

Wanneer inductieve/capacitieve sensoren en wanneer magnetische?

Welk sensortype kunt u het beste inzetten voor uw toepassing? Dat hangt sterk af van wat er gedetecteerd moet worden en van welk materiaal het gemaakt is. Ook wordt de keuze sterk bepaald in wat voor omstandigheden de sensoren toegepast moeten worden (zware industriële omstandigheden zoals vervuilde omgeving, natte omgeving, hoge temperaturen etc.), hoe de sensoren ingebouwd kunnen worden en op welke schakelafstand de te detecteren objecten voorbij komen. In onderstaande tabel staat de keuzevolgorde in het kort weergegeven.

1	Zware omstandigheden, korte schakelafstand, metalen object	inductieve sensor
2	Zware omstandigheden, korte schakelafstand, NIET metalen object	capacitieve sensor
3	Zware omstandigheden, grotere schakelafstand, magneet op object mogelijk	magnetische sensor

Inductieve sensor

Voor detectie van een ferrometaal object op een korte detectieafstand is een inductieve sensor meestal de meest logische keuze. Daarmee realiseert u eenvoudig en voordelig een betrouwbare detectie. Een inductieve sensor is een sensor die reageert op aanwezigheid van metalen voorwerpen door middel van een magnetisch veld. Deze 'niet-optische' sensoren zijn ongevoelig voor stof, vuil, zonlicht en reflecties.

Capacitieve sensor

Soms wil men weten wat er verborgen is achter een oppervlak, een wand, een opslaghouder, in een container of achter een afdekking. Capacitieve sensoren zijn uitermate geschikt voor niveaudetectie van vloeistoffen en monitoring van vast materiaal zoals papier, hout of korrels. Capacitieve sensoren zijn inzetbaar voor een betrouwbare detectie en statuscontrole van het product tijdens het productieproces en de eindcontrole. Is er iets achter de afdekking/verpakking? Is het gevulde pakket echt vol? Hoeveel verf zit er nog in de tank? Het zijn eenvoudige vragen die met capacitieve sensoren te beantwoorden zijn.

Capacitieve sensoren zijn altijd dicht bij de actie, hebben detectiebereiken tussen 1 en 25 mm zodat ze in vrijwel elke installatie passen. Capacitieve sensoren zijn breed inzetbaar en geschikt voor zware industriële omgevingen. Onzuiverheden,

vervuiling, stof en deeltjes in de lucht hebben weinig effect op hen. Ze bieden ook een maximale ongevoeligheid voor elektro-magnetische interferentie.

Magnetische sensor

Voor aanwezigheidsdetectie op grotere afstand gaat de voorkeur meestal uit naar een magnetische sensor. Deze detecteert of er een permanente magneet binnen zijn detectiebereik aanwezig is of niet. Zo kunnen magnetische sensoren ingezet worden bij detectie door materialen heen. Grotere tolerantie is mogelijk als de nulpositie van het te detecteren object niet stabiel is. Stof, vuil, vocht, hoge temperaturen en trillingen hebben geen invloed op de werking.

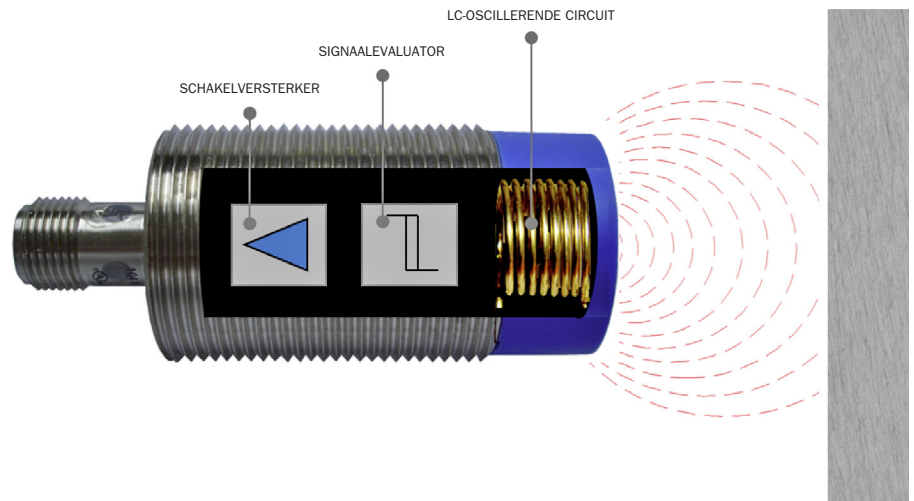


Naast het te detecteren materiaal zijn de volgende criteria belangrijk voor de keuze van het sensortype:

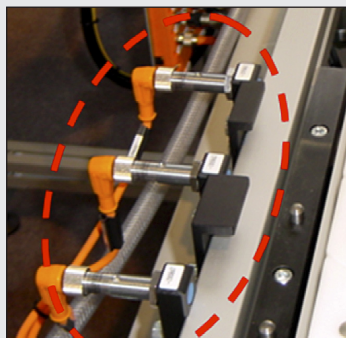
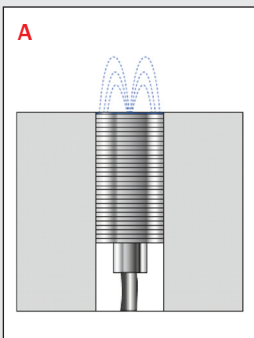
- detectieafstand
- inbouwwijze (bondig/niet-bondig)
- bouwvorm (cilindrisch/rechthoekig)
- aansluiting (connector/kabel)
- type uitgang (PNP/NPN)

1 Inductieve sensoren, hoe werken ze?

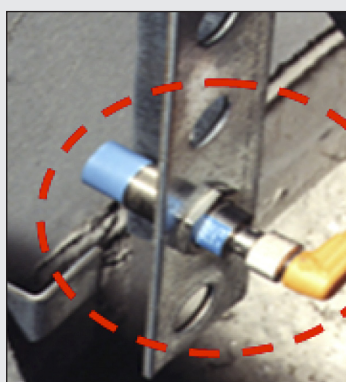
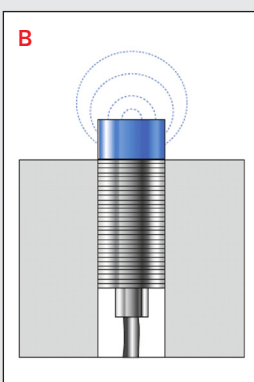
>> Een inductieve sensor is een sensor die werkt volgens het principe van verandering van impedantie. Een oscillerende kring (circuit), bestaand uit een spoel en condensator, genereert een hoogfrequent elektromagnetisch veld dat aan de kop (in de spoel) van de sensor wordt uitgezonden. Zodra er een metaal in de buurt van het magnetisch veld komt, wordt er een wervelstroom gegenereerd. Daardoor wordt het elektromagnetisch veld gedempt. Hoe dichter het metaal bij de kern komt, hoe groter de demping. Deze demping wordt door de signaalprocessor gedetecteerd en omgezet in een schakelsignaal.



Bondig gemonteerd



Niet-bondig gemonteerd



Inductieve sensoren zijn leverbaar in bondige en niet-bondige uitvoering, ook wel flush en non-flush genoemd. Om geen hinder te hebben van metaal rondom de sensorkop, moet de sensor voor een deel uitsteken (zie afb. B). Dit noemt men niet-bondig gemonteerd. Soms is niet-bondige montage om constructietechnische redenen niet mogelijk of wenselijk. In zulke gevallen is montage van een bondige sensor de oplossing (afb. A). Bij een bondige sensor is de spoel voorzien van een kern van ferriet met een metalen ring, zodat de sensor zonder problemen ingebouwd kan worden in een metalen oppervlak.

Bondige sensoren worden toegepast wanneer de sensor glad in het montagevlak gebouwd moet worden, of als het magnetisch veld zo smal mogelijk moet zijn. De schakelafstand is hierdoor wel iets lager dan bij niet-bondige montage. Niet-bondige montage wordt toegepast wanneer de sensor wel mag uitsteken uit het montagevlak of wanneer de sensor in een beugel kan worden gemonteerd. Voordeel is een grotere schakelafstand en een iets breder magnetisch veld.

Afhankelijk van de uitvoering bedraagt de detectieafstand van inductieve sensoren 0,6 tot 22 mm. Volgens de norm EN50010 wordt deze afstand bepaald door een test met een 1 mm dikke vierkante plaat FE37. De lengte van de plaat is gelijk aan de diameter van de desbetreffende sensor. Andere metalen (non-ferro) zoals koper of aluminium reageren anders. Om de juiste sensor te kiezen wordt er gebruik gemaakt van een reductiefactor.

