

## DİNAMİK KONUMLANDIRMA SİSTEMİ

Hakan Akyıldız ve Ayhan Mentеш  
 İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi|  
[akyildiz@itu.edu.tr](mailto:akyildiz@itu.edu.tr), [mentesh@itu.edu.tr](mailto:mentesh@itu.edu.tr)

### ÖZET

Bu çalışmada, bir geminin pozisyon tutma performansı üzerindeki Dinamik Konumlandırma (DK) sisteminin etkileri incelenmiştir. IMO'nun "Dinamik Konumlandırma Sistemlerine Sahip Üniteler ve Gemiler İçin Kurallar (IMO MSC Circ 645, 6 Haziran 1994 ve IMO MSC.1/Circ. 1580, 16 Haziran 2017" kılavuzu dikkate alınarak; DK sisteminin genel özellikleri, DK sistemine sahip gemiler için gerekli kuralların analizi, sistem ve sistem bileşenleri gereksinimlerinin tanımlanması yapılmıştır. Dinamik konumlandırma (DK) sistemine sahip bir geminin, tüm sistem bileşenlerinin tasarımı, kullanım kriterleri ve testleri geminin kendisi, diğer gemiler, personel güvenliği ve çevre için oluşabilecek tüm risklerin azaltılmasında HMEA ve risk yönetim araçlarının kullanımı ve öneminden bahsedilmiştir.

**Keywords:** Dinamik Konumlandırma, Dinamik Konumlandırma Sistemi, HMEA.

### 1. Giriş

Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) Deniz Güvenliği Komitesi (MSC) tarafından uluslararası bir standart sağlamak üzere 1994 yılında DK sistemli gemilerde, "Dinamik Konumlandırma Sistemleri Bulunan Gemiler İçin Kılavuzlar MSC 63" onaylanmıştır (MSC Circ.645, 1994). Mevcut Kılavuz İlkelerin (MSC.1/Circ.1580), 9 Haziran 2017 tarihinde veya daha sonra yapılan gemilere ve ünitelere uygulanması tavsiye edilmektedir. 1 Temmuz 1994 tarihinde veya 9 Haziran 2017'den önce veya daha sonra inşa edilen gemiler ve birimler için, önceki versiyon Rehberin (MSC/ Circ.645) uygulanmasına devam edilebilse de, bu Kılavuzun 4. bölümünün uygun olan tüm yeni ve mevcut gemilere ve birimlere uygulanması tavsiye edilmektedir.

Bir gemi, bulunduğu konumu ve önceden tanımlanmış yönünü ya da rotasını otomatik olarak koruyabiliyorsa DK sistemine sahip bir gemidir. Geminin konumu ve yönü, otomatik olarak kontrol edilebilen sevk sistemi ve iticiler sayesinde sağlanır. Gemi, konumunu ve yönünü kaybederse, DK sisteminin kontrol limitlerinin dışına çıkmış demektir. Dolayısıyla, tanımlanan çevre şartlarında (rüzgâr, dalga, akıntı vb.) konum, yön ya da rotanın korunması DK kontrol sisteminin istenen özelliklerde tasarlanmasına bağlıdır. Bir DK sistemini oluşturan tüm bileşenlerin çalışma toleransları, konum ve yön tutma yeteneklerinin kaybolması durumu ve bunların sonuçlarına göre saptanmalıdır. Dolayısıyla, bir hata oluşması sonucunda sistem ve sistem bileşenlerinin çalışır durumda olması ya da fonksiyonlarını devam ettirme yetenekleri bu toleransların iyi kontrol edilebilmesine bağlıdır. Sistemin çalışabilir durumda tutulması, birden fazla bileşenin, sistemin ya da alternatif bir fonksiyonun devreye alınması gibi yaklaşımlarla sağlanabilir. Fazlalıklı Sistemler (Redundant Systems); herhangi bir arıza oluşumunda bir elemanın veya sistemin işlevini sürdürmesini veya onarmasını sağlama olanağına sahip sistemler olarak tanımlanabilir. Bu olanak; çoklu elemanlar, çoklu sistemler veya bir işlevi görececek alternatif düzenler konulması suretiyle sağlanabilir. Sonuç olarak, DK sisteminin tasarımında EKDS kapsamında sistem bileşenleri için üç farklı donanım (ek

klaslama işaretleri) verilebilir veya tanımlanabilir: DK 1, DK 2 veya DK 3. DK sistemi, yeterli derecede güvenilir konum muhafaza yeteneği sağlayacak tarzda çalışan elemanlar ve sistemlerden oluşmalıdır. Gerekli güvenilirlik, konum muhafaza yeteneği kaybının sonuçlarına göre belirlenir. Daha büyük sonuçlar daha güvenli DK sistemini gerektirir.

- **DK 1 ek klaslama işaretinde;** konum ve yön kaybı tek bir hata oluşması ile meydana gelebilir.
- **DK 2 ek klaslama işaretinde;** konum ve yön kaybı tüm sistem ve bileşenlerinde tekil bir hata oluşması ile meydana gelmez. Hata sonucunda konum tutma yeteneğini etkilemeyecek olan bileşenler pasif ya da durağan bileşenler olarak kabul edilebilir. Bunlar, iklimlendirme ve deniz suyu sistemleri gibi dinamik konumlandırma sistemini ve bileşenlerini doğrudan etkilemeyen sistemlerdir. Ayrıca, otoritenin yaralanma durumunda yeterli güvenliği sağladığı kabul edilirse bu pasif sistemlerin hata oluşturacağı düşünülmez. Tekil hata kriterleri şöyle tanımlanır:
  - Tüm aktif sistem ve bileşenleri (jeneratörler, iticiler, sistem ve bileşen panoları, iletişim ağları, uzaktan kumandalı valfler vb.).
  - Bir hata oluşması durumunda konum tutma yeteneğini etkileyebilecek tüm pasif bileşenler (kablolar, borular, otomatik olmayan valfler vb.) ya da kurallara göre belgelendirilmemiş pasif bileşenler.
- **DK 3 ek klaslama işaretinde;** konum ve yön kaybı tüm sistem ve bileşenlerinde tek bir hata oluşması ile meydana gelmez. Tekil hata kriterleri şöyle tanımlanır:
  - DK 2'de tanımlanmış tüm aktif sistem ve bileşenleri ile sistemi etkileyebilecek pasif bileşenler.
  - Yangın, yaralanma ya da ani su basması durumu için tasarlanan bölmelerdeki tüm bileşenler.

DK 2 ve DK 3 ek klaslama işaretlerinde, istenmeyen ya da hesapta olmayan tek bir durum eğer olası kabul edilebilir bir durum ise tek bir hata olarak düşünülmelidir. EKDS düşünülerek bu durum sonuç analizi için kriter olarak kullanılmalıdır. Sonuç analizi, bir geminin konumunu muhafaza edebilmesi için sürekli kendisini doğrulayan bir yazılım fonksiyonudur. Dolayısıyla, seviyesi tanımlanan bir DK sistemi bu seviye için gerekli mevcut tüm operasyonları gerçekleştirmede yeterli donanıma sahip olmalıdır.

## 2. DK Sistemi Fonksiyonel Gereksinimleri

DK kontrol istasyonu, tüm operasyonların yapılacağı bir iş istasyonu olarak tasarlanmalıdır. Dolayısıyla, göstergeler, ekranlar, alarm ve kontrol panelleri ile dahili iletişim sistemlerini içermelidir. Ayrıca, DK işletim istasyonu, bağımsız elle kumanda işletim istasyonu, konum referans sistemi, manuel itici kolları, mod değiştirme sistemi, itici acil durdurma ve dahili iletişim sistemi gibi bileşenleri de içermelidir. DK kontrol

istasyonu, gemi sınırlarını ve dış alanı en iyi görece şekilde düzenlenmelidir. İstasyonda bulunması gerekli cihazlar şöyledir:

- DK ve bağımsız elle kumanda işletim istasyonları,
- Manuel itici kolları,
- Mod değiştirme sistemleri,
- İtici acil durum stop etme,
- Dahili iletişim, ve
- Konum referans sistemlerinin insan makine ara yüzleri.

DK sistemi kullanılarak ve otomatik olarak yatay düzlemde en az iki serbestlik dereceli kontrol sağlayan işleme DK işlemi adı verilir. Bu işlemin yapılması için operatör tarafından elle müdahaleye gerek olmaksızın tüm fazlalıklı sistemler ve bileşenleri hazır olmalıdır. Ayrıca, belirlenen toleranslarda DK işlemi devam etmeli ve yine belirlenen sürelerde güvenli bir şekilde sonlandırılmalıdır. Sistem kontrolü geminin tasarlandığı seviyeye göre kesintisiz ve operasyonun belirli limitleri içinde güvenli bir şekilde aktarılabilir.

