

mak lâzımdır. Ağaç direkler üzerinde çekilmiş yüksek gerilim hatlarının yıldırımına karşı korunması mevzuubahis olduğu zaman, yıldırım tehlikesi fazla olan noktalarda, koruma hatları ile korunması ve herbir direğin de topraklanması icap eder. Şekil 77. böyle bir direği göstermektedir.

Melvinin 66 üe 132 kV. luk hatlar üzerinde çalışmaları neticesinde varmış olduğu netice şudur. Transmisyon hatlarında ağaç direkler kullanmak faydalı değildir. Bundan başka yıldırım tesirini asgari hadde indirmek için üç umumî tip tarif etmektedir.

a — **Toprak battı** bulunmayan sistemlerde kuvvet nakili kullanılarak saptırılır. Bu tipten istenilen şey, yapılan operasyonun muvaffak olması için, mümkün olduğu kadar tecrit edilmiş iyi bir topraklamayı şart koşar ki bu hal yüksek voltajların derecesine göre umumiyetle tatbik edilebilir.

b — Alçak gerilimlerde parafudrlar kullanılır. Bunlar alçak gerilim hatlarında bir çok mahalleri için kullanıldığı takdirde ekonomik ve avanta] hdir.

c — Basit bir tasarı ki bunda hususî bir tecrübe yoktur. Yıldırımına karşı korunma yapılabilir.

## Döner alan elektrik motorları için «HAYLAND» diagramının önemi

Zeki SERTTAŞ  
T Müh.

Elektrik motorları sanayiinde ve pratikte döner alan motorları için Hayland diagramının önemi büyüktür. Bu diagramı birkaç done ile çizdikten sonra motorun meçhul birçok teknik evsafını diagramdan bulmak mümkündür. Diagramı çizmek için motor boşta çalışırken çektiği boş akımı, boş elektrik gücü, rotor sabitken de aynı şekilde çekilen kısa devre akımı ile kısa devre gücü ölçüldükten sonra bu ölçülerden gerilimle akım arasındaki boş ve kısa devre faz kaymaları hesaplanır. Bu suretle boş akım değeri ve yönü ile kısa devre akım değeri ve yönü aynı makyas üzerine çizildikten sonra diagramdan şu ehemmiyetli diğer değerler kolaylıkla elde edilir:

Motor tesmiye akımı değeri ve yönü verildiği zaman, rotor akımını, motorun detay zayıatlarını, dönme momentini, alınan ve verilen motor gücünü, yani randımanı, azamî dönme momentini, devir adedi varyasyonlarını direkt olarak diagramdan okumak.

Bu bilgiler, hesaplanmış ve imal edilmiş bir motorun konstrüksiyon kontrolü için konstrüktör mühendise ne kadar önemli ise pratikte de çevrilecek bir makine için intihap

edilen motorun etüdü için de işletmeceye aynı derecede önemi haizdir.

Diagramı çizmeden evvel döner alan motorlarının hususiyetini izah edelim:

Döner alan motorunun rotorunu sabit tuttuğumuz zaman bir transformatörden farkı yoktur. Stator dan çekilen akım transformatörlerin primer akımı gibi müşterek miknatis akısı (0) yi, stator ve rotordaki gerilim düşüklüğünü karşılamaya yarar. Burada da primerden çekilen akım sekonder akımı ile mütene nasiptir. Aradaki bariz fark bu motorlarda çekilen miknatisiyet akımı değeri rotor ve stator arasındaki hava boşluğundan dolayı transformatörlerden daha fazla oluşu, yani transformatörlerde bu akım tesmiye akımının % 5-10 arasında iken motorlarda % 20-40 arasında olması, buna mukabil motorlarda kısa devre gerilimi tesmiye geriliminin % 20 - 40 olduğu halde transformatörlerde % 2 - 6 arasında olmasıdır. Ayrıca rotordaki frekans transformatörlerde olduğu gibi primer frekansının aynı değil, devir kayması ile mütene nasip olup 1-2 gibi çok küçüktür. Meselâ statora verilen trifaze akımının döner alan devir adedi (nd), akım frekansı (f) olursa, (P) çift kutup için (nd)

