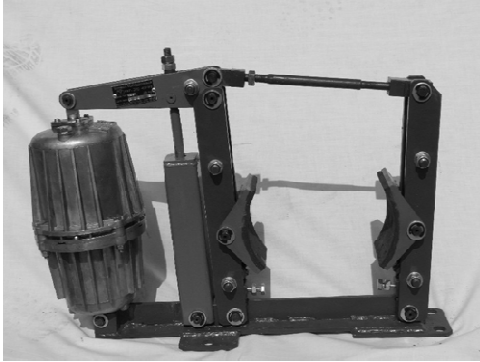


FRENLER



BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

1

FRENLER

FRENLER

Frenler çalışmaları itibariyle kavramalara benzerler. Kavramalar bir hareketin veya momentin diğer tarafa iletilmesini sağlarlar ve kısa bir süre içinde iki taraftaki hızlar birbirine eşit olur. Frenler ise bir taraftaki hareketi durdurma ya da yavaşlatma görevini yaparlar.

Her iki amaç içinde sürtünme sıvı-gaz enerjisini ve elektromanyetik alan gibi fiziksel prensipler uygulanır.

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

2

FRENLER

Frenler durdurma sırasında dönmekte olan bütün elemanların kinetik enerjisini yuttuğundan sıcaklık problemi kavramalarınkinden daha büyük önem taşımaktadır.

Fiziksel prensipleri aynı olduğundan bir kavrama fren, frende kavrama olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, pabuçlu, bantlı veya diskli gibi bazı özel konstrüksiyonlar fren için daha çok tercih edilen sistemlerdir.

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

FRENLER

FRENLER

FRENLERİN SINIFLANDIRILMASI

Kumanda Şekillerine Göre

- *Mekanik
- *Pnömatik
- *Hidrolik
- *Elektromanyetik

Yapacakları İşe Göre

- *İndirme Frenleri
- *Yürütme Frenleri
- *Tutma Frenleri

Çalışma Prensipleri ve Konstrüksiyonlarına Göre

- *Pabuçlu Frenler
- *Diskli Frenler
- *Bantlı Frenler
- *Konik Frenler

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

4

FRENLER

İndirme Frenleri: Yükün hızlı inişini engelleyen frenlerdir. Yükün kinetik ve potansiyel enerjisini harcayarak çalışırlar.

Yürütme Frenleri: Hareket halindeki bir sistemin, örneğin; bir taşıtın hızını yavaşlatan frenlerdir. Kinetik enerji harcayarak görev yaparlar.

Tutma Frenleri: Herhangi bir yükün yerçekimi etkisiyle inişini engelleyen frenlerdir. Potansiyel enerji harcayarak görev yaparlar.

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

5

FRENLER

Enerji denklemi:

$$W_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

Dönme hareketi yapan bir sistemin kinetik enerjisi:

$$W_{kw} = \frac{1}{2} \times I_m \times \omega^2 \quad I_m = \text{kütlesel atalet momenti}$$

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

6

FRENLER

Durdurma sırasında meydana gelen potansiyel enerji:

$$W_p = m \times g \times V_0 \times t \quad V_0 = \frac{V_1 + V_2}{2} \quad \begin{array}{l} V_1 = \text{Başlangıç hızı} \\ V_2 = \text{Son hız} = 0 \\ t = \text{frenleme süresi} \end{array}$$

$$W_p = \frac{1}{2} \times m \times g \times V \times t \quad h = V \times t$$

$$W_p = \frac{1}{2} \times m \times g \times h$$

Böylece durma fonksiyonu yapan bir frenin yutması gereken enerji;

$$W_{top} = W_k + W_{kw} + W_p$$

Frenleme sırasında bu enerji ısıya dönüşür.

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

7

FRENLER**Pabuçlu Frenler**

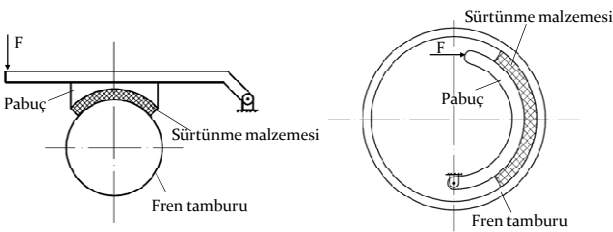
Pabuçlu Frenler, dıştan pabuçlu ve içten pabuçlu olmak üzere iki türdür. Esas olarak üç elemandan oluşmuşlardır.

