

HEDEF GÖSTERİCİ SETİ TASARIM VE GELİŞTİRME PROJESİ

Erhan KAYA^(a), Evren KIYAK^(b), Oğuz ALABAY^(c)

^(a)Hexagon Studio, TOSB,1.Cadde, 15. Yol , Kocaeli, erhan.kaya@hexagonstudio.com.tr

^(b)Hexagon Studio, TOSB,1.Cadde, 15. Yol , Kocaeli, evren.kiyak@hexagonstudio.com.tr

^(c)Hexagon Studio, TOSB,1.Cadde, 15. Yol , Kocaeli, oguz.alabay@hexagonstudio.com.tr

ÖZET

Bu çalışmada askeri bir deniz platformunda kullanılan hedef gösterici seti tasarım ve geliştirilmesi faaliyetleri ele alınmaktadır. Çalışma konusu sistem hava, su üstü ve kara hedeflerinin konum bilgisini silah sistemine aktarmak amacıyla kullanılmaktadır. Sistemin tasarımında; hedef gösterici setin her türlü deniz koşullarında amacına uygun çalışabilmesi temel kriter olarak göz önünde bulundurulmuştur. Bu doğrultuda yapılan detaylı mühendislik tasarım çalışmalarından hareketle sanal ürün oluşturulmuş, ergonomi çalışmaları, benzetimler ve dayanım analizleri sonuçlarına göre geliştirme faaliyetleri gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hedef gösterici, deniz platformu, ergonomi, karşı ağırlık, radar kesit alanı, sonlu elemanlar

ABSTRACT

Target pointer on a naval platform is designed and developed in this study. Target pointer is used for communicating positional information of air, surface and ground targets to weapon systems on the platform. Operation capability of the entire system under all sea conditions is the core design criterion. In this context, mathematical model of the target pointer is constructed and then analyzed by computer-aided engineering. The final design is then validated for operator ergonomics.

Key words: Target pointer, marine platform, ergonomics, counterweight, radar cross section, finite elements

1. Giriş

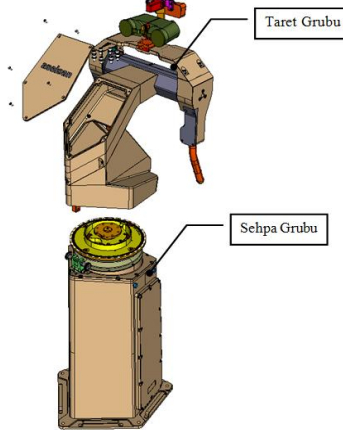
Hedef gösterici seti, hava, su üstü ve kara hedeflerinin konum bilgisini silah sistemlerine aktarmak amacıyla kullanılmaktadır. Sistem operatörünün hedef gösterici seti dürbünü ile tespit ettiği hedef konum bilgisi, sistem üzerindeki açı algılayıcı vasıtasıyla silah kontrol sistemine iletilmektedir. Elektro-optik görüş sistemleri, belli bir görüş açısında çalışmakta olduğundan hedef tespiti amacıyla yapılan muhtemel hedef alanı taramalarında zorluk yaratmaktadır. Hedef gösterici seti tasarımı ile hedef tespit işleminin kolaylaştırılması amaçlanmaktadır. Sistem bir operatör tarafından el ile kullanılmaktadır. Operatör, çıplak gözle tespit ettiği hedefe hedef gösterici seti dürbünüyle baktığında, hedefin konum bilgisi açı algılayıcılar tarafından silah kontrol sistemine otomatik olarak aktarılmaktadır. Her türlü zorlu deniz koşulunda sorunsuz çalışacak şekilde tasarlanan sistem, askeri amaçlı deniz platformlarında kullanılmaktadır.

2. Çalışmanın Safhaları

2.1. Detaylı Tasarım

Tasarım gereklerinin belirlenmesi ve endüstriyel tasarımı Aselsan A.Ş. tarafından yapılan hedef gösterici setin kavramsal tasarım alternatifleri oluşturulmuş ve bu alternatifler üzerinde kinematik analizler ve ergonomi kontrolleri yapılmış, detay tasarım bu verilere göre güncellenmiştir.

