

HİDROLİK SİLİNDİRLERDE BASINÇ ÖLÇÜMÜNE DAYALI BİR TARTI VE GÜVENLİK SİSTEMİ

Tuna BALKAN
M. A. Sahir ARIKAN

ÖZET

Bu çalışmada, hidrolik silindirelerin kullanıldığı mobil vinç ve benzeri sistemlerde, basınç ölçümü yapılarak yük ağırlığının hesaplanması anlatılmış, aşırı yük ve hatalı konumlandırmadan dolayı meydana gelebilecek devrilmenin engellenmesi için geliştirilmiş olan bir tartı ve güvenlik sistemi tanıtılmıştır. Mobil vinç türü sistemlerde bumun açısız konumu pistonun hareketi ile değişmekte ve sabit bir yük altında bile açısız konuma bağlı olarak devrilme söz konusu olabilmektedir. Sistem, mevcut yükün tartılması ve istenirse günlük toplam tartı miktarının belirlenmesi ile yükün kaldırılması veya indirilmesi sırasında bumun açısız konumunun değişmesinden dolayı meydana gelen moment değişikliklerinin sebep olabileceği devrilmelerin önlenmesi için kullanılmaktadır. Bu şekilde, örneğin limanlarda kullanılan mobil vinçlerde hem tehlikeli durumların oluşması önlenmekte hem de vincin gün içerisinde ne kadar yükleme/boşaltma yaptığı tesbit edilerek ücretlendirme yapmak mümkün olmaktadır. Bu amaçla, önerilen sistemde, basınç ölçerler, açısız konum ölçer ve mikroişlemcili bir denetleç kullanılmış ve basınç ölçümlerinde yükün salınması, bum, halat, gövde gibi elemanların esnekliği ve operatörün vinci ani değişen hareketlerle kullanması nedeniyle meydana gelebilecek salınımların ağırlık ölçümüne yansımaması için yöntem önerilmiştir. Sistem, uygun yazılım geliştirilerek, hidrolik silindirelerin kullanıldığı benzer yapılarda ağırlık ölçümü ve denetimin birlikte yapılmasına olanak sağlamaktadır.

GİRİŞ

Yük kaldırma/indirme ve aktarma işlemleri için vinçlere yapılacak ödemeler genellikle kaldırılan toplam yük miktarı temel alınarak hesaplanmaktadır. Özellikle limanlarda gemi yükleme/boşaltma sırasında farklı ağırlıktaki çok sayıda konteyner kaldırılmaktadır. Yapılacak ödemenin hesaplanması için işlem bittikten sonra konteynerlerin üzerinde yazılan ağırlıklar tek tek kayıt edilmekte daha sonra da toplam miktar bulunmaktadır. Bu da hem zaman kaybına hem de işlemler manuel yapıldığı için hatalara yol açmaktadır. Geliştirilen sistemde ise kaldırılan yükün ağırlığı isteğe bağlı olarak otomatik veya manuel olarak mikroişlemci bazlı bir sisteme kaydedilmekte ayrıca istatistiki bilgi de tutulmaktadır.

Öte yandan, özellikle mobil vinçlerde vinç güvenliğinin sağlanması için güvenli yük denetim sistemleri veya moment sınırlayıcıları gerekmektedir. Bu sistemler, temel olarak, kaldırılan yük ve bumun ağırlığı nedeniyle oluşmuş olan momentleri, bumun açısı ve konfigürasyonu ile vincin konfigürasyonuna göre izin verilen momentlerle karşılaştırmakta ve gerektiğinde uyarı yaparak ve/veya bumun daha fazla yatırılmasını ve bu nedenle de sistemin aşırı yüklenmesini engelleyerek çalışmaktadır. Böyle bir sistem için, hidrolik silindir basınç ölçerleri, bumun açısız konumunu ölçen bir enkoder veya potansiyometre, teleskopik bumlarda için uzunluk detektörünün yanı sıra daha karmaşık uygulamalar için bum ön-arka konum sensörü, vinç destek ayakları açık-kapalı anahtarı gerekmektedir.

