

REDÜKTÖRLÜ ASANSÖR TAHRİK MAKİNELERİNDE ELEKTROMEKANİK FRENLEME SİSTEMİ

Tayyar BİGE; Mak. Müh.
AKAY MOTOR
tayyarbige@mynet.com

ÖZET

Redüktörlü asansör makinalarında frenlerin hesaplanması ve hesaba uygun imalatlarının yapılması, asansör güvenliğinde hayati önem taşır. Sistem torkunun hesaplanması ve basınç hesaplarının yapılması bu yüzden dikkat edilmesi gereken bir konudur. Bu çalışma fren hesapları konusunda bir çalışma örneği vermeyi amaçlamıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Elektromanyetik fren, sistem torku, fren basınç hesapları

GİRİŞ

Asansör tahrik makineleri otomatik olarak devreye giren elektro-mekanik frenlere sahip olmalıdır. Bu zorunluluk TS 10922 EN 81-1 standardında aşağıdaki madde de belirtilmiştir. Yazının bundan sonraki kısımlarında TS 10922 EN 81-1 standardından, sadece Standart olarak bahsedilecektir.

12.4.1.1 - Asansörde otomatik olarak çalışan ve aşağıdaki durumlarda devreye giren bir fren sistemi bulunmalıdır:

- a) Şebeke geriliminin kesilmesinde;*
- b) Kumanda geriliminin kesilmesinde.*

12.4.1.2 - Frenleme sistemi, sürtünme ile etki eden bir elektromekanik frene sahip olmalıdır. Buna ek olarak başka bir sistem de (meselâ: elektriksel) kullanılabilir.

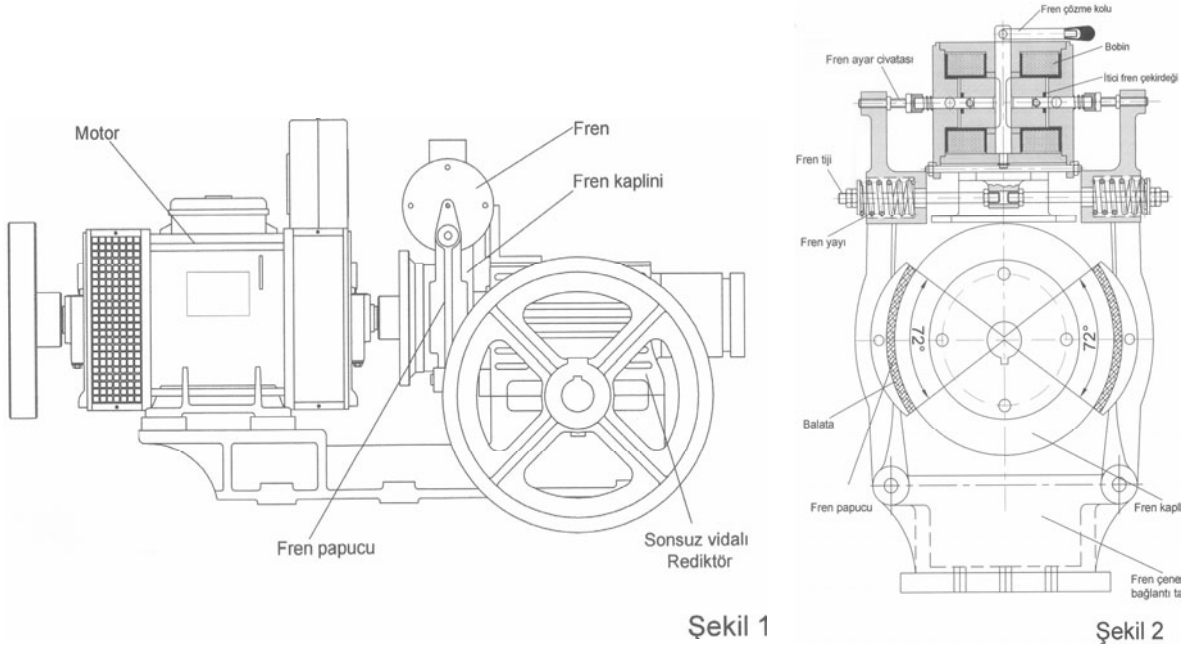
Standart güvenlik gereği olarak, elektromekanik fren sisteminin şebeke ve kumanda geriliminin kesilmesi durumlarında otomatik olarak devreye girmesini ve sürtünme ile etkili olmasını zorunlu tutmuştur. Diğer elektrikli fren sistemleri ancak buna ek olarak yapılabilirler.

Standart ayrıca elektromekanik fren ile ilgili yapım ve çalışma şartlarını Madde 12.4.2.3-1,7 de belirtmiştir.

1. Fren tamburu veya diski, tahrik kasnağı, tambur veya zincir makarası ile doğrudan mekanik bağlantılı olmalıdır.
2. Normal çalışmada, frenin sürekli açık kalması, elektrik akımının kesintisiz uygulanmasıyla sağlanmalıdır.
3. Bu elektrik akımının kesilmesi, birbirinden bağımsız en az iki elektrik cihazı ile sağlanmalıdır. Bu amaçla, tahrik motorunun akımını kesen cihazlar da kullanılabilir.