Directe benadering

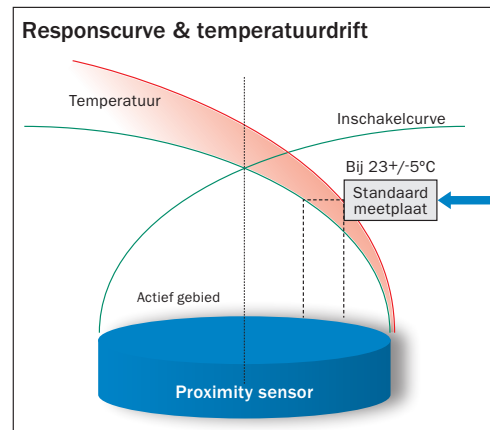
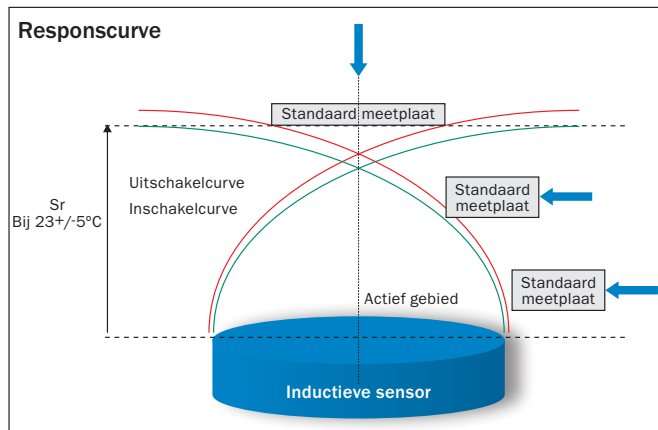
De schakelafstand, die in het specificatieblad van de inductieve sensor vermeld staat, is bepaald door de meetplaat die de sensor in axiale richting van de sensoras benadert (afb. links).

Zijwaartse benadering

Een radiale benadering (van opzij) verkleint de detectieafstand. In de responscurve bevindt het actieve gebied zich binnen de groene 'inschakelcurve'. De inductieve sensor schakelt als metaal de groene curve raakt en schakelt uit wanneer het metaal

het actieve gebied verlaat door de rode curve te passeren (afb. rechts).

De reponscurve geeft de waarde aan bij een temperatuur van zo'n 23°C. Belangrijk is dat er rekening wordt gehouden met temperatuurdrift. Bij temperatuurverschillen wordt het actieve gebied verkleind. Bij de zijwaartse benadering van de standaard meetplaat schakelt de sensor later in. In de praktijk moet daarmee rekening worden gehouden bij het vaststellen van de juiste schakel- of detectieafstand (zie berekening Verzekerd detectiebereik).



Verzekerd detectiebereik berekenen

>> De reductiefactor geeft de verandering aan in de detectieafstand die wordt veroorzaakt wanneer andere metalen of non-ferro metalen worden gebruikt in vergelijking met de stalen testplaat FE37. De reductiefactor wordt mede bepaald door het geleidingsvermogen van het materiaal (zwak effect) en de doordringbaarheid van het materiaal (sterk effect). Het getal van de reductiefactor maal de nominale schakelafstand geeft de werkelijke schakelafstand voor dat materiaal van het object.

teerd waarin – naast de reductiefactor – een zekerheidsfactor is opgenomen die rekening houdt met genoemde factoren.

$$S_a = S_n \times 0,81 \times R$$

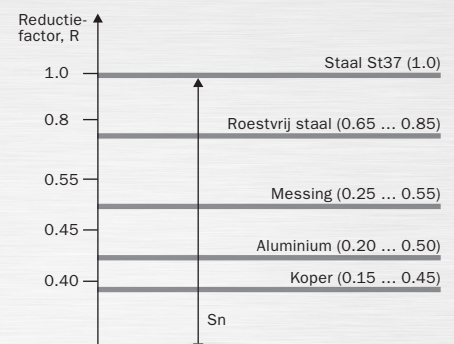
- S_a** = verzekerd detectiebereik
- S_n** = nominaal detectiebereik
- 0,81** = zekerheidsfactor
- R** = reductiefactor

Bijvoorbeeld: detectieafstand staal ST37 = 20 mm. Bij RVS wordt dit 20 mm x 0.8 mm = 16 mm. Dit is een theoretische waarde, omdat hier geen rekening wordt gehouden met omgevingsvariabelen. In de praktijk kan men te maken hebben met grote temperatuurverschillen, fluctuatie in de voedingsspanning DC 10-30 Volt en tolerantie van de sensorfabrikant. Hierdoor kan de detectieafstand worden beïnvloed. Om zeker te zijn van een betrouwbare detectieafstand wordt een formule gehan-

Rekenvoorbeeld

Berekenen van het verzekerd detectiebereik van een inductieve sensor.

- Sensortype: IME 30 standaard serie
- Schakelafstand: 10 mm
- Te detecteren materiaal: messing
- Reductiefactor: 0.55