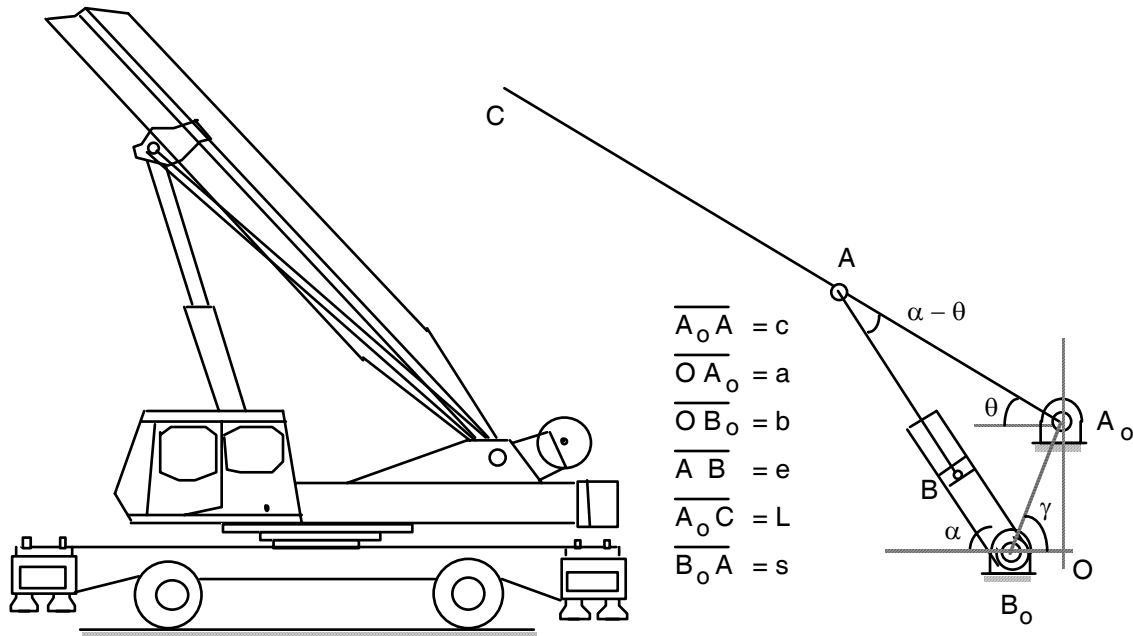
Bumlu vinçlerde, hidrolik silindirlerdeki basıncın ölçümüne dayalı uygulamaların yanı sıra, yük ölçerlerin kullanıldığı sistemler de vardır. Bu tür sistemlerin en kolay uygulaması, kancadan hemen önce halatla kanca arasına bir yük ölçer ilave edilmesidir. Yük ölçerden veri iletiminin radyo dalgaları

ile yapılmaması durumunda kablo kullanmak gerekmede, bu da işletim esnasında kopma, takılma, ezilme gibi çeşitli sorunlara neden olmaktadır. Radyo dalgalarının kullanılabilmesi için de ya ortamın gürültüsüz olması, ya da sayısal veri iletimi yönteminin kullanılması gerekmektedir. Bu tür uygulamalarda vericiye pil veya akü gibi bir güç kaynağı da yerleştirilmelidir. Bütün bunlar da arıza olasılığını ve maliyeti artırmaktadır. Öte yandan, kancadan hemen önce yer alan böyle bir elektronik sistemin çarpma, sürtme gibi nedenlerle hasar görmesi kuvvetle muhtemeldir. Bu sorunları ortadan kaldırmak için yük ölçerin halat yerine bumun ucuna bir mekanizma yardımıyla monte edilmesi ve bu şekilde halat yükünün dolaylı olarak ölçülmesi de mümkündür. Ancak, bu uygulamanın da halat üzerine monte edilmiş yük ölçer ile benzer sorunları vardır.

