

ÇAN TİPİ POLARIZE EDİLMİŞ MHO RÖLESİ

Yazarlar :

Ayhan TÜRELİ
ODTÜ

Şerif ÜNAN
TEK

ÖZET

Enerji nakil hatlarının korunmasında en fazla kullanılan ve en iyi sonuç veren polarize edilmiş MHO rölelerinin çalışma prensibi anlatılacak, sistemin işletme şartlarına göre karakteristiğinin değişmesi gösterilecektir. Çan tipi elemandan yapılmış polarize MHO rölelerinin dinamik karakteristikleri çıkarılacak, sistem işletme şartlarına göre rölenin dinamik davranışı incelenecektir.

SUMMARY

Operation principles of polarized mho relay which is widely used and showed good performance for protecting transmission lines will be explained. For different system conditions, changing of its characteristic will be shown. Dynamic characteristics of polarized mho relay which is made of a belt type element will be obtained, dynamic behaviour of relay for different system conditions will be investigated.

1. MESAFE KORUMASI

1.1. Korunan enerji hatları hattın karakteristikleri :

Mesafe rölelerinin temel prensibi, kısa devre olan bir enerji nakil hattının ucundaki (rölenin bulunduğu yer) voltajın hat akımına oranının hattın kısa devre olmuş kısmının empedansına eşit olmasıdır. Dolayısıyla Şekil 1 a'da görülen ve uzunluğu l , kısa devre noktasının rölenin bulunduğu noktadan uzaklığı $|x|$ ve birim uzunluğunun empedansı

$$Z_L = Z_L \cdot 0L$$

olan bir hattın kısa devre karakteristiği, Şekil 1 b'de görüldüğü gibi, bir empedans düzlemi (R—X düzlemi) üzerinde AB hattı olarak gösterilir. Kısa devre noktasındaki ark empedansı da nazarı itibara alındığında (hattın kısa devre karakteristiği ABCD içindeki alandır. Yani hat üzerinde herhangi bir noktada bir kısa devre olduğunda, rölenin bulunduğu noktadaki voltajın akıma oranı bu ABCD alanı içinde olacaktır.

Hat üzerinde bir kısa devre olmadığında, yani normal enerji nakledildiği işletme durumlarında da, röle noktasındaki voltaj ve akımın oranı gene aynı R—X düzlemi üzerinde gösterilebilir. Bu durumda röle noktasında görünen empedans aşağıdaki denklemden hesaplanır.

$$Z_{\text{röle}} = \frac{(kV)^2 \cos \theta}{MW} \quad (D)$$

Burada V faz arası işletme voltajı, MW nakledilen güç miktarı ve θ de güç faktörüdür. Muhtemel bütün işletme durumları için bu empedans hesaplandığında Şekil 1 b'de görüleni (E) ve (F) alanları elde edilir. Bunlardan (E) alan* enerji akış yönü röle noktasından hatta doğru

* 7.2.1972 tarihinde EİE idaresi salonunda ve-
rilmiştir.

olduğunda ve (F) alan ise ters yönde olduğu durumlarda elde edilmektedir.

Bir enerji nakil hattının yukarıda belirtilen kısa devre ve normal işletme karakteristikleri hattın konfigürasyon, uzunluk, voltaj, nakledilen enerji miktarı, v.s. ye bağlı olarak birbirlerine yaklaşır veya uzaklaşır. Esas mesele bu iki karakteristiğin kesişmemesidir. Aksi takdirde böyle bir sistemin mesafe koruması ile korunması imkânsız olur. Bu durulmada pratikte rastlanmaz.

1.2. Mesafe rölesinin karakteristikleri :

Mesafe rölesinin fonksiyonu devamlı olarak röle noktasında görünen empedans değerini gözlemek ve bu değer ABCD alanı içine düştüğünde bir sinyal vererek hat kesicisini açtırmak, aksi takdirde herhangi bir müdahalede bulunmak olmalıdır. Bu işlemi yapacak sistemler pratikte çeşitli şekillerde gerçekleştirilirler. Aşağıda faz mukayese sistemi izah edilmektedir.

Şekil 2'de gösterilen tertiple elde edilen S_1 ve S_2 olarak gösterilen sinyalleri inceleyelim. Akım ve gerilim trafo sargı oranlarının bire eşit olduğunu farz edelim. Bu trafoların bağlantı yönleri ve akım ve gerilim için kabul edilen referans doğrultulan¹ dikkate alınarak Şekil 2' den

$$S_1 = V \quad (2a)$$

$$S_2 = I Z_N - V \quad (2b)$$

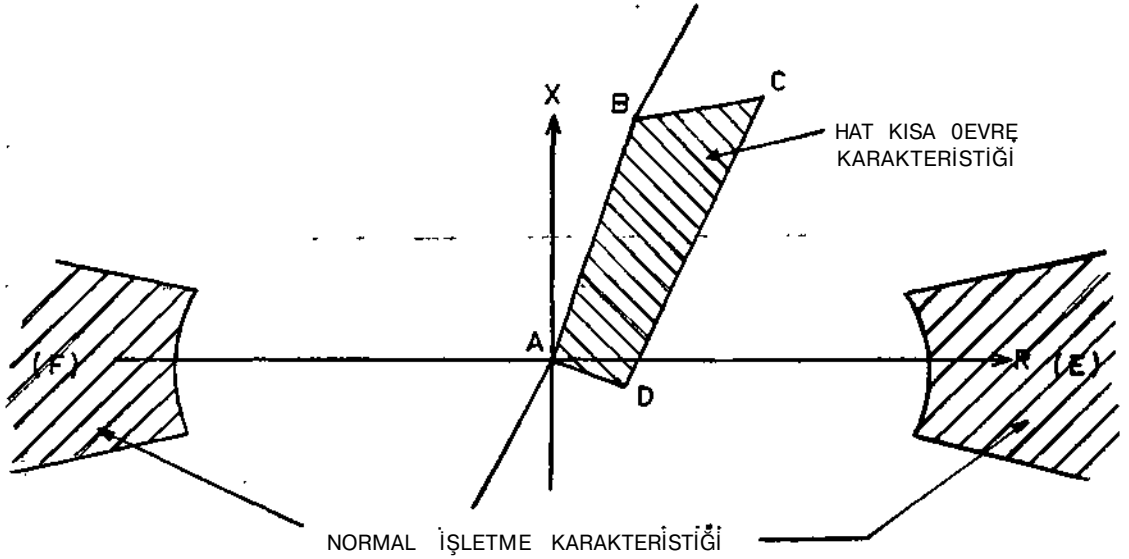
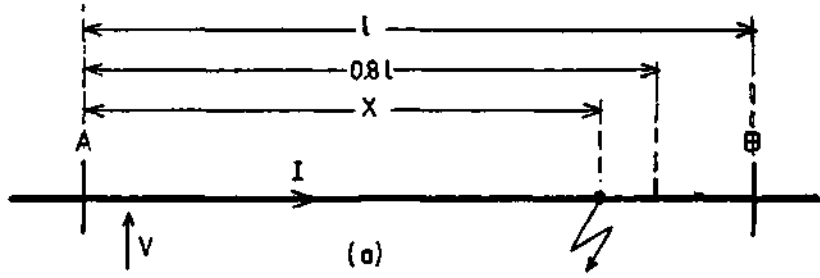
olarak bulunur. Burada

$$Z = 0,8l \cdot Z_L \quad (3)$$

olsun. Hat kısa devre olduğunda

$$V = I \cdot l$$

olduğundan, $0 < X < 0.8.l$ olduğu durumlarda S_1 ve S_2 aynı fazda, yani $\arg(S_1/a_1) = 0^\circ$ olacak



(b)

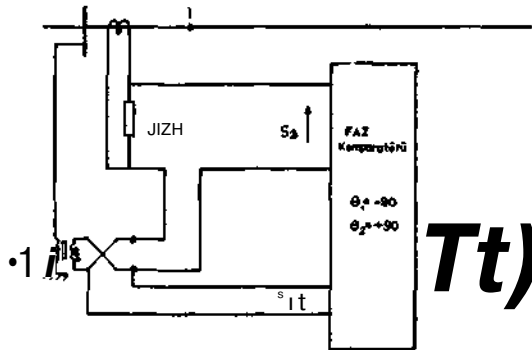
Şekil 1

$x > 0.8$. 1 olduğu durumlarda ise $\arg (S_1/S_2) = 180^\circ$ olacaktır. Hattın gerisinde meydana gelecek kısa devrelerde ise

$$\varepsilon V = V$$

$$S \rightarrow |Z_N \sim V$$

olacağından, bu gibi arıza durumlarında da $\arg (S_1/S_2) = 180^\circ$ olacaktır.



Şekil 2

Netice olarak ortaya çıkan husus, hattın korunan bölgesinde olan kısa devrelerde S^{\wedge} ve

εL sinyalleri aynı fazda, kısa devre bu bölgenin dışında olduğunda $J_{se} S_j$ ve S_2 arasındaki faz açısı 180° derece olmaktadır. Dolayısıyla Şekil 2'de faz komparatörü olarak gösterilen cihaz bu faz değişimini gözleyerek hattın korunan bölge içinde bir kısa devre olup olmadığını kolayca anlayabilir. Ancak kısa devre noktasındaki ark rezistansı da nazarı itibara alındığında dahili ve harici arızalarda ark (S_1/a_2) tam 0° ve 380° olmayacak, bu değerler civarında ve belirli bir band içinde bulunacaktır. Aynı durum normal işletme durumları için de mevcuttur. Yani komparatör, S_1 ve S_j arasındaki faz farkının belirli bir band içinde olup olmadığını gözlemesi icap eder. Misal olarak

$$-90^\circ < \theta < +90^\circ \quad (4)$$

olduğunda çalışan (yani kesiciyi açtıran) ve

$$90^\circ < \theta < -90^\circ \quad (5)$$

olduğunda çalışmayan bir Itomparatör düşünelim. Bu komparatörün sınırsal karakteristiği

$$\theta = -90^\circ \text{ ve } \theta = +90^\circ \quad (6)$$

olduğu durumlardır.

Yukarıda belirtilen tipte bir komparatör kullanıldığında ve S_1 ve S_2 denklem (2a) ve (2b), de belirtildiği şekilde olan bir rölenin amırsal karakteristiğini bulalım.

$$\frac{S_1}{S_2} = Z \quad (7)$$

olsun. Burada $Z = Z \cdot e^{j\theta}$ dir. Denklem (2a) ve (2b)'yi denklem (7) de yerine koyalım ve sol tarafta her terimi I ile bölelim ve $V/I = Z$ diyelim :

$$\frac{Z}{Z_N - \bar{Z}} = Z \quad (8)$$

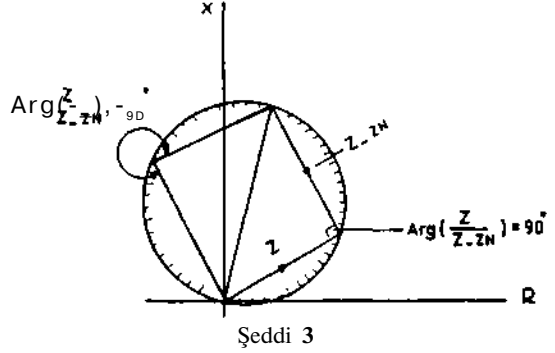
Denklem (8)'i tekrar düzenleyip, her iki tarafın argümanlarını eşitlediğimizde

$$\text{ark} \frac{Z}{Z - Z_N} = \theta + 180^\circ \quad (9)$$

elde edilir. Bu denklemde Z rölenin gördüğü empedanstır. Bu denklemde θ 'ya -90° ve $+90^\circ$ değerleri verildiğinde sınır şartlarını sağlayan Z noktalarının geometrik yeri, yani rölenin sınırsal karakteristiği bulunur ve bu Şekil 3'de görüldüğü gibi R-X düzlemi üzerine çizilir. Bu sınırsal karakteristiğin içindeki her Z noktası denklem 4'ü ve dışındaki her nokta ise denklem (5)'i sağlamaktadır. Rölenin sınırsal karakteristiği, korunan hattın karakteristikleri ile beraber aynı düzleme çizildiğinde bu rölenin hangi işletme durumlarında çalışacağı anlaşılır.

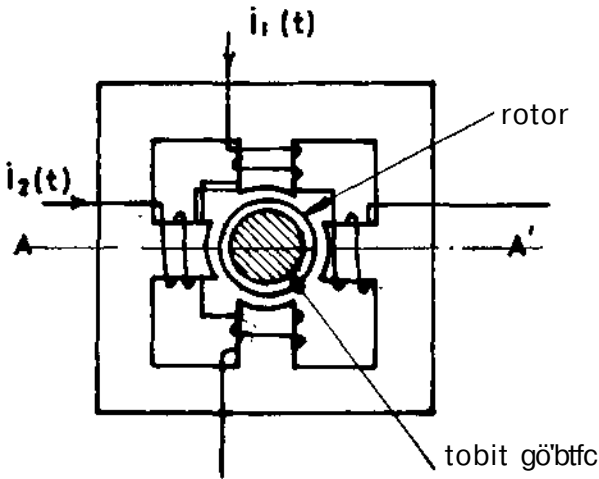
Şekil 2'de gösterilen mho rölesi pratikte kullanılamaz. Bunun sebebi röle noktasına çok yakın yerlerde meydana gelen kısa devrelerde V çok küçük veya sıfır olacağından bu gibi durumlarda sıhhatli bir faz mukayesesi yapılması imkansızlaşır. Dolayısıyla pratikte kullanılan raho rölelerinde S_1 sinyali arızalı olmayan faz voltajlarından seçilir. Bu gibi mho rölelerine «polarize

edilmiş mho röleleri» denmektedir. Bu konferansın gayesi bu tip bir rölenin sınırsa! ve dinamik karakteristiklerinin sisteme bağlı olarak nasıl değiştiğinin gösterilmesidir. Zira dünyanın hemen hemen her yerinde ve röleciler arasında bile polarize leölmüş mho rölesinin i karakteristiğinin normal mho rölesi karakteristiğinden farklı olduğu gerekli şekilde bilinmemektedir, tik önce kullanılan komparatörün çalışma prensibi izah edilecektir.

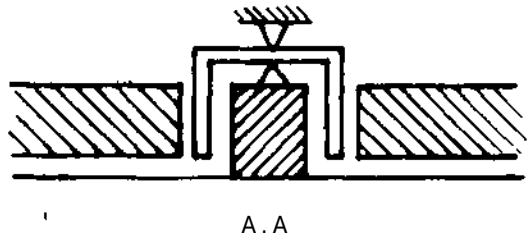


2. ÇAN TtPt FAZ KOMPABATÖBÜ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Bu komparatörün ana devresi Şekil 1'de gösterilmiştir. S_1 ve S_2 sinyalleri dolayısıyla meydana gelecek manyetik akılar alüminyumdan yapılmış ve hassas bir şekilde yataklanmış olan rotor (çan) üzerinde voltajlar endüklিয়েcek, bunun neticesi olarak meydana gelen akımlarla manyetik akılar arasındaki münasebet neticesi kuvvetler meydana gelecek ve rotor dönecektir. Bunu daha iyi görebilmek için Şekil 5'de görülen ve 0₁ ve 0₂ akılarının kestiği bir alüminyum levha nazarı itibara alalım. Şekil 5'de 0₁ ve 0₂ nin pozitif ve artmakta oldukları bir t anındaki durum gösterilmektedir. $f\hat{a}$ ve 0₂ nin sinusoidal ve aşağıdaki ifadelerde belirtildikleri şekilde olduklarını kabul edelim.



Şekil 4



$$O_1(t) = |\varnothing_1| \sin(\omega t + \theta) \quad (10a)$$

$$O_2(t) = |\varnothing_2| \sin \omega t \quad (10b)$$

Allmınyum diskin endüktansının ihmal edülebileeeğ düşünüldüğünde (aşağıdaki ifadelerde α işareti terimler arasındaki orantıyı göstermektedir)

$$i_{1c} = \frac{d\varnothing_1}{dt} \ll I_{01} \ll O_{\alpha} * H - e) \quad (11a)$$

$$i_{2c} = \alpha \frac{d\varnothing_2}{dt} \ll |\varnothing_2| \cos \omega t \quad (11b)$$

olacaktır. Dolayısıyla

$$F = F_1 - F_2 \ll (\varnothing_1 - \varnothing_2) \varnothing_2$$

$$\ll i_{01} i_{02} I \sin(\omega t + \theta) \cos \omega t - \cos$$

$$(\omega t + \theta) \sin \omega t$$

$$a_{101} i_{11} i_{20} |\sin \theta| \quad (12)$$

Şekil 4'deki sistemde θ ve \varnothing ve S_4 ve S_2 ile orantılı olduklarından ve rotar merkezden yataklanmış bulunduğundan

$$T = k |S_1| |S_2| \sin \theta \quad (13)$$

dır. Burada T rotoru döndüren moment, k bir orantı katsayısı ve Q da S_1 ile S_2 arasındaki faz açısıdır. Denktem (13) 'den de görüldüğü üzere

$$0^\circ < \theta < 180^\circ \text{ olduğunda } T > 0, \quad (14)$$

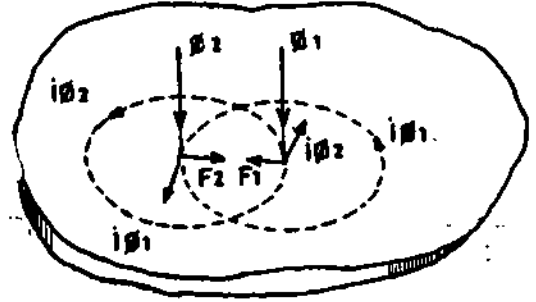
yani rotor bir yönde dönecek ve

$$180^\circ < \theta < 360^\circ \text{ olduğunda } T < 0, \quad (15)$$

yani rotor aksi yönde dönecektir. Sınır garıtan yani $T = 0$ durumu,

$$\theta = 0^\circ \text{ ve } \theta = 180^\circ \quad (16)$$

ile belirlenmektedir.



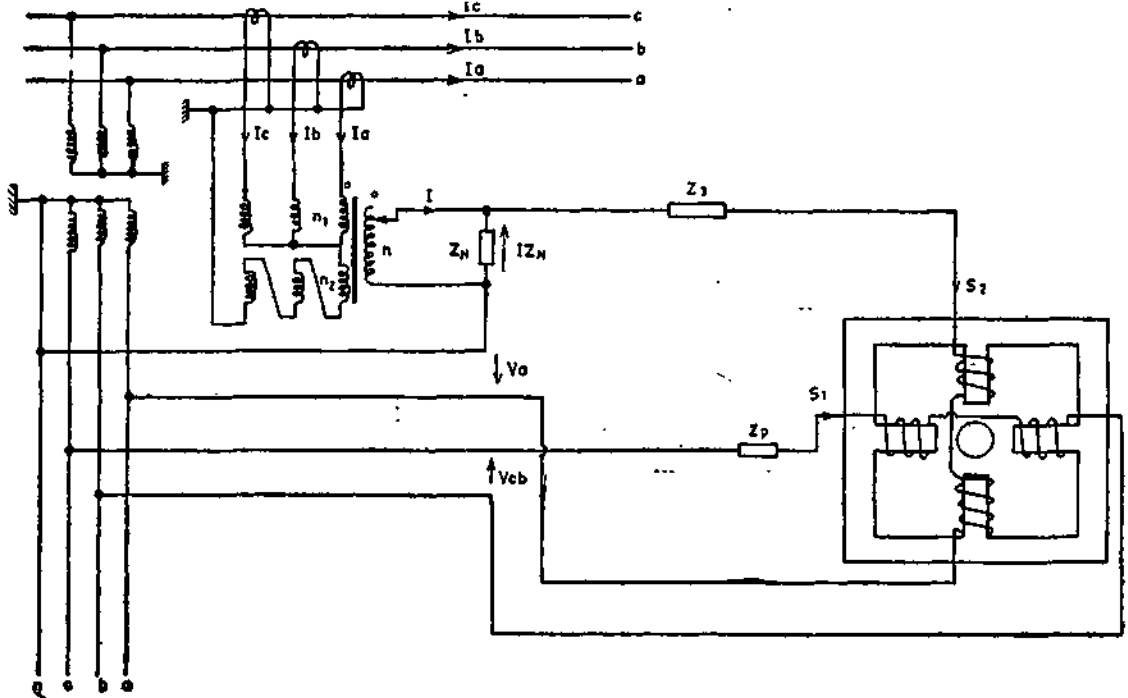
Şekil 5

3. ÇAN TİPİ POLARİZE EDİLMİŞ MHO BÖLEST

Şekil 6'da polarize edilmiş bir çan tipi mho rölesinin ana devresi (basitleştirilmiş) görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi bu röle a fazında meydana gelecek faz - toprak arızaları için kullanılmaktadır, b ve c fazlarını toprak anmalarına karşı koruyacak olan diğer iki röle ve faz arası arızalarda çalışacak diğer röleler bu şekilde gösterilmiştir, a - n rölesine tatbik edilen I akımının

$$I = I_a + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} I_{a1} \quad (17)$$

olarak seçildiği görülmektedir. Bunun nedeni Ek 1 de anlatılmıştır.



Şekil 6

Şekil 6'dan komparatörün sargılarına tatbik edilen sinyaller

$$S_1 = V_{cb}/Z_p \quad (18a)$$

$$S_2 = (IZ_N - V_s)/Z_s \quad (18b)$$

olarak yazılabilir. Burada Z_p ve Z_s komparatör sargılarının empedansını ve kollarına bağlı diğer empedansların toplamını temsil etmektedirler.

Şekil 7'de toir a - n kısa devre durumunda sistemin simetrikli bileşen devrelerinin bağlantısı görülmekte olup, kısa devre noktasında R ile gösterilen ve ark ve topraklama direncini gösteren bir elemanın da bulunduğu farz edilmiştir. Burada Z_a röle noktasının gerisindeki sistemin eşdeğer devresinin empedansını ve E_a da sistemin normal işleme gerilimini göstermektedir. Bu devrenin çözümü ile

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a0} = \frac{E_a}{Z_s(2+p) + Z_F(2+q)} \quad (19)$$

$$V_{a1} = I_{a1} Z_L + V'_{a1} = E_a - I_{a1} R \quad (20)$$

$$V_{a2} = I_{a2} Z_L + V'_{a2} = -I_{a2} R \quad (21)$$

$$V_{a0} = I_{a0} q Z_L + V'_{a0} = -I_{a0} p Z_s \quad (22)$$

bulunur. Yukarıda

$$Z_X = V = Z, \quad Z \cdot o \wedge P Z_s$$

$$Z_L \wedge Z_L = 2L, \quad Z_{L0} = q Z_s$$

olarak alınmış olup rölenin gördüğü empedans, yani V_a/I ,

$$Z_F = Z_L + 3R/(2+q) \quad (23)$$

dur. Yukarıdaki değerler simetrikli bileşen denklemlerinde yettine konduğunda

$$V_a = I_{a1} [(2+kj)Z_F] \quad (24)$$

$$V_b = a^2 E_a - I_{a1} [(a^2 - a) Z_s + p Z_s] \quad (25)$$

$$V_c = a E_a - I_{a1} [(a - a^j) Z_s + p Z_s] \quad (26)$$

vo

$$V_{cb} = (a - a^2) E_a \quad (27)$$

$$I_1 = I_{a1} (2+q) \quad (28)$$

olarak bulunur.

Denklem (27), (28) ve (24)'deki ifadeler denklem (18a) ve (18b)'de yerine konduğunda

$$S_x = J \sqrt{3} E_a / Z_p \quad (28a)$$

$$S_2 = \frac{E_a (2+q) (Z_N - Z_F)}{[Z_s (2+p) + Z_F (2+q)] / Z_s} \quad (29b)$$

bulunur. Denklem (29a) ve (29b), denklem (7)'deki yerlerine konup düzenlendiğinde

$$\frac{k' Z_s + Z_F}{Z_F - Z_N} = -Z Z_p / J \sqrt{3} Z_s \quad (30)$$

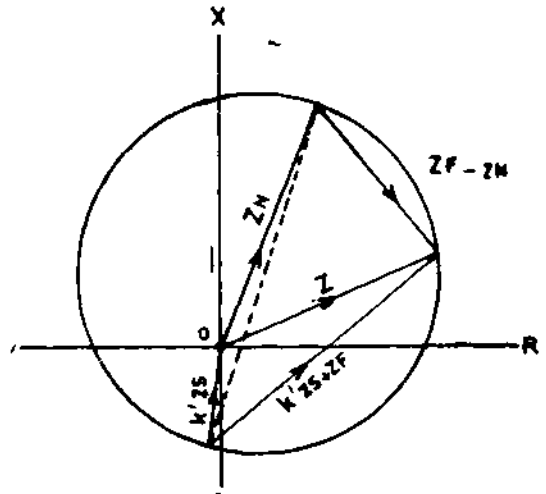
elde edilir. Bu ifadede $k' = (2+p)/(2+q)$ dur

Denklem (30)'un her iki tarafının argümanları eşitlendiğinde

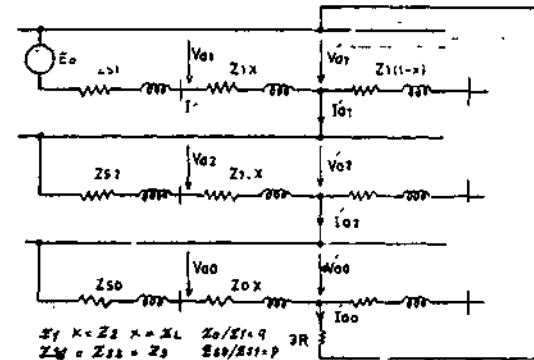
$$\text{ark} \left(\frac{k' Z_s + Z_F}{Z_F - Z_N} \right) = e + 90^\circ + \arg (Z_p / Z_s) \quad (31)$$

ve denklem (31), de kullanılan komparatörün sınır şartlarına tekabül eden 0° ve 180° 3er 0'nın yerine konduğunda, denklem (31) i gerçekleştiren Z_p noktalarının geometrik yeri Şekil 8'de görüldüğü gibi elde edilir. Şekil 8'deki karakteristiğin elde edilmesinde $\text{ark} (i Z_p / Z_s) = 0^\circ$ kabul edilmiş olup, bu şart bu devrelerdeki empedansların gerçekleştirilmesinde kolayca sağlanır.