- ✓ Sürtünme elemanı
- ✓ Fren pabucu ve takozu
- ✓ Fren tamburu

Pabuç adedine göre tek veya çift pabuçlu olarak adlandırılır.

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

8

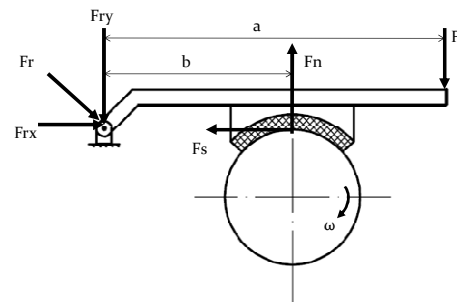
FRENLER

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

9

FRENLER**Dıştan Pabuçlu Frenler**

Sürtünme yüzeyi boyunca basıncın eşit yayılışı halinde



BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

10

FRENLER

Temas yüzeylerinde meydana gelen normal kuvvet;

$$F_n = P \times b_1 \times l \quad \begin{array}{l} b_1 = \text{pabuç genişliği} \\ l = \text{pabuç uzunluğu} \end{array}$$

O₁ mafsalsal noktasına göre moment alınır;

$$\sum M_{O1} = 0$$

$$F \times a - F_n \times b + F_s \times 0 = 0$$

$$F_n = F \times \frac{a}{b}$$

$$F_s = \mu \times F_n$$

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

11

FRENLER

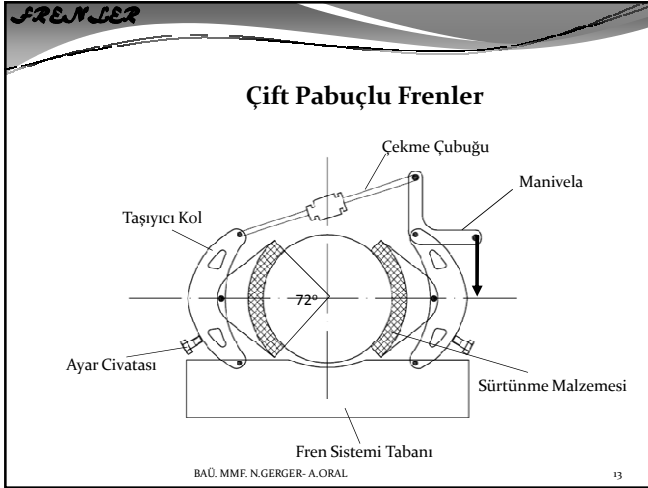
$$\text{Frenleme Momenti; } M_F = F_s \times \frac{D}{2}$$

$$M_F = F_n \times \mu \times \frac{D}{2}$$

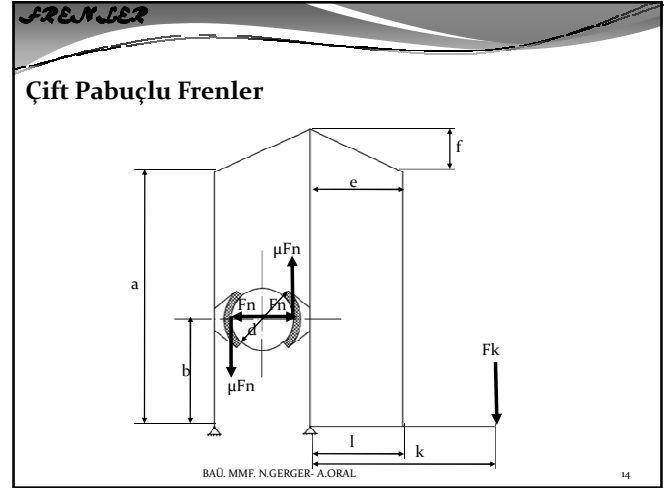
$$M_F = F \times \frac{a}{b} \times \mu \times \frac{D}{2}$$