4. Asansör motorunun, jeneratör gibi çalışması durumunda, freni çalıştıran elektrik cihazının motor tarafından beslenmesi mümkün olmamalıdır.
5. Fren bobinini besleyen elektrik enerjisinin kesilmesiyle birlikte fren, ilâve bir gecikme olmaksızın etkili olmalıdır.
6. Tahrik sisteminde bir elle kata getirme tertibatı varsa, fren elle açılabilmesi ve elle açma kolu bırakıldığında kendiliğinden kapanmalıdır.
7. Bant frenlerin kullanılması yasaktır.
8. Fren balataları yanmaz malzemeden yapılmalıdır.

Aşağıda asansör makinalarında kullanılan tamburlu disk fren örneği verilmiştir.

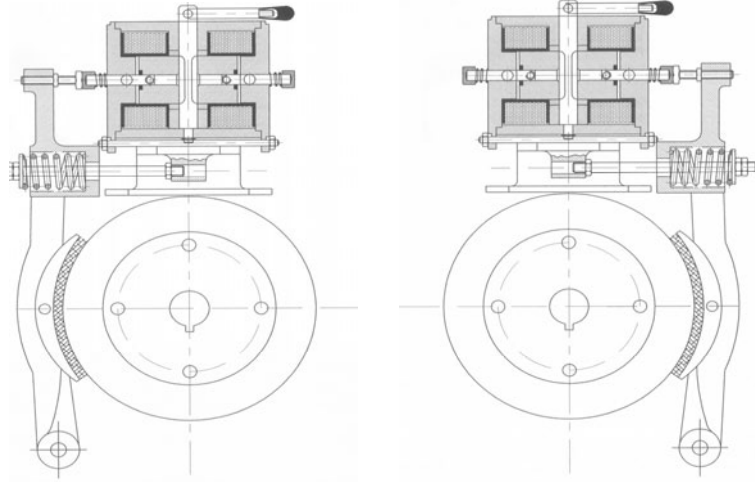


Standart elektromanyetik frenlerin etkileri ve uygulaması gereken kuvvetleri ayrıca madde 12.4.2 de belirtmiştir.

12.4.2.1 - Elektromekanik fren, beyan yüküne ilâve olarak % 25 fazla yüklü kabini, beyan hızıyla hareket halindeyken yalnız kendi etkisiyle durdurabilmelidir. Bu durumdaki kabin frenleme ivmesi, güvenlik tertibatının çalışması veya tamponlara oturma sırasındaki ivmelerden büyük olmamalıdır.

Fren tamburu veya diski üzerindeki frenleme etkisinin sağlanmasına katkıda bulunan, frene ait mekanik parçaların tümü ikişer adet olmalıdır. Parçalardan birinin devre dışı kalması durumunda dahi, aşağı yönde hareket eden ve beyan yükü ile yüklü kabini güvenlikle durduracak ölçüde frenleme etkisi sağlanmalıdır.

Fren mıknatıslarının nüveleri mekanik parça olarak kabul edilir. Fren bobinleri mekanik parça olarak kabul edilmez.



Şekil 3

Şekil 4

Elektromekanik frenler; kabin beyan yüküne ilave olarak %25 fazla yüklü kabini beyan hızıyla hareket halindeyken, tek taraflı fren pabucunun ise beyan yükü ve hızında sistemi durdurabileceği kabul edilerek hesap edilirler. (Şekil 3-4)

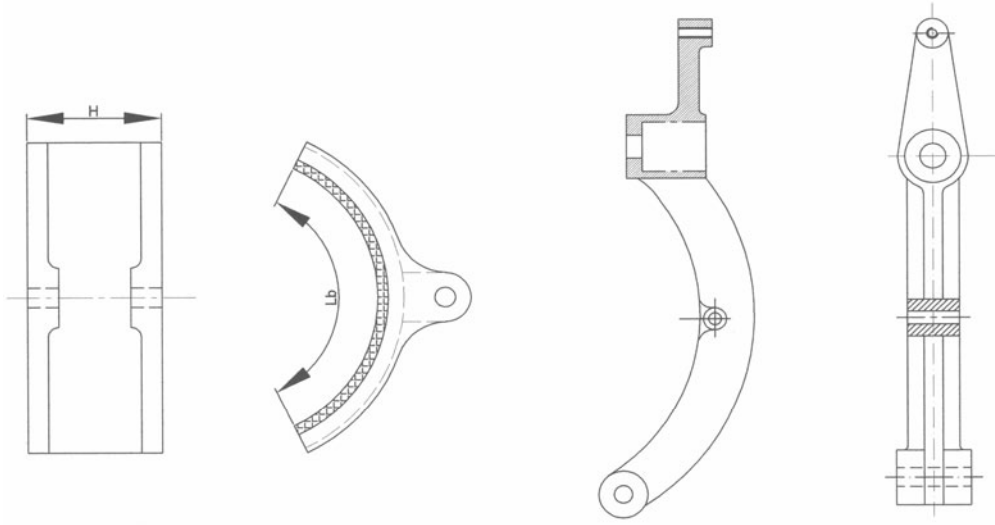
12.4.2.5 Fren çeneleri veya pabuçlarının basıncı, basınç altında çalışan kılavuzlanmış yaylar veya ağırlıklarla sağlanmalıdır.

