

DİŞLİSİZ MAKİNALARDA KULLANILAN DİSK FRENLERİN KAPASİTESİNİ BELİRLEMEK İÇİN BİR HESAP YÖNTEMİ

Son dönemde farklı dişlisiz makinalarda aynı kapasitede asansörler için farklı tork değerleri olan elektromekanik disk frenlerin kullanıldığı görülmektedir. Muhakkak ki her motor ve kapasite için ayrı bir fren yapmak mümkün değildir. Tasarlanan fren torkuna bağlı olarak elektromekanik frenler kullanılabilmesi için kapasite ve hızlara uygun bir yük gurubu aralığında kullanılabilir. Ancak sahada yapılan %100 ve %125 kapasiteli yük testlerinde frenlemede farklı duruş mesafeleri ile karşılaşılmaktadır. Elektromekanik frenin yük, kasnak çapı ve hızlara göre kullanılacakları alt ve üst yük kapasitelerinin belirlenmesi ve bir hesap yönteminin veya kriterlerinin üzerinde tartışılması olumlu olacaktır. Bu çalışmanın saha da yapılan kontrollere yardımcı olması ve üreticilerle yapılan tartışmalarda standarda göre bir temel oluşturacağı düşünülmüştür.

TS EN 81-20/50 standartları asansör makinaları ve bu makinalarda bulunması gereken frenleri Madde 5.9.2.2. de tanımlamıştır. Standart ana şebekenin enerjisinin veya güvenlik devresinin enerjisinin kesilmesi durumunda otomatik olarak devreye giren bir fren ile asansörün durdurulmasını istemiştir. Bu fren esas olarak elektromekanik yapıya sahip olmalıdır. Bu frenlerin yukarı yönde hızlanmaya ve istenmeyen kabin hareketlerine karşı koruma için ayrıca sertifikalandırılmış olmaları, esas görevleri olan asansörü durdurma görevinin önüne geçemez. Yukarı yönde hızlanmaya karşı kullanılması durumunda yavaşlatmanın yeterli olması, elektromekanik fren olarak esas görevinin her iki yönde de durdurma olduğunu yok saymaz.

“TS EN 81-20 Madde 5.9.2.2 Frenleme sistemi

5.9.2.2.1 Genel hükümler

5.9.2.2.1.1 Asansör, aşağıdaki kayıpların olması durumunda otomatik olarak devreye giren bir fren sistemi ile donatılmalıdır:

a) Ana şebeke güç beslemesinin kesilmesinde,

b) Kontrol devreleri besleme geriliminin kesilmesinde.

5.9.2.2.1.2 Fren sistemi, bir elektromekanik frene (sürtünmeli tip) sahip olmalı ancak, buna ilave olarak diğer frenleme tertibatlarına (örneğin, elektrikli) sahip olabilir.”

Standart ayrıca bu frenin görevlerini de madde 5.9.2.2.2 de tanımlamıştır. Bu frenin esas olarak tüm mekanik bileşenleri en az ikişer set olmalı ve bu durumda fren %125 yüklü kabini aşağı yönde beyan hızıyla hareket halindeyken durdurabilmelidir. Bu durumda ivme değerleri mekanik güvenlik freni için verilen maksimum ve minimum ivme değerlerinin dışına çıkmamalıdır. ($0,2g_n$ ile $1g_n$ arasında) Eğer mekanik setlerden birisi devre dışı kalırsa diğer set %100 yüklü kabini yavaşlatacak ve durduracak kapasiteye sahip olmalıdır. Bu setlerden her biri bağımsız olarak çalışabilmelidir. (madde 5.9.2.2.27)

“5.9.2.2.2 Elektromekanik fren

5.9.2.2.2.1 Kendine ait bu elektromekanik fren, beyan yüküne ilave olarak % 25'ten fazla yüklü kabini, aşağı yönde beyan hızıyla hareket halindeyken durdurabilmelidir. Bu şartlarda kabinin ortalama yavaşlaması, güvenlik tertibatının çalışmasından kaynaklanan veya tamponlar üzerinde durma sırasında oluşan yavaşlamadan büyük olmamalıdır.

Frenleme yüzeyi üzerindeki frenleme etkisinin sağlanmasına katkıda bulunan, frene ait tüm mekanik bileşenler; en az ikişer set montaj edilmelidir. Eğer kabini yavaşlatmak, durdurmak ve tutmak için yeterli fren gücüne sahip setlerden biri, bir bileşen arızasından dolayı çalışmaz ise kabin beyan yükü ile yüklüken beyan hızında aşağı yönde ve kabin boş iken beyan hızında yukarı yönde hareketine devam etmemelidir.”

5.9.2.2.2.7

Makina, sürekli el ile çalışması nedeniyle frenin serbest bırakılma özelliğine sahip olmalıdır.

Çalışma, mekanik (örneğin, manivela) veya otomatik olarak şarj olabilir acil durum beslemesi ile elektrikli güç verilerek olabilir.

Kuyu dışından her bir fren setinin bağımsız olarak deneye tabi tutulması mümkün olmalıdır.”

Standart gereği yapılan tanımlamalara uygun olarak elektromekanik frenlerin tasarım ve durdurma hesapları yapılmalıdır. Buna göre yapılan hesaplardaki durma ivmeleri standardın belirlediği değerler arasında olmalıdır.

İVME DEĞERLERİNE GÖRE FRENLEMEDE DURUŞ MESAFELERİNİN SEÇİMİ

Standart mekanik frenleme ile ilgili olarak yavaşlama ivmelerini vermiştir. Bu ivmelere göre duruş mesafelerinin seçimi, mekanik güvenlik frenlerinde regülatörün devreye girdiği hıza göre seçilmeli ancak elektromekanik frenlerde beyan hızına göre hesaplamalar yapılmalıdır. İvme değerleri $0,2 g_n$ ile $1 g_n$ arasında olmalıdır.

