

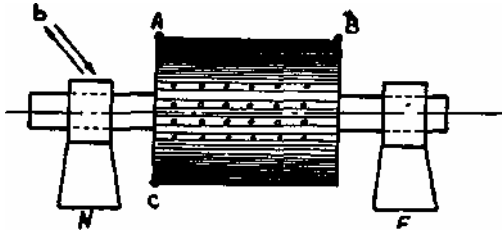
Rotorların Dinamik Dengesi

Selçuk AYGIL
Yük. Müh.-LT.Ü.

Elektrik makine veya buhar türbin rotorlarının dinamik dengesi öteden beri halli gereken bir problem olmuştur. Bilhassa yüksek hızda (meselâ 3000 d/dak) dönen rotorlarda mekanik dengesizlik istenmeyen bazı kötü neticelere yol açmaktadır. Bunlar da başlıca, yatakların zorlanması dolayısıyla kısa zamanda vazifesini iyi yapamaz hâle gelmesi ve makinede vukubulabilecek aşırı sürat neticesinde rotorun parçalanma tehlikesidir. Aslında aşırı sürat neticesinde rotordan bir parça fırlama tehlikesi ihtimali çok azdır, fakat küçük ihtimâl ile de olsa böyle bir olayın vukuu gerek mal ve gerekse can için çok tehlikeli sonuçlar verir. Bir fikir vermek üzere, yüksek güç ve hızdaki bir makineye ait rotorun parçalanması esnasında (rotorun beher metresi başına 48x10" kgr x m/m ye tekabül eden bir enerjinin açığa çıktığını zikredebiliriz.

Yataklardaki titreşim yalnız mekanik dengesizlikten dolayı husule gelmez. Buna istikamet kaçıklıkları, yataklardaki ovallık, fazla yatak toleransları, zemine gevşek tesbit edilmiş yataklar, yatak yağ sistemindeki intizamsızlıklar ve magnetik dengesizlikler de sebebiyet verirler. Mamafih bu mahzurlar tesirli bir şekilde önlenemez ve gene de mekanik dengesizlik ana problem olarak tezahür eder.

Mekanik dengesizlikler genel olarak şu iki hâlde mevzubahis olur. Yahut karışık dengesizlikler şu iki hâlin kombinesi şeklinde bulunurlar.



Dengesizliği rotor üzerinde (Şekil: 1) bir noktaya ile temsil edersek;

(1). Statik hâl: Rotordaki dengesiz noktalar aynı taraftadır. (Şekilde A ve B noktaları).



H

(2). Kupl hâli: Rotordaki dengesiz noktalar aksi taraflardadır. (Şekilde B ve C noktaları).



Böyle dengesizlikler veya kombine şekilleri herbir yatağa bir titreşime sebebiyet verirler. Bu titreşimin birbirine dik üç bileşeni vardır.

a — Düşey

b — Yatay (Yatak noktalarında şaft eksenine dik)

c — Yatay (şaft eksenine istikametinde)

Bu titreşimlerden (a) ve (c) şıklarında zikre edilen bileşenlerin pratik bir ehemmiyeti yoktur ve tesirleri ekseriya ihmâl edilirler. En ehemmiyetli durum arzeden şekil, (b) şıkında zikredilen durumdur. Bu durum şekil: 1 de N yatağında b oje ile temsil edilmiştir.

Şimdi, mekanik dengesizliğin nasıl tayin edilmesine ve bu dengesizliğin uygun limitler dahilinde nasıl giderildiğine temas edelim. Bu mevzuya girmeden önce şu iki hususa işaret edelim:

1 — Rotorların imâli esnasında iki kanal arasındaki yüzeye rotor boyunca muhtelif yerlerde vida delikleri açılır. Rotorun bütün çevresinde böyle vida delikleri bulunur. (Şekil 1 de yalnız üç kanal ve iki aralık çizilmek suretiyle bu hususa işaret olunmuştur Vida deliklerinin derinliği ve çapı, tabiatıyla, rotorun büyüklüğüne tabidir. Bu vida yerleri için başsız vidalar iki tip olarak hazırlanır. Birisi rotor cinsinden çelik vida ve diğeri alüminyum vida. Bu vidalar başsız olduklarından çevre seviyesine kadar vidalanabilir. Dengeleme ameliyesi esnasında gereken yerlere çelik, diğer yerlere alüminyum vida vidalanır. Fakat hiç bir vida yuvasının boş kalmamasına, —alüminyum vida ile doldurulmasına—, dikkat edilir. Denge işleminin tamamlanmasını müteakip bütün vidalar noktalanmak suretiyle çözülmesinin önüne geçilir.

2 — Aşağıda A paragrafında verilen ilk cihaz takriben 1050 senelerine kadar kullanılan cihazdır. Sonradan inkişaf ettirilen ve B paragrafında

temas edilen elektronik bir cihaz, ilkinin yerini almıştır.

