

Elektrik Motorları ile Tahrik Edilen Pistonlu Kompresörlerde Çalışma Karakteristikleri

Hüsamettin ATEŞ
Y. Müh.
Üler Bankası

I — GİRİŞ :

Kimyevî madde istihsal eden fabrikalarda pistonlu kompresörler, gerek muhtelif gazların, gerek fabrikasyon için lüzumlu havanın kompresyonunda mühim bir yer işgal etmektedirler. Hatta bu kabil cihazlar son zamanlarda birkaç bin beygir gibi yüksek güçlerde imal edilmektedirler.

Bu cihazlar ekseriya direkt olarak düşük hızlı senkron veya asenkron motorlarla tahrik edilmektedirler. Değişken olan kompresyon momenti bir devir esnasında ortalama bir hız civarında periyodik titreşimler yapar. Kompresyon momentinin doğurduğu bu titreşimler muharrik makine kanalı ile aynen şebekeye geçer.

Mekanikte bu gibi periyodik titreşimleri sırtlamak için volan kullanıldığı bilinmektedir.

Kâfi büyüklükte bir kütleyle sahip olan volan haiz olduğu atalet sebebi ile bahis konusu salınımların muayyen iki sınır arasında kalmasını sağlar.

Ancak elektrikte bu vazifeyi muharrik motorun rotoru ifa etmektedir. Rotor miline tesir eden mekanik titreşimler rotor ile kutuplar arasındaki manyetik bağa intikal eder. Bu bağ mekanikteki yay bağının karakterini haizdir.

İş makinasından mil vasıtası ile muharrik makinaya intikal eden mekanik salınımlar şebekede elektrikli salımlara (Akım ve gerilim değişmelerine) dönüşür.

Burada rotor atalet momentinin de mühim rolü olduğu unutulmamalıdır."

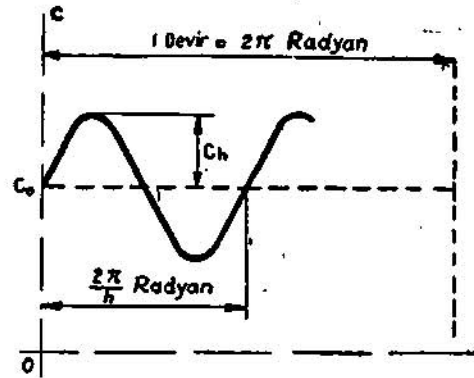
Bu etüdün gayesi bahis konusu mekanik salınımların elektrik şebekesi üzerinde ne gibi etkileri olduğunu göstermektir.

II — DEĞİŞKEN KOMPRESYON MOMENTİNİN MUHARRİK MAKİNA ÜZERİNDE HASIL ETTİĞİ TESİRLER HAKKINDA :

Muharrik makinanın hasıl ettiği ortalama moment kompresör tarafından absorbe edilir. Fark momentler rotor atalet kuvvetleri tarafından karşılanmakla beraber tamamen dengelenemezler.

Kompresör tarafından absorbe edilen ortalama moment C_0 olsun, ortalama moment etrafında

sinüzoidal olarak değiştiğini kabul ettiğimiz momentin tepe değerini C_h ve bu değer bir devir zarfında pozitif ve negatif olmak üzere (h) defa tekerrür etsin.



Şekil . 1 — Sinüsoidal olduğu kabul edilen kompresyon moment eğrisi

Ortalama dönme hızını a , dönen kısımların atalet momentini I ile gösterelim.

Rotorun ortalama konumu etrafındaki genel salınım denklemi :

$$I \frac{d\omega}{dt} = C_h \cdot \sin h \cdot n \cdot t$$

şeklinde olur. Buradan

$$\omega_{\max} - \omega_{\min} = \frac{2 C_h}{h \Omega} \text{ bulunur.}$$

Bu ifadeye göre düzensizlik katsayısı olarak :

$$1) \delta_k = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega} = \frac{2 C_h}{I h \Omega^2}$$

bulunur.

Ortalama devir etrafındaki salınımların genliği de

$$2) \theta_h = \int \omega dt = \frac{C_h}{I h^2 \Omega^2} \text{ olur.}$$

Buradaki düzensizlik katsayısı ve titreşim genliği kompresör volanının düzensizlik katsayısına ve titreşim genliğine tekabül eder.

Ancak burada kompresör momentinin ortalama bir C_0 momentine üzerine bindirilmiş, genliği

Ch ve bazı n/h olarak sinüzoidal değişen bir momentten ibaret olduğu kabul edilmiştir.

Sinüzoidal moment eğrisi ile ortalama moment doğrusu arasındaki alan kayıp işe tekabül eder.

Kayıp işin değeri :

$$W_{\text{kayıp}} = \frac{2 C_h}{h} \int_0^{2\pi} \sin \theta \, d\theta$$

Buradan düzensizlik katsayısı olarak :

$$S_1 = \frac{A}{I a^2} \text{ ve titreşim genliği olarak :}$$

$$\delta_1 = \frac{A}{2 I h \omega^2} = \frac{8}{2 h} \text{ bulunur.}$$

Burada düzensizlik katsayısının toplam kayıp işe bağlı, fakat momentin değişme şekline tâbi olmadığı ancak açılmal sapma değerinin moment değişim frekansı ile ters orantılı olduğu görülmektedir.

Umumiyetle rotor atalet momentinin değeri düzensizlik katsayısına göre tayin edilir. Bu sayı umumiyetle 1/100 civarında tutulur.

