

# Bütün Yıldız Bağlı Transformatörlerde Tersiyer Üçgen Sargısı Bulunma') mıdır?

Yazan:  
B. A. COGBILL

Çeviren:  
Yurdakul ALPARSLAN  
Y. Müh.-ETİBANK

## GİRİŞ:

Uzun senelerdenberi üçgen bağlı tersiyer sargının yıldız - yıldız bağlı transformatörlerle, yıldız bağlı oto transformatörlerde kullanılması pratikte tatbik edilen genel bir usul olmuştur. Bu metod üç fazlı çekirdek tipi transformatörlere de tatbik edilmiştir. Bu tertipler pratikte o kadar yaygın hale gelmiştir ki tersiyer sargının bu çeşit transformatörlerin ehemmiyetli bir parçası olduğu uzun zamandanberi münakaşasız kabul edilmiştir. Fakat bir çok hallerde ehemmiyeti olan tersiyer sargının, transformatörün içinde kullanılacağı şebekenin karakteristikleri ve bu şebekenin haiz bulunduğu şartlar düşünülmeden her zaman kullanılması lüzumlu ve hattâ arzu edilir bir husus mudur?

İşte bu yazının gayesi, modern enerji nakil sistemlerinin çalışma şartlarının ve bu sistemlerden bugüne kadar elde edilen tecrübelerin ışığı altında yukarıdaki suallere cevap teşkil edecek elemanların açık bir tarzda münakaşasını takdim etmektir.

## Tersiyer Sargının Fonksiyonları :

Tersiyer sargının ASA tarifi (1) şöyledir: Aşağıdaki maksatlar için bilhassa yıldız bağlı transformatörlerde kullanılan yardımcı bir sargıdır.

- Fundamental gerilimlerin (birinci harmonik) nötr noktasının kaymasını önlemek,
- Transformatörü ve bağlı bulunduğu sistemi aşırı üçüncü harmonik gerilimlerinden korumak,
- Hatlarda ve topraktaki üçüncü harmonik akım ve gerilimlerinin sebep olduğu telefon girişim (enterferans) ine mani olmak.

Bu yazının maksatlarına uygun olarak tersiyer sargı tabirinden sadece üçgen bağlı bir stabilizasyon sargısı anlaşılacak ve bu sargıya bir yük veya kaynağın bağlanmadığı kabul edilecektir.

Tersiyer sargı sıfır - bileşen ve üçüncü harmonik akımları için dahili kapalı bir devre teşkil eder ve şebekelerdeki sıfır-bil eşen ve üçün-

cü harmonik karakteristiklerine önemli tesirler icra eder. Bu yüzden sıfır - bileşen ve üçüncü harmonik karakteristikleri teferruatlı olarak incelenmelidir. Yukarıdaki karakteristiklere geçmeden evvel transformatör magnetik devreleri ve sargı bağlantı şekillen tetkik edilecektir.

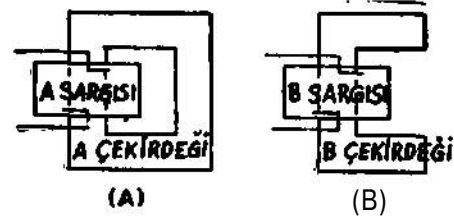
## TRANSFORMATÖR MAGNETİK DEVRELERİNİN BELLİ BAŞLI KARAKTERİSTİKLERİ

### Açık ve Kapalı Magnetik Devreler :

Bazı maddeler diğerlerinden daha çok geçirgenliğe (permeabilite) ye sahiptir; yani bunlar magnetik fluks için daha fazla iletkenliğe sahiptirler. Boşluk en küçük geçirgenliğe sahip olup bunun değeri CGS birimleri sisteminde 1 e eşittir. Şu halde tamamen açık magnetik bir devre elde etmek fiziki bakımdan imkânsızdır. Bu yazıda kullanılacak açık ve kapalı magnetik devre tabirleri aşağıda tarif edilmiştir:

Kapalı magnetik devre : Yüksek geçirgenliğe sahip, magnetik fluks için Jcapalı bir devre teşkil eden doymamış çelik nüve.