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

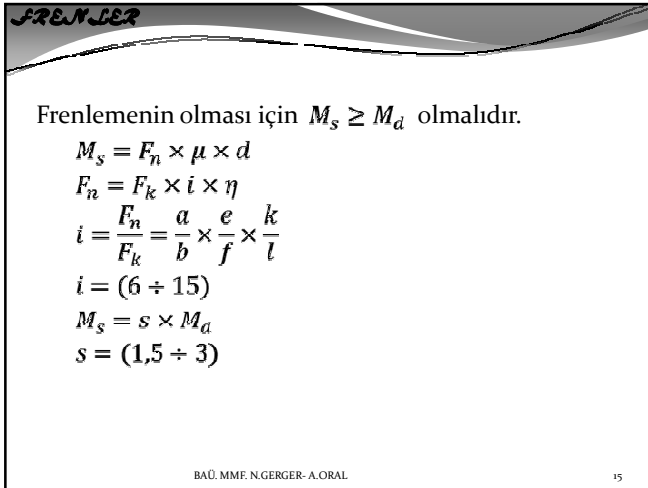
12



13



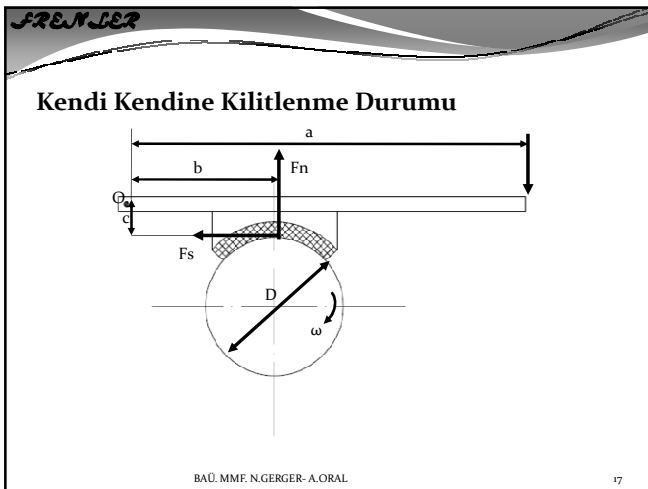
14



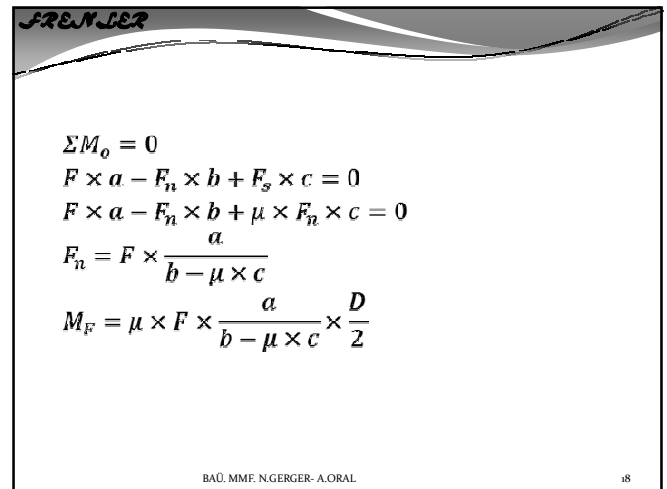
15



16



17



18

FRENLER

$F_t = \text{çevresel kuvvet}$

$$M_F = F_t \times \frac{D}{2}$$

$$F_t = \mu \times F \times \frac{a}{b - \mu \times c}$$

$\mu = \frac{b}{c}$ için kendi kendine kilitlenme olur

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

19

FRENLER

Tamburun dönüş yönü ters olursa sürtünme kuvveti yön değiştirerek

$$F_n = F \times \frac{a}{b + \mu \times c}$$

$$M_F = \mu \times F \times \frac{a}{b + \mu \times c} \times \frac{D}{2} \text{ olur.}$$

1. halde F_s kuvveti kendiliğinden bir frenleme momenti oluşturur. (kendi kendine kilitlenme)

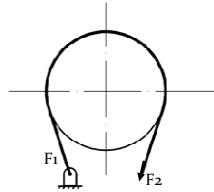
BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

20

FRENLER**Bantlı Frenler**

Basit bir konstrüksiyona sahip olan bantlı frenler küçük frenleme momentlerinde kullanılırlar. Bantlı frenler bir fren tamburu ile bir yüzünde sürtünme malzemesi bulunan çelik bir banttan meydana gelmişlerdir.

