

# İkaz Hızının Stabiliteye Tesiri

Yazan :  
Nihat TAYLAN  
D.S.İ.

## ÖZET:

Şebekelerimizin gittikçe büyümesi ve bil-hassa uzun hatlar üzerinden beslenme durumlarının artması Stabilité problemi üzerine dikkatle eğilmemizi icab ettirmektedir.

Bu yazıda stabiliteyi artırma çareleri arasında son on senede büyük alaka gören, en ucuz ve en kolay tedbir olarak vasıflandırılan ikaz hızı problemi ele alınmıştır.

Bu mevzuu rahatça takip edebilmek için önce özetlenmiş bir şekilde Ayar Teorisini vermek uygun olacaktır. Burada birtakım formüllerin verilmesi gerekiyordu, zira bu formüller yardımı ile Regülatördeki organları ve vazifelerini tanımak ve hangi sabitlere, ne şekilde tesir edilebileceği mümkün olmaktadır. Santrallerimizin bazılarında (Tunçbilek, Sanyar, Hazer, Hirfanlı'nın ilk açılış aylarında ve diğerlerinde) ayar problemleri ile bir hayli uğraşıldı. Zamanla hassasiyetini kaybeden veya aşınan regülatör parçaları yüzünden sabiteler değişiyor, titreşim, salınım veya sağırlık doğuyordu. Bu hadiselerle uğraşan elemanlara durum gösterdiği teorisini bilmeden regülatöre el sürmek, çok güç olmaktadır. Zaten ayar elektrik tekniğinin hemen hemen bütün sahalarına nüfus ettiği için, bu gün Avrupa'da ve Amerika'da ayar tekniğine bîhakkın vakıf olmayan elektrik mühendisi tasavvur edilemez.

## SUMMARY:

### EFFECT OF RATE OF EXCITATION ON STABILITY LIMITS

As sizes of electrical nettoorks become larger and number of the cases in which load centers are fed över long transmission lines increase, the problem of stability requires more attention to be dealt with.

in this article, increasing stability by means of changing the rate of Accitation is studied which is regarded recently as the most easy and inezpensive ivay of solving the problem companng to the other alternatives.

in order to enable the reader to follano the sub7ect mithout difficulty, first, it vjill be apprepriate to present a summarized in-formatlon on the theory of excitation ad-justment. Here some formulas have to be given so that he can get familiarity with the components of a regülatör and their func-tions and form an idea about which com-ponents and hoio must be affected. Consi-derable amount of efforts have been spent on adjustment problems at some of our po-wer plants (at Tunçbilek, Sanyar, Hazer, m the initial phase of operaton at Hirjanlı, and others).

## I — KISA AYAR. TEOBİSİ

Muayyen bir fiziki büyüklüğü daha önceden verilen bir değere getirmeğe ve orada tutmaya ayar işlemi denmektedir. Bu fiziki büyüklüğe «ayar büyüklüğü» ve önceden verilen değere «ayar değeri» denir.

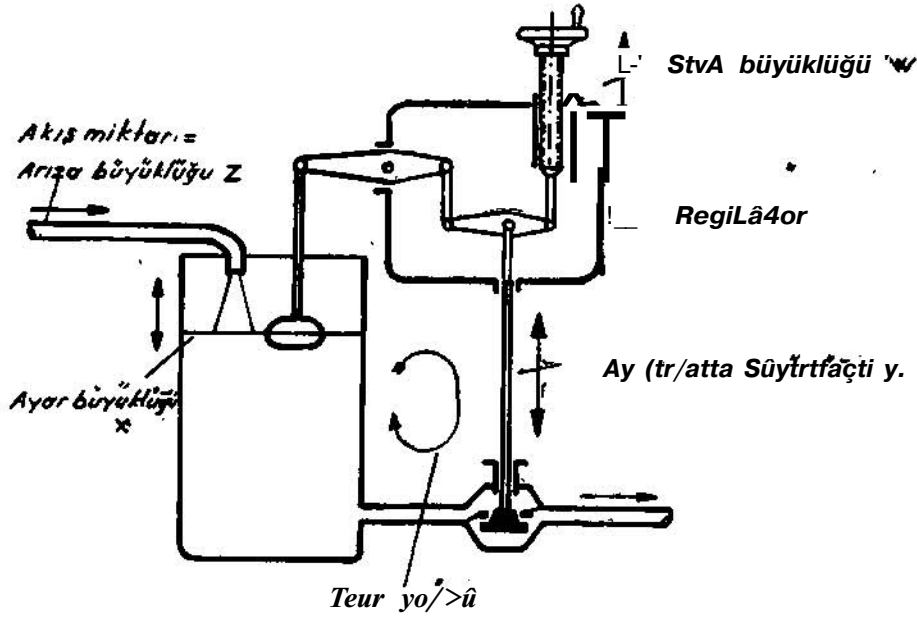
Bir ayar işleminden ayar büyüklüğü devamlı olarak ölçülür J ve ayar değeri ile mukayese edilir. Her İkisi arasında bir fark tespit edildiği anlarda ayar mekanizmasına ayar büyüklüğünü tekrar ayar değerine getirmek için uygun bir ayarlama kumandası verilir. İşte bu ayarlama kumandasına «ayarlama büyüklüğü» adı verilmektedir. Bu büyüklüklerden başka bir de «arıza büyüklüğü» tarif edilir. Bu büyüklüğün değişmesi ile ayar büyüklüğünde bir değişme husule gelir. Zaten arıza büyüklüklerinin değişmeleri bir ayar rejiminin kullanılmasının sebebi ni teşkil eder. Zira eğer ayar büyüklüğü değiş-

meseydi bu takdirde bir kere önceden tespit edilen ayar değerine getirilen sistem değeri, orda kalır ve bir mukayese işlemine lüzum kalmazdı.

Ayar değeri bir çok hallerde sabit kalan bir değerdir. Fakat bazı hallerde bu büyüklük zamana veya başka bir büyüklüğe bağlı olarak değiştirilir. Mesela bir hücrenin sıcaklık ayarında ayar değeri dış ortamın sıcaklığına bağlıdır. Buna göre önceden tespit edilen ayar değeri dış sıcaklık tarafından sevk edilir. Bu şekilde ayar değerini tayin eden büyüklüğe «sevk büyüklüğü» denmektedir.

Şekildende kolayca takip edileceği gibi bir ayar sistemi şu şartları yerine getirmelidir :

1 — Bil\* ayar sisteminin organları kapalı bir tesir devresi (ayar devresi) meydana getirmelidirler.



Şekil . 1 — Bir tanktaki seviye ayan

2 — Sistemdeki organlar ayar emrini yalnız bir yönde nakletmelidirler.

3 — Ayar devresinde tesir yönü değişir.

Herhangi ayar sisteminde denge durumunun bir değişmesine göre ayar büyüklüğünün zamana bağlı seyrine «Ayar rejimi» denmektedir. Ayar devresine dışardan sevk veya arıza büyüklüğü tesiri geldiği zaman, bunlara cevap eğrileri alınır. Umumiyetle ayar rejimi bir titreşim rejimidir. Her hangi bir ayar devresinde bu rejim sönümlü bir seyir takip etmezse, bu taktirde

şekli, denklemleri, katsayıları o organın ayar sistemindeki tesirini, rolünü verecektir. Bu fonksiyonlar organa ait fiziki büyüklüklerin temel denklemlerinden elde edilir. Mekanik! sistemlerde Newton kanunu «Kuvvet eşittir kitle çarpı ivme» elektrik! sistemlerde genel Om kanunu; termik ve diğer sistemlerde ise benzer bağıntılar vasıtası ile çıkarılır. Bağıntılara yalnız ani değerler ( $X_0, X_1$ ) değil, aynı zamanda zamana bağlı türevlerde (hızlar  $X'_0, X'_1$ ; ivmeler  $X''_0, X''_1$  v.s.) girer. Bu şekilde lineer differansiyel denklemler kurulmuş olur:

$$\begin{aligned}
 & \dots + a_3 \cdot X''_3(t) + a_2 \cdot X''_2(t) - t d, - \dot{X}_g(t) + a_0 \cdot X_0 \cdot X_B(t) = \\
 & b_0 \cdot X_e(t) + b_1 \cdot X'_e(t) + b_2 \cdot X''_e(t) + b_3 \cdot X'''_e(t) + \dots
 \end{aligned}$$

sistem kararlı değildir. Böylece bir sistem ayar ödevini yapamaz. Bu sebepten ayar devresinde stabilite problemi ayar teorisinin temelini teşkil eder. İlerde görüleceği üzere ayar organlarının, karakteristiklerinin ve zaman sabitelerinin uygun seçilmesi, arzu edilen bir kararlı ayar seyrini temin edebilir.

Bir ayar devresinin herbir organı bir dikkörtkenle gösterilerek uygun şekilde birbirleri ile bağlanır ve böylece blok bağlama şemaları elde edilir. Herbir organa tekabül eden dikkörtkenin içine, o organa ait transfer (geçiş) fonksiyonu çizilerek ayar problemlerinin çözümü çok kolaylaştırılır. Transfer fonksiyonu organa giren giriş büyüklüğü ( $X_0$ ) ile, çıkan çıkış büyüklüğü ( $X_1$ ) (bunlar impuls veya fonksiyon olabilirler) arasındaki geçiş münasebetidir. Ayar devresindeki herbir organın transfer fonksiyonun

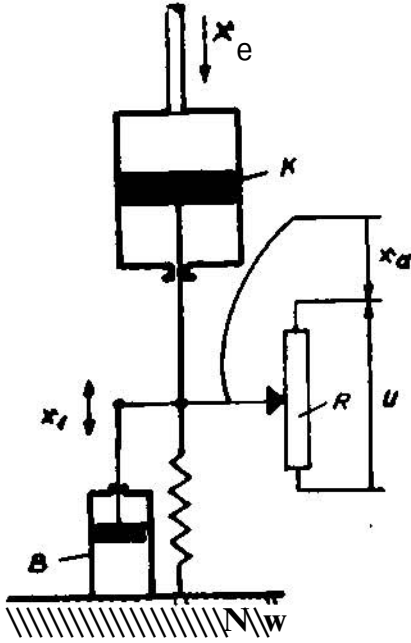
Buradaki  $X_0$  ve  $K$ , giriş çıkış, büyüklükleri mesela yol, kuvvet, basınç, devir sayısı, sıcaklık, gerilim, akım v.s. gibi fiziki büyüklükler olabilir. Denklemlerde  $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots$  büyüklükleri sabitelerdir.