Açık magnetik devre: Magnetik devrenin mühim bir kısmının CGS sisteminde 1 birim geçirgenliğe sahip maddeden ibaret'olması hali.



Şekil . 1(A)  
Kapalı magnetik devre  
üzerine yerleştirilmiş  
sargı

Şekil : 1 (B)  
Açık magnetik devre  
üzerine yerleştirilmiş  
sargı

Kapalı veya açık bir magnetik devre kendisi ile ilgili sargıların reaktans karakteristiklerine mühim tesirler icra eder. Şekil 1 de gösterilmiş bulunan A ve B sargıları tamamen identik olsunlar yani sarım sayıları, nakiller ve fiziki ölçüler v.s. aynı olsun. Ayrıca çelik nüvelerde aynı kesite malik olsunlar ve aynı geçirgenliğe sahip maddelerden yapılmış olsunlar. Bu sargılardan biri kapalı bir magnetik devre üye-

rinde, diğeri ise açık bir magnetik devre üzerindedir. Bu halde aynı sinüsoidal değeri haiz gerilimler bu sargılara tatbik edilirse B sargısından geçen akım A sargısından geçen akımdan çok daha büyük olacaktır. Öyleki bu akımlar arasındaki oran 100 e 1 veya daha büyük nisbete sahip olabilir. Bunun sebebi B nin magnetik devresinin relüktansının A nın magnetik devresinin relüktansından çok büyük oluşudur. B sargısına tatbik edilen gerilime eşit zıt bir gerilim yaratabilmek için gerekli magnetik fluksun B magnetik devresinden geçmesi için daha fazla amper sarımı B sargısında mevcut olmalıdır. Böylece açık ve kapalı magnetik devrelere yerleştirilmiş identik sargıların reaktans karakteristikleri değişmiş olur. İlerde izah edileceği gibi bazı üç fazlı transformatörlerin çelik çekirdekleri buna benzer değişikliklere sebep olurlar.

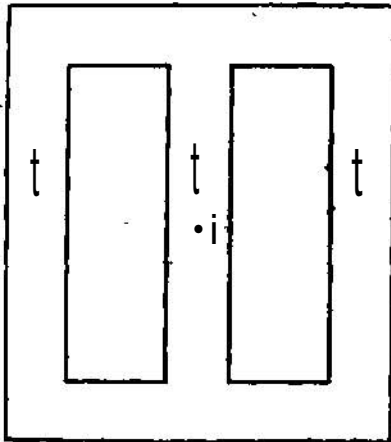
Bütün münakaşalarda neticeye tesir etmeyeceği için direnç ihmal edilmiştir.

Üç Fazlı Transformatörlerde Kullanılan Magnetik Devreler. Pozitif ve Sıfır Bileşen Fluksuna Nazaran Sınıflandırma :

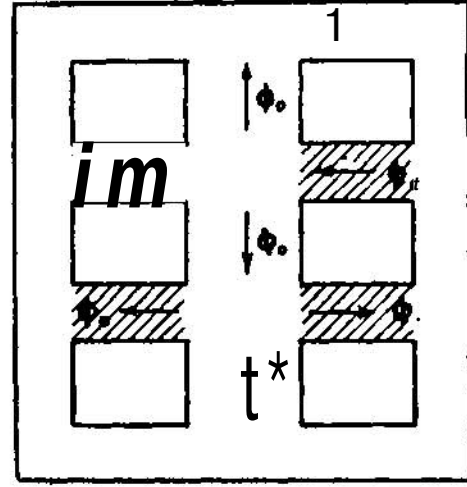
Tetkik edilen üç fazlı transformatör tek fazlı müstakil trafolardan meydana gelmiş olabileceği gibi bir tek ünite halinde de olabilir. Bu yüzden tek fazlı ve üç fazlı magnetik devreler ayrı ayrı tetkik edilecektir.

