

Diğer tip çekirdek konstrüksiyonları için bil-hassa aşağıda 5 (e) de açıklandığı veçhile netice tetkik mevzuu olur.

2 — Üçgen bağlı tersiyer sargının ihmali ile değişen karakteristikler aşağıdadır :

- a- Sıfır - bileşen empedans karakteristikleri,
- b- Üçüncü - harmonik karakteristikleri.

3 — Bu karakteristiklerin ne kadar tesir altında kalacağı trafo da kullanılan magnetik devreye bağlıdır. Eğer üç-bacaklı üç faz çekirdek kullanılırsa, tersiyer sargının ihmali tesirleri, diğer tip çekirdeklerin kullanılması ile hasıl olacak tesirlerden pek çok azdır.

4 — Fundamental frekansdaki pozitif - bileşen karakteristikleri tersiyer sargının ihmali ile tesir altında kalmazlar.

5 — Mevzu ile ilgili tetkik edilecek problemler aşağıdadır:

- a) Sistemdeki  $X_0/X_1$  oranına olan tesir.
- b) Arıza akımları ve sistem arızalarında kullanılan röle çalışmaları üzerindeki tesirler.
- c) Telefon girişim (enterferans) ihtimali .
- d) Faz-nötr dengesiz yüklenmesi halinde gerilim ayarlanması üzerine tesirler.
- e) Transformatörün üçüncü - harmonik endüktif reaktansı ile hava hattının üçüncü harmonik kapasitif reaktansının seri re-

zonans devresi teşkil etme ihtimali. Bu devreye trafo sargılarından üretilen üçüncü harmonik gerilimi tatbik edilmiş olur. Bu hal tehlikeli gerilimlere sebep olur.

6 — Üç bacaklı çekirdek konstrüksiyonu için, yüksek relüktanslı sıfır - bileşen fluks yolu ve trafo kazanı tersiyer sargı tesirlerini önemli miktarda hasıl ederler. Bu husus diğer tip çekirdekler için doğru değildir.

#### REFERANSLAR

1. American Standard Definition of Electrical Terms, AIEE, August 1941, s. 76.

2. Zero-phase-sequence characteristics of Transformers, A. N. Garü, General Electric Review, Schenectady, N. "Y., Volume 43, 1940, s. 131-136 ve 174-179.

3. The Whys of tice Y's, A. Boyajian and B. A. Cogbill, General Electric Company Publication GEA-6605.

4. - Inversion Currents and Voltages in Autotransformers, A. Boyajian, AIEE Transactions, Vol. 49, April 1930, s. 810-822.

5. A zero-sequence Equivalent Circuit of Autotransformer Connections which Yields Neutral Shift, B. A. Cogbill, AIEE Transactions, Vol. 75, 1956, s. 1228-1232.

UDK: 621.316.935:621.3.018.3

## Topraklama Reaktörleri İle Nötr İletkenlerindeki Üçüncü Harmonik Akımlarının Söndürülmesi

Yazan :  
Walter PUTZ  
A. E. G.

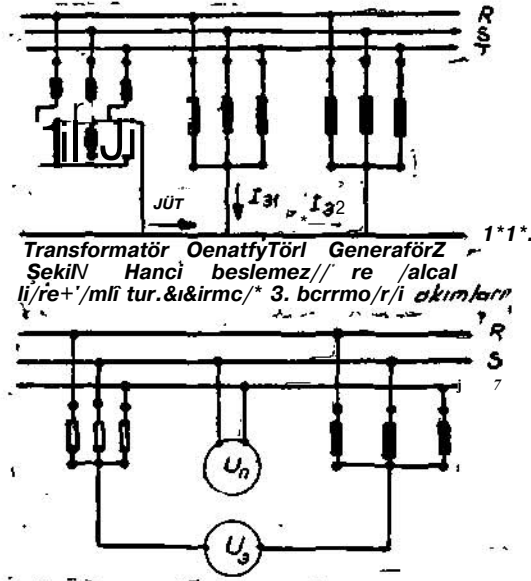
Çeviren :  
Yılmaz TUFAN.  
Müh - E. E. I.

