

## KALDIRMA MAKİNALARINDA ELEKTRİK DONANIMI VE ELEKTRİK MOTORU SEÇİMİ

Günümüzde transport makinalarının bir çoğunda güç sistemi olarak elektrik tahrikli donanımlar kullanılmaktadır.

1

## ELEKTRİK TAHRİKİNİN AVANTAJLARI

- Enerjinin merkezi olarak üretilmesi ve kolayca iletilmesi
- Daima işletmeye hazır olması
- İşletmesinin temiz olması
- Yüksek bir kalkış momentine sahip olması
- Dönüş yönünün çok çabuk değiştirilebilmesi
- Çok sayıda devreye giriş ve çıkışlara uygunluk
- Frenlenebilme olanağı
- Ekonomikliği
- İşletme emniyetinin yüksek oluşu

2

## ELEKTRİK TAHRİKİNİN DEZAVANTAJLARI

- Voltaj değişiminden etkilenmeleri,
- Elektrik şebekesine bağımlılık,
- Açık havada çalışan krenlerde elektrik akımı iletim tellerine olan gereksinim.

3

Bu özelliklere özellikle asenkron motorlar tam olarak sahip olabilmektedir. Ancak asenkron motorlar ayarlama yönünden aşırı istekler için uygun değildir. Devir sayısının çok hassas, kademeli olarak ayarlanması istenilen uygulamalarda doğru akım motorları veya elektro-hidrolik tahrik sistemleri kullanılmalıdır.

4

## KALDIRMA MAKİNALARI MOTORLARININ GENEL YAPISI

Kren işletmelerinde 220/440-500 V'luk 3 fazlı akım e 220/350-500 V'luk ve genellikle 50 Hz'lik elektrik akımları kullanılmaktadır. Buna rağmen hemen hemen tüm krenler şebekeden alınan 3 fazlı akımla tahrik edilirler.

Kren işletmeleri büyük bir ilk hareket momentine sahip motorlara gereksinim gösterirler; çünkü bu motorlarla havada asılı yükün kaldırılması da söz konusudur. Dönüş yönü değiştirilebilir olmalıdır.

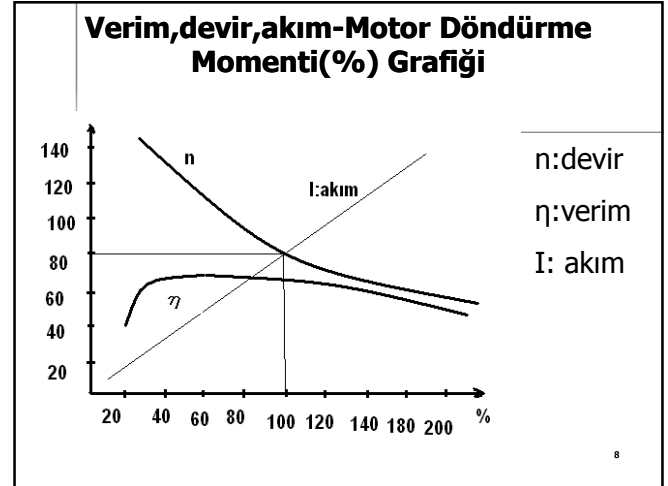
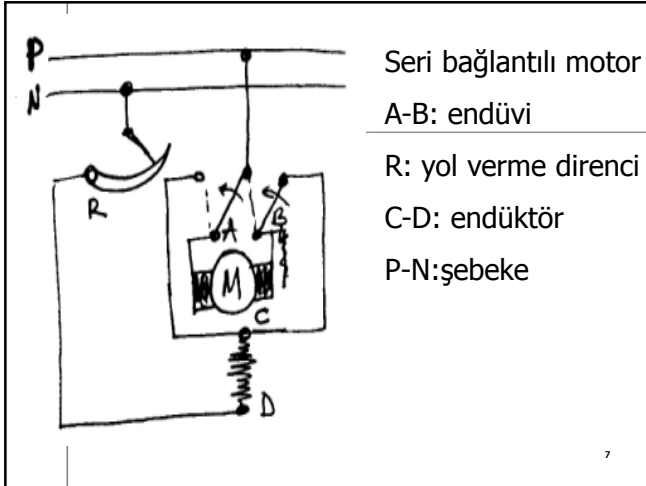
5