Bu nedenlerle, bumu tahrik eden hidrolik silindirdeki basıncın ölçümüne dayalı sistemler kullanılmaktadır. Hızlı hareket durumunda, kaldırma mekanizmasını oluşturan elemanlar üzerindeki yüklerin hesaplanması için ilgili dinamik denklemlerin çözülmesi gerekmektedir [1]. Yavaş hareket durumunda ise -ki hareketlerin büyük bir çoğunluğu yavaş harekettir- statik denklemlerin kullanılması yeterli olmaktadır. Her iki durumda da hesaplamalar için gerekli denklemlerin elde edilebilmesi için vincin kinematik modelinin ve uzuvların kütle, kesit vb özelliklerinin kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada geliştirilen sistem, örnek olarak 10 ton kaldırma kapasiteli COLES 930 mobil vincinde uygulanmıştır [2].

ÖRNEK VİNCİN MATEMATİKSEL MODELİ

COLES 930 vincinin şematik gösterimi ve basitleştirilmiş kinematik modeli Şekil 1'de verilmiştir. Bum destek çubukları ve piston-bum bağlantısındaki kaçıklığın göz önüne alınmaması durumunda sistem basit bir dört-uzuv mekanizması haline gelmektedir.

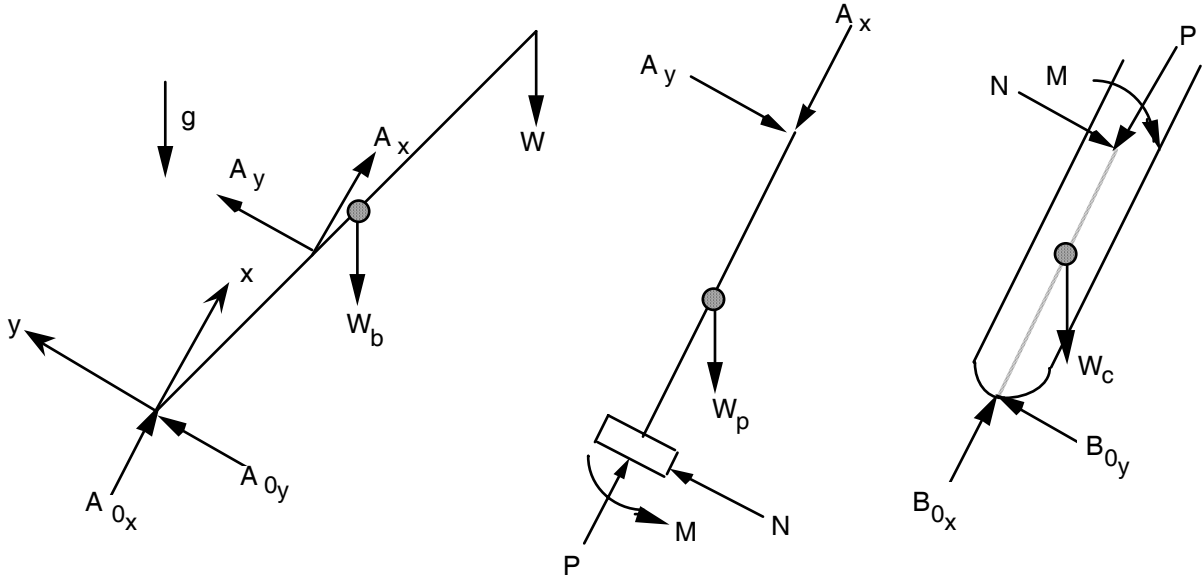


Şekil 1. COLES 930 Vincinin Şematik Gösterimi ve Basitleştirilmiş Kinematik Modeli

Yükün hesaplanması için, hidrolik silindirin her iki haznesindeki basıncın ölçülmesi gerekmektedir. Bu basınçların bilinmesi durumunda da Şekil 2'de verilen yükler ve diyagramlar kullanılarak yükün ağırlığı hesaplanabilmektedir. Şekilde, W_b , W_p ve W_c , sırasıyla bumun, pistonun ve silindirin ağırlığını göstermektedir.

