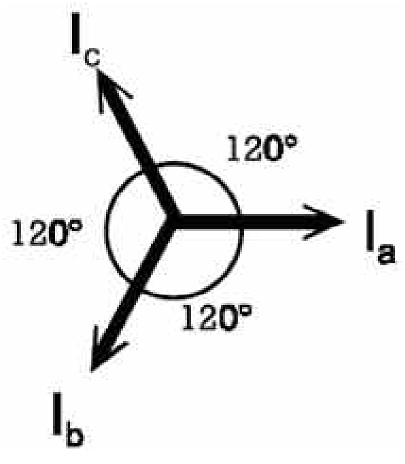
Simetrik Bileşenler

Elk. Elo. Müh. H.Cenk Büyüksaraç
cenk.buyuksarac@emo.org.tr

GİRİŞ :

Elektrik Mühendisliğinde Simetrik bileşenler metodu, dengesiz üç fazlı güç sistemlerin analizini kolaylaştıran matematiksel bir tekniktir. Bu metod, Charles Legeyt Fortescue tarafından geliştirilmiş ve 1918 yılında "Method of Symmetrical C0-Ordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks" adlı bir teknik makalede sunulmuştur.

Metod, orjinal sistemin dengesiz fazörlerini çözmek amacıyla dengeli fazör gruplarının geliştirilmesine müsaade eder. Herhangi "N" adet dengesiz çok fazlı nicelik, "N" adet dengeli fazör simetrik gruplarının toplamı şeklinde ifade edilebilir.

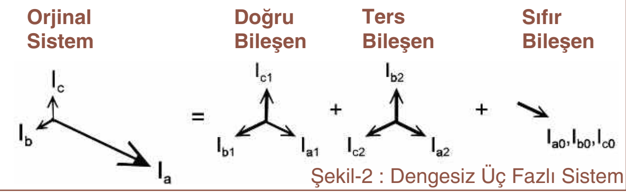


Şekil-1 : Dengeli Üç Fazlı Sistem

Şekil-1, dengeli üç fazlı bir sistemin fazörlerini göstermektedir. Üç fazörün her biri büyüklük olarak eşit ve birbirlerinden 120 derece fark ile yerleştirilmiştir. Ayrıca, pozitif dönüş yönü, saatin ters yönündedir. Böyle bir şekil, normal olarak çalışan bir güç sisteminin üç faz akımlarını temsil etmektedir.

Diğer taraftan, Şekil-2 üç fazörün büyüklüklerinin eşit olmadığı ve üç fazörün arasındaki açıların 120 derece olmayabileceği, dengesiz bir üç fazlı sistemi göstermektedir. $|I_a| \neq |I_b| \neq |I_c|$

Orjinal sistemdeki fazörler, üç fazlı bir güç sisteminde bir A fazı toprak kısa devresi akımlarıdır.



Şekil-2 : Dengesiz Üç Fazlı Sistem

Şekil-2 'de gösterilen kavramlar matematiksel olarak aşağıdaki (1),(2) ve (3) nolu denklemlerde verilmektedir:

(1) $I_a = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2}$

(2) $I_b = I_{b0} + I_{b1} + I_{b2}$

(3) $I_c = I_{c0} + I_{c1} + I_{c2}$

a vektörü : (4) a=1$\angle$120° şeklinde tanımlanır.

Buradan ;

(5) $I_{b1} = a^2 I_{a1}$ ve $I_{b2} = a I_{a2}$, (6) $I_{c1} = a I_{a1}$ ve $I_{c2} = a^2 I_{a2}$ elde edilir.

A, B ve C fazı akımları ise :

(7) $I_a = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2}$

(8) $I_b = I_{a0} + a^2 I_{a1} + a I_{a2}$

(9) $I_c = I_{a0} + a I_{a1} + a^2 I_{a2}$

BİLEŞEN NİCELİKLERİ :

(7), (8) ve (9). denklemlerden görüleceği üzere, her bir faz akımı bağımsız bileşen akımlarından oluşmaktadır. A fazı akımı, örneğin, (I_{a1}) doğru-bileşen, (I_{a2}) ters-bileşen, (I_{a0}) sıfır-bileşen akımlarının toplamıdır.