Misal olarak elektrikî ayar devresine ait bir organı ele alalım. Giriş büyüklüğü ( $X_0$ ) piston (K) üzerine gelen hava basıncıdır. Çıkış büyüklüğü ( $X_1$ ) ise reostanın (R) doğurduğu gerilimdir. Hava basıncının değişmesi ile piston üzerindeki kuvvette değişir. Pistonun hareketi ( $X_1$ ) için Newton kanunu tatbik edilirse denklem:

$$aX_0(t) - CX_1(t) - RX'_1(t) = MX''_1(t)$$

Burada :

$aX_0(t)$  = Piston yüzeyi üzerindeki basınç kuvveti (basınca  $X_0$  bağlı)



Şekil : 2

$CX_j(t)$  = Yayın  $P_F$  geri getirme kuvveti (yola  $X!$  bağlı)

$RX_{j'}(t)$  = Yağ freninin B frenleme kuvveti  $P_{Br}$  (hıza  $X!$  bağlı)

$MX''(t)$  = Kitle ivmesi

M değeri piston ve platon kolunun kütesidir,  $P_F$   $C = \frac{P_F}{L}$  değeri  $X_1 = 1$  hareketinde yay kuvveti

tinin  $P_F$  büyüklüğünü verir.  $R = \frac{P_{Br}}{K_1}$  değeri

$X_1 = 1$  hızında frenleme -kuvvetinin  $P_{Br}$  büyüklüğünü verir ve a değeri pistonun yüzeyini verir Reosta R gerilimi U ve reosta, direnci uzunluğu L olduğuna göre çıkış büyüklüğü  $X_2$  gerilimi :

$$X_2(t) = X_1(t) \frac{U}{L}$$

bu denklem ve yukarıki denklemden

$$MX''_2(t) + RX'_2(t) + CX_2(t) = \frac{aU}{L} X_e(t)$$

differansiyel denklemi elde edilir.

Ekseri giriş fonksiyonları sinüsoydal titreşim fonksiyonları • olduklarından çıkış fonksiyonlarında değişik faz ve genlikte sinüs fonksiyonları olacaktır. Böylece transfer fonksiyonu yerine «frekans transfer fonksiyonu» teşkil edilerek faz

ve genlikleri geniş bir saha içerisinde değiştirmek kabil olur. Bu metot çok büyük kolaylık sağlar; giriş fonksiyonu değişken frekansa bağlı sabit genlik ve fazU bir sinüsoydal fonksiyon olarak teşkil edilirse her bir frekansa bir çıkış fonksiyonu tekabül eder (giriş fonksiyonuna irca edilmiş olarak) ve bu çıkış fonksiyonu vektörünün ucu bir yer eğrisi çizer. Yer eğrilerinin etüdü ile ayar sisteminin sabitelerini, stabilitesini v.s. tayin etmek çok kolaylaşır.

Şimdi frekans transfer fonksiyonun ana denklemden elde edilmesini görelim :

Yukarıki tariflere göre giriş ve çıkış fonksiyonları :

$$X_e(t) = X_{e0} \cdot \cos \omega t$$

$$X_s(t) = X_M \cos (\omega t + \phi)$$

Bu fonksiyonları ana denklemde yerine koken Euler denklemlerinden istifa edilir.

$$e^{j\omega t} \text{ ve } e^{-j\omega t} \text{ dairesel hareketleri:}$$

$$\cos \phi = \frac{1}{2} (e^{j\phi} + e^{-j\phi})$$

$$\sin \phi = \frac{1}{2} (e^{j\phi} - e^{-j\phi})$$

Bunlara göre •

$$-4 \hat{a} g x''_2(t) + \hat{a}_1 X_2(t) + \hat{a}_0 X_2(t)$$

$$= b_0 X_e(t) + b_1 X'_e(t) + \dots$$

$$X_{20} \hat{a} \dots \hat{a} \omega^2 \cos(\omega t + \alpha) \sim 3,$$

$$\omega \sin(\omega t + \alpha) + \hat{a}_0 \cos(\omega t + \alpha)] =$$

$$X_{e0} [b_0 \cos \omega t - b_1 \sin \omega t + \dots]$$

Eu er bağıntılarından istifa edilirse •

$$X_{20} [ -a, \omega \frac{1}{2} (e^{j(\omega t + \alpha)} + e^{-j(\omega t + \alpha)})$$

$$- \hat{a}_1 \omega (-\frac{1}{2}) (e^{j(\omega t + \alpha)} - e^{-j(\omega t + \alpha)})$$

$$+ \hat{a}_0 \frac{1}{2} (e^{j(\omega t + \alpha)} + e^{-j(\omega t + \alpha)}) ]$$

$$= X_{e0} [b_0 \frac{1}{2} (e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}) - b_1 \omega (-\frac{1}{2})$$

$$(e^{j\omega t} - e^{-j\omega t}) \dots j$$

Bu denklemde eJ a parantez dışına alınırsa:

$$X_{so} e^{j\omega t} [\dots - a_2 \omega^2 + a_1 j\omega + a_0] \cdot e^{j\omega t} + X_{so} e^{-j\omega t} [\dots - a_2 \omega^2 - a_1 j\omega + a_0] \cdot e^{-j\omega t} = X_{eo} [b_0 + b_1 j\omega + \dots] \cdot e^{j\omega t} + X_{eo} [b_0 - b_1 j\omega + \dots] \cdot e^{-j\omega t}$$

Pozitif frekansları nazan itbare alıyorsak

$$X_{so} \cdot e^{j\omega t} [\dots - a_2 \omega^2 + a_1 j\omega + a_0] \cdot e^{j\omega t} = X_{eo} [b_0 + b_1 j\omega + \dots] \cdot e^{j\omega t}$$

Buradan çıkış, fonksiyonunu giriş fonksiyonuna irca edersenek aranan frekans transfer fonksiyonu çıkar:

$$F = \frac{X_{so}}{X_{eo}} = \frac{b_0 + b_1 j\omega + \dots}{a_0 + a_1 j\omega - a_2 \omega^2 + \dots}$$

Ayar tekniğinde laplace transformasyonlarını hesaplara ithal ederek neticelere daha kolay varıldığından  $p = j\omega$  konarak ve:

$$\begin{aligned} X_s(t) &= X_{so} \cdot e^{Pt+j\omega} \\ X'_s(t) &= X_{so} \cdot p \cdot e^{Pt+j\omega} = pX_s \\ X''_s(t) &= X_{so} \cdot p^2 \cdot e^{Pt+j\omega} = p^2 X_s \\ X_s(t) &= X_{so} \cdot e^{Pt} \\ X'_s(t) &= X_{so} \cdot p \cdot e^{Pt} = pX_s \\ X''_s(t) &= X_{so} \cdot p^2 \cdot e^{Pt} = p^2 X_s \end{aligned}$$

Buna göre ana dıfferansiyel denklem:

$$[\dots + a_2 p^2 + a_1 p + a_0] X_s = [b_0 + b_1 p + \dots] X_e$$

Buradan frekans transfer fonksiyonu :

$$F = \frac{X_s}{X_e} = \frac{b_0 + b_1 p + \dots + b_m p^m}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + \dots + a_n p^n}$$

Farklı frekans transfer fonksiyonlu ayar devresi organlarının seri bağlanmasında :

$$F = F_1 \cdot F_2$$

Parelel bağlanmasında :

$$F = F_1 + F_2$$

Bağlantıları elde edilir. Ayar devresi organlarının bağlantı imkânlarını gösteren tablo yukarıda verilmiştir:

Şimdi Frekans transfer fonksiyonu yardımı ile ayar devresi temel formlarını çıkaralım :

Orantı (P) organı: Burada çıkış büyüklüğü giriş büyüklüğü ile orantilidir (gecikmesiz). İdeal halde frekans transfer fonksiyonundaki bütün frekansa bağlı terimler ortadan kalkar, zira genlikler oranı sabit, faz açılan sıfırdır. Bu duruma göre denklemde

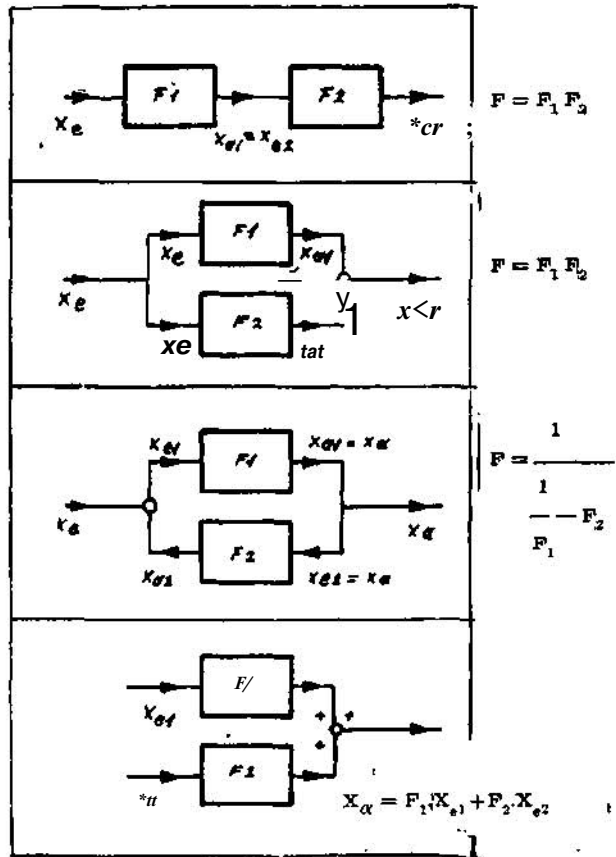
$$a_0 X_s = b_0 X_e \text{ veya } X_s = \frac{b_0}{a_0} X_e$$

-kılır, yani :

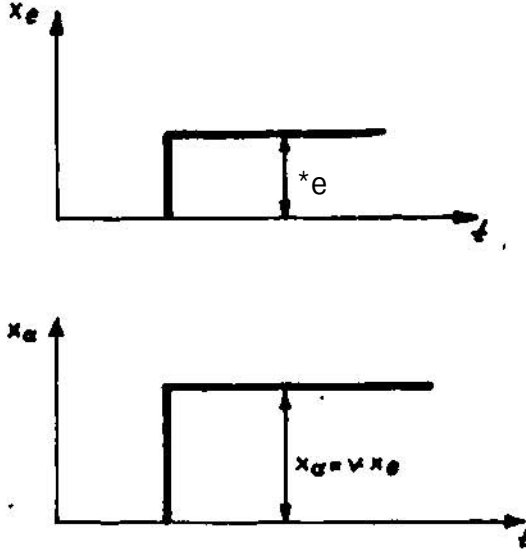
$$F = \frac{b_0}{a_0} = V \text{ olur.}$$

olur. Orantı faktörü Vye kuvvetlendirme katsayısı denmektedir.

