

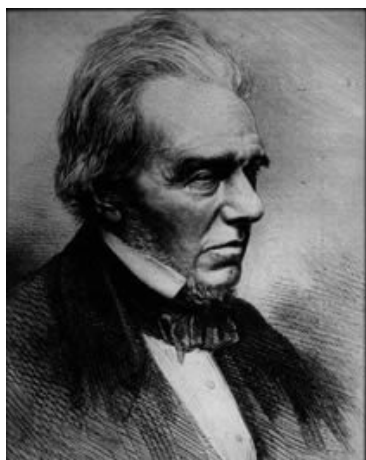
Litt om kabelsøking



The photograph shows a cable locator from a coil wound round a wooden truss; the coil is just visible at the front of the truss

Bildet ovenfor er viser kabelsøking rundt 1910 (sannsynligvis i Tyskland – Siemens?).

Fra mine guttedager for 60 år siden husker jeg en mann med øretelefoner på hodet som gikk gate- langs og veivet med en liten rød koffert. Lenger nede i gaten, ved et åpent kumløkk, sto en annen rød koffert, og jeg fikk vite at han søkte etter et vannrør. Dette forteller at elektromagnetisk rør- og kabelsøking ikke er nytt. Jeg har trålet internett etter historisk bakgrunnsstoff, men finner lite. Det jeg finner er at teknikken ble utviklet hovedsaklig i Tyskland og i Amerika ut ifra litt ulike behov. I Amerika var det størst behov for å lokalisere rørledninger over lange avstander. Der hadde de god, plass og fortsatt henger de fleste ledninger og kabler på stolper. I Tyskland begynte man å grave ned

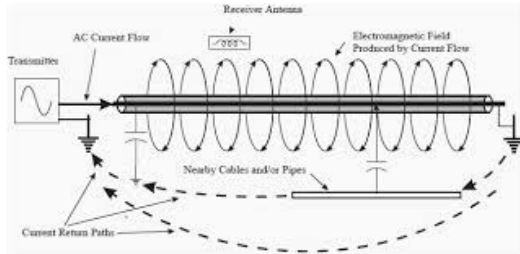


Bildet viser den engelske fysikeren Michael Faraday som skrev en avhandling om elektromagnetisk induksjon i 1831

kabler i trange bygater på 1880-tallet, og det oppsto et økende behov for å kunne påvise underjordiske rør og kabler uten å grave dem opp. Frem til annen verdenskrig dukket det opp en mengde patenter og apparater, de fleste amerikanske, og noen av firmaene som ble etablert dengang eksisterer ennå. Frem til 1960-årene var det radorør som gjaldt, og utstyret var stort og tungt. Etter at transistoren overtok, ble alt mye mindre og lettere (ikke nødvendigvis bedre). I 1964 lanserte Western Electric den første kabelsøkeren med to antenner plassert over hverandre. Det ga flere fordeler. Rekkevidden kunne begrenses, slik at kabelsøkeren ikke ble forstyrret av radiosignaler og det ble mulig å søke etter kabler i bakken under kraftlinjer uten å bli nevneverdig forstyrret av dem. Dessuten ble det mulig å måle dybden automatisk ved å sammenligne signalstyrken på de to antennene.

Hva er en kabel?

En kabel er en bunt av strømledere med bare én dimensjon – lengde. Elektronene strømmer fritt, og kan "skvulpe" frem og tilbake som vann i en renne. Vi tenker oftest på en kabel som et antall isolerte lederpar hvor strømmen flyter i en lukket krets. I dette ideelle tilfellet ville feltene fra alle lederne

