

# Elektrotechniek in de scheepvaart

Eenvoudige schepen worden vrijwel allemaal in Azië gebouwd. Maar ook casco's komen meer en meer uit het oosten om in Nederland afgebouwd te worden. Nederland bouwt vooral complexe schepen, luxe jachten, defensieschepen en offshore-installaties. De scheepsbouw met de toelevering is een belangrijke speler in de Nederlandse maakindustrie. Betrouwbare elektrische installaties zijn cruciaal voor een veilig, economisch en comfortabel gebruik van schepen. Navigatie, besturing, aandrijving, transportsystemen, zoals kranen op werkschepen, liften en alle mogelijke veiligheidssystemen, zijn afhankelijk van elektriciteit. Bij maritieme installaties staat bedrijfszekerheid centraal in een vaak agressief milieu en onder trillende condities.

Ing T. (Theun) Krist, Imtech Marine, en ing J. (Johan) van den Brink, Econosto

Elektrische systemen aan boord zijn te onderscheiden in essentiële en niet essentiële systemen. Essentiële systemen zijn bedoeld om schepen stabiliteit te geven en zich veilig te verplaatsen. Aan boord vallen bijvoorbeeld navigatiesystemen, stuurmachines, brandmeld- en blussystemen, navigatieverlichting en lenspompen onder essentiële installaties. De elektrische installaties voor deze systemen worden dan ook redundant uitgevoerd. De stroom wordt opgewekt met dieselelectrogeneratoren. Vanuit het oogpunt van bedrijfszekerheid (redundantie) worden er altijd meerdere generatoren opgesteld, veelal verdeeld over de een voor en achter machinekamer. Een noodgenerator voor het voeden van de essentiële systemen wordt in een separate ruimte opgesteld. Op moderne schepen wordt voor vrijwel alle toepassingen driefasen wisselspanning gebruikt met een frequentie van 60 Hz. Op grote cruiseschepen wordt soms een spanning van 11 kV gebruikt maar een spanning van 6,6



-Figuur 1- Generator opstelling (foto Imtech Marine)

kV is meer gebruikelijk. 3,3 kV komt ook wel voor op de wat kleinere schepen. Deze hoge spanning wordt getransformeerd naar 690 V, 440 V of 230 V. Op marineschepen komt ook 115 V voor. Motoren van ventilatoren, pompen etc. werken vrijwel altijd op 440 V draaistroom. Motoren van grote hijswerktuigen etc. werken op een hogere spanning. De hoogspanningstransformatoren worden meestal in een afgeschermd kooi in de laagspanningsschakelbordruimten geplaatst.

## ■ AARDING

Een wezenlijk verschil met gebouwinstallaties is de aarding. Bij stalen schepen dienen de scheepshuid en scheepsconstructie als aardgeleider. Apparatuur wordt extern geaard met een aardlitze of aardkabel. Dit geldt voor de veiligheidsaarding en voor de hoogfrequentiaarding. De aardgeleider moet zo kort mogelijk, doorgaans <300 mm, naar de scheepsconstructie worden geleid. Deze geleider moet herkenbaar en inspecteerbaar zijn. De driefase apparatuur wordt dan met een 3-aderige kabel aangesloten en enkelfase met een 2-aderige kabel. Voor verlichting wordt vaak wel een aarde meegetrokken, omdat armaturen dikwijls niet binnen 300 mm van een constructiedeel worden geplaatst.

Aluminium schepen of aluminium opbouwen in stalen schepen kunnen als opofferingsanode gaan werken als er lekstromen door het aluminium gaan lopen. Daar wordt dan wel een aparte aarde aangebracht.

## ■ WALSTROOM

Aangemeerde schepen laten dieselmotoren liever niet draaien voor de elektriciteitsopwekking. Met name cruiseschepen zijn grootverbruikers van stroom. Dit geeft een uitstoot van  $SO_x$ ,  $NO_x$  en  $CO_2$ . Om deze uitstoot te beperken wordt er walstroom gebruikt. Omdat de meeste schepen werken met een netfrequentie van 60 Hz moet deze frequentie worden omgevormd. Hiervoor is een shore convertor aan boord die van elke willekeurige walspanning een voor het schip geschikte spanning maakt met een frequentie van 60 Hz. Op dit moment wordt er een drijvende energiecentrale ontwikkeld, die naast een cruisschip kan worden aangemeerd. Deze centrale gebruikt LNG als brandstof en levert de spanning zoals een groot cruiseschipschip het nodig heeft: 11 kV spanning en een frequentie van 60 Hz. Door het gebruik van LNG wordt de uitstoot van schadelijke stoffen enorm beperkt.

