

DİFERANSİYEL KORUMA

Kemal BAKIRCIOĞLU

UDK: 621.316.925.2

ÖZET

Korunan aygıtın her iki tarafındaki akım trafolarına bağlı diferansiyel röle, diferansiyel devresine giren ve çıkan akımları karşılaştırır. Fark akını, aygıttan geçen akımın belirli bir yüzdesini aştığında, korunan bölgede bir arıza vardır ve röle gerekli açtırmaları yaptırır. Güç trafosunun vektör grubundan gelen giriş ve çıkış akımları arasındaki faz kayması ya ana, ya da yardımcı akım trafoları üzerinde giderilmelidir.

SUMMARY

The differential relay connected to the current transformers on either side of the object to be protected, compares the incoming and outgoing currents in a differential circuit. When the difference current exceeds a certain percentage of the current flowing through the protected object, there is a fault in the protected zone, and the relay makes the required trippings. The phase shift between primary and secondary currents of the power transformer coming from the vector group must be compensated either on the main or on the auxiliary current transformers.

1. GİRİŞ

Diferansiyel korumada, genel olarak, güç sisteminin bir bölümü akım trafolarıyla sınırlandırılır ve bu korunan bölgeye giren-çıkan akımların yön ve genlikleri karşılaştırılarak kısa devrenin varlığı saptanmaya çalışılır. Bu tanımlamadan diferansiyel korumanın nerelerde kullanılacağı sorusu akla gelebilir. Günümüzdeki uygulamaları şöyle özetleyebiliriz:

1. Güç trafolarının korunmasında:

Bucholz rölesinin dışında, trafolarda oluşacak kısa devrelere karşı temel korumadır. Çalışmasının hızlılığı, seçiciliği ve duyarlılığı diferansiyel korumasının başlıca nitelikleridir. Bu tür koruma, her iki ya da üç uçta akım trafoları gerektirdiğinden, küçük güçlü trafolarda kullanılmamaktadır. Türkiye yüksek gerilim enterkonnekte sisteminde, diferansiyel koruma 10 MVA'in üzerindeki güç trafolarında uygulanmaktadır.

2. Üreteç ya da üreteç-trafo birimlerinin korunmasında:

Hemen tüm üreteç ve üreteç-trafo birimlerinde temel korumadır.

3. Baraların korunmasında:

Özellikle üretim merkezleri ve geniş alana yayılmış büyük salt merkezlerinde kullanılmaktadır. Yurdumuzdaki yaygın 154 kV salt dağıtım merkezlerinde bara korunmaları benimsenmemiştir.

4. Hatların pilot iletkenlerle diferansiyel korunmasında:

Uzaklık korumasının gerçekleştirilemeyeceği kadar kısa hatlarda kullanılmaktadır. Hattın uçları arasına ayrıca iletkenler çekileceği ve bu iletkenlerdeki gerilim düşümleri düşünülecek olursa, yalnızca çok kısa (1-3 km) hatlar için geçerli olacaktır, ülkemizde bu tür bir koruma kullanılmamaktadır.

Yazıda özellikle ilk iki grubun üzerinde durulacaktır.

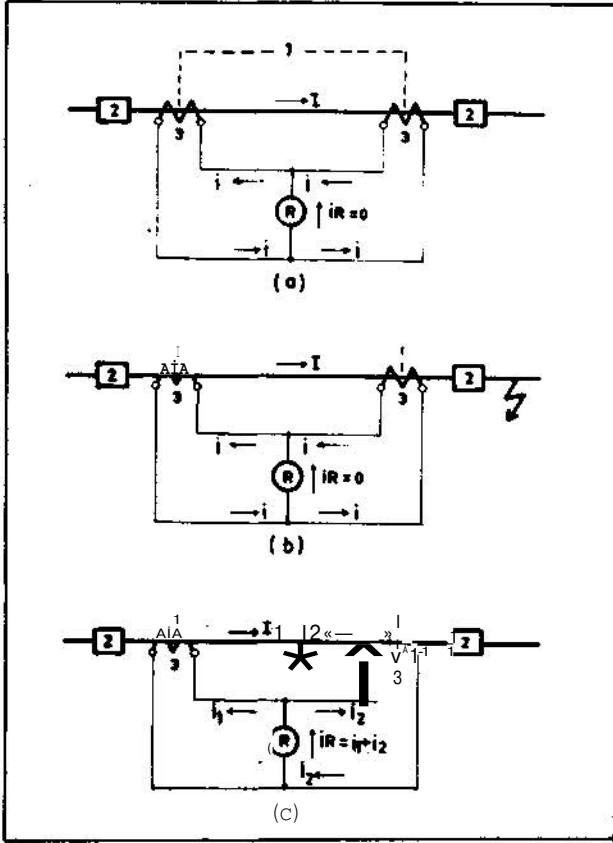
2. DİFERANSİYEL KORUMA İLKESİ

Korunan bölgeye giren ve çıkan akımlar akım trafoları üzerinden diferansiyel röleye verilir ve karşılaştırılması yapılır. Sağlıklı çalışma koşullarında rölelere giren ve çıkan akımların vektörel toplamı sıfırdır ve röleyi çalıştıracak fark akımı doğmaz. Kısa devre anında ise bu denge bozulur ve röleden fark akımı geçer, bu akım da rölenin önceden ayarlanmış değerini aşarsa, röle çalışır ve bölgedeki kısa devreyi besleyen tüm uçların kesicilerini açtırır.

Dışsal kısa devrelerde korunan bölgeden geçen akımların büyümesi ve akım trafolarının farklı değerlerde doymaya ermesinden doğacak fark akımları röleyi çalıştıracak boyutlara erişebilir. Özellikle trafo ve üreteç-trafo birimlerinin korunmasında, her iki uçtaki akımlar güç trafosunun dönüştürme oranına uyarak farklılaşacaklarından, farklı dönüştürme oranlı akım trafoları kullanmak gerekecektir. Akım trafolarının sınırlı dönüştürmeleri (örneğin, 50-100-200-400-600-800-1000-1200-1500-2000/5A gibi) düşünülecek olursa, farklı dönüştürme oranlı ve farklı doyma özellikli akım trafoları kullanmak zorunda kalacağımız açıktır. Ayrıca akım trafolarının doğruluk sınıflarına ilişkin dönüştürme oran hataları da rölenin çalışmasını etkiler. Tüm bu etkenleri gözönüne alırsak sağlıklı çalışma koşullarında bile rölede bir fark akımı doğacak, bölgeden geçen akım arttıkça rölenin yanlış çalışma olasılığı da büyüyecektir. Akla hemen bölgeden geçen akımın röleyi tutucu (çalışmasına karşıt) yönde kullanılması gelebilir.

Röleyi iki sargılı döner bir disk olarak düşünebiliriz; sargıların birinden geçen fark akımı diski çalışma yönünde döndürecek, diğer sargıdan geçen akım ise diski frenlemeye çalışacaktır. Çoğunlukla diferansiyel röleler iki ya da üç tutucu sargı (restraining coils) ve bir çalıştırıcı sargıdan (operating coil) oluşur. Burada sargı kelimesini işlevin açıklanması amacıyla kullanıyoruz. Gerçekte döner diskli (ki bu sargılardan oluşur) diferansiyel röleler olduğu gibi, doğrultmaç köprüleriyle de aynı ilke gerçekleştirilmektedir.

Kemal Bakırcioğlu, TEK



Şekil 1. Sistemdeki Akımların Durumu

- (a) Normal çalışmada
 (b) Dışsal kısa devrede
 (c) İçsel kısa devrede
 1 Korunan bölge
 2 Devre kesicileri
 3 Akım trafoları
 R Diferansiyel röle

Transformatör diferansiyel koruması, transformatördeki sarımlararası, fazlararası ve doğrudan topraklı sistemlerde faz-toprak arası kısa devrelere karşı duyarlıdır. Üreteç diferansiyel koruması ise, fazlararası ve doğrudan topraklı sistemlerde stator faz-toprak devrelerine karşı üretici korur. Röle, üreticinin sarımlararası kısa devresinde duyarlıdır, çünkü üreticinin giriş ve çıkış akımları arasında farklılaşma olmaz. Transformatörde ise, sarımlararası kısa devre, manyetik akıda ve giriş çıkış akımlarında farklılık doğuracağından, röle bu tür arızaları kolaylıkla görür.

Üreteç ve transformatör tek birim olarak bağlanmışsa üreticinin diferansiyel koruması, tüm birimi kapsayan diferansiyel koruma dizgesiyle birarada kullanılmalı ve birimin koruması gecikmeli-artıcı (delayed back-up) nitelikte olmalıdır. Birim korumasına üreteç baraları, gerilim trafoları ve yerleştirilişe bağlı olarak da servis trafoları girer. Servis trafolarının gücü diferansiyel rölenin iki ya da üç tutucu sargılı oluşunu belirler.

3. MIKNATISLAYICI YIĞILMA AKIMI

Transformatör boştaki enerjilendiğinde ani bir dalgalanma akımı (surge current) doğar. Bu olgu,

trafonun boştaki kayıplarının ilk andaki karşılığıdır. Olay yalnızca enerjilenen tarafta olduğundan röle bunu fark akımı olarak görür. Trafo devreye alınırken doğan ani yığılma akımları (inrush currents) incelendiğinde, büyük harmonik özellikle 2nci harmonik akımların etkinliği göze çarpar. İçsel kısa devre ve mıknatıslayıcı yığılma akımlarında (magnetizing inrush currents), DA, temel, 2nci, 3üncü ve 4üncü harmonik bileşenlerin büyüklükleri Tablo'da verilmiştir.

Akım Bileşen	Mıknatıslayıcı yığılma akımı			İçsel kısa devre akımı	
	•H*B - < i> i-1 I*	* •HB C O > < i> i-1 I*	:3*B U C > < i> i-1 I*	Akım trafo=3 doymamış	Akım trafo=3 doymuş
DA (Doğru akım)	58	58	58	38	0
Temel harmonik	100	100	100	100	100
2'nci Karmonik	62	63	65	9	4
3'üncü harmonik	25	28	30	4	32
4'üncü harmonik	4	5	7	7	9
5'inci harmonik	2	3	3	4	2

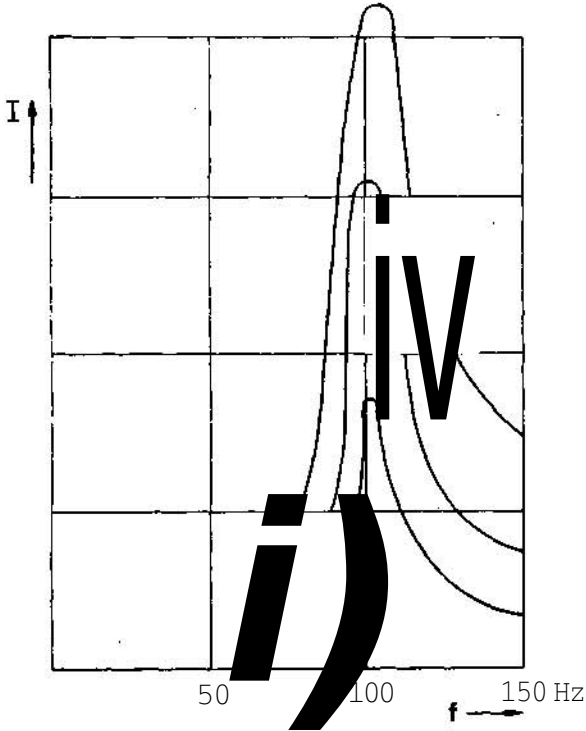
* Çevrim: Cycle (50 Hz'de 20 msn)

Tipik Mıknatıslayıcı Yığılma ve İçsel Kısa Devre Akımlarının Göreli Harmonik Büyüklükleri

Tablo incelendiğinde, yığılma akımlarında ikinci harmonik bileşenlerin en büyük değerlerde olduğu görülür. İçsel kısa devrelerde akım trafoları doymaya ermişse (normal olarak doyar) üçüncü harmonik etkendir. Ayrıca mıknatıslama akımlarında DA bileşenleri de oldukça yüksek değerlerdedir. Diferansiyel rölenin, trafo servise alınırken doğacak yığılma akımlarından etkilenmesini (çalışıp yanlış açtırmalar yapmasını) önlemek için aşağıda sıralayacağımız yöntemler uygulanabilir:

- Rölenin çalışma oranı (pick-up ratio) ve zaman gecikmesi artırılarak, yığılma akımlarının etkisi azaltılabilir. Bu durumda rölenin normal çalışmadaki duyarlılığı azalır ve hızlı çalışma istendiğinde öğeler arası zaman koordinasyonu zorlaşır.
- Trafo enerjilenirken, akım uçları kısa devre edilerek röle körletilir, duyarlılık duruma getirilir. Bunun da sakıncası, enerjileme anında ya da hemen sonra doğabilecek kısa devrelerde, transformatörün diferansiyel korumasız kalmasıdır.
- DA bileşenleri süzgeç devreleri üzerinden röleye tutucu akım olarak verilebilir. Bu durumda içsel kısa devre ve yığılma akımlarının ayırt edilmesi güçleşir. Eğer içsel kısa devrelerde, akım trafoları doymaya eremiyorsa, DA bileşenleri büyük değerlerdedir ve tutucu akım olarak kullanıldığından, rölenin arızayı görememe tehlikesi vardır.
- Daha büyük harmonik akımların tutucu olarak röleye verilmesi: Bu yöntem yukarıdakilerden daha tutarlıdır, yalnız akım trafolarının doymasıyla normal içsel kısa devrelerde harmonik akımlar büyür ve rölenin çalışması güçleşebilir.

5. İkinci harmonik akımların röleye tutucu yönde verilmesi: Bu yöntem saydıklarımız içerisinde en tutarlısıdır. Böylece yığılma ve içsel kısa devre akımları daha doğru olarak ayırt edilebilir. Süzgeç yardımıyla süzülen ikinci harmonik akımlar röleye tutucu yönde verilerek, rölenin transformatör enerjilenirken yanlış çalışması ya da mıknatıslayıcı yığılma akımlarından etkilenmesi önlenmiş olur. Diferansiyel rölelerde aranacak başlıca nitelik de budur.

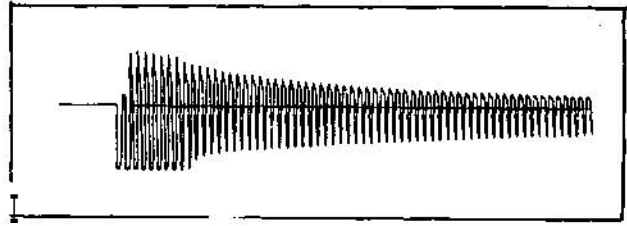


Şekil 2. Yığılma Akım Süzgecinin Frekans Karakteristiği

Yığılma akımlarının genlik ve süreleri aşağıdaki etkenlere bağlıdır:

- Transformatörün gücü
- Bağlanacak sistemin kısa devre gücü
- Sistemde kaynaktan trafoya kadar olan direncin büyüklüğü
- Transformatör manyetik devresinin türü
- Transformatörün daha önceden enerjilenip enerjilenmediği (trafodaki artık akımların nicelik ve nitelik durumu)

Gerilim dalgası sıfırdan geçerken trafo enerjilenirse, maksimum yığılma akımı doğar. Bu anda yüksek endüktanslı devrede akım ve akı en büyük değerlere ulaşır. Eğer transformatörde, bir önceki enerjilenmeden artık akı kalmışsa, bu artık akı yeni enerjilenme anında doğacak akı ve akımı ya artırıcı ya da azaltıcı yönde etkiler. Güç transformatörleri çoğunlukla doyma eğrisinin dirsek bölgesinde çalışacak biçimde yapıldıklarından, gerilimi sıfır anında enerjilenen trafonun akısı + bir önceki artık akı manyetik çekirdeği kesinlikle doymaya götürür ve mıknatıslayıcı akım bileşenlerin aıtmasına yol açar. Şekil 3'de tipik mıknatıslayıcı yığılma akı dalgası görülmektedir.



Şekil 3. Mıknatıslayıcı Yığılma Akım Dalgası

Yığılma akımı ilk birkaç çevrimde hızla ve daha sonra çok yavaş olarak azalır. Direnç düşüğe yığılma akımının tamamen sönmeye 4-5 saniye sürebilir.

Transformatörün doymasıyla L (endüktans) değeri düşeceğinden devrenin zaman sabitesi L/R değişir. Yığılma akımının zaman sabitesi küçük birimlerde 10 çevrim, daha büyüklerde ise 1 dakika dolayındadır.

Sistemde kaynaktan trafoya kadar olan direnç, yığılma akımının sönmeye süresini belirler. Yığılma akımları, üreteçlere yakın trafolarla uzun, uzak trafolarla ise kısa sürer.

Her enerjilenmede maksimum yığılma akımı görülmez. Çünkü gerilimin sıfır anında enerjilenme olasılığı oldukça azdır. Eğer trafoda artık akı yoksa, maksimum gerilim anındaki enerjilenmelerde yığılma akımı sıfırdır. En büyük yığılma akımı transformatörün ilk sisteme alınışında görülür. Trafonun dışındaki kısa devrelerde sistem bölümlerinin açılarak gerilimin önce düşüp sonra normale dönmesi, yığılma akımlarını doğurabilir. Bu durumda transformatör kısmî enerjilendiğinden yığılmalar tehlikeli değildir. Bir trafo, enerjili bir trafoya paralel olarak sisteme alınıyorsa, doğacak yığılma akımları her iki trafo üzerinde paylaşılacağından etkisi azalır.

Üreteç-transformatör birimleri de anma gerilimine yavaş yavaş getirildiğinden bunlarda yığılma sorunu yoktur.

4. AKIM TRAFOLARI DÖNÜŞTÜRME ORANLARI FARKLİLİĞİNİN RÖLEYE ETKİSİ

Transformatörde giriş ve çıkış akımlarının aynı olmaması, bizi farklı dönüştürme oranlı akım trafoları seçmeye zorlar. Yüksek gerilim akım trafolarının dönüştürme oranları da standartlar ve yapımcılar tarafından sınırlandırılmıştır. Dönüştürme oranlarındaki farklılığın röledeki etkisini bir örnekle yakından görelim:

Örnek 1. 154/30 kV ve 25 MVA'lık güç trafosunun diferansiyel koruması: Trafonun giriş ve çıkışındaki akım trafoları, trafonun anma gücündeki akımlarının hemen üzerindeki değerlerde seçilir. Akım trafosu çıkışları 1 ya da 5 A'dir. Türkiye'de çoğunlukla 5 A çıkışlı akım trafoları kullanıldığından örneklerde bu değeri kullanacağız. Standart akım trafosu dönüştürme oranları: 50-100-200-400-600-800-1000-1200-1500-2000/5 A.

Trafonun anma gücünde (25 MVA) 154 kV ve 30 kV'dan geçen akımlar:

$$I_1 = 25000 / (\sqrt{3} \cdot 154) = 93,7 \text{ A}$$

$$154 \text{ kV akım trafosu: } 100/5 \text{ A}$$

$$I_2 = 25000 / (\sqrt{3} \cdot 30) = 481 \text{ A}$$

$$30 \text{ kV akım trafosu: } 600/5 \text{ A}$$

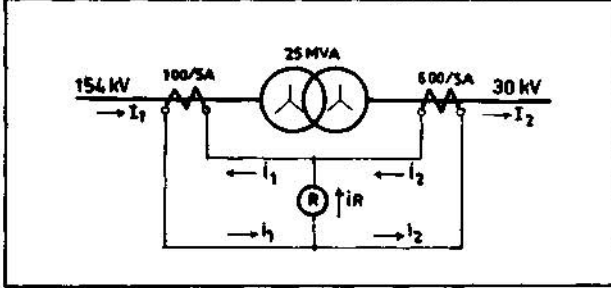
Güç trafosu anma gücünde çalışırken akım trafolarının çıkışından, daha doğrusu röleden geçecek akımlar:

$$I_1 = 93,7 \cdot 5/100 = 4,68 \text{ A}$$

$$I_2 = 481 \cdot 5/600 = 4,01 \text{ A}$$

Röleden geçecek fark akımı:

$$I_R = I_1 - I_2 = 0,67 \text{ A}$$



Şekil 4. 154/30 kV, 25 MVA'lık Güç Trafosunun Diferansiyel Koruması

I_1/X_2 : 154 kV ve 30 kV'dan geçen akımlar
 i_1, i_2 : 254 kV ve 30 kV akım trafolarının çıkış akımları

I_R : Röleden geçen fark akımı

Rölenin tutucu sargıları olmasa ve $I_R > 0,5 \text{ A}$ ayarlansa, röle transformatörün anma gücünde bile çalışacak ve istenmeyen açtırmalar yaptıracaktır.

örnekte de görülebileceği gibi istediğimiz dönüşüm oranlı yüksek gerilim akım trafolarını sağlayamadığımızdan (örneğin 93,7/5 A ve 481/5 A gibi), rölede bir fark akımının doğması kaçınılmazdır. Bu fark akımını, ya röle üzerindeki (varsa) ayar uçlarıyla ya da akımları röleye yardımcı akım trafoları üzerinden vererek sıfırlayabiliriz. Yardımcı akım trafolarının seçimini ilerde göreceğiz.

5. GÜÇ TRAFOSU BAĞLANTI GRUPLARININ RÖLEYE ETKİSİ

Buraya kadar, röle yönünden, akımların yalnızca genliklerini gözönüne aldık. Transformatörlerin bağlantı gruplarından gelen giriş ve çıkış akımları arasındaki faz kaymaları üzerinde de durmak gerekir, örneğin Ynd5 bağlantı gruplu transformatörün giriş ve çıkış akımları arasında $5 \cdot 30 = 150$ derece faz kayması vardır. Bu akımları röleye ayarlı vererek, genlikleri eşit olduğu halde faz kaymasından ötürü yine bir fark akımı doğacaktır. Röleye gelen akımların genliği ayarlanmış ve 5 A olsun; giriş ve çıkışta 150 derece faz kayması varsa röleden geçecek fark akımı,

$$I_1 = 5 \angle 0^\circ = 5$$

$$i_2 = 5 \angle 150^\circ = 5(-0,866 + 0,5j)$$

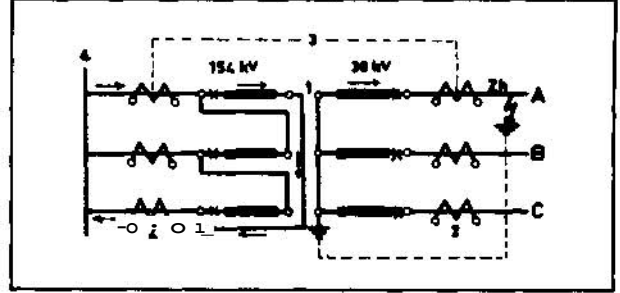
$$i_R = I_1 - i_2 = 9,65 \angle -21^\circ$$

Bu fark akımı da röleyi çalıştırmaya yeter. Güç trafosunun giriş ve çıkış akımları arasındaki faz farkının ana ya da yardımcı akım trafoları üzerinde giderilmesi gerekir.

6. TOPRAKLI SİSTEMLERDE KORUNAN BÖLGENİN DIŞINDAKİ FAZ TOPRAK ARIZALARININ RÖLEYE ETKİSİ

Doğrudan ya da düşük değerli direnç üzerinden topraklı sistemlerde diferansiyel koruma bölgesinin dışındaki faz-toprak kısa devreleri de röleyi etkiler. Özellikle yıldız-üçgen bağlı transformatörlerin yıldız tarafında oluşacak faz-toprak kısa devrelerinde, kısa devreli faz ve sağlam fazlardan birinin trafo giriş ve çıkışındaki akımlar çok farklıdır. Bu farklılık rölenin çalışmasına ve sistemin arzu edilmeyen yerlerden açılmasına yol açabilir.

örnek 2. Dyn 1 bağlantı gruplu transformatörün yıldız tarafında faz-toprak kısa devresi:



Şekil 5. Diferansiyel Koruma Bölgesinin Dışında ve Yıldız Tarafında Faz-Toprak Kısa Devresi

1: Güç trafosu 154/30 kV, 100 MVA, $ukd = \% 10$

2: Akım trafoları

3: Korunan bölge

4: 154 kV bara, üç faz kısa devresi 5000 MVA

Zh: Hat empedansı (100 MVA bazında)

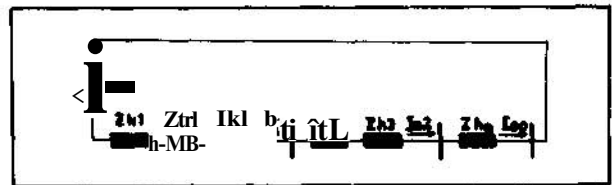
$$Zh \backslash = Zhz = 0,08 \text{ pu}$$

$$ZhQ = 0,10 \text{ pu}$$

Sistemin durumu ve belirleyici değerleri Şekil 5' de gösterilmiştir.

Kaynak empedansı $Z_k = 100/5000 = 0,02 \text{ j} = Z_{k1} = Z_{k2}$

Kısa devre akımlarını bulmak için sistemin pozitif, negatif ve sıfır bileşen değerleri Şekil 6'da düzenlenmiştir. Hesaplamalarda 1 al ts imgesi (endisi) pozitif, 2 negatif, 0 sıfır bileşenlerini gösterir.



Şekil 6. Sistemin Pozitif, Negatif ve Sıfır Bileşen Devreleri

A fazının pozitif, negatif ve sıfır bileşen akımları birbirine eşittir.

$$|a_1| = |a_2| = |a_0| = k^{1/2} t$$

$$E_k = 1,0 \text{ birim}$$

$$Z_t = Z_1 + Z_2 + Z_0$$

$$Z_t = j 0,40$$

$$I_{a1} = I_{a2} \cdot \sqrt{3} = -j 2,5 \text{ birim}$$

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0} = -j 7,5 \text{ birim}$$

$$I_b = 0$$

$$I_c = 0$$

154 kV tarafta da aynı şekilde transformatörün A fazı sargısından $-j 7,5$ birim, B ve C sargılarından da sıfır akımı akar. Kısa devre öncesinde, transformatör üzerinden bir yük akışı yoksa, $j 7,5$ birimlik kısa devre akımı 154 kV'un A ve C, 30 kV'un ise yalnızca A fazından akar. Bu durumda diferansiyel rölenin C fazı ögesinin çalışması, kısa devre korunan bölgenin dışında olduğu halde, kaçınılmazdır.

Arıza öncesinde 154 kV'dan 30 kV'a 0,8 güç çarpanlı 50 MVA'lık bir yük aktığını düşünürsek, yük akımı:

$$I_y = (50/100) \cdot (0,8 + j 0,6) = 0,4 + j 0,3 \text{ birim}$$

Arıza anında C fazından akan akımlar: 30 kV'da

$$I_c = 0,4 + j 0,3 \text{ birim,}$$

154 kV'da

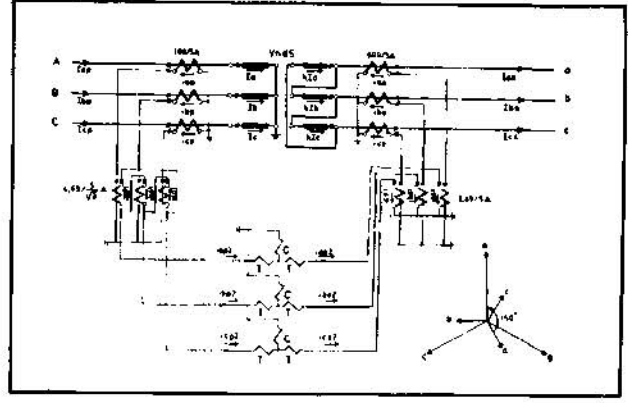
$$I_c = 0,4 + j 0,3 - (-j 7,5) = 0,4 + j 7,8 \text{ birim}$$

Bu akımlar gerekli faz kaydırmaları yapılmadan röleye verilirse, röle C fazının çalışacağı açıktır. Yıldız taraftaki akımlar, gerekli faz kaymasını giderecek biçimde üçgen bağlı akım trafoları üzerinden röleye verilerek bu sakınca giderilebilir. Topraklı sistemlerde diferansiyel koruma bölgesinin dışındaki faz-toprak kısa devrelerinde rölenin yanlış çalışmasını önlemek için, faz kayması olmayan güç transformatörlerinde bile (YnYn0) akımlar röleye üçgen bağlı akım trafoları üzerinden verilmelidir.

7. İKİ VE ÜÇ SARGILI TRANSFORMATÖRLERDE DİFERANSİYEL KORUMA

Aşağıda iki ve üç sargılı güç transformatörlerinin diferansiyel korumasında, akımların röleye nasıl verileceğini örneklerle inceleyeceğiz. Her iki örnekte ana akım trafoları yıldız bağlanmış ve her iki ya da üç besleme ucundan gelecek akımların genlik ve faz kaymalarının denkleştirilmesi yardımcı akım trafoları üzerinden yapılmıştır. Bu tür yardımcı akım trafoları, röle üzerinde yeterli genlik ayar olanakları olmadığında kullanılır. Daha sonra verilen şekillerde yaygın kullanılan güç transformatörlerinin faz kaymaları ana akım trafoları üzerinde giderilmiştir. Üzerinde durulması gereken nokta, farklı bağlantı biçimlerine göre faz kaymalarının ana ya da yardımcı akım trafoları üzerinden nasıl giderildiğidir. Güç trafosu sargılarında polariteler (x) işaretiyle gösterilmiştir. Akım primer (birincil) sargısının (x) işaretli ucundan girer, sekonderin (ikincil) de (x) işaretlisinden çıkar. Akım trafolarının polariteleri de aynı biçimde gösterilmiştir. Bağlantı grubu Yn d5 olan bir güç transformatöründe, primer sargıların yıldız bağlı ve ortak ucun topraklandığı, sekonder sargının ise üçgen bağlı ve aynı faza ait sekonder hat akımlarının primerdekilerden $5-30 = 150$ derece geri olduğu anlaşılmalıdır.

Örnek 3. 154/34,5 kV, 25 MVA ve Ynd5 bağlantı gruplu güç transformatörünün ana ve yardımcı akım trafoları üzerinden diferansiyel koruması:



Şekil 7. 154/34,5 kV, 25 MVA ve Ynd5 Bağlantı Grubu Güç Transformatörünün Diferansiyel Koruması

Transformatörün ana gücündeki akımlardan ana ve yardımcı akım trafolarının bulunması:

$$154 \text{ kV tarafta: } I_p = 25000/(\sqrt{3} \cdot 154) = 93,7 \text{ A}$$

Ana akım trafosu: 100/5 A ve yıldız bağlı

$$i_p = (93,7/100) \cdot 5 = 4,69 \text{ A}$$

Yardımcı akım trafosu: 4,69/($\sqrt{3}$) = 2,71 A dönüşürme oranlı ve üçgen bağlı.

$$34,5 \text{ kV tarafta: } I_s = 25000/(\sqrt{3} \cdot 34,5) = 418 \text{ A}$$

Ana akım trafosu: 600/5 A ve yıldız bağlı

$$i_s = (418/600) \cdot 5 = 3,49 \text{ A}$$

Yardımcı akım trafosu 3,49/5 A ve yıldız bağlı.

Diferansiyel rölede fark akımı doğmaması için röleye gelen her faza ait i_{p2} ve i_{s2} akımlarının eşit olması gerekir (Şekil 7).

154 kV'da:

$$I_{ap} = 93,7; I_{bp} = 93,7 \angle 240^\circ; I_{cp} = 93,7 \angle 120^\circ$$

$$i_{ap} = 4,69; i_{bp} = 4,69 \angle 240^\circ; i_{cp} = 4,69 \angle 120^\circ$$

$$i_{ap1} = 5/\sqrt{3}; i_{bp1} = (5/\sqrt{3}) \angle 240^\circ; i_{cp1} = (5/\sqrt{3}) \angle 120^\circ$$

$$i_{ap2} = i_{bp1} - i_{cp1} = 5 \angle -150^\circ$$

$$i_{bp2} = i_{cp1} - i_{ap1} = 5 \angle 90^\circ$$

$$i_{cp2} = i_{ap1} - i_{bp1} = 5 \angle -30^\circ$$

34,5 kV'da:

$$I_{as} = 418 \angle -150^\circ; I_{bs} = 418 \angle 90^\circ; I_{cs} = 418 \angle -30^\circ$$

$$i_{as} = 3,49 \angle -150^\circ; i_{bs} = 3,49 \angle 90^\circ; i_{cs} = 3,49 \angle -30^\circ$$

$$i_{as1} = 5 \angle -150^\circ; i_{bs1} = 5 \angle 90^\circ; i_{cs1} = 5 \angle -30^\circ$$

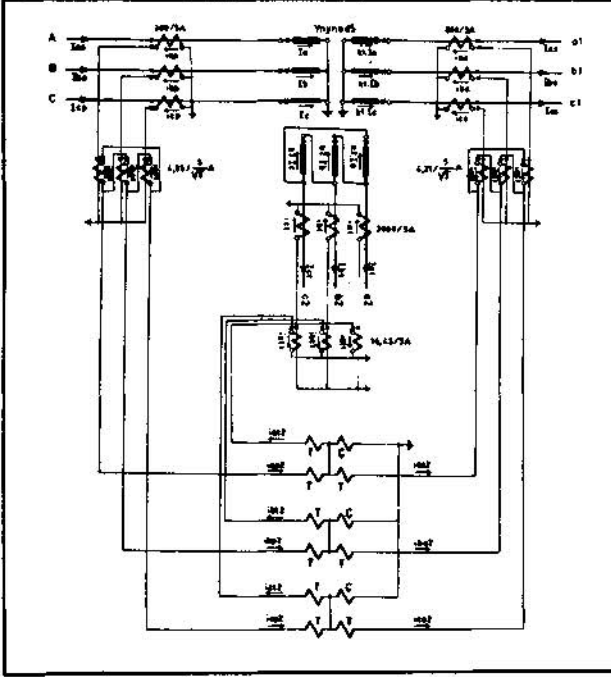
$$i_{as2} = i_{bs1} = 5 \angle -150^\circ$$

$$i_{bs2} = i_{cs1} = 5 \angle 90^\circ$$

$$i_{cs2} = i_{as1} = 5 \angle -30^\circ$$

$i_{p2} = i_{s2}$ koşulu her faz için gerçekleştirilmiştir. Akımların faz kaymaları ve genliklerinin yardımcı akım trafolarında, iki sargılı güç transformatörleri için nasıl düzeltildiğini görmüş olduk. Şimdi de üç sargılı güç transformatörlerinde bu işlemin gerçekleştirildiğini görelim.

örnek 4. 380/154/15,8 kV; 180/180/44 MA ve Ynyn 0d5 bağlantı gruplu transformatörün diferansiyel koruması:



Çeşitli 8. 30/254/25,8 kV, 180/180/44 MVA ve Ynyn 0 d5 Bağlantı Gruplu Güç Transformatörünün Diferansiyel Koruması

Transformatörün ana gücündeki akımlarımdan ana akım trafolarının bulunması:

$$380 \text{ kV'da: } I_p = 180\,000 / (\sqrt{3} \cdot 380) = 273 \text{ A}$$

Ana akım trafosu: 300/5 A yıldız bağlı

$$154 \text{ kV'da: } I_s = 180\,000 / (\sqrt{3} \cdot 154) = 675 \text{ A}$$

Ana akım trafosu: 800/5 A yıldız bağlı

$$15,8 \text{ kV'da: } I_t = 44\,000 / (\sqrt{3} \cdot 15,8) = 1610 \text{ A}$$

Ana akım trafosu: 2000/5 A yıldız bağlı.

Transformatörün 180/180/44 MVA ana değerleri, primer, sekonder ve tersiyer (üçüncül) sargılarının dayanabilecekleri güçleri gösterir. Yoksa, primerden 180 MVA verildiğinde, sekonderden 180 MVA ve tersiyerden 44 MVA alınacağı anlamına gelmez. Primerden 180 MVA verildiğinde, bu güç, sekonder ve tersiyer sargılarda yüklerin durumuna göre paylaşılır.

Bizim trafomuzda primer 180 MVA, sekonder 150 MVA ve tersiyer 30 MVA güç dağılımı olsun. Buna göre röleye gelecek akımları bulalım ve genlik düzeltme için yardımcı akım trafolarının nasıl seçildiğini görelim.

380 kV , 180 MVA

$$I_p = 180\,000 / (\sqrt{3} \cdot 380) = 273 \text{ A}$$

$$I_{ap} = 273; I_{br} = 273 \angle 240^\circ; I_{cp} = 273 \angle 120^\circ$$

$$i_p = (273/300) \cdot 5 = 4,55 \text{ A}$$

$$i_{ap} = 4,55; i_{bp} = 4,55 \angle 240^\circ; i_{cp} = 4,55 \angle 120^\circ$$

Yardımcı akım trafosu: 4,55 / (5/√3) dönüştürme oranlı ve üçgen bağlı

$$i_{ap1} = 5/\sqrt{3}; i_{bp} = (5/\sqrt{3}) \angle 240^\circ; i_{cp} = (5/\sqrt{3}) \angle 120^\circ$$

Röleye gelen akımlar

$$i_{ap2} = i_{bp1} - i_{ap1} = 5 \angle -150^\circ$$

$$i_{bp2} = i_{cp1} - i_{bp1} = 5 \angle 90^\circ$$

$$i_{cp2} = i_{ap1} - i_{cp1} = 5 \angle -30^\circ$$

154 kV , 150 MVA

$$I_s = 150\,000 / (\sqrt{3} \cdot 154) = 562 \text{ A}$$

$$I_{as} = 562; I_{bs} = 562 \angle 240^\circ; I_{cs} = 562 \angle 120^\circ$$

$$i_s = (562/800) \cdot 5 = 3,51 \text{ A}$$

$$i_{as} = 3,51 \angle 0^\circ; i_{bs} = 3,51 \angle 240^\circ; i_{cs} = 3,51 \angle 120^\circ$$

Yardımcı akım trafosunu sekonder yükün primerdeki ne oranından bulabiliriz.

(150/180) * 5 = 4,17 A akımın röleden çıkması için, yardımcı akım trafosu

3,51 / (4,17/√3) = 4,21 / (5/√3) dönüştürme oranlı ve üçgen bağlı olması gerekir.

$$i_{as1} = 4,17/\sqrt{3}; i_{bs1} = (4,17/\sqrt{3}) \angle 240^\circ;$$

$$i_{cs1} = (4,17/\sqrt{3}) \angle 120^\circ$$

Röleden çıkan akımlar,

$$i_{aa7} = i_{bs1} - i_{as1} = 4,17 \angle -150^\circ$$

$$i_{bs2} = i_{cs1} - i_{bs1} = 4,17 \angle 90^\circ$$

$$i_{cs2} = i_{as1} - i_{cs1} = 4,17 \angle -30^\circ$$

15,8 kV , 30 MVA

$$I_t = 30\,000 / (\sqrt{3} \cdot 15,8) = 1095 \text{ A}$$

$$I_{at} = 1095 \angle -150^\circ; I_{bt} = 1095 \angle 90^\circ; I_{ct} = 1095 \angle -30^\circ$$

$$i_t = (1095/2000) \cdot 5 = 2,74 \text{ A}$$

$$i_{atf} = 2,74 \angle -150^\circ; i_{btf} = 2,74 \angle 90^\circ; i_{ctf} = 2,74 \angle -30^\circ$$

Tersiyer yükün primerdekine oranından,

(30/180) * 5 = 0,83 A akımın röleden çıkması için, yardımcı akım trafosu

2,74 / 0,83 = 16,45/5 A dönüştürme oranlı ve yıldız bağlı olmalıdır.

$$i_{at1} = 0,83 \angle -150^\circ; i_{bt1} = 0,83 \angle 90^\circ; i_{ct1} = 0,83 \angle -30^\circ$$

Röleden çıkan akımlar,

$$i_{at2} = i_{bt1} - i_{at1} = 0,83 \angle -150^\circ$$

$$i_{bt2} = i_{ct1} - i_{bt1} = 0,83 \angle 90^\circ$$

$$i_{ct2} = i_{at1} - i_{ct1} = 0,83 \angle -30^\circ$$

Böylece rölede $i_{p2} = i_{s2} + i_{t2}$ koşulu her faz için gerçekleşmiş olur.

Daha genel olarak, yardımcı akım trafolarının dönüştürme oranlarını aşağıdaki şekilde de bulabiliriz.

Primerden geçen güç, sekonder ve tersiyerdekilerin toplamına eşittir.

$$I_p \cdot \sqrt{3} \cdot 380 = I_s \cdot \sqrt{3} \cdot 154 + I_t \cdot \sqrt{3} \cdot 15,8 \quad (D)$$

Ana akım trafolarının çıkışındaki akımlar,

$$i_p = (I_p/300) \cdot 5; I_p = 60 i_p$$

$$i_s = (I_s/800) \cdot 5; I_s = 160 i_s \quad (E)$$

$$i_t = (I_t/2000) \cdot 5; I_t = 400 i_t$$

Primere ait yardımcı akım trafosunu hemen saptayabiliriz. Trafonun anma gücünde röleye 5 A verilecektir (rölelerin çalışma akımları 1 ya da 5 amperdir) ve akım trafosu sargıları üçgen olacaktır.

180 MVA'de $I_p=273$ A; $i_p=(273/60)=4,55$ A

$i_{2p}=5$ A olması için akım trafosu $4,55/(5/\sqrt{3})$ dönüştürme oranlı ve üçgen bağlı olmalıdır.

Yardımcı akım trafolarından sekondere ait olanı üçgen, tersiyerinki ise yıldız bağlı ve bunların bağlantı biçimleri güç trafosundan gelen faz kaymasını giderecek şekilde olacaktır.

Elimizdeki bir diğer bağıntı ise, rölenin normal çalışmada dengede olması gereğidir.

$$i_{2p}=i_{2s}+i_{2t}$$

$$i_{2p}=5 \text{ A}$$

$$i_{2s}=(i_s/\sqrt{3})/x \quad (\text{üçgen bağlı})$$

$$i_{2t}=i_t/y \quad (\text{yıldız bağlı})$$

x ve y sekonder ve tersiyerdeki yardımcı akım trafolarının dönüştürme oranlarıdır (sargılar arası).

$$5=(i_s/\sqrt{3})/x + i_t/y \quad (3)$$

(1) no'lu denklemde (2)deki değerleri yerine koyar ve $i_p=4,55$ A alırsak,

$$60-380 \times 4,55 = 160-154 i_s + 400 \times 15,8 i_t$$

$$5=(i_s/\sqrt{3})/1,46+(i_t/3,28) \quad (4)$$

(3) ve (4) no'lu eşitliklerden yardımcı akım trafolarının dönüştürme oranlarını bulabiliriz.

$$x=1,46=4,21/(5/\sqrt{3})A$$

$$y=3,28=16,45/5 \text{ A}$$

Çok daha kolay ve pratik bir yöntemde, önce primerdeki yardımcı akım trafosunu primerin anma gücünde röleye 5 A verilecek şekilde (yukarıda yaptığımız gibi) buluruz. Daha sonra sekonder anma gücünde, tersiyer sıfır yükte alınarak sekonderin yardımcı akım trafosu bulunur, tersiyer için de aynı yöntem uygulanır.