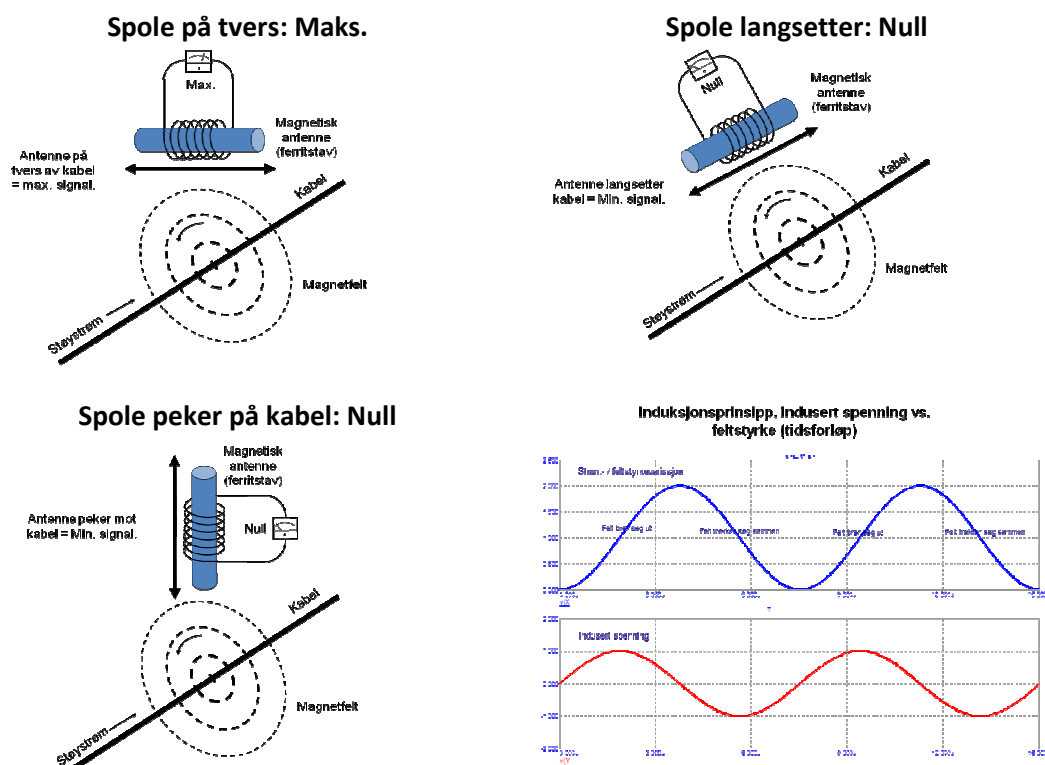


Illustrasjon av strømveier og magnetisk felt rundt kabel.
Kabeløkere detekterer det magnetiske feltet over bakken.

utbalansere hverandre i omgivelsene, og kabelen ville ikke la seg påvise. **Kabeløkere ser kabelen som en enkelt leder, og for at en kabel skal være søkbar må det finnes en ubalansert vekselstrømkomponent med returvei gjennom jord.** Det er nesten alltid nok utilsiktet (naturlig) signal til at kabler lar seg påvise. Det som kan hindre påvisning er at man er for nær et brudd eller en åpen ende (ingen forbindelse til jord) eller at kabelsignalet som man forsøker å finne overdøves av andre, sterkere signaler. Da trenger man en sender.

Hva er en kabeløker?

En kabeløker er i prinsippet en radiomottaker som fanger opp ("hører") magnetiske signaler fra nærliggende kabler. Den kan ha fra én til seks antenner i form av søkspoler som detekterer felt i forskjellige retninger. I prinsippet er det nok med én antenne (søkspole) som vist på figurene nedenfor for å lokalisere en kabel fullstendig, men vi skal se at det finnes grunner til å ha flere.



Figurene ovenfor viser forskjellige antennespoleorienteringer.

Hvorfor er det lurt å ha flere antenner?

Med en søkespole som beveges systematisk kan en kartlegge feltet og lokalisere kilden (dvs. kabelen) med posisjon, retning og dybde (se figur ovenfor). Det tillater bygging av veldig små, hendige instrumenter (ref. CableBuster). Ulempen er at en slik kabelsøker ikke skiller mellom signaler fra nær og



CableBuster kabelsøker med én antenne.



CB DiffAnt kabelsøker med to antenner.

fjern, f.eks. radiosignaler som, riktig nok, gir liv i kabler som ellers ville være udetekterbare uten bruk av signalinjektor (sender), men også gir misvisning ved at signalene mottas både direkte (gjennom luften) og indirekte (via kabelen) og kan forveksles med kabelsignaler ("fantomkabel") der hvor ingen kabel finnes. Dette problemet løses med en differensiell antenneanordning, dvs. to motsatt rettede antenneelementer (søkespoler) i hver sin ende av en stav, som eliminerer radio-signaler, men detekterer nærfeltsignaler fra kabler i bakken. **Kabler** (også nedgravde) **er antenner** som fanger opp radiosignaler og sender dem ut igjen som sekundærutstråling som en kabelsøker med differensialantenne kan utnytte. CB DiffAnt utnytter radiosignaler i kablene.