Tek fazlı güç transformatörlerinde bir kaç çeşit çekirdek tertibi mevcuttur. Fakat bunların hepsi her çeşit magnetik fluksa kapalı bir devre arzettiklerinden umumi olarak aynı magnetik karakteristiklere sahiptirler. Bu yüzden pek basit bir tertip olan şekil 1 (A) her tip tek fazlı çekirdekleri temsil için kullanılacaktır.

Modern güç transformatörlerinde kullanılan üç fazlı çelik çekirdekler genel olarak üçe ayrılır : (1) üç bacaklı çekirdek tipi (2) üç fazlı mantel tipi (3) beş bacaklı çekirdek tipi.

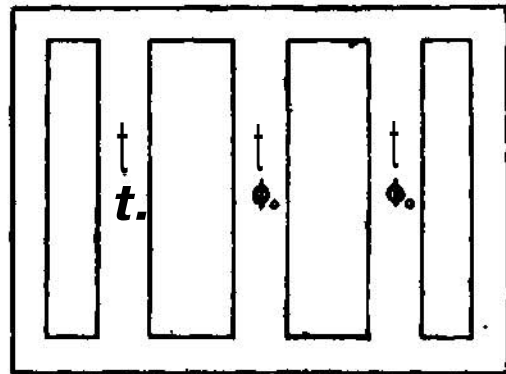


(Şekil 2) Üç bacaklı çekirdek



(Şekil : 3) Mantel tipi çekirdek

Şekil 2 de gösterilen magnetik devre aynı kesiti haiz üç bacaktan meydana gelmiştir. Üst ve alt boyunduruklar yaklaşık olarak bacaklarla aynı kesite sahiptir. Bacaklardaki trafo sargıları tamamen simetrik olarak tertiplenmiştir. Aralarındaki irtibatlar o şekilde yapılmıştır ki her üç bacadaki pozitif bileşen flukslarının genlikleri birbirine eşit olup birbirlerine nazaran 120 derece faz farkı ile kaydırılmışlardır. Bu yüzden üst ve alt boyunduruklarda pozitif bileşen fluksların vektöriyel toplamı sıfıra eşit olduğundan tepe ve alt boyundurukları arasında hiç bir pozitif bileşen fluks boşluktan devresini kapamaya zorlanmamıştır. (Çekirdek konstrüksiyonundaki simetrisizlik dolayısıyla yukarıdaki izahat bir takribiyet taşır; fakat bu yazının gayesi dolayısıyla sistem simetrik kabul edilecektir). Diğer bir deyimle her ayaktaki pozitif bileşen fluksu diğer iki ayaktan devresini kapar; bu yüzden üç bacaklı üç fazlı çekirdek pozitif - bileşen fluksuna kapalı bir devre teşkil eder.



(Şekil : 4) Beş bacaklı çekirdek

Sıfır - bileşen fluksu için yukarıdaki netice doğru değildir. Tarif olarak sıfır - bileşen fluksları her üç bacakta eşit genliklere sahip oldukları halde aralarında bir faz açısı yoktur; hepsi aynı fazda bulunurlar. Bu yüzden bunların toplamı boyunduruklarda sıfır olmaz; aksine her bacakta fluksun genliğinin üç misli genliğe sahip bir fluksun tepe ve alt boyundurukları arasında devresini çelik çekirdek dışında kapatması icabeder. Böylece üç fazlı üç bacaklı çekirdek sıfır - bileşen fluksu için açık bir magnetik devre teşkil eder.

Şekil 3 deki magnetik devre mantel tipi üç fazlı çekirdek içindir. Trafo sargıları dik gösterilen üç orta bacak üzerine yerleştirilmiştir. Orta bacakta sargı sarımlarının yönü veya irtibatı diğer iki bacakta sarımlarınkine terstir. Bu halde her üç fazın fluksları  $120^\circ$  faz farkıyla şekilde gösterilen yönleri haiz olacaklardır. Böylece şekilde taralı gösterilen kısımlardan dolaşan toplam pozitif - bileşen fluksun genliği esas bacakta yarıya eşit olacaktır. Böylece çekirdek materyalinden iktisat edilmiş olur.