Şekil 1'de gösterilen θ (bum açısıl konumu) ve α (hidrolik silindir açısıl konumu) açıları için aşağıdaki bağıntı elde edilebilir [3, 4].

$$\tan \alpha = \frac{c \sin \theta + a}{c \cos \theta - b} \quad (1)$$



Şekil 2. Vinç Uzuvarları ve Kuvvetler

Yük ağırlığının hesaplanması için gerekli olan net piston kuvveti F de Şekil 2'de verilen kuvvetlerin kullanılması ve denge denklemlerinin ortak çözülmesiyle aşağıdaki şekilde bulunabilir [3, 4].

$$F = \frac{1}{c \sin(\alpha - \theta)} \left\{ L \cos \theta \left(W_b \frac{d}{L} + W \right) + c \cos \alpha \cos(\alpha - \theta) \left[W_p + 0.5 \frac{e}{s} (W_c - W_p) \right] \right\} + W_p \sin \alpha \quad (2)$$

Burada,

$$s = \frac{c \sin \theta + a}{\sin \alpha} \quad (3)$$

olarak tanımlanmıştır; d , L ve e ise sırasıyla kütle merkezinin yeri, bumun uzunluğu, pistonun ve kolunun uzunluğu için kullanılmıştır.

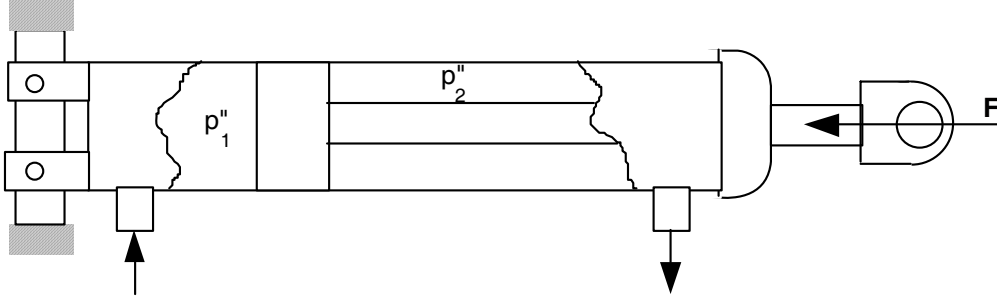
Net piston kuvveti F ile silindir haznelerindeki basınçlar (p''_1 , p''_2) arasındaki bağıntı Şekil 3 kullanılarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$F = p''_1 A - p''_2 A_n \quad (4)$$

Burada,

$$A_n = A - A_s \quad (5)$$

olup, A ve A_s ise sırasıyla piston ve mil kesit alanları için kullanılmıştır.