Hvorfor mange antenner? Svaret er: Automatikk!

Med to antennespoler (differensialantenne som eliminerer uvedkommende signaler) og en systematisk søkestrategi kan en gjøre alt som er mulig å gjøre med en kabelsøker. Man kan bestemme posisjon, retning og dybde og finne kryssende kabler. Nøyaktigheten er gitt av naturlovene, ikke av instrumentet! Automatikk handler om bekvemmelighet og tilleggsfunksjoner, ikke om presisjon. Utvidelse av funksjonsrepertoaret kan slå begge veier. Instrumentet kan fort få så mange valgmuligheter og innstillinger at brukerskelen blir høy. (Hvem kjenner og utnytter alle funksjonene på mobiltelefonen sin?) Det behøves seks antenner/kanaler for å oppnå 100% automatikk. Da styrer instrumentet brukeren, ikke omvendt.



Eksempel på automatisk kabelsøker

Det finnes avanserte automatiske kabelsøkere (og tilhørende sendere) med velgbare arbeidsfrekvenser fra 50Hz til flere hundre kHz og automatisk angivelse av sideavvik, retning, dybde, kryssende kabel, datalogging og GPS posisjonsbestemmelse. Jeg vil anta (uten å vite det) at det finnes kabelsøkere som kan presentere et mer eller mindre komplett kabelkart etter en søkeøkt – men det er vel ikke så interessant for en entreprenør som bare skal unngå å grave av kabler.

Hvor kommer signalene fra?

"Naturlige" kabelsignaler er støy. Det kan være brum og harmoniske fra lysnettet, elektriske maskiner og belysning (sparepærer støyer kraftig), telekommunikasjonssignaler (digitale signaler suser), langbølge radiosignaler, atmosfærisk støy, overhøring (smitting) fra nabokabler osv. Det er nesten alltid nok "naturlig" signal til å påvise en kabel i bebodde strøk – unntaket er nær et brudd eller en kabelende uten jordforbindelse. Også utilkoblede (strømløse) kabler fanger signaler og kan påvises, og ofte vil man også kunne detektere metallrør.

Der hvor det er for svake signaler (f.eks. nær en ujordet kabelende) eller man ønsker å overdøve et forstyrrende signal eller markere en kabel med sitt eget, unike signal kan man benytte en sender (signalinjektor).



CableAnimator sender og batterirør



Støvsuger, potent støykilde!

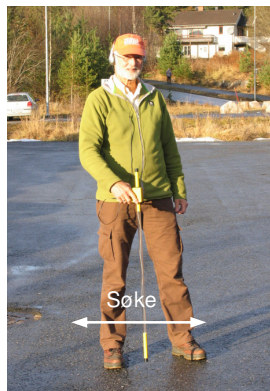
Aktiv og passiv kabelsøking

Aktiv kabelsøking er søking med egen sender – nødvendig der hvor målet er å spore én spesiell kabel over lange avstander og drive feilsøking. Fordelen med bruk av sender er at man kan benytte lav frekvens (f.eks. 512Hz) for å få lang rekkevidde og lite overhøring (smitting til andre kabler), og at kabelsøkeren kan være så selektiv at den er "døv" for alt annet enn sendersignalet. Senderen på bildet er Holte Electronics CableAnimator (133kHz), et supplement til CableBuster og CB DiffAnt. Den lille staven til høyre i bildet legges tvers over kabelen som ønskes markert med tilkoblet batteri (den andre staven). Den lager et kraftig pulserende signal som kan følges langt i kabelen. Vi skal se senere at det finnes tre fundamentale metoder for å injisere et signal i en kabel.