III — BİR PİSTONLU KOMPRESÖRÜN SENKRON MOTOR TARAFINDAN TAHRİK EDİLMESİ :

a) Genel Denklem :

Kompresör miline tatbik edilen muhtelif momentler :

Kompresör tarafından husule getirilen titreşimlerin tek harmonikten ibaret olduğu kabul edildiğine göre kayıp moment

$$C_h \cdot \sin h \Omega t.$$

$$\text{Atalet momenti } I \frac{d^2 \theta}{dt^2},$$

Senkronize edici moment $C_3 \cdot \sin e$, δ çok küçük olduğundan $C_3 \cdot e$ senkron moment $C_a \frac{d\theta}{dt}$

olduğuna göre genel denklem :

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} - h C_a \frac{d\theta}{dt} + C_3 \theta = 0 = O \sin h \Omega t.$$

Bu denklem seri direnç, şelf ve kapasite bulunan bir elektrikli devre denkleminin aynı karakteri haizdir.



Şekil : 2 — Senkron motora eşdeğer elektrikli devre

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} - \frac{q}{C} = E \sin \omega t;$$

Buradaki bütün kabul ve faraziyeler yukarıdaki mekanik denkleme aynen tatbik edilebilir.

Pratikte, rotorda titreşim dolayısı ile indüklenen akımın frekansı kâfi miktarda yüksek olduğundan rotor direnci kaçak reaktansı karşısında ihmal edilebilir.

Binaenaleyh hareket denklemleri asenkron moment ihmal edilmek sureti ile

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} - C_3 \theta = C_h \sin h \Omega t.$$

şekline girer ve buradan kolaylıkla;

$$\theta = \frac{C_h}{I h^2 \Omega^2 - C_3} \cdot \sin h \Omega t.$$

$$O \text{ ra} = \frac{C_h}{I h^2 \Omega^2 - C_3} \text{ bulunur.}$$

$$\frac{C_3}{I} = O \text{ ra} \text{ koymak sureti ile}$$

$$d_{\text{max}} = \frac{C_h}{I h^2 \Omega^2} \times \frac{1}{1 - \left(\frac{h \Omega}{\Omega_0}\right)^2}$$

bulunur.

Rotorun belirli konumu etrafındaki hızı.

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{C_h}{I h^2 \Omega^2} \times \frac{1}{1 - \left(\frac{h \Omega}{\Omega_0}\right)^2} h \Omega \cos h \Omega t$$

Buradan intizamsızlık katsayısı olarak :

$$S = \frac{\omega_{\text{max}} - \omega_{\text{min}}}{\omega} = \frac{2 C_h}{I h \Omega^2} \times \frac{1}{1 - \left(\frac{h \Omega}{\Omega_0}\right)^2}$$

bulunur.

Görülüyor ki senkron motorun gerek düzensizlik katsayısında, gerek titreşim genliğini veren ifadesinde $1 - \left(\frac{h \Omega}{\Omega_0}\right)^2$

çarpanı bulunmaktadır.

Bu katsayı motorun spesifik açılmal hızına ve kayıp moment h armoniklerine bağlıdır.

$$f_{i0} = \sqrt{C_3 / I} \text{ dir.}$$

Şayet $f_{i0} = h \Omega$ ise düzensizlik katsayısı ve titreşim genliği sonsuz olur. Bu durumda motor rezistansı sıfır kabul edilmiştir.

Bu taktirde motor öz titreşim frekansı ile muharrik moment frekansı rezonans haline gelir.

Rezonans frekansı :

$$f_0 = \frac{\Omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_3}{I}} = \frac{240}{\pi} \sqrt{P7}$$

olur. Burada,:

C, = Bir mekanik radyanlık deplâsmanı tekabül eden senkronize edici moment.

I = Rotor atalet momenti

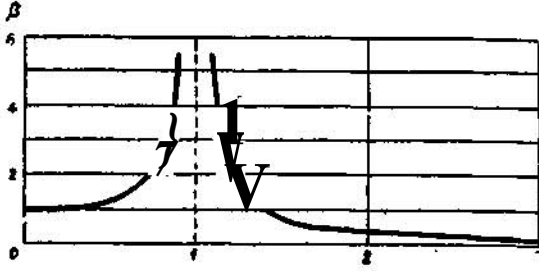
n = d/d. olarak rotor dönme hızı

f = Besleyici devrenin frekansı

P₃ = Bir elektriki radyana tekabül eden senkronize edici güç (KVA)

Bu motor zahiri gücünün 1,8 ilâ 2 katıdır.

PD² = Rotor savurma momenti kgm²



Şekil 3 - p titreşim amplifikasyon katsayısının fi/h çı ya göre değişimi

Şekil 3 teki eğri
$$p = \frac{1}{1 - \left(\frac{\Omega_0}{h}\right)^2}$$

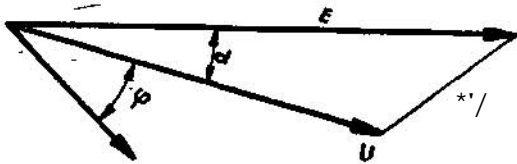
amplifikasyon katsayısının, n₀/h fi nin fonksiyonu olarak değişimini göstermektedir.

Ω₀ = Rotor öz pulzasyonu = 2 π I₀

h = Kayıp moment eğrisi iarmonik sırası.

fi = Rotor dönme hızı = $\frac{2 \pi n}{60}$

"Şayet düzensizlik katsayısı ve titreşim genliği çok büyükse mekanik titreşim frekansı ile öz titreşim frekansının tamamen farklı olması gerekir.



Şekil 4 — Bir senkron motorun genel işletme diyagramı

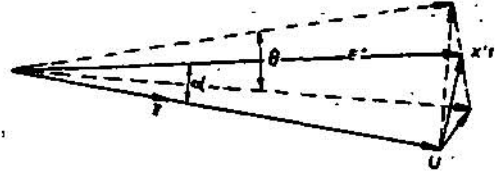
b) Âzami Açısâl Sapma :

"Mekanik darbelere maruz bir senkron, motor kuvvetli bir şebekeye bağlandığı zaman rotorun muayyen konumu etrafındaki salınımlarına mukabil şebekeden aynı-titreşim karakterini haiz bir akım çeker. Statordaki akım osilasyonları bütün, kâpâlî rotor devrelerinde bir akım endükler ve dolayısı ile bir akı (fluks) değişimine sebep olur.