## ■ AANDRIJVING

De aandrijving van schepen gebeurt meer en meer elektrisch. Bij scheepstypes zoals



-Figuur 2- POD, een elektromotor in een waterdicht huis (foto Imtech Marine)

roll-on-roll-off (ro-ro) schepen is de hoogte voor de hoofdmotor(en) beperkt. Een diesel-elektrische voortstuwing heeft het voordeel dat een grote ontwerpvrijheid ontstaat, omdat de opstelplaats van de generator niet meer in de nabijheid van de schroefas hoeft te zijn. De elektromotor kan dan op de voor de aandrijving technisch gunstigste plaats worden opgesteld. Daarnaast is er een kostenvoordeel. Normaal wordt een hoofdmotor geselecteerd op het maximaal benodigde vermogen, maar dit vermogen wordt zelden gebruikt. De motor draait daardoor meestal op deellast in een ongunstig werkpunt. Dit betekent extra brandstofverbruik en extra emissie. Bij diesel-elektrische voortstuwing kan het benodigde vermogen worden opgewekt met meerdere kleine generatoren. Deze worden dan niet alleen voor de aandrijving gebruikt maar ook voor de overige elektriciteitsvoorziening. Deze generatoren kunnen zo worden geselecteerd dat deze optimaal werken bij de gebruikelijke bedrijfstoestanden (vaarsnelheid). Voor maximaal vermogen wordt dan een extra generator ingeschakeld. De investering in meerdere kleine generatormotoren is lager dan in één grote hoofdmotor. Daarnaast zijn brandstofbesparingen tot 20% mogelijk.

Werk schepen voor de offshore moeten vaak op één plaats blijven liggen met een grote nauwkeurigheid. Denk hierbij aan werkschepen

met een hijskraan, pijpen- of kabelleggers of boorschepen. Er zijn ook schepen waar juist een grote wendbaarheid van belang is. Hiervoor worden POD's gebruikt.

Een POD is een elektromotor in een waterdicht huis die draaibaar onder het schip is geplaatst. Door meerdere POD's te gebruiken en die te koppelen aan een nauwkeurig Dynamisch Positionerings Systeem (DPS) kan een nauwkeurige positionering worden bereikt c.q. koers worden gevaren. Gezien de grote vermogens is de werkspanning 6,6 of 3,3, kV en de stuwkrachtregeling gebeurt dit met frequentieregelaars. Er wordt op dit moment een schip gebouwd met 12 POD's van elk 5,5 MW. Ook in luxe jachten en in de cruisevaart wordt elektrische voortstuwing toegepast. Hier beperkt de elektrische aandrijving de trillingen, waardoor het schip stiller en wendbaarder wordt. Ook behoeft er minder te worden geankerd, omdat bijvoorbeeld voor een zwempartij bij een mooi rif het schip door het DPS in positie wordt gehouden.

## ■ STABILISATIE

Op schepen waar hoge eisen aan het comfort worden gesteld of waar dit voor de werkzaamheden nodig is, kan stabilisatie worden toegepast. Hiervoor worden aan de zijkant van het schip beweegbare vinnen aangebracht. Helling en versnellingsensoren registreren



-Figuur 3- Brug van een schip  
(foto Imtech Marine)

de beweging van het schip en berekenen de gewenste stand van de vinnen. Deze worden dan zo versteld dat een aan de beweging van het schip tegengestelde kracht wordt opgewekt. Hierbij worden grote krachten uitgeoefend op de romp van het schip. Voor sommige scheepstypes is stabilisatie ook mogelijk door corrigerende bewegingen te maken met het roer. De stuurmachine wordt dan mede aangestuurd vanuit de stabilisatieregeling (rudder roll control)

### ■ BRUG EN NAVIGATIE

Allereerst is de navigatieverlichting nog steeds van belang voor de zichtbaarheid van het schip. Dit mag niet dimbaar zijn, behalve op marineschepen waarop dit in oorlogstijd nog wordt toegestaan. Het van oudsher bekende kompas is nog steeds aan boord in de vorm van een girokompas.