Burada bahsedilen şartların sağlanması için % 25 fazla yüklü kabini aşağı giderken izin verilen ivme değerleri içinde gerektiğinde sadece tek parçası ile yaylar veya ağırlık vasıtası ile durdurabilmelidir. Bu durumda yaylar vasıtasıyla oluşturulan basıncın mevcut momentleri yanerek asansörü durdurması gerekir. Aşağıda bununla ilgili AKAY makinalarda kullanılan bir hesap yöntemi incelenmiştir.

ELEKTROMANYETİK FREN YAPISI

Frenleme momentinin en az olduğu elektrik motoru ile sonsuz vidalı redüktörün arasında motor+fren kaplini mevcuttur. Fren kaplininin her iki yanında fren pabucu denilen yay baskılı sürtünme etkili elektromekanik fren vardır. (Şekil 1). Tamburlu sistemlerde, fren pabuçları diski tam kavramalıdır, onun için mafsalı pabuç olmasında yarar vardır.

Asansör makinelerinde frenler mekanik olarak çalışırlar, frenleme sürtünme baskısı ile temin edilir. Elektrik motoruna akım verildiğinde doğru akımla tahrik edilen bobin tarafından yayların kuvveti yenilerek fren açılır fren kaplini serbest kalır. Frenlemeyi temin eden balatalar yanmaz cinsten olup pabuçlara yapıştırılır veya perçinlenir. Balatalar aşındıkça kontra somunlu vidalar ile fren ayarı yapılır, yapıştırmalı fren balataları daha uzun süre kullanılabilir. Perçinli balatalar belirli aşınmadan sonra fren kaplini veya diskini çizebilir.

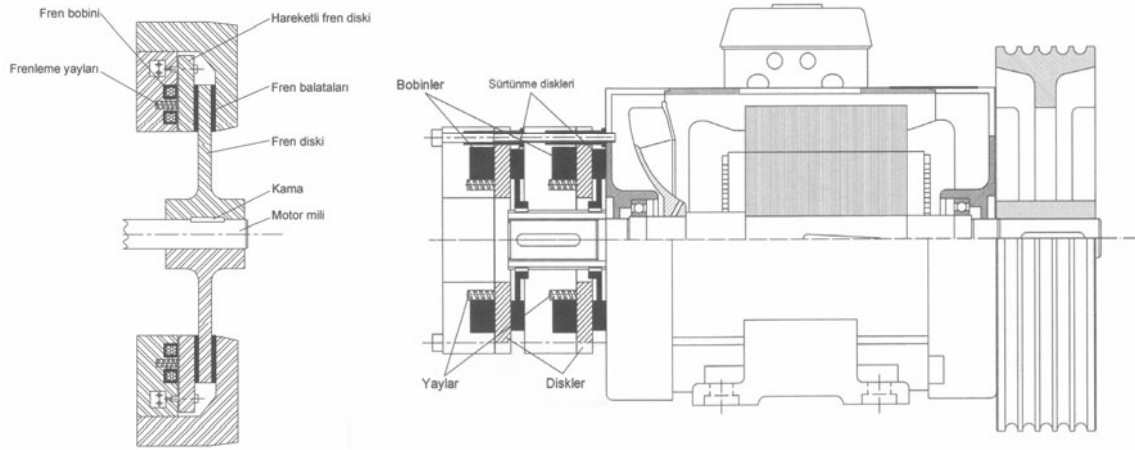


Makina Fren Papucu

Fren Papucu Çeneleri

Dışlısız asansör makinelerinde;(senkron motorlarda)veya planet dişlili makinelerde diski frenler kullanılır. Bu sistemlerde de frenler yaylar vasıtası ile mekanik olarak devrededir. Motora yol verildiğinde frenler açılır, gerilim kesildiğinde frenler devreye girer. (Şekil 5–6)

6



5

Sonsuz vida mekanizmalı rediktörlü asansör makinelerinde dişli ve vida çiftinde uygun helis açısı ile sürtünme açısı olduğu vakit blokaja yakın bir kilitleme olabilir, frenlemeye dolaylı bir katkı verir.

Helis açısı $\alpha =$ Sürtünme açısı $\delta = \mu$ bağıntısının olması frenleme açısından arzu edilen bir durumdur.

FREN DURUŞ MESAFELERİNİN HESAPLANMASI

Frenleme olayı öncesinde doğrusal hareket eden kabin ve karşı ağırlığın dinamik momentin azaltılması istenir. Fren balatalarının aşırı ısınmaması ve sağlıklı frenleme temin edilmesi bu şekilde mümkün olur. Fren hesaplarında asansörün saatte duruş sayısı dikkate alınmalıdır.

Çift hızlı motorlarda düşük hıza geçerek dinamik momentler azaltılabilir. Diğer tip motorlarda kumanda sistemi, mevcut mikro işlemci tarafından kontrol edilerek, frekans invertörü ile istenen hıza inilmesi sağlanır. Bu durumda frenleme için gereken moment azaltılabilir ve daha sağlıklı frenleme temin edilir. Bunlar asansör konforu ve normal çalışmada yumuşak duruş için yararlanılan tekniklerdir. Ancak elektromanyetik frenlerde esas olan, acil bir durumda asansörün paraşüt sisteminin devreye girmediği en üst hızda (beyan hızının %115 inin altında), %25 fazla yüklü kabini istenen ivme ve seyir mesafesi içinde durdurabilmesidir. Yay ayarları ve balata yüzeyleri bu durum dikkate alınarak hesaplanmalıdır.