Motor yüklü olduğu zaman rotor akısı, boşta ki uç gerilimini hasil etmek için gerekli akı ile rotor ve stator kaçaklarına tekabül eden kaçak akının geometrik toplamına eşit olup bir elektromotor kuvvete tekabül eder. (Şekil - 4)

$$\vec{E} = \vec{U} + X\vec{I}$$

X = Makinanın transituvar reaktansı. Elektromotor kuvvete tekabül eden E¹ vektörü büyüklük itibarı ile sabit kalmakla beraber husule gelen açısâl pülzasyonlar akım değişimleri hasil eder. Şayet akım ve gerilim değişimleri belirli sınırları aşarsa aynı şebekeye bağlı diğer cihazların çalışmasında bazı mahzurlar doğar.



Şekil 5 — Bir senkron motorun cos (p = 1 halinde salınımlı çalışma diyagramı

Şebekelerde ancak belirli bir sınıra kadar akım ve gerilim değişimlerine müsaade edilir. Umumiyetle kuvvetli şebekelerde periyodik akım değişimleri sınırı % 66 yi geçmez. Ancak şebeke zayıfsa bu sınır % 40 ve bazı hallerde % 20 ye kadar düşer.

Bu değerlere tekabül eden açısâl sapma değerleri :

Pratikte nominal yükte (XI) gerilim düşümü kıymeti Cos 0 = 1 civarında uç geriliminin % 25 ile 30 u kadar olur.

Aşağıda yüzde akım değişimlerine göre takribî açısâl sapma sınır değerleri verilmiştir. Bu şartlar altında a açısı 15 — 18" arasında değişir.

$$\begin{aligned} I = \% 60 \text{ için } \alpha &= 10 - 12^\circ \\ &= \% 40 \text{ için } \alpha = 6 - 7^\circ \\ &= \% 20 \text{ için } \alpha = 3 - 3,5^\circ \end{aligned}$$

kabul edilen akım değişimleri için hesaplanan açısâl sapmalar umumiyetle yukarıda verilen değerler civarında olur.

c) Sayısal örnekler :

I — Dik, altı katlı üç manivelâlî bir gaz kompresörüne ait muharrik senkron motorda :

Takat N = 2730 PS.

Devir adedi n = J87. d/d.

Savurma momentî = PD² = DQlte²ⁿ²

Muharrik moment diyagramından hesaplanan muhtelif harmonik değerleri.

$$\begin{aligned} C_1 &= 0,415 & C_n &= 4400 \text{ Kgm.} \\ C_2 &= 0,19 & C_n &= 2000 \text{ Kgm.} \\ C_3 &= 0,19 & C_n &= 2000 \text{ Kgm.} \end{aligned}$$

olduğuna göre düzensizlik katsayısının ve açılma . yürümünün hesabı :

$$f_i = \frac{n}{60} = \frac{187}{60} = 3,12 \text{ P/sec.}$$

$$O I = 2 T f_i = 2 \cdot 7 \times 3,12 = 19,6 \text{ rad/sec.}$$

Bir iki ve üçüncü harmoniklere tekabül eden düzensizlik katsayıları :

$$S_1 = \frac{2 d}{m^2} = \frac{2 \times 4400}{\frac{90000}{4 \times 9,81} \times (19,6)^2} = 0,01$$

$$\delta_2 = \frac{2C_2}{2 \times m^2} = \frac{2 \times 2000}{\frac{90000}{4 \times 9,81} \times 2 \times (19,6)^2} = 0,00227$$

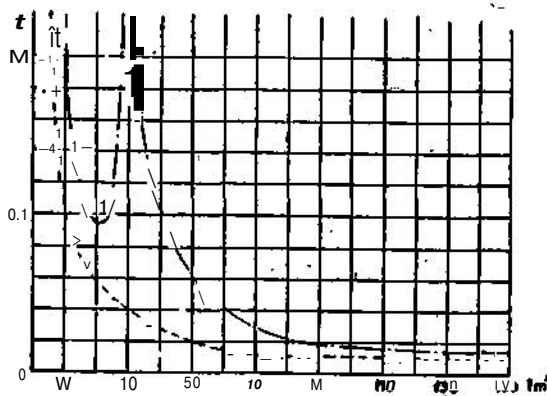
$$\delta_3 = \frac{2C_3}{3 \times I \Omega^2} = \frac{2 \times 2000}{\frac{90000}{4 \times 9,81} \times 3 \times (19,6)^2} = 0,00151$$

$$O_1 = \frac{\delta_1}{2h} \cdot p \times 57,3 = \frac{0,01}{2} \times 16 \times 57,3 = 4,58^\circ \text{ (elektrik)}$$

$$V = \frac{S^*}{2h} \cdot p \times 57,3 = \frac{0,00227}{2 \times 2} \times 16 \times 57,3 = 0,52^\circ \text{ (elektrik)}$$

$$O_3 = \frac{S_3}{2h} \cdot p \cdot 57,3 = \frac{0,00151}{2 \times 3} \times 16 \times 57,3 = 0,23^\circ \text{ (elektrik)}$$

görülmüyor ki ancak birinci harmonige tekabül eden değerlerin önemi vardır. İkinci harmonik toplam değerleri aslında sıfırdır.



Şekil : 6 — Senkron motora ait düzensizlik katsayısının rotor savurma momentine göre değişimi :
N = 2730 PS
n = 187 d/d.

Kesik çizgi : Sabit momentli haiz motor tarafından tahrik.