$$S_a = S_n \times 0,81 \times R$$

$$10 \text{ mm} \times 0,81 \times 0,55 = \mathbf{4,45 \text{ mm}}$$

Opmerking

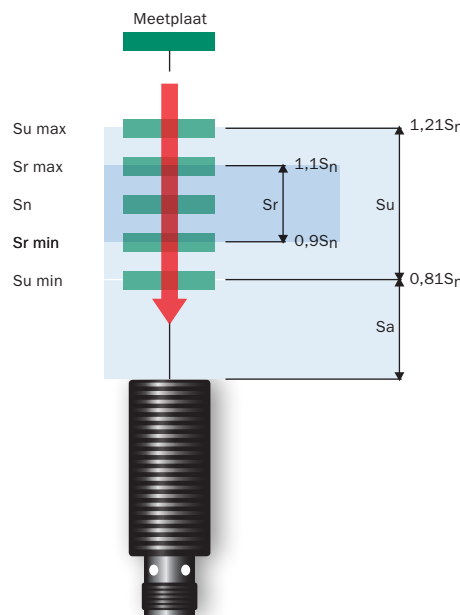
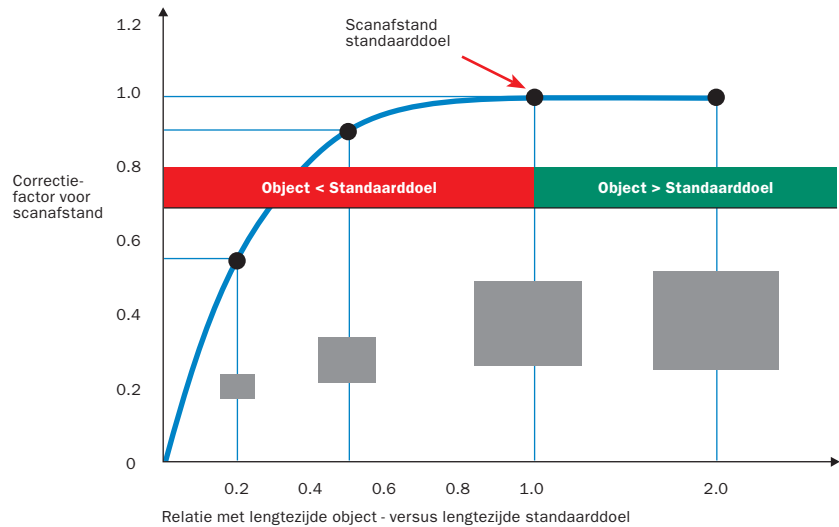
Deze berekening voldoet bij de meeste applicaties. Belangrijk om te weten: de afmetingen en diktes van het te detecteren materiaal kunnen ook invloed hebben op de meting, met name bij de detectie van kleine metalen objecten.

Invloed van verschillende materiaalafmetingen en diktes

>> Zoals hiervoor beschreven wordt bij het bepalen van de standaard detectieafstand van een inductieve sensor gebruikgemaakt van een standaard vierkante stalen plaat FE37 van 1 mm dikte. De lengte van de plaat is gelijk aan de diameter van de desbetreffende sensor, zodat de volledige actieve zone van de sensor wordt benut. Indien een metalen object wordt gebruikt dat groter is dan het standaard object, heeft dit geen invloed op de detectieafstand. Zie de blauwe lijn in de grafiek (groen gebied).

Metalen die kleiner zijn dan het standaard metalen object krijgen te maken met een reductiefactor (rode gebied). Indien het object de helft (0,5) kleiner is, is er sprake van een reductie van 0,9. Bij 0,2 is de reductiefactor ca. 0,6. Metalen die dikker zijn dan 1 mm hebben nagenoeg geen veranderingen tot gevolg. Metalen dunner dan 1 mm hebben een niet-lineaire reductie tot gevolg. Het is dan ook raadzaam om altijd de vorm en grootte van het te detecteren materiaal op te geven.

In de technische specificaties wordt de detectieafstand standaard aangeduid met de letter S_n . De S_a -factor wordt gebruikt om de veilige afstand te berekenen (het zgn. 'verzekerd detectiebereik'). Daarnaast wordt er in de industriële automatisering ook gebruikgemaakt van de factor S_r (effectieve operationele afstand) en de factor S_u (bruikbare werkingsafstand). Voor gebruik in de praktijk kunt u het beste rekenen met het 'verzekerd detectiebereik': S_a .

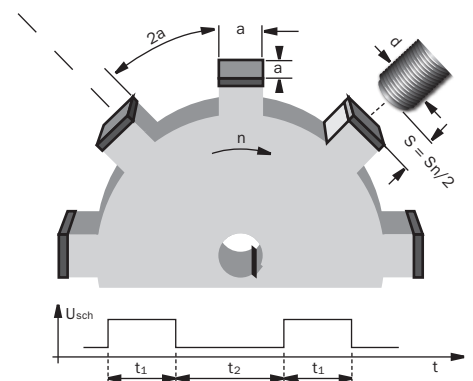


Nominale operationele afstand S_n	Houdt geen rekening met productie toleranties en externe invloeden zoals temperatuur enz.
Effectieve operationele afstand S_r	$0,9 S_n \leq S_r \leq 1,1 S_n$ at $23 \pm 5^\circ \text{C}$ productietolerantie
Bruikbare werkingsafstand S_u	$0,9 S_r \leq S_u \leq 1,1 S_r$ totaal bereik van de temperatuur en de spanning
Zekere detectieafstand S_a	$0 < S_a \leq 0,81 S_n$