Asansör frenlemesi esnasında, ortalama frenleme ivmesi 0,2 ile 1 g_n arasında olmalıdır. Kayma frenler için getirilen bu şart, 1 m/s ve üzerindeki beyan hızına sahip asansördeki bütün duruşlarda uygulanabilir. Güvenlik tertibatı duruş mesafeleri hesabı kullanılarak, asansörün elektromanyetik frenle duruş mesafeleri beyan hızına göre hesaplanırsa aşağıdaki tablo oluşturulabilir.

$V^2 = 2as$ formülünü kullanarak ve minimum duruş ivmesini 0,2 g_n , maksimum duruş ivmesini 1 g_n kabul ederek duruş mesafeleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir. (Regülatör devreye girme mesafesi olan 0.13 m formülden çıkarılmıştır.)

$$S_{\max} = v_g^2 / 3,92 \text{ m}$$
$$S_{\min} = v_g^2 / 19,63 \text{ m}$$

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

Tablo – 1 ORTALAMA DURUŞ MESAFESİ

Asansörün beyan hızı m/sn	En küçük duruş mesafesi (1 g_n)	Uygun duruş mesafesi (0,4 g_n)	En büyük duruş mesafesi (0,2 g_n)	Ortalama duruş mesafesi
0,63 m/sn hızda	0,020 m	0.05 m	0.101 m	0.060 m
1 m/sn hızda	0,050 m	0.12 m	0.255 m	0.152 m
1,6 m/sn hızda	0,130 m	0.32 m	0.653 m	0.391 m

En büyük duruş ve en küçük duruş mesafeleri ortalamaları iyi çalışma olarak kabul edilir. Çift taraflı tutan frende yapılacak bu ayarlama, frenin tek taraflı tutması durumunda asansörün güvenli mesafelerde durabilmesi için dikkate alınmalıdır.

FRENLEME TORKUNUN HESABI

Frenleme torku, sistemde oluşan statik momentlerin ve dinamik momentlerin toplamından meydana gelir.

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

1) Statik momentin hesabı

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

Q = Beyan yükü

P = Kabin ağırlığı

G = Karşı ağırlık ağırlığı

i = Halat askı katsayısı

H = Halatların ağırlığı

g_n = yerçekimi ivmesi

D = Tahrik kasnağı çapı

i_G = Makine redüksiyon oranı

η = Toplam verim

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

η_{Rs} = Halat verimi

η_s = Tahrik kasnağı verimi

η_G = makine dişli verimi

2) Dinamik momentin hesabı

$$M_i = I * \epsilon \quad (\text{Nm})$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

I_1 = Rotor, fren kaplini, sonsuz vidanın atalet momentleri kgm^2

I_2 = Sarı dişli ve tahrik kasnağının atalet momentleri kgm^2

I_3 = Lineer hareket eden sistemin elemanlarının atalet momentleri kgm^2

ϵ = Açısal ivme

2.a) I_1 = Rotor, fren kaplini ve sonsuz vidanın atalet momentleri

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

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

$$m = \pi * (D/2)^2 * h * \delta$$

$$I = (\pi/2) * \delta * (D/2)^4 * h$$

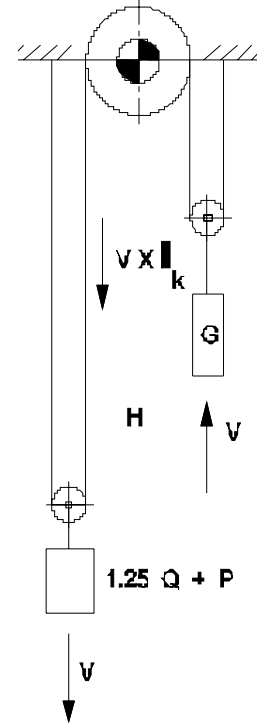
$$I = (\pi/32) * \delta * D^4 * h$$

δ = Özgül ağırlık 785 kg/m^3

D = Dönen cismin çapı m

h = Dönen cismin yüksekliği m

FRENLEME TORKUNUN HESAP DİAGRAMI



2.b) I₂ = Sarı dişli ve tahrik kasnağının atalet momentleri hesabı

$$I_2' = (\pi/32) * \delta * D^4 * h$$

I₂' momentinin frenlemenin yapıldığı hızlı şaftta taşınması gerekir. Dişli verimliliğide dikkate alınmalıdır.

$$I_2 = I_2' * \eta_G / i_G^2$$

2.c) I₃ = Lineer hareket eden sistemin elemanlarının atalet momentleri hesabı

Ötelenen ve dönen kinetik enerjiler, aktarım verimlilikleri dikkate alınarak eşitlenirse

$$(1/2) I_3' \omega^2 = (1/2) [(1.25Q + P + G) * v^2 + H(i * v)^2] * \eta_{Rs} * \eta_s$$