Şekilde girişe bir adım fonksiyonu verildiğine göre, çıkışta kuvvetlendirme katsayısına göre büyüklüğü değişen bir adım fonksiyonu olacaktır (ideal hal).



Şekil : 3



Şekil 4

Ataletiz eleman mevcut olmadığına göre pratikte bu böyle olmayacak çıkış fonksiyonu giriş fonksiyonunu muayyen bir zaman gecikmesi ile takip edecektir. Dolayısıyla çıkış fonksiyonu bir adım fonksiyon olmayacak, muayyen bir T zaman sabitelli üssel fonksiyon olacaktır. Bu durum bundan sonra bahsedilecek integral (I) ve differansiyel (D) organlar içinde caridir.

Gecikme organı için frekans transfer fonksiyonu :

$$F = \frac{b_0}{a_0 + a_1 p + a_2 p^2 + \dots} = \frac{V}{1 + T_1 p + T_2^2 p^2 + \dots}$$

Burada  $V = \frac{b_0}{a_0}$ ,  $T_1 = \frac{a_1}{a_0}$  ve  $T_2 = \sqrt{\frac{a_2}{a_0}}$

..... dir. Zaman boyutlarına haiz olan  $T_1, T_2, \dots$  katsayılarına zaman sabiteleri adı verilmektedir, yazılan kısmı ikinci dereceden gecikmeye haiz organa alt olan yukarıki denklem teknikte daha ziyade şu formda kullanılır :

$$F = \frac{V}{(1 + pT_1)(1 + p^2T_2)}$$

Yukarıki genel denklemden birinci dereceli gecikme organı içinde :

$$F = \frac{V}{1 + pT}$$

elde edilir.

İntegral (I) organı : Bu organda çıkış, büyüklüğü giriş, büyüklüğünün zamana göre integraline tekabül eder. Bu demektir ki, eğer giriş

büyüküğü bir adım fonksiyonu olarak değişirse, buna göre çıkış büyüklüğü sabit hızla değişir. Bu tarife göre denklem :

$$x_a(t) = V_1 \int x_i(t) dt$$

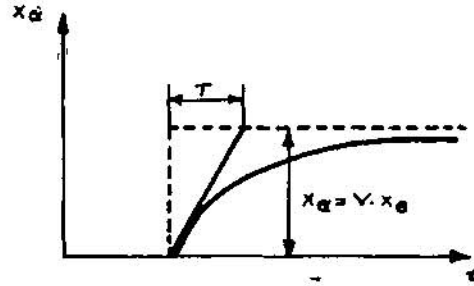
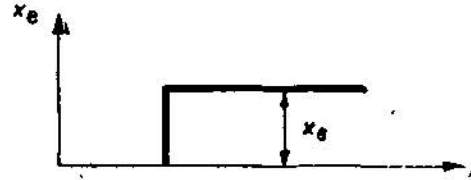
veya:

$$x'_a(t) = V_1 \cdot x_i(t)$$

Frekans transfer fonksiyonu olarak :

$$P x'_a = V_1 X_i$$

$$\frac{Y_i}{P} = \frac{V_1 X_i}{P}$$



Şekil: 5 — Birinci dereceden transfer fonksiyonu

Teknikte  $V_1$  yerine  $\frac{1}{T}$  yazılarak ayarlama zaman sabitesinde belirtilmiş olur.

Genel frekans transfer fonksiyonunda  $a_0$  değeri ortadan kalktığı takdirde integrasyon durumu kendini gösterir. Buna göre İtegrasyon sa-

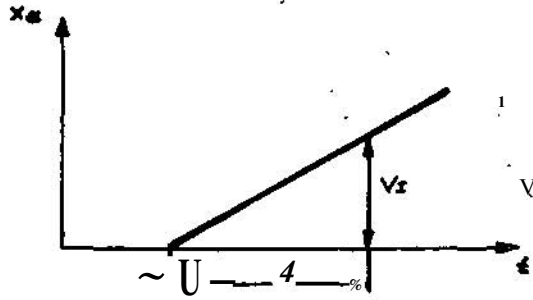
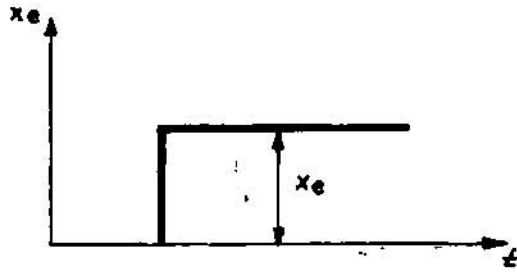
bitesi  $V_j = \frac{b_0}{a_1}$  elde edilir.

Differansiye (D) organı : Bu organda çıkış büyüklüğü, giriş büyüklüğünün zamana bağlı differansiyel denkleminde tekabül eder.

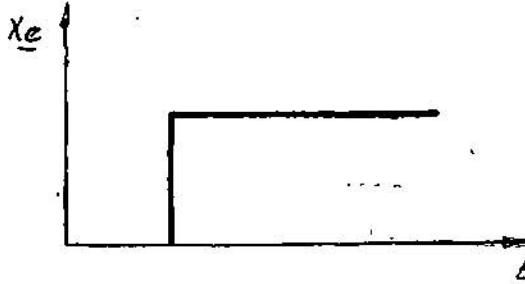
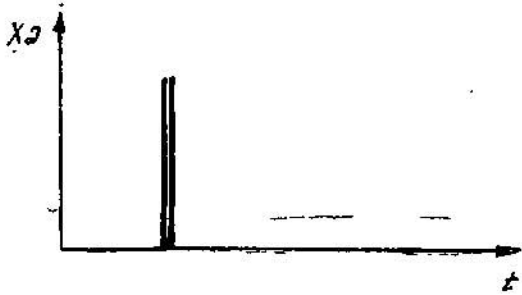
$$x_i(t) = V_D \cdot x'_i(t)$$

Buradan Laplace İle :

$$x_a = V_D \cdot P \cdot x_i$$



Şekil: 6 — Integral organt giriş ptfcj fonksiyonları



Şekil: 7 — Differansiyel organt giriş ve çıkış fonksiyonları

Frekans transfer fonksiyonu :

$$F = V_D \cdot p$$

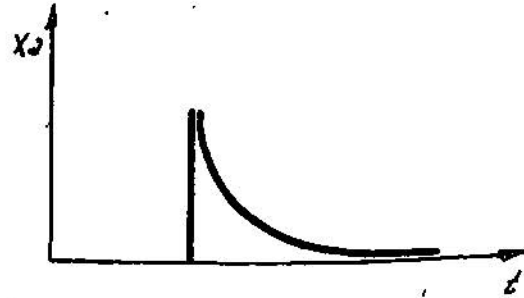
Genel frekans transfer fonksiyonunda  $b_0$  katsayısı ortadan kalktığı vakit, differansiyel durumu kendini gösterir ve buradan Differansiyel

katsayısı  $V_D = \frac{b_1}{a_0}$  değerine eşit olarak çıkar.

...İlerde belirtileceği üzere differansiyel organlar genellikle geri tesirlerde kullanılır. Bu suretle regülatörün ihtiva ettiği parçaların husule getirdiği gecikme zamanlarının tesirleri az veya çok ortadan kalkarak ayar devresinin stabilitesi artırılmış olur.

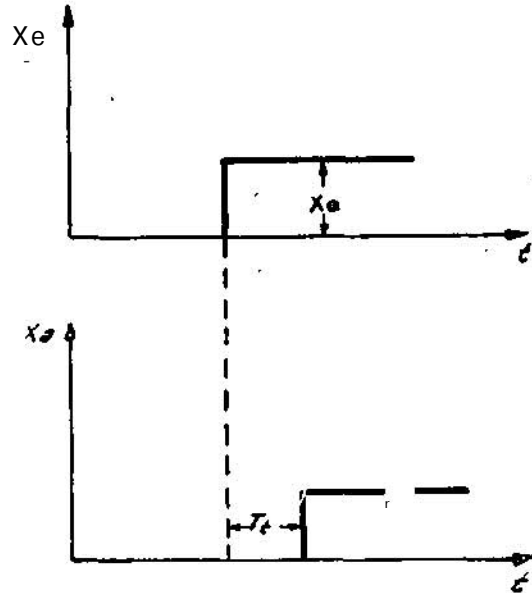
...İğne fonksiyonu adı verilen çıkış büyüklüğü pratikte şekilde görüldüğü gibi üssel bir fonksiyon olarak aşağı iner.

Buna da sebep regülatördeki mekanik parçaların ataletleri veya elektrik parçaların zati endüksiyonlarıdır.



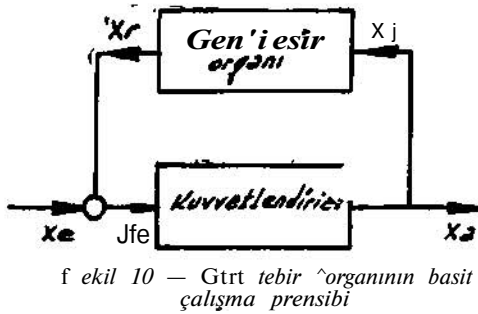
Şekil 8

**ölü zaman organı:** Ayar devresindeki cihazlarda ayar emrinin yayılma hızı bir gecikme doğurur, yani çıkış büyüklüğü giriş büyüklüğünü muayyen bir zaman seyrinden (ölü zaman) sonra takip eder. Bu arzu edilmeyen ölü zaman mümkün olduğu kadar küçük tutulmalıdır, ölü zamanı  $T_0$  İhtiva eden bir sistemde transfer fonksiyonu  $T_0$  miktarı kadar zaman eksenini üzerinde kaydırılmış oluyor.