Bant ucunun kumanda koluna bağlanış şekline göre; basit, diferansiyel ve integral bantlı frenler mevcuttur.



BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

21

FRENLER

Euler'e göre

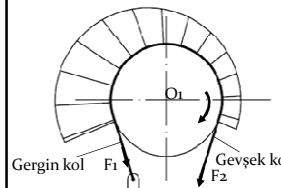
$$F_1 = F_2 \times e^{\mu\beta}$$

F_1 ve F_2 'nin O_1 noktasına göre momenti, frenleme momenti

$$M_F = (F_1 - F_2) \times \frac{D}{2}$$

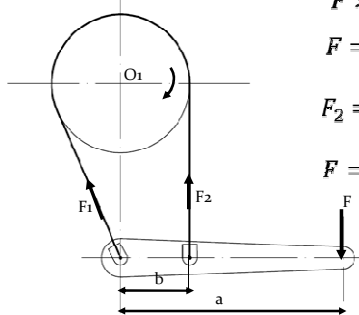
$$M_F = F_1 \times \frac{(e^{\mu\beta} - 1)}{e^{\mu\beta}} \times \frac{D}{2}$$

$$M_F = F_2 \times (e^{\mu\beta} - 1) \times \frac{D}{2}$$



BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

22

FRENLER**Basit Bantlı Frenler**

$$\Sigma M_{O1} = 0$$

$$F \times a - F_2 \times b = 0$$

$$F = F_2 \times \frac{b}{a}$$

$$F_2 = \frac{2 \times M_F}{(e^{\mu\beta} - 1) \times D}$$

$$F = \frac{2 \times M_F}{D} \times \frac{1}{(e^{\mu\beta} - 1)} \times \frac{b}{a}$$

Uçlardan biri mafsala diğeri fren koluna bağlanır.

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

23

FRENLER

Dönme ters yönde olur ise F_1 ve F_2 kuvvetleri yer değiştirir.

$$F = F_1 \times \frac{b}{a}$$

$$F = \frac{2 \times M_F}{D} \times \frac{e^{\mu\beta}}{(e^{\mu\beta} - 1)} \times \frac{b}{a}$$

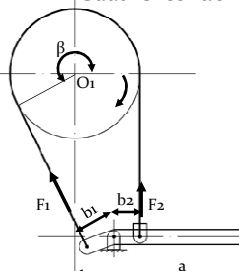
BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

24

FRENLER

Diferansiyel Bantlı Frenler

Saat ibresi dönüş yönü için $\Sigma M_{O_1} = 0$



$$F \times a - F_2 \times b_2 + F_1 \times b_1 = 0$$

$$F = \frac{F_2 \times b_2 - F_1 \times b_1}{a}$$

$$F_2 = \frac{(b_2 - b_1 \times e^{\mu\beta})}{a} \text{ veya } F = \frac{2 \times M_F}{D} \times \frac{a}{a \times (e^{\mu\beta} - 1)}$$

Uçların her ikisinde fren koluna bağlanır.

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL 25

FRENLER

$b_2 \leq b_1 \times e^{\mu\beta}$ olur ise

$F \leq 0$ olur

Bu ise bir kuvvet olmadığı halde frenin kendiliğinden tutması yani kilitlenmesi demektir.

Fren tertibatının dönmesi halinde gergin kol ve gevşek kol yer değiştirir.

$$F \times a - F_1 \times b_2 + F_2 \times b_1 = 0$$

$$F = \frac{2 \times M_F}{D} \times \frac{(b_2 \times e^{\mu\beta} - b_1)}{a \times (e^{\mu\beta} - 1)}$$

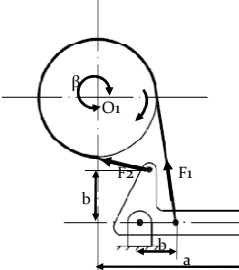
Bu durumda aynı frenleme momenti için daha büyük bir F kuvveti gerekir.