Sonuç olarak, dinamik konumlandırma sistemine sahip bir gemide, belirlenen çevresel şartlarda kontrol sistemi ile istenen konum ve doğrultu sağlanmış olmalıdır. Güç ünitesi destekli tüm donanım, yazılım ve algılayıcılar bu amaç için gerekli bilgiyi üretir. Dolayısıyla, böyle bir sistemde aşağıdaki bileşenler bulunmalıdır:

- Güç üretim sistemleri,
- Sevk ve itici sistemler,
- Dinamik konumlandırma kontrol sistemi,
- Bağımsız elle kumanda sistemi.

## 2.1 Güç Üretim Sistemleri

Güç üretim sistemi, değişen güç ihtiyacını belirlenen yeterli bir zamanda sağlamalıdır. DK 2 ve DK 3 için, güç üretim sistemi iki ya da daha fazla sisteme bölünebilmelidir. Bu şekilde, bir bileşen hatası olması halinde, en azından diğer sistem çalışır durumda yeterli güç ihtiyacını karşılayabilecektir. İki ya da daha fazla sisteme bölünebilen güç üretim sisteminde, aşırı yükleme, kısa devre vb. gibi bir hata oluşması durumunda sistem otomatik olarak bir sistemden diğerine geçebilecek şekilde düzenlenmelidir.

DK 3 sistemi için, bölünebilen güç üretim sistemi, A-60 klase göre bölmelendirilen farklı alanlarda bulundurulmalıdır. Bu alanlar eğer geminin operasyon su çekiminin altında bulunuyorsa aynı zamanda su geçmez olmalıdır. Eşdeğer güç operasyon bütünlüğü sağlanana kadar bir sistemden diğerine geçiş sistemi de açık olmalıdır.

Dinamik konumlandırma sistemi DK 2 ve DK 3 için, EKHS durumunda geminin bulunduğu konumu muhafaza etmesi için yeterli güç mevcut olmalıdır. Ayrıca, en azından bir adet otomatik güç yönetim sistemi yeterli toleranslara sahip olacak şekilde sağlanmalıdır. Burada, bağımsız ek güç ihtiyacı sağlanana kadar iticiler için gerekli olan güç pillerden ya da volan gibi düzeneklerden temin edilebilir. Dolayısıyla, DK 2 ve DK 3 için, gerekli enerji ihtiyacının tespit edilmesinde bu tür kaynaklardan elde edilecek enerji sonuç analizlerinde kullanılabilir. Tek hatalardan ya da teçhizat hatalarından kaynaklanan ani yük değişimleri sistemde bir karartmaya neden olmamalıdır. Dinamik konumlandırma sistemi ve bileşenleri için gerekli gücün ve bu gücün sürekliliğinin sağlanması güç yönetim sistemi vasıtasıyla en iyi şekilde yönetilmelidir. Güç üretim sistemi aşağıdaki bileşenlerden oluşmalıdır;

- Tüm yardımcı sistemleri ve bileşenlerini de kapsayan ana güç kaynağı (Boru, yakıt, soğutma, yağlama, hidrolik, pnömatik ve ön ısıtma sistemleri gibi yardımcı sistemler için gerekli gücün sağlanması),
- Jeneratörler,
- Panolar ve ilgili üniteler,
- Kablo ve kablo kanalları dahil olmak üzere tüm bileşenleri kapsayan dağıtım sistemi,
- Kesintisiz güç kaynakları (UPS) ve piller,
- Tüm güç ünitesi koruma sistemini içeren ana güç yönetim sistemi (PMS).

#### ***Güç üretim sisteminin güvenilirlik analizi:***

Güç üretim sistemi, farklı tolerans gruplarındaki güç üretim sistemleri arasında hem açık hem de kapalı devre (bus-ties) çalışacak şekilde düzenlenmelidir. Kapalı ya da devrede olan bus-ties operasyonları için, bir hata durumunda hatanın bir sistemden diğerine geçmesini önleyecek, dolayısıyla otomatik olarak sistemi ayıracak bir düzenek olmalıdır. Oluşabilecek hatalar için, sadece aşırı yükleme ya da kısa devreden kaynaklanan hatalar değil tüm olası hatalar ve bileşenlerde oluşabilecek hatalar da dikkate alınmalıdır. Sonuç olarak, tüm potansiyel hatalar kabul edilebilir bütünlük içinde HMEA risk analiz yöntemiyle incelenmelidir.

Tasarımda, iki ya da daha çok fazlalıklı güç sisteminin (redundant power system), ilgili hata modlarına göre ayırt edilerek yönlendirilmesi dikkat edilecek önemli hususlardan biridir. Örnek hata modları, her bir güç ünitesini etkileyecek olan ve kısa devreye yol açacak voltaj değişimleri olabilir. Dolayısıyla, güç ünitelerinin yerleştirilmesinde, mümkün olduğunca her iki sistemi de etkileyecek bir hata sınırından yeterince uzakta olmasına dikkat edilmelidir. Bu durum, aynı yangın bölgelerinden geçen fazlalıklı (redundant) gruplar arasındaki bütünlük açısından oldukça önemlidir.

#### ***Jeneratörler:***

Hata tolerans gereksinimlerini karşılamalıdır. Özellikle bir jeneratör servis dışı olduğunda, itici motorlarının çalışma şartlarına ayrıca özen gösterilmelidir. Bu noktada, iticilerin çalışma süreçlerinde, voltaj düşmesi ve büyük başlama akımlarından sakınmak için gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Çalışma sürelerinde oluşacak voltaj düşmeleri, kontrol devrelerinde voltaj atlamalarına sebep olabilir ve bu durumda ana klas gereksinimlerine uyulmalıdır. Voltaj sapmalarına yol açacak başka yüklemeler olmadan ilgili jeneratöre bağlı olan iticilerin çalışmasında, voltaj düşmesindeki kural limit

aşımalarına uyulmalıdır. DK operasyonları için yüksek reaktif güç gereksinimlerinde, jeneratörlerin kullanımında, güç dağıtım sistemini zorlayacak ani akım basması olmaması için özel dikkat gösterilmelidir. Bu durumda, büyük dönüşümler için eşdeğer özel düzenlemeler yapılmalıdır.

#### *Güç Yönetim Sistemi:*

Otomatik güç yönetim sistemi hem açık hem de kapalı devre ayarlayıcı (bus-tie breakers) olacak şekilde düzenlenmelidir. Düzenlenecek sistemin, oluşacak hata sonrasında fonksiyonlarını yerine getirecek ve hatanın güç sisteminin sadece bir bölgesini etkileyecek tasarım yeterliliğinde (redundancy) olması sağlanmalıdır. Böyle bir sistem şu otomatik fonksiyonları yerine getirebilmelidir:

- Ek jeneratör ihtiyacı için gerekli yükün sağlanması,
- Yeterli jeneratör kapasitesinin olmadığı durumlarda gereken yük tüketiminin sağlanması ve ihtiyaç duyulan jeneratörleri devreye alarak buradan işlemin devamı için gereken tüketimin sağlanması,
- Ek jeneratör ihtiyacı için gerekli yükün sağlanamaması durumunda, buna bağlı sistemler devreden çıkarılacak şekilde tasarlanması,
- Dinamik konumlandırma sisteminin devre dışı kalmasından 45 saniye sonra otomatik itme kontrol sisteminin ve jeneratörlerin yeniden devreye alınmasını sağlayacak bağımsız kurtarma panel bölümlerinin olması.

Güç yönetim sisteminde oluşabilecek bir hatada güç üretiminde bir değişiklik olmamalı ve bu durum dinamik konumlandırma kontrol merkezinde uyarı şeklinde görülmelidir. Dolayısıyla, tüm sistem tolerans gereksinimlerinin I/O işaret dağılımlarının istenen seviyelerde olduğundan emin olunmalıdır (redundancy requirements). Gerekirse, güç yönetim sisteminin devre dışı kalması durumunda panolara elle müdahale mümkün olmalıdır. Bu durumda, sisteme zarar verecek reaktif bir yükleme olmamalı ve ayrıca güç ünitelerinde bir aşırı yükleme olmaması için itme sınırlaması gibi önlemler alınmalıdır. Dinamik konumlandırma kontrol sistemi dışında kalan bir sistemden dolayı itmede bir azalma olursa bu durum DK kontrol sisteminde değerlendirilmelidir.

Yaygın hata modlarına maruz kalan bir ya da daha fazla jeneratörün devre dışı kalmasından kaynaklanan aşırı yükleme durumunda sistem tamamen devre dışı kalmamalıdır. İtme hızında ya da pitch açısında azalmaya sebep olacak bir güç kaybında sistemin tamamen devre dışı kalmasını engelleyecek önlemler tanımlanmalı ve acil durum jeneratörü devreye alınmalıdır.