Mantel tipi çekirdek pozitif - bileşen fluksa kapalı bir devre teşkil ettiği gibi sıfır - bileşen fluksada kapalı bir devre teşkil eder.

Şekil 3 den görüldüğü gibi eğer sargılar sıfır - bileşen akımları taşıyorsa, her üç esas bacakta sıfır - bileşen fluksları mevcut olacaktır. Bu üç fluksun genlikleri eşit olacaktır. Alt ve üst bacaklardaki flukslar aynı fazda olacaktır. Fakat orta bacakta sargının sarılma yönünün diğerlerine nazaran ters olması sebebiyle bu bacakta fluks diğer bacakta flukslara nazaran  $180^\circ$  faz farkına sahip olacaktır. Böylece herhangi bir zamanda her üç bacakta sıfır - bileşen fluksları şekil 3 de gösterildiği gibi olacaktır. Bu şemaya dikkat edilirse taralı kısımların esas bacaklardaki sıfır - bileşen fluksun aynini taşıdığı görülür. Halbuki pozitif - bileşen flukslar taralı kısımların kesitinin esas bacakların kesitinin yarisına sahip olmasını icabettirmektedir. Bu yüzden sıfır - bileşen akım şiddeti normal pozitif - bileşen akım şiddetinin yarısından büyük değerlere sahip olursa taralı kısımlar doyma haline girecektir. Bu halde de mantel tipi çekirdek sıfır - bileşen fluksu için kapalı bir magnetik devre olmaktan çıkacaktır. Mesele pozitif - bileşen akımın 100 de yüzüne eşit bir sıfır - bileşen akımının taşınması halinde mantel tipi çekirdek açık bir magnetik devre olur.

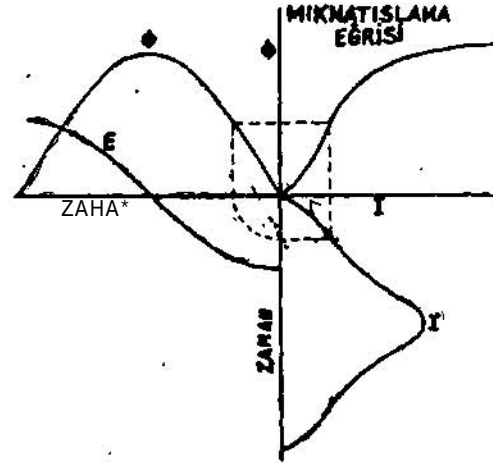
Beş bacaklı üç fazlı çekirdek tamamen üç bacaklı çekirdeğe benzer sadece her iki yanda ilâve ayaklar ve bunlar için gerekli boyunduruklar eklenmiştir. Dış ayakların ilâvesinin birinci sebebi pozitif - bileşen fluksu için daha az

kesitli boyunduruklara sahip olabilmektir. Bu beş bacaklı çekirdek sıfır - bileşen fluksu için kapalı bir devre teşkil eder ve sıfır - bileşen magnetik karakteristikleri mantel tipine çok benzer. Dış ayakların kesiti bazı inşaat faktörlerine bağlıdır, ve her zaman esas ayakların kesitinin aynı değildir. Umumiyetle dış ayak kesiti esas ayak kesitinin yüzde '58 dir. Eğer bu değer kullanılırsa, esas bacaklarda sıfır - bileşen fluksun normal pozitif - bileşen fluksunun yüzde 39 unu geçmesi halinde dış bacaklar normal fluks yoğunluğuna sahip olurlar. Böylece beş bacaklı üç fazlı çekirdek mantel tipi üç fazlı çekirdeğe nazaran daha az sıfır - bileşen akımında doyar.

#### Üçüncü Harmonik Karakteristikleri:

Transformatör magnetik devreleri bazı istenmeyen üçüncü harmonik gerilim ve akımlardan doğrudan - doğruya mesuldürler. Bu akım ve gerilimler bütün enerji nakil sistemine nüfuz edebilirler. Bu üçüncü harmonik büyüklüklerinden tamamen kurtulmak imkânsızdır; fakat bazı magnetik devreler bu hususta diğerlerinden daha az tesirlidir.

Şekil 1 (A) daki sargıya tam bir sinüsoid gerilim tatbik edilse geçecek akım sinüsoid olmaz. Bu husus Şekil 5 de gösterilmiştir.

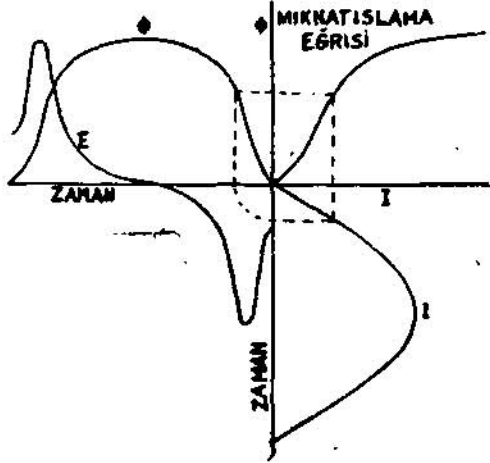


(Şekil : 5) Trafo çelik çekirdeklerinin magnetik karakteristikleri, Sinüsoidal gerilim ve fluks sinüsoidal olmayan akıma ihtiyaç gösterir

Yüksek geçirgenliğe sahip çelik nüvelerin magnetik karakteristikleri linier değildir. Bir başka deyimle fluks ve MMK (Magnetomotris kuvvet veya amper sarım, ki şekil 5 de akımla gösterilmiştir.) arasındaki bağıntı düz bir hat değildir ve mıknatıslama eğrisi adı verilen bir eğridir. Gerçek olarak komple histeresis eğrileri (çevrimleri) kullanılarak fluks ve MMK arasındaki münasebet kullanılmalıydı; fakat bu yazının gayeleri için mıknatıslama eğrisi yeter.

Tatbik edilen gerilim sinüsoidal'dır; çünkü gerilim, fluks değişiminin zaman değişimi ile doğrudan doğruya orantılıdır. Bu hususta grafik çözüm şekil 5. de gösterilmiştir. Yarım sikli şekil 5. de gösterilmiş bulunan akımın harmonik analizi yapıldığında görülür ki bu akım bir fundamental (birinci harmonik) bileşeni ile fundamental frekansının tek katlı frekansları haiz akımlardan meydana gelmiştir. FundamentaPin frekansı tatbik edilen gerilim frekansının aynıdır. Akım dalgasında çift dereceli harmonikler mevcut değildir. Harmonik akımların frekansları arttıkça genlikleri küçülür. Ele alınan mevzuda asıl problem olan üçüncü harmoniktir; diğerleri ihmal edilecektir.

Diğer taraftan eğer sargıdan geçen akım sinüsoidal olursa çekirdekdeki fluks ve netice olarak sargıdaki gerilim sinüsoid olmayacaktır. Bu husustaki çizim şekil 6. da gösterilmiştir.

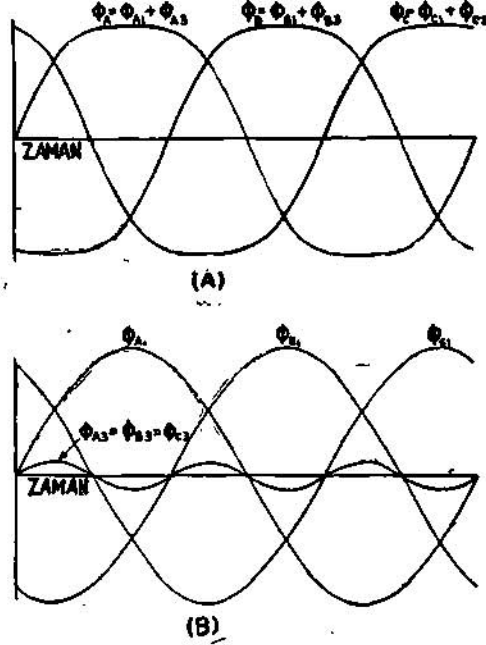


(Şekil : 6) Çekirdeklerin magnetik karakteristikleri. Sinüsoidal akım sinüsoidal olmayan fluks ve gerilim yaratır.