*Üç fazlı dört telli sistemlerin nötr iletkenlerinde, yüksek üçüncü harmonik akımlar zühur edebilir, aşağıdaki yazıda bu akımların orijini izah edilmekte ve generatör nötr noktası ile toprak arasına bir reaktör bağlamak sureti ile söndürülmeleri tavsiye olunmaktadır. Bu tip reaktörlerin boyutlandırılması için lüzumlu değerler ve bilgi verilmiştir*

### ÜÇÜNCÜ HARMONİK AKIMININ SEBEBİ

Bir kaç bin kVAlık enerji tesisleri, ekseriya üç fazlı dört telli nötr iletkeni akım taşıyan ve topraklanmış sistemler olup meselâ 220/380 Volt gerilimli böyle bir sistemin avantajlarını, burada saymağa lüzum yoktur. Şekil 1 de bir besleme girişi ve lokal enerji generatörleri olan bir sistem gösterilmiştir. Bu tesisatın nötr iletkenlerinde nominal frekansın üç misli frekansda (150 Hz) makina ve transformatör nominal akımlarının takriben üç misli

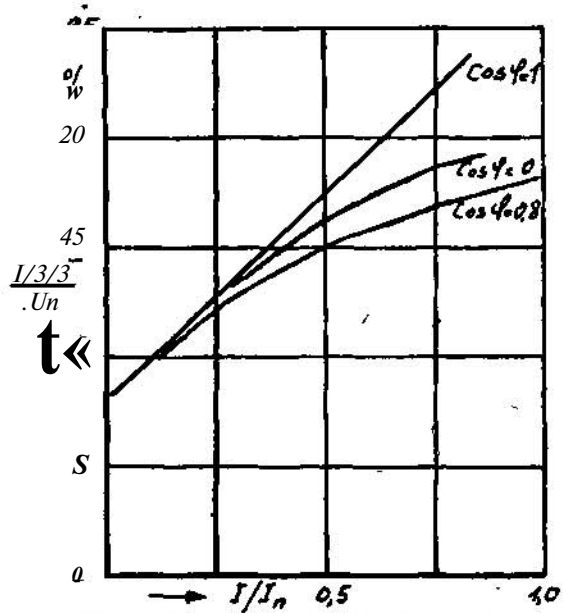
genlikte yüksek akımlar husule gelebilir. Generatörlerin yüklerine tabi olarak bu akımlar bazen büyük bazen küçük değerler alıp, generatör, transformatör ve fiderler için ilâve yük teşkil ederler. Üçüncü harmonik akımları generatörlerin faz gerilimleri içindeki üçüncü harmonik bileşenlerinden dolayı husule gelirler. Fazların herbirinin üçüncü harmonik gerilim bileşenleri birbirleriyle aynı fazda olduklarından yıldız bağlamadan dolayı faz arası gerilimde birbirlerini yok ederler;



Şekil 2 Yükleli bir üç fazlı sistemde üçüncü harmonik geriliminin ölçülmesi

Mamafih şekil 2 deki tertip ile kolayca ölçülebilirler. Generatör R S T şebekesine bağlanmış olup meselâ üç adet eşit değerli dirençle suni bir nötr noktası yapılır ve generatör yıldız noktası ile bu nokta arasında üçüncü harmonik gerilimi ölçülür. 150 frekanslı adı geçen gerilimler her ne kadar 450 ve 750 frekanslı küçük gerilim bileşenlerini de ihtiva ederse de bunlar incelediğimiz durum için önemli değildirler. Şekil 3, 225 kVA lık bir çıkık kutuplu alternatörün üçüncü harmonik gerilimini  $U_3$ , yük akımının nominal akıma oranına göre ve muhtelif güç faktörlerinde faz geriliminin yüzdesi olarak gösteriyor. Şekilden görüleceği üzere % 23 gibi büyük bir genliğe varan üçüncü harmonik gerilimi akım ve güç faktörü ile geniş ölçüde değişmektedir. Generatörün üçüncü harmonik gerilimi yüksüz durumda küçüktür, fakat yükün artışı ile fazlaca büyümektedir. Hâdisenin sebebi, yükte artan endüvi reaksiyonunun hava aralığında yarattığı alandır. Çıkık kutuplu makinalarda stator devresinde takriben sinüsoidal olarak yayılmış amper sınırlar, kutup başlarının arasındaki aralıklardan dolayı farklı relüktans görmekte, böylece fazlaca distorsiyona uğramış bir endüvi alanı husule getirmektedir. Bu alan kutupların (uyarma) alanına ilâve olur. Şekil 4 deki eğriler, kısa devre oranı küçük 0.67 olan 50 KVA lık eski bir generatör üzerinde osilögrafla alınmış olup, 1 ve 0 güç faktörlerinde tam ve 0 yükte uyarma alan şiddetini, faz ve faz arası gerilimlerini göstermektedirler. Şekil 4'te de uyarma alanının, 1 güç faktöründe, dönüş yönüne göre kutbun gerideki ucuna doğru kaydığı açıkça görülmektedir. Yani rotor, fluksu kendi gerisinden çekmekte ve fluks yüksek