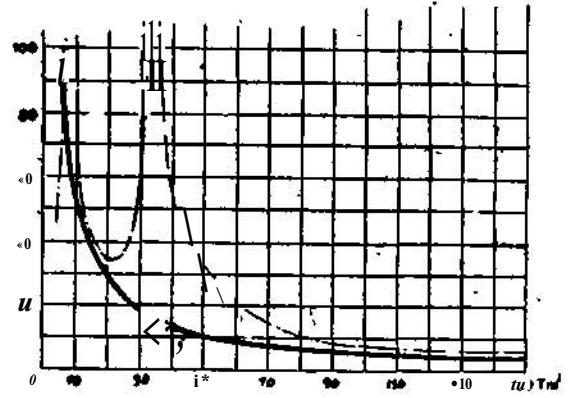
Noktalı kesik çizgi : Senkron motor tarafından tahrik.

Binaenaleyh,

$$\delta = S_1 + 8s = 0,011 + 0,00151 = 0,01151$$

$$\frac{1}{87''}$$

$$\theta = O_1 + O_3 = 4,58 + 0,23 = 4,81^\circ \text{ (elektrik)}$$



Şekil : 7 — Senkron motora ait açılma ayrılma değerinin rotor savurma momentine göre değişimi
N = 2730 PS.
n = 187 d/d.

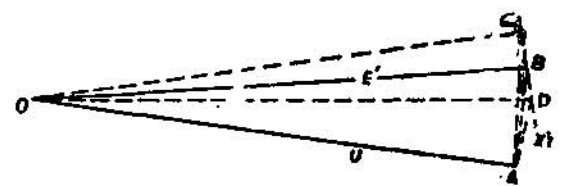
Dolu çizgi : Sabit momentli haiz motor tarafından tahrik.

Kesik çizgi : Senkron motor tarafından tahrik

Amplifikasyon katsayısı

$$\beta_1 = \frac{1}{1 - \left(\frac{O_0}{hfl}\right)^2} = \frac{1}{1 - \left(\frac{1,9}{3 \times 3,12}\right)^2} = 1,59$$

$$\beta_3 = \frac{1}{1 - \left(\frac{1,9}{3 \times 3,12}\right)^2} = 1,045$$



Şekil : 8 — Senkron motor çalışma diyagramı.
N = 2730 PS.
n = 188 d/d.

Buna göre düzensizlik katsayısı ve açılma ayrılma •

$$\delta = S_1 / \beta_1 + S_3 / \beta_3 = 0,01 \times 1,59 + 0,00151 \times 1,045 = 0,0159 + 0,00158 = 0,01748 \approx 1/57$$

$$\theta = O_1 \beta_1 + O_3 \beta_3 = 4,58 \times 1,59 + 0,23 \times 1,045 = 7,3 + 0,24 = 7,54^\circ \text{ bulunur.}$$

Nominal yükte ve Cos $\phi = 1$ iken $X^1 1$; % 28,8 olduğuna göre,

Şekil 8 den yüzde akım değişimi,

$$\frac{i_n}{I} = \frac{AO - AD}{AB} = \frac{29;0 - 15,5}{22.0} = 6,1,5 \% \text{ bulunur.}$$

IV — PİSTONLU BİR KOMPRESÖRÜN, ASENKRON MOTORLA TAHRİKİ :

Normal çalışmada motor momenti kayma ile orantılıdır. Bu durumda rotorun hareket denklemini

$$I \times \frac{d^2 \theta}{dt^2} + C \frac{d\theta}{dt} = C \sin h n t$$

Buradan klâsik diferansiyel denklem çözme metotları ile açısıl ayrılma değeri,

$$0 h = -\frac{C_h}{h^2 O^2 I} \times \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{C_a}{h \Omega I}\right)^2 + 1}} \text{ ve}$$

Düzensizlik katsayısı değeri de

$$\beta = \frac{2 C_h}{h \Omega I} \times \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{C_a}{h \Omega I}\right)^2 + 1}} \text{ bulunur.}$$

Görülüyor ki bir kompresörün asenkron motorla tahrikinde düzensizlik katsayısı ve ayrılma açısı değeri daima küçülür.

Redüksiyon katsayısı :

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{C_a}{h \Omega I}\right)^2 + 1}} \text{ dir.}$$

Buradan düzensizlik ve açısıl ayrılmanın küçük olması için nominal yükte kaymanın küçük (C_a büyük), osilasyon frekansının ve rotor atalet momentinin küçük olması gerektiği görülür.

Düzensizlik:

Bir asenkron motorun senkron hız civarında çekeceği akım kaymaya tabidir.

$$i = k g = k \frac{1}{\Omega_s}, \text{ burada}$$

O_s = Senkron hız.

i = Rotor dönme hızı.

Düzensizlik katsayısı :

$$S = \frac{w_{max} - w_{min}}{\Omega}$$

$$w_{max} = O \left(1 + \frac{\delta}{2} \right)$$

$$w_{min} = O \left(1 - \frac{\delta}{2} \right)$$

kaymanın ekstrem değerleri :

$$q_{min} = \frac{n - n_s (1 - \beta)}{\Omega_s} = q_{ort} - \frac{\delta \Omega}{2 O_s}$$

$$= q_{ort} - \frac{\delta}{2}$$

$$q_{max} = \frac{n_s - n (1 - \beta)}{O_s} = q_{ort} + \frac{\delta}{2}$$

$$i_{max} = k (q_{ort} + \frac{\delta}{2})$$

$$i_{min} = k (q_{ort} - \frac{\delta}{2})$$

buna göre :

$$\frac{i_{max} - i_{min}}{i_{ort}} = \frac{\delta}{q_{ort}} \text{ Buradan}$$

düzensizlik katsayısı olarak,

$$\delta = q_{ort} \frac{i_{max} - i_{min}}{i_{ort}} \text{ bulunur.}$$

Pratikte düşük hızlarda çalışan asenkron motorlarda normal yükte kayma % 3 civarındadır.