Şekil 9 — ölü zamanlı ( $T_0$ ) bir transfer fonksiyonu

Gerici tesir organı: Bir çok hallerde regülatörün ölçme organı, doğrudan doğruya «Ayarlama büyüklüğünü» verebilecek kadar kuvvetli seçmek kabil olamaz. Bu durumlarda bir yardımcı enerji kaynağına ihtiyaç hasıl olur; Veyahutda ayar devresinin icab eden noktalarına birer kuvvetlendirici sistemleri ilave etmek icab eder. İşletme esnasında kuvvetlendiricinin karakteristiklerinde zamanla husule gelebilecek değişiklikler regülatörün çalışma durumunu kötüleştirir, bunda mesela bir gerilim regülatöründe şebeke salınımları veya devreden çıkmaları intaç ettirir, işte bu şekildeki yardımcı enerji kaynağındaki salınımların, kuvvetlendiricinin, çıkış büyüklüğünde aşırı titreşimler doğurmasının önüne geçebilmek için «gerici tesir» organı veya organları regülatöre ithal edilir.



Ayardevresine ilave edilen gerici tesir organının kendisinde küçük bir ayar devresi teşkil eder. Şekilden görüleceği üzere onun ayar büyüklüğü kuvvetlendiricinin çıkış büyüklüğüdür. Gerici tesir organı bu büyüklüğü istenilen şekilde sokup geri sevk ederek kuvvetlendiricinin girişine verir. Kuvvetlendirici bu değerlerle, kendi giriş değerini mukayese ederek çıkış değerini artık arzu edilen değere tanzim eder. Şimdi artık kuvvetlendirici giriş büyüklüğü  $X_b - X_j$  olacaktır.

Yukarıdaki şekildeki basit regülatörün frekans transfer fonksiyonu, ayar devresi organlarının bağlantı imkanlarını veren tablodan :

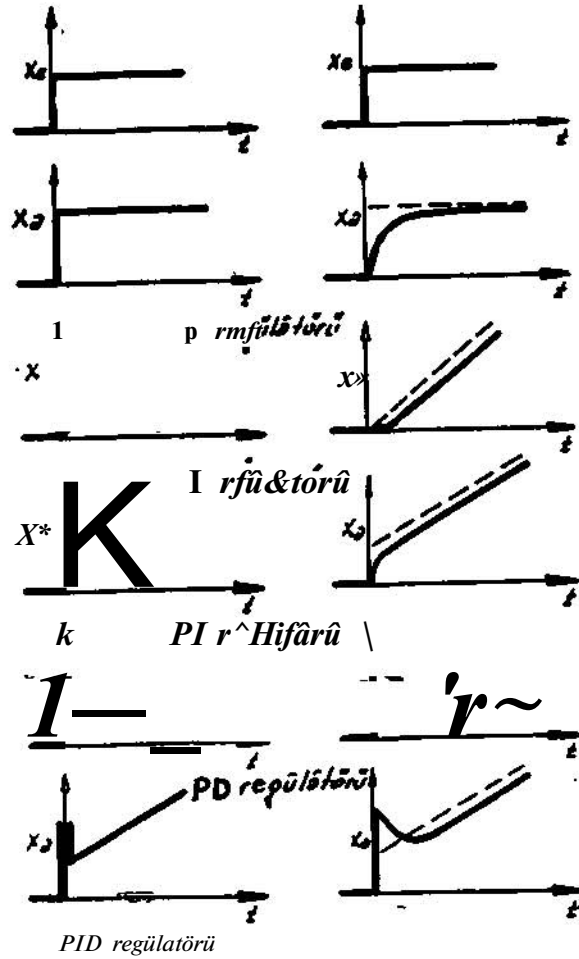
$$F = \frac{X_a}{X_e} = \frac{1}{1 + F_r} \cdot F_v$$

Burada :

$$F_r = \frac{X_j}{X_a} \text{ Gerici tesir frekans transfer Fonksiyonu}$$

slyonu

$$F_v = \frac{X_a}{X_b - X_j} \text{ Kuvvetlendirici frekans transfer fonksiyonu}$$



PID regülatörü

Şekil : 11 — Soldaki fonksiyonlar ideal sağdakileri ise haJdki eğrilerdir.

Denklemden görüleceği üzere kuvvetlendirici derecede büyük kuvvetlendirme faktörüne erişir erişmez, oldukça yüksek frekans değerine

geleceğinden  $\frac{1}{F_v}$  değeri  $F_r$  değerine karşılık

ihmal edilebilecek; böylece kuvvetlendiricinin denkleme tesiri ortadan kalkacaktır. Bu şekilde daha evvelce belirtildiği üzere kuvvetlendiricinin salınım tesirleri, lineer olmayan karakteristik eğri tesirleri ortadan kalkar.

Farklı gerici tesirler regülatörlere farklı özellikler kazandırır :

Statik gerici tesir, regülatöre P oranı tesiri verir. Gerici tesirin ayarlanması ile oranı faktörü, aynı şey demek olan kuvvetlendirme faktörü V ayarlanmış olur. Gerici tesir büyütülürse V küçültülmüş olur veya gerici tesir küçütülürse V büyütülmüş olur. Bu şekilde regülatörün stabilitesine tesir edilebilir.

Elastiki geri tesir, regülatöre I (integrasyon) tesiri verir. Buna sönen geri tesir adı da verilmektedir. Bu geri tesirde, tesir muayyen bir zaman sonra kaybolur. Bu kaybolma zamanı o şekilde seçilmelidir ki, bu arada bir ayarlama olayı seyretmiş olsun. Bunun çalışma prensibi gu şekilde olur : Ayar rejimi esnasında bu geri tesir, tesirini icra ederek regülatörü orantılı yapar ve kuvvetlendirme faktörünü küçük tutar; böylece ayar rejimi kararlı olarak seyretmiş olur. Muayyen bir zaman sonunda geri tesirin tesiri kaybolarak regülatör en büyük kuvvetlendirme faktörünü ve böylece integrasyon tesirini kazanır. Bu şekilde ayar büyüklüğünün ayar değerinden kalıcı sapması husule gelmez.

Gecikmeli igeri tesirde regülatöre D tesiri verir. Geri tesir emri muayyen bir gecikme zamanından sonra kendini gösterir. Bu gecikme zaman sabitesi, ayar rejimi seyrinin bağında ilk anda büyük bir ayarlama büyüklüğü darbesi verilebilecek şekilde seçilir. Gecikme zamanının sonunda geri tesir, tesirini göstermeğe başlar ve ayarlama büyüklüğü darbesini küçükleterek bir aşın ayarlamaya mani olur.

Regülatörler: Yukarda çalışma prensipleri belirtilen organlardan icab edenler alınarak makasada uygun regülatörler teşkil edilir. Bu şekilde teknikte ençok P, I, Pİ, PD, PID, regülatörleri kullanılır. Bunların frekans transfer fonksiyonları:

$$P : F = V$$

$$I : F = \frac{V_i}{pT}$$

$$PI : F = \frac{Vd - pT_n}{pT}$$

$$PD : F = V(1 + pT_n)$$

$$PID: F = \frac{V(1 + pT_n + p^2T_nT_v)}{pT_n}$$

Ayar stabültesi : Bütün ayar devresi organları ataletsiz olsalardı, bu taktirde ayar devresinin etabilitesl bir problem teşkil etmezdi, zira bu durumda ayar büyüklüğünün titreşimi mevzubahis olmayacaktı. Fakat ataletsiz organ mevcut değildir. Son modern regülatörler pratik olarak ataletsiz kabul edilsen bile ayar devresinde; mesela generatörün gerilim ayarında ayar devresine dahil olan ikaz dinamosunun ve generatörün mağnetik olanlarının atalet zamanları ayar büyüklüğünde sönümsüz titreşim doğurabilir.

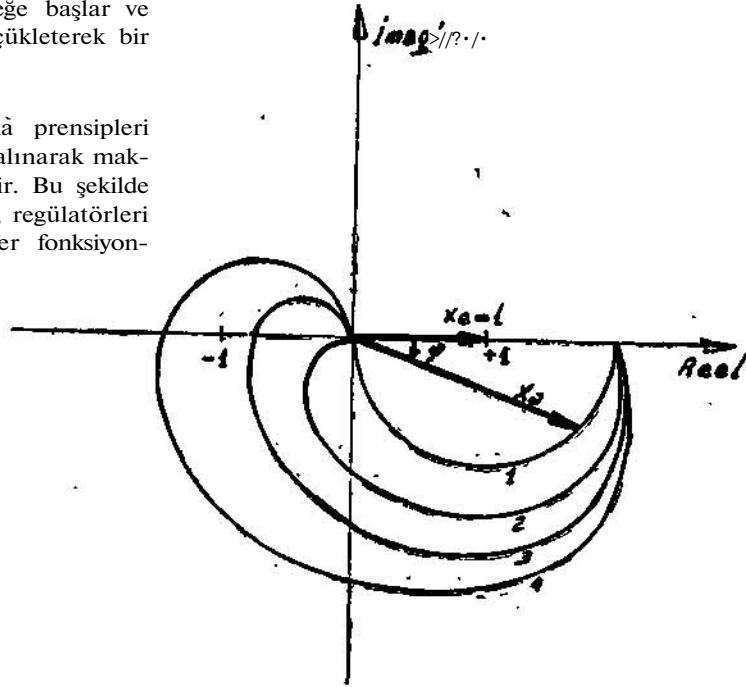
Ayar devresinin stabilitesini etüt için yazının başından beri verilen teori kâfi gelmeyecektir. Stabilitate için Hurovitz, Cremer-Leonhard, Nyquist ve W. (R. Evans kriteriyumları vermişlerdir. Burada basit olarak Nyquistin kriterini verelim :

Bir ayar devresinde çıkış fonksiyonunun giriş fonksiyonuna oranı, yani bütün devrenin frekans

transfer fonksiyonu l'den küçük  $[F \frac{x}{x_0} < 1]$

ise kararlıdır. Bu kriter polar eksenler üzerinde kolayca gösterilebilir :

Frekans transfer fonksiyonunun yer eğrisi, polar eksenlerin, negatif reel eksenini üzerinde -1 ile 0 arasından (0'da dahil) geçiyorsa kararlı bir ayar mevcut demektir.