Hedef gösterici seti iki ana yapıdan oluşmaktadır. Hareketli olan üst kısım taret grubu, sabit olan alt kısım ise sehpa grubu olarak adlandırılmaktadır.



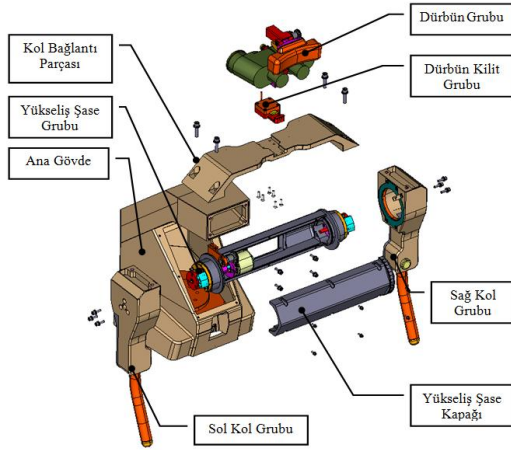
Şekil 1 – Hedef gösterici seti genel görünüş

Taret grubu; ana gövde, yükseliş şase grubu, sol ve sağ kol grubu, dürbün grubu, dürbün kilit grubu, kol bağlantı parçası ve yükseliş şase kapağından oluşmaktadır.

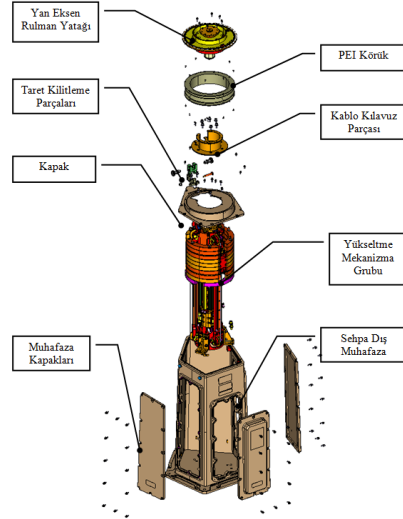
Ana gövde, arayüz birimine yataklık etmektedir ve yan eksen göstergesinin okunması için boşaltmalara sahiptir.

Yükseliş şase grubu, rulman yatakları ve yükseliş açı algılayıcısından oluşmaktadır. Rulmanlar yağlanma kabiliyetine sahip kapalı bir hacim

içerisinde konumlandırılmıştır. Rulman yatakları yükseliş hareketlerinde kablo sıkışmasını engelleyecek boşaltmalara sahiptir ve yataklar üzerinde yükseliş hareketlerini sınırlandıran durdurucular bulunmaktadır. Ayrıca yükseliş şasesi üzerine yükseliş kilitlemesinde kullanılan standart yaylı pim yer almaktadır. Dürbün grubu, kullanıcının rahat çalışmasını sağlamak üzere ayarlanabilir alınlık grubu ve dürbün bağlantılarından oluşmaktadır.



Şekil 2 –Taret grubu



Şekil 3 – Sehpa grubu

Sehpa grubu, yükseltme mekanizma grubu, yan eksen rulman yatağı, sehpa dış muhafazası, taret kilitleme elemanları, kapaklar, kablo kılavuz parçası ve körükten oluşmaktadır.

Yükseltme mekanizma grubu, taret grubunun kullanıcı tarafından azami 80N kuvvet uygulanarak hareket ettirilmesine olanak sağlayacak karşı ağırlık yöntemi kullanılarak tasarlanmıştır. Yükseltme mekanizma grubu, sistemin tek bir doğrultuda hareket etmesini sağlayacak kılavuz raylara sahiptir. Aynı zamanda bağımsız kablo hareketlerini engellemek amacıyla kablo rayı bulunmaktadır. Karşı ağırlıklar ile taret grubunun bağlantısını sağlamak amacıyla makara grupları oluşturulmuştur. Bu makara grupları içinde yer alan rulmanlar, yağlama kabiliyetine sahip kapalı bir hacim içinde bulunmaktadır. Karşı ağırlıklar, parçalı yapıdadırlar ve dengeleme ihtiyacı olması durumunda ağırlık çıkartılıp eklenebilmesine olanak sağlamaktadır.