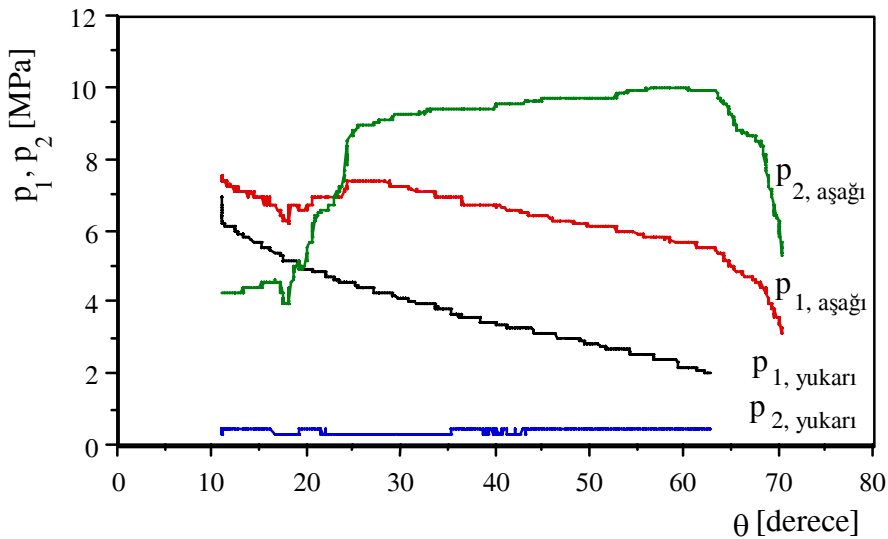
Şekil 3. Hirdolik Silindir

Vinç uzuvlarının özelliklerinin (ağırlıklar ve boyutlar) bilindiği kabul edilirse, yukarıda verilen 2 ve 4 numaralı denklemler ile, ölçülen p''_1 ve p''_2 basınçları kullanılarak kaldırılan yükün ağırlığının (W) hesaplanması mümkündür. Ancak, uzuv özelliklerinin kolayca elde edilmesi her zaman mümkün olmamakta, ayrıca sistemde sürtünme ve eklemlerdeki boşluklar gibi belirsizlik unsurları da bulunmaktadır. Bu zorlukları ortadan kaldırmak ve belirsizlik unsurlarının etkilerini modele dahil etmeye çalışmak yerine bütün bu etkilerin sebep olduğu silindir haznesi basınçlarını tesbit ederek, bu basınçları ölçülen basınçlardan çıkarmak ve bu şekilde yükün ağırlığını doğrudan hesaplamak daha pratik bir çözüm olarak görünmektedir.

Bu yöntem için kullanılacak yükün ağırlığını veren denklem ise, 2 numaralı denklemde, içinde W_b , W_p ve W_c olan terimleri sıfırlayarak ve 4 numaralı denklemi de kullanarak aşağıdaki şekilde elde edilebilir.

$$W = \frac{c \sin(\alpha - \theta)}{L \cos \theta} (p'_1 A - p'_2 A_n) \quad (6)$$

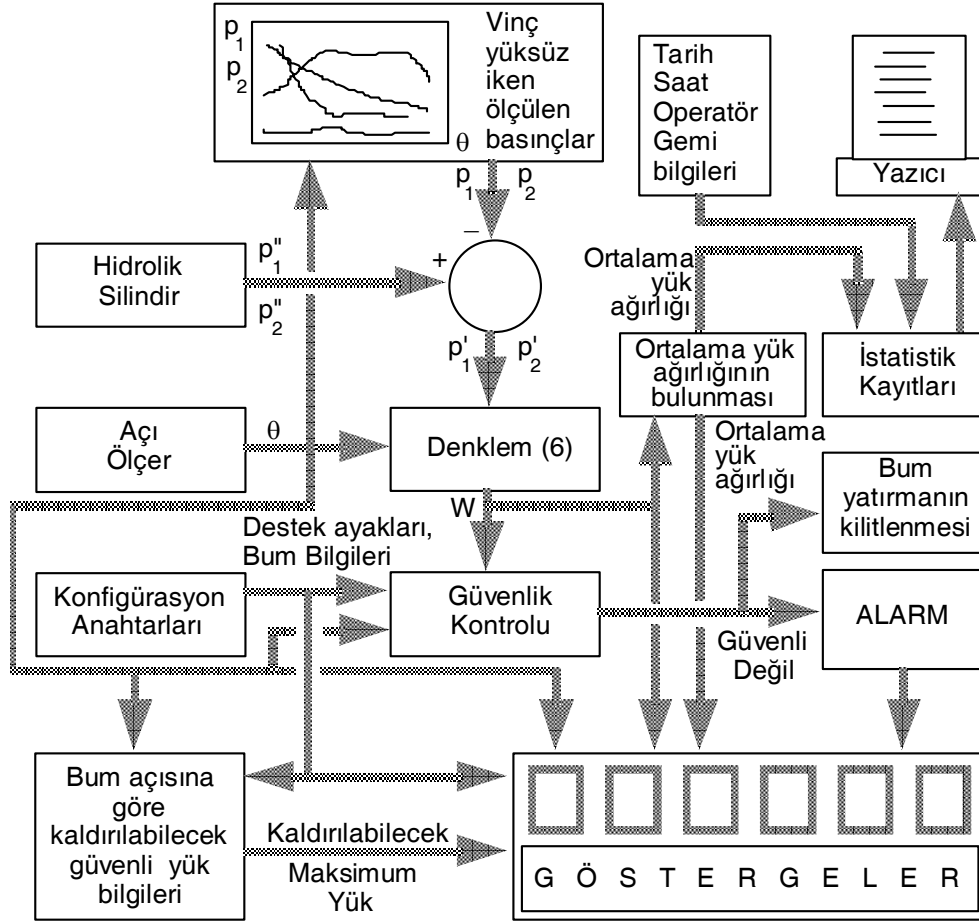
Burada, p'_1 ve p'_2 vinç yüklü iken ölçülen silindir haznesi basınçlarından vinç yüksüz iken ölçülen basınçlar çıkarılarak bulunmalıdır ($p'_1 = p''_1 - p_1$, $p'_2 = p''_2 - p_2$). Vinç yüksüz iken ve en çok kullanılan kaldırma/indirme hızlarında çalıştırıldığında ölçülen p_1 ve p_2 basınçları Şekil 4'de verilmiştir. Silindir haznesi basınçlarından çıkarılacak olan p_1 ve p_2 basınçları vincin yükü kaldırma/indirme durumundaki konfigürasyonuna karşı gelen θ açısındaki basınçlar olmalıdır.