$$\omega = i * v / (D/2) = 2 * i * v / D$$

$$I_3' = [(1.25Q + P + G) + (i^2 * H)] * (D^2 / 4 * i^2) * \eta_{Rs} * \eta_s$$

$$I_3 = I_3' * \eta_G / i_G^2$$

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

$$I_3 = [1.25Q + P + G + (i^2 * H)] * [D^2 / (4 * i^2 * i_G^2)] * \eta$$

2.d) ε = Açısal ivmenin hesaplanması

$$\epsilon = \omega / t = (\pi * n) / (30 * t_b)$$

$$t_b = (2 * L) / v$$

$$t_b = v / a$$

t_b = frenleme duruş zamanı s

L = frenleme duruş mesafesi m

ÖRNEK HESAP

$$Q = 480 \text{ kg}$$

$$P = 700 \text{ kg}$$

$$G = 940 \text{ kg}$$

$$i = 1$$

$$H = 123 \text{ kg}$$

$$g_n = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$D = 520 \text{ mm}$$

$$i_G = 38$$

$$\eta = 0.6984$$

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

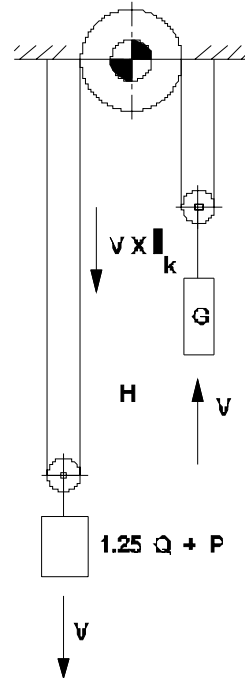
$$\eta_{Rs} = 0.97$$

$$\eta_s = 0.96$$

$$\eta_G = 0.75$$

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

FRENLEME TÖRKÜNÜN HESAP DIĞRAMI



1) M_{st} Statik momentin hesabı

$$M_{st} = [(1.25Q + P - G) / i + H] * g_n * (D / (2 * i_G)) * \eta$$
$$M_{st} = [(1.25 * 480 + 700 - 940) / 1 + 123] * 9.81 * (0.52 / (2 * 38)) * 0.6984$$

$$M_{st} = 22.64175 \text{ Nm}$$

2) M_i Dinamik momentin hesabı

$$M_i = I * \epsilon \text{ (Nm)}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