“ TS EN 81-20 Madde 5.6.2.1.3 Yavaşlama

Kademeli güvenlik tertibatı için, karşı ağırlığının veya dengeleme ağırlığının veya beyan yükü ile yüklü kabinin serbest düşmesi durumunda ortalama yavaşlama, $0,2 g_n$ ve $1 g_n$ arasında olmalıdır.”

Her ne kadar standart $0,2 g_n$ ile $1 g_n$ arasında bir ivmeye müsaade etse de, üreticiler kendi hesaplarında değer olarak, %125 yüklemeler için tam set ile duruş mesafesini, standardın maksimum ve minimum ivmelere göre duruş mesafeleri ortalamasının altında bir duruş mesafesi alabilirler. Bu hem konfor sağlanması hem de güvenli bir duruş mesafesi için iyi bir yöntem olarak kabul edilebilir. Fren guruplarının alt ve üst kapasite belirlenmesinde kuyu şartlarında olumsuz sonuçlar ortaya çıkabileceği için, alt yük ve hız limitleri için yapılan ivme hesaplarında en kısa duruş mesafesinde $1 g_n$ ivme yerine $0,95 g_n$, üst yük ve hız limitleri için en uzun duruş mesafesinde $0,2 g_n$ ivme yerine $0,25 g_n$ değerlerini alınması daha uygun olabilir. Sınırdan alınan ivme değerleri farklı kuyu şartlarında standart sınırlarının aşılmasına sebep olabilir.

%100 yükte tek set fren duruş mesafesi için standart bir duruş ivmesi belirtmemiştir. Çünkü bu şart altında fren için bir arıza durumu olup, yarısı çalışmayan frenin sadece durdurabilme kabiliyetinin olmasını yeterli görmüştür. Bu durum bir fren arızası durumunda ortaya çıkacak bir şarttır ancak asansörde o anda duruş gerekliliği bir güvenlik devresi ikazı sebebiyle oluşabilir. Standart madde 5.11.2.3.3 de ikinci arıza durumunda birinci arızanın duruşunu esas almak gerektiğini söylese de bir sonraki madde 5.11.2.4 de bunun bir güvenlik arızası olması durumunda sistemin hemen durması gerekliliğini vurgulamıştır.

“5.11.2.4 Elektrikli güvenlik tertibatının çalışması

Bir elektrikli güvenlik tertibatı çalıştığında, makina derhal durmaya başlamalı ve hareket halinde kendini ayarlaması önlenmelidir.

Elektrikli güvenlik tertibatı, Madde 5.9.2.2.2.3 a), Madde 5.9.2.5 ve Madde 5.9.3.4'ün gereklerine uygun olarak makinanın elektrik beslemesini kontrol eden donanım üzerinde doğrudan etkili olmalıdır.”

Fren setlerinden bir gurubun çalışması (arıza) koşulu için bir ekstra duruş mesafesi hedeflenmelidir. Bu mesafe için standardın belirlediği minimum ivmeye göre maksimum duruş mesafesini en fazla %40-%50 artırarak tasarımı planlamak bir yöntem olarak belirlenebilir. Standardın bir kısıtlama getirmemesine rağmen daha uzun duruş mesafelerini kabul etmek uygulamada riskli durumlar oluşturabilmektedir. Kuyu içinden gelebilecek bir dur ikazına rağmen asansörün çok uzun mesafede durabilmesi durumu göz önüne alınmalıdır. Tekrar söylemek gerekirse bu üretici firmanın risk seviyesi kabulüne ve birazda ticari yaklaşımına bağlı olan bir durumdur. Bu durumda asansör firmasının elektromekanik fren seçiminde dikkatli olması gerekir. Sonuçta asansörde olabilecek bir kaza tüm tarafların beraberce sorumluluğu olmaktadır. Kullanılan elektromekanik frenin alt ve üst kapasite aralığı değerlerinin seçilmesinde bu mesafeler dikkate alınabilir. Güvenlik devresinde bir uyarı veya hat kesilmesi durumunda elektromekanik frenin devreye girmesi dolayısıyla bu fren çalışması da bir güvenlik şartı olarak kabul edilmelidir. Fren ivmesine göre alınacak yol için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$v^2 = 2aS$$

$S = v^2 / (2 \cdot a)$, formülünü kullanarak ve minimum duruş ivmesini $a_{\min} = 0,25 g_n$, maksimum duruş ivmesini $a_{\max} = 0,95 g_n$ kabul ederek duruş mesafeleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

Standart ivme değerleri için,

$$a = 1 g_n \text{ için,}$$

$$S_{\text{Stmin}} = v^2 / (2 \cdot g_n) = v^2 / 19,62 \text{ m}$$

$$a = 0,2 g_n \text{ için,}$$

$$S_{\text{Stmax}} = v^2 / (2 \cdot g_n) = v^2 / 3,92 \text{ m}$$

Hesaplama esas alınacak toleranslı ivme değerleri için,

$$S_{frenmin} = v^2 / (2 * 0,95 * g_n) = v^2 / 18,64 \text{ m}$$

$$S_{frenmax} = v^2 / (2 * 0,25 * g_n) = v^2 / 4,90 \text{ m}$$

$$S_{ort} = (S_{Stmin} + S_{Stmax}) / 2$$

v^2 : asansörün frenleme esnasındaki hızı (normal seyirde güvenlik kontaklarından birinin devreye girmesi dikkate alınarak beyan hızı alınmıştır)

S_{ort} ortalama duruş mesafesi, S_{min} ve S_{max} değerlerinin ortalaması ana hedef gurubu için iyi uygulama olarak kabul edilebilir.

Bu kabul ile standardın kabullerine ve %40-%50 ekstra artıma göre aşağıdaki tablo hazırlanmıştır.