Buna göre akım değişimi $\frac{i_{max} - i_{min}}{i_{ort}} = \% 6,6$

% 40 ve % 20 kabul edildiği takdirde düzensizlik katsayıları sırası ile;

$$0,02 = \frac{1}{50}$$

$$0,012 = \frac{1}{83}$$

$$0,006 = \frac{1}{166} \text{ bulunur.}$$

İntezamsızlık nispetleri bu değerler civarında verildiği takdirde hakiki akım osilasyonları daire diyagramından bulunur.

Örnek:

Bir asenkron motorla tahrik edilen pistonlu kompresörde motor takatı :

$$N = 650 \text{ PS, devir adedi } n = 187 \text{ d/d.}$$

Rotor savurma momenti : 20 Mm² ve moment eğrisi armonikleri :

$$C_1 = 0$$

$$C_2 = \% 46 C_o = 925 \text{ kgm.}$$

$$C_3 = \% 15 C_n = 300 \text{ Kgm. veriliyor.}$$

$$O = 2 \text{ ir. } \frac{n}{60} = 2 \text{ H} \times \frac{187}{60} = 19,6 \text{ rad/sac.}$$

ve deney neticesinde 381 Kw. için % 2,5 kayma bulunuyor.

Buna tekabül eden moment :

$C_n = 2000$ kgm. olduğuna göre

$t_o, - o, = 0,025 \times 19,6 = 0,49$

$$C_n = \frac{2000}{0,49} = 4080 \text{ Kgm.}$$

Kompresörün sabit momentle tahrik edildiği kabul edildiğine göre,

$$\theta_2 = \frac{925}{4 \times 19,6^2 \times 5,10} \times 16 \times 57,3 = 1,08^\circ \quad ((\text{elektrik}))$$

$$\theta = \frac{925}{2 \times 19,6^2 \times 510} = 0,0047$$

Redüksiyon katsayısı :

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{4080}{2 \times 19,6 \times 510}\right)^2 + 1}} = 0,98$$

$$AI = \frac{i_{\max} - i_{\min}}{i_{\text{ort}}} = \frac{0,0047 \times 0,98}{0,025} = 0,185$$

Burada asenkron momentin düzensizliği ve açılmalara etkisinin çok küçük olduğu kolaylıkla görülür.

Buna mukabil şebekeden çekilen akımın değişme nispetinin normal yükte kaymanın küçük olduğu nispette büyüdüğü görülür.

Yeni Yayınlarımız:

Kuvvetli Akım Elektrik
Dağıtım Tesisatının Bakım,
İşletme ve Tesisine Dair
T a l i m a t n a m e

Elektrik İç Tesisat
Yönetmeliği
ve
Fennî Şartnamesi

BUNLARI ODAMIZDAN TEMİN EDEBİLİRSİNİZ.

Elektrik Şebekelerinde Puant Yüklerin Karşılanması

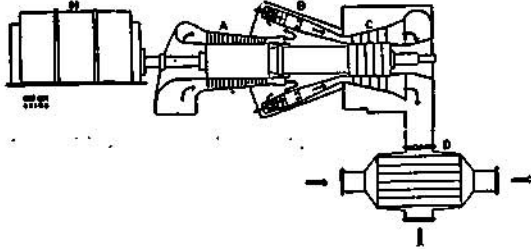
Ayhan ERKAN

Y. Müh.

(E. E. İ. M.)

(84. sayıdan devam)

— Türbin çıkışına, yani çevrim dışına bir reküperatör yerleştirmek (Şekil: 7) suretiyle yapılmaktadır.



Şekil: 7 — Türbin çıkışında reküperasyonlu açık çevrimli türbin

- A — Kompresör
- B — Yanma odası
- C — Türbin
- D — Isı reküperatörü
- M — Generatör

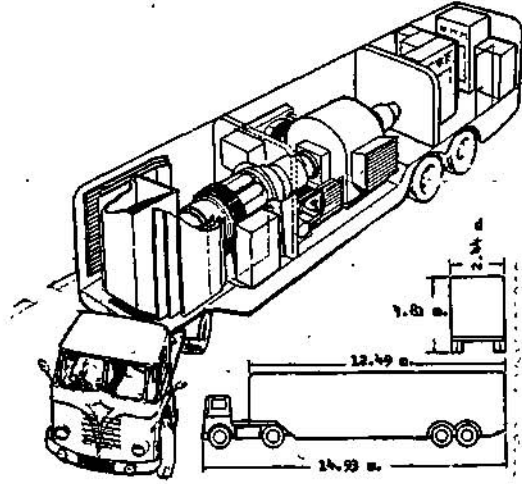
Açık çevrimli türbinlerin, kWh bedeli en modern buharlı ünitelerin kWh bedelinin takriben %100'ü miktardır. Ömürleri ise bu gruplarla aynı mertebededir.

Basit çevrimli türbinlerin, kamyon veya vagon üzerinde muharrir tipleri de vardır. (Şekil: 8 ve Şekil: 9) Bunlar 10-15 MW'a kadar imâl edilmekte olup mevsimlik puantların karşılanması veya sistemin bir noktasındaki ani bir takat ihtiyacına cevap verebilmek maksadıyla kullanılmaktadır. Bu tarz bir grup, ihtiyaca göre sistemin muhtelif noktalarına nakledilebilmektedir.