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

$$m = \pi * (D/2)^2 * h * \delta$$

$$I = (\pi/2) * \delta * (D/2)^4 * h$$

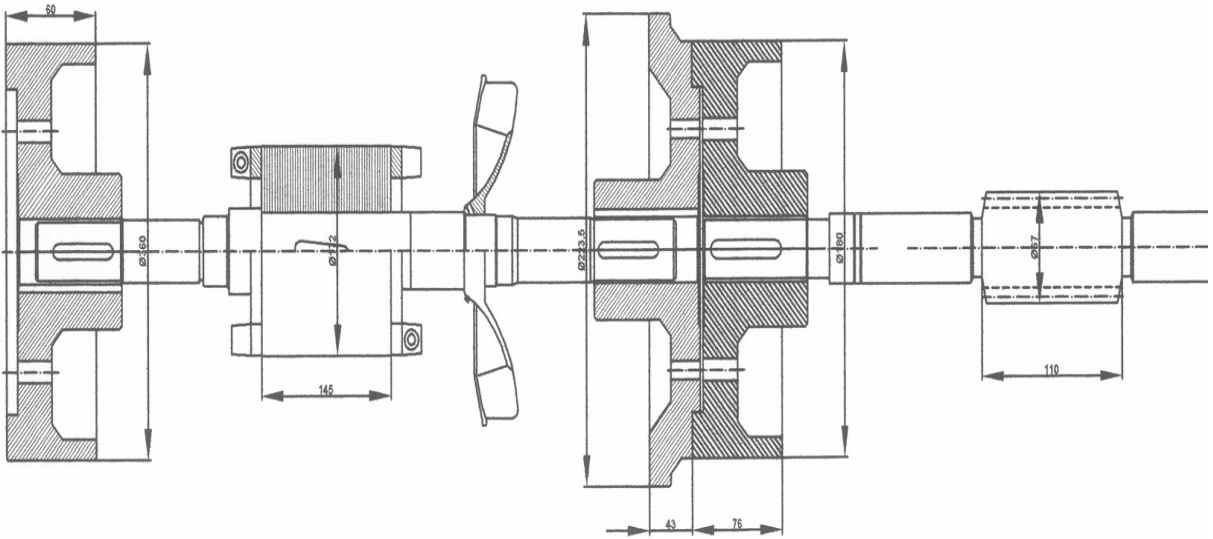
$$I = (\pi/32) * \delta * D^4 * h$$

$$(\pi/32) * \delta = (\pi * 785) / (32) \cong 77.07 \text{ kg/m}^3$$

$$I = 77.07 * D^4 * h \text{ kgm}^2$$

$\delta = 785 \text{ kg/m}^3$ Demirin özgül ağırlığı

I_1 Hesabı

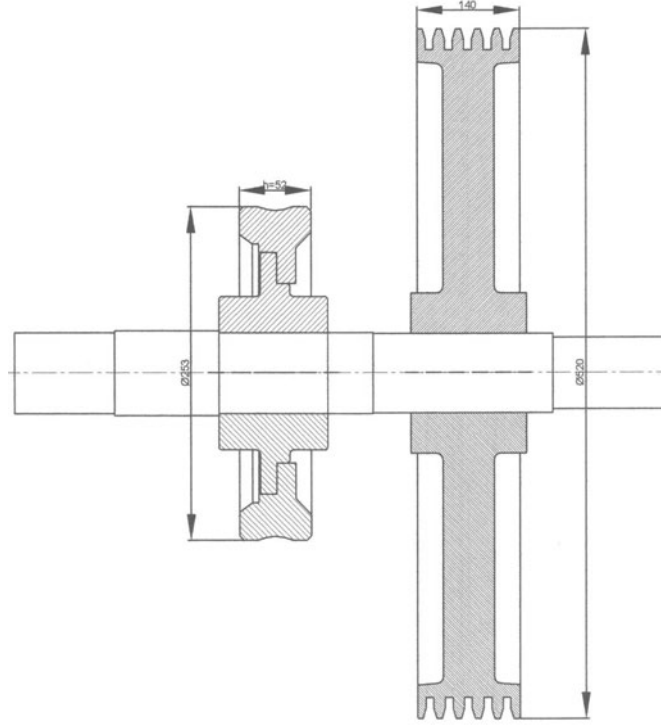


HIZLI ŞAFT ATALET MOMENTLERİ

	D	h	I
Volan	0.36 m	0.060 m	$I=77.07*0.36^4*0.06$ $I=0.07766 \text{ kgm}^2$
Rotor	0.172 m	0.145 m	$I=77.07*0.172^4*0.145$ $I=0.00978 \text{ kgm}^2$
Motor Kaplini	0.2235 m	0.043 m	$I=77.07*0.2235^4*0.043$ $I=0.008269 \text{ kgm}^2$
Makine kaplini	0.180 m	0.067 m	$I=77.07*0.18^4*0.076$ $I=0.006148 \text{ kgm}^2$
Sonsuz vida	0.076 m	0.110 m	$I=77.07*0.067^4*0.11$ $I=0.0001708 \text{ kgm}^2$

Toplam $I_1 = 0.1020278 \text{ kgm}^2$

I_2 Hesabı



YAVAŞ ŞAFT ATALET MOMENTLERİ

	Sarı Dişli	Tahrik kasnağı
D	0.253 m	0.520 m
h	0.052 m	0.14 m
I	$I_2=77.07*0.253^4*0.052$ $I_2=0.01642 \text{ kgm}^2$	$I_2 =$ $77.07*0.52^4*0.14$ $I_2=0.788908 \text{ kgm}^2$

Toplam $I_2' = 0.805328 \text{ kgm}^2$
 Toplam I_2' nin hızlı dönen şafta tahvili
 $I_2 = 0.805328 * 0.75/38^2 = 0.0004182$
 Toplam $I_2 = 0.0004182 \text{ kgm}^2$

I_3 Hesabı

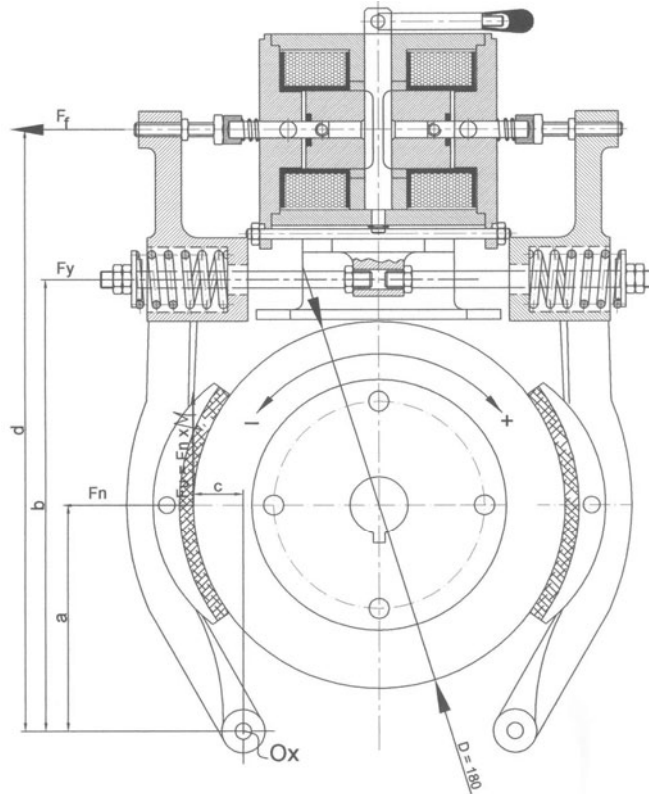
$I_3 = [(1.25Q+P+G+(i^2*H))*(D^2/(4*i^2* i_G^2))]*\eta$
 $I_3 = [1.25*480+700+940+(1*123)]*(0.52^2/(4*1^2* 38^2))*0.6984$
 $I_3 = 0.077258 \text{ kgm}^2$

$I = I_1+I_2+I_3$
 $I = 0.179704 \text{ kgm}^2$

$\varepsilon = (\pi*n)/(30*t_b)$
 $t_b = (2*L)/v$ 1 m/s hızda duruş mesafesi olarak $L = 0.2 \text{ m}$ alınmıştır.
 $t_b = (2*0.2)/1 = 0.4 \text{ s}$
 $\varepsilon = (\pi*1500)/(30*0.4) = 392.6990$
 $M_i = I*\varepsilon = 0.179704 * 392.6990 = 70.56958 \text{ (Nm)}$
 $M_b = M_{st}+M_i = 22.64175675 + 70.56958 = 93.211337 \text{ Nm}$

BALATA BASKI KUVVETİNİN HESABI

Fren kaplini $\varnothing 180 \text{ mm}$, genişlik 76 mm olarak alınmıştır. 6.7 HP–13.3 HP elektrik motorlarında kullanılan ve tavsiye edilen kaplin ebadı budur.