Hız m/s	Asansör Beyan Hızına Göre Minimum ve Maksimum Kayma Mesafeleri						
	%125 Yük Çift Çene				%100 Yük Tek Çene		
	St. Min. K.1gn	Fren min.0,95gn	St. Ort. Kay.	Fren max.0,25gn	St. Max.K.0,2gn	Extra K.St.Max*1,4	Extra K. St.Max*1,5
0,63	0,02	0,02	0,06	0,08	0,10	0,14	0,15
0,8	0,03	0,03	0,10	0,13	0,16	0,23	0,24
1	0,05	0,05	0,15	0,20	0,25	0,36	0,38
1,25	0,08	0,08	0,24	0,32	0,40	0,56	0,60
1,6	0,13	0,14	0,39	0,52	0,65	0,91	0,98
1,75	0,16	0,16	0,47	0,62	0,78	1,09	1,17
2	0,20	0,21	0,61	0,82	1,02	1,43	1,53
2,25	0,26	0,27	0,77	1,03	1,29	1,81	1,94
2,5	0,32	0,34	0,96	1,27	1,59	2,23	2,39
3	0,46	0,48	1,38	1,83	2,29	3,21	3,44
3,5	0,62	0,66	1,87	2,50	3,12	4,37	4,68
4	0,82	0,86	2,45	3,26	4,08	5,71	6,12

TABLO 1

Tabloda sarı ve gri ile gösterilen duruş değerleri hesaplamalarda kullanılacak güvenli ve konforlu duruş mesafeleri olarak kabul edilebilir. Bunun sebebi saha uygulamalarında saha şartlarındaki herhangi bir değişiklik durumunda yeşil ile işaretli standart esas ivme şartları arasında kalmayı güvence altına almaktır. Uygulamada duruş mesafelerinin yeşil ile gösterilen değerlerin arasında kalması durumunun sağlanması uygun şart olarak kabul edilmelidir.

Fren çiftlerinin tek set %100 yükte duruş ivme değerleri ise mavi renkli standart maksimum ivme değerinin %50 fazlası olan ekstra maksimum değerlere göre denetlenebilir. Bu bölge için üreticilere önerilen değer %40 bir değer artışına göre tasarım yapılmasının daha güvenli olacağıdır. Bu bir standart şartı olmayıp iyi mühendislik uygulaması olarak kabul edilebilir.

Elektromekanik frenler farklı kasnak çapı, beyan yükü ve beyan hızları için kullanılabilir. Elektromekanik frenin hedef kapasitenin üstünde kapasite ve hızlarda kullanılması durumunda standart maksimum duruş mesafesini aşmadığı, alt kapasite ve hızlarda kullanıldığında ise standart minimum duruş mesafesini aştığı kontrol edilmelidir. Tek çene ile duruş mesafesi de belirlenen ekstra değerleri aşmamalıdır. Bu şartlar sağlanmıyorsa kullanılan elektromanyetik fren, kullanılan o beyan yükü ve hızı için uygun olarak kabul edilmemelidir.

MOTORLARDA DURUŞ MOMENTLERİNİN HESAPLANMASI

Sistemin frenleme torku, sistemde oluşan statik momentlerin ve dinamik momentlerin toplamından meydana gelir. Frende oluşturulacak sürtünme torku, sistemde oluşan torktan büyük olmalıdır.

1) Statik momentin hesabı

Statik moment asansörde mevcut yüklerin ağırlıkları dolayısıyla kasnakta oluşan momentin hesabına dayanır. $M_{st} = F * d / 2$ hesabından basitçe hesaplanabilir. Burada kabin en alt durakta iken yük olarak %125 beyan yükü, kabin ağırlığı ve halat ağırlığından ters taraftaki karşı ağırlığın çıkarılması ile bulunan kasnak yükünün kasnak çapına, askı oranına ve verimliliğe göre hesaplanması ile bulunur.

$$M_{st}=F*d/2$$

$$F=m*g_n*\eta$$

$$\eta= \eta_{Rs}*\eta_s$$

$$M_{st}=[(1.25Q+P-G)/i+H]*g_n*(d/2)*\eta$$

M_{st} = Sistemin statik momentini

F = Mevcut yüklerin ağırlığı ile oluşan kuvvet N

d = Tahrik kasnağı çapı

g_n = yerçekimi ivmesi

η = Toplam verim

η_{Rs} = Halat verimi

η_s =Tahrik kasnağı verimi

Q= Beyan yükü

P = Kabin ağırlığı

G = Karşı ağırlık ağırlığı

i = Halat askı katsayısı

H = Halatların ağırlığı

2) Dinamik momentin hesabı

Sistemde hareket başlayınca statik momentlere ek olarak dönen motor parçalarının dönüş momentleri ve sistemde yer değiştiren (ötelenen) kütlelerin atalet momentleri ortaya çıkar. Bu dinamik momentleri hesaplayıp statik momente eklemek gerekir.

$$M_i = I*\varepsilon \quad (Nm)$$

$$I = I_1+I_2$$

I_1 = Rotor, tahrik kasnağı ve şaft (dönen) elemanlarının atalet momentini kgm^2

I_2 = Linear hareket eden sistemin (ötelenen) elemanlarının atalet momentleri kgm^2

ε = Açısal ivme

(Dişli makina sistemlerinde kasnak ve sarı dişlinin atalet momentini etkisinin hızlı şaftta aktarımı, dişli oranının karesi kadar olacağını unutmamak gerekir.

$$I = I* \eta_G / i_G^2 \quad i_G = \text{Makine redüksiyon oranı, } \eta_G = \text{makine dişli verimi}$$

2.a) I_1 = Rotor, Tahrik kasnağı ve şaft (dönen) elemanlarının atalet momentini kgm^2

Dönen silindirlere Atalet momentini hesabında dışa taşan yataklama kütleleri dikkate alınmayarak silindirler dolu kabul edilmiştir. (Normal durumda salınım deneyleri yapılarak atalet yarıçapları hesaplanmalıdır. Yapılan salınım deneylerinde kabul edilen yöntemin çok yaklaşık değerler verdiği görülmüş ve uygulama kolaylığı açısından yöntem kabul edilmiştir.)

Dönen dolu silindirlere kütle göre atalet momentini

$$I = \frac{1}{2} m(d/2)^2$$

$m = \pi*(d/2)^2*h*\delta$ olarak alınırsa,

$$I = (\pi/2)*\delta*(d/2)^4*h \text{ olur.}$$

$$I = [(\pi/32)*\delta]*d^4*h$$

$$[\pi*\delta/32] = (3,1415*7850/32) = 770,649 \sim 770,7$$

$I = 770,7*D^4*h$ olarak dolu demir veya sac silindirler için bir formül elde etmiş oluruz.