Şekil 4. Vinç Yüksüz Çalışırken Ölçülen Basınçlar

TARTI VE GÜVENLİK SİSTEMİ

Geliştirilen tartı ve güvenlik sistemi, mevcut yükün tartılması ve istenirse günlük toplam tartı miktarının belirlenmesi ile yükün kaldırılması veya indirilmesi sırasında bumun açılma konumunun değişmesinden dolayı meydana gelen moment değişikliklerinin sebep olabileceği devrilmelerin önlenmesi için kullanılmaktadır. Sistemin çalışma prensibini yansıtan blok şema Şekil 5'te verilmiştir.



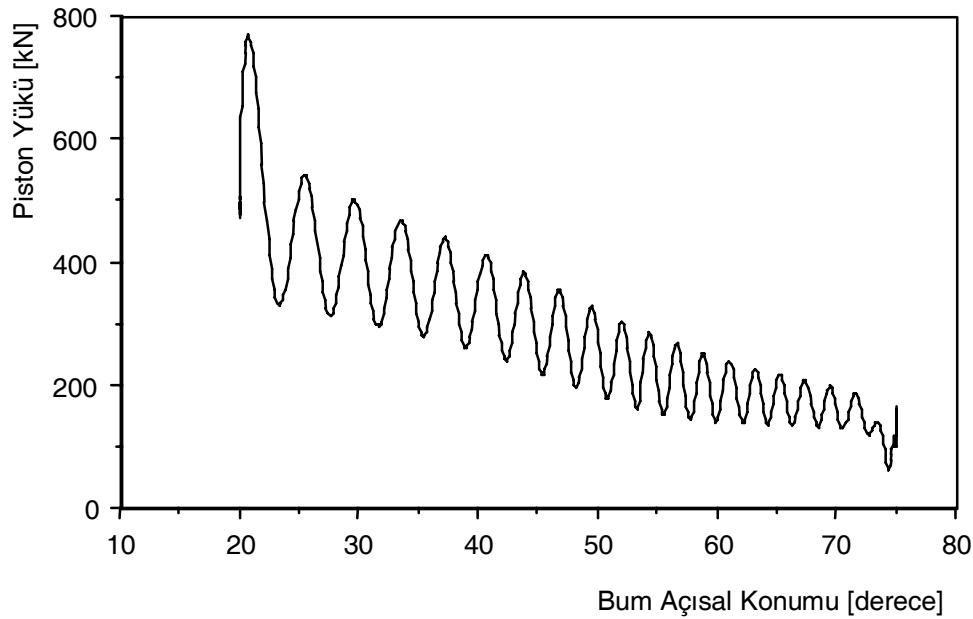
Şekil 5. Tartı ve Güvenlik Sisteminin Blok Şeması