Tüketimi tetikleyen ve yük azalmasına sebep olan fonksiyonların iyi yönetilebilmesi gerekir. Bu durum, güç yönetim sistemi, DK kontrol sistemi, itme kontrol sistemi vb. gibi çeşitli sistemler arasında koordineli bir şekilde yapılmalıdır. Yükleme geri kazanımı sırasında elde edilecek voltaj ve frekans değişimleri de kabul edilebilir limitlerde olmalıdır.

Jeneratörlerin paralel çalışması durumunda, sistemin tamamen ya da kısmen devre dışı kalmasına neden olacak hatalar tespit edebilecek ve bu tür olayların olmasını önleyecek etkili hamlelerin yapılması önemli olacaktır. Bu tür hamleler, aynı zamanda hata sonuçlarını azaltacak ve hatalı bileşenler için de sisteme ek bir zaman kazandırmış olacaktır.

Ana klas gereksinimlerine ek olarak yapılacak bu tür koruma sistemleri makine hız kontrol ünitesi ve otomatik voltaj regülatöründen (AVR) bağımsız olmalıdır. En azından aşağıdaki fonksiyonlara sahip olmalıdır:

- Makine hız kontrol ünite hatası durumunda yedek jeneratör olması,
- AVR hatası durumunda yedek jeneratör olması.

Diğer hata modlarına örnek olarak:

- Örneğin kısa devrenin bir sonucu olarak voltaja maruz kalmak ( ve sistemin “çalışma kapasitesi” ),
- Aşırı voltaj, voltaj geçişleri,
- Kısa devreler ve fazla akım,
- Topraklama arızası,
- Olumsuz sıralama,
- Yüksek harmonik bozulma (high harmonic distortion (THD)),
- Yük paylaşımına bağlı hatalar (aktif ve reaktif yükleme, ters güç oluşumu, iletişim, I/O vb.),
- Güç yönetim sistemindeki hatalar.

Sistem, farklı fazlalıklı (redundant) gruplara bağlı panolar arasında bağlantı kesiciler ile çalıştığında koruma sisteminin yaptığı ilk hamle hatayı bertaraf etmez ya da örneğin gizli hatadan dolayı herhangi bir hamle yapmaz. Ancak, koruma sistemi, hata etkilerinin bir sistemden diğerine geçmeden önce hatalı bileşeni ya da sistemi izole edecek alternatif bir hareket yapabilmelidir. Örneğin, hatalı jeneratör devrede değilken ya da bir jeneratör devredeyken hata hala devam ediyorsa bağlantı kesicilerin açılması gibi.

Ana dağıtım panolarının düzenlenmesi: Pano düzenlemesi, tek bir hatanın bile tamamen devre dışı kalmaya sebep olmayacak şekilde yapılmalıdır. Panolardaki tek hatalar düşünüldüğünde bağlantı kesicilerdeki olası kısa devreler anlaşılmalıdır. Ana pano sistemi en az iki bölümden oluşmalı ve ayrı alanlarda bulunmalıdır. Panoların bağlantısı bağlantı kesicilerle ya da dahili bağlantı kesicilerle sağlanabilir. Sistem, DK modunda, kapalı bağlantı kesicilerle çalışacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu bağlantı kesiciler, devre kesiciler şeklinde olabilir, ve

- Sistemdeki maksimum kısa devre akımını kesecek kapasitede olmalı,
- Kısa devre durumunda jeneratör şalterlerini ayırmayı sağlayabilmeli, ve
- Bir sistemden diğerine geçebilecek hatalara karşı otomatik olarak bağlantının açılması sağlanabilmelidir.

Bus-bar kontrol ve koruma sistemleri açık ve kapalı bus-tie kesiciler şeklinde tasarlanabilir. Devredeki güç rezervi, diğer bir ifadeyle, devredeki jeneratör kapasitesi ve herhangi bir zamanda üretilen güç arasındaki fark dinamik konumlandırma kontrol merkezince izlenebilmeli ve gösterge sürekli devrede olmalıdır. Veriyolu (splitbus) ayırma güç düzenlemeleri için, göstergeler bireysel veriyolu bölümlerine ayrılmalıdır.

*Kontrol sistemi güç ünitesi:*

DK kontrol sistemi kesintisiz güç kaynakları (UPS) ile desteklenmelidir. Ana DK kontrol sistem UPS'lerinin, hem kendileri farklı alanlarda bulunmalı hem de ana ve alternatif kablolama sistemleri aynı alanlardan geçmemelidir. Alternatif DK kontrol

sistemi, algılayıcıları ve referans sistemleri sadece bunlar için atanan UPS tarafından beslenmelidir. Ana sistem UPS'ten çift besleme uygun değildir. Bu UPS'lerin pilleri, şarj kesildikten sonra en az 30 dakika maksimum yükte güç sağlamalıdır. Şarjın kesilmesi ve UPS'in devreye geçmesiyle ilgili gösterge DK kontrol sisteminde izlenmelidir. Ana DK kontrol sistemi için gerekli fazlalıklı (redundant) UPS'lerin güç sağlayıcıları, ana panoların farklı taraflarından elde edilmelidir. DK sistemle ilgili diğer sistemlerin UPS ve pilleri de sistemler devrede olduğu sürece aynı fazlalıklı (redundancy) gruptan beslenebilir.

## 2.2 İtici/Sevk Sistemleri

DK sistemi için yön ve konum belirlemede itici/sevk sistemi tüm bileşenler için gereklidir. Sevk sistemi;

- Tüm bileşenleri ile beraber iticiler (Sürücü ünitesi ve gerekli soğutma, hidrolik vb. yardımcı sistemler),
- DK sistem kontrolündeki pervaneler ve dümenler,
- İtici kontrol ünitesi,
- İlgili kablo ve kablo kanalları,
- Manuel itici kontrolü.

DK sistemi içindeki her itici bağımsız bir biçimde ve uzaktan kontrol edilebilmelidir. Boyuna ve yanal doğrultularda yeterli itmeyi sağlayarak yön tutma için gerekli momenti de oluşturmalıdır. Bu fonksiyonları yerine getirmek için, sevk sistemi güç sistemine bağlı olmalıdır. Efektif kuvveti azaltıcı etkiler ve iticiler arasındaki etkileşimler dikkate alındığında sonuç analizinde kullanılan itici kuvvetlerinin değeri doğrulanmalıdır. Bu şekilde, sevk sistemlerinde oluşabilecek hataların itme gücünü etkilemesi ve itme yönünü değiştirmesi önlenmiş olacaktır. Ayrıca, her bir itici için acil durdurma sistemi, DK kontrol istasyonunda bulunmalıdır. DK sistemi DK 2 ve DK 3 için, itici acil durdurma sistemi kontrol istasyonundan takip edilebilmeli ve DK 3 için de ayrıca yangın ve su basması durumunda oluşabilecek etkiler dikkate alınmalıdır.

*Sevk ve İticiler Kontrol Sistemlerinin Güvenilirlik Analizi:*

İticiler, kesintisiz operasyonlar için dinamik konumlandırma ya da sevk sistemi iticileri olarak ve klas gereksinimlerini karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu tasarım, herhangi bir hata durumunda, mevcut kalan iticilerin eşzamanlı olarak gemiye enine, boyuna ve dönme momenti hareketleri verecek şekilde olmalıdır. Dolayısıyla, ana sevk sistemi pervaneleri DK kontrol sistemi içinde düşünülürse, mevcut kuralları ve tüm gereksinimleri sağlamalıdır. Ayrıca, eğer dümenler ve donanımları DK kontrol sistemi içinde düşünülmezse kontrol merkezinde gerekli uyarı işareti olmalı ve geminin DK kontrol sistemi altında olduğu anlaşılmalıdır. Dümenler ve donanımları gibi örneğin eğer varsa su jetleri de aynı şekilde düşünülmelidir. Sonuç olarak, DK kontrol sistemi içinde bulunan tüm bileşenler kesintisiz operasyonlar için tasarlanmalıdır.