Fakat her iki hâlde de dengeleme prensipleri ve dengeleme için gerekli ölçülerin cinsleri değişmemektedir. Bundan ötürü, meselenin daha yakinen tanınabilmesi gayesiyle bir kademe olarak ilk şekilden başlanmıştır.

A — Basit tip dengeleme cihazı :

I. Kullanılan aletler:

(1) — Beher yatak için bir tane olmak üzere iki adet titreşim elemanı. Bunların vazifesi, titreşimin sür'atine bağlı küçük bir akım üretmektir.

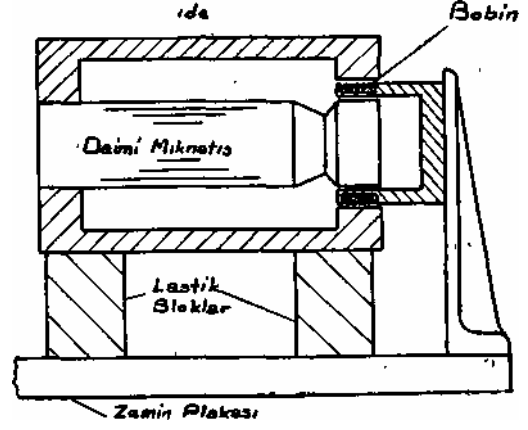
(2) — Rotor shaftı ucuna tesbit edilen bir kontak tertibi. Vazifesi, bir nevi ayarlanabilen redre sor işini görmektir.

(3) — Bir D.C. Mikro - Ampermetresi. Vazifesi, titreşime bağlı olarak üreyen redrese edilmiş akımları ölçmektir.

(1) Titreşim Elemanı:

Bu şekil: 3 de gösterilmiştir. Daimi bir mıknatıs, çelik bir gövdeye tesbit edilmiştir. Bu şekilde ağır bir kütle teşkil eden bu tertip, yumuşak lastik bloklar vasıtasıyla zemin plâkasına oturtulmuştur. Gene şekil. 3 de görüldüğü gibi, mıknatıs ve gövde, dairesel bir hava aralığı teşkil eder. Bir bobin bu hava aralığında bulunmaktadır. Bu sonuncusu rijid olarak zemin plâkasına tesbit edilmiştir.

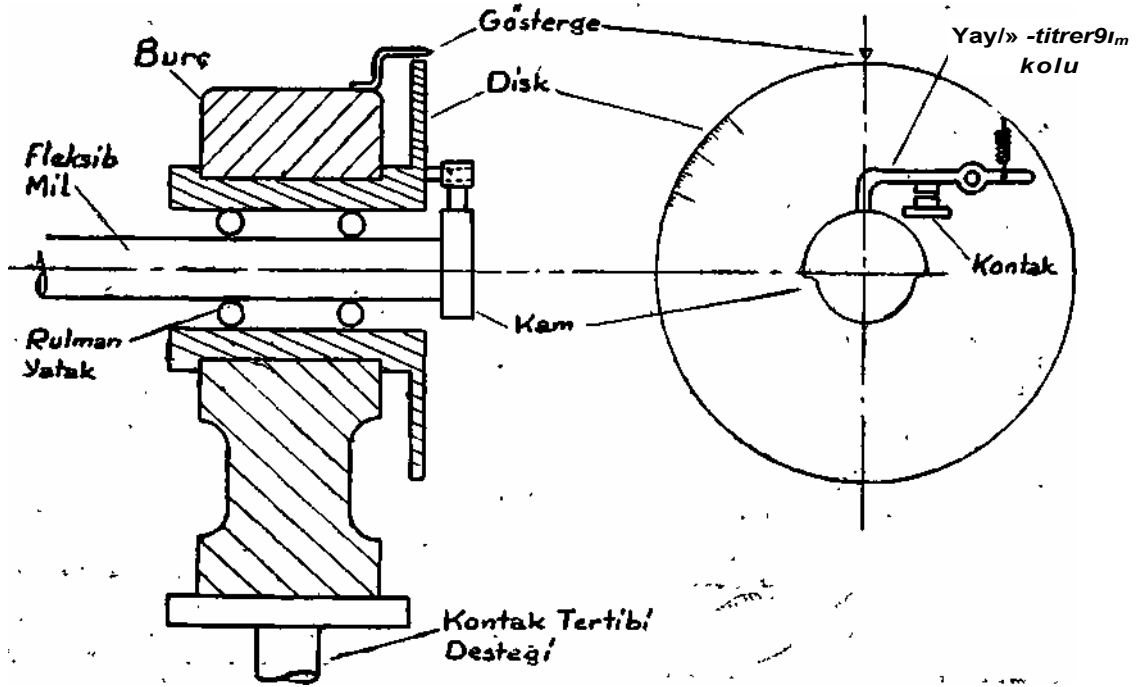
Zemin plâkası makine yataklarına normal olarak yatay vaziyette sıkıca tesbit edilir. Yukarıda tarif edilen şekilde teşkil edilen mıknatıs ve gövde tertibinin tabii frekansı 2 c/s civarındadır. Bundan dolayı dengelenecek herhangi bir makine, 300 d/dak. dan fazla bir devirle döndüğü zaman, mıknatıs tertibi uzayda hareketsiz kalır. Buna mukabil makine yatağına rijid olarak tesbit edilmiş olan



bobin sabit magnetik alan içinde titreşim yapar. Bundan dolayı bobinde titreşimin hızına bağlı bir gerilim endüklenir.