Şekil 12 - 1, 2, 3 eğrileri stabil 4 eğrisi tabii

## B - J İKAZ HIZININ STABİLİTEYE TESİRİ

Uzun hatlar üzerinden besleme yapan bir generatörün karakteristiklerinin ve ikaz değerlerinin gayet dikkatli seçilmesi gerektiği, bilinen bir hakikattir. Bilhassa bu generatör hidrolik bir generatör (çıkık kutuplu) olursa ikaz seçim durumu danada ehemmiyet kespeder Zira Tur-



bo (Jeneratörlerde kutup sayısı ve devir adedi (3000 d/d) tek olduğu halde (yüksek güçlerde 1500 d/d artık kullanılmıyor) çıkık kutuplu makinelerde kutup sayısı ve devir sayısı çok değişik değerleri içine alan bir sahayı kaplamaktadır. Buna göre ikaz seçimine tesir eden faktörlerden biri olan başta çalışma zaman sabitesinde ( $T^{\wedge}$ ) çok değişik değerler olacaktır. Çıkık kutuplu makinelerde bütün zaman sabiteleri aynı takattaki Turbo (Jeneratöre nazaran daha küçüktürler. Küçük zaman sabitesi, ayar işlemini zorlaştırmaktadır. Zira büyük yük salınımlarında esas alanın değişimi daha hızlı olacaktır. Bu durumda aynı yük sahnımı değerinde hidrolik santral generatorüne ikazın müdahalesi daha seri olmalıdır. Ayrıca ikaz sisteminin boyutlandırılmasında rol oynayan senkron makine reaktansları içinde en mühim yeri transient reaktans ( $X'_d$ ) alır. Bu reaktansın sebep olduğu transient gerilim sıçraması, bu reaktans ne kadar büyükse okadar büyük olur. Hidrolik generatörlerde de ( $X'_d$ ) reaktansı turbo generatörlere nazaran oldukça büyüktür. Buna göre aynı bir yük değişiminde hidrolik generatörde ikaz değeri sapması daha büyük olacaktır. Buda gline, su generatörlerinde ikazın daha hızlı ve daha güçlü müdahalesini icab ettirir.

Keban proojesinde ikaz hızının ütüdüne ait çalışmanın özeti olan bu yazıda önce kararlı çalışmada ve sonra arıza anında (dinamik rejimde) İkaz hızının tesirleri belirtilecektir.

Bir ikaz sisteminin hızı ikaz dinamosunun zaman sabitesine ( $T_e$ ), regülatörün ayar zamanına ve geri tesire bağlıdır. Eğer ikaz dinamosunun zaman sabitesi büyük değerde ise istenildiği kadar seri bir ( regülatör seçilsin, ginede ikaz hızı düşecektir.

tkaz geriliminin değişme hızı demek olan ikaa, hızı, kararlı işletme için büyük bir mana ifade etmez, bunun asıl vazifesi kısa devre, yük-atma v.s. gibi stabiliteyi tehlikeye düşüren ağır arızalarda kendini gösterir.

Ayar rejimi ve ayar hızı, senkron makine geçici rejimi ile tamamen bağıntılıdır. Aslında, burada vektör diyagramları veya park transformasyonları ile geçici rejimi etüt etmek faydalı olacaktı; fakat mevzuu aşın genişletmemek için denklemlere girmeden, pratik olarak geçici rejimin izahı kafi görülmüştür.

Geçici rejimin ana prensibi; indüktif direnci havi bir akım devresinde, ani bir gerilim değişmesinde, sargı akısı ani olarak değişmez (dolayısıyla akım yükselmesi de ani olmaz) zira her akı değişmesi, sargılarda, hadiseden önceki stasyoner akıyı sabit tutacak şekilde bir geçici rejim (dengelem) akımı doğurur. Bu sebepten akım yükselmesi tını olmayıp, bir üssel fonksi-

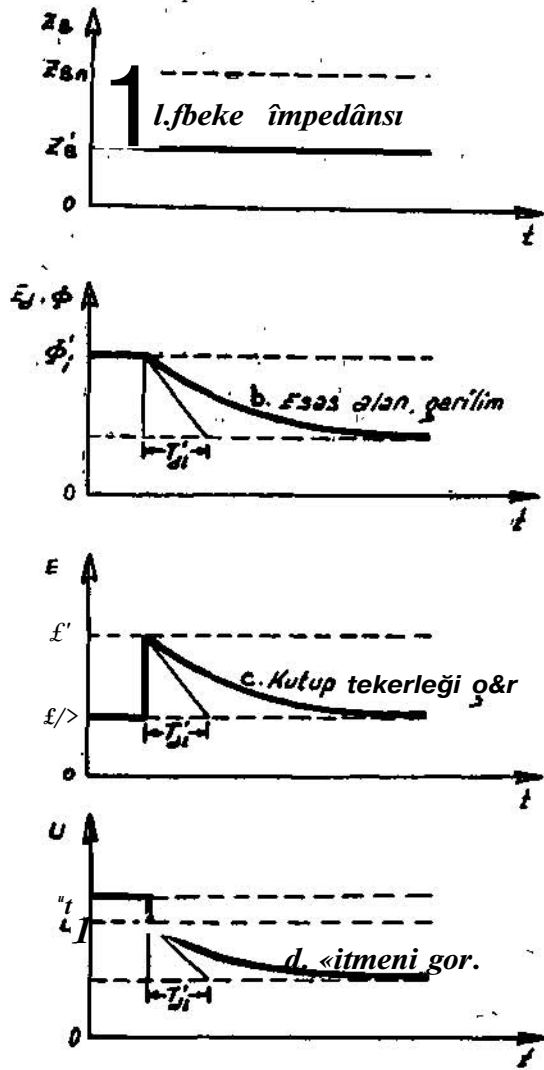
yon şeklinde seyredir. Dengeleme akımı, üssel fonksiyonun zaman sabitesi ( $T'_{dl} = \frac{L}{R}$ ) ile söner

(Jeneratörün uçlarında kısa devre halinde bu durum oldukça karışık bir hal arzeder; zira burada" Stator, İkaz ve Amörtisman sargı devresi diye üç ayrı fluks devresi mevzubahistir. Bu devrelerin doğurduğu, çok çabuk sönen geçici rejim stator akımı doğru akım bileşeni ve ikaz alternatif akın bileşeni, stabilite ve ikaz mevzu ile alftkalij • olmadığından nazarı itibare almayacağız. Ayar rejimi için enteresan olan, geçici rejim esnasmda endüvi reaksiyonu akışının durumudur. Bir kısa devre esnasmda, kapa-11 ikaz devresinde husule gelen karşıt geçici rejim akımından dolayı, generatör alanı, dolayısıyla esas alan gerilimi ilk anda sabit kalır (Şekil : 13). Ani olarak yükselen akım, generatörde bir gerilim düğümü meydana getireceğinden, çıkış gerilimi ani olarak transient ( $U'_j$ ) değerine düşer, Endüvi reaksiyonu neticesi, kutup tekerleği gerilimi  $E'$  değerine sıçrar. Generatör, ilk anda bir transformatör gibi çalışır.

İşte bu esnada ikaz, süratli bir ilave ikazla yükseltlmezse, kutup tekerleği gerilimi yük-zaman sabitesine göre eski değerine üssel bir eğri ile düşer. Aynı zamanda, esas alan gerilimi ve klâmens gerilimleri de düşer. Bu düşmeyi önlemek için endüvi bileziklerine gelen gerilimi, muayyen bir ikaz hızı ile yükseltmek lâzımdır. Bilezik gerilimini sıçrama şeklinde yükseltmek pratik olarak imümkün olamayacağından (ikaz sisteminin ataletinden dolayı) kutup tekerleği geriliminde geçici bir düşme kaçınılmaz olacaktır. (Şekil: 14).

İkaz sisteminden, 50 % artık empedanslı bir kısa devrede (burada tahminen 80 •% artık gerilime tekabül eder.) engeç 0.5 saniyede kutup tekerleği gerilimini başlangıç değerine getirmesini ve bunun, ayar rejimi esnasmda en fazla, geçici olara 5 \*% düşmesini temin etmesi istenir. Eğer bu şart yerine getirilebilirse, kutup tekerleği gerilimi pratik olarak sabit kabul edilebilir. Büyük firmalarda • genel olarak 0.5 saniye şartına göre ikaz hızı hesaplanır ve bulunan değerinin 5 % şartını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir.

tkaz hızının tarifini yapmadan önce, ikaz akımı ile ikaz makinesi gerilimi arasında linear bir bağıntı olduğunu kabul etmek, hesaplan kolaylaştırarak ve yorucu grafik metotlara başvurmayı önliyecektir. Bu kabulde, bileziklerdeki tranfer geçiş fonksiyonu tam bir üssel fonksiyon olarak mütala edilmiş oluyor. Hakikatte, ikaz makinesinde doymadan dolayı ikaz devresi indüktivitesi değişecek, dolayısıyla üssel fonk-



6ÿyonda sapma zuhur edecektir. Aynı zamanda, kutup tekerleği devresi zaman sabitesi de. deđi-  
şecektir. Fakat, doymanın bu tesirini nazarı iti-  
bare almadık, bizi büyük bir hataya götüreme-  
yecektir.