saf aktif yükte distorsiyona uğramaktadır. Bu hal sebepsiz gibi görünen üçüncü harmonik akımlarının husulünü izah eder. Meselâ, iki eş generatör eşit yükte ve güç faktöründe paralel çalışsalar üçüncü harmonik gerilimleri eşit ve aynı fazda olurlar. Bunlar dış devrede birbirlerini yok ettiklerinden üçüncü harmonik akımı görülmez. Şimdi makinelerden birinin yükü veya ikazı değiştirilirse onun üçüncü harmonik gerilimi bileşeninin genlik ve fazı değişeceğinden husule gelen fark gerilim, nötr iletkenlerinden akım geçirir.



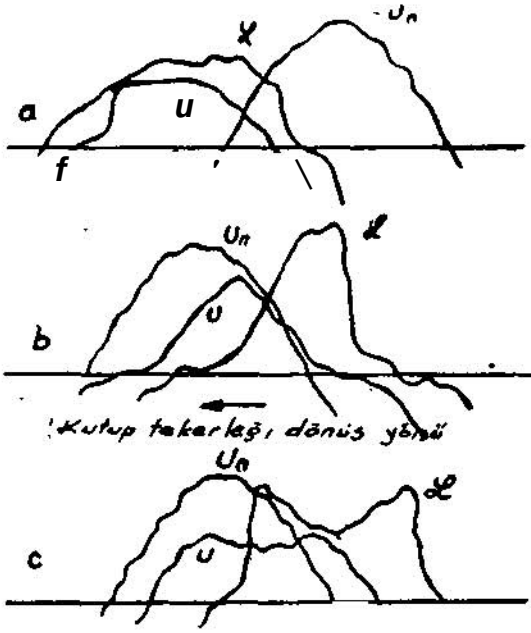
Şekil 3 Değişik güç faktörlerinde üçüncü harmonik geriliminin ölçülmesi

### ÖNLEME USULLERİ

Üçüncü harmonik akımlarının, statorunda, 2/3 e kısaltılmış adımlı sargılar kullanmak sureti ile söndürülmesine teşebbüs edilmiş ise de, üçüncü harmonik gerilimlerini tamamen yok eden bu usul, stator hacmini % 15 arttırdığından ve sıfır reaktansını normal değerlerin çok altına düşürdüğünden tatminkar değildir. Mamafih bu metoda yapılan esas itiraz şudur • Böyle bir makine, normal sargılı bir makine ile paralel çalışırken ikincisinin üçüncü harmonik gerilimleri yine de nötr iletkenlerde aynı akımların akmasına sebep olmaktadır. Daha ucuz ve tesirli bir söndürme metodu, her bir generatörün yıldız noktası ile nötr iletkenler arasına topraklama reaktörü bağlamaktır.