(2) — Kontak Tertibi:

Prensibi, Şekil. 4 de verilmektedir. 180° lik yarı çevrede diğer yan çevreye nazaran daha düşük



çapı olan dairesel kâm, dengelenen rotorun ucuna fleksibl bir mil ile tespit edilir. Diskin üzerinde bir gift kontak ve yaylı bir titreşim kolu vardır ki, bu kolun bir ucu kam üzerindedir. Disk, bu tertibata ait yatak içine sıkıca oturtulmuş bir burcun devamıdır, ve el ile zorlukla döndürülebilecek durumdadır. Disk burcu ile fleksibl şaft arasında rulman yatağı mevcuttur;

(3) — Elektrik! irtibatlar :

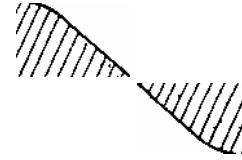
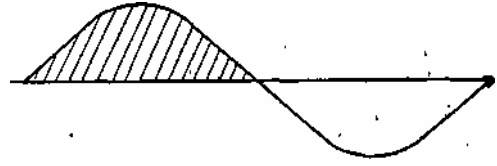
Kontaklar, titreşim bobini, mikro - ampermetre ve muhtelif dirençler seri olarak bağlanır. Ayrıca akımın yönünü değiştiren bir şalterde devreye ithal edilir.

II — İşletme Tam :

Şekil: 5 a, titreşim bobininde sinüs biçiminde bir akımın ürettiğine işaret etmektedir, teçi taraflı kısımlar, kontaklar yalnız 180° için kapalı iken ölçü aletinin gösterdiği akımlardır. Diski çevirmekle taraflı kısımların pozisyonu arzuya göre ayar edilebilir. Şekil. 5 b, ölçü aletindeki maksimum okumaya tekabül eder ve bu, titreşimin büyüklüğü veya Amplitüdü olarak bilinir. Diski bu pozisyonundan 90° çevirirsek, şekU. 5 c de işaret edilen sıfır okuma değeri elde edilir. Zira burada pozitif ve negatif akımlar nötralize olur. Burada şu husus kolaylıkla taktir edilebilir: Tam bu pozisyonda ölçü aletinin sapması, diskın açısız pozisyonuna tabi olarak, en hassastır. Ölçü aletinde en hassas okumaya tekabül eden bu pozisyon «Açı» olarak adlandırılır. (Dengeleme usullerinde bahis konusu edilecektir.) Disk 360° ye taksimatlandırılmıştır ve açı buradan okunur. Bu maksad için bir gösterge mevcuttur. Ölçü aletinde sıfır okuma için' iki pozisyon mevcuttur ve bunlar arasında 180° lik bir açı vardır. Bunlardan birisi tercih edilir. Aşağıda verilen usûl, rotor normal hızla dönerken, ka- -bul edilen şekildir:

Ölçü aletinde maksimum değer okumak üzere disk çevrilir. Bu değer kaydedilir ve disk saat ibrelerinin aksi istikametinde, ölçü aletinde sıfır okununcaya kadar döndürülür.» Bu zaman gösterge karşılığında okunan değer «Açı» olarak alınır.

Mikro • ampermetre aksetme şalteri, kontak tertibinin küple edildiği uca kıyasen adlandırılan «Yakın» ve «Uzak» uç ölçmelerinde ters yöndeki sapmaların okunmasını mümkün kılar.



III. Dengeleme usûlleri:

Amplitüd ve açı ölçülmesinin, dengesiz noktanın hakiki miktar ve pozisyonu bakımından 'hiç bir manası yoktur. Asıl bu husus, elde edilen ölçü neticelerinin Şekil. 6 daki gibi 'bir dairesel di-agrama işlenmesi ile tayin edilir.

Şimdi bir rotorun, nominal Veya herhangi bir emniyetli hızda döndüğünü Ve alınan ölçülerin aşağıdaki gibi olduğunu farzedelim.

Yakın Uç		Uzak Uç	
Açı •	Amplitüd	Açı	Amplitüd
90°	80	270°	60

Şekil. 6 da işaretlenen bu değerler, yakın uç N de ufak bir daire ve uzak uç F de bir çaprazla temsil edilmişlerdir. Bundan sonra herhangi bir tecrübe ağırlığı'Rotorun herhangi, bir yerine sıkıca vidalanır ve ölçüler tekrarlanır. Farzedelim ki yeni ölçüler aşağıdaki gibi olsun.