Schakelfrequentie

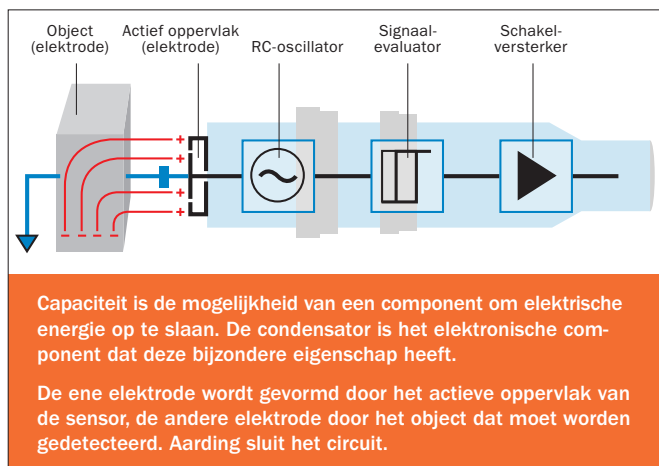
>> De maximum schakelfrequentie is de hoogst mogelijke schakelingenopvolging per seconde. De verhouding tussen 'object' (metaal) en 'geen object' (geen metaal) is 1 : 2.

De maximum schakelfrequentie is bereikt bij:
het 'schakeling-op-aan-signaal' $t_1 = 50 \mu\text{s}$.
Of het 'schakeling-op-uit-signaal' $t_2 = 50 \mu\text{s}$.
De afstand van sensor naar object is $S_n/2$.



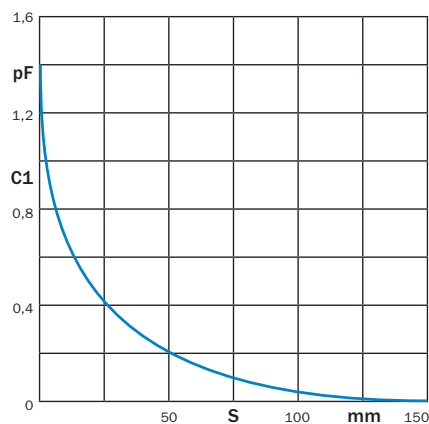
2 Capacitieve sensoren, hoe werken ze?

>> In tegenstelling tot inductieve sensoren kunnen capacitieve sensoren zowel metalen als niet geleidende materialen detecteren. Denk aan papier, water, kunststof, glas, olie etc. De inwendige werking lijkt op die van een inductieve sensor. Het actieve vlak wordt gevormd door de elektroden van een opengeklapte condensator. In rusttoestand is de lucht het diëlektricum, maar wanneer er een materiaal of metaal in de actieve zone van de sensor komt, verandert de capaciteit van de condensator en zal de transistor in- of uitschakelen.



Een capacitieve sensor maakt gebruik van een hoogfrequente oscillator (RC-oscillator) die via een condensator (elektroden van het actieve gebied en object) een elektrisch veld aan de actieve kop van de sensor genereert. Nadert een vaste of vloeibare stof dat gebied, dan verandert de capaciteit, hetgeen tot een verandering van de versterking in het oscillatorcircuit leidt. De signaalevaluator merkt dat op. Zodra de versterking een schakeldrempel overschrijdt, wordt een schakeling gegenereerd (schakelversterker).

Functioneel principe



Het onderlinge verband tussen de afstand van het doel aan de actieve zone van de sensor (S) en het wijzigen van de capaciteit (C1) is niet lineair.

Hoe groter de afstand tussen sensor en doel, des te minder de capaciteit verandert.

Waarop moet u letten bij installatie?

>> Capacitieve sensoren kunnen bondig en niet-bondig gemonteerd worden. Dat wil zeggen dat de sensorkop gelijk met of boven het montagevlak wordt gemonteerd. Het detectiebereik wordt groter bij een niet-bondige montage.