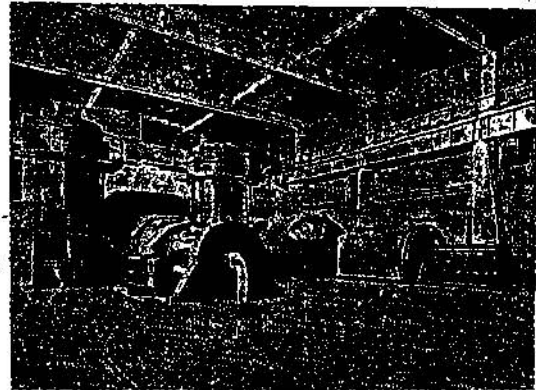
Açık çevrimli gaz türbinleri, kazan olmaması veya az sayıda yardımcıya ihtiyaç göstermesi bakımından, aynı takatta buharlı ünitelere nazaran çok daha az yer kaplarlar. (Şekil: 10)

- b) Gaz üreteçleri ile kombine gaz türbinleri:
Bu grup türbinler, havanın kompresyonu ve

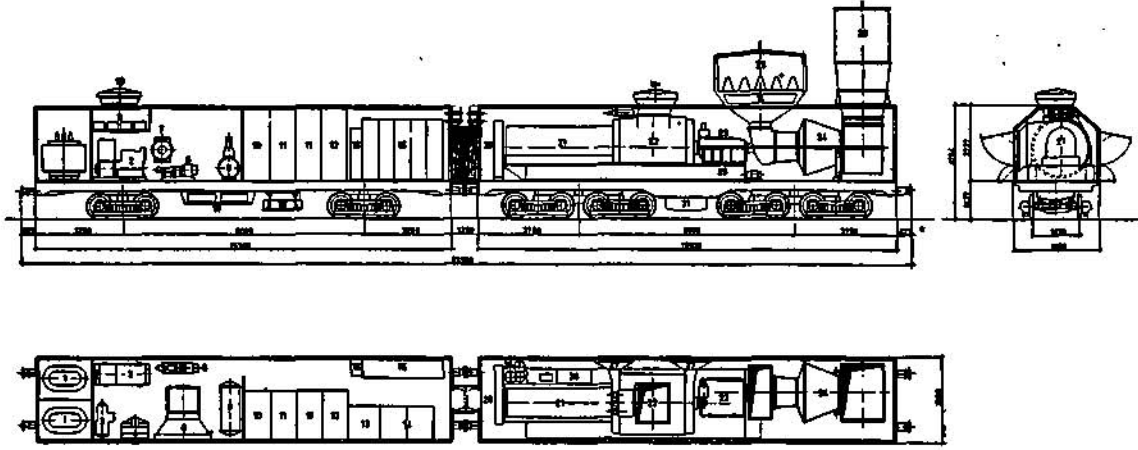
kombüstyonu için, ya tayyare turboreaktörleri veya Diesel çevrimi kullanan serbest pistonlu ünitelerle beraber kullanılmaktadırlar.



Şekil: 9 — Kamyon üzerinde muharrir 3000 kW'lık gaz türbini - generatör grubu



Şekil: 10 — 40 MW'lık açık çevrimli gaz türbini - generatör grubu



Şekil : 8 — Vagon üzerinde muharrik 6400 kW hk gaz türbini - generator grubu

Bu şekilde;
I — Türboreaktörlerle kombine gaz türbinleri
n — Serbest pistonlu makina ile kombine gaz türbini
olmak üzere iki tip tesis edilmektedir.

Bu tip üreticilerle bileşik gaz türbinlerinin takati, açık çevrimli tiplere nazaran üç misli büyüktür. Ayrıca giriş sıcaklığının düşük olması, randımanı düşürmeden türbinin çok daha basit olarak imalatına imkân verir. Ancak tesis masrafı açık çevrimli gaz türbinlerine nazaran yüksektir.

Bu tiplerin önemli bir avantajı da büyük bir gaz türbinin ünite takati küçük, çok sayıda gaz üretici ile beraber kullanılabilmesidir. Bu şekilde herhangi bir arızada grubun gücü, yalnız bu gaz üreticinin ünite takati nisbetinde azalmakta, grubun takatinin tamamı kaybolmamaktadır. Türbinin bizzat kendisinin arıza yapma ihtimali de; düşük sıcaklıkta basit bir makine olması bakımından çok azdır.

Bu mülâhaza ile İngiltere'de, Generating Board, 35 000 KW takatde herbiri 4 uçak turboreaktörü ile beslenen iki gaz türbini tesis etmiştir.

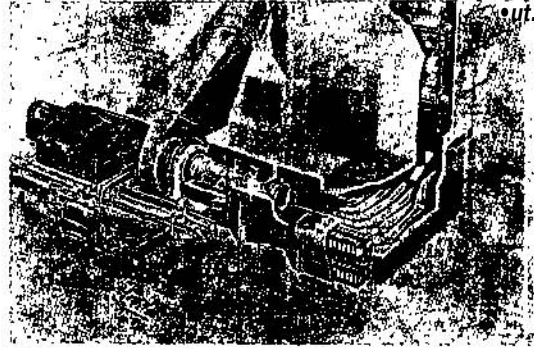
Ayrıca 1963 - 64 devresinde bu tarz toplam 885 MW. tesis edilecektir. Amerika Birleşik Devletlerinde 105 000 KW. lık bir grup 10 turboreaktör ile beslenmektedir.

Bu santraller umumiyetle uzaktan kumandalıdır.

Ekonomik bakımdan bu iki teknik birbirinden esaslı şekilde ayrılmaktadır.

Uçak turboreaktörleri ile beslenen gaz türbinlerinin, randımanı düşüktür, yakıt kalitesinin iyi olması mecburiyeti vardır, ayrıca bir kaç bin saat