De radar is opgesplitst in een radar voor de korte afstand en een radar voor de lange afstand. Op het radarbeeld is onderliggend de zeekaart geprojecteerd. Een GPS bepaald continu de positie van het schip. Ook is een Automatic Identification Systeem (AIS) aan boord dat met snelheidsafhankelijke tussenposen de positie, de snelheid en andere relevante informatie over het schip uitzendt. U kunt schepen zelf volgen met het op AIS gebaseerde [www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com).

Het sturen gebeurt met joysticks die de stuurmachine(s) aansturen. Het grootste deel

van de tijd wordt gevaren met behulp van een stuurautomaat. Verder is er satellietapparatuur aanwezig voor wereldwijde communicatie.

De grote hoeveelheid informatie wordt door het geïntegreerde brugsysteem geselecteerd en op enkele schermen zichtbaar gemaakt. Verder zijn er schermen waarop informatie van alle systemen uit te lezen is vergelijkbaar met een gebouwbeheersysteem. Omdat er verschillende systemen aan boord zijn die een andere output hebben, worden er hoge eisen gesteld aan de kennis van interfaces en het visualiseren van de informatie. Op alle kritische plaatsen in het schip zijn sensoren aangebracht voor bijvoorbeeld water, gasen of brand. In onbemande machinekamers en op kritische plaatsen zijn daarnaast CCTV-camera's geplaatst, zodat vanaf de brug ook visueel toezicht mogelijk is.

### ■ KABELMANAGEMENT

In een sector waarin de Nederlandse maritieme industrie sterk is, middelgrote complexe schepen, wordt 250 tot wel 600 km kabel per schip gelegd. In een beetje schip worden 300 verschillende kabeltypen gebruikt. In een vroegtijdig stadium worden de tracés van de kabelbanen vastgelegd. Kabelbanen mogen niet te dicht op de huid van het schip worden geprojecteerd, omdat bij een aanvaring de systemen moeten blijven werken. Er wordt rekening mee gehouden dat kabels van

essentiële systemen niet door machinekamers, kombuizen of andere brandgevaarlijke ruimtes lopen en met de zone-indeling van het schip in waterdichte of brandcompartimenten. Met redundantie moet rekening worden gehouden en vaak moeten brandvertragende kabels worden gebruikt. Er wordt veel data verzonden, zodat ook met stoorsignalen rekening moet worden gehouden. Daarom wordt er op grote schaal glasvezelkabel gebruikt voor data-overdracht. Omdat schepen nu eenmaal trillen worden er alleen soepele kabels toegepast, omdat vaste geleiders door het trillen breken. Het gevaar van trillen is opgedeeld in verschillende klassen, met eisen per klasse. Aan boord van defensieschepen worden panelen zelfs verend opgesteld, in verband met schokkeisen. De kabels worden vooral bevestigd aan vastgelaste ladderbanen en gelaste kabelstrips. Deze ladderbanen en strips worden bij voorkeur tijdens de cascobouw en voor het conserveren vast gelast, evenals de kabeldoorvoeren. De kabels door de schotten moeten zodanig worden doorgevoerd dat ze bestand zijn tegen een druk van 10 mwk en een brandwerendheid hebben van minimaal 60 minuten. De schotdoorvoeren kunnen niet willekeurig worden aangebracht. Om de schepen zo licht mogelijk te houden zijn de gebruikte staaldiktes minimaal en zal de scheepsconstructeur de schotdoorvoeringen narekenen.

Aan de werkvoorbereiding en de logistiek worden hoge eisen gesteld. Om de onderhoudskosten zo laag mogelijk te houden worden aan de juiste montage maar ook aan de labeling en de documentatie hoge eisen gesteld.

### ■ ENTERTAINMENT

In de luxe jachtbouw worden er hoge eisen gesteld aan de entertainmentsystemen. Grote beeldschermen, topkwaliteit muzieksystemen, snelle datanetwerken gekoppeld aan satellietontvangst- en zendapparatuur etc. In de luxe jachtbouw kan 20% van de bekabeling bestemd zijn voor het entertainmentsysteem. Draadloze communicatiesystemen aan boord vragen soms meer bekabeling dan bedrade systemen. Daar elk deel van een schip een kooi van Faraday is, moet in elke 'hut' of 'gang' een bekabelde repeater worden geplaatst.

### ■ TOT SLOT

De aanleg van elektrische installaties in de scheepsbouw en offshore is een aparte discipline en niet te vergelijken met de aanleg van installaties in de utiliteit. Er is veel ervaring nodig, de kwaliteitseisen zijn hoog en de kwaliteit en veiligheid van de installaties worden gecontroleerd door een surveyer van het klassenbureau.