Sistemin tartı bölümü basınç ölçerlerden gelen bilgiler ve bumun açılma konumuna göre sürekli olarak yükü 6 numaralı denkleme kullanarak hesaplamakta ve göstergeye iletmektedir. Örnek mobil vinç sisteminde, ölçme elemanları olarak kendinden amplifikatörlü iki basınç ölçer ile bumun yatay düzlemle yaptığı açığı okuyan sarkaç tipi bir açılma konum ölçer (potansiyometre) kullanılmıştır. Açılma konum ölçerinin olası salınımlarını söndürmek için ise yağlı tip bir sistem seçilmiştir. Yük ağırlığının sabit olmasına rağmen, yükün, bum, halat, gövde gibi diğer vinç elemanlarını salındıracak ani hız değişiklikleriyle hareket ettirilmesi beklenenden farklı basınçların oluşmasına neden olarak, kullanılan sarkaç tipi açılma konum ölçerinin de olası salınımları ile birlikte göstergede okunan yükte küçük salınımlar oluşmasına sebep olabilmektedir. Bu salınımların göstergede izlenmesine karşın, yük ağırlığı bilgisi, tartı bilgilerinin istatistiksel amaçla saklanacağı kısma ortalama değer hesaplanarak gönderilmektedir. Ortalama değerlerin bulunması için ilk adım alınan ağırlık verisi zincirinden örnek veri paketlerinin oluşturulmasıdır. Daha sonra her örnek veri paketinin ortalaması bulunmakta, bu ortalamaların ortalaması da ortalama yük ağırlığını vermektedir. Örnek veri paketlerinde aynı sayıda veri bulunmaktadır. Her paket, veri zincirinin içinden bir önceki paketin başladığı verinin bir

sonrasında başlayarak oluşturulmaktadır. Şekil 6'da bumun 32.4 kN ağırlığındaki yükü yukarıya doğru kaldırdığı durumda güvenli toplam çalışma bölgesini 10 saniye gibi kısa bir zamanda katettiğinde bum ve diğer elemanların esnekliğinden dolayı oluşan salınımlar verilmiştir [5]. Buradan da görüleceği üzere, yük ağırlığı için ortalama yük yerine herhangi bir andaki yük değerinin kullanılması istatistiksel kayıtlara sağlıklı değerler aktarılmasına neden olmaktadır.

Toplam ağırlık bilgilerini içeren istatistiksel kayıtlar tarih, saat, operatör ve gemi bilgileri ile birlikte tutulmaktadır. Bilgilerin dökümü, istendiğinde sisteme entegre bir yazıcı tarafından alınabilmektedir. Göstergeye yük ağırlığının yanı sıra bum açısı ve vincin konfigürasyon bilgileri de verilmektedir. Bum açısı özellikle vincin yüksüz olarak seyrettiği sırada uygun açının sağlanabilmesi yönünden önem taşımaktadır.

Sistemin güvenlik kontrolü bölümünde ise hesaplanan yük ağırlığı, bum açısına ve konfigürasyon anahtarlarından gelen sistem konfigürasyonu bilgisine (bum önde-arkada, tekerlekler üzerinde serbest, destek ayakları açık-kapalı) karşı gelen güvenli maksimum yük ağırlığı ile sürekli olarak karşılaştırılmaktadır. Güvenli yük ağırlığının aşılması durumunda sesli ve ışıklı alarm verilmekte, ayrıca bumun daha fazla yatırılması önlenmektedir. Bu durumda güvenlik açısından sadece bumun kaldırılması mümkün olmaktadır.