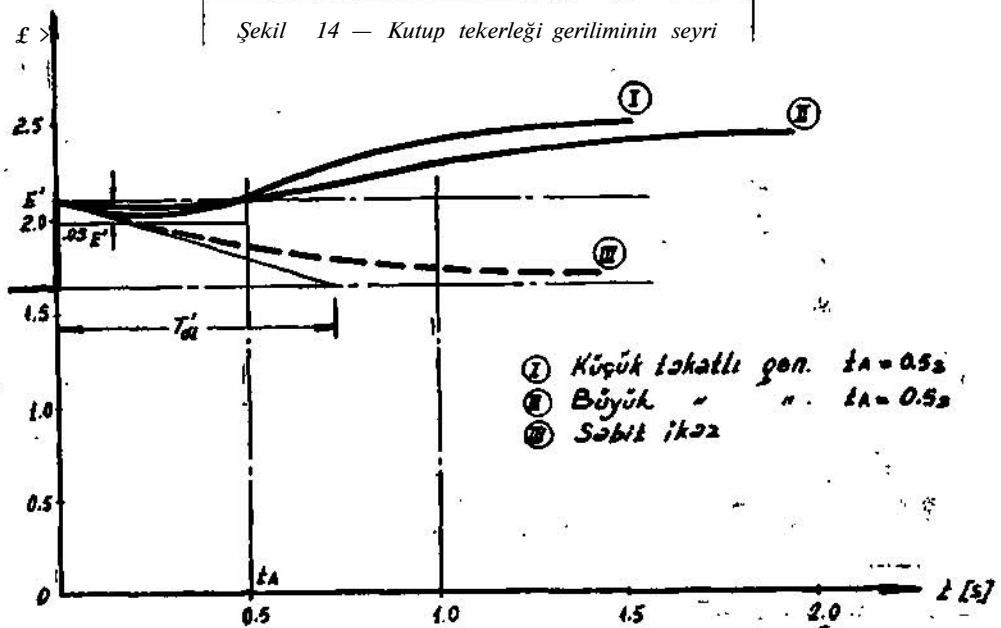
Daha önce de belirtildiği üzere, ikaz hızı, sa-  
niyedeki ikaz gerilimi artmasının ( $\Delta U_s/U_m$ ), no-  
minal ikaz gerilimine oranıdır.

$$a = \frac{\Delta U_s / U_m}{At} \left( \frac{\text{san.}}{1} \right)$$

Buradaki nominal ikaz gerilimi generatörün no-  
minal işletmesine tekabül eden ikazdır. İkaz hızı  
aşağıdaki gibi hesaplanır :

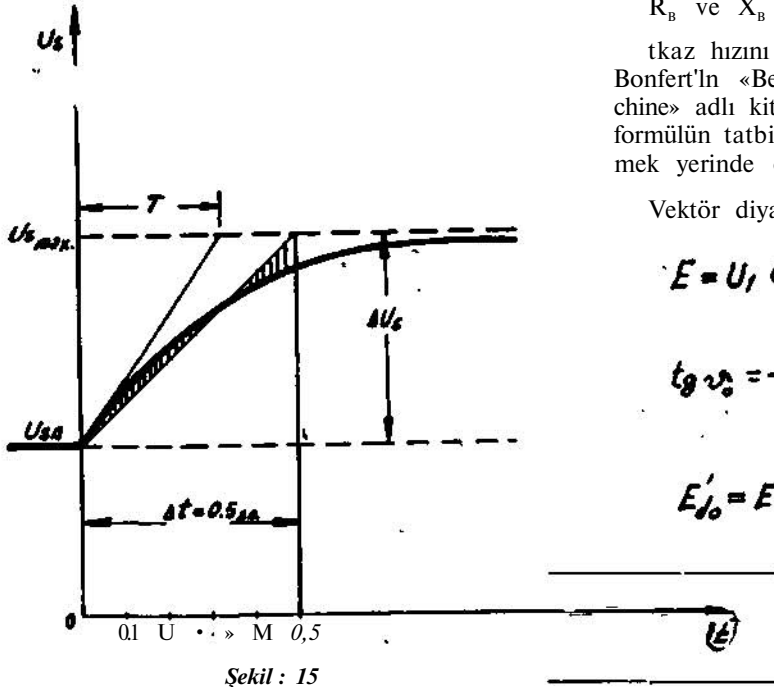
Makine nominal hızda nominal gerilimi ve-  
recek şekilde ikazlanarak boşa çalıştırılır; ikaz  
devresindeki ayarlama direnci ani olarak kısa-  
devre edilir; devreden direnç kalktığı için ikaz  
gerilimi max. değerine yükselecektir. Şekilde  
görüldüğü gibi bu gerilim eğrisinin altında  
 $t = 0.5$  saniye apsis noktasına kadar olan sa-  
haya eşit bir saha verecek şekilde toir doğru çı-  
zilirse, bu doğrunun eğimi ikaz hızını verir. Doğ-  
runun altındaki saha volt-saniye boyutunda ol-  
duğu için, kutup tekerleği akı; boyutu ile aynı  
olacak ve dolayısıyla doğrusal gerilim yüksel-  
mesi, hakiki gerilim yükselme eğrisinin, kutup  
tekerleğinde doğurduğu akı değişmesine eşit ola-  
caktır.

Şekil : 13 — Sabit ikazda senkron motor geçiş  
fonksiyonları



Şekil 14 — Kutup tekerleği geriliminin seyri

- Ⓘ Küçük tahallü gen.  $I_A = 0.5s$
- Ⓙ Büyük " "  $I_A = 0.5s$
- Ⓚ Sabit ikaz



Artan ikaz geriliminin erişeceği max. değer (ceiling voltage) ne kadar büyük olursa, doğru da o kadar diklenecektir. Bu demektirki, ikaz hızı, max. ikaz geriliminin (ki buna rezerve ikaz demek daha doğru olacaktır) artması ile artar. Erişilebilen max. ikazın nominal yük ikazına oranı «aşırı ikaz katsayısı»m yerir.

$$\bar{u} = \frac{U_{s_{max}}}{U_{in}}$$

Yaptığımız hesaplarda, Keban projesinde bu katsayısının 3 civarında olması gerekmektedir.

İkaz hızını veren formül :

$$i = \frac{E' - U'}{R_B + (X_q + X_B)} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_{dL}}} \right)$$

Burada : E' Kutup tekerleği gerilimi transient değeri,

E<sub>n</sub> Kutup tekerleği gerilimi nominal değeri,

T<sub>dL</sub> Transient yük-zaman sabitesi.

$$T'_{dL} = T'_{d0} \frac{E'_{d0}}{E'} = T'_{d0} \frac{R_B^2 + (X_q + X_B)(X'_d + X_B)}{R_B^2 + (X_q + X_B)(X_d + X_B)}$$

R<sub>B</sub> ve X<sub>B</sub> yük empedanslarıdır.

İkaz hızını veren formülün elde edilişi, K. Bonfert'in «Betriebsverhalten der Synchronmaschine» adlı kitabında mevcuttur. Yalnız burada, formülün tatbikatı için lüzumlu denklemleri vermek yerinde olacaktır.

Vektör diyagramlarından :

$$E = U_1 \cos \psi_0 + I_1 X_d \sin (\psi_0 - \varphi_0)$$

$$\tan \psi_0 = \frac{I_1 X_q \cos \varphi_0}{U_1 - I_1 X_q \sin \varphi_0}$$

$$E'_{d0} = E \frac{X'_d}{X_d} + U_1 \left( 1 - \frac{X'_d}{X_d} \right) \cos \psi_0$$

Burada, X<sub>J</sub> ve I<sub>J</sub> yerine (1) koymak gerekir.

$$I' = E'_{d0} \frac{\sqrt{R_B^2 + (X'_q + X_B)^2}}{R_B^2 + (X'_q + X_B)(X'_d + X_B)}$$

• V değerinden U' hesaplanır; buradan da E' hesaplanabilir.

$$U' = f, U_4'$$

$$E' = E'_{d0} \frac{X_d}{X'_d} - U_1 \left( \frac{X_d}{X'_d} - 1 \right) \cos \psi'$$

$$\tan \psi' = \frac{I' X_q \cos \varphi'}{U_1 - I' X_q \sin \varphi'}$$

Bu denklemler yardımı ile, yukarıda verilen formülden (a) ikaz hızı hesaplanır. Bulunan değer, ayar rejimi esnasında kutup tekerleği geriliminin 5 %den daha fazla düşmemesi şartını sağlayıp sağlamadığı tetkik edilmelidir. Bunun için aşağıdaki denklemlerden faydalanılır.

$$E_{(t)min} = E_n \left[ \frac{1 + a T_{dl} \ln \frac{E'}{E_n} - 1 + a T_{dl}}{a T_{dl}} \right]$$

Denklemden  $E_{min}$  yerine  $0.95 E'$  konarak,

$$\frac{0.95 E'}{E_n} - 1 = a T_{dl} \ln \frac{E'}{E_n} - 1 + a T_{dl}$$

elde edilir. -

Yalnız bu denklemi a'ya göre çözmek mümkün değildir. Ancak seriye açmak suretiyle çözülebilir.

Bu takdirde de hata büyük olacaktır. Ancak, ilk ikaz hızı (0.5 saniye şartı) denkleminde bulunan  $a$  değerinin bu denklemi sağlayıp sağlamadığı kontrol edilerek bir optimum  $a$  değeri bulunur.

Gerekli ikaz hızı  $a$   $\left[ \frac{1}{\text{san}} \right]$  hesaplandıktan sonra, buradan gerekli ikaz yükselme hızı  $A$

$\left[ \frac{\text{volt}}{\text{san}} \right]$  çıkarılabilir.

$$A = a \cdot U_{sn}$$

$U_{sn}$ : nominal ikaz gerilimi.

Gerekli, max. erişilebilecek ikaz gerilimi ve aşırı ikaz katsayısı :

$$U_{smax} = U_{sn} + A \cdot \Delta t$$

$$\ddot{U} = \frac{U_{smax}}{U_{sn}}$$

Şimdi, ikaz hızının statik ve dinamik stabiliteye tesirini belirtmek, problemin önemi hakkında sarıh bir bilgi verir.

### I - KARARLI İŞLETMEDE SERİ İKAZ :

Normal işletmede, ikaz sisteminden istenen ana vasıflar :

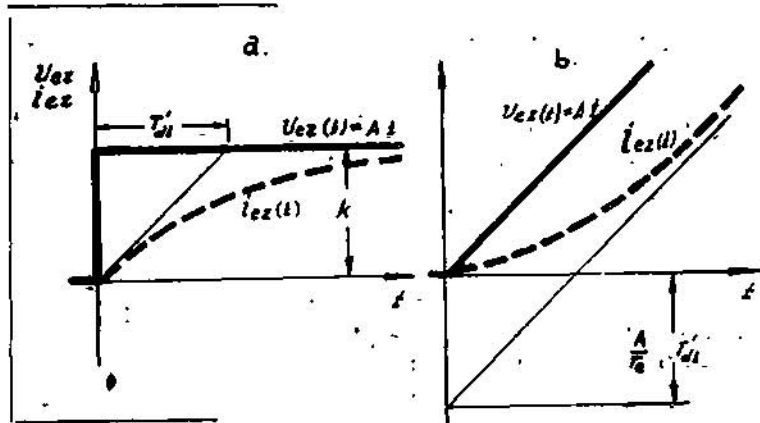
- Gerilim salınımlarını sınırlaması,
- Kararlı reaktif takat dağıtımı,
- Generatörün statik stabilite sınırını genişletmek.