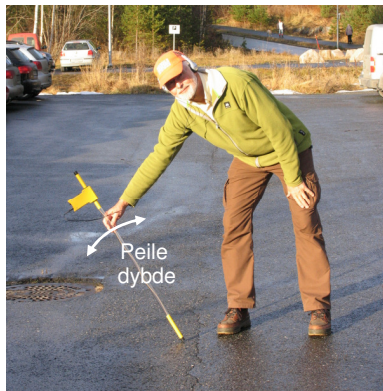
Passiv kabelsøking er å utnytte "naturlige" signaler. En maskinentreprenør som bare skal unngå å grave av kabler kommer langt med passiv søking. Passiv søking fungerer best på høye frekvenser (f.eks. 133kHz) hvor kablene er mer effektive antenner, men hvor det også er mer smitting mellom dem. En kabelsøker som skal benyttes passivt må ha en viss båndbredde for å fange nok signal. CableBuster og CB DiffAnt er laget for å brukes passivt, men har god nytte av et eget sendersignal (ref. CableAnimator) der hvor de "naturlige" signalene er for svake – f.eks. nær en ujordet kabelende eller for å overdøve forstyrrende signaler. Man kommer betydelig nærmere kabelenden før signalet blir for svakt med eget sendersignal.

Søkemethodikk

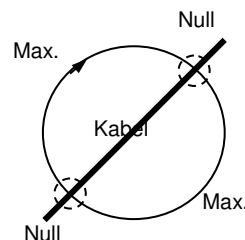
Det magnetiske feltet omgir kabelen som en diffus sylinder. Feltretningen er rundt (på tvers av) kabelen og feltstyrken er omvendt proporsjonal med avstanden (dobbel avstand gir halv av feltstyrke). Dette er nok informasjon til å lokalisere en kabel. Med kabelsøkeren finner vi stedet hvor feltet går horisontalt, dvs. rett over kabelen. Dybden kan bestemmes ved krysspeiling, dvs. ved å sikte på kabelen i ulike vinkler (enklest $\pm 45^\circ$) eller ved å regne ut dybden på grunnlag av signalstyrkeforskjellen mellom to horisontale antenner i ulik høyde. Nøyaktigheten er 10-20% av dybden for begge metoder.



Søke



Peile dybde

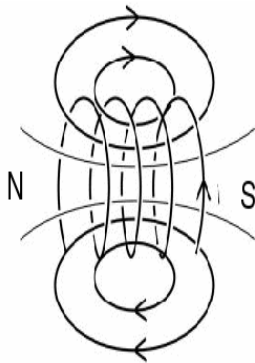


Bestemme retning:

Sirkle over kabelen. Finn to nullpunkter og trekk en linje mellom dem.

Kabelsøking med Holte Electronics CB DiffAnt.

Antenner



Elementær sammenheng mellom strøm og magnetisk felt. Spolen har i virkeligheten en ferritkjerne som konsentrerer feltet.

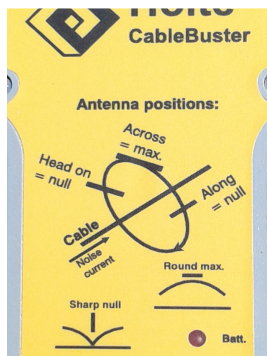
Enkel antennespole

Meget enkle kabelsøkere som CableBuster har bare én antennespole. Den skiller ikke mellom kabel og radiosignaler, men fungerer OK der det ikke er sterke forstyrrende signaler. I Tyskland og nærliggende områder, må man ha en differensiell antenneanordning som eliminerer radiosignaler.

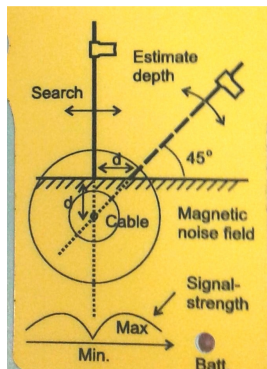
To og flere antennespoler

En gjennomsnitts kabelsøker har to motsatt rettede antenner – en nede ved bakken og en oppe på (i) skaftet. Radiosignaler som er like sterke oppe og nede nøytraliseres, mens kabelsignaler, som er mye sterkere på den nedre enn på den øvre antennen, kommer igjennom. Dette kalles en differensialantenne. Avanserte, automatiske kabelsøkere kan ha opptil seks antenneelementer.

Horisontale og vertikale antennespoler har hver sine fordeler og ulemper.