## DOĞRU AKIM MOTORLARI

### a) SERİ BAĞLI MOTORLAR

Bu motorların endüvi ve endüktör sargıları seri bağlanmışlardır. Yol almada(ilk hareket) her sargıdan kuvvetli bir akım geçer ve böylece bu motorlar ile çok kuvvetli bir kalkış elde edilir. (Nominal momentin 2.5-3 katı)

6

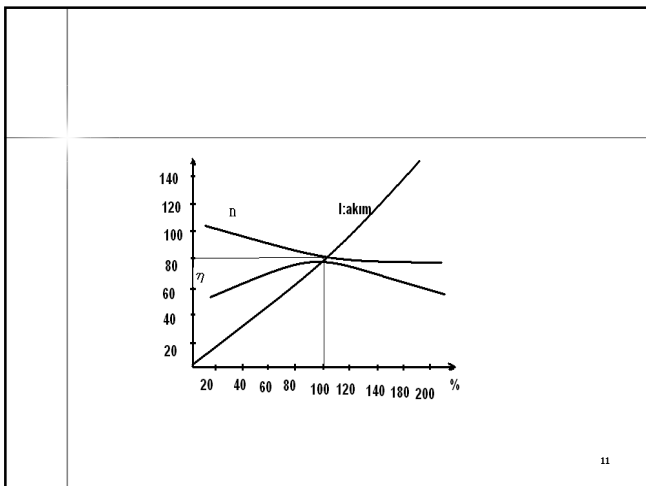


Motorun çalıştırılmasında akım darbesini azaltmak için motorun önüne bir direnç konur ve bu direnç motor yol aldıkça kademeli olarak devreden çıkarılır. Endüvi sargısının uçları değiştirilerek motor dönüş yönü değiştirilir.

Bu motorun özelliği, devir sayısını o andaki yüke uydurmasıdır. Büyük yükler yavaş,küçük yükler hızlı kaldırılır.

**b)DOĞRU AKIM ŞÖNT MOTOR:**

Bu motorlarda ikaz sargısı endüviye paralel olarak bağlanmıştır. Seri bağlantılı motorun aksine, şönt motorlarda ince telli ikaz sargısı endüvi akımına bağlı olmaksızın daima aynı ikaz akımını çeker. Bu nedenle şönt motorunun devir sayısı pek değişmez. Kalkma momenti ve aşırı yüklenme yeteneği seri bağlı motorlara göre daha düşüktür.



**c)KOMPOUND MOTORLAR:**

Seri ve şönt motorun bir birleşimi olan kompond motor, seri ve şönt sargıların etkisinin birinin diğerine hakim oluş şekline göre az veya çok ölçüde bu iki motordan birini özelliğine sahiptir.

## ÜÇ FAZLI MOTORLAR

Asenkron motor: Stator şebekenin üç fazına bağlanır. Buna karşılık rotora dirençler bağlanır veya kısa devre edilir. Statorda manyetik alan meydana gelir ve bu manyetik alan rotoru döndürür.

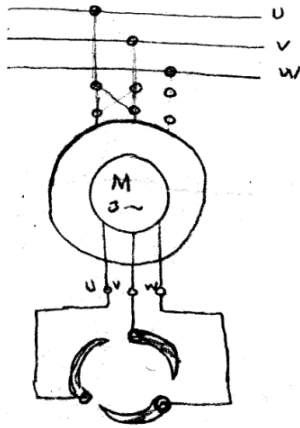
Manyetik alan ve rotor arasındaki devri sayısı farkı yük azaldıkça ve rotor akım devresindeki direnç küçüldükçe azalır.