Yan eksen rulman yatağı, yan eksen açı algılayıcısından, taret bağlantı milinden ve rulman yatağından oluşmaktadır. Rulman yatağı üzerinde yan eksen göstergesi bulunmaktadır. Rulman yatağı kablo geçişinin sağlanabilmesi için boşaltmalara sahiptir.

Sehpa dış muhafazası, radar kesit alanını azaltmaya yönelik tasarlanmış olup, iç mekanizmaya erişim için kapaklı yapıdadır.

Kablo kılavuz parçası, yatay ekseninde 170 derecelik dönme hareketinde kabloların sıkışmasını önlemek amacıyla tasarıma eklenmiştir.

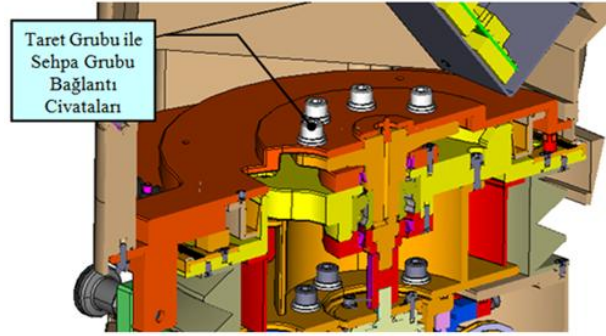
Detaylı tasarım çalışmaları sonrasında dinamik ve kinematik benzetim sonuçlarına göre hedef gösterici setini deniz platformu güverte düzlemine bağlayan ve sistemin çalışmasını sağlayan standart ekipmanlar belirlenmiştir. Standart ekipmanlar olarak;

- Kayar yatak mekanizması,
- Lineer rulman seçimleri yapılmıştır.

Yapılan benzetimler ve dayanım analizi sonuçlarına göre tasarım geliştirme çalışmaları yapılmış ve detaylı tasarım son haline getirilmiştir.

2.2. Mühendislik Hesaplamaları

Tasarım sürecinde alınan kararlar doğrultusunda; sistemde bağlantı elemanı olarak kullanılan elemanlardan taret grubu ile sehpa grubunun bağlantısını sağlayan civataların mukavemet kontrolleri yapılmıştır.



Şekil 4 – Sehpa Taret Grubu Kesiti

Taret grubunun, yan eksen miline bağlantısını sağlamak için 8 adet M8x16 civata ve mil üzerinde 1 adet merkezleme pimi kullanılmıştır. Merkezleme pimi kesme yönündeki kuvvetlere karşı, civatalar da çekme yönündeki kuvvetlere karşı direnç göstermektedir. Pim ise civata üzerine gelen kesme kuvvetlerini engellemektedir ve bu sebeple civatalara bu yönde bir kuvvet etki etmemektedir. Herbir civataya gelen çekme kuvveti, 8 adet civata kullanıldığı için mil üzerine gelen çekme kuvvetinin 8 de 1'ine eşittir ve civata kontrolü aşağıdaki şekilde yapılmıştır;

Verilen formüllerde d anma çapını, h adımı, d_2 ortalama çapı ve d_1 & d_3 diş dibi çapını temsil etmektedir.