(7),(8) ve (9) nolu denklemlerden, (10), (11) ve (12) nolu denklemlerde gösterildiği şekilde bileşen nicelikleri elde edilir :

(10) $I_0 = 1/3\,(I_a + I_b + I_c)$

(11) $I_1 = 1/3\,(I_a + a I_b + a^2 I_c)$

(12) $I_2 = 1/3\,(I_a + a^2 I_b + a I_c)$

Benzer çözüm kullanılarak, güç sistemi gerilimleri de (13), (14) ve (15) nolu denklemlerde verilmiştir :

(13) $V_0 = 1/3\,(V_a + V_b + V_c)$

(14) $V_1 = 1/3\,(V_a + a V_b + a^2 V_c)$

(15) $V_2 = 1/3\,(V_a + a^2 V_b + a V_c)$

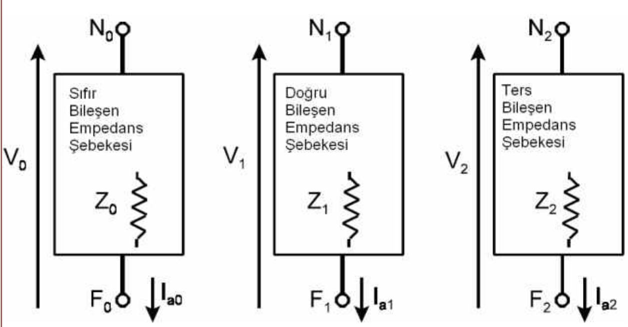
Yukarıdaki denklemlerde "A" fazı referans alınmış, I_{a0}, I_{a1} , I_{a2} yerine I_0 , I_1 , I_2 kullanılmıştır. Aynı durum, gerilimler için de geçerlidir.

BİLEŞEN DEVRELERİ :

1) Herhangi bir üç fazlı sistem için, hem gerilim ve hem de akım için üç grup bağımsız bileşen öğesi çıkarılabilir.

2) Üç adet bileşen öğesi bağımsız olduğu için, her bir bileşen akımının tek bir şebekeden aktığı sonucunu çıkarabiliriz.

Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda, Şekil-3'de empedans devreleri gösterilmiştir :



Şekil-3 : Bileşen empedans devreleri

SİSTEM KISA-DEVRE ARIZALARI :

Tablo-1'de bir güç sisteminde oluşabilecek kısa-devre arızaları ve bu arızaların matematiksel sınır koşulları listelenmiştir. Bu sınır koşulları, arızalı sistemin bileşen empedans devreleri ile nasıl modellendirileceğini belirlemek açısından çok kullanışlıdır.

Arızanın Tipi	Sınır Koşulları
Faz-toprak-kısa-devre	$I_b = I_c = 0$; $V_a = 0$
Faz-faz-toprak kısa-devre	$I_a = 0$; $V_b = V_c = 0$
Faz-faz kısa-devre	$I_b = -I_c$; $V_b = V_c$
Üç faz kısa-devre	$I_a + I_b + I_c = 0$; $V_a = V_b = V_c$

Tablo 1 : Arızalı sistemin sınır koşulları

SİSTEM KISA-DEVRE ARIZALARININ MODEL-LENMESİ

Burada, bir faz-toprak kısa-devre arızası ve üç faz kısa devre arızası için modeller geliştirilmiştir. Diğer tip kısa-devre arızaları benzer metotlar ile geliştirilebilir.