13

Bu tip motorların kumandası kolay, iki fazın yer değiştirmesiyle dönüş yönü yer değiştirebilir. Yıldız üçgen bağlantısı ile devir sayısı ve momente tesir edilebilir.

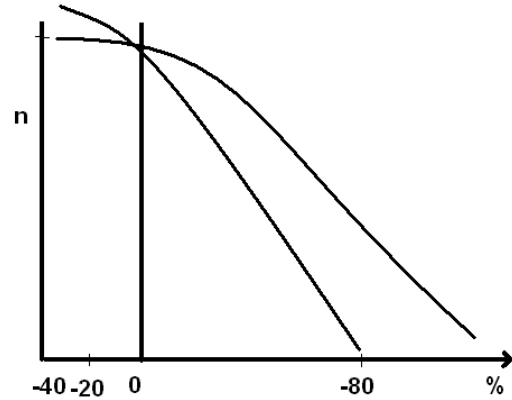
İlk harekette nominal momentin 1,6-2,5 katı fazla moment alınabilir.

14



Bilezik rotorlu motorun bağlantı devresi

15



Devir sayısı- Döndürme momenti grafiği

16

## ELEKTRİK MOTORU HESABI VE SEÇİMİ

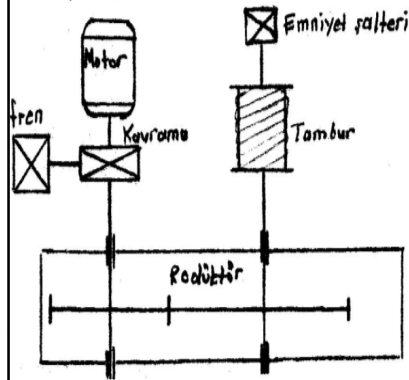
Kaldırma ve iletme mekanizmalarının hemen tümünde yapılan işlem;

- Yükün kaldırılması
- Yükün nakli,
- Yükün döndürülmesi gibi işlemlerdir.

Makinalar ile bütün bu görevlerin yapılabilmesi için birer tahrik motoruna ihtiyaç vardır ve motor gücünün bu hareketlere göre ayrı ayrı hesaplanması gerekir.

17

## a)YÜKÜN KALDIRILMASI HALİ



Basit bir kaldırma düzeneği yandaki şekilde görülmektedir.

18

Yükün kaldırılması sırasında motorun;  
1.Daimi Rejim Gücü:  
(bu güç, bir yükün birim zamanda yaptığı işten hesaplanabilir)

2.İvmeleme Gücü:

a)Öteleme İvmelemesi

b)Dönme İvmelenmesi güçleri yenebilir.

Öteleme ivmelenmesi, yükün düşey veya yatay hareketi için,

Dönme ivmelenmesi ise tambur, dişli, kavrama gibi elemanların sıfırdan belli bir hıza çıkması için ivmelendirme gücüdür.

19

### 1.Daimi Rejim Gücü (yükün Kaldırılmasında)

$$P_r = \frac{(Q + G_1)V_k}{\eta} [Watt]$$

Q:Kaldırılan yük (N)

G<sub>1</sub>:Kanca boğunun ağırlığı(N)

V<sub>k</sub>: kaldırma hızı(m/s)

η:verim

20

### 2.İvmeleme Gücü (P<sub>i</sub>)

a)Öteleme İvme Gücü P<sub>öi</sub>

$$P_{öi} = \frac{(Q + G_1)V_k^2}{g \cdot t_i \cdot \eta} [Watt]$$

Q:Kaldırılan yük(N) G<sub>1</sub>: kanca bloğu ağırlığı (N)

G:yerçekimi ivmesi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

V<sub>k</sub>:kaldırma hızı (m/s) t<sub>i</sub>:ivmelendirme zamanı

t<sub>i</sub>:(2...5)sn alınabilir.