1. 380 kV'da 180 MVA

$$I_p=273 \text{ A}; i_p=(273/60)=4,55$$

Röleye 5 A vermek için yardımcı akım trafosu $4,55 / (5/\sqrt{3})A$ dönüştürme oranlı ve üçgen bağlıdır.

2. 380 kV ve 154 kV'da 180 MVA, 15,8 kV boşta
Bu durumda rölenin dengelenmesi gerekir.

$I_s=675$ A; $i_s=675/160=4,21$ A; 180 MVA'de 380 kV dan röleye gelen akım 5 A'dır, dengeleme için 154 kV'dan da 5 A çıkması gerekir. Bunun için de yardımcı akım trafosu $4,21/(5/\sqrt{3})A$ dönüştürme oranlı ve üçgen olmalıdır.

3. 380 kV ve 15,8 kV'da 44 MVA, 154 kV boşta

Bu güçte primer ve tersiyerdeki akımlar

$$I_p=44000/(\sqrt{3} \times 380) = 66,9 \text{ A}; i_p=66,9/60=1,113 \text{ A}$$

$$i_{2p}=(1,113/4,55)-5=1,223 \text{ A}$$

$$i_t=1610 \text{ A}; i_c=1610/400=4,02 \text{ A}$$

Rölenin dengelenebilmesi için tersiyer taraftan 1,223 A akımın çıkması, bunun için de, yardımcı

akım trafosunun $16,45/5 \text{ A} [(4,02/16,45) \times 5=1,223]$ dönüştürme oranlı ve yıldız bağlı olması gerekir.

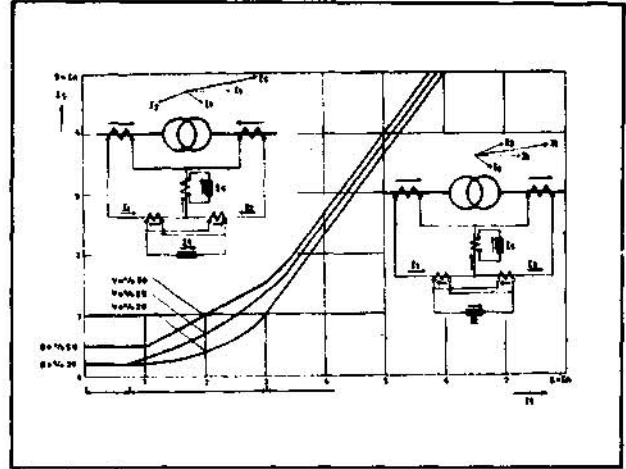
8. AKIM TRAFOLARI

Diferansiyel rölenin doğru ölçüm yapabilmesi, kendi yapısının duyarlılığı kadar, akım trafolarının sistemdeki akımları röleye ne derece doğru aktardığına da bağlıdır. Tüm koruma ve ölçme işlemlerinde, gerçek sistem koşullarının saptanmasından doğan yanlışlıklar çoğunlukla ölçü trafolarından ve özellikle akım trafolarından gelmektedir. Akım trafolarının doğruluk sınıflarına bağlı dönüştürme oran hataları ve giriş-çıkış akımlarının faz kaymaları ölçü hatalarının başlıcalarıdır.

Her iki ya da üç uçtaki akım trafolarının farklı değerlerde doyması ve zaman sabitelerinin farklılığı, korunan bölgelerin dışındaki kısa devrelerde çalıştırma (fark) akımının büyümesine ve rölenin yanlış çalışmasına yolaçabilir. Bağlantı illetken uzunluklarının eşitsizliği, yalnızca bir tarafta yardımcı akım trafolarının kullanılmasını, diğer röle ve ölçü aygıtlarının akım trafolarını ayrıca yüklemesi ve farklı ana akım trafolarının kullanılması (aşırıakım çarpanı, dönüştürme oranı ve yüklenme farklılığı) fark akımlarının artırıcı yöndedir,

9. RÖLE AYARI

Diferansiyel koruma rölelerinde, taban ayarı (basic setting Z_g) ve çalışma oranı ayarı (pick-up ratio setting % V) diye anılan iki tür ayar olanağı vardır.



Şekil 9. Diferansiyel Röle Çalışma Eğrisi

i_n : Rölenin anma akımı
 i_t : Tutucu akım
 i_c : Çalıştırıcı akım
 g : Taban ayarı
 v : çalışma oranı

Daha önce de belirttiğimiz gibi diferansiyel rölenin ölçü ögesine iki tür akım verilir; biri çalıştırıcı, diğeri tutucu yön ve görevdedir. Çalışma oranı, rölenin çalıştırma akımının (fark akımı) tutucu akımına oranıdır. Bu akımlar rölenin anma akımına göre tanımlanır (bizde 5 A).

Diferansiyel rölenin çalışma eğrisi genel olarak

üç bölgeden oluşur (Şekil 9).

1. Rölenin tutucu akımdan bağımsız çalıştığı bölge: Bu bölgede röle aşırıakım ilkesiyle çalışır ve rölenin çalışması taban ayarıyla belirlenir. Bu ayar özellikle güç transformatörünün mıknatıslama akımına göre yapılır. Rölenin çalışmasında tutucu akımın etkisi yoktur.

2. Tutuculuğu ayarlanabilen bölge: Rölenin çalışması taban ve çalışma oranı ayarlarıyla belirlenir.

3. Sabit tutucu değerli bölge: Rölenin taban ayarı, transformator mıknatıslama akımının en büyük değerine göre seçilir. Kademe değiştiricili transformatorlerde akım eşdeğerleme yalnız bir kademe

için yapıldığından, diğer kademelerde fark akımının röleyi çalıştırması, çalışma oranının artırılmasıyla önenebilir.

KAYNAKLAR

1. "Differential Protection of Transformers and Generators", Brown Boveri, Relays and Protection Schemes, CH-ES 33-10E
2. Power System Protection, cilt 2, The Electricity Council.ed., 1969 London
3. Applied Protective Relaying, Westinghouse, Electric Corporation Relay Instrument Division, Newark, New Jersey 1964