Bu husulara ilâveten, uzun bir hat üzerinden çok zayıf yük veren (veya boşta çalışan) generatörün ikaz şartının temini

### GERİLİM SALINIMLARININ SINIRLANMASI :

Gerilim salınımlarını küçük tutmak, eskiden beri ikaz sisteminden istenen en belli başlı şarttır. Bir ikaz sistemi, generatörün çıkışlarında veya şebekeğin herhangi bir noktasında her türlü şartlarda gerilimi sabit tutabilsen idi bu ikaz-idealdir ikaz olurdu. Fakat bu hal, cihazların ataletlerinin doğurduğu zaman sabitlerinden dolayı hiçbir zaman realize edilemez. Yalnız, hassas ve hızlı bir reglaj sistemi seçmekte bu şartınlar kabili tecviz değerlerin altına düşürülebilir.

Başlangıçta teorik olarak izah edildiği üzere, gerilim salınımlarını küçültmek için, ikaz sistemi vasıtasıyla senkron generatörün kutup tekerleği akımına seri bir tesir irca etmek gerekir. Meselâ, senkron makinenin jilezlklerindeki ikaz gerilimi, sabit ayar d'ğerinin üstüne bir sıçrama şeklinde yükseltilsin. Bu takdirde, ikaz akımı, generatörün yük-zaman sabitesi ( $T'_{dl}$ ) ile artan bir üssel fonksiyon olarak seyrederek, ikaz geriliminin böyle bir sıçrama yapması, meselâ ancak, ızgara kumandalı redresör ikazları ile mümkün olabilir. Normal ikaz sistemleri ile



Şekil: 16

senkron makinenin ikaz geriliminin değişmesi sıçrama şeklinde olamayıp, ikaz yükselme hızına ( $A$ ) bağlı bir şekilde yükselir. (Şekil: 16).

Buna bağlı olarak ta ikaz hızı hemen yükselmez. Fakat ikaz geriliminin yükselme hızı ne kadar büyükse, ikaz akımının yükselme hızı o kadar çabuk olur. Bilindiği üzere, ikaz geriliminin yükselme hızı da ikaz makinesinin alan sabitesinin küçük olmasıyla artacaktır.

Böyle bir yüksek hıza erişmek, ancak hassas bir reglâtör ve kuvvetlendiricisi (amplifikatör) ile mümkündür. Bu da ancak ataletsiz ölçme sistemi ve mümkün olduğu kadar küçük, zaman sabitesine, uygun geri tesir organına

havi regülâtöre ve kuvvetlendiriciye sahlbolmakla mümkün olacaktır. Fakat şunu da göz önüne almak lâzımdır ki, ikaz makinesinin tör ölçme sistemi ne kadar küçük ve regülâtör ölçme sistemi ne kadar hassas olursa olsun, ayar zamanı büyük İse, bu sistem önemli bir fayda sağlamaz. Senkron makinenin bilezlikle- rindeki ikaz gerilimi yükselme hızı '(A) mevzu- bahis olduğundan, komple İkaz sistemi nazarı itibare alınmalıdır.

Bütün bu İzahattan anlaşıldığı üzere, gerilim salınımlarım küçük tutabilmek için, komple İkaz sisteminin hassas ve seri çalışması gerekir.

#### KARALI BEAKTİF TAKAT DAĞILIMI :

Bir senkron generatörün yalnız başına bir müstehlik şebekesini beslemesi halinde, reaktlf takat şevki, bir stabilite problemi doğurmaz. Bu esnada ayar eğrisi statik (Gerilimi reaktlf takat artımı ile düşer.) veya astatik (Gerilini, reaktlf takat değişimine bağlı olmayıp, sabit- tir.) olarak seyretsin. Burada stabilite değil, gerilimi sabit tutma problemi ehemmiyet kes- beder.

Bir çok generatörlerin müşterek bir müsteh- Uk şebekesini beslemesi demek olan paralel ça-lışmada ise, her bir generatör üzerine kararlı reaktif takat dağılımı, statik bir ayar eğrisi ile mümkün olur. Bu eğik ayar eğrisinin, ayar sis-temi hızı ile fazla bir alâkası olmadığından, kar- rarlđ reaktlf takat dağılımı için ayar hızı önem- li değildir.

#### İKAZ HIZI tLE STATİK STABİLİTE .SINI- RİNİN GENŞLETİLMEST:

Yüksek bir ikaz ile kararlı taşman takatin çok artırılabilđi denklemlerden hemen görüle- bilir. Kutup tekerleği açısına bağlı olarak gene- ratörün aktif takat denklemi (çıkık kutupluda.) :

$$P = \frac{E_d U}{X_d} \sin \delta + \frac{U^2}{2} \frac{X_d - X_q}{X_d \cdot X_q} \sin 2\delta$$

Yuvarlak rotorlu için ( $X_d = X_q$ ) :

$$P = \frac{E_d U}{X_d} \sin \delta$$

önce, ikazı artırmanın taşınan kararlı takata ne şekilde tesir ettiğini kısaca etüt etmek yerinde olur. Yukarıdaki denklemlerden, yuvarlak rotorlu generatör için. eğri şekilde gösterilmiştir. Taşın- an takatin kutup tekerleği açısına göre değerle- rini veren bu eğrinin max. noktası 90° ye tekabül etmektedir. Çıkık kutupluda ise denkleme İlâve olan ikinci kısım (reaksiyon momenti) sebebi ile max. değer 90° nin bir miktar altındadır. Max. açının üstünde bir işletmede stabilite kriter

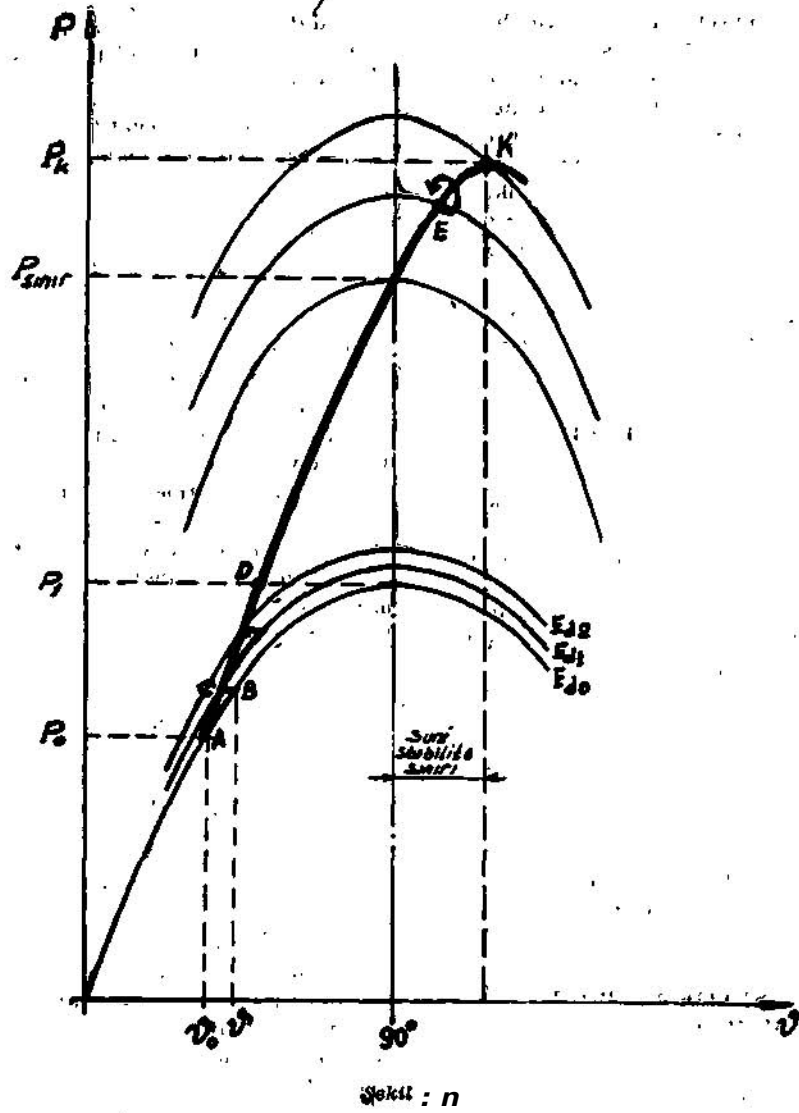
yumu  $\frac{dP}{d\delta} > 0$  tahakkuk etmeyeceğinden, yani

0 noktadaki teğet negatif olacağından, kararlı bir çalışma mümkün olmaz; makine devreden çıkar.

Şimdi, sabit İkazda ( $E^{\wedge}$ ) elde edilen bu eğri üzerinde bir A ( $P_o, \dots$ ) noktasında çalışılın ve ve taşınan takati yükseltmek istiyelim; genera- tör tahrik makinesinin (Türbin v.s.) tahrik mo- mentini artırırız. Bu takdirde işletme noktası tahrik takati, şebekeye verilen elektrik takata eşit oluncaya kadar eğri üzerinde ilerleyecek ve B noktasına gelecektir. Bu esnada çıkış gerilimi düşecek ve  $\delta$  açısı büyüyecektir. Çıkış gerilimini eski değerine getirmek için ikaz akımı artırılır. Bunun neticesi olarak kutup tekerleği gerilimi ( $E^{\wedge}$ ) dan ( $E_{d1}$ ) e yükselir, işletme noktası yeni ( $E_{d1}$ ) değerine tekabül eden (2) numaralı eğri üzerinde C noktasına gelir; bu esnada  $\delta$  açısı da küçülür. Böylece, tahrik takati artırılırken ikazı da devamlı artırmakla, işletme noktası daha dik seyreden AD eğrisi üzerinde yükselir. Ve sabit ikazda ( $E^{\wedge}$ ) max. kararlı takat  $P_c$  iken, eğri üzerinde ( $P_{imr}$ ) değerine kadar artırılabilir. AD eğrisine «dış karakteristik eğrisi» adı verilmek- tedir. Normal hızda bir regülâtör bu iş için kâ- fidir.

Yüksek ikaz hızında ise (Şekil: 17) de görü- len «suni stabilite» sahası içinde de stabl ça-lış- ma mümkündür. Halen bir çok memleketlerde, suni stabiliteden, faydalanılarak 110° ye kadar normal İşletme yapılmaktadır. Suni stabilite ile kararlı sınır takat ( $P_c^{\wedge}, \dots$ ) daha da yükseltilerek şekilde görüldüğü gibi,  $P_k$  değerine erişebilir. Suni stabilite teorisinin izahı ve suni stabilite sahasını genişletmek, dinamik rejimde de bu sa- hada emniyetle çalışabilmek için, ikaz sistemine, kutup tekerleği açısını ölçerek ikinci bir ikaz Impul- su veren bir organ ilâvesine ait yazı «Elekt- rik Mühendisliđi Mecmuası» 1960 Mart-Nisan sa- yısında yayınlanmıştır.