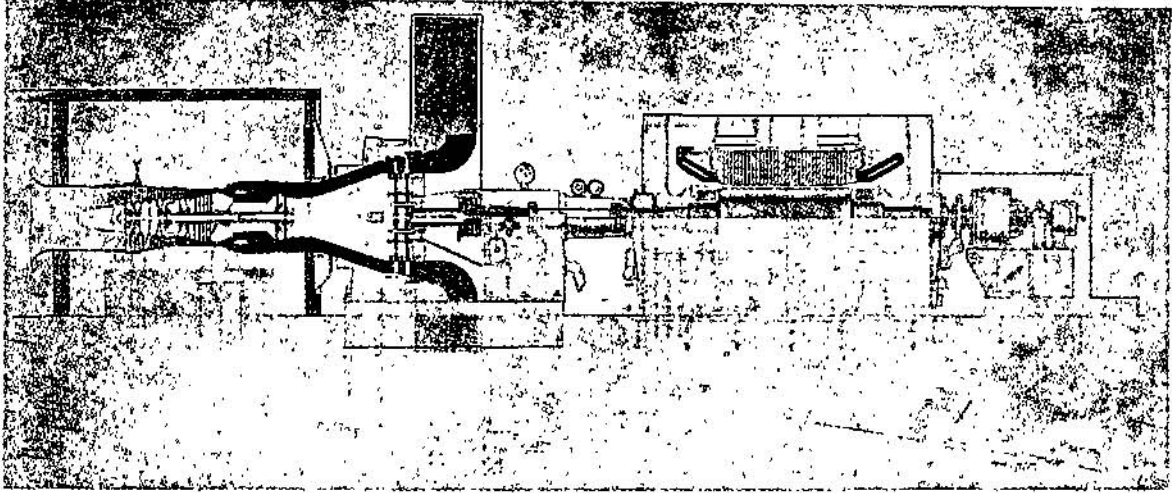
işletmeden sonra turboreaktörlerin değiştirilmesi (oldukça kolay bir ameliye) gerekir. Bu bakımdan kWh başına marjinal maliyet yüksektir. Buna mukabil ilk tesis masrafları çok düşüktür. (Şekil: 11 ve 12)



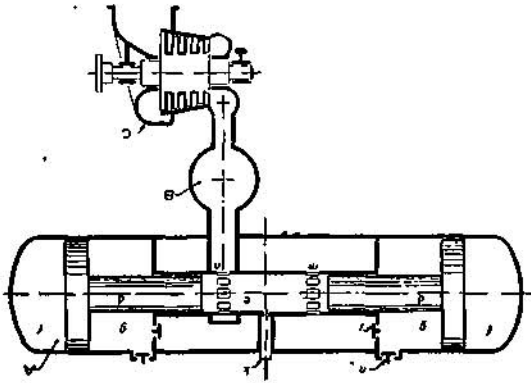
Şekil : 11 — Turboreaktörle birleşik İS MV7 hk gaz türbininin görünüşü

Serbest pistonlu makinalar ile beslenen gaz türbinlerinin ise, ilk tesis masrafları yüksektir, fakat Diesel çevrimi dolayısıyla, çok iyi bir randımana sahiptirler. Ağır yakıtı kolayca yakabilirler ve değişken masraflar tutarı, büyük buhar gruplarınınkini geçmez. (Şekil: 13 ve 14)

Görüldüğü üzere müstehliklerin devamlı artan talebine en uygun şekilde cevap verebilmek için buharlı tesislerle beraber kullanılacak muhtelif karakterde, gaz türbini tipi bulunmaktadır. Ancak gaz türbinlerinin rantabilitesinin durumlara göre çok farklı neticeler verebileceğini de gözönünden uzak tutmamak lâzımdır. Önemli olan bir husus da yüksek fuel bedeli dolayısıyla bu tarz grupların senelik yük faktörünün % 5 ilâ % 15 i geçmemesi konusudur. Bu şekilde düşük yük faktörleri halinde yakıt bedelinin tesiri az olmakta, fakat bu değerlerin üzerinde bu teşir süratle art-

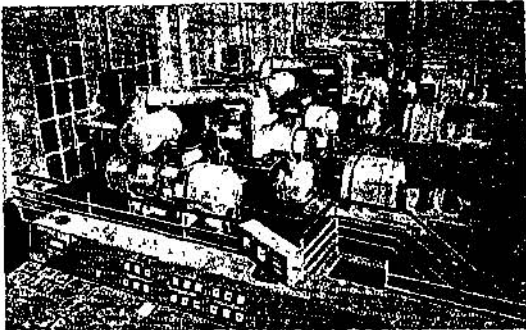


Şekil 12 — Turboreaktörle birleşik 15 MW lık gaz türbininin kesiti



Şekil : 13 — Serbest pistonlu makina ile birleşik gaz türbini prensip şeması

- A — Gaz üretici
- B — Gaz kolektörü
- C — Türbin
- d — Pistonlar
- e — Diesel silindiri
- t — Amortissör silindirleri
- g — Kompresör silindirleri
- h — Emme valvleri
- i — Tevsî valvleri
- fc — Enjektörler
- m — Dışarı atma



Şekil 14 — Serbest pistonlu makina ile birleşik gaz türbinleri grubu

makta ve yüksek randımanlı büyük baz takat ünitelerine karşı önemli bir dezavantaj ortaya çıkmaktadır.

Gaz türbinleri sayesinde çok hızlı son inkişaf bu grupların enerji istihsalı sahasında önemli yer kazanacağını göstermektedir.

8 — DIESEL MAKİNALARI

Puant yüklerin karşılanmasında konvansiyonel Diesel makinalarının kullanılması bir hayli geriye gitmektedir. Bu makinalarla bu mevzuda tekrar alâkalanma yeni inkişaflarla düşük maliyetlere ulaşılabilmiş olması, otomatik işletme ve tesis kolaylığının sağlanmış olmasıdır.

Diesel üniteleri umumiyetle 2500 KWA kadar imâl edilmekte olup, müteaddit sayıda ünite bir araya getirilerek gerekli kapasite elde edilmektedir.

Yeni üniteler monte edilmiş şekilde nakledilebilecek tarzda olup, ayrı bir kontrol kabini ile beraber, hariçde ve herhangi önemli bir temel hafriyatı icap ettirmeden tesis edilebilmektedirler.

Ünitelerin icap ettirdiği soğutma suyu miktarının cüz'î olması sebebiyle, tesis yeri bakımından bir problem arzmemekte gürültü ve duman konulan da halledilemeyecek ciddi bir problem teşkil etmemektedir.