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL 26

FRENLER

İntegral Bantlı Frenler

Her iki dönme yönünde frenleme kuvvetinin aynı olması istenildiğinde bu frenler kullanılır.



$$F = \frac{(F_1 + F_2) \times b_1}{a}$$

$$F = \frac{2 \times M_F}{D} \times \frac{e^{\mu\beta} + b_1}{e^{\mu\beta} - 1} \times \frac{b}{a}$$

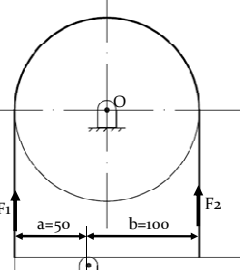
BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL 27

FRENLER

Problem

Şekildeki diferansiyel bantlı frenin koluna 220 N luk frenleme kuvveti uygulanmaktadır.

$\mu=0,4$ tür



BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL 28

FRENLER

Tambura saat ibresi yönünde 450 N.m lik döndürme momenti uygulandığında banttaki maksimum ve minimum kuvvetleri hesaplayınız.

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL 29

FRENLER

a) Saat ibresi yönünde fren kilitlenmiş durumda ise;

$$F_1 \times a = F_2 \times b$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{b}{a} \leq e^{\mu\beta} \text{ olması gerekir}$$

$\mu = 0.4$ ve $\beta = 180^\circ$ ise

$$e^{\mu\beta} = 3,5$$

$\frac{b}{a} = \frac{100}{50}$ Bu durumda fren kritik kilitlenmiş durumdadır.

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL 30

FRENLER

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\beta} \text{ den yararlanarak kuvvetleri bulamayız.}$$

$$\Sigma M_O = 0$$

$$F_1 \times 0.075 - F_2 \times 0.075 - 450 = 0$$

$$F_1 - F_2 = \frac{450}{0.075} = 6000$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$50 \times F_1 - 100 \times F_2 + 220 - 200 = 0$$

$$F_1 - 2 \times F_2 = -880 \text{ N}$$

$$F_2 = 6880 \text{ N} \quad F_1 = 12880 \text{ N}$$

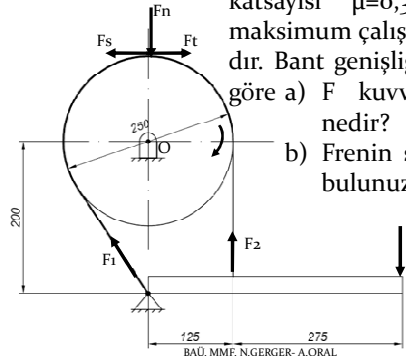
BAÜ, MMF, N.GERGER- A. ORAL

31

FRENLER

Problem

Şekildeki bantlı frende sürtünme katsayısı $\mu=0,3$ tür ve bantın maksimum çalışma basıncı 1000 kPa'dır. Bant genişliği 50 mm olduğuna göre a) F kuvvetinin sınır değeri nedir? b) Frenin sağlayacağı momentini bulunuz.



BAÜ, MMF, N.GERGER- A. ORAL

32

FRENLER

a) $P = 1000 \text{ kPa} = 1 \text{ N/mm}^2$

$$F_n = P \times b \times D = 1 \times 50 \times 250$$

$$F_n = 12500 \text{ N}$$

$$F_s \geq F_t \text{ olmalı } \mu \times F_n > F_1 - F_2$$

$$F_1 - F_2 = \mu \times F_n = 0,3 \times 12500 = 3750 \text{ N}$$

$$F_1 = F_2 \times e^{\mu\beta}$$

$$\beta = 225^\circ \times \frac{\pi}{180} = 3,927 \text{ rad}$$

$$F_2 \times (e^{\mu\beta} - 1) = 3750 \text{ N}$$

$$F_2 = 1668 \text{ N}$$

$$F_1 = 5418 \text{ N}$$

BAÜ, MMF, N.GERGER- A. ORAL

33

FRENLER

$$F \times 400 - F_2 \times 125 = 0$$

$$F = 1668 \times \frac{125}{400} = 521,2 \text{ daN}$$

b) $M_F = F \times (e^{\mu\beta} - 1) \times \frac{a}{b} \times \frac{D}{2}$

$$M_F = 521,2 \times (e^{0,3 \times 3,92} - 1) \times \frac{400}{125} \times 125$$

$$M_F = F_2 \times (e^{\mu\beta} - 1) \times \frac{D}{2} = 468747,2 \text{ N} \times \text{mm}$$

Not: $\beta = 225^\circ$ değildir. β' nın gerçek değerini bulunuz.