$F_{\text{ön}} = 3.F_{\text{işz}}$ olduğu kabulü yapılmıştır. (Pratikte, bağlantı elemanına işletme yükünün üç veya dört katı kadar ön yükleme verilmelidir.[1])

Civata üzerinde dinamik etkiler ile oluşan ve bağlantı elemanının uzamasına neden olan ek kuvvet (F_z) ve toplam kuvvet (F_{top}) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

$$F_z = F_{\text{işz}} \cdot k_c / (k_c + k_p) \quad (1)$$

$$F_{\text{top}} = F_{\text{ön}} + F_z \quad (2)$$

Çekme gerilmesini hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılmıştır;

$$\delta_{\zeta} = \frac{F_{\text{ön}}}{A_1} \quad (3)$$

Burulma gerilmesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

Vidalar arasında genel bir karşılaştırma yapılacak olursa; metrik vidalarda $\beta=60^\circ$, $\mu'=1,15$. μ ; Whitworth vidalarda $\beta=55^\circ$, $\mu'=1,12$. μ ; trapez vidalarda $\beta=30^\circ$, $\mu'=1,04$. μ ve kare vidalarda $\beta=0$, $\mu'=\mu$ olmaktadır [1]

$$\mu' = \frac{\mu}{\cos \alpha / 2} \quad (4)$$

Bu ön yüklemeyi sağlayacak hem sürtünme bileşeni hem de vida eğiminden doğan sıkma torkunu hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılmıştır;

$$M_{s1} = F_{\text{ön}} \cdot \frac{d_2}{2} \left[\frac{h}{\pi d_2} + \mu' \right] \quad (5)$$

Ayrıca, civata başı altında halka şeklindeki oturma alanı, ön yükleme etkisi ile bağlanan parça yüzeyine sıkıca oturarak dönme yönüne ters yönde bir sıkma momenti oluşturmaktadır. Bu etki altındaki sıkma momentini hesaplamak için aşağıdaki formülden yararlanılmıştır;

$$M_{s2} = F_{\text{ön}} \cdot \left[\mu' \frac{d_o}{2} \right] \quad (6)$$

Toplam sıkma momenti M_{stop} bu iki direnç momentinin toplamına denk veya daha büyük olmalıdır.

$$M_{\text{stop}} \geq M_{s1} + M_{s2} \quad (7)$$

Sürtünme bileşeni ve vida eğiminden kaynaklanan sıkma momenti bileşeni ile oluşan burulma gerilmesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

$$\tau_b = \frac{M_{s1}}{\pi (d_1)^3 / 16} \quad (8)$$

Maksimum şekil değiştirme enerjisi hipotezi ile eşdeğer gerilmeyi hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılmıştır;

$$\delta_{e\zeta} = \sqrt{\delta_{\zeta}^2 + 3 \cdot \tau_b^2} \quad (9)$$

Bu değerler kullanılarak civataya ait emniyet katsayısı hesaplanmıştır; (δ_{akma} malzemenin akma sınır değerini, δ_{kopma} ise kopma sınır değerini temsil etmektedir)

$$S = \frac{\delta_{\text{akma}}}{\delta_{e\zeta}} \quad (10)$$

İşletme esnasında civatanın mukavemet kontrolü ise aşağıdaki gibi yapılmıştır;

$$\text{Civatayı zorlayan maksimum kuvvet; } F_{\text{max}} = F_{\text{top}} \quad (11)$$

$$\text{Civatayı zorlayan minimum kuvvet; } F_{\text{min}} = F_{\text{ön}} \quad (12)$$

Bu değerlere tekabül eden gerilmeler;

$$\delta_{\max} = \frac{F_{\max}}{A_1} \quad (13)$$

$$\delta_{\min} = \frac{F_{\min}}{A_1} \quad (14)$$

Ve ortalama gerilmeler ve gerilme genliği değerleri hesaplanmıştır;

$$\delta_d = \frac{\delta_{\max} + \delta_{\min}}{2} \quad (15)$$

$$\delta_{gen} = \frac{\delta_{\max} - \delta_{\min}}{2} \quad (16)$$

$$\text{Ortalama gerilme değeri; } \delta_o = \delta_{\min} + \delta_{gen} \quad (17)$$