Tablo 1'den $I_b = I_c = 0$ sınır koşulları (10), (11) ve (12) nolu denklemlerde yerine konulursa :

(16) $I_0 = 1/3\,(I_a + 0 + 0) = 1/3\,I_a$

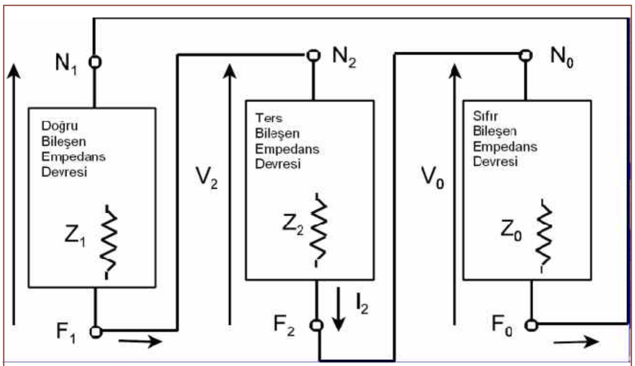
(17) $I_1 = 1/3\,(I_a + 0 + 0) = 1/3\,I_a$

(18) $I_2 = 1/3\,(I_a + 0 + 0) = 1/3\,I_a$

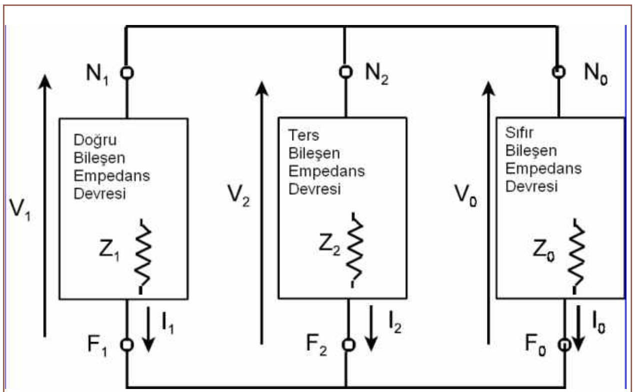
Gerilim sınır koşulu $V_a = 0$'ı (13), (14) ve (15) nolu denklemlere uygularsak:

(19) $V_0 + V_1 + V_2 = 1/3\,[(V_b + aV_b + a^2V_b) + (V_c + aV_c + a^2V_c) = 0]$

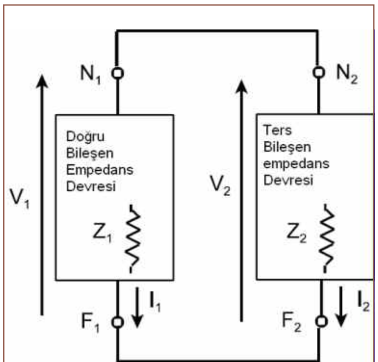
Şekil 4, 5, 6 ve 7 'de faz-toprak, faz-faz-toprak, faz-faz ve üç faz kısa-devreler için doğru devre bağlantıları verilmiştir.



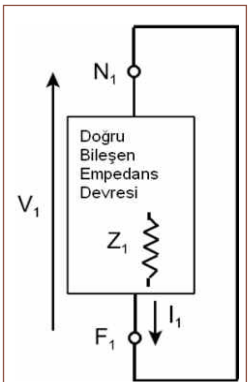
Şekil-4 : Faz-toprak kısa devre arızası bileşen devre bağlantıları



Şekil-5 : Faz-faz-toprak kısa devre arızası bileşen devre bağlantıları



Şekil-6 : Faz-faz kısa devre arızası bileşen devre bağlantıları



Şekil-7 : Üç faz kısa devre arızası bileşen devre bağlantıları

SONUÇ

Simetrik bileşenler metodu kullanılarak , üç fazlı güç sistemlerinde dengesiz kısa-devre arızaları başta olmak üzere dengeli (üç faz) kısa-devre arızaları ve açık-devre arızalarının analizi kolaylıkla yapılabilir.

Bu metod, ayrıca güç sistemlerinde koruma ve koruma koordinasyonu konusunda da kullanılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Cadick Corporation, Technical Bulletin- 006_ Symmetrical Components Overview 5-Eylül-1999