21

### b)Dönme İvmelenme Gücü P<sub>di</sub>

$$P_{di} = \frac{2\pi M_i n_{mot}}{\eta}$$

$$M_i = J \cdot \varphi$$

$$P = M_i \cdot \omega$$

$$\omega = 2\pi n [n = (d / sn)]$$

M<sub>i</sub>:Motor miline indirgenmiş ivmelendirme momenti

J:Kütle atalet momenti

φ:açısai ivme (dw/dt)

22

En büyük güce ilk harekette ihtiyaç vardır aslında ve bu güç;

$$\Sigma P = P_r + P_{öi} + P_{di}$$

Kaldırma mekanizmasında, hesaplanan bu güçteki bir motorun kullanılmasına gerek yoktur; çünkü bu güç, başlangıçta yani motorun ilk hareketinde gereklidir. İvmeleme gücü yenildikten sonra motor yalnız daimi rejim gücü ile yüklenir. Motorlar bir an gereğinden fazla yüklenebildiğinden, hesaplanan toplam güçten daha küçük güçteki bir motor kullanılabilir.

23

### YÜKÜN ÖTELENMESİ

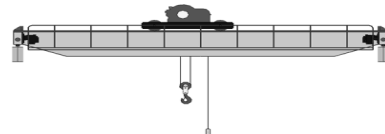
Öteleme hareketinde motorun

1. Rejim gücü

2. İvmeleme gücü

a)Öteleme ivmeleme gücü

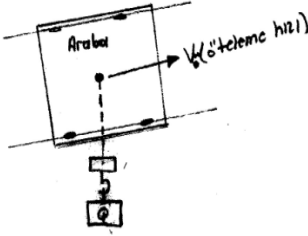
b)Dönme ivmeleme gücünü yenebilir.



24

**1.Rejim Gücü  $P_r$** 

$$P_r = \frac{(Q + G_2)W.V_{\dot{o}}}{\eta}$$



W:Direnç sayısı(tekerleklerde ki)

G<sub>2</sub>:araba ağırlığı+kanca bloğu ağırlığı

W:0.02 kaymalı yataklarda

W:0.007 rulmanlı yataklarda

25

**2.İvmeleme Gücü  $P_i$** **a. Öteleme İvmeleme Gücü  $P_{i\dot{o}}$** 

$$P_{i\dot{o}} = \frac{(Q + G_2)V_{\dot{o}}^2}{g.t.i.\eta}$$

g:yerçekimi ivmesi

t:ivmelendirme zamanı

Araba için t:3...5sn köprü için t:5...20 sn

26

**b.Dönme İvmeleme Gücü  $P_{di}$** 

$$P_{di} = (0.1 - 0.2)P_{i\dot{o}}$$

alınabilir.

Öteleme hareketinde topla güç

$$\Sigma P = P_r + P_{i\dot{o}} + (0.1 - 0.2)P_{i\dot{o}} = P_r(1.1 - 1.2)P_{i\dot{o}}$$

27

Yaklaşık hesap:

Kaldırma ve öteleme hızları çok yüksek ise ( $V \geq 5m/s$ ) ve t zamanı çok küçük ise ivmeleme gücünün hesaplanması gerekir. Eğer hızlar düşük ve ivmeleme zamanı büyükse,

$\Sigma P_i = 0.2P_r$  alınabilir ve toplam güç:

$$\Sigma P = P_r + \Sigma P_i = P_r + 0.2P_r = 1.2P_r \text{ olur.}$$

28

**RÜZGAR GÜCÜ  $P_w$** 

sistem açık havada çalışıyorsa rüzgar direncini de yemmesi için belli bir güce sahip olması gerekir.

$$P_w = \frac{A_w P_w V_{\dot{o}}}{\eta}$$

$A_w$ :Rüzgar yönüne açık alan

$P_w$ :Rüzgar basıncı~500N/m<sup>2</sup>

Kapalı yerlerdeki sistemlerde bu güç sıfırdır.