F_n = Normal kuvvet- balata baslı kuvveti N
 F_u = Fren kaplinindeki çevre kuvveti = ($\mu * F_n$) N
 M_b = Fren momenti Nm
D = Fren kaplini çapı m
 $\mu = 0.5$ Fren kaplini ile balata arasındaki sürtünme katsayısı Tablo 1

$$F_n = M_b / (\mu * D / 2) = 93.211337 / (0.5 * 0.18 / 2)$$
$$F_n = 2071.3630 \text{ N}$$

FREN YAY KUVVETİNİN HESABI

O_x noktasına göre moment alınır
a= 150 mm
b= 350 mm
c= 20 mm

Saat yönünde dönerken
 $\sum M_{O_x} = 0$
($a * F_n$) - ($b * F_y$) - ($c * \mu * F_n$) = 0
 $F_y = F_n * (a - (\mu * c)) / b = 2071.3630 * (0.150 - 0.010) / 0.35$
 $F_y = 828.5452 \text{ N}$

Saat yönü tersinde dönerken
 $\sum M_{O_x} = 0$
($a * F_n$) - ($b * F_y$) + ($c * \mu * F_n$) = 0
 $F_y = F_n * (a + (\mu * c)) / b = 2071.3630 * (0.150 + 0.01) / 0.35$
 $F_y = 946.9088 \text{ N}$

BASINÇ EMNİYET KONTROLÜ

$P = F_n / (H * L_b * \mu) \leq P_{em}$ olmalıdır.

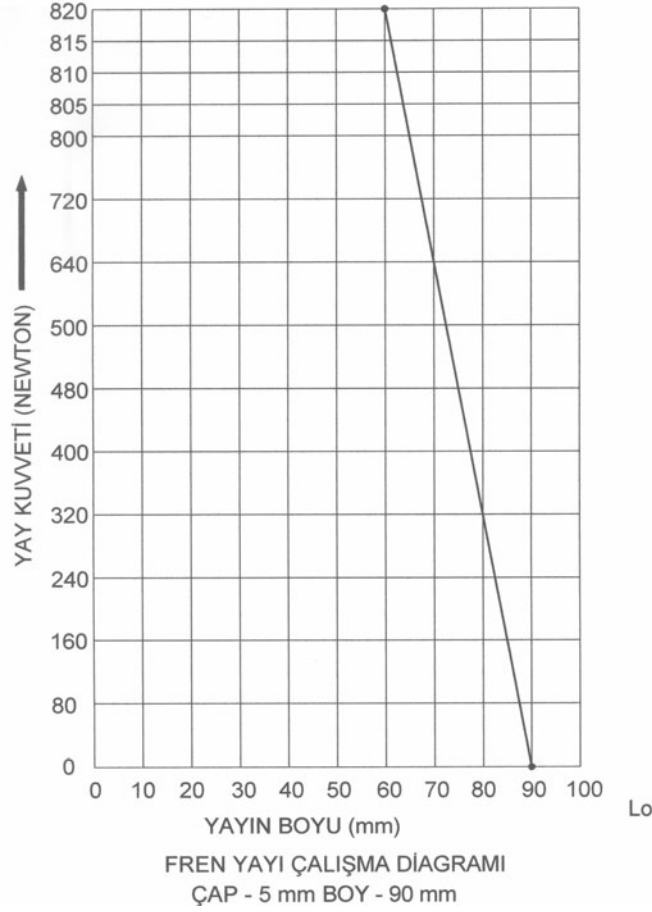
F_n = balata baskı kuvveti N
H = Balata genişliği mm
 L_b = Balata boyu uzunluğu mm tek fren pabucu için
 $L_b = (72^\circ * \pi * D) / 360^\circ$
 μ = Sürtünme katsayısı 0.5
 P_{em} = Emniyetli yüzey basıncı 0.5-20 N/mm² Tablo 1 den

$$P = F_n / (H * L_b * \mu) = 2071.3630 / (76 * 113.09 * 0.5) = 0.482 \text{ N/mm}^2$$

$P = F_n / (H * L_b * \mu) \leq P_{em}$ şartı sağlanmaktadır.

FREN YAYININ HESABI

Tablo 2



Fren yayı basma kuvveti ile zorlanan silindirik helisel yaydır. Statik bir yük altında çalışmaktadır. İstenen F_y kuvvetini vermesi için fren tiji üzerinde bulunan somunla kurularak ayarlanır.

Yayın gireceği yuvanın çapı = $\varnothing 40$ mm

Yaydan istenen kuvvet $>F_y = 946.9088 > 900$ N

Yay malzemesi = yaylık çelik tel DIN 17223

$\tau_{zul} = 600$ N/mm

$D_m = 30$ mm Yayın ortalama çapı

Yay tel çapı \varnothing_d nin hesabı

$$d = \left[\frac{8 \cdot F_y \cdot D_m}{\pi \cdot \tau_{zul}} \right]^{1/3} = \left[\frac{8 \cdot 900 \cdot 30}{\pi \cdot 600} \right]^{1/3}$$

$$d = 4.85718 \text{ mm}$$

$d = 5$ mm kabul edilmiştir.

