportskjema for dokumentasjon av måling av jordovergangsmotstand.

Prosedylene som beskrives her kan brukes innen alle elektrofagene.

I områder med mye jernbanespor slik at det ikke er plass til måleoppsettet kan det være nødvendig å benytte andre metoder som ikke er beskrevet her, men som kan inkluderes senere ved behov.

2 PROSEDYRE FOR MÅLING AV OVERGANGSMOTSTAND MOT JORD FOR ENKELTELEKTRODER ELLER SAMLING AV ELEKTRODER

2.1 Bruksområde

Den følgende prosedyren bør benyttes for måling av overgangsmotstand mot jord for enkeltelektroder eller samling av elektroder. Med samling av elektroder menes flere jordelektroder (for eksempel jordspyd) som er satt sammen til kråkefot, kvadratkonfigurasjon eller lignende innenfor et mindre område. Eksempler på anlegg med enkeltelektroder eller samling av elektroder kan være:

- Jordelektrode for direkte punktjording av objekter langs sporet
- Jordelektrode/jordelektroder for jording av elektriske anlegg som elteknisk hus, radiomast, sugetransformator og lignende
- Jordelektrode for seksjonert langsgående jordleder
- Impulselektrode (kråkefot) i forbindelse med overspenningsvern

Felles for alle jordelektrodene er at de er frakoplet resten av det elektriske anlegget under målingen.

Metoden skal brukes ved kontroll av overgangsmotstand mot jord ved idriftsettelse av nyanlegg og ved førstegangsmåling av et anlegg, samt ved behov i forbindelse med vedlikehold.

2.2 Beskrivelse av metoden

For måling av overgangsmotstand mot jord bør det benyttes en målemetode som kalles kurvemetoden som baserer seg på måling av potensialfall mellom en jordelektrode og en målesonde/spenningselektrode ved hjelp av en påtrykt strøm mellom jordelektroden og en strømelektrode. Motstanden beregnes ved hjelp av å måle strømmen mellom jordelektroden og strømelektroden samt spenningen mellom jordelektroden og målesonden/spenningselektroden. Denne metoden regnes som den sikreste for alle typer jordsystemer siden en har mulighet til å kontrollere om det resultatet en avleser er sannsynlig eller ikke.

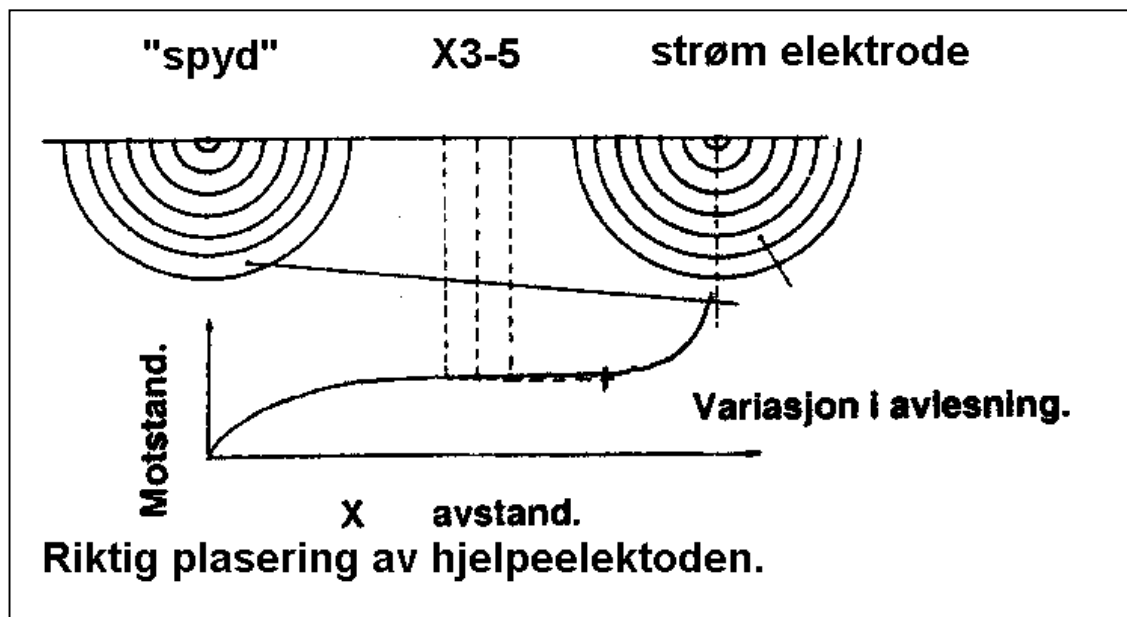
Motstanden til en jordelektrode består av tre deler, hvor av den ene av dem er dominerende. Selve elektroden er normalt laget av et metall som leder strøm godt og med tilstrekkelig tverrsnitt slik at motstanden blir ubetydelig. Kopper er godt egnet. Dersom elektroden er fri for maling, fett og annet belegg og jorden rundt er godt pakket, vil motstanden mellom jordelektroden og jorden omkring være neglisjerbar. For overspenninger og lyn er strømmens frekvens så høy (MHz-området) at induktansen i jordledere og eventuelt også i selve elektroden at impedansen mot jord øker.

Den dominerende motstanden for strømmen i en jordelektrode er motstanden til jorden omkring elektroden. Denne motstanden er størst nærmest elektroden og når en beveger seg bort fra elektroden, øker motstanden mindre enn avstanden tilbake til elektroden øker. Når en har beveget seg langt fra elektroden vil en ytterligere økning i avstanden ikke medføre økning i motstanden.

En strøm som går i jord mellom to elektroder vil møte en slik overgangsmotstand rundt begge elektrodene (både jordelektroden og strømelektroden) gjerne kalt et ohmsk felt eller effektivt motstandsområde. Jordens "ledertverrsnitt" er mye mindre rundt en elektrode som fører strøm enn tverrsnittet av jorden mellom elektrodene hvilket gjør at det ohmske feltet er større rundt elektrodene enn mellom dem. Måling av jordovergangsmotstand på bakgrunn av strøm mellom jordelektrode og strømelektrode vil således gi overgangsmotstanden for begge elektrodene. "Sann jord" vil ligge et sted mellom disse dersom avstanden er stor nok og potensialforskjellen mellom jordelektroden og "sann jord" kan måles ved hjelp av en målesonde/spenningselektrode som det

ikke går strøm i og som da heller ikke er omgitt av et slikt ohmsk felt på samme måte som strømelektrodene.

Figur 6.g.1 viser prinsipielt måleoppsett av målesonde og strømelektrode i forhold til jordelektroden sammen med en kurve som viser motstanden en vil måle mellom jordelektroden og målesonden når en beveger seg fra jordelektroden til strømelektroden. Jordelektroden, målesonden og strømelektroden skal ligge på linje vinkelrett på sporet.



Figur 6.g.1 Måleoppsett.

Figur 6.g.1 viser tydelig at motstanden øker mindre enn avstanden tilbake til jordelektroden. Den flate delen av kurven betegnes som "sann jord" og blir riktig overgangsmotstand mot jord. Dersom avstanden mellom jordelektroden og strømelektroden er for liten, vil kurven aldri flate ut og en vil ikke kunne måle jordovergangsmotstanden mot "sann jord". Avstanden mellom jordelektrode og strømelektrode bør da økes.

Ved førstegangs måling av jordovergangsmotstanden for en elektrode bør en derfor gjøre flere målinger med ulik avstand mellom jordelektrode og målesonde for å forsikre seg om at den verdien en noterer ligger i det flate området på kurven. Dette blir da referansepunkt for videre målinger på samme jordelektrode. Ved nestegangs måling av samme elektrode holder det å plassere målesonden i dette referansepunktet forutsatt at strømelektroden er plassert på samme sted som tidligere forutsatt at det ikke har skjedd endringer i terrenget som kan endre overgangsmotstanden mot jord.

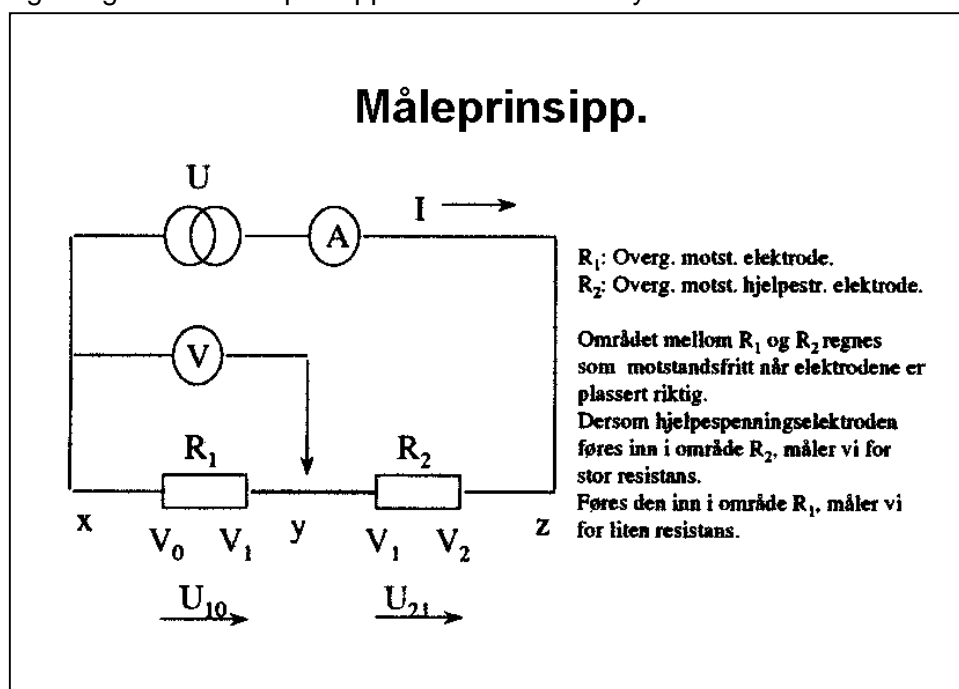
Sann jord finnes erfaringsmessig ved en avstand mellom jordelektrode og målesonde på 50-70% av avstanden mellom jordelektroden og strømelektroden. Derav kommer navnet 62 %-regelen som kan finnes i litteraturen.

Riktig avstand mellom jordelektroden og strømelektroden er avhengig av jordelektrodens areal mot jord, homogeniteten i jorden og forholdene rundt elektrodene som gir overgangsmotstanden. I tillegg har avstanden mellom jordelektroden for jordsystemer med flere jordelektroder betydning som beskrevet foran.

Rør, kabler, jernbanespor og lignende kan forstyrre målingen. Det er derfor viktig å kontrollere at en måler sannsynlig jordovergangsmotstand ved å skissere opp kurvene for hele strekningen fra jordlektrode til strømelektrode.

Ved stor avstand mellom jordelektrode og strømelektrode, kan det være at strømkilden som benyttes ikke er stor nok til å gi den nødvendige strømmen og målingen kan ødelegges av støyrstrømmer.

Figur 6.g.2 viser måleprinsippet med elektriske symboler.



Figur 6.g.2

Måleprinsipp med elektriske symboler.

2.3 Sikkerhetstiltak

Hensikten med å ha en god jord er å ivareta sikkerheten både for mennesker og teknisk utstyr. Det kan imidlertid oppstå jordfeil i det elektriske anlegget mens en målingen av overgangsmotstand mot jord pågår, og denne feilen kan føre til livsfarlig strømgjennomgang for den som måler. Selv om kontroll av jordingsanlegg ikke er definert som arbeid under spenning, bør en være oppmerksom på den samme faren for potensialforskjeller som ved skinnebrudd.

I matestasjoner og koblingshus kan det gå strømmer i beskyttelsesjord i normalsituasjon på grunn av returstrømmen. Dette medfører at det ved måling av overgangsmotstand for jordelektroden, skal matestasjonen være utkoblet.

Også under oppkobling og nedkobling av et måleoppsett kan farlige berøringsspenninger oppstå. I et måleoppsett skal man aldri berøre måleledninger fra instrumentet samtidig med målesonden og/eller strømelektroden som er slått ned i bakken. Ved oppkobling bør spydene slås ned og ledningene tilkobles spydene før måleoppsettet tilkobles jordmotstandsmåleren. Bruksanvisningen for måleinstrumentet bør alltid leses før måling gjennomføres.

Det skal utpekes kvalifisert person til å lede utførelsen av målingen som skal :

- Instruere arbeidslaget før måling foretas
- Veilede og kontrollere arbeidet
- Kontrollere at det ikke er jordfeil i anlegget, og sørge for at han blir underrettet dersom det oppstår jordfeil på anlegget slik at målingene kan avbrytes.

Arbeidslaget skal instrueres om ikke å påbegynne eller eventuelt avbryte målingene og kontakte leder dersom:

- Jordelektrode er fjernet eller ødelagt
- Det observeres tordenvær i området
- Det registreres tegn til jordstrømmer

Sikkerheten ivaretas best ved å:

- Ikke å åpne jordingsklemmen før kortslutningsforbindelsen er etablert og før det er nødvendig for utførelsen av målingen.
- Ikke åpne kortslutningsforbindelsen lenger enn nødvendig for målingen.
- Ikke berøre jordingsnedføringen over jordklemmen mens forbindelsen er åpen.

2.4 Prosedyre

Prosedyren beskriver måling av jordovergangsmotstand ved hjelp av potensialfallmetoden.

1. Kontroller at det ikke er jordfeil i anlegget. Dersom det er jordfeil skal målingen avbrytes.
2. Kople jordelektroden fra resten av det elektriske anlegget. Merk at dette kan medføre berøringsspenninger på anlegg i drift. Dersom det er fare for potensialforskjeller som kan føre til farlige spenninger, bør det vurderes å bruke en kortslutningsforbindelse under arbeidet med å løsne elektroden fra anlegget. Kortslutningsforbindelsen da bare være koplet fra anlegget akkurat når målingen/avlesningen foregår.
3. Plasser ut strømelektroden dersom denne ikke finnes fra før. Omtrentlig avstand mellom jordelektrode og strømelektrode ved ulike dybder for en enkel jordelektrode finnes i tabell 6.g.1. For flere elektroder samlet i kråkefot, kvadratkonfigurasjon eller lignende er omtrentlig avstand mellom jordelektrode og strømelektrode gitt i tabell 6.g.2. Strømelektroden bør minst 0,4 meter ned i bakken og ha en dimensjon på minimum 10 mm². Linjen fra jordelektrode til strømelektrode bør være vinkelrett på sporet.

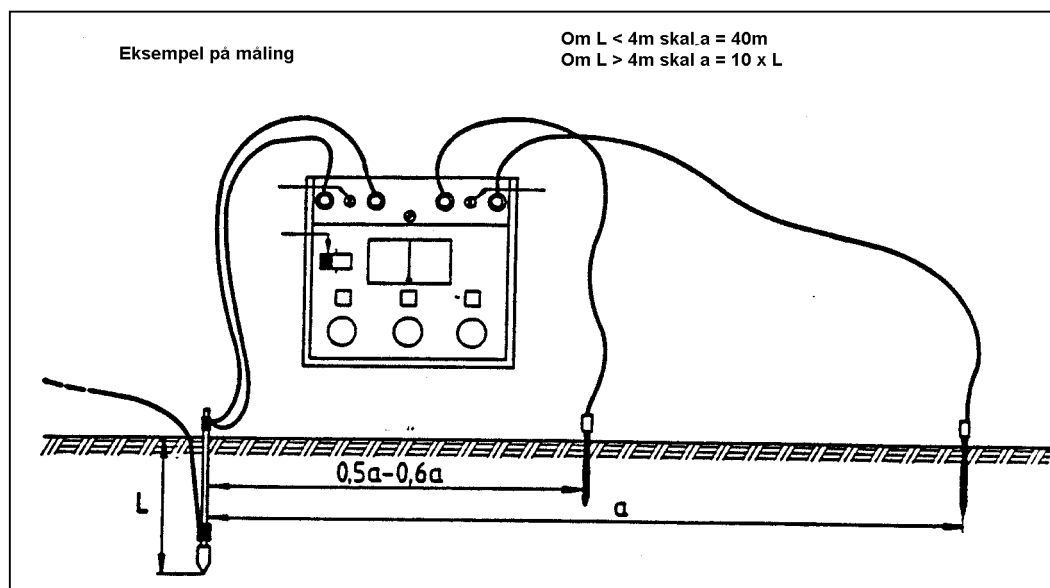
Tabell 6.g.1 Omtrentlig avstand mellom elektrodene som ved ulike dybder for jordelektroden. Alle tall i meter.

Jordelektrodens dybde (l)	Avstand jordelektrode-målesonde	Avstand jordelektrode-strømelektrode (a)
2	15	25
2,5	17	27
3	21	29
3,5	23	31
5,5	25	34
6	26	36
10	28	42

Tabell 6.g.2 Omtrentlig avstand mellom jordelektrode og hjelpeelektroder ved flere jordelektroder samlet i kråkefot, kvadratkonfigurasjon eller lignende. Alle tall i meter.

Maksimal diagonal avstand mellom jordelektrode	Avstand jordelektrode-målesonde	Avstand jordelektrode-strømelektrode (a)
2	26	42
3	29	47
4	35	56
5	43	70
7	48	76

4. Kople opp måleutstyret som vist i figur 6.g.3.
 - 4.a. Ledningene bør ligge godt adskilt (over 3 meter) dersom en benytter vekselspenning ved målingen for å hindre at kapasitiv og induktiv kopling i målekretsen.
 - 4.b. Ledningene skal koples til elektrodene før de koples til måleinstrumentet. Berør aldri måleledninger fra forskjellige elektroder samtidig



Figur 6.g.3 Skisse av for oppkopling av måleutstyr.

5. Ved førstegangs måling av jordelektroden bør det undersøkes at avstanden mellom jordelektroden og strømelektroden er lang nok. Målesonden bør minst 0,4 meter ned i bakken og ha en dimensjon på minimum 10 mm^2 . Målesonden skal stå på den rette linjen mellom jordelektroden og strømelektroden. Utfør gjerne et kontrollmåling med målesonden plassert på jordelektroden for å sikre at måleutstyret er riktig oppkoplet.
 - 5.a. Plasser målesonden på ca 10 % av avstanden mellom jordelektroden og strømelektroden ($0,1 a$).
 - 5.b. Les av jordovergangsmotstanden dersom apparaturet oppgir denne direkte eller beregn av jordovergangsmotstanden $R_1 = U_{10}/I$ (symboler hentet fra figur 6.g.3)
 - 5.c. Tegn inn jordovergangsmotstand som funksjon av avstanden mellom jordelektrode og målesonde i målerapporten.

- 5.d. Gjenta 5.a, b og c med å flytte målesonden til ca 20 %, ca 30 % osv til 100 % av avstanden mellom jordelektrode og strømelektrode.
- 5.e. Dersom kurven flater ut på midten og forskjellen mellom målingene på 50 og 60 % er mindre enn 5 % og forskjellen på målingene på 60 og 70 % er mindre enn 5 % er avstanden mellom jordelektrode og strømelektrode stor nok. Hvis ikke, flytt strømelektroden lenger bort fra jordelektroden og gjenta punkt 5.a til e.
- 5.f. Dersom avstanden er funnet stor nok, velges det en referanseavstand i kurvens flate område som noteres og brukes i den videre målingen og neste gang samme jordelektrode skal kontrolleres.
6. Målesonden plasseres på referanseavstanden funnet i 5.f eller fra forrige gang målingen ble utført på samme elektrode. Dersom målesonden står igjen fra forrige gang benyttes denne.
7. Les av jordovergangsmotstanden dersom apparaturet oppgir denne direkte eller beregn av jordovergangsmotstanden $R_1 = U_{10}/I$ (symboler hentet fra figur 6.g.3)
8. Fest jordelektroden til det elektriske anlegget igjen.
9. Fyll ut målerapporten med nødvendig informasjon, resultat og skisser.
10. La gjerne hjelpeelektrodene stå igjen ute i terrenget til neste gang jordovergangsmotstanden skal måles for den samme elektroden der dette er mulig og forsvarlig. Merk dem da av med orange spray i terrenget. Angi elektrodene uansett på skissen i rapporten med plassering og avstand.
11. Registrer målingen i Maximo.

3 PROSEDYRE FOR MÅLING AV OVERGANGSMOTSTAND FOR ANLEGG MED GJENNOMGÅENDE JORDLINE MED JORDSYSTEMMÅLER

3.1 Bruksområde

Den følgende prosedyren bør benyttes for måling av overgangsmotstand mot jord for anlegg med gjennomgående jordline. Eksempler på slike anlegg kan være:

- Jordingsanlegg med langsgående jordleder
- Under-/overliggende jordline for kraftlinjer
- Lynavledeanlegg for større bygninger

Metoden anses ikke egnet for planlegging av jordingsanlegg eller kontroll ved idriftsettelse ([Elsikkerhet nr 63 side 10]). Det vil si at for kontroll ved idriftsettelse av anlegg med gjennomgående jordline, skal kurvemetoden benyttes.

Metoden kan også brukes for måling av jordovergangsmotstand for enkeltelektroder eller samling av elektroder som beskrevet foran som et tillegg til potensialfallmåling dersom disse jordelektrodenes står i sløyfe med andre jordelektroder. Denne metoden og måling av potensialfall vil ikke nødvendigvis gi samme resultat. Når en da senere gjør en ny måling på samme elektrode og fra før har et måleresultat med denne metoden, kan det være tilstrekkelig å bare bruke denne metoden for å kontrollere at verdien ikke har endret seg.

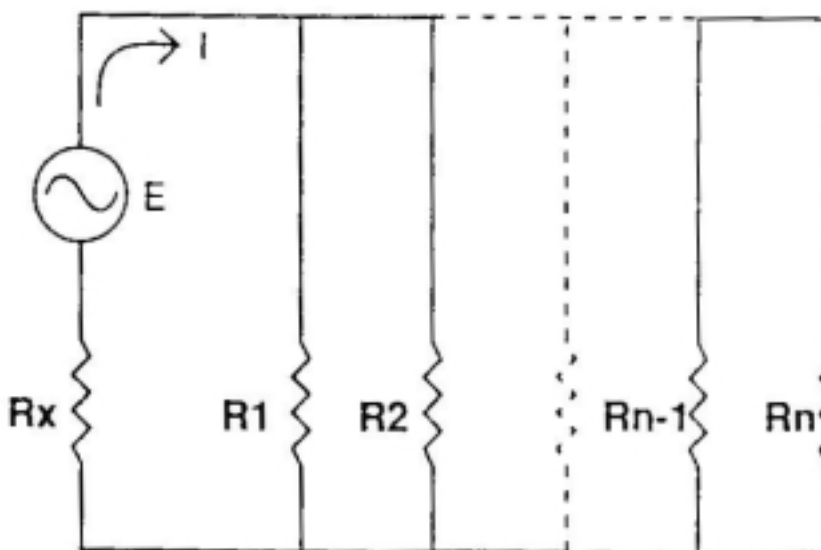
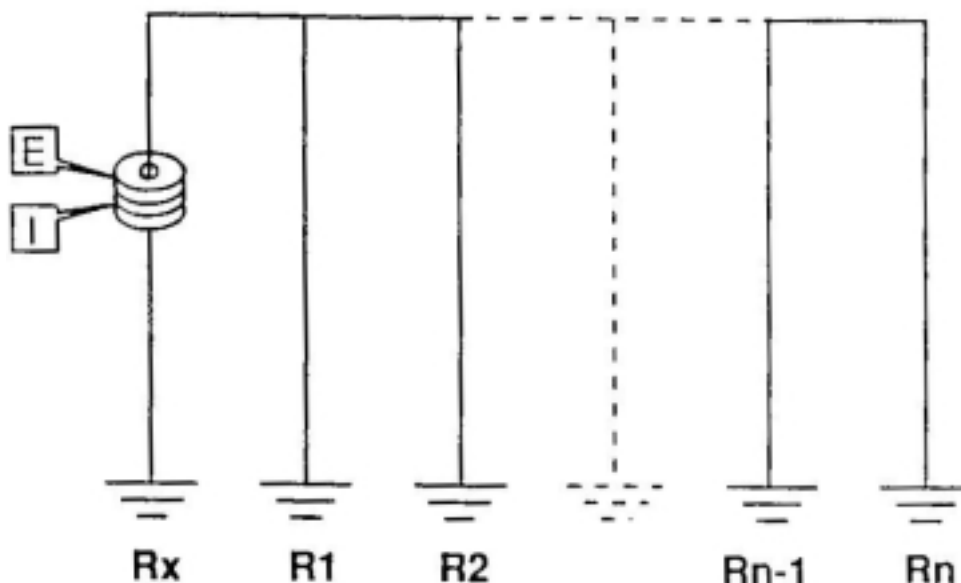
Metoden er lite egnet for bruk i regnvær.