$$nd = \frac{60 \cdot f}{P} \text{ olur.}$$

Rotor ~~nTana~~ döner alan tesiri ile husule geldiği için rotor sabit kaldığı müddetçe rotordaki periot adedi statordakinin aynı kalır. Rotor serbest olduğu zaman döner alan muayyen bir dönme momenti ile beraber sürükler fakat artık rotorla döner alan devirleri aynı kalmaz, çünkü aksi takdirde rotor hareket edemez. Bunun için rotor devir adedine (n) dersek aradaki (s) devir kayması değeri :

$$s = \frac{nd - n}{nd} \text{ olur.}$$

(s) ne kadar küçük olursa, rotora tesir eden elektromotris kuvveti de o kadar küçük olur.

Rotor boştan yüke geçtiği zaman yük momenti frenleme tesirini göstermeye başlar ve rotor bunu karşılamak için kayıp ettiği hızını statordan daha fazla akım çekmekle telâfi eder. Motor boş çalışırken aldığı akım ve güç, sürtünme, az miktarda demir, akım ısı zayıyatını karşılamak için olduğundan ideal olarak (s) kayma değeri sıfırdır, yani senkronizm vardır. Rotor sabitken ise (s = 1) olur. Bunun için herhangi bir (s) kayma değeri için rotora tesir eden (EMK) = (sE<sub>2</sub>); rotor frekansı t<sub>r</sub>, — sf<sub>r</sub>; ve Rotor akımı I<sub>2</sub>:

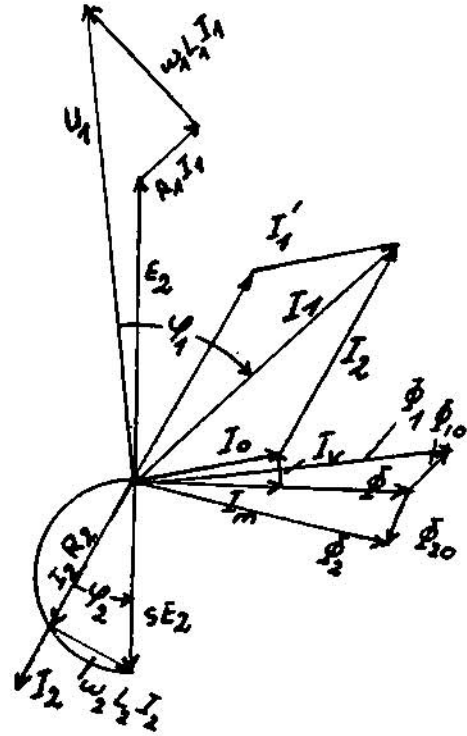
$$I_2 = \frac{s E_2}{\sqrt{R_2^2 + (\omega_2 L_2)^2}} = \frac{E_2}{\sqrt{(R_2/s)^2 + (\omega_1 L_2)^2}}$$

olur.

Bundan dolayı da rotor sabitken (s) kayma değeriyle dönen bir asenkron motoru gibi akım husule gelmesi için direnci (R<sub>2</sub>/s) olması icabeder. Bunun için de dönen asenkron motoru sekonderi Ohmik dirençle yüklü bir transformatöre teşbih edilebilir. Alınan güç ise yine bundan dolayı yalnız aktif ve mekanik güçtür.

Şimdi vektör diagramı ile mukayesesini yapalım :

Transformatör diagramı gibi burada da müşterek mıknatis akısı (0) Primer (E) gerilimle (90°) bir faz kaymasına maliktir. (0) için (İ<sub>m</sub>), mıknatıslama akımı ile, akım ısı zayıyatı toplamı burada da (İ<sub>0</sub>) boş dönme primer akımını teşkil ediyor. Rotora tesir eden Elektromotris kuvveti herhangi (s) kayma değeri için değeri (sE<sub>2</sub>) olacak ve Rotor akımı ise (L<sub>2</sub>) faz açısı ile (I<sub>2</sub>) olur. Rotordaki Omik gerilim düşüşü (R<sub>2</sub>I<sub>2</sub>), endüktiv ise (ω<sub>2</sub>L<sub>2</sub>I<sub>2</sub>)