Dinamik konumlandırma kontrol merkezinde, iticilerin manuel olarak da kontrol edilmesi sağlanmalı ve manuel mod kapalı bir döngü kontrol sistemi şeklinde işlemi takip edebilmelidir. Ayrıca, manuel kontrol DK kontrol sisteminde bağımsız, normal bir dinamik konumlandırma sistemi gibi çalışmalı ve gerekli olduğu zamanlarda sevk sistemi ve diğer iticileri kapsamalıdır. Manuel itme kontrol sistemi, tüm hata durumları da dahil devamlı devrede olmalı ve ana sevk sistemi, yardımcı iticiler ve dümenleri kontrol etmede kullanılabilir. İtme kontrol sisteminde oluşacak bir hata, geminin konumunu ve doğrultusunu kaybetmesine sebep olacak herhangi bir kontrol dışı itme sağlamamalıdır. Bu durum, DK kontrol sistemi altındaki dümenler için de geçerlidir. İticileri, bağımsız olarak DK kontrol merkezinden devre dışı bırakmak mümkün olmalıdır. Acil durumlar için tasarlanacak bu devre dışı bırakma düzenlemesinde her bir itici için kablolu ve kablo kanalları ayrı düşünülmelidir. Sistem, kapalı devre alarm sistemi içinde, örneğin bağlantı kesilmesi ya da kısa devre gibi durumlarında uyarı verecek şekilde olmalıdır. Ayrıca, bu tür hatalar iticilerin devre dışı kalmasına neden olmamalıdır.

*Göstergeler:* Her bir itici için harekete geçirme ve durdurma, pervane devrini artırma ve kanatlara açma verme gibi işlemler dinamik konumlandırma kontrol merkezinde görüntülenmelidir. Bu göstergeler, ana kontrol sisteminden bağımsız, devamlı devrede olacak şekilde düzenlenmelidir. Örneğin en azından, pervane açısı ve devri ile azimut pervanelerin görüntülü kontrolü DK operatörünün normal konumundan izlenebilir. Azimut pervaneler sevk sistemi için kullanılıyorsa ayrıca bir izleme düzenlemesi yapılmalıdır.

### 2.3 Dinamik Konumlandırma Kontrol Sistemi

Sistem, dinamik konumlandırılan bir gemi için gerekli tüm donanım ve yazılımı, kontrol sistemleri ve bileşenlerini içerir. Bunlar;

Dinamik konumlandırma kontrol sistemi (Bilgisayar sistemi/Elle kontrol ünitesi (joystick system)),

Algılayıcı sistemler,

Kontrol istasyonları ve görüntü sistemleri (İşletim/Operatör panelleri),

Konum referans sistemi,

İlgili kablolar ve kablo yolları,

Networks,

Uygun kesintisiz güç kaynakları.

*Bilgisayarlar:* sistem için gerekli bir veya daha fazla bilgisayar ve gerekli donanım, yazılım ve ara yüzleri içerir.

*Konum referans sistemi:* Dağıtım şekline ve iş istasyonlarında öngörülen performansdan kaynaklanan kısıtlar dikkate alındığında, konum referans sistemi operasyonel gereksinimler düşünülerek seçilmelidir.

DK sistemi DK 1 için, en az iki bağımsız konum referans sistemi tanzim edilmeli ve operasyon sırasında eşzamanlı hazır bulundurulmalıdır. DK sistemi DK 2 ve DK 3 için ise, en az üç bağımsız konum referans sistemi tanzim edilmeli ve eşzamanlı hazır bulundurulmalıdır. Bu referans sistemlerinin aynı tipte olması şart değildir ama farklı prensiplere haiz olmalı ve operasyon şartlarına uygun olmalıdır.



Konum referans sistemi, planlanan operasyonlar için yeterli doğrulukta ve tekrarlanabilir veri üretebilmelidir. Bu çerçevede, sistem gözlemlenerek doğru ve yeterli olmayan veriler için bir uyarı sistemi oluşturulmalıdır. DK sistemi DK 3 için, en az bir konum referans sistemi doğrudan yedekleme kontrol sistemine bağlanmalı ve A-60 klas'a göre diğer konum referans sistemlerinden ayrılmalıdır.

*Tekne Algılayıcıları:* Tekne doğrultusunu, hareketlerini, rüzgâr hız ve yönünü ölçen algılayıcılar teknede bulunmalıdır. Bu algılayıcılardan gelecek verilerin doğru olması oldukça önemli olduğundan bu veriler aynı tipte ve amaca yönelik üç ayrı sistemden alınmalıdır. Örneğin, üç adet doğrultu referans algılayıcısı bulunmalıdır. Aynı amaca yönelik algılayıcılar, bir hata durumunda birbirlerini etkilemesin diye bağımsız olarak düzenlenmeli ve Dk sistemine entegre edilmelidir. DK için, her tip algılayıcıdan en az biri yedekleme sistemine doğrudan bağlı olmalı ve A-60 klas'a göre diğer algılayıcılardan ayrılmalıdır. Eğer, elde edilen veriler ana DK kontrol sistemine aktarıldığında, bir hata oluşması durumunda bu hatanın yedekleme kontrol sistemindeki bütünlüğü etkilemesi de önlenmelidir.

*Dinamik konumlandırma kontrol sistemi için güvenilirlik analizi:*

Konumlandırma kontrol sistemi, kendi kendine rutin kontrolünü yapmalıdır. Hata durumunda alarm devreye girmelidir. Otomatik kontrol modu, konum ve doğrultu kontrolünü içermeli ve set edilen değerler bağımsız olarak seçilebilmelidir. Dolayısıyla, otomatik kontrol modunda konum ve doğrultu için yeni set edilen noktalar ayrı ayrı girilebilmelidir. Mevcut kurallar, konumlandırma performansı için herhangi bir özel kriter vermemekle birlikte, ortalama hava koşullarında DK sistem operasyonunda teknenin genel olarak, 3 m yarıçapında konum tutma ve +/- 10 doğrultu hassasiyeti göstermesi istenir.

İticilerin manuel olarak kontrol edilebilmesi, mevcut tüm DK operatör istasyonlarında joystick ile mümkün olmalıdır. Joystick modda, otomatik ve manuel doğrultu kontrolü seçilebilir olmalıdır. Ayrıca, manuel olarak joystick ve/veya doğrultu kontrolü ile boyuna, enine ve dönme yönlerinde otomatik kontrol seçeneklerinden birinin de seçilebilir olması gerekir. Otomatik ya da manuel mod devre dışı kaldığında, konum kontrol sistemi itme değerlerini sıfırlamalıdır. Bir ya da daha fazla konum referans sistemi giriş değeri ve/veya bir ya da daha çok algılayıcı giriş değeri kaybolduğunda bu durum itme değerlerinde önemli bir değişiklik yaratmamalıdır. DK kontrol sisteminin, en son mevcut konum referans sistemi giriş değeri ve algılayıcı değerleri için de bu durum geçerli olmalıdır. Konum ya da doğrultu tutma yeteneği bu tür hatalardan etkilenmemelidir. Konum ve doğrultu referans giriş değerlerinin yeniden belirlenmesi durumunda, DK kontrol sistemi, eğer geminin gerçek konum ve/veya doğrultu değerleri farklı ise otomatik olarak son belirlenen değerlere dönmemelidir. DK operatörünün belirlediği bir tanımlama söz konusu ise bu değerler geçerli olmalıdır.

Yaygın bir hata sonucunda, bir ünite bulunan birleşik konum referans sistemi ve/veya algılayıcıların birden fazla fonksiyonunu ya da sistemini kaybederse, böyle bir hata sonucunda tüm sistemde oluşan olumsuz sonuçlar, minimum konfigürasyona sahip birleşik olmayan ünitelerdeki olumsuz sonuçlardan fazla olmamalıdır. Burada, ünite olarak, her algılayıcı ve her konum referans sistemi için tek bir bileşen ya da bir sistem anlaşılmalıdır. İki'den fazla konum referans sistemi ya da algılayıcı değerleri

kullanılıyorsa, o zaman doğru olmayan girişleri tanımlamada, hata sonuçlarını minimize etmek için doğru hamle yapmada ve operatörü uyarmada bir seçme mekanizması kullanılmalıdır.

*Ana DK kontrol sistemi:* Bu sistem, herhangi bir hatanın oluşmasından sonra, geminin konum ve doğrultu tutma yeteneğini muhafaza etmede tanımlanan iticilere gerekli komutu verme toleranslarına sahip olmalıdır. Bu özellik, fazlalıklı sistemin özelliklerine göre tasarlanmalıdır. Redundant denetleyiciler arasındaki geçişler otomatik ve sarsıntısız olmalıdır. Ana sistemdeki denetleyicilerden biri çevrim içi denetleyici olarak seçilmeli ve burada hata olma durumunda manuel ya da otomatik olarak müdahale edilebilmelidir. Diğer denetleyiciler ise otomatik ya da manuel değişim için hazır durumda bulunmalıdır. Böyle bir sistemde, alternatif olarak üç ya da daha fazla denetleyici bulunmalıdır. Otomatik seçme mekanizması, redundancy gereksinimlerini riske atmamalıdır. Dolayısıyla, aktif denetleyici olarak tanımlama hazır olmadan bir denetleyicinin otomatik ya da manuel seçilmesi mümkün olmamalıdır.