Yakın Uç		Uzak Uç	
Aç	Amplitüd	Açı	
1	40	230°	

A
Amplitüd
30

Bu değerler P ve G noktaları olarak işaretlenir. NP vektörü, tecrübe ağırlığı dolayısıyla yakın uçtaki değişikliği temsil eder. Mükemmel bir denge şartı için husule gelen değişiklik No olacaktır. Diğer bir deyişle, titreşimleri minimuma indirmek için denge ağırlıkları o şekilde tespit edilmelidir ki, vektörler O noktasına doğru yaklaşsın. Bundan dojayı NP vektörü çok kısadır ve yanlış bir yöndedir. Eğer tecrübe ağırlığı saat ibreleri dönüş yönünde rotor üzerinde başka bir pozisyona hareket ettirilirse ve müteakıl okumalar grafikte işaretlenirse P noktası, N etrafında saat ibreleri dönüş yönünde devredecektir. Benzer şekilde G de F etrafında - dönecektir. Mamafih P ve G nin dönme yörüngeleri pratikte "daire değildir. Bundan dolayı da tecrübeler için kati durum arzetmez, yaklaşık

bir fikir verir. Eğer ağırlık ilk konumunda bırakılır ve miktarı iki katına çıkarılırsa, vektör takriben aynı yönü muhafaza eder ve fakat takriben iki misli uzunluğa sahip olur. Burada da, NP vektörü pratikte tam olarak tecrübe ağırlığı ile doğru orantılı değildir ve ayrıca bazen ağırlıktaki değişiklik yönü de değiştirir. Bunlara rağmen, «dönen ağırlık, vektörü döndürür» ve «azalan veya çoğalan ağırlık, vektörün uzunluğunu azaltır veya çoğaltır» şeklindeki yaklaşık kaide tecrübe ağırlığında lüzumlu ayarlamaları mümkün kılar ve uzun, fleksibl ve yüksek hız rotorlarında dahi yüksek hassasiyetle nihayi bir dengeyi elde etmeye yardım eder.

Yakardaki kaideyi misalimize tatbik ederek, ağırlığın takriben % 50 artırılması ve saat ibreleri dönüş yönünde 30° döndürülmesi gerektiğini tahmin edebiliriz. Rotor üzerindeki dengeleme delikleri, misâl olarak, diagramda 12 adet gösterilmiştir. Delik No. 1, herhangi bir yerden başlayabilir, şu kadarla ki, delikler arasındaki mesafeler aynı olmalıdır. Herhangi iki delik arasında bir bakışta görülebilen açısal mesafeler, tecrübe ağırlığının hangi deliğe hareket ettirileceğine karar verirken çok faydalıdır. Meselâ, delik No. 11 de ilk tecrübe ağırlığının 400 gr. ve bundan sonra delik No. 12 de ikinci tecrübe ağırlığının 600 gr. olduğunu farzedelim. Bu durumda okunan değerlerin şu şekilde olduğunu kabul edelim.

Yakın Uç		Uzak Uç	
Açı 170°	Amplidüt 5	Açı 190°	Amplidüt 10

Bunlar diagramda Q ve H ile gösterilmişlerdir. Bu netice, pratikte tezahür eden tipik neticelerdendir, yakın uç vektörü takriben 30° ve uzak uç vektörü daha az dönmüştür. Şu' hususa işaret etmek isteriz: Eğer ağırlık Q yü O ile intibak ettirmek gayesiyle birkaç derece geriye kaydırılırsa, H da geriye doğru kayar ve O'dan uzaklaşır, yani daha kötü bir durum elde edilir. Bundan dolayı iyi bir netice, şekilde gösterildiği gibidir. Eğer bu durumda dahi denge, maksada kifayet etmiyorsa, mikro-ampermetrenin direnç kademesi değiştirilir, yeni bir ağırlıkla işe baştan başlanarak işlemler tekrarlanır.

Şimdiye kadar yalnız bir adet tecrübe ağırlığından bahsedildi. Rotoru uzun makinelerde ekseriya 2 adet tecrübe ağırlığı, herbir uçta bir adet olmak üzere, kullanılır ve her ikisi birlikte hareket ettirilir. Bu hallerde aşağıdaki genel kaideler mevzubahistir.

(1) Şekil. 6 dş N ve F başlangıç noktaları aynı tarafta iseler, dengesizlik statik olarak tarif ediliyordu. Bu durumda, seçilen iki tecrübe ağırlığının, herbirinin bir uca aynı, açısal pozisyonda tespit edilerek, tecrübeler başlanması tavsiye olu-

nur. Tecrübeler esnasında her iki ağırlık miktar veya pozisyonca birlikte değiştirilir. Bazan bir rotorda, her iki kutup yüzündeki bütün ayar deliklerinin çelik vidalarla kapatılması arzu edilir. Bundan dolayı da iki ağırlık yerine rotorun orta yerinde bir gurub vida kullanılır, iki kutuplu makinelerde kutup yüzlerinde istenilen açısal pozisyonun seçimi konstrüksiyonu dolayısıyla hayli zordur. Ayrıca, eğer kutuplar arasında bir ağırlık icab ediyorsa, her iki kutup yüzüne bileşke ağırlığı kutuplar arasına düşürecek şekilde muhtelif ağırlıklar gurubu vidalanır.