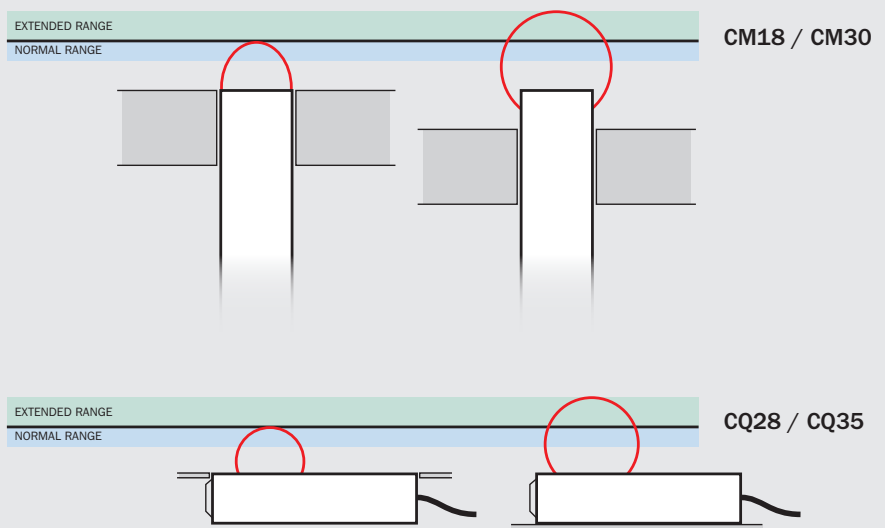
De capaciteit kan worden beschreven met de volgende formule:

$$C = \epsilon r * A/d$$

- ϵr = diëlektrische permittiviteit (diëlektrische constante)
- A = elektrodegebied
- $1/d$ = afstand tussen elektrodes

Hoe groter ϵr , hoe groter de A of hoe kleiner de d, des te groter de verandering in capaciteit, en des te gemakkelijker een object te detecteren is. Aarding vergroot de werkingsafstand en dus de betrouwbaarheid van detectie.

Detectiebereik van capacitieve sensoren (DIN nl 60947-5-2)



Waarop moet u letten bij installatie?

Berekening van de zekere schakelafstand:

$$S_a = S_n (\text{min}) \times 0,81 \times K_w$$

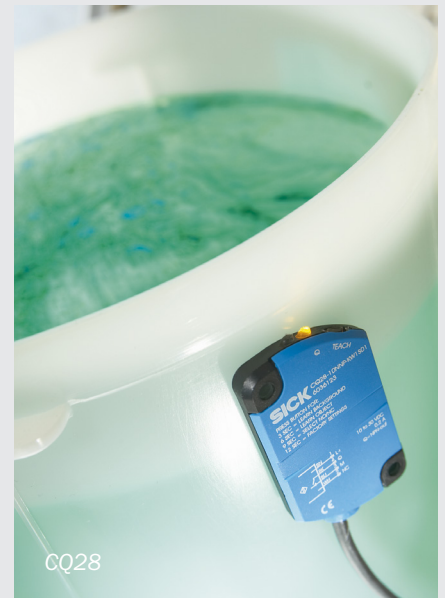
S_a = zekere schakelafstand
S_n = nominale schakelafstand
0,81 = zekerheidsfactor
K_w = materiaal correctiefactor

Voor verschillende materialen

Capacitieve sensoren zijn ideaal voor niveau- en toevoercontrole. Bij solide materialen zoals papier of hout, maar ook korrels of vloeistoffen, detecteren ze op betrouwbare wijze de status van het product tijdens het productieproces en tijdens de eindcontrole. De sensoren zijn ook bijzonder bestand tegen storingen. Onzuiverheden, verontreiniging, stof en deeltjes in de lucht hebben weinig effect

op de sensoren. Ze bieden daarnaast maximale immuniteit voor elektromagnetische interferentie. Geen wonder dat ze worden gebruikt door de meest uiteenlopende industrieën en sectoren.

Materiaal	diëlektrische permittiviteit ϵ_r	Materiaal correctiefactor K_w
Metaal	80	1,00
Water	80	1,00
Alcohol	30	0,70
Glas	8	0,60
Keramiek	7	0,50
PVC	6	0,40
IJs	5	0,35
Olie	2	0,25



Wat capacitieve sensoren uniek maakt

Detectie helemaal door het materiaal	Detectie van (bijna) alle materialen	Hoge elektrostatische en elektromagnetische compatibiliteit	Vuile/zware omgevingsomstandigheden	Relatief grote operationele afstanden met een compact ontwerp
<p>Wanddiktes van 10 tot 20 mm zoals bij plastic of glazen containers zijn geen enkel probleem.</p>	<p>Hout, papier, metaal, kunststof, vloeistoffen, korrels.</p>	<p>Dankzij Tripleshield-technologie.</p>	<p>Zeer goed bestand tegen trillingen, stof, vuil enz.</p>	<p>Tot 25 mm S_n, CM30 en CQ35.</p>

Een wereld aan toepassingen

Capacitieve sensoren zijn de oplossing voor vele toepassingen – ongeacht of het nu gaat om metalen, niet-metalen, vaste, vloeibare, compacte, gegranuleerde of poedervormige stoffen en materialen. Met capacitieve sensoren kan bijna alles worden gedetecteerd.