Denetleyiciler arasındaki karşılaştırma ve kendi kendini izleme özelliği, konum, doğrultu ya da itici talimatlarında meydana gelecek hesapta olmayan sapmalar oluştuğunda bir uyarı verecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu özellik, her sistemin bağımsızlığını ya da hata modlarını riske atmamalıdır. Çevrim içi veri transferinin otomatik olarak yapılması geminin konumlandırılmasına zarar verecek büyüklükteki bir itme değişimine yol açmamalıdır. Alternatif DK kontrol sistemine bağlı tüm konum referans sistemi ve algılayıcılar aynı zamanda ana DK kontrol sisteminde de mevcut olmalıdır.

*Alternatif DK kontrol sistemi:* Bu sistem, ana sistemden bağımsız olarak çalışmalıdır. Sistemde, en azından bir konum referans sistemi ve bir set algılayıcı bulunmalıdır. Hızlı kullanılabilirlik ve kolayca kullanılabilir duruma getirme özelliğine haiz olmalıdır, tipik olarak Diferansiyel Küresel Konumlandırma Sistemleri (DGPS) örnek verilebilir. Alternatif DK kontrol sistemi, her zaman talimat üretme için hazır olmalı ve talimat verildiği andan itibaren de konumunu korumalıdır. Ayrıca, kendi kendini kontrol etme özelliğine ve ana DK kontrol sistemiyle pozisyonu için iletişim kurabilme özelliğine haiz olmalıdır. Alternatif DK kontrol sistemi devre dışı kaldığında, ana DK kontrol sisteminde uyarı işareti oluşmalıdır.

*İtici kontrol modu seçimi:* İtici kontrol modu, diğer bir ifadeyle, manuel, ana DK ve alternatif DK kontrol sistemleri seçimi, DK kontrol merkezinden yapılabilir. Seçme sistemi sezgisel ve kolay yapılabilir olmalıdır. Ayrıca, bir defada sadece bir otomatik sistem seçilmelidir. Her itici için seçilen birleşik otomatik ve manuel kontrol durumu kabul edilebilir. Kontrol mode seçimi, otomatik DK kontrol modunda ya da bağımsız joystick kontrol modunda oluşabilecek herhangi bir hatadan sonra manuel kontrol moduna geçebilecek şekilde düzenlenmelidir. Mod seçme sistemi, redundancy ya da bağımsızlık gereksinimlerini ihlal etmemelidir. Ortak bir anahtar kabul edilmekle beraber her sistem elektriksel olarak bağımsız olmalıdır. Alternatif ve ana DK kontrol sistemleri DK operatörü tarafından çalıştırılabilir olmalıdır. Bu durumda, tek bir hata alternatif DK kontrol sistemi ile ana sistemi birlikte çalışamaz hale getirmemelidir.

*Konum referans sistemi:* En az dört konum referans sistemi gereklidir. Bu dört ayrı sistem iki farklı yöntemle dayanmalıdır. Farklı üniteli düşünülen iki uydu temelli sistem için farklı diferansiyel doğrulama sinyalli olarak tasarlanabilir. Birden fazla

uydu temelli sistem yerleştirildiğinde, en az bir sistem farklı bir uydu sistemini kullanacak şekilde düzenlenmelidir. Örneğin, bir DGPS sistemi GLONASS kullanıyorken en az bir diğeri çift frekans alıcısı olabilir.

Konum referans sistemi, ana ve alternatif DK kontrol sistemleri arasındaki bağımsız gereksinimlerden ödün vermeden, her iki sistem tarafından kullanılabilir. Bu sistem, sinyal iletimine göre bağımsız olmalıdır ve bütünsel redundancy gereksinimlerine göre de DK kontrol sistemleriyle ara yüze sahip olmalıdır. Benzer yöntemlere göre çalışan sistemler, redundant gruplar arasında dağıtılacak şekilde düzenlenmelidir. Konum referans sistemlerinin güç ünitesi kesintisiz güç kaynağından sağlanabilir. Bunun için bütünsel redundancy gereksinimleri dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla, güç, UPS'ler arasında eşit dağıtılmalı ve aynı yöntemlere göre çalışan sistemler için güç, eşit dağıtılacak şekilde düzenlenmelidir.

DGPS'lere doğru sinyal sağlayan ünitelerin güç sağlayıcısı benzer redundant dağıtım prensibine göre çalışmalıdır. Konum referans sistemleri için gerekli UPS gereksinimleri, konumlama sırasında aktif olarak kullanılmayan sistemin parçaları için geçerli değildir. Örneğin, hidro akustik konum referans sisteminin algılayıcı yükseltme sistemi, gergin tel vinç kontrol sistemi. Gergin tel sistemi için, dalıp çıkma karşılama sisteminin güç ihtiyacının UPS tarafından karşılanması gerekmez.

Konum referans sistemlerin, elektriksel, mekanik, hidrolik bileşenleri ve alt sistemleri için ilgili klas kurallarının sağlanması gerekir. Konum referans sisteminin izlenmesi için, elektrik ve mekanik fonksiyonlarının yanı sıra ilgili güç, basınç, sıcaklık parametrelerinin de alarm sistemlerinin olması gerekir.

Konum referans sistemleri, dinamik konumlandırma operasyonları için gerekli uygun hassasiyette ve doğrulukta konum verisi üretebilmelidir. Sistemler, sadece DK sistemine sahip teknelerin tepki zamanlarına göre göreceli uzun aralıklarla yeni konum verisi üretiyorsa, konum referans sistemi olarak adlandırılmaz. Fakat üretilen konum verisi, tüm operasyonel modlarda ve hava şartlarında yeterli performansı gösterebiliyorsa o zaman göreceli uzun aralıklarla yeni konum verisi üretilmesine rağmen konum referans sistemi olarak düşünülebilir. Dolayısıyla, konum referans verisinin doğruluğu genel olarak aşağıdaki sınırlar içinde olmalıdır:

- Dip temelli sistemlerde, su derinliğinin 2% yarıçapı kadar,
- Yüze temelli sistemler için de 3 m yarıçapında.

Uydu temelli sistemlerde, diferansiyel doğrulama sinyalleri alıcıları için gerekli malzeme ve arayüz bulunmalıdır. Sistem, operatör için herhangi bir zamanda konum referans sistemin operasyonel kurgusunu kolayca hazırlayabilecek şekilde olmalıdır. Ayrıca, hangi sistemin operasyonda olacağı, uygun olan ya da olmayan verinin seçimi açık bir şekilde tanımlanmalıdır. Birkaç konum referansından alınan veri ortalama konum değerlerini bulmak için filtreleme teknikleriyle birleştirilebilmelidir. Bu veriler, operatör isteklerine göre hazır olmalıdır. Bu işlem yapıldığında, kullanılan ortalama değerler seçilen ya da seçilmeyen bir sistem tarafından ani bir şekilde değiştirilmemelidir. Bu durumda oluşacak hatalar, konum referans sisteminin veri kalitesini düşürerek konum sinyal kayıplarına ve alarm işareti verecek redundancy kayıplarına yol açabilir. Sistemde, alarm limit aralıkları da tanımlanmalıdır. Konum referans sistemi donduğunda ya da başka bir sebepten dolayı bozuk veri üretildiğinde bu veriyi göz ardı edebilecek bir yöntemin olması gerekir. Dolayısıyla, en azından

alternatif DK denetleyiciye bağı bir konum referans sisteminin DK kontrol sisteminden bağımsız bir HMI sahip olması gerekir. DK Kontrol merkezi konum referans sistemi için ana kontrol istasyonudur. Ana DK kontrol sistemine bağı tüm konum referans sistemlerinin, DK kontrol sistemlerinden bağımsız HMI olmalıdır.