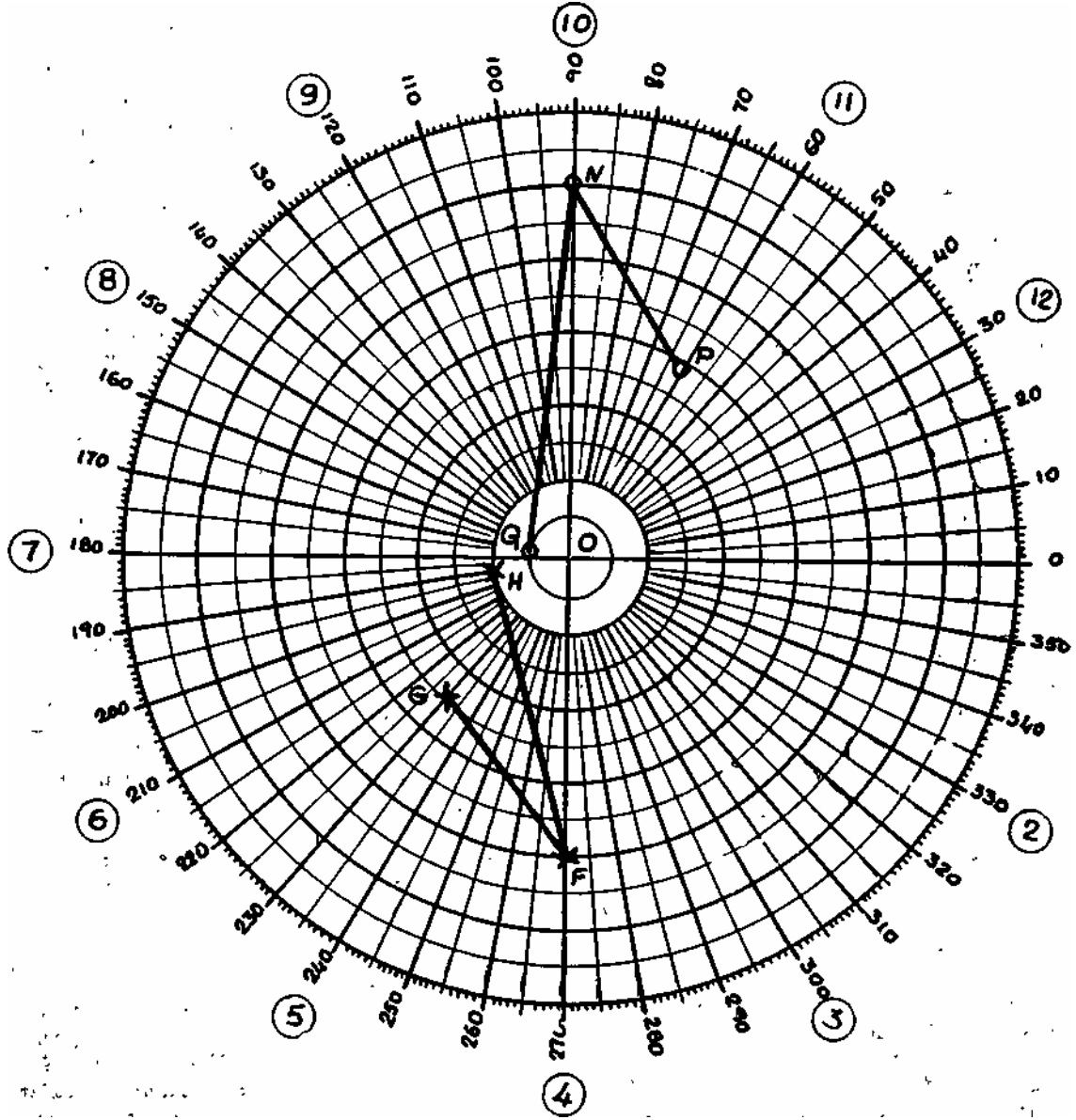
(2) Şekil. 6 da gösterilen N ve <F noktaları sıfır noktasına nazaran aksi yönlerde iseler, denge sızlık «Kupl» olarak tarif ediliyordu. Bu takdirde tavsiye edilen tecrübe şekli, her iki uca aynı ağırlıkların vidalanması ve fakat bu ağırlıkların 180° farkla bulunmasıdır. Bundan sonraki tecrübelerde ağırlıklar, 180° yi sabit tutacak şekilde beraber hareket ettirilirdir. Turbo - rotorlarda ağırlıklar kutup yüzlerine, fakat en tesirli neticeyi almak için rotor kenarlarına doğru yerleştirilir.