Yaylanan sarım sayısı I_f nin hesabı

$$\dot{I}_f = (G*d^4*F)/(8*D_m^3*F_y)$$

$$\dot{I}_f = (83000*5^4*30)/(8*30^3*900)$$

$$\dot{I}_f = 8.0054$$

$\dot{I}_f = 8$ kabul edilmiştir.

G = yay malzemesinin kayma modülü 83000 N/mm

F = yaylanma boyu 30 mm

$$\dot{I}_g = \dot{I}_f + (1.5/2)$$

$$\dot{I}_g = 8.75$$

$\dot{I}_g =$ Toplam sarım sayısı

$$L_n = L_{BL} + S_a$$

$$L_{BL} = \dot{I}_g * d = 8.75 * 5 = 43.75 \text{ mm}$$

$$S_a = 1 + 0.03 * d^2 * \dot{I}_f$$

$$S_a = 1 + (0.03 * 25 * 8)$$

$$S_a = 7 \text{ mm}$$

$$L_n = 43.75 + 7 \text{ mm}$$

$$L_n = 50.75 \text{ mm}$$

$$L_o = L_n + F$$

$$L_o = 50.75 + 30 = 80.75 \text{ mm}$$

$L_o = 90 \text{ mm}$ yay kullanılmıştır.

$L_n =$ yayın burulma boyu

$S_a = F$ yaylanma miktarından sonra sarımlar arasında kalacak minimum boşluk miktarı mm

$L_{BL} =$ Yayın blokaj boyu

FREN ISI HESABI

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

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

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

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

Sabitler hesaplanır ve k cal/h ye çevrilirse

$$Q_h = M_b * n * t_b * z * 10^{-4} / 8$$

$$Q_h = (93.211337 * 1500 * 0.4 * 240) 10^{-4} / 8$$

$$Q_h = 167.7804 \text{ k cal/h}$$

$M_b =$ Frenleme momenti

n = motor devri (Asenkron motor olmasına rağmen iniş ve çıkışlarda slip kadar farklı hızlardan dolayı ortalama olarak senkron hız alınmaktadır)

$t_b =$ Frenleme zamanı

z = saatteki motor duruş sayısı

Oluşan ısının hesabı

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

$$A = 2 * (\pi * D^2 / 4) + (\pi * D * H)$$

$$A = \pi * D (D/2 + H)$$

$$A = \pi * 0.18 (0.18/2 + 0.076) = 0.938564 \text{ m}^2$$

$$C = [167.7804 / (5 * 0.938564)] + 20 = 55.7525^\circ \leq C_{em}$$

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

A = Fren kaplininin hava ile çevrili bulunan yüzeyi m^2

$C_o = 20^\circ$ çevre sıcaklığı

$C_{em} =$ Sürekli çalışmada 250° , kısa çalışmada 500° Tablo 1

Sürtme kavramları ve sürtme frenleri için tablo 1

Grup	Sürtünme çifti	Sürtünme katsayısı		Tem		Emniyetli yüzey basıncı N/mm ²
		Kuru	Yağlı	Sürekli/Kısa	°C	
I	Pik döküm, çelik döküm veya çeliğin çeliğin karşısında: Fenol-sentetik reçine	0.25	0.1 ... 0.15	100	150	0.5... 7
	Sentetik reçineli pamuklu dokuma	0.4 ... 0.65	0.1 ... 0.2	100	150	0.5... 12
	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
II	Pik döküm, çelik döküm veya çeliğin çeliğin karşısında:					
	Kavak	0.2 ... 0.35	0.1 ... 0.15	100	160	0.5... 5
	Kösele	0.3 ... 0.6	0.12 ... 0.15	100		0.5... 3
	Mantar	0.3 ... 0.5	0.15 ... 0.25	100		0.5... 1
	Tiftik	0.22	0.18	140		0.3... 7
	Fiber, kağıt	0.22	0.18	140		0.5... 3
III ²	Sert çelik/sert çelik veya sintermetal, yağ kaplı	0.12...0.17	0.06...0.11	100		5 ... 30
	Sert çelik/sert çelik veya yağ akışlı sintermetal	0.08...0.12	0.03...0.06	100		5 ... 40
IV	Pik döküm/çelik	0.15 ... 0.2	0.03 ... 0.06	260		8 ... 14
	Pik döküm/çelik döküm ..	0.15 ... 0.25	0.02 ... 0.1	300		10 ... 18
V ^{3,4}	Çelik kuma/pik döküm veya çelik, grafitlenmiş	0.4 ... 0.5		350		
	Çelik küreler/pik dökümü veya çelik, grafitlenmiş	0.2 ... 0.3		300		

KAYNAKLAR

1. Elevator Mechanical Design
LUBOMİR YANOVSKY
2. Asansör Uygulamaları, Kasım 2005, Serdar TAVASLIOĞLU
3. Makine Elemanları, Prof. Dr. İng. G. NIEMANN
4. Makine Elemanları, Prof. Dr. Mustafa AKKURT
5. Transport Tekniği Problemleri , Prof. Dr. Remzi ASLAN
6. Turan GÜNEŞ, Helisel yaylar- Muh. ve Mak. cilt21 – Sayı 244
7. TS 10922 EN 81 – 1
8. WARNER ELECTRIC (katalog) Electricall Releseal Brakes for elevators
9. KUHSE (katalog)