En horisontal antenne på tvers av kabelen gir sterkest signal og skiller best mellom nabokabler, men maksimumet er ganske rundt. Retningen finnes ved å dreie kabelsøkeren til signalet forsvinner. Presis manuell dybdepeiling er umulig med to horisontale spoler som nøytraliserer hverandre, men dybden kan beregnes ut ifra signalstyrkeforholdet mellom antennene (forutsatt godt nok signal). **De fleste kabelsøkere på markedet har horisontale antenner.** (Illustrasjon fra fronten på CableBuster)



En vertikal antenne gir et skarpt minimum (feltet på tvers) når den peker på kabelen og et maksimum ca. en kabeldybde på hver side av kabelen. Strålingsdiagrammet er rotasjonssymmetrisk, så man trenger ikke å ta hensyn til retning når man søker. Det gjør søkeprosessen rask og enkel. Dybden bestemmes enkelt ved krysspeiling. Ulempen er at følsomheten er mindre enn med horisontal antenne, og at man i noen tilfeller ikke kan skille like godt mellom nabokabler. Signalstyrke er sjelden noe problem. (Illustrasjon fra fronten på CB DiffAnt)

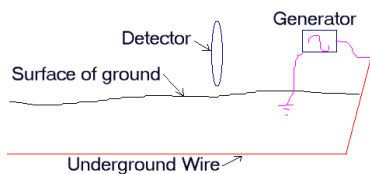
Søketeknikken må tilpasses antenneorienteringen.

Holte Electronics AS har valgt å utstyre CB DiffAnt med vertikale antenner fordi det gir enklest søke-metodikk og mest praktisk form på instrumentet. Den lave vekten og den unike lydindikasjonen gjør den veldig rask. (Å høre er mye raskere enn å se!)

Signalinjeksjon (egen sender):

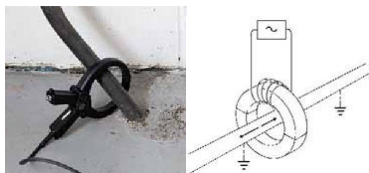
Med "naturlige" signaler som er for svake (som nær en ujordet kabelende) eller overdøves av et uønsket signal (støy), eller man ønsker å markere én spesiell kabel eller et nett, kan man løse problemet med å benytte en sender (signalinjektor).

Det finnes tre grunnleggende metoder for å introdusere et signal i en kabel:



Direkte (galvanisk) kobling av generator mellom kabel og jord.

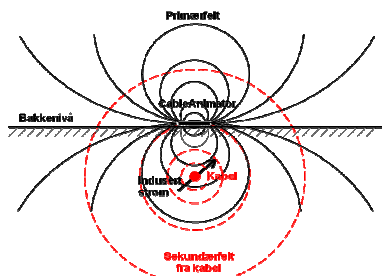
Direkte (galvanisk) kobling av en signalgenerator mellom kabelen og jord (f.eks. jordspyd). Dette er den mest effektive metoden, forutsatt at kabelen ikke har jordforbindelse i nærheten av tilkoblingspunktet (kortslutning av signalet). Det krever som regel at kabelen må kobles fra. Mest effektiv nær en åpen ende.



Induksjonstang (induction clamp)

Induksjonstang (ringtransformator) på kabel

Også meget effektiv metode forutsatt at kabelen ikke har lokal jordforbindelse på begge sider av "clampen" (kortslutning av signalet). Mest effektiv nær et jordingspunkt, men fungerer også på lange ujordete kabler. Fungerer ikke ved en åpen ende.



Sender plassert på bakken

Induktiv sender plassert på tvers av kabel

Mindre effektiv, men fullt brukbar metode som egner seg for vanlig entreprenører. Krever ingen tilgang til kabelen, man må bare vite hvor den ligger der senderen utplasseres. Mest effektiv nær et jordingspunkt, men fungerer også på lange ujordete kabler. Fungerer ikke ved en åpen ende.



CableAnimator ved stolpenedføring

Senderen på bildet er Holte Electronics CableAnimator.

Den lille gule staven til venstre er senderenheten. Den inneholder litt elektronikk og en ferritantenne (spole) som lager det magnetiske høyfrekvensfeltet og får strøm fra batterier i det lille røret til høyre. Plassering ved stolpenedføring er veldig bra!

Ofte er senderen en liten koffert med innebygget induksjonsspole og uttak for direkte tilkobling og induksjonstang og rom for tilbehør. Det finnes like mange varianter som det finnes kabelsøkere. Holte Electronics, som ikke sikter på det profesjonelle markedet, har valgt å gjøre det enkelt.

Om du vil se hele floraen som finnes av kabelsøkerutstyr, kan jeg anbefale å "google" på "Bilder av kabelsøkere".

Figurer som ikke er egenprodusert er frie illustrasjonsbilder hentet fra internett.

Stian Holte