Bazen dengesizlik rotorun sadece bir kenarında olur, fakat buna rağmen kupl değerleri elde edilir. Bu gibi hallerde, eğer tesadüfen iki ağırlık kullanılmışsa elde edilen vektörler çok güçlük arzeder. Bu durumda ancak bir ucun fedası pahasına diğer uç tashih edilebilir. Bu durumun mevcudiyeti bir iki denemeden sonra diagramdan anlaşılabilir ve bu hâl, ağırlıkların terkinin yanlış olduğuna bir işarettir. Bu halin müşahedesinden sonra yalnız bir ağırlık, sadece* bir uçta denendir. Eğer benzer netice elde edilirse, ağırlık diğer uçta denendir. Bu iki hâlden birisi stabil vektörler verir.

(3) Başlangıç noktaları N ve F, 90° veya 120° derecelerde olurlarsa, kısmen statik ve kısmende kupl durumuna tekabül ederler ki bu, umumiyetle en güç olan şekildir. Yalnız bir uçta ağırlık kullanmakla işe başlamak ve mümkün olabilen en iyi denge konumunu bulmak ve sonra da aynı işi diğer uçta yapmak tavsiye edilen yoldur. Birçok hâllerde N ve F yi statik hâl elde etmek üzere aynı tarafa veya tam bir kupl teşkil etmek üzere 180° farklı duruma getirmek ve sonra da yukarıda (1) ve (2) maddelerinde izah edilen usûlleri tatbik etmek tercih edilir.

Dengeyi daima düzelten ve her seferinde baştan işe başlanılan basit işlemler en muvafakiyetli neticeyi verecek bir metoddur. İki ağırlığın miktar ve pozisyonunu aynı anda değiştirmek gibi karışık hamleler, çoğu zaman muvafakiyetsizlikle neticelenir.

Deneyle her iki titreşim elemanının elektrik irtibatlarının aynı polariteleri haiz olması dikkat edilecek hususlardandır. Aksi takdirde kupl'lar statik olarak gözükür.



B — Modern tip dengeleme cihazı.

Yakın zamanlarda «Rotabalance» adile anılan bir elektronik cihaz dengeleme işinde kullanılmaktadır. Aslında bu cihaz «nihayi ve hassas» dengelemeyi tahakkuk ettirmek üzere yapılmıştı. Fakat tatbikatta her türlü hız ve güçteki makine rotorlarında kullanma avantajları dolayısıyla yukarda verilen ilk tertibin yerini almıştır.

Bu elektronik cihaz genel olarak bir kontrol panelini, bir adet referans generatörünü ve 2 (veya) 3 adet titreşim elemanini ihtiva eder. Kontrol Paneli takriben 50x30 cm. cephe ve 20 cm. derinlik ebadlarında taşınabilir ufak bir cihazdır. Bu panelin Üzerinde osiloskop, amplitüd ölçü aleti, faz ta-

yini diali, titreşim amplitüd ve hız kademe mandalları, titreşim elemanlarına ve referans generatörüne ait giriş roketleri, panel için şebeke giriş uçları mevcuttur.

Referans generatörü, titreşimin fazını tayin etmek için lüzumlu referans gerilimini verir. Takriben bir bisiklet dinamosu büyüklüğünde, olup rotorun şaftına fleksibül bir mil ile irtibatlandırılır. Bu generatörün rotor ile aynı hızda dönmesi, arada hiçbir kayma olmaması arzu edilir. Bunun için ise, kullanılan irtibat milinin radyal istikametlerde fleksibül, fakat torsiyon yönünde fleksibül olmayan bir karakteri haiz olması lâzımdır. Aksi takdirde kayma vukua gelir ve referansın hassasiyeti kaybolur.

Titreşim elemanları «sismik» esas üzerinden imal edilmişlerdir.- Diğer bir deyişle, elemanın bütünü ölçülecek titreşim ile birlikte titreşir. Büyüklükleri takriben referans generatörü kadardır. Bunlar titreşimin alınacağı noktaya el veya, elin girmesi mümkün değil yahut mahzurlu ise,- uygun bir çubuk ile temas ettirilir veya 'rotor yataklarındaki yatay vida deliklerinden birine (eğer yağ kontrolü için açılmış böyle bir vida deliği var ise buraya, yoksa bu iş için özel olarak açılan vida yuvasına) tesbit edilir. Titreşim elemanı, kendi eksenini istikametinde tesir eden titreşimler için en hassastır. Radyal istikametlerden tesir eden titreşimler için ise ihmal edilebilir bir hassasiyeti vardır. Tesbit metodu ne olursa olsun dikkat edilecek bir husus, rotordan titreşim elemanına herhangi bir sebeple elektirik kaçığının olmamasıdır.