Şekil 6. Piston Yükünün Bum Açısız Konumuna Göre Değişimi
(32.4 kN Yük, Yukarı doğru 10 saniye bum hareketi)

Sistemin uygulanmasında 12 bitlik analog/sayısal çevirici ve E²ROM içeren bir mikroişlemci kullanılmıştır. Basınç ölçerler ve potansiyometreden gelen analog sinyaller ile konfigürasyon anahtarlarından gelen sayısal sinyaller mikroişlemciye iletilmekte ve burada daha önce kayıtlı kalibrasyon basınçları, vinç parametreleri, emniyetli yük bilgileri ve sistem yazılımı kullanılarak gerekli işlemler yapılmaktadır. Öte yandan mobil vinçte yapılabilecek olası mekanik modifikasyonlar durumunda gerekebilecek kalibrasyon işlemi RS232 arayüzü üzerinden bir PC ile bu işlem için geliştirilmiş yazılım kullanılarak yapılabilmektedir.

Yapılan uygulama ve deneysel sonuçlar dinamik ve karmaşık bir vinç modeli yerine, statik ve basit bir vinç modelinin kullanılmasının yeterli olduğunu göstermektedir. Bu basit model aynı zamanda kullanılan mikroişlemcide olması gereken bellek ve komut kapasitesini de düşürmektedir.

SONUÇ

Hidrolik silindirlerin kullanıldığı mobil vinç ve benzeri sistemlerde basınç ölçümü yapılarak yük ağırlığının hesaplanması ve aşırı yük ve hatalı konumlandırmadan dolayı meydana gelebilecek devrilmenin engellenmesi için bir denetim ve güvenlik sistemi geliştirilmiş ve COLES 930 mobil vinci üzerinde uygulanmıştır. Bu şekilde, liman vb yerlerde kullanılan mobil vinçlerde hem tehlikeli durumların oluşması önlenmiş hem de vinciğin gün içerisinde ne kadar yükleme/boşaltma yaptığı tesbit edilerek kolayca ücretlendirme yapmak mümkün olmuştur. Geliştirilen sistemde kaldırılan yükün ağırlığı otomatik veya manuel olarak mikroişlemci bazlı bir sisteme kaydedilmekte ayrıca istatistiki bilgi de tutulmaktadır. Sistem, uygun yazılım geliştirilerek, hidrolik silindirlerin kullanıldığı benzer yapılarda da ağırlık ölçümü ve denetimin birlikte yapılmasına olanak sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] POSIADALA, B. ve diğerleri, Motion of the Lifted Load Brought by a Kinematic Forcing of the Crane Telescopic Boom, s. 547, Mechanism and Machine Theory, Cilt 25, No. 5, 1990.
- [2] COLES Cranes Ltd., Technical Data Sheet M. 7347, Sunderland, İngiltere, 1983.
- [3] BALKAN, T., A Control System for Mobile Cranes, s. 9, Proceedings of 6th International Machine Design and Production Conference, 1994.
- [4] BALKAN, T., A Moment Limiter for Mobile Cranes, s. 174, International Journal of Vehicle Design, Heavy Vehicle Systems, Cilt 2, No. 2, 1995.
- [5] KILIÇASLAN, S., BALKAN, T. ve İDER, S. K., Tipping Loads of Mobile Cranes with Flexible Booms, s. 645-657, Journal of Sound and Vibration, Cilt 223, No. 4, 1999.

ÖZGEÇMİŞLER

Tuna BALKAN

1957 yılı Manisa doğumludur. 1979 yılında ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 1983 yılında Yüksek Mühendis, 1988 yılında Doktor ve 1990 yılında Doçent ünvanını almıştır. Çalışma alanları sistem dinamiği, otomatik kontrol ve robotiktir.

M. A. Sahir ARIKAN

1957 yılı Ankara doğumludur. 1979 yılında ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 1981 yılında Yüksek Mühendis, 1987 yılında Doktor, 1989 yılında Doçent ve 1996 yılında Profesör ünvanını almıştır. Çalışma alanları CAD/CAM, robotik, makina elemanları, makina tasarımı ve dişli dinamiğidir.