Tesis maliyeti, 100 Dolar/KW civarındadır. Tesis süresi ise çok kısadır. Ayrıca yük noktaları civarına tesis edilebildiklerinden enerji nakil masrafları bakımından tasarruf sağlarlar.

Bu grupların en önemli bir avantajı da soğuk durumdan tam yüke 60 ilâ 90 saniyede çıkabilmeleridir. Bu bakımdan Diesel grupları işletmede yedek durumu bakımından da büyük bir elastikiyet temin ederler.

Diğer taraftan yük noktaları civarına tesis edilecek enerji nakil tesislerinden tasarruf temin ederler ve ayrıca enerji nakil kayıplarını azaltırlar. Bu grupların mahzuru, kapasite bakımından mahdut olmalarıdır.

Diesel gruplarının yeni bir tatbikatı da kolayca nakledilmeleri bakımından, bir senenin muhtelif devrelerinde sistemin icap ettirdiği yerlere nakledilerek kullanılmalıdır.

9 — BASINÇLI HAVA İLE ÇALIŞAN TÜRBİNLER:

Bu şekil bilhassa küçük yük faktörü hallerinde kullanılmaktadır.

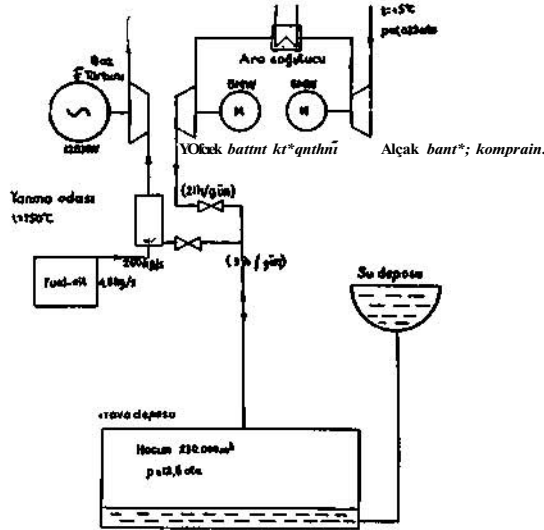
Puant saatleri haricinde bir kompresör umumiyetle bir yer altı rezervuarına hava basmada, puant saatlerinde bu basınçlı hava bir türbinin tahriki için kullanılmaktadır.

Meselâ böyle tertipde, 11 MW. lık bir kompresör günde 21 saat çalışarak 230 000 M3. lük bir depoya bastığı hava ile 125 MW. lık bir türbin günde 3 saat çalıştırılmaktadır. (Şekil: 15)

PUANT YÜKÜ EZME METODLARI :

Bir yandan puant yükleri karşılamak için, karakteristikleri bu maksada uygun yeni üniteler devreye alınırken bir yandan da, puantı ezmek için, bazısı devamlı, bazısı ise yılın kritik periodlarında veya sıkışık durumlarda tatbik edilen muhtelif metodlar kullanılmaktadır.

Bu metodları umumi olarak iki grupta toplamak mümkündür.



Şekil : 15 — Basınçlı hava ile çalışan türbin

I — Yükün puant saatleri haricine yayılmasını temin eden ve yük faktörünü düzelten metodlar.

n — Kritik periodlarda veya puant anlarında yükün ezilmesi veya yükün atılması metodları.

Yükün puant saatleri haricine yayılmasını temin eden metodlar şu şekilde toplanabilir:

— Müşterilerin yük durumunun ayarları:

Bilhassa sanayi müşterilerinin yük durumları, hususi mukaveleler ve tarife hükümleriyle ayarlanmakta ve bu şekilde müşterilerin puant saatlerinde çektiği takati ezme imkânı olabilmektedir.

Bu sahada tarife tatbikatı, tarifelerde puant saati enerjisinin pahalı tutulması veya puant saatinde çektiği takati azaltan müşterilere bir avantaj tanınması şeklinde olmaktadır.

Tarifelerde puantı ezen müşterilere tanınan avantaj ve tenzilâtlar, bu tarz sanayi müşterilerinin, meselâ değirmen, konkasör gibi teçhizatla sürekli olmasını, ara depo, bunker ve klinger tesisleri kurmalarını rantabl gösterecek şekildedir.

Bu husus müşterilerin lehine olduğu kadar, yatırımları ileri kaydırabilme imkânı temin etmek bakımından, elektrik Müesseselerinin de lehine olmakta, milli ekonomi bakımından da rantabilite ve yatırımların en optimum dağılımını temin bakımından büyük avantajlar temin edilebilmektedir.

Bu mevzuda tercihin:

— Puantı karşılayabilmek için enerji istihsal yatırımları ile, %

— Müşteri nezdinde stok, depo, değirmen gibi sahalarda sürekipman dolayısıyla yatırım,

Arasında yapılması gerekmektedir.

Puant esnasında takatim ezilebilen sanayi meydanında çimento, kâğıt, kimya sanayileri, elektrikli fırın kullanan tesisler sayılabilir.

— Akkümülyasyonlu ısıtma:

Yükü dağıtmanın bir yolu da, meskenlerde elektrikle teshin ve kullanma suyu ısıtmasını gece ve boş saat enerjisiyle temin etmektir. Bu enerji ile ısıtılan su, günün diğer saatlerinde kullanılmakta ve ısıtma için gece saatleri haricinde enerji çekilmemektedir. Bu tarz'akkümülyasyonlu ısıtma enerjinin ucuz olması bakımından müstehlikin lehine olduğu kadar, gündüz yükünü azalttığı ve yük faktörünün düzelttiği için elektrik müessesesinin de lehine olmaktadır. Bu ısıtma yükünün kontrol ve sayaç kadrantlarının değiştirilmesi saat tertibatı ile veya müttekâmil sistemlerde dispeçing merkezlerinden itibaren uzakdan kumanda ile yapılmaktadır.

— İleri saat rejimi:

