

# Polarize Mho Rölelerinde Polarizasyon Sinyalinin Rölenin Sınırına Karakteristiklerine ve Dinamik Çalışmasına Tesirleri

Yazan':  
Mustafa **AKEB**  
TEK

## ÖZET

Polarize mho mesafe rölesi, yakın amalarda kesin olarak çalışmaması özelliği sebebiyle; yüksek gerilim hatlarının korunmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu yazıda, amplitüd lineer komparatör için en uygun polarizasyon sinyalinin seçme gayesi ile; polarizasyon sinyalinin ve kaynak empedansının rölenin sınırsal karakteristiklerine ve dinamik çalışmasına tesirleri incelenmiştir.

En belirli tesir, dengesiz hatalarda; rezistans eksenini daha çok içine alan kaymış (offset) karakteristik göstermesidir. Böylece ark-atlamalı amalarda rölenin doğru çalışması temin edilmiş olur.

Ayrıca, polarize-mho rölesinin, en önemli parametreler göz önüne alınarak, dinamik çalışma teorisi de incelenmiştir. Sadece iki faz arası anza ve thareketli sargıün röle düşünülmüştür.

## SUUMARY

The use of the polarised-mho distance relay for the protection of high voltage lines has become widespread, owing to its definite operation for close-up faults definite restraints for faults immediately behind the relaying point.

In this article, the effect of polarising signal and source impedance on the threshold characteristics as well as on the dynamic behaviour of the relay is investigated with the purpose of optimum choice of the polarising signal for an amplitude comparator.

The effect is that the polarised-mho relay has an offset characteristics, in the case of unbalanced faults, which encloses the origin and hence enhances the relay reach in the direction of the resistive axis indicating positive operation when arcing faults occur in the power system.

The article also presents the dynamic theory of the polarised linear mho-relay, considering only the most significant parameters in order to determine the dynamic response.

Only line-to-line fault and performance of moving-coil relay is considered.

## 1. Giriş

Bilindiği gibi normal mho mesafe röleleri, hem yönlü hem de empedans ölçen elemanlardır. Tek dezavantajı yakın arızalarda doğru ölçme yapamamasıdır.

Terminal arızalarında tam bir ölçmeyi sağlamak için, sağlam fazlardan birinden bir referans gerilim, polarizasyon voltajı, tatbik edilir. Dolayısı ile polarize mho rölesinin faz komparatör olarak çalışmasındaki besleme aşağıdaki gibi olur;

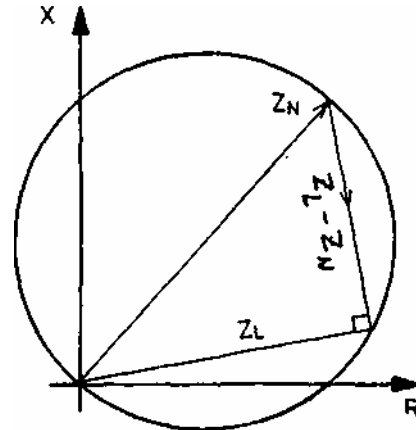
$$\dot{I}V_{tv} \quad \text{ai)}$$

Bu ifadede  $V$ , polarizasyon voltajını,  $I$  ve  $V$  de röle noktasındaki akım ve voltajı gösterir.  $Z_H$  ise mesafe rölesi menzili ayar empedansdır.

Röle, amplitüd komparatör olarak kullanıldığı zaman ise besleme;

Şekil L Mho karakteristiği (1.2)

olur.



Polarize mho rölesinin karakteristiği de normal, mho rölesinin karakteristiği' j gibi -Şekil 1' de gösterilmiştir;  $i \cdot i - , - - 'fj]f/ , '$

Yalnız, polarize-mho rölesinde orijin daha çok belirlidir; yani voltaj  $-?f = 0$  "olunca  $| S_r | f^{\wedge}, ^1 S_0', j$  olur, buda yakın arızalarda' rölenin aç'a^üceğini gösterir.

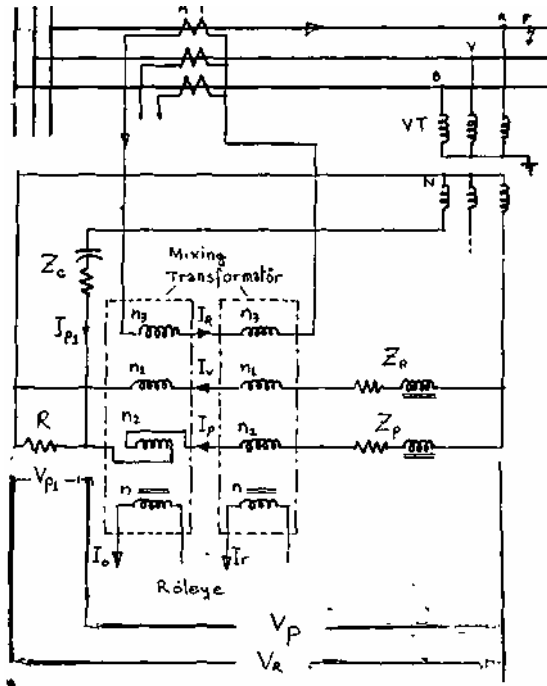
## 2. Lineer ampüttd komparatörlerle polarize mho röle tasarımı