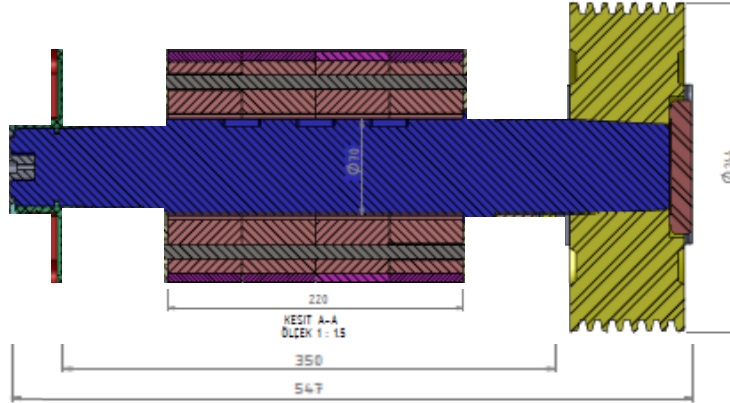
m = Dönen cismin kütlesi kg

δ = Özgül ağırlık 7850 kg/m^3

d = Dönen cismin çapı m

h = Dönen cismin boyu m

Dönen cisimlerden şaft, rotor kütlesi ve tahrik kasnağı atalet momentleri ayrı ayrı hesaplanmalıdır. (Fren baskı diskisi alüminyum olduğu ve sistemi çok az etkilediği için dikkate alınmamıştır.)



2.b) $I_2 =$ Lineer hareket eden sistemin (ötelenen) elemanlarının atalet momentleri kgm^2

Ötelenen ve dönen kinetik enerjiler, aktarım verimlilikleri dikkate alınarak eşitlenirse

$$(1/2) I_2 \omega^2 = (1/2) m v^2$$

Elektromekanik frenin %125 yüklü kabini en alt durakta aşağı inerken durdurmaya çalışıldığında (G) karşı ağırlık ters yönde hareket ettiği ve halat ile tahrik kasnağında itme yapamayacağı için dikkate alınmaması gerekir. Gergi ağırlıklı dengeleme halatlarının kullanılması durumunda, karşı ağırlığın ve dengeleme halatları kasnağının çekme etkisi, halat ağırlığı dengeleme halatları ile dengeleneceği için, halat ağırlığının formüldeki varlığı ile tanımlanmış kabul edilebilir. Motorun ve frenin imalinde bu detaylar bilinemediği için kabul edilebilir yaklaşımların yapılması gerekmektedir.

Aşağıdaki formülasyon kullanılabilir.

$$(1/2) I_2 \omega^2 = (1/2) [(1.25Q + P) v^2 + H(i v)^2] \eta_{Rs} \eta_s$$

$$\eta = \eta_{Rs} \eta_s$$

$$I_2 \omega^2 = v^2 [(1.25Q + P) + (H i^2)] \eta$$

$$\omega = i v / (d/2) = 2 i v / d$$

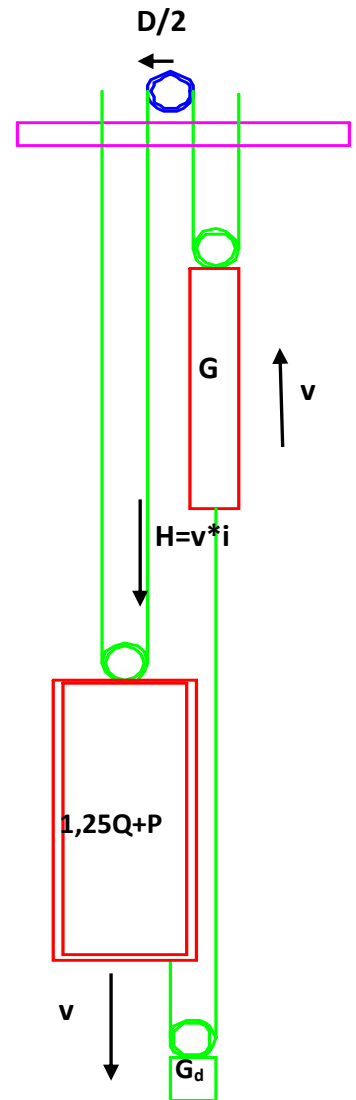
$$\omega^2 = 4 i^2 v^2 / d^2$$

$$I_2 = v^2 [(1.25Q + P) + (H i^2)] \eta / (4 i^2 v^2 / d^2)$$

$$I_2 = [(1.25Q + P) + (H i^2)] (d^2 / 4 i^2) \eta$$

$$I_2 = [1.25Q + P + (H i^2)] (d^2 \eta) / (4 i^2)$$

Formüllerde geçen halat hesapları için iki farklı kasnak boyunda muhtemel halat sayısına göre ve mesafeler göz önüne alınarak hesaplama yapılmıştır. 32 mt sonrası için halat dengelemesi kullanılacağı varsayılarak halat ağırlığı hesabı yapılmamıştır. 32 mt sonrası mesafelerde halat verimliliğini dikkate almak için 24 mt mesafe halat ağırlığı alınabilir. Dengeleme ağırlıklı gergi sistemlerinde gene 32 mt halat etkisi dikkate alınmalıdır. Bu bir yaklaşımdır. Uygulamada farklı durumlar için üreticiden destek alınmalıdır.



HALAT AĞIRLIKLARI (6,5 mm 0,15 kg/mt 8 mm 0,22 kg/mt)				
Kapasite	Kasnak çapı	Halat Adedi	24 mt Seyir	32 mt Seyir
320	240	4*6,5	28,8	38,4
	320	4*8	42,24	56,32
480	240	5*6,5	36	48
	320	4*8	42,24	56,32
630	240	7*6,5	50,4	67,2
	320	5*8	52,8	70,4
800	240	8*6,5	57,6	76,8
	320	6*8	63,36	84,48
1000	240	10*6,5	72	96
	320	7*8	73,92	98,56
1200	240	12*6,5	86,4	115,2
	320	8*8	84,48	126,72

TABLE 2

2.c) $\varepsilon =$ Açısal ivmenin hesaplanması $1/sn^2$

Açısal ivmenin bulunması için frenleme zamanı olan t_b zamanını bulmak gerekir. Bunun için daha önce hesaplanan duruş mesafeleri ve formülü kullanılarak hesaplama yapılabilir.

$$v^2 = 2 * a * S,$$

$$a = v / t_b$$

$$v = 2 * S / t_b$$

$$t_b = 2 * S / v$$

$$\varepsilon = \omega / t_b = (2 * \pi * n) / (60 * t_b) = (\pi * n) / (30 * t_b)$$

$n =$ devir/dakika

$t_b =$ frenleme duruş zamanı s

$S =$ Tablo 1 den frenleme duruş mesafesi m

$v =$ Asansör beyan hızı m/s

2.d) $M_i =$ Toplam atalet momenti hesaplanması

$$M_i = I * \varepsilon \quad (Nm)$$

$$I = I_1 + I_2$$

$I_1 =$ Rotor, Tahrik kasnağı ve şaft gibi dönen elemanlarının atalet momenti kgm^2

$I_2 =$ Lineer hareket eden sistemin ötelenen elemanlarının atalet momentleri kgm^2

$\varepsilon =$ Açısal ivme

3.) $M_t =$ Toplam momentin hesaplanması

Statik ve dinamik momentlerin toplamı asansör sisteminin hareket esnasındaki toplam momentini verir.

$$M_t = M_{st} + M_i$$

Yukarıda formülleri verilen statik moment ve dinamik momentler toplanarak toplam moment bulunur. Bu momenti durduracak balata baskı kuvvetini ve bunu oluşturacak yay hesabını yapmak gerekir.

BALATA GEREKLİ BASKI KUVVETİNİN HESABI

Kavramayı etkileyecek gerekli sürtünme momenti, fren momenti olarak ortalama çapa etki eden çevresel kuvvetin hesaplanması ile bulunur.

$$M_b = F_{\text{çe}} * (d_{\text{ort}}/2)$$

$F_{\text{çe}}$ kuvveti, baskı plakası üzerine etki eden toplam baskılanmış yay kuvvetleri F_{ek} vasıtasıyla oluşturulan aksenal kuvvetin sürtünme yüzeyi sayısına ve sürtünme katsayısına bağlı olarak oluşan çevresel kuvvettir.

$$F_{\text{çe}} = F_{\text{ek}} * \mu * n_{\text{sü}}$$
$$d_{\text{ort}} = (d_d + d_i)/2$$

F_{ek} yaylar vasıtasıyla baskı balatası üzerinde oluşturulan kuvvet N

μ Sürtünme katsayısı (Test edilerek bulunmalıdır)

$n_{\text{sü}}$ Sürtünme yüzeyi sayısı

d_{ort} Baskı balatası ortalama çapı m

d_{ort} hesaplaması yerine ortalama ağırlıklı sürtünme yarıçapı r_{ort} hesaplanması daha doğru sonuçlar verir.

$$r_{\text{ort}} = [2 * (r_d^3 - r_i^3)] / [3 * (r_d^2 - r_i^2)]$$

r_d ve $-r_i$ balata dış ve iç yarıçaplarıdır.

Önerilen tecrübe değerleri (Güven Kutay Ders Notları);

$$n_{\text{sü}} = 1, \dots, 10$$

$$b/d_{\text{or}} = 0,1 \dots 0,25$$

b Sürtünme yüzeyi (balata) genişliği m

Bu formüllere dayanarak oluşacak sürtünme momenti fren balatası üzerinde oluşturulan F_{ek} kuvvetine bağlı olarak hesaplanabilir.

$$M_b = F_{\text{ek}} * \mu * n_{\text{sü}} * (D_{\text{ort}}/2)$$

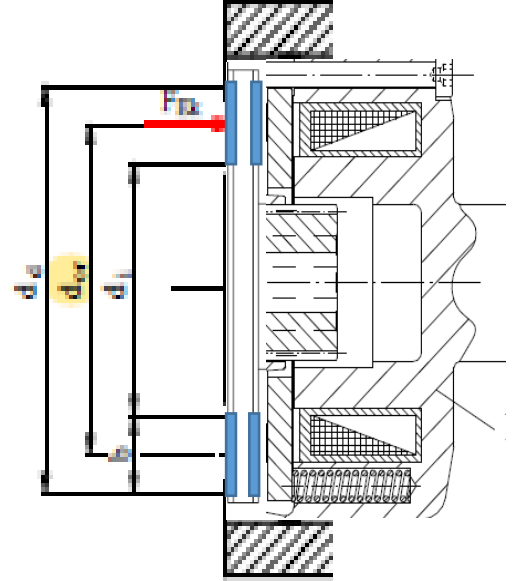
$M_b > M_t$ olmalıdır.

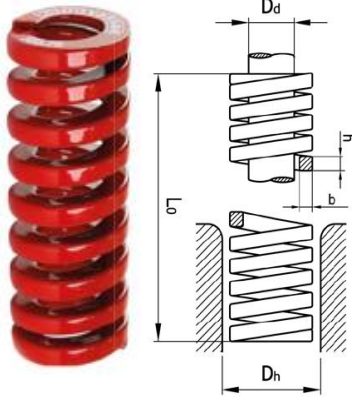
M_b Fren balatası ile sıkıştırma plakaları arasında oluşan frenleme momenti.

M_t Sistemin hesaplanan gerekli toplam frenle momenti Nm

GEREKLİ YAY KUVVETİNİN OLUŞTURULMASI

Yukarıda yapılan hesaplara bağlı olarak yay formüllerinden giderek istenen yay kuvvetini oluşturacak gerekli yaylar belirlenebilir. Ancak pratikte yapılan hesaplar sonucu verilen siparişlerde alınan her partide yaylarda farklı kuvvetler elde edilmiştir. Bu sebeple elektromekanik frenin en önemli parçası olan yaylarda standart yayları kullanmak daha doğru bir yol olabilir. Belgesi olan ve standart üretim yapan her yay firması tabii ki geçerli kabul edilmelidir. Ancak unutmamak gerekir ki kullanılan yayın kalitesi frenin kalitesini belirleyecektir. Aşağıda ekte verilen örnek hesapta kullanılan yayların kurma hesaplarında alınan değerler verilmiştir. Her mm kurma için yayın verdiği N cinsinden kuvvet belirlenebilir. Hesaplamalar içinde büyük kolaylık sağlar. Ekte verilen hesapta kullanılan yaylara örnek olması için tablonun ilgili kısımları verilmiştir. Sadece örnek olarak verilmiş olup bir öneri özelliği yoktur, herhangi bir sertifikalı yay kullanılabilir.



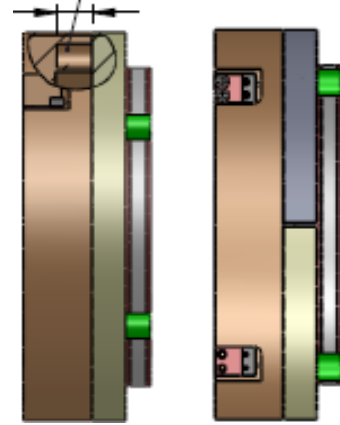


503 Ağır Yüklü Kalıp Yayı - Kırmızı ISO 10243				
D _h Yuva Çapı	D _d Malafa Çapı	L ₀ Serbest Boy	Katalog No.	Yay Sabiti ± 10% N / mm
b x h				
mm	mm	mm		

20	10	32	503.20.032	180,4	25	12,5	32	503.25.032	285,0
		38	503.20.038	144,0			38	503.25.038	222,0
		44	503.20.044	120,0			44	503.25.044	190,0
		51	503.20.051	101,2			51	503.25.051	156,6
		64	503.20.064	77,1			64	503.25.064	121,0
		76	503.20.076	63,4			76	503.25.076	99,8
		89	503.20.089	53,9			89	503.25.089	84,1
		102	503.20.102	46,9			102	503.25.102	73,2

Standart yaylar yay kurma yuvalarında güvenli oran kurma miktarı dikkate alınarak gerilmelidir. Her yay, tablosunda verilen güvenli oranı koruyacak şekilde yuvalara oturtulmalıdır. Standart şartına uygun olarak frenlerde iki ayrı baskı plakası ve elektrik bobini gurubu kullanılmalı ve bu bobinlerin beslemeleri ayrı şekilde yapılmalıdır. Doğru bağlantı yapılması durumunda her mekanik baskı parçası ayrı ayrı çektirilebilir. Her grup ayrı bir kontrol kontağı ile kontrol edilmelidir. Böylece guruplardan birisinin çalışmaması durumunda bunu denetlemek mümkün olmalı ve duruştan sonra asansörün yeniden hareket etmesi engellenmelidir. Tabi ki bir frende esas olan gerekli çekmeyi yaratacak ve ısınmayacak bobini tasarlayıp, bobin ve yayların çekme ile itme ağırlık merkezini tutturmaktır ama bu kısım ayrı bir konu olup, doğrudan üreticinin sorunudur.

YAY KURMA YUVASI



FREN BALATALARINDA YÜZEY BASINCI

Yüzey basıncını bulmak için sürtünme alanının bilinmesi gerekir.

Genelde toplam sürtünme (balata) alanı;

$$A = \pi (d_d^2 - d_i^2) * n \text{ mm}^2$$

Faydalı sürtünme (balata) alanı;

$$A_{fa} = k_y * A \text{ mm}^2$$

d_d Balata dış çapı mm

d_i Balata iç çapı mm

n Sürtünme yüzeyi sayısı

k_y Faydalı alan katsayısı, genel tecrübelerle dayanılarak $k_y = 0,7$ alınır. (Güven Kutay ders notları)

Ortalama yüzey basıncı şöyle hesaplanır:

$$p = F_k / A_{fa} \text{ N/mm}^2$$

F_k Yaylar vasıtasıyla oluşturulan toplam baskı kuvveti N

Ortalama yüzey basıncı 0,5-20 N/mm² aralığında olması kavramanın yeterli olması için iyi değer olarak kabul edilir.

FREN ISI HESABI

Frenleme hareket enerjisinin sürtünme yoluyla ısıya dönüştürülerek hareketin durdurulmasıdır. Sistemin ısı transferi bakımından kontrol edilmesi gereklidir.

$$Q_h = M_b \cdot \omega_a \cdot t_b \cdot z \cdot 10^{-3} \text{ kJ/h}$$

$$\omega_a = \pi \cdot n / 30$$

$$Q_h = M_b \cdot \pi \cdot n \cdot t_b \cdot z \cdot 10^{-3} / 30 \text{ kJ/h}$$

Sabitler hesaplanır ve k cal/h ye çevrilirse; 1 cal = 4,184 Joule

$$Q_h = (3,1415 / (4,184 \cdot 30)) \cdot M_b \cdot n \cdot t_b \cdot z \cdot 10^{-3}$$

$$Q_h = M_b \cdot n \cdot t_b \cdot z \cdot 10^{-3} / 40 \text{ k cal/h}$$

M_b = Frenleme momenti

n = motor devri

t_b = Frenleme zamanı

z = saatteki motor duruş sayısı

Oluşan ısının hesabı

$$C = [Q_h / (U_k \cdot A)] + C_o \leq C_{em}$$

$$A_{top} = 2 \cdot ((\pi \cdot d_d^2 / 4) + (\pi \cdot d \cdot H))$$

$$A = \pi \cdot d \cdot (d/2 + H)$$

$U_k = 5 \text{ kcal/m}^2\text{hc}^\circ$ Pik için ısı geçirgenlik kat sayısı

A_{top} = Fren kaplininin hava ile çevrili bulunan toplam yüzeyi m^2

$C_o = 20^\circ$ çevre sıcaklığı,

C_{em} = Sürekli çalışmada 250° , kısa çalışmada 500°

Değerler Tablo 3 den alınmıştır.