Kopma gerilmesine tekabül eden sürekli mukavemet sınırını hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılmıştır;

$$\delta_D = 0,5.\delta_{kopma} \quad (18)$$

Civata üzerindeki çentik etkilerinden kaynaklanan gerilmeler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır [1];

Öncelikle çentik etkisi katsayısı hesaplanmıştır; (K_b Çap düzeltme katsayısını, K_y Yüzey düzgünlük katsayısını, K_c Çentik etkisi katsayısını, q Çentik hassasiyeti katsayısını, K_t Teorik gerilme yığılması faktörünü simgelemektedir)

$$K_c = q.(K_t - 1) + 1 \quad (19)$$

Elde edilen katsayılar yardımıyla, şekil mukavemeti eşdeğer gerilmesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

$$\delta_D^* = \frac{K_b.K_y}{K_c}.\delta_D \quad (20)$$

$$S = \frac{\delta_{akma}}{\delta_o + \left(\frac{\delta_{akma}}{\delta_D^*}\right).\delta_{gen}} \quad (21)$$

Çentik etkisi ile elde edilen emniyet katsayısı;

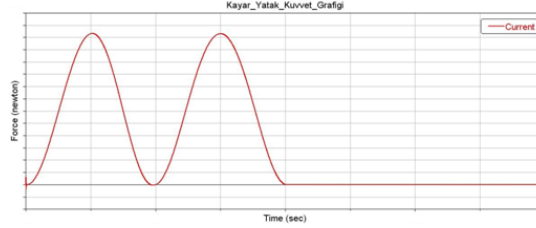
Formülü ile hesaplanmıştır ve civatanın güvenli olduğu tespit edilmiştir.

2.3.Mühendislik Analizleri

Mekanizmanın tasarım isterlerine uygun çalışmakta olduğunu ve deniz platformunun su sathındaki olağan hareketleri (yalpalama, yunuslama-kafa vurma ve dikey hareketler) esnasında seçilen standart ekipmanların uygunluğunu doğrulamak amacıyla, yapının sonlu elemanlar modeli oluşturularak bilgisayar destekli benzetimler gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuçlar tasarımın geliştirilmesi amacıyla değerlendirilmiştir.

2.3.1. Dinamik ve Kinematik Benzetimler

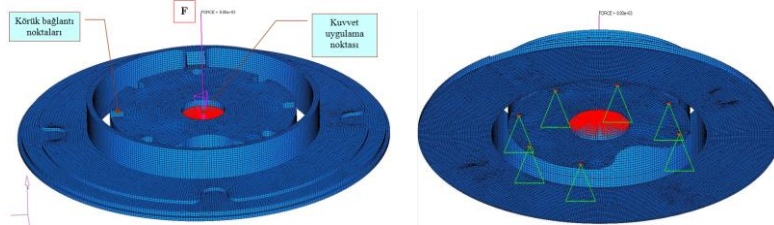
İnceleme yapılacak hareket sırasında; sistemin deplasman değişimini tasarım isterlerinde belirtilen süre zarfında tamamladığında, tam performansla çalışmaya devam etmesi kriteri göz önünde bulundurularak yapılan analizlerin sonuçları (dönme eksenini etrafında yer değişimi, kuvvet eğrileri, moment eğrileri) değerlendirilmiştir. Sistemin kayar yatak mekanizmasının yalpalama hareketine bağlı kuvvet eğrisi örnek olarak aşağıda verilmiştir.



Şekil 5 – Kayar yatak mekanizmasının kuvvet eğrisi

2.3.2. Dayanım Analizi

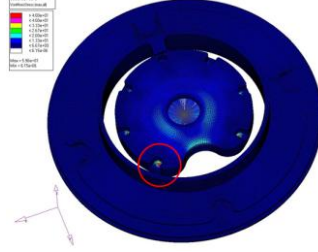
Hedef gösterici seti mekanizmasının aşağı ve yukarı yönde hareketi sırasında kritik eleman olarak nitelendirilen taret bağlantı grubuna ait rulman yatağının - üzerinde bulunan standart elemanlar hariç- sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Tasarlanan parçanın sabit kalınlıkta olmaması ve geometrisinin değişken bir yapıya sahip olması nedeniyle sonlu eleman modellemesinde üç boyutlu tetra elemanlar kullanılmıştır. Elde edilen modelde toplam 136.570 adet solid (hexa ve penta) eleman kullanılmış ve hata düzeltme alt ve üst mertebeleri yardımıyla model, analizler için uygun olarak düzenlenmiştir.