Pratikte, polarize mho rölesinin besleme akunlan aşağıdaki gibidir (Bak. Şekil 2).

$$Z_R n_{1, 2} n \quad (2.1)$$

$$I_r \cdot \hat{I} H <.. V_r. J \hat{1}_{1,}$$

Bu ifadede  $V_R$  tutucu (restraint) veya arızalı faz voltajını,  $I_R$  ise hat akım transformatörünün sekonder akımını (arıza akımı) gösterir. Mbclng transformatöründeki  $n_{1t} n_{2,} n_3$  ve  $n$  ise sırası ile tutucu (restraining), polarizasyon, akım devresi ve sekonder akım devrelerinin sanm sayılarını göstermektedir.



Seldi Z. Polarize mho röle devresi.

$Z_p$  ve  $Z_R$  ise tutucu ve polarizasyon devrelerindeki görünen (replica) empedanslardır. Her iki empedansında açılan enerji hattı açısına eşit alınmıştır.

Bu ifade akım cinsinden yazılırsa;

$$P - ? * * ?$$

ir ;

olur. Burada  $I_v \ll V_R/Z_R$ ,  $I_p = V_p/2p$  dir. Polarizasyon voltajı  $V_p$ , arıza akımına faz açısını belirliyerek röleyi yönlü yapar. Bu sebepten, arıza voltajı ile polarizasyon arasındaki münasebet aşağıdaki gifci olmalıdır.

$$\frac{V_p}{V}$$

Bu ifadedeki  $k_v$  sabiti her hangi fcir değere sahip olabilir.

- Şekil 2'deki faz kaydını R-C devresi, sağlam faz komponentinl, arızalı faza nazaran 180 derece kaydırması içindir: ( $V_p = V_R - V_{p1}$ )

Polarize mho rölesinin doğru çalışma göstermesi için uygun tir polarizasyon voltajı seçilmelidir. Pratikte bu üç türlü elde edilir :

$V_p$ , arızalı faz voltajı  $V_R$ 'den bir resonaus devresi yardımı ile (memory devresi); veyahut arızasız faz voltajından bir faz kaydını devresi yardımı ile elde edilebilir.

Başka ve çok genel bir metod da, Şekil 2'de gösterildiği gibi, polarizasyon voltajının kısmen arızalı kısmen de arızasız faa voltajlarından elde edilmesidir.

Rölenin toprak veya faz arası rölesi olması hallerinde birçok metodlar da vardır.

Evvcelce dei bahsedildiği gibi,  $V_p$  ve  $V_R$  voltajlarının f az ^aşları dengesiz arızalarda birbirlerine eşit değildir. Bunun sebebi kaynak ve hat empedanslarının açılarının birbirine eğit olması ve ark atlama rezistansının olmasındandır. Dolayısı ile  $k_v$  kompleks değişkendir. Pratikte, gerekli bir analiz için  $V_p$  ve  $V_R$  voltajlarının ve dolayısı ile  $I_p$  ve  $I_v$  atomlarının açılan birbirine eşit alınabilir.

## 3. İki faz arası loşa devre halinde polarize mho rölesinin karakteristiği :

Sistem Şekil 3'te gösterilmiştir. Simetrik bi leşen devreleri, kısa devrenin (b) ve (c) fazlarında olduğu kabul edilerek ve aynı zamanda arıza öncesi akımın sıfır olması halinde çizilmiştir.

$(\circ) \wedge r l \textcircled{R}$	F	Zs / -	^
	f	TM VI	J
)E			
T 1 I 1 2ix			
^s			
Z» I2 Z," H4ff->0 TI' Z,'			

$$\hat{a} = I, * I_2 = 0$$

$$I_b = (a^2 - a) I,$$

$$I_c = (a - a) I,$$

$$\text{veva}, \cdot E (a^2 - a)$$

$$b \frac{2(Z_J + Z_L)}{2(Z_J + Z_L)}$$

$$E(a'-a)$$

$$nc \quad " \quad c \quad Z_{..} + Z_{..}$$

### Seldi 3. İki faz arası arızada simetrik bileşen devreler

b-c tase devresine alt bileşen akımlar;

$$I_1 = -I_2 = I_0 = 0 \quad (3.1)$$

Z, X = Z L olduğu yazılarak, bileşen voltajlar;

$$V_1 = E - I_1 Z_s$$

$$(3.2)$$

$$V_0 = P(3.1) \text{ ifadesi, (3.2)}$$

ifadesinde yerine konursa,

$$(2Z_L + Z_S)$$

$$EZ_S$$

Dolayısı ile faz-nötr voltajları

$$V_a = V_1 + V_2 = EV_b = a^j$$

$$V_1 = aV,$$

$$V_1 = aV, \quad V_2 = a^2 V_2$$

$$- \frac{2aZ_L - Z_g}{2aZ_L - Z_g}$$

$$V_{bc} = V_b - V_c = \frac{2a^2 - 1}{Z_s + Z_L} I$$

V^ arıza voltajı, Z\_s ise kaynak empedansdır.

Akımlar'; Elektrik

Polarizasyon voltajının seçilmesi üç türlü düşünülebilir;

a. V<sub>bc</sub> ve

voltajlarından,

b. Sadece V<sub>b</sub> voltajından,

c. V^ voltajı ile ilgili memory devresinden.

Polarize-mho rölesinin karakteristiğinin elde edilmesinde her üç metod da aşağıda düşünülmüştür.

a. Bu metotta, faz komparatörünü besleme sinyalleri;

Bu ifadede S<sub>j</sub> polarizasyon sinyalinin, S<sub>2</sub> esas ölçme sinyalinin, K<sub>a</sub> ve K^ de röle sabitlerini göstermektedir.

V<sub>bc</sub> ve V<sub>b</sub> voltajları bulunan değerleri, yukarıdaki ifadede yerine konulursa,

$$\frac{K_a E (a^a - a) Z_L}{- \cdot}$$

$$\frac{E(a-a) E(a-a) Z_L}{- \cdot}$$

Sağlam faz voltajı V<sub>a</sub>'nın, anızlar faz voltajı ile aynı fazda olması için,

olmalıdır.

Yukarıdaki denklemleri

$$E(a'-a)$$

vektörü ile çarparak bulunan yeni ifadeler ise;

$$S_Z = Z_N - Z_L$$

olur. Bu ifadeye  $K_2$  ve  $IC_j$  genellikle reel sabitlerdir.

Bu ifadelerden faydalanılarak karakteristiği çizmek için aşağıdaki gibi düşünülebilir :

$$S, \quad -$$

$$\left( \frac{K, * K, '}{-} \right) \frac{Z_L + KZ,}{-Z}$$

$$\text{Arg} \left( \frac{Z_L - Z, -}{S} \right) = \text{Arg} \left( \frac{Z_L - Z, -}{S} \right)$$

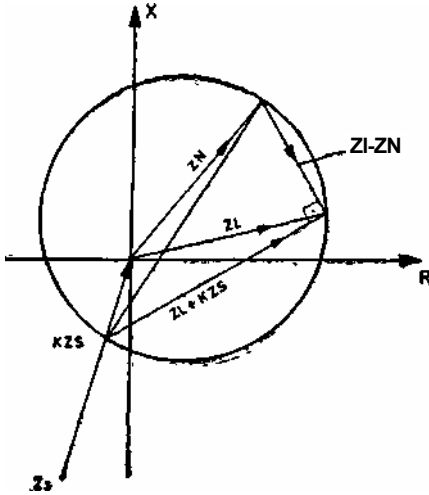
$$\text{Ibrg}(\dots) = 180^\circ \quad (3.3)$$

Eğer cosinus tip faz komparatörü kullanılıyorsa  $\phi = -90^\circ$  ve  $\theta = 90^\circ$  alınmalıdır.

(3.3) ifadesinde, K sabiti ise

$$K =$$

ŞekU 4'te gösterilen karakteristik, (3.3) ifadesi göz önünde tutularak çizilmiştir. Dairelerin



Şekil 4. İki faz arızada polarize mho karakteristiği

içinin röle açma bölgesi olması için  $\theta = -90^\circ$  alınır ve daireler (3.3) ifadesini sağlar.

Görüldüğü gibi, orijin röle karakteristiğinin içinde kalmıştır. Karakteristiğin üçüncü kadrandaki kayma (offset) nispeti ise kaynak empedansı  $Z_s$  ve K sabitinin fonksiyonudur.

Eğer  $Z_s = 0$  olursa, karakteristik orijinden geçer; eğer  $Z_s \rightarrow \infty$  olursa karakteristik  $Z_N$  vektörünün ucundan geçen bir doğru parçası olur (reaktans röle karakteristiği gibi).

b. Bu metodda besleme sinyalleri;

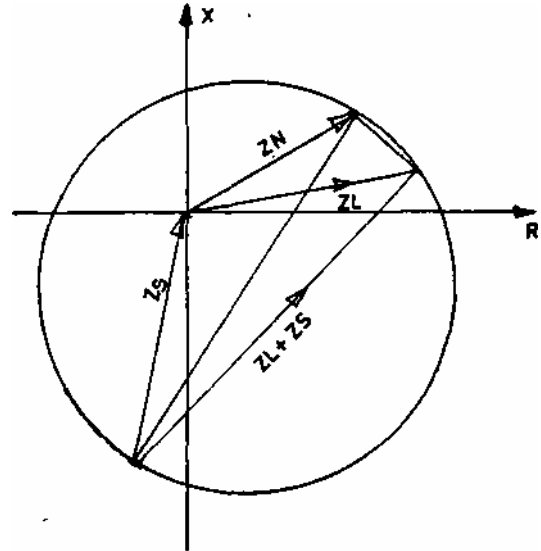
$$S, \quad -K,$$

aynı şekilde giderek;

$$-(Z_L - Z_N)^{-Z}$$

$$\text{Arg} \left( \frac{Z_L + Z_S}{Z} \right) = 0, \quad \theta = 180^\circ \quad \text{olur.}$$

Karakteristik ŞekU 5'te görüldüğü gibidir.



ŞekU 5.  $S, = K, V,$

c. Memory devreli röle besleme sinyalleri ise;

olur. Dolayısı ile

Bu ifadede  $Kj V^{\wedge}$ , arıza evveli voltajdır, arıza olunca bu voltaj üstel fonksiyon olarak azalır. Aynı şekilde

dolayısı  $U_e$  bu ifade Şekil 6'da aynı karakteristiği verir. Polarize miho rölesinde toprak arıza analizi de yapılabilir; karakteristikler yine off set karakteristikleridir.

Şekil 4 ve 5 mukayese edilirse; aynı kaynak empedans değerinde, offset daire Şekil 5'te daha büyük olacaktır.

Bu, memory ve sadece sağlam faz polarizasyon metodlarında, rezistans eksenini daha çok röle çalışma bölgesi içinde olacak, dolayısı ile, ark atlamalı arızalar röle tarafından doğru olarak ölçülecektir.

Halbuki, birinci metod polarizasyonda ise, offset, dolayısı ile daire çapı  $K$  sabitine bağlı olduğundan, ki  $K$  sabiti polarizasyon sinyalinin röle besleme katkısı gösterir ve genellikle birden küçüktür, daireler daha küçüktür.

Bu tip rölelerde esas problem, daimi ve güvenilir polarizasyon voltajının, bütün arızalarda, bilhassa yakın arızalarda, sağlanabilmesidir.

Dairelerin küçük olmasına rağmen, birinci metod polarizasyon pratikte daha çok kullanılır.

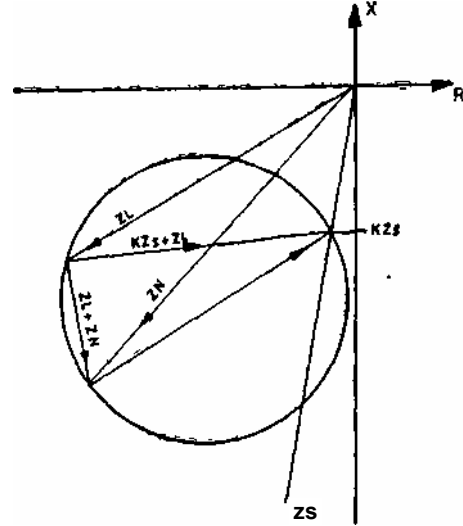
Sağlam faz polarizasyon sinyali komponentine gerekli azaltma faktörü  $K$  ve uygun faz açısını vererek, polarize miho rölesinin yakın arızalarda tam ve doğru çalışması sağlanabilir. Ayrıca daire çapı  $K$  da  $IC_{ya}$  bağlı olduğundan, ark atlamalı arızalarda röle performansı geliştirilebilir.

Şekil 4 ve 6'da karakteristiklerden, rölenin yönlü olması özelliğini kaybettiği sanılabilir. Esasında, ters güç akışında rölenin besleme sinyalleri değişir ve mesela birinci metoddaki sinyaller;

$$s = K;Z > +^v(« , » ') Z_L$$

Arg(-

Karakteristik Şekil 6'da gösterildiği gibi tamamen negatif empedans kadranıdır. Bu rölenin yönlü olduğunu gösterir.



Şekil 6. Ters güç akışında polarize miho karakteristiği

#### 4. Mesafe rölelerinin dinamik çalışması :

Şimdiye kadar gösterilen röle karakteristikleri ideal ise de pratikte röle gıgı sinyallerinin sistem ve geçici rejim şartlarından dolayı karışık olması sebebi ile ideal formdan ayrılırlar.

Röle çadışma zamanı, giriş sinyallerinin genliklerine bağlıdır, mesela küçük genlikli sinyallerle çalışma zamanı uzun, büyük sinyallerle bu zaman kısa olur. Röle performansını tam olarak gösterebilmek için bütün bu bilgilerin verilmesi esastır.

Rölenin dinamik çalışma analizinin yapılması; röle momentinin (torque veya force) değişmesi ve dolayısı ile röle çalışma zamanının sistem şartları ile, beraber incelenmesini mümkün kılar.

Enterkonnekte sistemlerde, baralardaki üretilmiş güç miktarı gündüz ve gece değişikliğe uğrayabilir. Kaynak empedansı  $Z_s$ , röle noktasındaki kısa devre MVA miktarı  $U_e$  direkt olarak ilgilidir. Bu, sistem şartlarına uygun olarak değişiklik gösterişe de, kısa devre MVA değerine dolayısı ile de kaynak empedansına maksimum ve minimum değerler verilebilir.

Anza empedansı  $Z_L$ , ise röle noktasından itibaren arızaya olan uzaklık ile doğru orantılıdır.

Çok büyük MVA değerinde (küçük  $Z_s$ ), röle voltajı normal sistem voltajına ( $E$ ) yakındır ve çalışma zamanı kısa olur. Çok küçük MVA değerinde (büyük  $Z_t$ ), röle voltajı  $Z_s/Z_L$  oranı ile tayin edilir ve çalışma zamanı uzun olur.

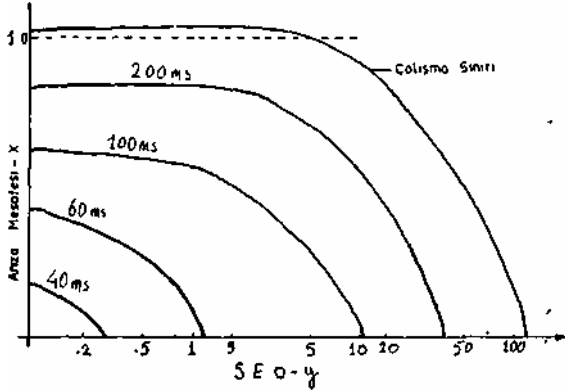
Hamilton ve E11B [S], dinamik test neticelerini en iyi bir şekilde gösterebilmek için bir metod bulmuşlardır.

Röle tatbikatında en önemü unsur, röle çalışma hızının, sabit sistemi şartlarında; anza mesafesinin değişmesi ile nasıl değişeceği. Sabit sistem şartları demek, sabit bara anza MVA'sı ve sabit kaynak empedansıdır.

İki esas parametresi tarif edilmiştir; bunlardan ilki normalize edilmiş anza mesafesidir ve  $x = Z_F / Z_N$  ile gösterilir, ikincisi, normalize edilmiş kaynak empedansıdır ve  $y = Z_s / Z_N$  ile ifade edilir, ( $y$ ) ifadesine ayrıca «sistem empedans oranı» da denilebilir (S.E.O.).

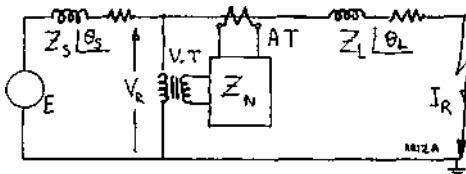
Rölenin çalışma zaman eğrileri,  $x - y$  koordinatları diyagramında eş zaman eğrileri olarak gösterilir,  $y$ -eksenli (S.E.O.) genel olarak logaritma taksimatlıdır.

Şekli 7'de görüldüğü gibi, her eğri belli bir milisaniye çalışma zamanını gösterir. Çalışma zamanı, arıza röle noktasından ( $x = 0$ ) uzaklaştıkça artar ve röle çalışma bölgesi sınırında ( $x = 1$ ), maksimum değere ulaşır.



Şekil 7. Eş zaman eğrileri

Şekil 8'den faydalanarak, aşağıdaki ifadeler yazılabilir;



Şekil 8. Sistem eşdeğer devresi

(4.1)

$y =$

$$I = \frac{E Z_L}{Z_s + Z_L} = \frac{E x}{x + y}$$

(4.1) ifadesinde,  $V_R$  röle voltajını,  $I_R$  de anza akımını gösterir. Eş zaman eğrileri, röle performansına ait birçok bilgileri ihtiva eder ve aynı tip röle performanslarını çabuk olarak mukayese edebilmek için kullanılabilir. Bu eğriler; pratikte, anza akımının sıfır ve maksimum, geçici rejim halifeline olmak üzere iki grup olarak verilirler.

### 5. Lineer amplitud komparatörlü polarize mho rölesinin dinamik karakteristikleri

Pratikte, rölelerin dinamik analizleri deneysel olarak yapılır. Sadece sağlam faz voltaj polarizasyon metodu ve geçici rejimi olmadığı düşünülerek teorik dinamik analizin yapılışı, aşağıdaki gibidir.

Röleye giriş sinyalleri;

$$I = \bullet \quad bVp$$

burada  $a = n^n$ ,  $t_0 = n^n/n$  ve  $c \geq n_3/n$  dir. Şekil 8'den, röle voltajı ve arıza akımı ise

$$|O|$$

$$\frac{E}{|O|}$$

olur. Ayrıca

$$Z_s^* Z_t tS = 2 I_{\pm} \text{ olduğu} \quad (5.1)$$

yazılarak,  $V_R$  ve  $I_R$

$$V_R = \frac{E Z_L \cos \phi}{Z}$$

$$I_R = \frac{E \sin \phi}{Z}$$

(5.2)

« Z

olur. Burada 0 sistem faz açısıdır. Genel halde,

$$\text{Arg}(Z_f) = \theta$$

şeklindedir.

(5.1) ve (5.2) ifadelerini, rölenin birinci-zon ayar empedansına,  $Z_N | @_N$  bölümü ile;

$$\frac{b}{Z_N} = \frac{Z_N}{u} - 0_5 - 0. , r$$

ada ve

$\hat{a}$

dir.

Ayrıca  $I_2 y x \cos(\theta < -1$  dir. burada  $a = 1 / >$  Aynı şekilde

$$x' + y' + 2 y x \cos \theta_{st} \quad (5.3)$$

$$\cos \theta_{1L}$$

(5.3) ifadeleri röle besleme akımları ifadesinde yerine konulup düzenlendiği takdirde aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$x' + y' + 2 y x \cos \theta_{st} = k \frac{I_2 y x \cos \theta_{st}}{I_2 y x \cos \theta_{st}} \quad (5.4)$$

(5.4) ifadesinde k değeri;  $k =$

$$b k_V \quad (5.5)$$

olarak verilmiştir. Kullanılan rölenin çıkış, kuvvet ifadesi  $F = |J_Q| - |I_r|$  gelelinde yazılır. Yakanda (5.4) ifadesindeki akımların karışık olması dolayısıyla ile, kuvvet ifadesinde yerine

koyulup denklem olarak düzenlendiği takdirde 8. dereceden bir denklem verir ki bu denklemin kökleri olan sistem empedans oranlarını (y) bulmak oldukça zordur. Ayrıca sistem açısı  $\theta$ , çözüm boyunca sabit kalmaz çünkü  $\theta$  açısı (5.1) ifadesinde de verildiği gibi kaynak ve hat empedansı açıların fonksiyonudur, dolayısıyla  $\theta$  açısı sistem şartları ile beraber değişikliğe uğrar, (y)'nin değeri arttıkça,  $Z_s$  empedansının değeri de artar ve açısı kaynak empedansının açısına yaklaşır.

Mümkün bir çözüm için; kaynak, enerji hattı, ye sistem açılan birbirine eğit alınmıştır. Bu hale homojen hal denilir.

$$\text{Yani, } 0^{05} = 0^{0::} c \ell >$$

alınır. Homojen hal pratik olmamakla beraber; çözümde, polarizasyon sinyalinin, rölenin dinamik çalışmasındaki tesirleri incelenebilir. Yukardaki basitleştirme göz önünde tutularak röle giriş akımları şu şekilde yazılabilir;

$$-- k - \bullet$$

$$x+y \quad /- < * >$$

ve röle çıkış ifadesi ise;

yazılarak, kuvvet ifadesi aşağıdaki gibi olur.

$$k) - (k y \quad k) * (k y -$$

$$= I^2 x (a - \quad (5.6)$$

Bu ifade açılarak yazıldığında 4. dereceden bir denklem verir, bu denklemde bilinmeyenler sistem empedans oranlarıdır. Her K değeri belli bir kuvvet P değerine tekabül eder, bu da aynı zamanda belli bir röle 'çalışma zamanı!' belirtir; F ile çalışma zamana birbirleriyle ters orantılıdır.

4. dereceden denklemde her K değeri için y'ler hesaplanır ve sabit kuvvet eğrileri olarak çizilebilir. K değerinin geçiminde, minimum y için maksimum K bulunacağından, (5, 6) ifadesinde  $y = 1, x = 0$  konularak,

$$K_{\text{max}} = k \gg a - |k - a$$

veya

bulunur.  $k$ 'ye değer verilebileceğinden,  $K_{\text{mal}}$  bulunabilir, dolayısı ile sabit kuvvet eğrileri  $K_{\text{mal}}/X$ 'in çeşitli yüzdeleri alınarak çizilebilir.

ve  $I_R$  akımlarının

(2.1) ifadesinde;  $I_v$ , birbirlerine göre mümkün olan çeşitli genlikleri göz önünde bulundurularak iki türlü kuvvet ifadesi bulunmuştur. Bunlar;

$$- 2(I, - U$$

Birinci kuvvet ifadesi maksimum kuvveti verir, çünkü  $V_p$  ve dolayısı ile  $I_p$ , değişen sistem şartlarında ve arıza noktalarında sabit kalır, ikinci ifade ise sistem ve arıza şartlarında değişkendir. Mesela, röle noktasında ( $x = 0$ ) ;  $I_v = 0$  ( $V_R = 0$ ), dir ve  $F = 2 I_R$  olur.  $X=1$  noktasında ki röle ölçme sahası bitiş. sinindir,  $I_v=I_R$  dolayısı ile  $F = 0$  olur.

## 6. Polarizasyon akımının seçilmesi

Genellikle, polarize mho rölesinde  $I_R \hat{>} I$  olduğu zaman  $F_{\text{mal}} = 2 I_p$  kuvvet ifadesi, hattın hemen hemen tamamında geçerlidir ve iküçük  $y$  değerlerine tekabül eder.  $I_R < I_p$  olduğu zaman  $F = 2(I_R - I_v)$  ifadesi geçerlidir ve büyük  $y$  değerlerine tekabül eder.

Eğer  $y > 1$  olursa ki bu kaynak empedansının büyük olması demektir, dolayısı ile sistem "MVA'sı" küçük değerdedir. Netice olarak  $I_v$  ve  $I_R$ ,  $I_p$  değerinden daha küçük olurlar, bu sebepten kuvvet azalar ve çalışma zamanı artar.

Fakat rölenin hangi kuvvet ifadesine göre çalışacağı sistemde kesin olarak belli değildir. Mesele, i-ölenin bütün sistem şartlarında (her  $x$  ve  $y$  değerlerinde), maksimum sabit kuvvet ifadesine,  $F_R = 2 I_p$ , göre çalışmasını temin edebilmektir.

$1/2k$  ve  $F_{\text{mal}} : 21$  birbirleriyle ilgili ifadeler olduğundan, polarizasyon akımının; rölenin dinamik çalışmasındaki tesiri, 4. dereceden dekleme ancak  $k$  değeri ile kontrol edilebilir; çünkü (5.6) ifadesinde verilen  $k$  değeri aynı zamanda

$$\frac{I_p}{I_v} - k \quad (5.7)$$

şeklinde de gösterilebilir.

$I_p$  akımının seçiminde aşağıdaki hususlar göz önüne alınmalıdır;

$$I_R > I_v$$

Bu iki ifade, her «sistem empedans oranı» değerlerinde geçerli olmalıdır.

$I_R$  akımı,  $n_3$  sarım sayısı artırılarak yükseltilebilir, ve artışı akım sargısının maksimum ısınması ile sınırlıdır.

$I_p$  akımı,  $b = n_3/n$  veya  $k_v$  sabitlerinin değiştirilmesi ile kontrol edilebilir. (5.7) ifadesinden de anlaşılacağı gibi,  $k$  değeri azaltıldıkça,  $I_p$  akımı da azalır.  $I_R$  akımı ise, normal çalışmada,  $I$  ve  $I_v$  akımlarından büyük tutulmalıdır.

Böylece, röle daha hassas bir ölçmeye sahip olur ve  $F_{\text{mal}} = 21$  ifadesi bütün S.E.O. değerlerinde ve arıza noktalarında ( $x = 1$  noktası hariç) geçerlidir.

## 6. Dinamik karakteristik denkleminin çözümü

Dinamik karakteristik denklemi, (5.6) ifadesinin açılması ile bulunan 4. dereceden bir denklemdir, ( $y$ )'nin reel köklerinin bulunması için, denklemi IBM-360 kompüterinde «Graeffe's Root Squaring» metodu ile çözülmüştür.

Neticeler, Şekil 9 a, b, c, d'de gösterilmiştir. Eğriler Üzerindeki sayılar  $K_{\text{mal}}$ , değerinin yzde oranlarını göstermektedir.

$K_{\text{mal}}$  değerinin bulunmasında, evvelce de bahsedildiği gibi,  $k$ 'nin  $k \leq 0$  ve  $k < 1$  limitleri arasında olması hali göz önünde tutulmuştur.

Tesiri inceleyebilmek için  $k = 0,375$  ve  $k = 0,375$   $k = 0,8$  9a ve Sb'dende görülmüştür. Şekil rüldüğü gibi, aynı  $a = n_3/n = 0,9$  değerinde, küçük  $k$  (küçük  $I_p$  akımı) değeri için, dinamik performans daha iyidir.

Ayrıca,  $a$  faktörü arttırıldıkça dinamik çalışma, eğrilerin büyük  $y$  değerlerine doğru açılması ile de görüldüğü gibi daha çok gelişme göstermektedir; çünkü  $I_R$  akımının değeri, artan  $a$  faktörü ile artmakta ve rolaysı ile  $F_{\text{mal}} = 21$  bütün sistem şartlarında geçerli olmaktadır.

Çözümde,  $c = iij/n$  yerine  $a = a^n/n$  kullanılmasının sebebi ise;  $I_R$  akımının arttırabilmek için  $n_3$  arttırılır, fakat buna bağlı olarak  $n_4$  de artar, çünkü rölede :

$$N = Z,$$

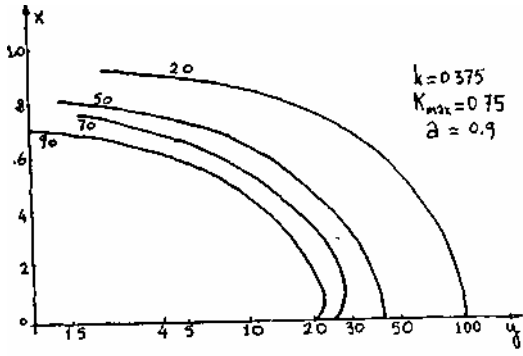
bağıntısı vardır ve kullanılan  $n$ , rölede  $Z_N$  ve  $Z_R$  sabit tasarım değerleridir.