3.2 Beskrivelse av metoden

Potensialfallmåling forutsetter at jordelektroden er frakoplet resten av det elektriske anlegget. For større jordingsystem er det enklere å bruke en metode som kan brukes mens anlegget er i drift og ikke trenger hjelpelektroder og ledninger til disse. Det finnes en spesialtang (for eksempel CA 6411) som lukkes rundt jordlederen og som gir svar om overgangsmotstand umiddelbart. Tangen fungerer ved at den induserer en spenning i jordlederen og måler den resulterende strømmen. Ved hjelp av Ohms lov beregnes så motstanden i strømsløyfen.

Metoden for jordsystemsmåling baserer seg på prinsippet vist i figur 6.g.4. Alle jordelektrodenes står i parallell mellom jordingsanlegget (langsgående jordleder etc.) og sann jord. Dette gir en veldig liten total jordovergangsmotstand for hele anlegget. Ved å omslutte en jordleder til en enkelt jordelektrode vil en på tangen lese av jordovergangsmotstanden for den aktuelle elektroden i serie med alle de andre elektrodene i parallell. Etersom alle de andre elektrodene i parallell kan være neglisjerbart, er det i praksis jordovergangsmotstanden til den aktuelle elektroden som måles.

For enkeltelektroder som ikke har noen klart definert "returvei" gjennom umiddelbare parallelle jordelektroder vil, dersom en har gjennomgående jording, strømsløyfen gå gjennom andre tilkoplinger av anlegget til jord (rør etc.). Dersom jordelektroden er frakoplet anlegget, eller en ikke har gjennomgående jording, vil en måle uendelig stor motstand på grunn av at strømsløyfen er brutt.



Figur 6.g.4 *Prinsipp for måling av jordovergangsmotstand ved hjelp av jordsystemmåler.*

3.3 Prosedyre

Prosedyren beskriver måling av jordovergangsmotstand ved hjelp av jordsystemmåler.

1. Lukk tangkjeften rundt jordlederen til den aktuelle jordelektroden. Lederen bør være midt i tangen og tangen bør holdes vinkelrett på jordlederen.
2. Les av målt jordovergangsmotstand på displayet. (Pass på riktig oppløsning på måleresultatet)
3. Fyll ut målerapporten med nødvendig informasjon, resultat og skisser.

4. Registrer målingen i Maximo.

4 RAPPORTSKJEMA FOR DOKUMENTASJON AV MÅLING AV JORDOVERGANGSMOTSTAND

Forslag til rapportskjema for dokumentasjon av måling av jordovergangsmotstand finnes i vedlegg 6.h. Skjemaet kan både fylles ut for hand når målingen foretas, eller på PC.

Rapportskjemaet er utformet slik at det er optimalt for selvstendig bruk. På sikt vil jordelektroder og måleresultater av overgangsmotstand registreres i Maximo.

5 REFERANSEDOKUMENTER

Mer informasjon om måling av jordovergangsmotstand kan finnes i:

- [1] Norsk Elektroteknikk AS, *Praktisk måling av OVERGANGSMOTSTAND til jord med JORDPLATEMÅLER*, 2. utg. 1.august 1995
- [2] Norsk Elektroteknikk AS, *Praktisk måling av OVERGANGSMOTSTAND til jord med JORDSYSTEMMÅLER for gjennomgående jord*, 2. utg. 1.august 1995
- [3] BanePartner på oppdrag fra Bane Energi, *Måling av jordelektroder i omformerstasjoner – Jordplatemåling*, prosjekt nr 199534 2001-02-06