



**M.H. Trompstraat 6**  
**3601 HT Maarssen**  
**The Netherlands**  
**Tel: + 31 (0) 346 284004**  
**Fax: + 31 (0) 346 283691**  
**Email: [info@totech.nl](mailto:info@totech.nl)**  
**Web: [www.totech.nl](http://www.totech.nl)**  
**CoC: 30169033**  
**VAT: NL1731.97.863.B.01**

## ***Elektromagnetisme voor Antennes en Elektronica.***

### ***Inleiding.***

Elektriciteit is niet meer weg te denken uit ons dagelijks leven (het zit zelfs in ons eigen lijf). We weten ook dat elektriciteit gevaarlijk kan zijn (elektrische schok, bliksem). Ontwikkeling van elektronische en elektrotechnische producten kon pas goed op gang komen nadat men elektromagnetisme goed begreep. Maxwell vatte veel onderzoek van anderen samen in 4 vergelijkingen welke bekend staan als de *vergelijkingen van Maxwell*. Deze vergelijkingen beschrijven het gedrag van elektrische en magnetische velden, en de interactie tussen beide velden.

Het aantal apparaten en systemen waarin elektriciteit/elektronica een belangrijke rol speelt groeit nog steeds. De dichtheid aan apparatuur is inmiddels zo groot, dat onderzoek uitgevoerd wordt naar de mogelijke gevaren van blootstelling aan door (radio)systemen opgewekte elektromagnetische velden.

Voor een ieder die te maken krijgt met EM-velden (elektronica, elektrotechniek, installatietechniek, chemie, medische wereld, EMC, etc) is basiskennis van elektromagnetische verschijnselen van belang. Met deze kennis zijn veel zaken makkelijker te begrijpen. De praktijk leert echter dat mensen die zich gaan verdiepen in (RF) elektronica, EMC, energieconversie of antennes, vaak parate kennis op het gebied van elektromagnetisme tekort komen. Men heeft geen EM-veld theorie in de vooropleiding gehad, of men heeft er te lang niets mee gedaan waardoor de kennis weggezaakt is.

De praktijkgerichte cursus "Elektromagnetisme voor Antennes en Elektronica" is de manier om (weer) snel over de vereiste kennis te beschikken. De cursus is ontstaan naar aanleiding van praktijkervaring opgedaan tijdens het geven van antenne cursussen en uitvoering van adviestrajecten.

De cursus wordt uitsluitend aan kleine groepen gegeven waardoor de interactie tussen cursist en docent groot is. Dit is bijna garantie op efficiënte kennisoverdracht, en biedt alle ruimte voor het behandelen van praktijksituaties.

## **Voor wie is deze cursus bedoeld?**

Deze cursus is bedoeld voor mensen die al enige kennis hebben van elektriciteit/elektronica, maar deze kennis willen verrijken met kennis van het elektromagnetische veld (EM-veld). Om een indruk te geven, onderstaande personen hebben baat bij deze cursus:

- Mensen betrokken bij het ontwerp van antennes (zowel RF als inductieve antennes),
- elektronicaontwerpers (zowel analoog als high-speed digital),
- elektrotechnici,
- ontwerpers van vermogenselektronica,
- ontwerpers van inductieve componenten (spoelen, transformatoren, etc),
- EMC technici (zowel correctief als preventief),
- meettechnici,
- mensen betrokken bij het bepalen van blootstelling aan EM-velden.

Deze cursus kan zowel gegeven worden met en zonder het gebruik van hogere wiskunde en/of complexe rekenwijze.

## **Leerdoelen.**

Na het volgen van deze cursus:

- Bent u bekend met veldbegrippen en analogie met bijvoorbeeld stromingsvelden (continuïteit van velden, divergentie, energieaspecten).
- Bent u bekend met het elektrisch en magnetisch veld (E-, H-, D-, J-,  $J_d$ -, B-veld), materiaaleigenschappen (polarisatie, "geleiding" voor veldlijnen en  $\epsilon$ ,  $\mu$ ), elektrische en magnetische inductie, gedrag op mediumovergangen (bijv lucht-plastic of lucht-ferriet), veldenergie en natuurlijk elektromagnetische krachtwerking.
- Bent u bekend met de voorstellingen van wisselstroom en -spanning, het gedrag van wisselende velden (E, D,  $J_d$ , H, B-veld, inductie en zelfinductie), het gedrag van weerstand, spoel en condensator (zowel voor schakelverschijnselen als sinusvormige signalen), werkelijk, schijnbaar en blind vermogen.
- Bent u bekend met specifieke AC/HF aspecten van het EM-veld in en rond materialen (skin effect, wervelstromen, afname van schijnbare permeabiliteit, complexe permeabiliteit en permittiviteit (diëlektrische constante)).
- Bent u bekend met golven in kabels (golflengte, voortplantingssnelheid, karakteristieke impedantie, reflectie, kabeldemping, VSWR, return loss) en Poynting vector,
- Bent u bekend met de eigenschappen van vlakke EM-golven, hoe zij zich gedragen in materialen (complexe propagatieconstante); sferische propagatie ( $1/r^2$  relatie) en interferentie van golven (versterking versus verzwakking/uitdoving).
- Kent u de Engelstalige benamingen voor EM-veld gerelateerde begrippen.
- Bent u in staat om van een kern met wikkeling de zelfinductie en maximale stroom te berekenen (ook met luchtspleet).
- Bent u bekend met de "ICNIRP Guide lines" ten aanzien van blootstelling aan wisselende elektrische en magnetische velden en de effecten van stroomdoorgang op het menselijk lichaam.

## **Vereiste Voorkennis.**

Cursisten dienen minimaal een MBO denk- en werkniveau te hebben in een technische richting. Als indicatie, cursisten dienen bekend te zijn met:

- Wiskunde (lineaire en kwadratische functies, functies  $\sin(x)$ ,  $\cos(x)$ ,  $\tan(x)$ ,  $e^x$ ,  $10^x$ ,  $\ln(x)$ ,  $\log(x)$ ),
- Begrippen stroom, spanning, weerstand en Wet van Ohm, vermogen, energie, kracht,
- Engelse taal (redelijke leesvaardigheid omdat een deel van het cursusmateriaal Engelstalig is (ongeveer 10%)).

Indien het gebruik van hogere wiskunde wordt overeengekomen (integreren, differentiëren, complexe rekenwijze), dienen cursisten daarmee bekend te zijn.

Vermoedt u een leemte in uw parate kennis? Twijfel dan niet en neem contact op met TeTech. Voorafgaande aan de cursus kunnen extra dagdelen ingelast worden om u optimaal voorbereid aan deze cursus te laten beginnen. Als de cursusgroep klein is, kan meestal extra aandacht aan wiskunde en rekenen geschonken worden tijdens de cursus (zonder dat dit opvalt).

## **Cursusinhoud.**

### *Inleiding.*

krachtwerking; krachtwerking in 3D ruimte; beweging en oorzaak-gevolg discussie; concept van veld (veldlijnen, bundels, stralen, sturend en resulterend veld); continuïteit van velden; krachtveld van elektron, idee achter elektrisch veld (E-veld), energie en de Volt; superpositie van velden; inwendig en uitwendig product; het idee achter het magnetisch veld (H-, B-veld); krachtwerking van magnetisch veld en complete Lorentz formule; belang van krachtwerking in dagelijks leven.

### *Eenvoudig elektrisch circuit en gesloten hydraulisch systeem.*

Analogie tussen drukgradiënt en elektrisch veld (E-veld), en volumedebiet en elektrische stroom; Wet van Ohm, wetten van Kirchhoff; superpositie; rekenen aan eenvoudige netwerken (maasmethode en knooppuntmethode); niet-lineair gedrag.

### *Velden en materiaaleigenschappen*

Elektrisch veld (E-veld) en spanning; veldsterkte in geleider; J-veld (stroomdichtheid) en specifieke geleiding; (isolatie)materialen; weerstand; gedrag op mediumovergangen; elektrische inductie;

D-veld (diëlektrische verplaatsing) samendrukbaarheid van lading; verplaatsingsstroomdichtheid ( $J_D$ -veld); polarisatie en diëlektrische constante; gedrag op mediumovergangen;

magnetische inductie; polarisatie en permeabiliteit; magnetisch veld (fluxdichtheid, B-veld) en magnetiserend/magnetisch veld (H-veld); Wet van Biot en Savart en relatie tussen H-veld en stroom; magnetische materialen (hysteresislus, verzadiging, lineariteit, curietemperatuur); reluctantie (magnetische weerstand); magnetische inductie in lusje.

Overzicht en overeenkomsten tussen elektrisch en magnetisch veld.

Berekening van zelfinductie van spoelen op ferriet kernen met gebruik van de Wet van Hopkinson (zowel met als zonder luchtspleet).