*Algılayıcılar:* Aynı amaca yönelik algılayıcıların güç, sinyal iletimi ve ara yüzleri bağımsız olmalıdır. Algılayıcıların güç ihtiyacı UPS'lerden sağlanabilir. Bu durumda, bütünsel redundancy gereksinimlerini sağlayacak düzenlemelerin yapılması, diğ bir ifadeyle, üç farklı UPS den güç ihtiyacı sağlanmalıdır. Algılayıcılar, ana ve alternatif DK kontrol sistemleri arasındaki bağımsız gereksinimleri ihlal etmediği sürece her iki sistem tarafından da kullanılabilir. Redundant algılayıcılar için, olası bilinen hata modları minimize edilmelidir. Tüm benzer prensiplerin kullanımı pratik olarak kabul edilebildiği sürece mümkündür. Tamamen benzer prensiplere sahip olmayan algılayıcılara örnek rüzgar algılayıcıları ve gyro'lardır. Algılayıcıların, güç, basınç, sıcaklık gibi elektriksel ve mekanik fonksiyonlarının izlenmesi ve uyarı işaretlerinin olması gerekir. Dolayısıyla, DK operasyonları sırasında bir algılayıcı hatası oluştuğunda, algılayıcı hata sırasında yedekte olsa bile bir alarm işareti verilmelidir. Bir algılayıcı, ister kullanılsın ister kullanılsın kalıcı bir hatanın operatör tarafından tespit edilmesi oldukça önemlidir. Diğ taraftan, akustik sistemdeki oynamalar, sınır aşım uyarıları gibi geçici operasyonel sıkıntılarda yedekteki algılayıcılar için bir alarm işaretinin olması gerekmez. Algılayıcılar ve/veya referans sistemleri başka sistemler tarafından DK sistemi etkileyecek hata oluşturmadıkları sürece ortak kullanılabilirler. Bu durumda, algılayıcıların ve referans sistemlerinin elektriksel ihtiyaçları ayrı olmalıdır. Ayrıca, DK kontrol merkezi, manuel operasyon gerektiren DK kontrol sistemindeki algılayıcılar için ana kontrol istasyonudur. Hata oluşma risklerini azaltmak için, ilgili malzeme ve kablolar uygun fiziksel bir uzaklığa yerleştirilmelidir.

*Ekran ve Göstergeler:* Ekran ünitesinde, referans kaynaklarına göre teknenin konumunu da içerecek şekilde konum çizimleri mevcut olmalıdır. Çizim, teknenin relatif ya da gerçek hareketini göstermelidir. Konum kontrol sistemi için en az iki adet DK kontrol sistem operatör istasyonu bulunmalıdır. Eğer ekran alarm ya da uyarıları göstermek için kullanılıyorsa, bu durum diğ bilgilere göre öncelikli olmalı ve ekranda gösterilen diğ veriler tarafından engellenmelidir. Ana ve alternatif DK kontrol sistemleri operatör istasyonlarında aşağıda belirtilen minimum bilgiler olmalıdır:

Devamlı mevcut olması gerekenler;

- Gerçek ya da istenen konum ve doğrultu,
- Kullanılacak set edilmiş noktalardan sapmalar; örneğin, set edilen konum ve doğrultu noktalarında sapmalar,
- Komut operatör istasyonu, En son onaylanmamış alarm,
- Aktif bir alarm, Aktif mod,
- Kullanımdaki iticiler ve konum referans sistemleri,
- Sonuç analizinin çalışır durumdaki hali.

İsteğe bağı olması gerekenler (ayrı ayrı ya da birleşik ekran görüntüleri olabilir);

- Teknenin, belirlenen konum referans noktasındaki görüntüsü,
- Teknenin, itici konumları ve bunların her birinin gerçek itme kuvvetini ve yönünü gösteren tekne görüntüsü,

- Bileşke itme kuvveti, yönü ve dönme momenti,
- İtici ayırma modu,
- İtici set noktaları ve geri bildirim,
- Referans noktalarına göre teknenin konumunu içeren konum çizimleri (Çizimler, teknenin göreceli ya da gerçek hareketlerini gösterebilir.),
- Güç üretim gösterimleri: Jeneratörler, ana bus-bars, iticiler, kesicilerin durumu, kullanılan ya da mevcut güç (Güç dağıtım düzenlemeleri için, göstergeler her bir dağıtım bölümü için sağlanmalıdır.),
- Seçilebilir konum hareket izleme hattı, en az 30 dakika depolama kapasitesi,
- Online çizim yeteneği, (Sürüklenme ve yaygın hata modlarının simülasyonları online çizimlerle gösterilmelidir.),
- Alarm listesi,
- En önemli parametrelerin eğilim olasılıkları,
- Tüm konum referans sistemi ve algılayıcıların değerleri ve mevcut durumları,
- Güvenli operasyon için sistemde olan tüm fonksiyonel modların göstergeleri ve destekleyici görünüşleri,
- Sistem durumu (örneğin, komut denetleyici, network durumu),
- Sistem bilgilendirme.

*İzleme:* Dinamik konumlandırma sistemi, kendi durumunu yansıtan uyarı ve alarm işaretlerini almalıdır. Güç ve itici sistemlerinden alınacak alarm işaretleri, jeneratör ve sevk bileşenleri gibi grup alarmları olabilir. DK kontrol merkezinde gözükten alarmlar DK operasyonları ile ilgili fonksiyonların çalışma limitleriyle sınırlıdır. O halde, önceden set edilmiş konum ve doğrultu limitleri aşıldığında alarm verilmelidir. Bu durum, online ya da yedek konum kontrol sistemleri, konum referans sistemleri ve algılayıcılar için de geçerlidir.

Aşağıdaki veriler sürekli olarak veri toplayıcı (data logger) tarafından kaydedilmelidir.

- Alternatif ve ana DK kontrol sistemlerinin operasyonel durumları,
- Alternatif ve ana DK kontrol sistemlerinin tüm manuel girişleri,
- Alternatif ve ana DK kontrol sistemlerinden gelen ya da iletilen tüm otomatik veri girişi ve çıkışı.

Yukarıda sözü edilen veri depolama çeşitleri, minimum yedi günlük bir operasyon için veri toplayıcı tarafından depolanabilmelidir ve bu verilere operatör kolaylıkla ulaşabilmelidir. Data logger, performans ve olay analizlerinin yapılmasına destek olmak için diğer alarm ya da veri sistemleri ile senkronize çalışabilmelidir.

*Sonuç Analizi:* Dinamik konumlandırma kontrol sistemi, en kötü hata senaryosu analizinden sonra konum tutma kabiliyetini kontrol ve analiz edebilmelidir. Mevcut hava koşullarında, bir hata sonucunda konum tutma kaybı oluştuğunda maksimum beş dakika gecikmeli bir alarm verilmelidir. Sonuç analizi, en kötü hata senaryosu sonucunda mevcut kalan iticiler ve jeneratörlerle, hata öncesi ve sonrasındaki itme kuvvetleri momentlerinin benzer değerlere sahip olmasını doğrulamalıdır. Bu analiz, ortalama güç ve itme kaybını dikkate almalıdır. Ayrıca, dinamik etkilerden oluşan olumsuzluklar da filtreleme teknikleriyle giderilmelidir.

Mevcut güç miktarına destek olacak yükleme boşaltması ya da alması gibi sistemler, güvenilir ve yeterince hızlı olduğu düşünülürse kabul edilebilir sistemlerdir. Sonuç analizi, güvenli bir şekilde durdurulması uzun süren operasyonlar için ve değişen hava şartları verilerini manuel olarak girebilen en kötü hata senaryosundan sonra kalan güç ve itme simülasyonlarını içermelidir.

Burada sözü edilen en kötü durum hata senaryosu, bir panonun tamamen kaybedilmesi, bir makine dairesinin kaybı ya da bir grup iticinin devre dışı kalması olabilir. Bu durumlarda yaygın bir hata modu oluşabilir. Dolayısıyla, mevcut güç ve itme değerlerindeki sınırlamalar sonuç analizinde dikkate alınmalıdır. Sonuç analizi, önceden set edilen belli aralıklarda otomatik olarak tekrar edilmelidir ve operatör analizin devrede olduğunu izleyebilmesi gerekir. Sonuç analizi iki dakika içinde tamamlanmadıysa bir alarm işareti oluşmalıdır. Ayrıca, sistem toleranslarına katkı verecek kabul edilebilir bir yedek başlama mekanizması varsa bu da sonuç analizi işlemine dahil edilmelidir. Böylece, sonuç analizi yedek jeneratörlerin katkısını da dikkate alacaktır. Sonuç analizi ayrıca, koşulları değiştirecek hata durumunda iticilerde yapılacak tercihleri de dikkate alacaktır.

*Yardımcı Sistemler:* DK sistemin bir parçası olan tüm yardımcı sistemler (makine donanımı, iticiler, elektriksel bileşenler ve tüm diğer sistem ve bileşenler) redundancy gereksinimleri ve hata modları dikkate alınarak düzenlenmelidir. Yardımcı sistemlerdeki boru donanımları ve bunların ayırıcı valfleri, bağlantılı boru sistemleri hariç redundancy gruplar arasında düşünülmemelidir. Dahil edilmesi gereken diğer sistemler: deniz ve tatlı su soğutma, ve diğer soğutma sistemleri, havalandırma ve HVAC, basınçlı hava, yanma havası, ekzos sistemleri, makine krank muhafaza havalandırma, pnömatik ve hidrolik sistemleri, yakıt sistemleri, yağlama sistemleri vb. Ayrıca, bir hata sonucunda, DK sistem içinde düşünülen aşağıda verilen bileşenlerin çalışmasında bir olumsuzluk yaratmayacak pompalarda redundancy gruplar içinde düşünülmemelidir.