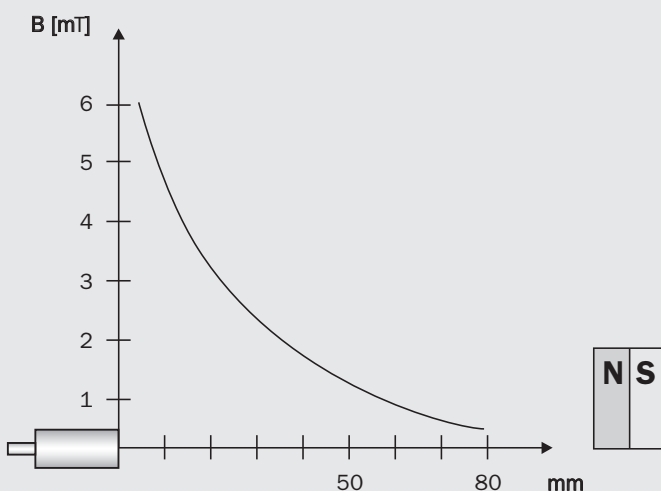
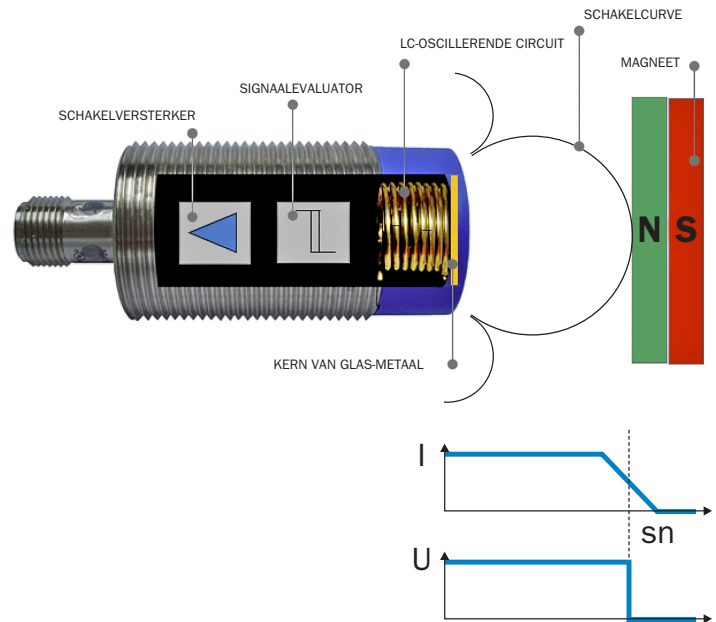
- **Levensmiddelen- en drankenindustrie:** niveaucontrole en detectie van vloeistoffen of van poeder; verificatie van inhoud in flessen; enz.
- **Kunststof-/rubberindustrie:** niveaucontrole en detectie van granulaten
- **Industrie rondom materiaalhandling:** detectie en tellen van objecten van verschillende materialen
- **Houtindustrie:** aanwezigheidsdetectie en dikte van hout

3 Magnetische sensoren, hoe werken ze?

>> Net zoals inductieve sensoren hebben magnetische sensoren een LC oscillerende kring, een signaalevaluator en een schakelversterker. De sensoren hebben een kern (strook) van magnetisch materiaal op een glasplaat. De kern wordt magnetisch zeer snel verzadigd als een magneetveld wordt toegepast, bijvoorbeeld wanneer een magneet dichtbij wordt gebracht. De wervelstroomverliezen verzwakken de oscillerende schakeling en dempen de oscillerende werking. Hierdoor wordt de uitgang geschakeld.

Voordeel van deze technologie is dat er grote detectiebereiken (tot 120 mm) mogelijk zijn, zelfs met kleine sensoren. Magnetische sensoren zijn ideaal voor detectie door andere materialen zoals hout, kunststof en papier en voor detectie door materialen met een hoge tolerantie waarbij de begin- of eindpositie niet altijd nauwkeurig is. Ook zijn deze sensoren ideaal voor detectie van objecten die niet stabiel zijn. Magnetische sensoren zijn helemaal op hun plek in zware industriële omgevingen met stof, vuil, vocht, trillingen etc. Voorwaarde – en daardoor een minpunt – is dat er altijd een magneet moet worden gemonteerd op het te detecteren object.

Om magnetische sensoren te laten schakelen, worden meestal permanente magneten gebruikt. Zij bevatten magnetisch harde stoffen, denk aan staal gelegeerd met andere metalen zoals aluminium, kobalt- en nikkelproducten. Magnetisch hard ferriet met vergelijkbare eigenschappen kan ook worden geproduceerd van gesinterde verbindingen met ijzeroxide en andere metaaloxiden.



Detectiegevoeligheid

De detectiegevoeligheid is van toepassing op beide magnetische veldpolen zonder externe veldinmenging. In industriële omgevingen en industriële installaties worden externe magnetische velden veroorzaakt door het aards magnetisch veld, elektrische geleiders, magnetische spoelen, permanente magneten en stalen objecten met residueel magnetisme. Aangrenzende delen van ijzer kunnen de externe interferentie verhogen of een beschermend effect hebben. Externe magnetische gebieden zijn meestal voortdurend of periodiek effectief, waarmee dus rekening moet worden gehouden.