Bu durumda toplam güç ötelemeye

$$\Sigma P = P_r + \Sigma P_i + P_w \text{ olur}$$

Yaklaşık olarak  $\Sigma P_i + P_w = \%20P_r$  alınabilir

29

**YÜKÜN DÖNDÜRÜLMESİ**

1. Daimi rejim gücü
2. İvmeleme gücü-dönme ivmelemesi(öteleme ivmelemesi yok)

$$P_r = \frac{F_{direnç} . V_{dön}}{\eta} = \frac{2 \pi . M_{direnç} . n_{dön}}{\eta}$$

$F_{di}$ :toplam direnç kuvveti

$V_{dön}$ :dönme hızı  $n_{dön}$ :dönme sayısı

$M_{direnç}$ :toplam direnç momenti

$\eta$ :verim( $\eta_{tam}$ ,  $\eta_{dişli}$ ....)

30

Dönme ivmeleme gücü  $P_{id}$

$M_i$ : ivmelendirme momenti:  $J \cdot \varphi$

$$P_{id} = \frac{2\pi n M_i n_{dön}}{\eta}$$

31

Dönmede rüzgar gücü

$$P_w = \frac{2\pi A_w P_w r n_{mot}}{i \eta}$$

$r$ : Rüzgar çarpan alanların ağırlık merkezlerinin dönme eksenine olan mesafesi

$P_w$ : rüzgar basıncı =  $50 \text{ N/m}^2$

Toplam dönme gücü:

$$\sum P_d = P_r + P_{id} + P_w$$

32

### PROBLEM

Kaldırılan yük  $Q$ :  $80 \text{ kN}$

Araba ağırlığı  $G_A$ :  $35 \text{ kN}$

Köprü ağırlığı  $G_K$ :  $50 \text{ kN}$

Öteleme hızı  $V_{\dot{o}}$ :  $63 \text{ m/dak}$

İvmeleme zamanı  $t$ :  $5 \text{ sn}$

Direnç sayısı  $W$ :  $0.02$

Verim:  $0.8$

Tekerlek ağırlıkları  $G_t$ :  $10 \text{ kN}$

Motor seçimini yapınız (köprü öteleme hareketi için)

33

Toplam ağırlık

$$F_{top} = Q + G_A + G_K + G_t$$

$$F_{top} = 80 + 35 + 50 + 10 = 175 \text{ kN}$$

Direnç Kuvveti

$$F_d = F_{top} \cdot W = 175 \times 0.02 = 3.50 \text{ kN}$$

Rejim Gücü

$$P_r = \frac{F_{top} \cdot W \cdot V_{\dot{o}}}{\eta} = \frac{175 \times 0.02 \times 63}{60 \times 0.8} = 4.5 \text{ kW}$$

34

Öteleme ivmeleme gücü

$$P_{\dot{o}i} = \frac{F_{top} \cdot V_{\dot{o}}^2}{g \cdot t \cdot \eta} = \frac{175 \times 63^2}{10 \times 3600 (s^2 / dak^2) \times 5 \times 0.8} = 4.82 \text{ kW}$$

Dönme ivmeleme gücü

$$P_{di} = (0.1 \dots 0.2) P_{\dot{o}i} = 0.1 P_{\dot{o}i} = 0.1 \times 4.82 = 0.482 \text{ kW}$$

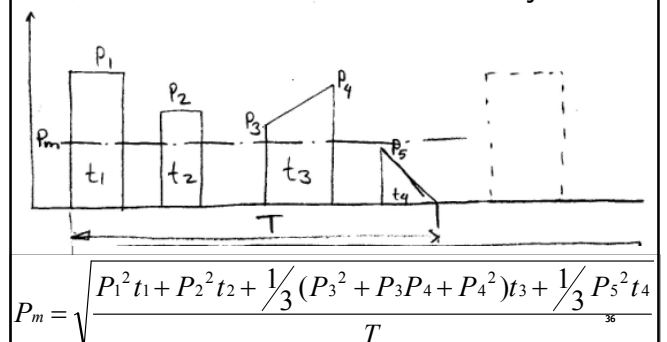
$$P_i = P_{\dot{o}i} + P_{di} = 4.82 + 0.482 = 5.3 \text{ kW}$$

$$\sum P_{\dot{o}} = P_r + P_i = 4.5 + 5.3 = 9.8 \text{ kW}$$

35

### MOTOR GÜCÜNÜN SEÇİMİ

Karesel Ortalama Güce Göre Motor seçimi



Elektriksel kayıplar ve bu kayıplar sonucu ortaya çıkan kayıp ısı, gücün karesiyle doğru orantılıdır.  $P_1$  gücüyle  $t_1$  süresince oluşan kayıp;

$$W_1 = C \cdot P_1^2 \cdot t_1 \text{ 'dir } C: \text{katsayı}$$

Yukarıdaki bir iş periyodu süresince oluşan ısı kaybı ise;

$$W_{T1} = C \cdot P_m^2 \cdot T \text{ 'dir.}$$

$P_m$  ortalama gücüyle T periyodu süresince oluşan  $W_{T1}$  ısı ile motor yanmamalıdır.

$$W_{T1} \geq W_T$$

37

### Frekans, Kutup Sayısı, Devir Sayısı

Bir alternatif akım motorunun senkron devir sayısı;

$$n_s = 60 \cdot f / p$$

$n_s$ : devir sayısı(1/dak)

f: şebeke frekansı(1/s) genellikle f: 50Hz

p: kutup sayısı

Kutup çifti	1	2	3	4	5	6
Senkron devri sayısı	3000	1500	1000	750	600	500
Devir sayısı	2850	1450	950	720	570	470

38

### Tayin Edici Faktörlere Göre Motor Seçimi

Düzensiz yükleme durumlarında yük değişimini hesaplamak zordur. Bu durumda motor gücü, aralıklı işletmenin aşağıda yazılı üç önemli faktörün belirlenmesiyle tam yük rejimine göre hesaplanır.

39

### RÖLATİF İŞLETME SÜRESİ

$$ED = \frac{\sum \text{İşletme süreleri}}{\sum \text{İşletme süreleri} + \sum \text{Akımsız durumlar}} \cdot 100 (\%)$$

İmalatçı kataloglarında motor güçlerinin nominal kabul edilen boş rölatif işleme süresine göre verildiği görülür.

ED	%15	%25	%40	%60	%100
Güç kw	3.6	3	2.6	2.4	2.2
	5.4	4.6	4	3.6	3.2
	8.5	7	6.3	5.3	4.8

40

### Rölatif Çalışma Süresi

% olarak motorun bir çalışma periyodunda efektif çalışma süresi olarak ne kadar çalıştığını belirtir.

Burada devreye giriş ve çıkışları arasındaki durumlar nedeniyle sürekli işletme durumundakine göre daha küçük motorlar seçilebilir.

Çalışma periyodu, çalışma zamanıyla durma zamanlarını kapsamakta olup 10 dakikayı geçmemelidir.

41

Normalden büyük bir rölatif çalışma zamanında motor daha çok zorlanır. Yani motor daha yüksek rölatif çalışma zamanına göre planlanmış olmasına rağmen daha büyük güç verebilir.

Elektrik motorlarının ısınması akımın karesi yani yaklaşık gücün karesi ile artmaktadır. Bu kabul ile  $n = \text{sabit}$  durumunda;

$$P_1^2 \cdot ED_1 = P_2^2 \cdot ED_2 \text{ ifadesi yazılabilir.}$$

42

Bir  $ED_2$  değerindeki motor liste gücü  $P_2$  ise aynı motor  $ED_1$  değerinde

$$P_1 = P_2 \sqrt{\frac{ED_2}{ED_1}}$$

Gücü ile yüklenebilir.

Örn:  $P_2: 3kW$

$ED_2: \%25$

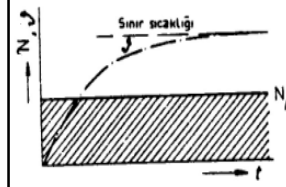
$ED_1: \%15$

$P_1: 3.87kW$  bulunur

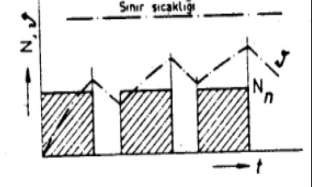
43

Motor seçimi öyle yapılmalıdır ki, çalışma zamanı içinde sargılardaki, sıcaklık emniyet sınırlarını aşmasın. Sargıların ısınması motorun işletme şekliyle ilgilidir.

Sürekli bir çalışma olması durumunda sargılardaki sıcaklık hemen hemen sınır sıcaklığına ulaşır.



Şekil 12.19. Sürekli işletme  
 $N$  Nominal güç,  $\theta$  sıcaklık değişimi,  $t$  zaman



Şekil 12.20. Kesikli işletme  
 $N$  Nominal güç,  $\theta$  sıcaklık değişimi,  $t$  zaman

44

Kaldırma makinaları ve elektrik tahrik sistemlerinin Rölatif çalışma zamanı (ED) ve çalışma miktarı

Kren çeşidi	Tahrik sistemleri	Rölatif ça. zama-ED [%]
Elektrik santrali kreni, Demiryolu krenleri, Derrik krenler, Gemi inşa krenleri, Yüzer krenler gibi kısa müddetle kullanılan krenler	Hepsi	25
Depo krenleri, Atelye krenleri	Hepsi	40
İnşaat krenleri	Kaldırma mekanizması Diğerleri	40 ilâ 60 25 ilâ 40
Keçmeli krenler, Portal krenler	Kaldırma mekanizması Köprü hareket sistemi Diğerleri	40 ilâ 60 25 40
İngol krenleri, Derin fırın krenleri, Çelik besleme krenleri, Demirhane krenleri	Kaldırma mekanizması Kedi hareket sistemi Kren hareket sistemi Diğerleri	60 60 60 40 45

## Relatif Yük

bir krenin çalışma programında bazı hallerde boşta hareket söz konusudur. Kren dişli mekanizmasının bu değişken yükleniş rölaf yük kavramı ile yaklaşık olarak tayin edilebilir.

Tam yük momentinden hesaplanan moment, rölaf yük  $\lambda$ 'nın bir fonksiyonu olan  $r$  faktörü ile azaltılabilir.

$$\lambda = \frac{\text{Tam yük} + \text{ölü yük}}{2 \text{ Tam Yük}} = \frac{(M_L + M_o) + M_o}{2(M_L + M_o)}$$

$\lambda$ :rölafif yük,  $M_L$ :Faydalı yük(daN)

$M_o$ :sistemin ağırlığı(daN)

46

$M_o$  ne kadar küçükse  $\lambda$  o kadar küçük olur, yük faktörü  $r$  ne kadar azalırsa motor o kadar az ısınır. Yük faktörü  $r$ , değişik şekilde tam yük ve kendi ağırlığı ile kullanılan iletim sistemlerinde kullanılır. İletim malını daimi olarak hareket ettiren sistemlerde  $r=1$  alınmalıdır.

$\lambda$	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
$r$	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97	1

47

Gerekli nominal motor momenti

$$M_n = r \cdot M_{Th}$$

Gerekli motor gücü

$$P_n = P_{Th} \cdot r$$

$P_n/M_n$ :nominal motor motor gücü/momenti(ED'e göre hes. moment)

$P_{th}/M_{th}$ :ısı yönünden gerekli nominal güç/moment(ED'e göre hes. Güç)

$r$ :yük faktörü

48



>>>Relatif yük için aşağıdaki değerler alınabilir.

- Kancalı kaldırma mekanizmalarında :0.55-0.56
- Kepçeli kaldırma mekanizmalarında :0.75-0.78
- Standart krenlerin araba yürütme mekanizmalarında :0.65-0.75
- Standart krenlerin köprü yürütme mekanizmalarında :0.75-0.90
- Kepçeli krenlerin köprü yürütme mekanizmalarında :0.85-0.95

49

## İVME İŞİ

Tam yükteki veya değişken yükteki rejim gücünden başka motorun, kendi dönen kütleleriyle gerek kaldırma gerekse öteleme hareketlerinde, gerekli ivmelendirme gücünü de sağlaması gerekir.

İvme işine göre motor gücünün yaklaşık hesabı ise aşağıdaki şekilde alınabilir.

$$P_m = \frac{P_r + \sum P_i}{(1.7 - 2)}$$

50

İvmelenme gücü sadece ivmelenme işi süresince gerekli olduğundan motor gücünün maksimum motor gücü

$$(P_{\max} = P_r + \sum P_i)$$

olmasına gerek yoktur. Motor kısa süreler için fazla yüklenebilir.

Aşağıdaki tabloda mekanizmanın hızı ve ivmelenme süresine bağlı olarak nominaml gücün ( $P_{\text{nom}}$ ) daimi rejim gücünden ( $P_r$ ) ne kadar büyük olması gerektiğini belirten değerler verilmiştir.

51

HIZ		0.5	1	1.5	2	2.5	3
İvmelenme süresi		5	6	7	8	9	10
P <sub>nom</sub> / P <sub>r</sub>	Kaymalı yatak W:0.02	1	1	1.2	1.3	1.4	1.5
	Rulmanlı yatak W:0.007	1.45	2	2.5	2.8	3.0	3.2

52

## PROBLEM

Aşağıda özellikleri verilen köprülü krenin yürütme motoru gücü hesabı yapınız.

Yük:15 ton

Köprü ağı:80 ton

İlerleme hızı:3m/s

İlerleme yolu:70m

Saatteki sefer sayısı:20

W:0.02

η:0.8

t<sub>i</sub>:9 sn

53

## ÇÖZÜM

$$P_r = \frac{F_{\text{top}} \cdot W \cdot V_o}{\eta} = \frac{95 \cdot 10^4 \times 0.02 \times 3}{0.8} = 71250W$$

$$P_r = 71.25kW$$

Öteleme ivmeleme gücü

$$P_{oi} = \frac{F_{\text{top}} \cdot V_o^2}{g \cdot t \cdot \eta} = \frac{95 \cdot 10^4 \times 3^2}{9.81 \times 9 \times 0.8} = 121049W$$

$$P_{oi} = 121kW$$

54

Dönme ivmeleme gücü;

$$P_{di} = 0.1 \times P_{öi} = 12.1 kW$$

Nominal güç;

$$P_{nom} = 1.5 \times 71.25 = 106.875 kW$$

İvmeleme işine göre;

$$P_{nom} = \frac{71.25 + (121 + 12.1)}{1.8} = 113.5 kW$$

55

Köprünün 9 sn'lik ivmelenme süresince aldığı yol ;

$$S = \frac{1}{2} v \cdot t = \frac{1}{2} \cdot 3.9 = 13.5 m$$

Frenleme için  $t_f$  9sn olursa aynı uzunlukta yol için frenleme için gerekecek daimi rejim gücüyle gidilecek yol:

$$S_1 = 70 - 2 \times 13.5 = 43 m$$

$$t_r = \frac{43}{3} = 14.33 s$$

56

Toplam hareket süresi:

$$t_t : 18 + 14.33 = 32.33 sn$$

Saatteki sefer sayısı 20 olduğuna göre periyot:

$$T = \frac{3600}{20} = 180 sn$$

57

$$ED = \frac{2 \times 32.33}{180} \cdot 100 = 35.9$$

$$ED \cong \%40$$

Relatif Yük:

$$\lambda = \frac{(M_L + M_O) + M_O}{2(M_O + M_L)} = \frac{95 + 80}{2 \times 95} = 0.92$$

$$\lambda = 0.92 \text{ için } r \cong 0.94$$

$$P_{nom} = 113.05 \times 0.94 = 106.267 kW$$

58

%25 ED'lik motor relatif yük değeri de dikkate alınmalıdır bu şekilde seçilebilir. %40 ED için motor gücü daha düşük alınabilir.

$$P_{60} = P_{40} \sqrt{\frac{40}{60}} = 106 \sqrt{\frac{25}{40}} = 86.5 kW$$

59