Grup	Sürtünme çifti	Sürtünme katsayısı		Tem		Emniyetli yüzey basıncı N/mm ²
		Kuru	Yağlı	Sürekli/Kısa	°C	
I	Sentetik reçineli asbest dokuma	0.3 ... 0.5	0.1 ... 0.2	200	300	0.5... 20
	Asbest sentetik reçineyle hidrolik olarak preslenmiş	0.2 ... 0.35	0.1 ... 0.15	250	500	0.5... 80
	Metal yünü Buna ile Preslenmiş	0.40 ... 0.65	0.1 ... 0.2	250	300	0.5... 80
	Grafit kömürü/st	0.25	0.05 ... 0.1	300	550	0.5... 20

TABLO 3

SONUÇ

Elektromekanik frenler asansör sistemlerinin vazgeçilmez güvenlik unsurlarından bir tanesidir. Diğer güvenlik aksamalarının seçimi kadar önemli olup, üzerinde gerekli hassasiyetin gösterilmesi gerekir. Bu hem üretici hem de montaj firmalarını doğrudan ilgilendirir ve tarafların ortak sorumluluğu olarak görülmelidir. Ekte 1200 kg beyan yüklü 1,6 m/sn bir senkron asansör motorunun baskı için iki farklı yay gurubu kullanan elektromekanik fren hesabı, %125 ve %100 yükleme durumları için örnek olarak verilmiştir. Bu frende 8 adet 25*38 mm ve 8 adet 20*38 mm yay 8 er mm kurulmuştur. Hesaplama verilen sürtünme değerleri ve yay sayıları dahil bütün değerler örnek için verilmiş olup herhangi bir uygulama değeri yoktur. Bu değerlerin katalog değerleri haricinde test edilerek gerçek uygulama değerleri alınmalıdır. Umarım örnek hesaplama ihtiyaca cevap verebilir. Yayınlanan çalışmalarda bütün İyi niyet, dikkat ve çabama karşın yanlışlar olabilir. Bu nedenle sonucu sorumluluk verecek hesaplarda, ya imalatçının vereceği veya özel deneyler sonucu elde edilen değerlerle hesabın yapılmasını salık verir, hiçbir şekilde maddi, manevi ve de hukuki sorumluluk taşımayacağımı belirtirim. Herkese kolaylıklar diliyorum.

Serdar Tavaslıoğlu Elk. Müh.

KAYNAKÇA

Ders notları 14.04 Sürtünmeli Kavramalar Prof. Dr. Güven Kutay

Elevator Mechanical Design Lubomir Janovski 3. Baskı

Makine Elemanları Prof. Dr. Hikmet Rende

Asansör Uygulamaları 2. Baskı Serdar Tavaslıoğlu

Die Springs Flyer TR LR

TS EN 81-20 Asansörler - Yapım ve montaj için güvenlik kuralları - İnsan ve yük taşıma amaçlı asansörler - Bölüm 20: İnsan ve yük asansörleri

ELEKTROMEKANİK FREN HESABI

Beyan yükü	Q =kg	1200	kg
Kabin yükü	P=kg	1400	kg
Beyan Hızı	v = m/s	1,6	m/s
Karşı ağırlık	G=kg	2000	kg
Halat askı katsayısı	i =	2	
Tahrik kasnağı çapı	D=	240	mm
Rotor paket Boyu	h= mm	220	mm
Halat ağırlığı	H=	115,2	kg Tablodan
Yer çekimi ivmesi	gn =	9,81	m/sn ²
Makine redüksiyon oranı	İg =	1	
Toplam verim	n =	0,9312	
Halat verimi	nrs =	0,97	
Tahrik kasnağı verimi	ns =	0,96	
Kuyu verimi	nk =	0,9	

STATİK MOMENT HESABI

$$M_{st} = [(1.25Q + P + H - G) / i] * g_n * (D * \eta) / (2 * i)$$

%125 yük için Statik momentum	Mst=	537,7920	Nm
-------------------------------	-------------	-----------------	----

$$M_{st} = [(Q + P + H - G) / i] * g_n * (D * \eta) / (2 * i)$$

% 100 yük için Statik momentum	Mst=	378,8700	Nm
--------------------------------	-------------	-----------------	----

DİNAMİK MOMENT HESABI

$$M_i = I * \epsilon \quad (Nm), \quad I = I_1 + I_2$$

$$I = \pi * \rho * D^4 * h / 32 \quad \text{kgm}^2 \quad \pi * \rho / 32 = 770,7$$

$$I = 770,7 * D^4 * h \quad \text{kgm}^2$$

Rotor çapı	D=m	0,18		
Rotor uzunluğu	h=m	0,22	I _{rotor} = I _r =	0,1780 kgm ²
Kasnak çapı	D=m	0,24		
Kasnak genişliği	h=m	0,14	I _{kasnak} =I _k =	0,3580 kgm ²
Şaft çapı	D=m	0,075		
Şaftuzunluğu	h=m	0,547	I _{şaft} =I _s =	0,0133 kgm ²
Toplam I1	I1 =	0,5493		kgm ²

ÖTELENEEN SİSTEMLER

%100 Q için I2

$I_2 = ((Q + P + (i^2 * H)) * (D^2 * \eta)) / (4 * i^2)$	I2 =	9,9170	kgm ²
--	------	--------	------------------

%125 Q için I2

$I_2 = ((1.25Q + P + (i^2 * H)) * (D^2 * \eta)) / (4 * i^2)$	I2 =	10,8890	kgm ²
--	------	---------	------------------

%100 BEYAN YÜKLÜ KABİN İÇİN	I(toplam) =	10,4663	kgm ²
-----------------------------	--------------------	----------------	------------------