Magnetische inductie

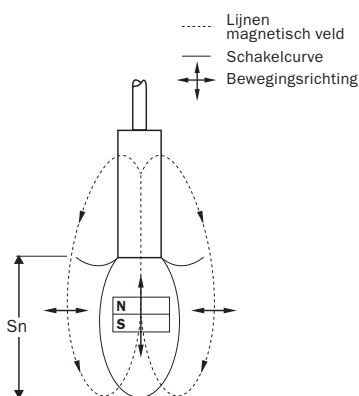
Magnetische inductie geeft de sterkte van het magnetisch veld weer uitgedrukt in Tesla (T). De grafiek hiernaast toont de magnetische inductie in verhouding tot een functie van de afstand met een bedieningsmagneet. Een oxide magneet gemaakt van bariumferriet met een afmeting van 30 mm in diameter en 10 mm in hoogte (M 4.0) wordt gebruikt als de standaardmaat.

Benaderingsvelden

Bij magnetische sensoren is het belangrijk om te weten dat de uitlijning van de magneetas ten opzichte van de sensoras de werkfstand kan veranderen. We maken een onderscheid in twee situaties, waarbij de sensoras en de magneetas met elkaar zijn uitgelijnd.

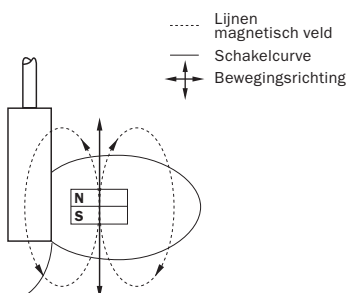
Situatie 1:

De sensor reageert zodra de magneet binnen de schakelcurve komt. De magneet kan de magneetsensor axiaal benaderen (in de lengte richting van de sensor) of radiaal (loodrecht op de lengterichting). De werkfstand in de axiale richting is groter dan in de radiale richting.



Situatie 2:

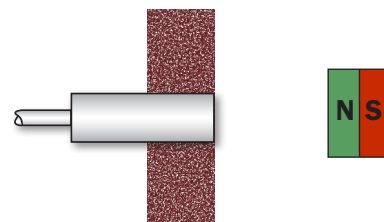
De sensor reageert als de magneet de schakelcurve lateraal (aan de zijkant) benadert. Als de sensor de schakelcurve verlaat, schakelt de sensor weer terug.



Waarop moet u letten bij installatie en typekeuze?

Bondige sensormontage:

Magnetische sensoren kunnen bondig worden gemonteerd in alle materialen en metalen (met uitzondering van magnetiseerbaar materiaal) zonder eventuele schadelijke gevolgen voor de werkfstand.

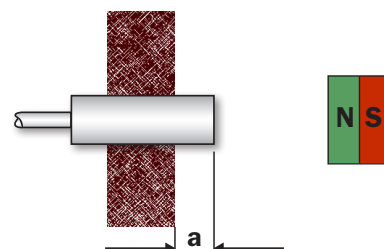


Niet-bondige sensormontage:

De tabel toont hoeveel de magneetsensor moet uitsteken, wanneer deze wordt geïnstalleerd in magnetiseerbaar materiaal. Hierdoor wordt een vermindering in schakelafstand van meer dan 5% vermeden.

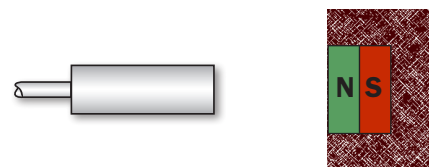
Standaard magneet MAG-3010-B (M 4.0)

Model	Vrije zone (a)
MM08-60A-...	10 mm
MM12-60A-...	10 mm
MM18-70A-...	15 mm
MQ10-60A-...	10 mm



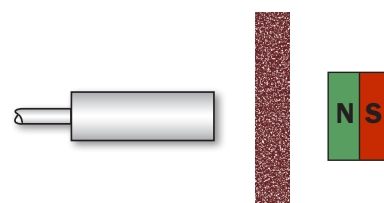
Bondige magneetmontage:

De werkfstand wordt verlaagd tot zo'n 60%, als de magneten in magnetiseerbaar materiaal zijn geïnstalleerd.



Penetratie van materiaal:

Aangezien magnetische velden door niet-magnetiseerbare materialen heen komen, zijn magnetische sensoren geschikt om magneten achter een non-ferro metaal, plastic of houten paneel te detecteren.



Montage op magnetiseerbaar materiaal:

Montage van de magneten op magnetiseerbaar materiaal vergroot de werkfstand.