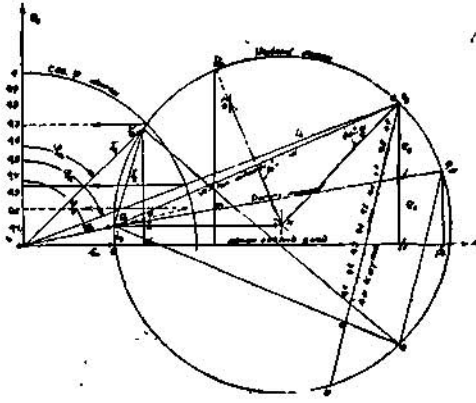


ŞEKİL : 1

dir ki, rotor ankoş ve bobin başlıklarının dağıntı alanlarından husule gelir. (I<sub>2</sub>) akımı rotorda teessüs ettikten sonra istihsal edeceği miknatis a'arı, (0) müşterek alanı ifna etmek istiyeceğinden primerde bunu önleyecek (I'<sub>1</sub>) gibi bir akım çekilecek ve asıl primer akım (I<sub>1</sub>) ise bu akım ile (I<sub>0</sub>) boş mıknatıslama akımının geometrik toplamına eşit olur. (I'<sub>0</sub> + I<sub>0</sub> = I<sub>1</sub>), bu primer akımı statorda (I<sub>1</sub>) ohmik, (I<sub>1</sub>ω<sub>1</sub>L<sub>1</sub>) endüktiv gerilim düşümleri tevleid ettiği için bunların vektöryel ilâvesi ile stator kutup gerilimi (U<sub>1</sub>) meydana gelir.

Hayland daire diag-ramını çizmek usulü :

Herhangi bir tákát ve tipte elimizde döner akımlı bir senkron motoru bulunduğunu farz edelim. Bu motorun etiketinde normal olarak ekseriya beygir veya kilovat olarak güç ve bu güç için dakikadaki devir adedi, akım, ve işletme voltajı yazılıdır. Bu done-lerden başka gerek işletmelerde gerekse konstrüksiyon bürolarında daha bir çok teknik evsafın ve varyasyon şekillerinin malûm olması arzu edilir. Hayland diagramını çizdikten sonra motorun arzu edilen yükteki çekme momenti, çektiği güç ve zayıyatı, randımanı ve bilhassa devir düşme derecesi kolaylıkla okunabilir. Şekil: 2 çizilmiş trifaze bir senkron motorunun Hayland diagramını gösterir.



ŞEKİL : 2

Hayland daire diagramını çizmek için motor boş dönerken ve rotor sabit tutulduğu zaman çekilen boş ve kısa devre akımları ( $I_o$ ) ve ( $I_k$ ) ve güçleri ( $N_o$ ) ve ( $N_k$ ) yi ayrıca gerilimi ölçmek kafidir. Rotor sabit tutulduğu zaman büyük motorlara normal gerilim tatbik etmek mümkün olmadığından, motor tesmiye akımı çekebilecek kısa devre düşük gerilimini tatbik etmek icabeder. O zaman ( $I_k$ ) değeri:

$$I_k = I_n \cdot \frac{U_k}{U_n} \text{ hesaplanır.}$$

Diagramda boş ve kısa devre akımlarının değerlerinden başka yönleri dahi tespit edilmiş olması icabettiğinden bunlar hesaplanır yahut ölçülür.

$$\cos \theta_o = \frac{N_o}{\sqrt{3} U_n I_o}$$

$$\cos \theta_k = \frac{N_k}{\sqrt{3} U_n I_k}$$

Diagramı çizmek için ordinat olarak gerilim ( $U_n$ ) ve-apsis olarak keyfi ( $O-A$ ) çizilir. ( $I_o$ ) ve ( $I_k$ ) için aynı makyas Amper olarak ve yönleri çizdiğimiz ( $0-1$ ) taksimatlı ( $\cos \theta$ ) daire ile tespit ve çizdikten sonra şu şekilde daireyi çizeriz.