%125 BEYAN YÜKLÜ KABİN İÇİN	I(toplam) =	11,4383	kgm ²
-----------------------------	--------------------	----------------	------------------

AÇISAL İVMENİN HESABI

Frenleme duruş mesafesi S=	Fr. Min. Kay.	St. Ort. Kay.	Fren. Maks Kay.	Extra St. kay.	m Tablodan
	0,14	0,39	0,52	0,91	

Hız	V=m/s	3,2	m/s
-----	-------	-----	-----

Frenleme drş zamanı tb= sn	Fr. Min. Kay.	St. Ort. Kay.	Fren. Maks Kay.	Extra St. kay.	sn
	0,175	0,4875	0,65	1,1375	

Motor devir sayısı	n=saniyede	4,246	d/sn
--------------------	------------	-------	------

Motor devir sayısı	n=dakikada	254,777	d/dak
--------------------	------------	---------	-------

Açısal ivme	Fr. Min. Kay.	St. Ort. Kay.	Fren. Maks Kay.	Extra St. kay.	1/sn ²
$e = (2 * p * n) / (60 * t_b) \quad 1/sn^2$	152,381	54,701	41,026	23,443	

TOPLAM TORK

$$M_i = I * e$$

$$M_t = M_{st} + M_i$$

%100 yük için dinamik Tork	Mi=Nm			245,364	Nm
----------------------------	-------	--	--	---------	----

%100 toplam frenleme torku	Mb=Nm			624,234	Nm
----------------------------	-------	--	--	---------	----

		St. Ort. Kay.	Fren. Maks Kay.		
--	--	----------------------	------------------------	--	--

%125 yük için dinamik Tork	Mi=Nm	625,685	469,264	Nm
----------------------------	-------	---------	---------	----

%125 toplam frenleme torku	Mb=Nm	1163,477	1007,056	Nm
----------------------------	-------	----------	----------	----

	Fr. Min. Kay.			
--	----------------------	--	--	--

%125 min drş için Dinamik Tork	1742,979	Nm
--------------------------------	----------	----

%125 min drş için Toplam Tork	2280,771	Nm
-------------------------------	----------	----

BALATA BASKI KUVVETİNİN HESABI

$$F_n = Mt/(\mu*n*rtort)$$

Fren balatası dış çapı	Dd=m	0,25	m		
Fren balatası iç çapı	Di =m	0,185	m		
öneri b/(Dort)=0,1-0,25 b=	0,0325	b/(Dort)=	0,149	Uygun	
Balata ağırlık mer. yarıçapı	rtort =	0,110	m		
Sürtünme katsayısı =	μ =	0,255		Testle ölçüm	
Sürtünme yüzeyi sayısı	n =	2			
Top Sürtünme katsayısı ($\mu*n$)	u=	0,51			
%125 için fren 0,95 gn	Fn =	40818,964	N		
%125 için fren kuv.ort gn	Fn=	20822,746	N		
%125 için fren kuv.0,25gn	Fn=		18023,276	N	
%100 için gerekli fren kuv.	Fn=			11171,914	N

YAY SAYISI HESABI

Ana yay adedi	x =	8	
Ana yay germe kuvveti	a =	222	N/mm
Germe boyu	d =	8	mm
Ana yay toplam kuvveti	xa=	14208	N

Diğer yay adedi	y =	8	
Diğer yay germe kuvveti	b =	144	N/mm
Germe boyu	d =	8	mm
Diğer yay toplam kuvveti	yb=	9216	N

Toplam Fren yay kuvveti N	xa+yb	23424	N		
Fren yarım yay kuvveti				11712	N
Fn e göre %125 ile Min Kay.	Uygun	Çift Çene			
Fn e göre standart ort. Kayma		Uygun			
Fn e göre %125 Yük Çift Çene ile Fren Mak. Kay.			Uygun		
Yarım yay kuvveti %100 yük ile Tek Çene Ekstra Kay. göre				Uygun	

FREN DURUŞ MESAFESİ

Mi=Mb-Mst, Nm	Mi=	771,03	=	275,54	Nm
e=Mi/l, 1/sn2	e=	67,41	=	26,33	
tb= (p*n)/(30*e) sn	tb=	0,40	=	1,01	sn
S = v*tb/2 m	S =	0,316	m	0,81	m
	Fr. Min. Kay.	St. Ort. Kay.	Fren. Maks Kay.	Extra St. kay.	
İstenen kayma mesafeleri	0,14	0,39	0,52	0,91	m
Fren Min. Kay. Göre	Uygun	Maks.Kay.Göre	Uygun	Uygun	

FREN TOPLAM TORKU

$$Mb = Fn*((\mu*n*rtort)$$

Mb =	1308,82	Nm Fren Tork Değeri
------	---------	---------------------

YÜZEY BASINCI HESABI

Faydalı Alan $A=\pi((dd2-dl2)*k*n =$	31074,23	mm2	faydalı alan katsayısı k= 0,7 alınmıştır
Yüzey basıncı P = Fk/A =	0,75	N/mm2	< 0,5-20 N/mm2 olmalı

FREN ISI HESABI

Saatteki frenli duruş sayısı	z=	4	
Fren ısısı $Qh= Mb*w*tb*z/1000$ kJ/h			
$w=2*3,1415*n/60$ 1 cal=4,184 Joule			
$Qh= Mb*n*tb*z/40000$ k cal/h			
Fren ısısı	Qh=	14,451	k cal/h
Oluşan ısının hesabı $C= (Qh/(Uk*Atop)) +Co$			
Oluşan ısının hesabı	C =	75,319	Derece
Emniyetli mi?		emniyetli	
Balata etrafındaki toplam Yüzey	$Atop =2*p*(Dd2-Di2)/4+(p*Dd*h)$ m2		
	Atop =	0,052	m2
Balata yüksekliği	h =	0,03	m
Pik gecirgenlik k.sayı	Uk=	5	kcal/m2hc
Çevre sıcaklığı	Co	20	Derece
Sürekli çalışmada	Cem	250	Derece
Kısa çalışmada	Cem	500	Derece