### *Sinusvormige spanning en stroom*

Voorstelling sinusvormige signalen (frequentie, amplitude, beginfase, phasor diagrammen, I en Q componenten, complexe amplitude); sommatie (superpositie) van sinusvormige signalen (zowel in tijddomein als met phasors); Impedantie en weerstand; vermogensdefinities en effectieve waarde; gedrag op differentiërende en integrerende overdracht.

### *Componenten en specifieke HF aspecten*

Eigenschappen van spoel en condensator voor sinusvormige signalen en transiënten; verplaatsingstroom (capacitieve stroom); enkele formules voor spoelen en condensatoren; indringdiepte (skin effect); inductie van wervelstromen; schijnbare permeabiliteit; veldverloop rond om geleidende obstakels in een magnetisch veld; magnetisch moment t.g.v. wervelstromen in slechte en goede geleiders.

### *Golfverschijnselen.*

Kabel als continu vertraginglijn; karakteristieke impedantie; uitbreidingsnelheid; misaanpassing; reflectiecoëfficiënt; VSWR; Return Loss; kabelverliezen; Parallele plaat transmissielijn en vlakke elektromagnetische golven (vlakke EM golven); radiogolven en straling, vermogensdichtheid (Poynting Vector); polarisatie; sferische golfuitbreiding; propagatie in verliesgevende materialen (complexe propagatieconstante);

### *Stralingsveiligheid.*

Effecten van stroomdoorgang door het menselijk lichaam; korte tour door het ICNIRP document en enkele voorbeelden (Dit is een must in geval van Antennes welke op het lichaam worden bevestigd en in geval van hoog vermogen toepassingen).

Alle onderwerpen worden behandeld aan de hand van een combinatie van theorie, tot de verbeelding sprekende voorbeelden en oefeningen (zowel theoretisch als praktisch). Zowel de voorbeelden als oefeningen worden aangepast op de werksituatie en verschillen per cursus.

Deze cursus kan uitgebreid worden aan de hand van uw wensen, denk bijvoorbeeld aan transformatoren of het meten van elektrische en magnetische velden.

Iedere cursist ontvangt een speciaal voor deze cursus geschreven hand-out, bestaande uit ongeveer 140 pagina's (in de verhouding 70% Nederlandse tekst, 10% Engelstalige tekst, en 20% afbeeldingen).

Deze cursus kan afgesloten worden met een examen.

## **Locatie, data en aantal deelnemers.**

Deze cursus wordt doorgaans in-company gegeven. De cursus kan zowel overdag als in avonden gegeven worden.

Afhankelijk van het programma, diepgang en de voorkennis van de cursisten, zijn 3 tot 8 dagen benodigd (voor de standaard cursus). De voorkeur gaat uit naar spreiding van de cursusdagen over bijvoorbeeld 2 of 3 weken. Dit om de cursisten de gelegenheid te geven de behandelde stof eigen te maken. Er wordt aanbevolen om maximaal 8 personen per sessie mee te laten doen.

## **Kosten.**

De kosten bedragen in orde van E 850,-- per volledige cursusdag (excl. kosten van vervoer), vermeerderd met eenmalig E 46,-- per cursist.

De volgende kortingsregeling is van toepassing (bedragen excl. kosten van vervoer):

3 cursusdagen kosten E 2295,-- (u betaalt 2.7 dagen)

4 cursusdagen kosten E 2975,-- (u betaalt 3.5 dagen)

5 cursusdagen kosten E 3570,-- (u betaalt 4.2 dagen)

6 cursusdagen kosten E 4250,-- (u betaalt 5.0 dagen)

De definitieve prijs wordt in overleg bepaald. Indien een programma van 4 dagen opgesteld wordt voor 4 personen, bedraagt de totale kostprijs in orde van E 850,--/persoon.

## **Interesse gewekt?**

Neemt u dan contact op met TeTech. Deze cursus kan aangepast worden aan uw specifieke behoeften. Dit houdt in dat als u geïnteresseerd bent in vermogenselektronica, u niet overladen wordt met aspecten die speciaal van belang zijn voor (bijvoorbeeld) antenneontwerp. TeTech neemt uw behoeften graag met u door. Indien gewenst, zet TeTech ze om in een cursus die u helpt uw doelen te bereiken.

Deze cursus bestrijkt slechts een klein deel van de expertise van TeTech. TeTech heeft diverse andere cursussen die betrekking hebben op deze cursus. TeTech kan ook uw opleidingswensen vervullen op het gebied van Elektronicaontwerp (Systeem- & Componentniveau) en Signaalbewerking.

juni 2009, V1.1.