Gerek referans generatörü ve gerekse titreşim elemanları uygun uzunluktaki kablolar ile panele irtibatlandırılır. Muhtelif sebepler dolayısıyla panelin rotordan uzak olması lüzumlu ise daha uzun kablolar kullanmak suretiyle bu husus temin edilebilir.

Bu cihazla da şu ölçüler tesbit edilir: Herhangi bir yatağa veya yatakların hepsine ait titreşimlerin hız veya amplitüdleri ve her bir titreşimin dönen frekans bileşeninin relatif, faz açıları. Bundan sonra dengenin tayini için yapılacak işlemler, evvelki paragrafta anlatılanların aynisidir.

Yukarıdan görüleceği gibi her iki halde de dengeleme işleminde esas olan hususlar, yataklardan titreşimin hızı ile orantılı bir gerilimin alınması ve, açı ve amplitüdlere dairesel bir diagrama işlenmesi ve arzu edilen limitler içinde bir denge konumu elde edilinceye kadar, tecrübe ağırlıkları ile işlemlerin tekrarlanmasıdır.

Okunan değerlerin dairesel bir diagrama işlenmesi, tesbit edilen ağırlıkların tesirlerinin bir resmini verir ve yukarıda A. III — 1, 2, 3 paragraflarında özetlenen kaidelerin yardımı ile dengeleme işindeki güçlükler ehemmiyetli miktarda azaltılır. Rotorun her seferinde durdurulup bir tecrübe ağırlığının tespitinden sonra yeniden hareketi ve bütün bu ameliyelerin müteaddit defa tekrarlanması büyük bir titizlikle sabıra ihtiyaç gösterir. Mamafih sırf bu işte senelerini harcemiş tecrübeli kimselerin, büyük bir isabetle karar vermeleri ve rotoru bir iki kere tahrik etmekle kısa zamanda denge konumunu bulmaları, görülen vakialardandır.

Bu usûl, hata ve tecrübe karakterinden dolayı, ister fabrikada isterse montaj mahallinde olsun, herhangi bir tip ve hızdaki rotorları makul bir zaman zarfında dengelemek için çok elverişli bir metodur.

Bu usûllerin halen haUedilemeyen bir dezavantajı, rotor yataklarındaki titreşimin kullanı-

ması meselesidir. Zira yataklardaki titreşimler, esas şaft titreşimleri ile aynı fazda olmayabilir ve hattâ makinenin her yeniden tahrikinde bu titreşimin büyüklüğü mutlaka aynı miktarda olmaz. İdeal şekil, titreşimlerin doğrudan doğruya saf-tan alınmasıdır ki bunun pratikte bugün için temini kolay değildir.

Dinamik denge testlerinde bir husus ta rotorun mümkün merteye normal çalışma şartları altında bulunmasıdır. Bilhassa büyük güçteki makinelerin rotorları bu şekilde teste tabi tutulurken, sargıları içinden nominal akım geçirilir. Böylelikle bakır iletkenlerdeki ısınmadan mütevellit genleşme dolayısıyla muhtemel dengesiz yığılmaların denge içine ithali sağlanır.

Dinamik denge testinden sonra deneyler bir «Aşırı sürat» testi ile bitirilir. Bu son testten gaye, kolayca anlaşılacağı gibi, nominal hızdan yüksek fakat istenilen bir limit hızdan düşük hızlarda rotor çekirdeği veya daha doğrusu rotor üzerindeki ilâve teçhizatın (sargılar, bilezikler v.s.) dinamik mukavemetini ölçmek ve herhangi bir zayıflamanın olup olmadığını müşahade etmektir.

Yukarıda bu test için lüzumlu cihazlar ve usûllerden genel olarak bahsettik. Şimdi de bu testin tahakkuku için ne gibi bir tesisata ihtiyaç olduğunu kısaca zikrederim :

Küçük tip rotorların testi, uygun bir zeminde doğrudan doğruya yapılabilir. Fakat büyük güç makine rotorları (ağırlığı 10'un katı tonlarla ölçülen) için özel test tünellerine ihtiyaç vardır. Böyle test tünelleri genel olarak şunları gözönüne alır :

(a) **Tünel cidarları:** Aşırı sürat testlerinde muhtemel bir parçalanmaya karşı koyacak mukavemettedir.

(b) **Hareketli yataklar:** iki ayrı küçük vagon üzerine monte edilmiştir. Vagonlar bu maksat için özel olarak imâl edilmiştir. Test tüneline giren raylar üzerinde hareket eder. Böylelikle yataklar herhangi bir uzunluktaki rotora göre ayarlanabilirler.

(c) **Tahrik motoru:** Ward-Leonard sistemi ile kumanda edilen bir D.C. motordur. Geniş bir hız bandına sahiptir. Ayrıca - bununla küple edilmiş uygun bir hız yükseltme dişli takım; mevcuttur.