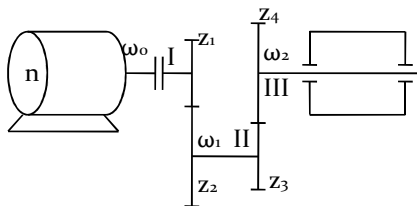
BAÜ, MMF, N.GERGER- A. ORAL

34

FRENLER

Fren Momentinin Hesaplanması

Frenlerin görevi hareketi durdurmak olduğuna göre sistemde motor miline bağlanmasında yarar vardır.



BAÜ, MMF, N.GERGER- A. ORAL

35

FRENLER

Dişliler arasındaki çevrim oranı $i = i_1 \times i_2$

$$i_1 = \frac{Z_2}{Z_1} \quad i_2 = \frac{Z_4}{Z_3}$$

$$\omega_1 = \frac{\omega_0}{i_1} \quad (\text{II . milin açısal hızı})$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_0}{i_1 \times i_2} \quad (\text{III . milin açısal hızı})$$

BAÜ, MMF, N.GERGER- A. ORAL

36

FRENLER

$$P = M \times \omega \text{ 'den}$$

$$M_0 = \frac{P}{\omega_0} \text{ Motor milindeki döndürme momenti}$$

$$M_1 = \frac{P}{\omega_1} \text{ II. mildeki döndürme momenti}$$

$$M_2 = \frac{P}{\omega_2} \text{ III. mildeki döndürme momenti}$$

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

37

FRENLER

Bu sonuçlardan motor milindeki döndürme momentinin en düşük olduğu görülmektedir. Frenin mili durdurması için döndürme momentini yenmesi gereklidir. Bu nedenle frenin döndürme momentinin en küçük olduğu mile takılmasında yarar vardır.

$$\text{Fren momenti : } M_{FR} = M^* \times \eta \times S$$

M^* : frenin takıldığı mile indirgenmiş tahrik momenti

Fren motor miline takılı ise $M^* = M_{mot}$ alınır.

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

38

FRENLER

η : sistem verimi ($\eta = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \dots$) fren mili ile kaldırma mekanizması arasında ne kadar dişli v.b. mekanizma varsa bunların sürtünme kayıplarının fren momentini azaltıcı yönde faydaları vardır.

S: fren emniyet katsayısı

S: 1,3...1,5 (elle çalışan makinelerde)

S: 2...3 (motorlu kaldırma makinelerinde)

S: 3...4 (kepçeli ve büyük kaldırma makinelerinde)

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

39

FRENLER**Kaldırma (Tutma) Frenlerinin Hesabı**

$$M_{FR} = M_Y + M_{\dot{O}} + M_D$$

M_Y : Yük momenti

$M_{\dot{O}}$: Öteleme hareketini durdurma momenti

M_D : Dönen kütleleri durdurma momenti

$$M_Y = F_{HT} \times \frac{D}{2 \times i}$$

F_{HT} : Tambura etki eden toplam halat kuvveti

D : Tambur çapı

i : frenin takıldığı mil ile tambur mili arasındaki çevrim oranı

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

40

FRENLER

$$M_{\dot{O}} = m \times a_f \times \frac{D}{2 \times i}$$

$$M_{\dot{O}} = \frac{F_{HT}}{g} \times \frac{v}{t_f} \times \frac{D}{2 \times i}$$

m : halat yükü

v : Frenleme başlangıcı ve bitimi arasındaki halat hızı

a_f : Frenleme ivmesi

t_f : Frenleme ivmesi (2...5 sn)

$$a_f = \frac{V}{t_f} \quad V = V_0 - V_f$$

V_0 : Öteleme Hızı

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

41

FRENLER

$$M_D = \Sigma I^* \times \varphi$$

I^* : Dönen kütlelerin fren miline indirgenmiş kütlelesel atalet momentleri

φ : Frenleme başlangıcı ve bitimi arasındaki açısal hız

$$\varphi = \frac{2 \times \pi \times n_f}{t_f}$$

$$I^* = \frac{I}{i_{top}}$$

BAÜ, MMF, N.GERGER- A.ORAL

42

FRENLER

Dönen kütlelerin kütleli atalet momentleri savurma momenti cinsinden alınabilir.

$$I = \frac{GD^2}{4 \times g} \quad GD^2 : \text{savurma momenti}$$

$$GD^2 = \frac{\pi}{8} \times \gamma \times b \times D^4 \quad N \times m^2$$

$$M_D = \frac{GD^2}{4 \times g \times i} \times \frac{2 \times \pi \times n_f}{t_f}$$

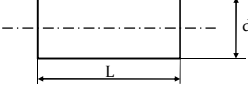
n_f : fren milinin frenleme başlangıcı ve bitimi arasındaki devir farkı

BAÜ, MMF, N.GERGER- A. ORAL

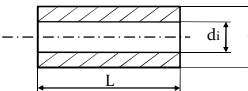
43

FRENLER**Kütleli Atalet Momentleri**

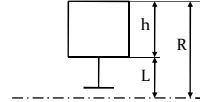
Dönme merkezine göre:



$$I = \frac{1}{8} \times m \times d^2$$



$$I = \frac{1}{8} \times m \times (d_a^2 + d_i^2)$$



$$I = \frac{m}{3} \times \frac{R^3 - r^3}{h}$$

BAÜ, MMF, N.GERGER- A. ORAL

44

FRENLER

Kütleli atalet momenti

$$\int_{r_1}^{r_2} r^2 dm \quad dm = \pi \times 2 \times r \times dr \times \rho$$

$$2 \times \pi \times l \times \rho \int_{r_1}^{r_2} r^3 dr$$

$$= 2 \times \pi \times l \times \rho \times \frac{r^4}{4} \Big|_{r_1}^{r_2}$$

$$= \frac{2 \times \pi}{4} \times l \times \rho \times (r_2^4 - r_1^4)$$

$$= \frac{2}{4} \times l \times \rho \times \pi \times (r_2^2 - r_1^2) \times (r_2^2 + r_1^2)$$

$$I = \frac{1}{8} \times m \times (d_a^2 + d_i^2)$$

BAÜ, MMF, N.GERGER- A. ORAL

45

FRENLER**Öteleme Hareketi İçin Fren Momenti**

$$M_{FT} = M_{\dot{O}} + M_D + M_R - M_W$$

$M_{\dot{O}}$: Öteleme hareketini durdurma momenti

M_D : Dönen kütleleri durdurma momenti

M_R : Statik rüzgar momenti

M_W : Direnç momenti

BAÜ, MMF, N.GERGER- A. ORAL

46

FRENLER

$$M_{\dot{O}} = \frac{G_{top}}{g} \times \frac{\Delta v}{t_f} \times \frac{D}{2 \times i}$$

$$a_f = \frac{\Delta v}{t_f} : \text{frenleme ivmesi}$$

$$a_f = 1,3 \, m/s^2 \quad (\text{tüm tekerleri tahrikli})$$

$$a_f = 0,7 \, m/s^2 \quad (\text{iki teker tahrikli})$$

G_{top} : Araba + (veya) köprü tarafından taşınan toplam yük

D: Teker çapı

i: Teker ile fren mili arasındaki dişli mekanizmanın çevrim oranı

$$\Delta v = V_{\dot{O}} - V_f \quad V_{\dot{O}} : \text{Öteleme hızı}$$

$$V_f : \text{Frenleme sonundaki hız}$$

BAÜ, MMF, N.GERGER- A. ORAL

47

FRENLER

$$M_D = \frac{GD^2}{4 \times g \times i} \times \frac{2 \times \pi \times n_f}{t_f}$$

M_R : Kapalı yerde sıfır

$$M_R = F_R \times \frac{D_T}{2 \times i} \quad F_R = A \times P_R$$

A: Rüzgara dik kesit
P_R: Rüzgar basıncı

$$M_W = F_N \times \frac{D}{2 \times i} \quad F_N : \text{Toplam direnç kuvveti}$$

BAÜ, MMF, N.GERGER- A. ORAL

48