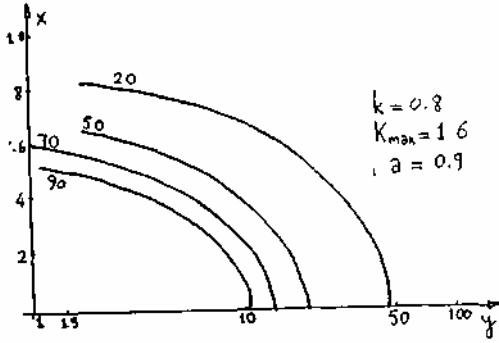
Diğer bir pratik sebep de, röle kuvvet ifadesi (5.6) da sadece a faktörünün mevcut olması-

Şekil: 9d

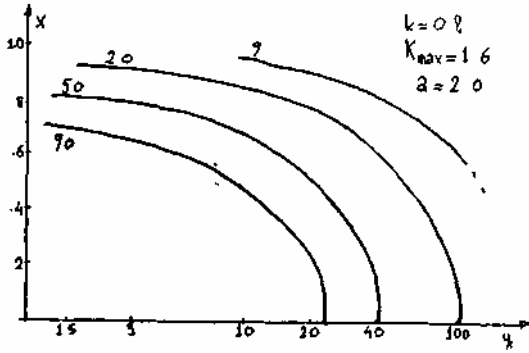
Şekil 9. Polarize mho mesafe rölesi dinamik karakteristikleri.



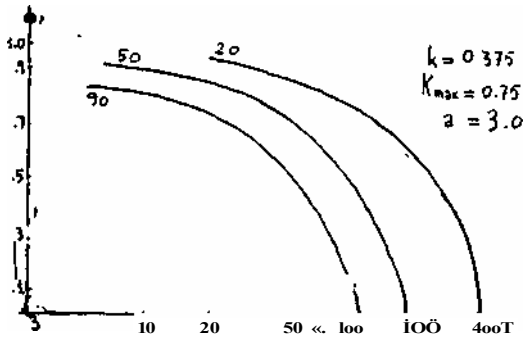
SEKIL 9a



SEKIL 9b



SEKIL 9c



dır. Bu ise polarize miho rölesinin uzun ve kısa hatlarda aynı dinamik çalışma göstermesi demektir. Çünkü, rölede;

$$N \frac{n_p}{n_s} \frac{3}{n}$$

ifadesi yazılabilir. Bu ifadelerde  $N_p/N_a$  voltaj transformatör değiştirme oranı,  $n_R/n_a$  akım trafosu değiştirme oranıdır ve genellikle sabit değerlerdir. Mixing transformatörün akım sargısı  $n_3$  ise genellikle kademelidir.

Eğer  $n$ -, büyük kademede ise,  $Z_N$  ve  $Z_L$  büyüktür bu da rölenin uzun hatları koruduğu anlamına gelir, eğer  $n_3$  küçük kademede ise röle kısa toir hattı koruyor demektir.

Netice olarak, polarize mho rölesi, uzun ve kısa hatlarda, birinci zon ayar empedansları değişik olmasına rağmen; dinamik çalışması aynıdır.

Aynı şekilde, kısmen arızalı kısmen de arızasız voltaj polarizasyon metodunda teorik Ül-dinamik çalışma analizi yapılırsa, dinamik karakteristiklerin Seldi &'da verilen sağlam faz voltaj polarizasyon karakteristikleri ile aynı olduğu görülür.

## 7. Sonuç

Hem polarizasyon sinyalinin hem de kaynak empedansının rölenin sınırsal karakteristiklerine tesiri, karakteristiğin, yönlü olması özelliğini bozmadan, negatif empedans kadranına kaymış olması ve aynı zamanda rezistans eksenini daha çok kaplayıp, ark atlamalı arızalarda daha iyi bir çalışma göstermesidir.

Dinamik analizinde, tamamen teorik olmasına rağmen, pratik bir değeri olduğu bulunmuştur. Analizde, rölenin çalışmasında esas olan atam ve kuvvet, olayı ile zaman faktörleri incelenmiştir.

Dinamik analizde; polarizasyon akımının azaltılması ve  $I_R \gg I_p, I_v$  olması ile dinamik kuvvet eğrilerinin büyük S.E.O. değerlerine doğru bir açılma göstermesi, bu nedenle «hareketli sargılı» (moving-coil) rölenin hassaslaştıkça daha iyi bir dinamik performans gösterebilmesi bulunmuştur.

## Kaynaklar

1. Wedepohl, L. M.: «Polarised Mho Distance Relay», Proc. IEE, vol. 112, Maroh 1965.
2. Wedepohl, L. M.: «Transducer Performance and Conjective Testing» Symposium notes on distance protection, 1968.
3. Ellis, N. S.: «Distance Protection of Feeders», Reyrolle Revlew, pamphlet 1301.
4. Reyrolle Review 1297, «Type-H Distance Protection».
5. Ediboğlu, M.: «Transtent and Dynamic Behaviours of Relay Comparators» M. Sc. Thesis, ODTÜ, 1970.
6. Cetin, T.: «Deslgn and Construction of Polarised Mho Relay Using Rectlfier Bridge Amplitude Comparator». M. Sc. Thesis, ODTÜ, 1070.