Yukarıdan anlaşıldığı üzere polarize edilmiş mho rölesinin sınır karakteristiği kaynak empedansının büyük veya küçük olmasına bağ olarak açılıp kapanmaktadır. $Z_s = \infty$ ve $Z_s = 0$ sınır durumlarında da karakteristik, sırasıyla reaktans ve normal mho karakteristiklerine dönüşmektedir. Röle karakteristiğinin bu açılma özelliği bu tip rölelerin ark rezistansını görbilme kabiliyetlerinin zannedildiğinden çok daha üstün olduğunu göstermektedir.



Şekil 8

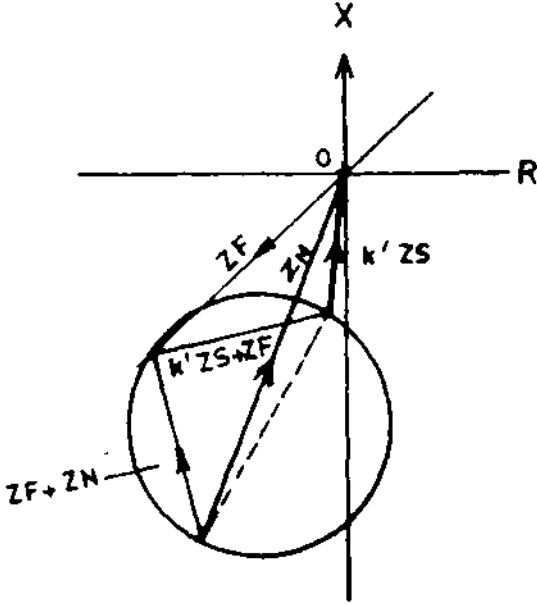


Şekil 7

Şekil 8 incelendiğinde bu rölenin röle noktasının gerisindeki arızalarda da çalışacağı, yani yönlü empedans rölesi olma özelliğini kaybettiği yanlış olarak, zannedilebilir. Şekil 8'deki karakteristik sadece rölenin ilerisindeki arızalar için cari olup, rölenin gerisindeki arızalarda denklem (31)

$$\text{ark} \left(\frac{Z_F + k Z_N}{Z_F + Z_N} \right) = \varphi + 90^\circ + \arg Z_N / Z_N \quad (32)$$

şeklini almaktadır. Bu ifadeye göre bu gibi durumlarda karakteristik Şekil 9'da görüldüğü gibi olmakta ve netice olarak röle noktasının gerisindeki arızalarda bu rölenin yönlülük özelliğini kaybetmediği anlaşılmaktadır.



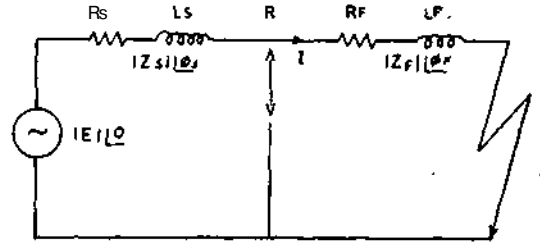
Şekil 0

4. MESAFE RÖLELERİNİN DİNAMİK KARAKTERİSTİKLERİ

Bölüm 3'de bir polarize mho rölesinin sınırsal karakteristiği tesbit edilmiş olup, bununla rölenin hangi işletme şartlarında çalışacağı ve hangi işletme şartlarında çalışmayacağı görülebilmektedir. Ancak çok mühim olan başka bir husus ise çalışma bölgesinde de rölenin çalışma hızı, bunun arıza noktasına ve kaynak şartlarına göre nasıl değiştiğinin bilinmesi de gerek rölenin iyi Mr şeklinde uygulanması gerekse tasarım edilmesi bakımından bilinmesinin gerektiğidir. Bilindiği üzere kısa devre hattın herhangi bir noktasında meydana gelebileceği gibi mevsim, ay, (gün ve günün saatlerine göre değişen yük durumuna bağlı olarak sistemin konfigürasyonu değişmekte, her bir durumda sisteme bağlı olan generatör ve işletmede bulunan hat sayıları değişmekte, dolayısıyla Z_t eşdeğer sistem empedansı değişik anlarda değişik değerler alabilmektedir.

Buradan anlaşılacak husus hattın aynı noktasında meydana gelecek arızalarda, Z_t 'in o andaki değerine göre, röleye tatbik edilen akım ve voltajların, oranları sabit kalmasına rağmen, büyüklükleri değişmektedir. Dolayısıyla rölenin bu durumlarda çalışma hızı da değişecektir.

Yukarıda belirtilen bütün durumlarda rölenin karakteristiklerini tesbit etmenin güçlüğü görülmekte olup, ayrıca neticelerin çokluğu dolayısıyla takdim edilebilmesi de ayrı bir güçlük ortaya çıkarmaktadır. Şurası açıkça görülmektedir ki bir rasyonalizasyon ve normalizasyona gidilmedikçe rölenin dinamik karakteristiklerini çıkarmak çok uzun olacak ve her durumun özel olarak tesbit edilmesi icab edecektir. Bu rasyonalizasyon ve normalizasyon şekli Şekil 10'da gösterilen ve sistemin tosa devre anındaki basitleştirilmiş eşdeğer diyagramının incelenmesinden



Şekil 10

çıkabilirler. Burada mühim olan nokta $e^{j\phi}$ 'in büyüklüklerinden ziyade birbirlerine olan oranlarıdır. Dolayısıyla

$$K' = Z_F / Z_N \quad (33)$$

$$y^{f.c} = V^Z N \quad (34)$$

olsun. Burada Z korunan (bölgenin empedansı d_{lup} , aynı zamanda rölenin akımı (devresindeki empedansın, değerine de eşittir. Herhangi bir kısa devre durumunda Şekil 10'dan,

$$I_f = \frac{E}{(x+y) Z_N} \quad (36)$$

$$V_f = E \frac{x}{x+y} \quad (36)$$

ve

$$S_1 = j_1 \sqrt{3} E / Z_0 \quad (37)$$

$$S_2 = E \left(\frac{1-x}{x+y} \right) / Z_3 \quad (38)$$

olacaktır. Aynı röle korunan kısmın empedansı kZ olan bir hatta uygulansın. (Rölenin mesafe ayarı için ekseriya Şekil 6'da gösterilen ara akünün trafosunun sekonder taraf kademesi değiştirilir ve

yukarıdaki k bu kademenin ilk duruma oranını göstermektedir.). Bu durumda

$$X'' = \frac{F}{kZ_N}$$

$$y = \frac{Z_s}{kZ_N}$$

ve

$$I' = \frac{E}{(x + y)kZ_N}$$

$$V = E \frac{x'}{x' + y'}$$

$$S'_1 = i \sqrt{S} \frac{E}{Z_p} \quad (39)$$

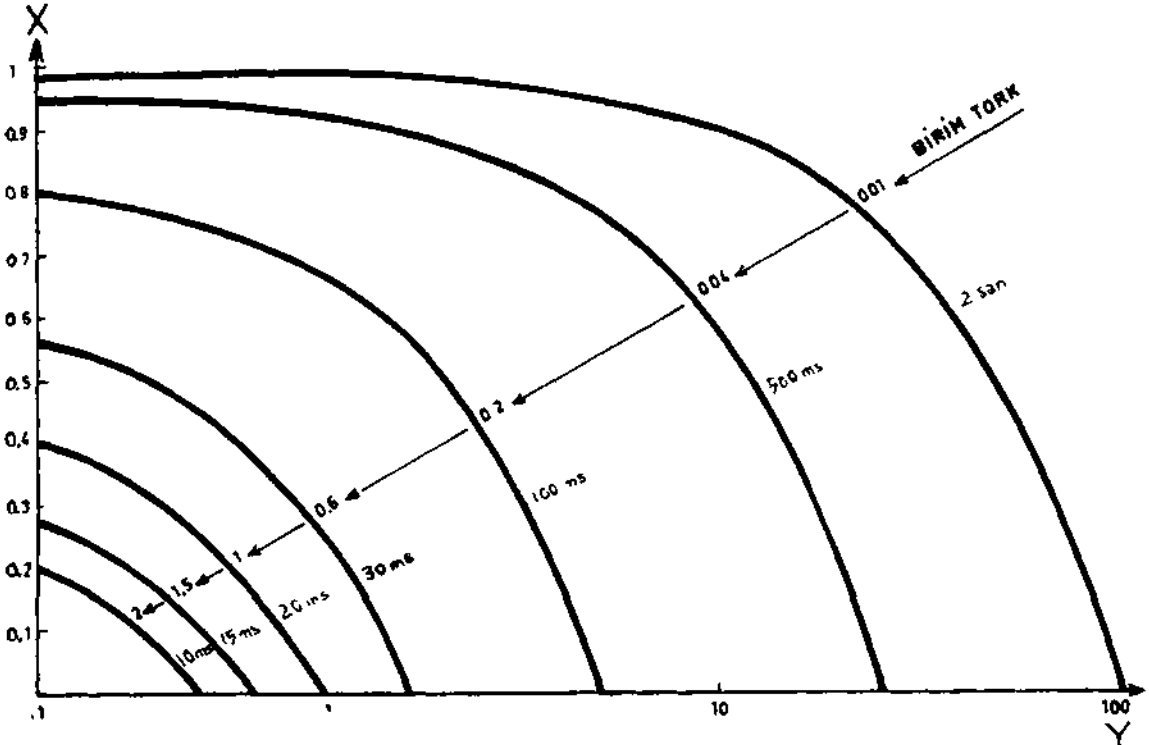
$$S'_2 = E \frac{1 - X'}{B' + y'} \quad (40)$$

olacaktır. Denklem (37) ve (38) denklem (3S) ve (40) ile karşılaştırıldığında $x = x'$ ve $y = y'$ olduğu durumlarda. $S^{\wedge} S'_1$ ve $S_a = S'_2$ karakteristiği bir defa x , y ve t (rölenin çalışma zamanı)'ye bağlı olarak çıkarıldığı takdirde bu röle herhangi tip, voltaj ve uzunluğu haiz bir hatta uygulan-

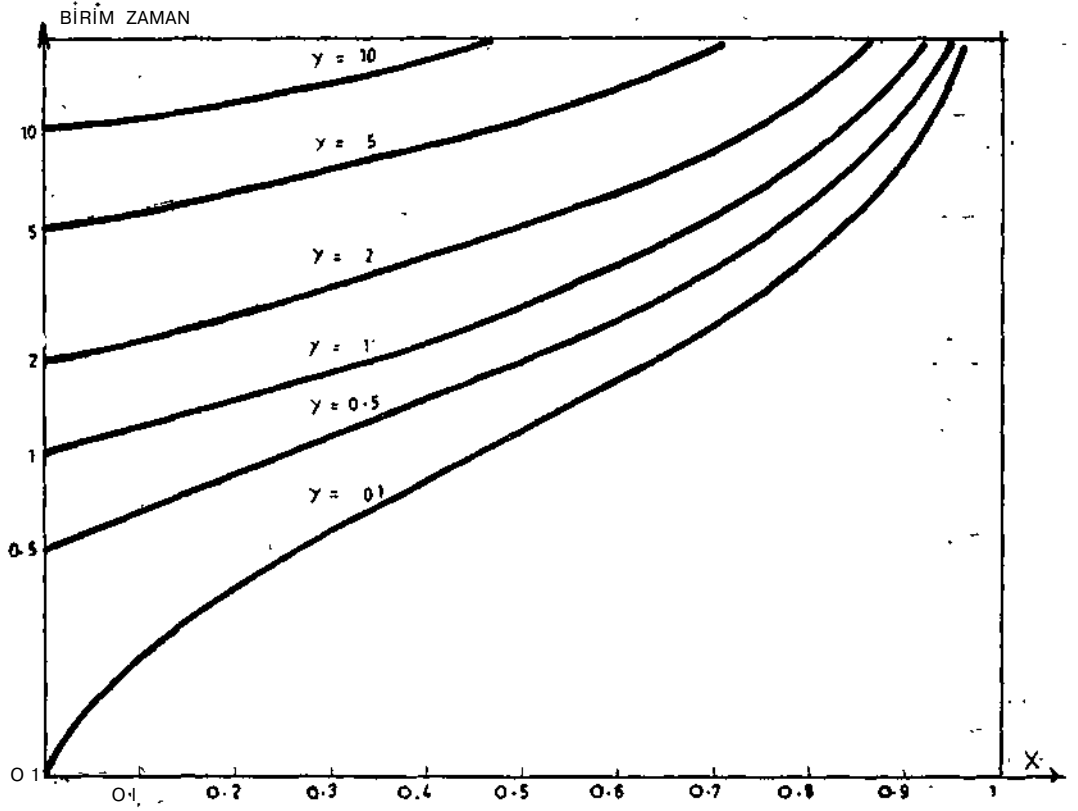
dığında dinamik olarak nasıl davranacağı telli olmuş demektir. Dolayısıyla "temel devresi Şekil 10 gibi olan bir röte test masası üzerinde rölenin belli bir 2^{\wedge} 'e ayarlanmış durumda, değişik X ve y durumlarında rölenin çalışma zamanı tesbit edilir. Neticeler Şekil 11'de görüldüğü gibi bir $sc-y$ düzleminde, eşzamanlı noktaların birleştirilmesiyle eş - zaman eğrileri olarak taktımı edilmektedir. Kısa devre noktasının değişmesine bağlı olarak röle çalışma zamanının nasıl değiştiği daha açık (görölmek istendiği takdirde ise Şekil 12'deki herhangi bir y değerinden bir \dot{I} dik hat çıkarılarak, tou hat üzerinde her x' e tekabül eden t 'ler okunur ve Şekil 12'de görüldüğü gibi anza-noktası - zaman eğrileri elde edilir.

SONUÇ

Bölüm 3'de sınırsal karakteristiği ve Bölüm 4'de de dinamik karakteristikleri çıkarılan polarize mho rölesinde $S!$ sinyali V^{\wedge} 'den alınmıştır. Pratikte bu şekilde olabileceği gibi aynı sinyal V_c veya V_o veya bunların V_c ile karışımından da elde edilebilir. Ancak her durumda gerekli faz kaydırmasının yapılması gerekmektedir. Bir rölenin gerek tasarım ve gerekse uygulanmasında bütün mümkün polarizasyon sinyalleri durumunda rölenin gerek sınırsal gerekse dinamik karakteristikleri incelenmeli ve en uygun olanı seçilmelidir.



Şekil 11



Şekil 12

Polarize miho rölelerinin arıza anlarında sınırsız karakteristikleri kaynak empedansına bağlı olarak açıldığı dolayısıyla ark ve topraklama empedanslarının büyük olduğu hallerde bile koruma fonksiyonunu rahatça yapabildikleri (çok kısa hatlar hariç) görülmektedir. Bu sebeplerden ötürü enerji nakil hatlarına en çok uygulanan röleler bunlar olmaktadır.

Ek 1. a-n rölesine tatbik edilecek akımın seçilmesi :

Bir a-n kısa devresi olduğu zaman röle noktasında, denklemleri (20), (21) ve (22)'den,

$$V_a = I_{a1} Z_1 x + I_{a2} Z_2 x + I_{a0} Z_0 x \quad (41)$$

olduğu yazılabilir. Denklem (41), ark empedansı

R'nin sıfır olduğu, yani $V'_1 + V'_{12} + V'_{j10} = 0$, durumu için yazılmıştır. Denklem (41)'in sağ tarafına $I^* Z_{jjc}$ ilave «didip çıkarıldığında,

$$V_a = Z_0 x \left[I_1 + I_2 + I_0 \right] + I^* \left(Z_0 - Z_1 \right) x \left[\frac{r}{z_1} \right] \quad (42)$$

bulunur. Denklem (42)'den, görüldüğü gibi, bir a-n rölesinin hattın-kısa devre olmuş kısmının pozitif bileşen empedansının görübilmesi için röleye V_a voltajı ve $(I_1 + \frac{I_0}{Z_1})$ akımı tatbik edil'melidir. Bu akım pratik'te Şekil 6'dakı tertiplé elde edilmektedir.