Daire boş ve kısadevre akımlarının nihayet noktalan olan ( $P_o$ ) ve ( $P_k$ ) noktalarından geçeceğinden dairenin ( $M$ ) merkezi için ( $P_k$ ) noktasından ( $90^\circ - \theta_k$ ) açısile bir çizgi çizilir, sonra ( $P_k$ ) ve ( $P_o$ ) noktalarını birleştiren çizginin orta dikey çizgisi olan ( $0-0'$ ) çizilirse iki çizgi ( $M$ ) merkezinde birbirlerini kesecektir. ( $M$ ), ( $P_o$ ) ve ( $P_k$ ) noktalar ile çizilen daire istenilen Hayland diagramının esas daire si olur.

Motorun boştan kısadevre noktasına kadar bütün diğer noktalan da dairenin üzerinde bulunacağından aynı akım makyası için tesmiye akımı ( $I_n$ ) değeri ve yönü,

$$\cos \theta_n = \frac{N_n}{\sqrt{3} U_n I_n} \text{ den}$$

tespit ve çizenz. Şu malûmlardan aşağıdaki meçhulleri diagramdan okumak kabildir:

$P_o - e$  - noktasından  $O - A$  apsisine çizilen ( $P_o - e$ ) dikeyi motor boş çalıştığı zaman demir ve sürtünme zayıyatını gösterir.

$(P - e)$  - motor boşta çalışırken miknatisiyet akımını gösterir. Boş akım toplamı ise : ( $I_o = I_m + I_v$ ) olur.

$P_n$  - Statorun çektiği  $I_n$  akımının nihayet noktasından apsise çizilen ( $P - d$ ) motor  $I_n$  tesmiye akımı için çektiği elektrik gücü olur ve bunun makyası diğer noktalar için de kabul edilir. ( $P_n - P_o$ ) rotorun tesmiye gücü için çektiği akımdır.

$(P_o - P_k)$  çizgisi motorun milden verebileceği güç çizgisidir.

$P_o$  den ( $P_k$ ) noktasına kadar herhangi bir noktadan bu çizgiye çizilen dikey  $o$  noktaya ait motorun vereceği mihaniki gücü gösterir. Keza tesmiye gücü ve akımı için bulunan değer diğerleri için makyas alınacaktır.

$(P_n - a)$  ile ( $P_n - d$ ) arasındaki fark ( $d - a$ ) motor tesmiye gücü ile çalışırken hasıl olan zayıyatı gösterir, yani randıman :

$$r = \frac{P_{na}}{P_{nd}} \% \text{ olur.}$$

Toplam zayıyattan:

$de$  - demir ve sürtünme zayıyatını,  
 $cb$  - Stator bakır yani akım ısı zayıyatını,  
 $ba$  - Rotor bakır yani akım ısı zayıyatını

$(P_k)$  noktasında verilen güç sıfırdır, alınan ise rotor ve stator dirençlennde akım ısı zayıyatı olarak sarfedilir.

Dönme momenti  $M_a$  :

Statorun çektiği döner akımın hasıl ettiği döner miknatis alan gücü rotor çevresine  $P$  çekiş kuvvetile  $P \cdot r$  çekme momenti tesirini icra eder. Motor milinden verilen  $N$ , gücü iş bu dönme momentin motor hızı ile çarpımına eşittir.

$$N_a = \frac{P \cdot r \cdot 2 \cdot n}{60 \cdot 102} \text{ KW} = \frac{P \cdot r \cdot 2 \cdot n}{60 \cdot 75} \text{ Beygir.}$$

yahut:

$$N_a = \frac{M_d \cdot n}{973} \text{ KW} = \frac{M_d \cdot n}{716} \text{ Beygir.}$$