- Ana başlatıcı(prime mover),
- Jeneratör seti,
- Trafolar,
- Güç dönüştürücü,
- İticiler.

Bu tür otonom olmayan sistemler, tek bir pompa hatası yüzünden tam kapasite çalışma özellikleri bozulmayacaksa redundancy sistem içinde düşünülebilir. Çift pompa sistemi gerektiğinde, bunlar otomatik görev yedekleme özelliklerine göre düzenlenmelidir. Ayrıca, bu pompalar, devrede olan benzer redundancy gruplar içinden beslenmelidir. İticilerin ve jeneratörlerin bulunduğu alanlarda havalandırma fanları ve hava sıcaklığı kontrol sistemleri, aktif bileşenlerde bir hata oluştuğunda kabul edilebilir bir sıcaklıkta olacak şekilde düzenlenmelidir. Bu kriter, DK sistem içinde bulunan pano odaları ve malzeme odaları içinde geçerlidir.

Tatlı su soğutma, basınçlı hava, eksoz sistemi, yakıt sistemi, yağlama sistemi gibi yardımcı sistemleri kullanan yedek jeneratör ve itici setleri otonom olmalı ve sonuç analizi için birbirlerini yedekledikleri dikkate alınmalıdır. Fuel oil sistemi için ek kriter olarak, her redundancy gruba servis veren bir servis tankı olmalı ve her servis tankı ayrı

bir bölmede bulunmalıdır. Yakıt servis tanklarının hızlı kapama valfleri de her grup için ayrı aktive olacak şekilde düzenlenmelidir. Eğer yakıt sisteminin ısıtılması gerekiyorsa o zaman ısıtma sisteminin de redundancy özelliklerini sağlaması gereklidir. Yardımcı sistemlerin güç sağlayıcıları redundancy gruplardan alınmalıdır. Bu, ana panolardan ya da ana panolardan beslenen özel panolardan doğrudan alınabilir. Bu özel panolar ayrıca ana makine gibi alternatif güç sağlayıcılara da sahip olmalıdır.

#### *Kablo ve Boru Sistemleri:*

Dinamik konumlandırma sistemi DK 2 için, ana sistemi etkileyecek tüm boru donanım sistemleri (yakıt, yağlama, hidrolik, soğutma suyu vb.) mekanik bir arıza ya da yangın durumuna karşı uygun şekilde tasarlanmalıdır. DK 3 için ise, hata toleranslı teçhizat ve sistemlerin kablo düzenekleri aynı kanallar içinden geçecek şekilde olmamalıdır. Eğer bu olanaklı değilse, A-60 klas'a göre bağlantı kutuları aynı kanallarda olmamalı ve yangın güvenliği sağlanmalıdır.

#### *DK Sistemini etkileyecek bileşenler için gereksinimler:*

DK 2 ve DK 3 için, sisteme doğrudan dahil olmayan fakat bir hata durumunda DK sistemini etkileyebilecek sistem ve bileşenler (yangınla mücadele sistemi, ısıtma ve iklimlendirme sistemleri vb.) ilgili kuralları sağlamalıdır.

### **2.4 Bağımsız Elle Kumanda Sistemi (Joystick System)**

Konum ve doğrultu kontrolü için bir elle kumanda sistemi teknede bulunmalıdır. Bunlar, otomatik DK sisteminden ve güç ünitesinden bağımsız olmalıdır. Ayrıca, her iki sistemin kesintisiz güç kaynakları da (UPS) ayrı olmalıdır. Elle kumanda sistemi otomatik doğrultu kontrolüne sahip olmalı ve hata alarm sistemi bulunmalıdır.

Dönme momenti dahil vektörel itme sağlayacak bir sistem olan elle kontrol sistemi, dinamik konumlandırma sisteminin gereklerini de aşağıdaki bileşenlerle yerine getirmelidir.

- Otomatik mod (otomatik konum ve doğrultu kontrolü)
- Joystick kontrol modu (Belirlenebilir otomatik ya da manuel doğrultu kontrolü olmak üzere manuel konum kontrolü)
- Manuel mod (Her bir itici için start/stop ve kontrol, azimuth pervane kontrolü)

### **3. Operasyonel Gereksinimler**

Her DK operasyonundan önce sistem, oluşturulan özel konum kontrol listesine göre kontrol edilmelidir. Dk sisteminin fonksiyonlarının doğru çalıştığından emin olmak için ASOG gibi bir karar destek yaklaşımı kullanılmalıdır. Böylece, uygun operasyon modları oluşturulmuş olacaktır. Operasyonlar sırasında, ayrıca, düzenli aralıklarla tekneye özel kontrol listeleri de gözlem yoluyla takip edilmelidir. DK operasyonlarında, dalga, akıntı, rüzgâr vb. çevresel şartlar uygun olmadığında ve konum tutma yeteneği ortadan kalktığında tek hata kriterleri çerçevesinde operasyon durdurulmalıdır. Bu durumda, operasyon güvenli bir şekilde ve uygun bir zaman aralığında bitirilmelidir.

Çevre şartları dikkate alındığında, operasyonun son bulması DK 1 için şartların kontrolü ve analizi şeklinde yapılırken, DK 2 ve DK 3 için otomatik olarak sonuç analizleri yoluyla yapılır. Dolayısıyla, gerekli operasyon şartlarını gösteren yönergeler teknede muhafaza edilmelidir. Ayrıca, dinamik konumlandırma sisteminin konum tutma kapasitesini gösteren polar diyagramlar oluşturulmalı ve EKHS koşullarını da göstermelidir. Bu diyagramlar, operasyon hedef ve amaçları ile beraber sahadaki çevre koşullarını da göstermelidir. Tekne dinamik konumlandırma operasyon kitapçığı aşağıdaki dokümanları içermelidir.

- Konum kontrol listesi,
- Gözleme kontrol listesi,
- Dinamik konumlandırma operasyon yönergesi,
- Yıllık test ve işlemler,
- Başlangıç ve periyodik (5-yıl) test ve işlemler,
- Bazı düzenlemelerden sonra yapılan örnek test ve işlemler,
- Kararma önleme ve kurtarma işlemi,
- Kritik bileşenlerin listesi,
- Örnek operasyon modları,
- ASOG gibi karar destek araçları,
- Yeterlilik ve kapasite diyagramları (Polar diyagram).

### 3.1 Kontroller, testler ve DK doğrulama kabul dokümanı

*Kontroller ve testler:* Her DK sistemine sahip tekne kurallar gereği kontroller ve testlere tabidir. DK 2 ve DK 3 için HMEA yapılmalıdır. Böylece, EKDS kapsamında tasarım geliştirilir. Ayrıca, yapılan risk analizleri HMEA doğrulama testleriyle de kontrol edilir. Bu analizler, teknede muhafaza edilmeli ve güncellenmelidir.

DK Doğrulama Kabul Dokümanı: Otoritenin kabul edeceği, kurallara bağlı olarak yapılan kontroller ve testlerden sonra doğrulama kabul dokümanı yayınlanmalıdır.



### 3.2 Eğitimler

DK sistemini kullanacak olan personel gerekli teorik ve pratik eğitimleri almış olmalıdır. Bu eğitimler, 1978 STCW konvansiyonu çerçevesinde, dinamik konumlandırma sistemi operasyon eğitimlerini tanımlayan MSC/Circ.738 kurallarına göre düzenlenir.

## 4. RİSK YÖNETİM ARAÇLARI

DK kapasitesi, belirli çevre ve operasyon koşulları altında bir DK sistemine sahip geminin konum tutma yeteneğini tanımlar. Önerilen sevk sistemi için DK gemisinin konumunu koruyabileceği ve ilerleyebileceği maksimum hava koşullarını oluşturmak için DK kapasite grafikleri kullanılır. En önemli iki sevk sistemi konfigürasyonu şöyledir:

- Bozulmamış koşullarda DK sistemine sahip gemi,
- EKDS tasarımı altında DK sistemine sahip gemi.

Risk yönetim araçları; herhangi bir beklenmedik olay meydana gelmesi durumunda gemilerin pozisyon ve rotasını koruyabilmesini sağlayacak olan DK sistem kurulumunu tanımlamak için kullanılırlar. Risk yönetim araçları, EKDS için hazırlanmış yöntemler olup dinamik konumlandırılmış gemilerde giderek daha çok kullanılmaktadır. Risk yönetim yöntemleri, DK operasyonlarının yürütülmesi için mevcut en verimli araçlar olarak düşünülebilir. Güvenli DK operasyonları; gemi yapılandırmasını, iticilerin düzenini, gemi operasyon limitlerini vb. her zaman dikkate alacaktır. Risk yönetim araçları temelde HMEA prosedürlerini dikkate alır ve kullanım amacı, hatalara yeterli ve etkin cevap verebilmektir.

Açık deniz endüstrisi için risk yönetim araçlarının önemi, klas kuruluşları ve IMCA tarafından kabul edilmiştir. 2012 yılında IMCA “Operasyonel Planlama Faaliyetine Yönelik Rehber, IMCA 220” yi yayınlamıştır ve risk yönetim araçlarını değerlendirmiştir. DK sistemleri risk yönetiminde en çok kullanılan yöntemler aşağıda verilmektedir:

- Operasyon Kritik Etkinlik Modu (CAMO: Critical Activity Mode of Operation),
- Görev Uygunluk Modu (TAM: Task Appropriate Mode) ya da diğer adıyla En Güvenli Çalışma Modu (SMO: Safest Mode of Operation),
- Faaliyete Özgü İşletim Yönergeleri (ASOG: Activity Specific Operating Guidelines),
- İyi Belirlenmiş İşletim Yönergeleri (WSOG: Well Specific Operating Guidelines).
- Saha Belirlenmiş İşletim Yönergeleri (FSOG: Field Specific Operating Guidelines)

**Operasyon Kritik Etkinlik Modu (CAMO):** DK sistemi, ilgili tesis ve ekipman için en fazla hata tolerans konfigürasyonunu ortaya koyabilen bir yöntemdir. CAMO, DK 2 ve DK 3 klas gemilerde tüm kritik faaliyetlere uygulanır. CAMO, geminin herhangi bir beklenmedik olayın meydana gelmesinin ardından pozisyonu koruyabilmesini ve yönelebilmesini sağlayacak olan DK sistemi kurulumunu tanımlar. Bu kurulum; DK operasyonu sırasında geminin karşılaşacağı bir hata durumunda veya çevresel koşullarda yaşanabilecek herhangi bir değişiklik durumunda geminin konum tutma yeteneği üzerinde herhangi bir etkisinin olmayacağını garanti edebilir. Bu, CAMO'da faaliyet gösterirken, geminin EKDS olduğu gibi düşünüldüğü ve kabiliyetinin EKDS tasarımı seviyesine indirgeneceği anlamına gelir.

**Görev Uygunluk Modu (TAM):** Operasyon veya proje öncesinde pozisyon kaybının kabul edilebilir olduğu daha az kritik faaliyetlere uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntem, tek bir nokta arızasının, geminin en kötü durum hatasını aşması ile sonuçlanacağını kabul eder. TAM'da çalışırken, geminin EKDS yetki Özelliği'nin dışında çalışmasına izin verildiği anlamına gelir.

**Faaliyete Özgü İşletim Yönergeleri (ASOG):** DK faaliyetlerinin planlanması ve yürütülmesi için kullanılan bir tablolama yöntemidir. ASOG, tanımlanmış bir işlem için DK sisteminin kurulumunu ve herhangi bir beklenmedik olayı takiben geminin mürettebatının gerçekleştireceği eylemleri belirtmektedir. IMCA 220 (2012)'in "Operasyonel Etkinlik Planlaması Rehberi"; risk değerlendirmesinin nasıl ve hangi temelde geliştirileceğine dair ayrıntılı bilgi vermeden ASOG'ın ne olduğu ve nasıl kullanılacağı hakkında genel bir bakış sunmaktadır. MTS (2012)'nin "DK Operasyon Kılavuzu", ASOG sürecinde; DK HMEA'nın, operasyonel kılavuzun ve projeye özel prosedürlerin detaylı teknik gözden geçirilmesinin önemini vurgular, ancak DK ile ilgili dökümanların teknik gözden geçirilmesinde risk tayininin nasıl yapılacağı ile ilgili ek bilgi vermez.

ASOG kapsamı, pozisyon kaybı riskini azaltmak ve pozisyon kaybının sonuçlarını değerlendirmektir. Bu iki hedefe ulaşmak için risk değerlendirmesi, DK sisteminin teknik tasarımına ve geminin endüstriyel kullanım hedeflerine odaklanmalıdır. Sağlam bir DK sistemi teknik tasarımı aşağıda verilen özelliklere sahip olmalıdır.

1. Bağımsızlık (Independence)
2. Ayrılma (Segregation)
3. Kendi kendine yetme, otonomi (Autonomy)
4. Hata toleransı (Fault Tolerance)
5. Arıza direnci (Fault Resistance)
6. Hataları idare edecek kapasitede olmak (Fault ride Through Capacity)
7. Hatalara karşı sistemin kendine has özellikleri ile gelişmesi (Differentiation)

Geminin DK sisteminin tüm teknik yönleri ele alınmalı ve DK sistemli gemi HMEA ile analiz edilmeli ve ilgili DK HMEA deneylerini gerçekleştirerek kanıtlanmalıdır.

***İyi Belirlenmiş İşletim Yönergeleri (WSOG):*** DK operasyonlarının özelliklerini dikkate alarak sondaj, kuyu uyarım (well stimulation) veya dalış destek gemileri için kullanılan bir yöntemdir.

***Saha Belirlenmiş İşletim Yönergeleri (FSOG):*** Geminin çalıştığı bölgedeki özel gereksinimler için kullanılan bir yöntemdir.

Söz konusu hata oluşma riskini hesaplamak için kullanılan CAMO, TAM (veya SMO), ASOG, WSOG ve FSOG yöntemleri arasındaki farklar çok küçüktür, temel olarak gemi tipine ve geminin çalıştırılma durumuna bağlıdır. ASOG, WSOG ve FSOG genelde tablo formatında sunulur. Bu tablolar, yaklaşılacak ya da aşılacak limitler için operatör eylemlerini çeşitli seviyelerde gösterir. Bu yöntemlerin etkin kullanımı; ayrıntılı mühendislik değerlendirmelerine ve istenen dinamik konumlandırma işlemleri için gereken operasyon limitlerinin doğru bir şekilde tanımlanmasına bağlıdır.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Dinamik Konumlandırma (DK) sistemlerinin gemilerin pozisyon tutma performansları üzerindeki etkileri incelenmiş ve DK sistem tasarımında IMO'nun Dinamik Konumlandırma Sistemlerine Sahip Üniteler ve Gemiler için önerdiği kurallara uyulması gerekliliği üzerinde durulmuştur. Başlangıçta, DK sistemi genel özellikleri, mevcut DK sistemleri kural analizi, DK sistemi ve sistem bileşenleri için fonksiyonel gereksinimlerin tanımlanması yapılmıştır.

DK sistem tasarımı; sistem ve sistem bileşenlerinin çalışır durumda olmasını sağlayacak şekilde en kötü durum hata senaryosu (EKDS) dikkate alınarak yapılmalıdır. Ayrıca, DK sistemine sahip bir geminin ve tüm sistem bileşenlerinin tasarımı, kullanım kriterleri ve testleri geminin kendisi, diğer gemiler, personel güvenliği ve çevre için oluşabilecek tüm risklerin azaltılmasında Hata Modu ve Etkileri Analizi (HMEA) etkin bir şekilde kullanılmalıdır. Risklerin yönetilmesinde de; uygun Risk Yönetim Araçlarının (CAMO, TAM, ASOG, WSOG veya FSOG) kullanımı daha emniyetli ve sürdürülebilir sistemler için gereklidir.

## 6. KAYNAKLAR

- International Maritime Contractors Association (IMCA) M220, November 2012. Guidance on Operational Activity Planning.
- IMO, June 2017. Guidelines for Vessels and Units with Dynamic Positioning (DP) Systems, MSC.1/Circ.1580.
- IMO, June 1994. Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems, MSC/Circular.645.
- IMO, June 2017. Guidelines for Dynamic Positioning System (DP) Operator Training, MSC.1/Circ.738/Rev.2.
- STCW, 1978. International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978 (MSC.203(81)).
- Marine Technology Society (MTS), September 2012. DP Operations Guidance.

Failure Mode and Effect Analysis of the Dynamically Positioned Offshore Support Vessel “Aquanaut”, report No: GM-22884-1103-14747, rev. 2, Global Maritime, Aberdeen 2011.

FMEA DSV “Adams Challenge”, report No: GM-45214-0508-49138, Global Maritime, Aberdeen, London 2009.

FMEA of OSV “Relume”, report No: 24025-0912-16117, Global Maritime, Aberdeen, London 2013.

[1]