(d) **Yağlama sistemi:** Rotor yataklarını ve dişli kutusunu yağlamak üzere sirkülasyon yaptırılan yağ için lüzumlu pompa, süzgeç, yağ tanklarından teşekkül eden bir sistemdir.

(b) **Rotor sargılan besleme kaynağı:** Ekseriya 2000 Ampere kadar bir akım temin edecek özel ayn bir doğru- akım kaynağıdır. Bunun da, muhtelif değerde âkım vermesini temin edecek ayrı bir kontrol sistemi mevcuttur.

(f) **Kumanda odası:** Yukarıda (c), (d), (e) şıklarında belirtilen sistemlerin kumanda ve kontrolünü mümkün kılar. Aynı zamanda «Rotabalan- ce» ile teçhiz olunmuş bu sistem ile dinamik den- genin tayinini sağlar.

(g) **Yardımcı teçhizat:** Muhtelif kesici, ayırıcı, koruyucu röle, regülatörler v.b.

Görüldüğü gibi böyle bir test tüneli büyük ve pahalı bir testistir. Ancak, 100 ilg 500 MW arasında tek ünite olarak imâl edilen turbo-alternatörle- rin bu şekilde teste tabi tuulması kaçınılmaz bir zaruretir. Zira bu alternatörlerin kendileri de pa- halıdır ve aynı zamanda bir elektrik sisteminde muhtemelen mühim bir rol oylayacaklardır.

TÜRKİYE TOPLAMI İTİBARI İLE YILLARA GÖRE TAKAT VE ENERJİ DURUM TABLOSU

İ* >« £	KURULU GUÇ (MW) (Yıbn son günü)				YILLIK ÜRETİM (Milyon fcwh)				Nüfus başına istihsal kWh
	Şehir	End.	Toplam	Artış %	Şehir	End.	Toplam	Artış %	
1930	62,7	15,3	78,8		86,3	20,0	106,3		7
1931	84,5	17,3	101,8	30,5	95,9	22,0	117,9	10,9	
1932	85,2	18,1	103,3	1,5	106,6	25,0	131,6	11,6	
1933	85,5	22,3	107,8	4,4	121,9	30,0	151,9	15,4	
1934	86,6	30,5	117,3	8,8	133,2	42,0	175,2	15,3	11
1935	87,6	38,5	126,1	7,5	159,7	53,2	212,9	21,5	13
1936	94,2	44,3	138,5	9,8	169,5	61,6	231,1	8,5	
1937	95,2	71,9	167,1	20,6	183,8	106,0	289,8	25,4	
1938	97,1	81,4	178,5	6,8	195,8	116,2	312,0	7,7	
1939	99,0	116,6	215,6	20,8	209,8	143,5	353,3	13,2	20
1940	100,0	117,0	217,0	0,6	216,9	180,0	396,9	12,3	22
1941	100,1	121,9	220,0	2,3	217,5	197,8	415,3	4,6	
1943	104,9	121,8	226,7	2,1	203,4	204,9	408,3	-1,7	"
1943	105,0	131,4	236,4	4,3	219,6	237,8	457,4	12,0	
1944	107,1	134,9	242,0	2,4	243,4	252,7	196,1	8,5	27
1945	107,1	138,8	245,9	1,6	251,4	273,4	527,8	6,4	28
1946	108,7	188,8	247,5	0,7	278,5	284,2	562,7	0,6	
1947	110,7	140,7	251,4	1,6	310,7	314,3	625,0	11,1	
1948	121,6	183,9	305,5	21,5	337,2	339,2	676,4	8,2	
1949	165,9	215,8	381,7	24,9	370,5	366,1	736,6	8,9	36
1950	174,6	233,2	407,8	6,8	408,7	380,9	789,6	7,2	38
1951	181,1	242,1	423,2	3,8	463,1	424,8	887,9	12,4	41
1952	189,4	248,4	437,8	£,4	498,9	521,4	1020,3	14,9	46
1953	300,5	199,0	499,5	14,1	830,3	370,5	1200,8	17,7	53
1954	299,6	217,3	516,9	3,5	981,8	420,6	1402,4	16,8	60
1955	371,4	240,2	611,6	18,3	1116,2	433,1	1579,8	12,6	65
1956	613,7	272,4	886,1	44,9	1376,4	442,8	1819,2	15,2	73
1957	672,7	266,7	939,4	6,0	1710,6	346,1	2056,7	13,1	81
1958	739,5	190,5	1030,0	9,6	1911,4	392,0	2303,4	12,0	8*
1959	840,3	320,7	1161,0	12,1	2160,0	426,0	2586,0	12,3	96
1960	939,4	332,9	1272,3	9,6	2382,8	432,3	2815,1	8,9	101
H961	979,2	344,7	1323,9	4,1	2601,4	407,9	3009,3	6,9	105
1962 (M)	993,0	357,0	1350,0	2,0	3082,2	470,8	3553,0	18,1	120

(M) Muvakkat