Yukarıdaki halde de takribiyetle fluks ve gerilim, fundamental ve üçüncü harmonik bileşenlerinden meydana gelmiştir. Gerilim eğrisinin fluks eğrisinden çok daha fazla distorsiyona uğradığı görülmektedir. Bu halin sebebi gerilimin, fluksun zamana göre değişimi ile orantılı oluşudur. Eğer fluksun "üçüncü harmoniğinin genliği, fluksun fohdamentalinin genliğinin yüzde 10'u ise gerilimin üçüncü harmoniğinin genliği, gerilimin fundamentalinin genliğinin yüzde 30'u olur. Fluks dalgasındaki diğer harmonikler de, gerilim dalgasında harmonik seviye faktörlerinin büyüklükleri ile orantılı olarak büyümüş olurlar.

Şekil 1 (A) dakî gibi üç sargı simetrik olarak nötrü izole bir yıldız teşkil edecek şekilde bağlanırlar ve dengeli üç fazlı sinüsoidal akımlar bu sargılardan geçirilirse her çekirdekdeki flukslar bir fundamental ve bir de üçüncü harmonik bileşenlerinden ibaret olacaktır. Aynı

zamanda her üç çekirdekdeki flukslar birbirlerine eşit ve 120°'şer derece faz farklarına sahip olacaklardır. Bu halde üçüncü harmoniklerden başka bütün harmonikler ihmal edilirse fluks dalgaları şekil 7 (A) da görüldüğü gibi olacaklardır.



(Şekil : 7) (A) Sinüsoidal olmayan fluksların üç fazlı sistemi, (B) sinüsoidal olmayan üç fazlı sistemin fundamental ve üçüncü harmonik bileşenleri

Şekil 7 (A) da gösterilen fluks dalgaları şekil 7 (B) de fundamental ve üçüncü harmonik bileşenlerine ayrılmışlardır. Fundamental bileşenlerin genlikleri eşit olup birbirlerinden 120 derece faz farkıyla ayrılmışlardır. Üçüncü harmonik bileşenlerinin de genlikleri aynıdır; fakat birbirleriyle aynı fazdadırlar. Böylece pozitif-bileşen fluksun üçüncü harmonikleri sıfır bileşeninkinden üç misli fazladır. Dengeli üç fazlı akımların üçüncü harmonik bileşenleri üç misli frekanslı sıfır - bileşen akım sistemleri teşkil ederler. Gerilimler için de aynı şey mevcuttur. Yukarıdaki açıklama neden üçüncü harmoniklerin zararlı olduklarını, yani sıfır - bileşen miktarları gibi nötr noktasının kaymasına sebep olduklarını veya toprak devresinden bir akım akmasına sebebiyet verdiklerini izah eder. Bu hal üç fazlı sistemlerde üçün misli harmonikler için doğrudur. Böylece üçüncünden sonra gelen ve aynı şekilde tesir eden harmonik 9 uncu harmoniktir; fakat genliği çok küçük olduğundan ihmal edilebilir.

Yukarıdaki münakaşadan görülür ki üçüncü harmonik miktarları ve karakteristikleri sıfır bileşen miktarları ve karakteristiklerinin pratik olarak benzeridir. Şüphesiz fundamental fre-

kanslı sıfır - bileşen karakteristiklerinden Üçüncü harmonik karakteristiklerine geçerken reaktanslarda olduğu gibi frekansın tesiri ithal edilecektir.