olur

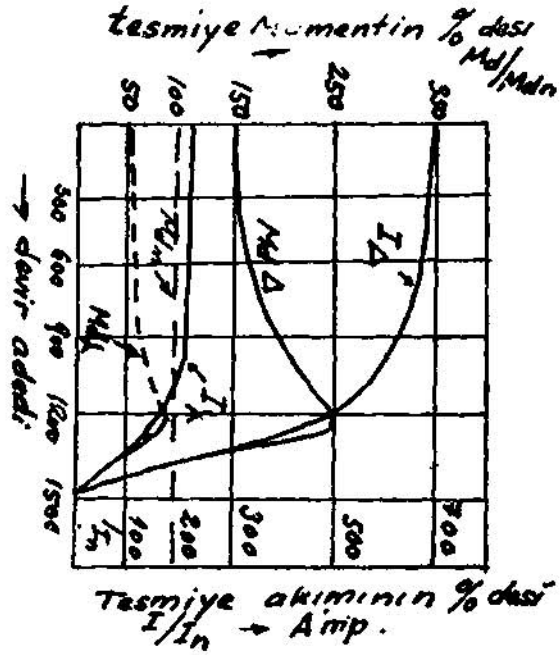
Sabit bir güç için (Md) değeri devir azaldıkça artar. Herhangi işletme noktası için dönme momentini diagramdan okuyabilmek için (Pk) noktasından (O-A) apsizine bir <Pk - «, dikeyini çizeriz. Bu dikey motor k-sadevre vaziyetinde iken rotor ve statorda sarf olunan elektrik gücünü gösterdiğinden ikisinin (R<sub>2</sub>) ve (R<sub>1</sub>) rotor ve stator dirençleri nisbetinde (P<sub>kf</sub>) ve (f<sub>f</sub>) kısımlarına taksim ettikten sonra (f) üe (Po) arasını birleştirirsek bu çizgi diagramın Dönme moment çizgisi olur.

(Po) itibaren (Pk) noktasına kadar bütün noktalardan (Po-p sonsuz) dönme moment çizgisine çizilen dikeyler (Kg.m.) olarak döme momenti gösterir. Tesmiye güç noktası (Pn) için dönme momenti (Pn - b) olup Kg.m. olarak diğer noktalar ve bilhassa maximum moment yani motorun sürüşarjla anbaile olabilecek noktası için esas makyas olabilir.

Motorun azamî dönme moment noktası (Po - Pk) verilen güç çizgisinin (o - o') dikeyinin daireyi kestiği (Pm) noktasından absise çizilen dikeyin (Po - P sonsuz) moment hattını kestiği (m) noktasına kadar olan çizgidir. Motor (Pm) noktasından sonra mile güç veremez ve durur.

(Pk) noktasından sonraki saha (p sonsuz) ya kadar döner alan istikametinin aksine rotorun çevrilmek istenildiği sahayı gösterir. Yani burada frenleme tesiri mevcuttur ve kayma (s>1) dir. (P sonsuz) den sonra ise senkronizmden yukarı motorun döndüğünü yani motor yerine Jeneratör gibi çalıştığını göstermektedir, (p sonsuz) noktasında (R<sub>2</sub>: s = 0) olduğundan kayma değeri sonsuzdur.

Şekil-3 Y/A bir trifaze senkron motorunun devirle oranlı olarak dönmement değeri ile akımın demarajda (Y) ve (A) için kurvlannı gösterir. Görüldüğü gibi talimatna-



ŞEKİL: 3

meye uyularak gerilim varyasyonları azaltmak gayesiyle motora bidayette düşük voltajla demaraj yaptığımız zaman akımın azalması nisbetinde dönme momentinin de azaldığı görülmektedir. Yük altında yüksek bir dönme momentini lüzum hasil olduğu zaman bu hususu nazan dikkate almak icabeder, zira görüldüğü gibi (AJ de demaraj akımı fazla olduğu nisbette dönme momentinin de büyümektedir. Motor yol alırken devir artmasıyla müteneşip olarak bidayette dönmementi artar. Mazlum noktası işletmede ve yüklemeye ayındır, yani aynı kayma değerine tekabül eder.

Diagramda herhangi yüklemeye noktası için devir adedini yahut kayma değerini bulmak için (Pk) noktasından keyfi olarak (Pk - H) çizgisini çizeriz. (P sonsuz) noktasından bu çizgiye (p sonsuz - s) paralelini çizdikten sonra (S) üe (Po) ve (Pn) noktaları arasındaki ilişkiyi gösterir.

(Px-o) i (o-1) 10 müsavi kısma taksim ettikten sonra herhangi bir nokta için yüklemeye müteneşip yüzde olarak kayma değerini dolayısıyla devir adedini diagramdan okuyabiliriz. Bu suretle gerek motor konstrüktörü gerekse işletmeci için elzem olan birçok teknik evsafi diagramdan almak mümkün olmuştur olacaktır.