Aşağıdaki şekilde bir Siemens mühendisi ta- rafından, Senkron Makine Frekans Transfer Fonksiyonu, digital kompütür'de programlaştı- nılarak mağnetik amplifikatörlü reglâj ile stabi- lite sınırın tayini görülmektedir. Bu program, yar- dımı İle makine ve regülâtör karakteristiklerine göre senkronlayıcı katsayı hesaplanıp frekans ge- çiş fonksiyonundan kararlı ve kararsız İşlet- me noktaları tesbit edilerek enterpolasyonla stabi- lite sınırın tayin edilmiştir. !Bu rnetotla ilgili malûmat, «Elektrik Mühendisliđi Mecmuası\* «Ağustos 1964 sayısında «Senkron Makine'de Di- namik Rejim» isimli yazıda mevcuttur.



### İKAZ HIZININ DİNAMİK STABİLİTEYETESİRİ :

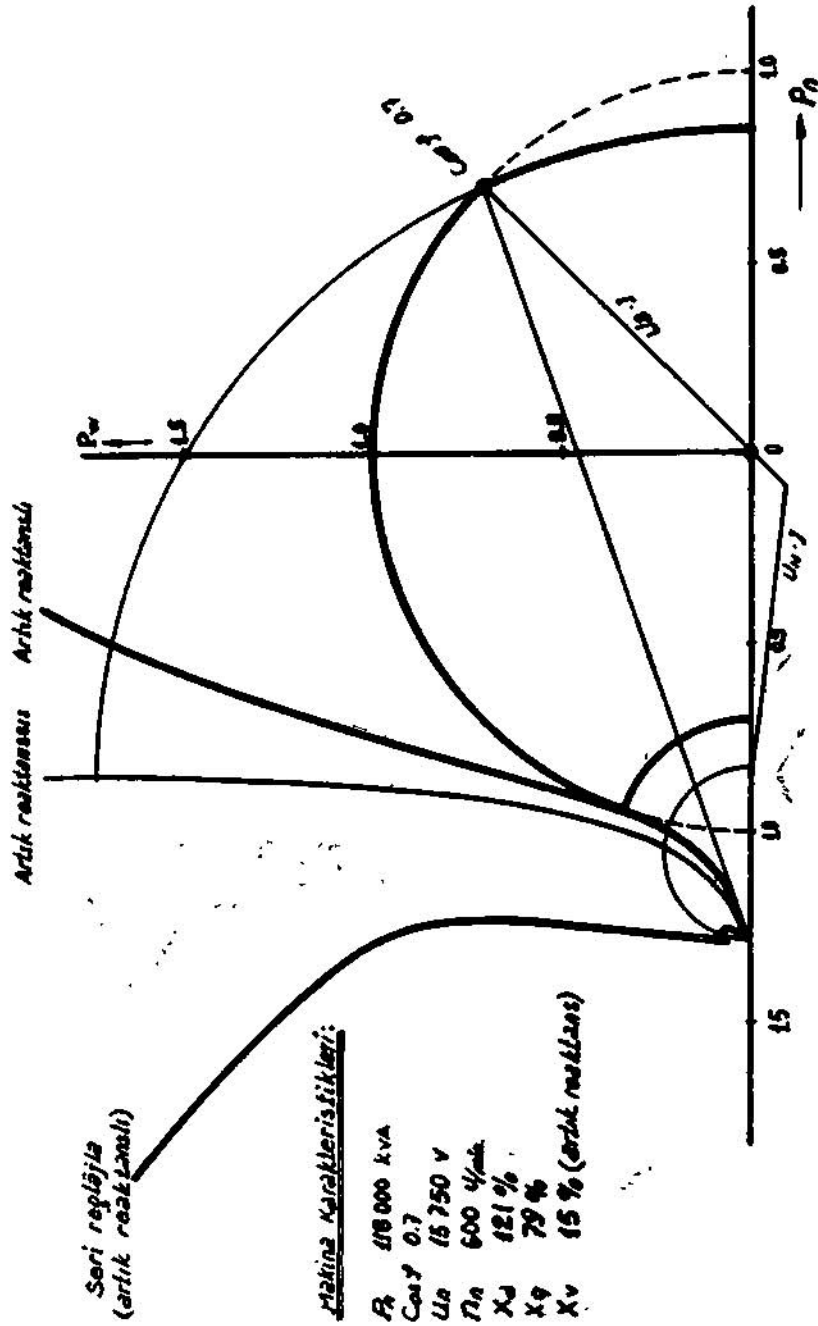
Kısa devreler, ani yük darbeleri ve yük atmaları gibi ağır arızalarda stabilite daha ziyade korunma (röle v.s.) ve Şalt problemidir. Bununla beraber, ikaz hızının da dinamik stabiliteye tesiri büyüktür. Bilhassa ilk salınım titreşiminin birinci yan periyodundan sonra tam etkisini gösterir. Burada max. erşilebilen İkaz gerilimi (celling voltage) büyük rol oynar.

Dinamik, stablitede arızadan önceki İşletme durumundan, arızanın > doğurduğu duruma geçiş hem elektrikl,,, hem, de,, mekanki salınımlarla olur,, (Statik-etabılıtede sadece elektrüd salınımlar mevzubahistir,) Burada, çok kuvvetli işah-

nımlar doğurmaları bakımından gerilim,, akım ve frekansın da etkileri büyüktür.

Kısaca da olsa, dinamik stabilitenin teorisini vermek ve buradan ikaz hızının buna tesirini incelemek çok geniş bir hacmi kapsayacağı için, bu bölümde, daha detaya inmek isteyen okuyucuya, yazının sonunda verilen literatürden faydalanmasını tavsiye ederiz.

Literatürde,, birçok makinelerden, anza esnaında, alınan, ossilögramlarda, statik şuur takatın, oldukça büyük olan dinamik sınır takatın, serri, ikazla, (darbe, ikazı) daha da arttığı ve bu ikaz vasıtası İle, birçok hallerde devreden çıkma- ların önlenđiđi kolayca görülmektedir.



Şekil : 18

## FAYDALANILAN ESERLER :

### Kısım I — Ayar tekniği:

W. Oppelt (Almanca), Kleines Handbuch Technischer Regelvorgänge

Th. Laible (Alm.), Grundlegende Betrachtungen über das Problem der Spannungsregelung von Generatoren.

O. Föllinger ve G. Glöde\* (Alm.), Dynamische Struktur von Regelkreisen A. -E.G. Intern yayın.

O. Föllinger ve G. Glöde (Alm.), Lineare Übertragungssysteme. A.E.G. Intern yayın.

A.E.G. Hilfsbuch (Alm?), A.E.G. Intern yayın. Siemens Formelbuch (Alm.), Siemens Intern yayın.

Zwetz (Alm.), Über die Stabilitätsgrenzen und die optimale Reglereinstellung bei der normalen Spannungsregelanordnung. Siemens Intern yayın.

F. Kummel (Alm.), Stabilisierung von Regelkreisen Regelungstechnik 1958 heft 6.

W. Kaufhold (Alm.), Stabilität, lineare und quadratische Optimierung bei der Spannungsregelung. Siemens Intern yayın.

### Kısım II — Teknikler:

K. Bonfert (Alm.), Betriebsverhalten der Synchronmaschine.

H. Achenbach (Alm.), Regulierung grosser Wasserkraftgeneratoren ETZ-Ätzeheft 7.

A. Sonnleithner (Alm.), Probleme der Spannungsregelung bei grossgeneratoren. österreichische Zeitschrift «ir Elk. August 1958.

K. E. Johanson (Alm.), Spannungsregelung von Synchronmaschinen AEE - 1960 heft 3.

J. Tittel (Alm.), Synchron Blindleistungsmaschinen grosser Leistungen.

N. Taylan (Türk), Synchron makinede dinamik rejim. Elekt. Müh. Mec. sayı 91-92.

N. Taylan (Türk), Elektrik makinelerinde geçici rejim etüdü için yeni metotlar. Elek. Müh. Mec. sayı 85-86.

Th. Leible (Alm.), Das Verhalten der Synchronmaschine bei Störungen der Stabilität. Bulletin Oerlikon 1955-310.

Th. Leible (Alm.), Versuche im Lünereckwerk. Bulletin Oerlikon 1960-339.

Th. Leible (Alm.), Spannungsänderungen eines Generators beim Schalten von Blindlast. Bulletin Oerlikon 1960-340.

A. Kaminski Al (m.), Stabilität des elektrischen Verbundbetriebs.

J. Tittel (Alm.), Drehstromgeneratoren im Verbundbetrieb.

J. Tittel (Alm.), Ausgleichvorgänge in Synchronmaschinen bei plötzlichen Blindlaständerungen.

Kovacs (Alm.), Lösung regelungstechnischer Fragen asynchroner und synchroner Maschinen. Ägelungstechnik 1961 Heft 9.

Rumpel (Alm.), Zur Analogie Untersuchung von Synchronmaschinenproblemen Siemens Intern yayın.

R. Keller (Alm.), Die Beherrschung der Selbsterregung bei Synchrongeneratoren SEV 1949 Nr. 7.

H. Kleinrath (Alm.), Die Dynamische Überlastbarkeit von Synchronmotoren E und M Jahrgang 79 heft 3.

D. Rumpel (Alm.), Stationäre Betrachtungen zur Stabilität von Synchronmaschinen mit Spannung und Winkelregelung ETZ-A 1961 heft 5.

Waldvogel (Alm.), Theorie der Spannungshaltung einer auf eine lange Leerlaufende Leitung arbeitenden Drehstrommaschine B. B. C. 1945 Nr. 8.

W. Hochstetter (Alm.), Dynamische Verhalten von Synchrongeneratoren mit lastabhängigen Erregungssystemen. ETZ-A 1965 heft 38.

J. Tittel (Alm.), Die Reaktionen und Vektordiagramme der Synchronmaschine bei Ausgleichvorgängen. Siemens Intern yayın.

H. Henning (Alm.), Die Erregungsgeschwindigkeit von Erregermaschinen Regelungstechnik - 1954 Heft 9.

Crary (Ing.), Power System Stability Part II.

Achenbach (Alm.), Klemmenspannungsverlauf eines Synchrongenerators bei induktivem Laststoss Siemens Intern yayın.