Üç fazlı trafolarında kullanılan çekirdek tiplerinin açık veya kapalı magnetik devre olmaları aşağıda cetvel içinde hülâsa edilmiştir.

Birinci tecrübe için şekil 8 (A) ve 9 (A) da gösterildiği gibi tek fazlı gerilim paralel bağlı alçak gerilim sargılarına tatbik edilmiştir. Faz başına sıfır - bileşen empedansı bu halde tatbik edilen gerilimin toplam akıma bölümünün üç misline eşittir.

Şekil 8 (B) ve 9 (B) de gösterilen ikinci tecrü-

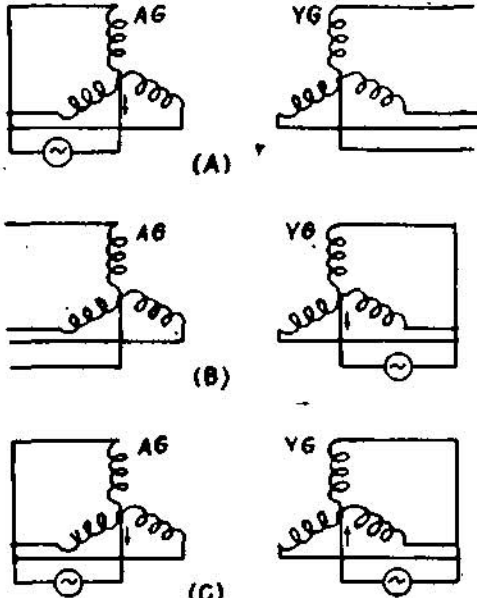
CETVEL 1

Çekirdek Tipi	Aşağıdaki flukslara nazaran magnetik devrenin hususiyetleri		
	Pozitif - bileşen Fluksu	Sıfır - bileşen Fluksu	3 üncü Harmonik Fluksu
Tek - Faz	Kapalı	Kapalı	Kapalı
3 - Bacaklı, 3 - Faz	Kapalı	Açık	Açık
Mantel tipi, 3-Faz	Kapalı	Kapalı *	Kapalı
5-Bacaklı, 3-Faz	Kapalı	Kapalı *	Kapalı

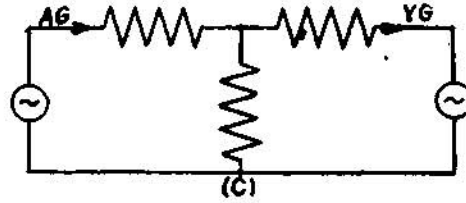
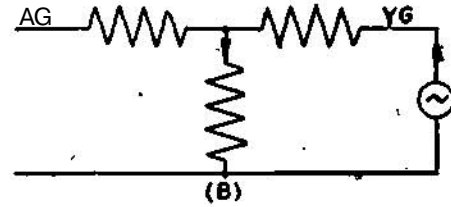
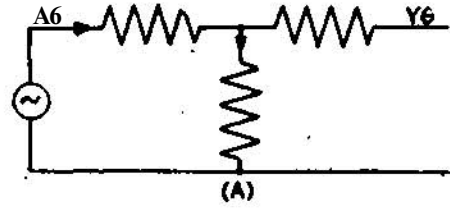
\* Doyar ve sıfır bileşen pozitif bileşenin 100 de yüz değerine erişmeden açık devre olur.

TERSİYER ÜÇGEN SARGISI OLMAYAN  
YILDIZ-YILDIZ BAĞLANTILARIN  
SIFIR-BİLEŞEN EMPEDANS  
KARAKTERİSTİKLERİ

Yıldız - Yıldız bağlı trafoların veya yıldız bağlı ototrafoların sıfır - bileşen empedans karakteristikleri üç empedans ölçüsü yapılarak bulunabilir. Ölçüler için lüzumlu bağlantı şeması şekil 8 de, ve ölçülerden alınan neticelere göre tertiplenen eşdeğer devreler şekil 9 da gösterilmiştir.