Şekil 6 – Rulman yatağına ait sınır koşulları

Rulman yatağının gövde grubu ve taret alt sistemiyle bağlantısını sağlayan körük üzerine civatalar aracılığıyla bağlandığı ve parçanın maruz kalabileceği maksimum kuvvet etkileri göz önünde bulundurularak, parçaya ilişkin sınır koşulları elde edilmiştir. Parça, rulman yatağının körük üzerine bağlandığı altı civata noktasında herhangi bir dönme veya öteleme hareketine müsaade etmeyecek şekilde konumlandırılmıştır. Sistemin simetrik bir şekilde tasarlanmış olması sebebiyle taret bağlantı grubuna ait miller üzerinden rulman yatağı elemanına etkileyen kuvvetlerin eşit dağılacığı ve rulman yatağı üzerine gelecek ağırlık sebebiyle şok anında etkileyecek kuvvet öngörülmüştür. Hazırlanan sonlu elemanlar modeli, rulman yatağının tasarımında kullanılan

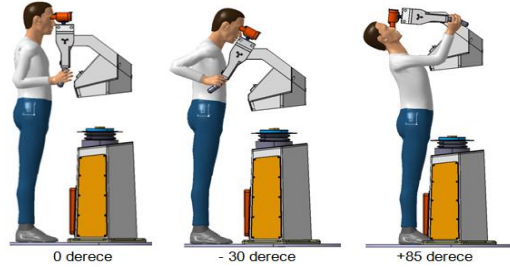
malzeme bilgileri ve parçaya ait sınır koşulları kullanılarak doğrusal statik analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir.



Şekil 7 – Rulman yatağına ait Von-Mises gerilme dağılımı

2.3.3. Ergonomi Çalışmaları

Hedef gösterici setini operatör ergonomisi açısından değerlendirmek amacıyla 0, -30 ve +85 derece konumlarında ergonomi analizleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8 - Ergonomi Analizleri

3. Sonuç ve Değerlendirmeler

Hedef gösterici seti tasarım ve geliştirme süreci, sistem performans gerekliliklerine ve çalışma koşullarına uygun olarak ve aşağıdaki şartları sağlar nitelikte sonlandırılmıştır.

- Sistem yan ve yükseliş eksenlerinde rotasyonel hareket, dikey ekseninde lineer hareket olmak üzere 3 serbestlik derecesine sahiptir.
- Sistem, açı kodlayıcılar sayesinde kumanda edilmek istenen sistemin kontrol birimine pozisyon bilgisi aktarmaktadır. Dolayısıyla füze, silah v.b. taretleri, hedef üzerine yönlendirme amaçlı kullanılmaktadır.
- Kullanıcı tarafından max. 80N yük uygulanarak 3 ekseninde hareket ettirilebilmektedir; operatör tarafından minimum güç harcanarak hareketli hedeflerin hızlı bir şekilde yakalanmasına katkı sağlamaktadır.

Mevcut durumda sistem, deniz platformlarında yer alan taretler için kullanılmaktadır. Asker emniyetinin artmasına katkı sağlayacağı düşünülen, sınır karakollarının nöbet bölgelerinde kullanılacak taret sistemlerinin kumanda edilmesinde kullanılabilir. Bu alanda kullanımı için sistemin dış ortam arayüzlerinin değiştirilmesine ihtiyaç olabilir.

KAYNAKÇA

[1] Prof. Dr. Atilla Bozacı, (2005), Makina Elemanlar Cilt 1.