

# System Safety Assessment for Electro Motors (samenvatting)

*Reinier van Golen*

Het Dutch Electric Aviation Centre (DEAC) is een kenniscentrum voor elektrische luchtvaart in Nederland welke gestart is in Februari van 2019. DEAC heeft als doel vluchten uit te voeren met een gehybridiseerde Cessna 377 Skymaster om zo informatie te vergaren over duurzame luchtvaart en deze kennis op één locatie te verzamelen in de hoop de ontwikkeling van duurzame luchtvaart vooruit te helpen, te beginnen met de algemene luchtvaart. DEAC heeft Reinier van Golen de opdracht gegeven om de beschikbare methoden voor de System Safety Assessments te analyseren. Dit is van belang voor DEAC, zodat later vanuit het perspectief van de System Safety Assessment (SSA) kan worden bepaald welk elektrisch voortstuwingssysteem het meest geschikt is voor de duurzame algemene luchtvaart. Dit rapport geeft een antwoord op de opdracht om informatie te verzamelen over systeem veiligheidsbeoordelingen.

In het theoretisch kader wordt besproken dat de elektromotorische principes die geanalyseerd zijn voor de verdere analyse in een System Safety Assessment (SSA) de Switched Reluctance Motor (SRM) en de Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) zijn. De PMSM werd als eerste motor principe geselecteerd. Deze selectie is gemaakt op basis van informatie uit eerder onderzoek van R. Verheijen (2020). De PMSM heeft meer gunstige eigenschappen in vergelijking met de SRM wanneer de fondsen beschikbaar zijn voor een PMSM, omdat de PMSM over het algemeen aanzienlijk duurder is. De wettelijke vereisten die het veiligheidsniveau aangeven dat van het voortstuwingssysteem wordt verlangd, zijn nog niet volledig ontwikkeld voor de elektrische voortstuwingssystemen voor de General Aviation/Kleine Luchtvaart. De wettelijke vereisten zullen hoogstwaarschijnlijk vergelijkbaar zijn met en afgeleid zijn van de huidige voorschriften die worden voorgeschreven voor conventionele voortstuwingssystemen en elektrische systemen.

De System Safety Assessment-methode waarvan is vastgesteld dat deze de betere optie is voor het beoordelen van complexe geïntegreerde systemen, zoals de elektrische voortstuwingssystemen voor de algemene luchtvaart, is de Markov-analyse. De SSA-methoden zijn geanalyseerd aan de hand van industriestandaard documenten Aerospace Recommended Practices (ARP) 4761 en ARP4754. De Markov-analyse is gekozen vanwege een eenvoudigere implementatie van opname van factoren die een extra veiligheidsniveau mogelijk maken in vergelijking met de andere SSA-methoden.

De veiligheidsbeoordelingsprocessen zouden moeten worden uitgevoerd in een toegewijd softwareproduct. Er zouden sjablonen moeten worden gemaakt voor het analyseren van de elektromotorprincipes om de werklast van het repetitieve onderzoek dat nodig is te verminderen. De software van HBM Prensicia, Reliasoft, en ALD zijn vergeleken met elkaar op meerdere factoren. Reliasoft is de betere software om in het veiligheidsbeoordelingsproces te implementeren dankzij een gebruiksvriendelijke grafische gebruikersinterface en betere bruikbaarheid, de kosten van het product zijn niet geanalyseerd in de vergelijking. Er worden geen sjablonen in het rapport verstrekt vanwege ontbrekende informatie en tijdgebrek.

De methode die het meest geschikt is voor de veiligheidsbeoordeling van complexe en geïntegreerde systemen, zoals het elektrische voortstuwingssysteem, is de Markov-analyse. Om de werklast van de SSA te verminderen, moeten sjablonen worden gemaakt wanneer de nodige informatie over de motorarchitectuur beschikbaar is.

## Contactgegevens

Auteur: Reinier van Golen  
 Functie: 3rde Jaar HBO Aviation Engineering Stagiair  
 Organisatie: Hogeschool van Amsterdam  
 E-mail-adres: [reinier.van.golen@hva.nl](mailto:reinier.van.golen@hva.nl) (Ook bereikbaar via [LinkedIn](#))