### TOPRAKLAMA REAKTÖRÜ

Reaktans değerini tesbit ederken iki nokta nazarı itibare alınmalıdır. Değer, akımları söndürecek büyüklükte olmalı fakat çokta büyük



Şekil 4 . 50 kVA 1,1c jeneratörün iletz, fazı/e fax ara i/ı/o/Zof9ğ>n'er/ ( {kaz (f/uEs) eğriz, hakliri foT aç / {jnola ç'jr >lmç/n/ş'jll' . J a' yüksüz . b: -ham yek Cos, ?> . = S yük Cos φ = 0

olmamalıdır; zira fazların birisinden çekilecek yüksekçe bir akım, aşırı bir faz nötr gerilim düşümü yapar. Mamafih reaktansın 150 frekansa, 50 frekanstaki değerinin üç misli oluşu problemi basitleştirmiştir. Üçüncü harmonik akımlarını hesaplariken şekil 5 deki jeneratörlerin eş oldukları, fakat aynı yükte yüklenmediklerinden, üçüncü harmonik gerilim bileşenlerinin zıt fazda oldukları kabul edilebilir. Üç veya daha fazla jeneratör paralel çalışırken şartlar daha karışık ve gayri müsait olur; ancak yapılan bu kabul şimdilik kafi görülmektedir. Yazının sonundaki sembollerini kullanarak jeneratörün ve reaktörün reaktansları şöyle yazılabilir:

$$50 \text{ Hz için } X_3 = X + \frac{X_0}{3} \quad (D)$$

$$150 \text{ Hz için } X_3 = 3X + X_0$$

ve 3 harmonik akım . (2)

$$I_3 = \frac{JiL}{3} \sim \frac{aU}{X_3} = \frac{aU}{3X + X_0} \quad (3)$$

veya

$$\frac{I_3}{I_n} = \beta = \frac{\alpha \frac{U}{I_n}}{3X + X_0} = \frac{\alpha}{\frac{3X}{Z_n} + X} \quad (4)$$

Şimdi bir jeneratörün müstakil olarak çalıştığını ve  $I_0 = yI_n$  gibi bir nötr akımı verdiğini farzedelim. Akımın güç faktörü  $\cos f$  olsun (1) eşitliğinden,  $X_3$  reaktansından dolayı yüklü fazdaki gerilim :

$$U - U_0 = \left( X + \frac{X_0}{3} \right) \cdot \gamma I_n \sin \varphi$$

$$\text{veya } \frac{U - U_0}{U} = \left( \frac{X}{Z_n} + \frac{X_0}{3} \right) \gamma \sin \varphi$$

$$\text{veya } \frac{U - U_0}{U} = \frac{\alpha \gamma \sin \varphi}{3} \cdot 100 \% \quad \left( \begin{array}{l} \text{Eğilim} \\ \text{ğinden} \end{array} \right)$$

Reaktörün termik karakteristiği  $I_3$  ve  $I_0$  akımlarını devamlı taşıyacak şekilde olmalıdır. Yani:

$$I_d = \sqrt{I_3^2 + I_0^2} = I_n \sqrt{\beta^2 + \gamma^2}$$

Bu, reaktörün 50 Hz irca edilmiş gücünü bulmaya yarar.

$$P_d = X \cdot 13$$

Böylece jeneratör gücüne oranlanırsa;

$$\frac{P_d}{P_g} = \frac{X(\beta^2 + \gamma^2) I_n^2}{3 Z_n I_n^2} = \frac{X}{3 Z_n} (\beta^2 + \gamma^2)$$

Ayrıca, reaktör öyle hesaplanmalıdır ki,  $I_3$  ile  $I_0$  ün toplamının maksimum değerlerinde nüvede doyma olmasın.

Başlıca değerler  $X/Z_n$  oranına göre tablo 1 de verilmiş olup hesaplar aşağıdaki kabullere göre yapılmıştır.

$$\alpha = 0.20 \quad (3. \text{ harmonik, faz - nötr geriliminin } \% 20 \text{ sı})$$

$$X_0 = 0.05 \quad (\text{sıfır bileşen reaktansı jeneratör empedansının } \% 5 \text{ i})$$

$$\gamma = 0.20 \quad (\text{Nötr akım nominal akımının } \% 20 \text{ si genel olarak } \% 15 \text{ e müsaade edilir}).$$

$$\cos f = 0.80 \quad (\text{Nötr akımı güç faktörü})$$

$$\frac{X}{Z_n} = 0.30 \quad \text{değeri için yapılan hesaplama}$$

lar elverişli değerler vermiştir. Gayri müsait şartlar altında 3. harmonik akımı nominalin  $\% 211$  yani faz başına  $\% 7$  si olmakta gerilim düşümü ise  $\% 3.8$  ı bulmaktadır ki her iki değerde normal sınırlar dahilindedir.

Tablo : 1

$X/Z_n$	0	5	10	15	20	30	45	%
$P \approx I_s/I_n$	400	100	57	40	30.8	21.1	14.3	%
$A U$	0.2	0.8	1.40	2.0	2.60	3.80	5.60	%
$i_d / i_n$	4.00	1.02	0.603	0.447	0.367	0.290	0.246	—
$P_d / P_g$	0	1.74	1.22	1.00	0.90	0.84	0.91	%

Tablo 1 den bir topraklama reaktörünün ana boyutları çıkarılabilir, burada  $U_n$ ,  $I_n$  ve F nominal faz arası voltajı, faz akımı ve frekanslardır, küçük bir emniyet payı ile frekans 3F de akım

$$I_d = 0.30 I_n$$

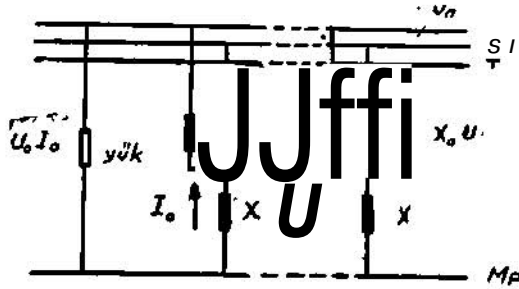
3F de reaktans

$$X_d = 3 \cdot 0,30 \frac{U_n}{\sqrt{3} I_n} = 0,52 \frac{U_n}{I_n}$$

$I_d$  akımı ile ve 3F de gerilim

$$U - U_o = 0,30 \cdot I_n \cdot 0,52 U_n / I_n$$

A.E.G. 100 ilâ 2200 kVA İlk generatörler için topraklama reaktörleri imâl etmiştir. Bu kuru tip reaktörler demir nüveli olup tabii hava soğutmalı ve kısa devre korunmalıdır. En kötü şartlar altında reaktörlerde husule gelen kayıplar % 1 ilâ 0,5 gibi kabili ihmal değerlerdedir.



Şekil 5'. Topraklama reaktörleri bulunan 3 fazlı a/arj- tebli sistem

Aynı bir kaynaktan beslenen bir transformatorün sekonderi generatörler ile paralel bağlanırsa (sekili), bu halde sadece generatörlere

reaktör -bağlamak kâfidir; çünkü transformatorlerin sekonderleri zik -zak -yıldız ve bağlantıları üçgen-yıldız olduğundan 3. harmonik akımı vermezler. Fakat böyle bir sistemin dengesiz yüklenmesinde transformator nötr noktaları generatörlere nazaran daha büyük nötr akımı payı alırlar çünkü monofaze akıma daha az bir empedans gösterirler. Eğer transformatorün gücü generatörlerin toplam gücünün % 25 inden az ise bu hâl transformatorün aşırı yüklenmesine sebep olabilir. Buna mâni olmak için transformatöre de bir 50 Hz reaktör bağlanır ve trafo nötr akımının nominal akımı aşmaması temin edilir. Reaktör aynı zamanda 3. harmonik akımlarının tesirinden transformatorü korur.

#### SEMBOLLER

$U_n$	Generatör nominal faz arası gerilimi
$I_n$	» » akımı
F	» » frekansı
U	» » f a z - nötr gerilimi
$Z_n = U / I_n$	> » empedansı (n)
$X_o$	> sıfır bileşen reaktansı
$X_o = X_o / Z_n$	> (O) VDE 0530 § 9 a göre bağlı sıfır bileşen reaktansı
X	reaktörün nominal frekanstaki reaktansı (o)
$I_o$	generatörün tek fazlı akımı
$U_o$	tek fazlı yükü besleyen şebekenin faz - nötr gerilimi
U3	3. harmonik gerilimi
Is	3. harmonik akımı
$a = U_3 / U$	$p = I_3 / I_n$ » $y = I_o / I_n$

## SATILIK

### ELEKTRİKLE İZABE FIRINI

BAKIR. PİRİNÇ. ALÜMİNYUM, ÇELİK İZABESİ İÇİN, SON SİSTEM  
ALMAN MALI

Tel: 49 32 81 PK. 1047 Galata