(Şekil - 8) Sıfır-Bileşen empedans ölçüsü :  
(A) Alçak - gerilim sargısı şelf empedansı  
(B) Yüksek - gerilim sargısı şelf empedansı  
(C) Primer ve sekonder sargılarının toplam kaçak empedansı



(Şekil : 9) Sıfır - Bileşen empedans ölçülerine göre Eşdeğer devrelerinin tertibi :

- (A) Alçak-gerilim sargısı şelf empedansı.  
(B) Yüksek - gerilim sargısı şelf empedansı,  
(d) Primer ve sekonder sargılarının toplam kaçak empedansı.

be birinci tecrübenin yüksek gerilim sargıları için tatbikinden ibarettir.

Üçüncü test şekil 8 (C) ve 9 (C) de izah edilmiştir. Her iki sargıya tatbik edilen gerilimler

ayarlanarak alçak gerilim sargılarındaki MMKların ani değerleri (amper-sarım) kendi aralarında ve yüksek gerilim sargılarının MMKlarının ani değerleri de kendi aralarında eşit olup alçak gerilim sargılarındakilere zıt olacak ve aynı zamanda her bacaktaki amper sarım toplamının sıfıra eşit olması temin edilecektir. Böylece bacaklarda faaliyet gösterecek MMK kalmıyacaktır. Bu şekilde ölçülen empedans primer ve sekonder sargıların toplam kaçak empedansıdır.

Yüksek gerilim ve alçak gerilim amper sarımlarının katı surette eşit ve zıt olmaları icabettiğinden üçüncü tecrübeyi yapmak pratik olarak imkânsızdır. Şüphesiz yıldız bağlı sargılardaki kaçak dağılıma sıfır - bileşen empedansını bulmak için endirekt olarak tatbik edilen birçok metodlar vardır. Burada gaye sıfır - bileşen empedans karakteristiklerinin ne olduğunu göstermek olduğundan muhtelif metodlar münakaşa edilmeyecektir.

Yıldız - yıldız bağlı trafoların T montajında sıfır - bileşen eşdeğer empedans devresi hesaplanmasında yukarıdaki tecrübeler kâfi bilgi verirler.

Üç - bacaklı. Üç - faz Çekirdek :

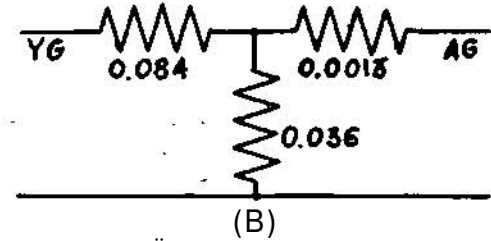
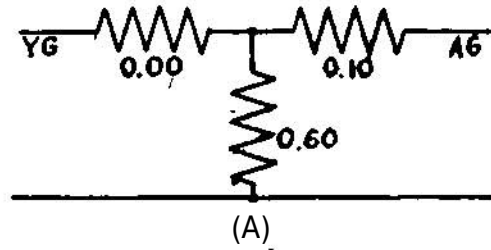
Eğer yıldız - yıldız bağlı bir trafo veya yıldız bağlı ototrafo üç-bacaklı üç-faz çekirdeğine sahipse ilk iki sıfır - bileşen tecrübeleri (Şekil 8 (A) ve 8 (B) de düşük empedans değerleri vereceklerdir. Buna sebep sıfır - bileşen fluksuna açık olan magnetik devrenin yüksek relüktansından gerekli fluksu geçirmek için büyükçe miktarda MMK (amper - sarım) ya ihtiyaç olmasıdır. Böylece nominal pozitif - bileşen gerilim ve kVA baz olmak üzere yüksek gerilim sargıları devresi açık iken alçak gerilim sargısının sıfır - bileşen empedansı 0,7 perunit mertebesinde olabilir. Alçak gerilim sargısı açık iken yüksek gerilim sargısının sıfır - bileşen empedansı 0,6 perunit mertebesinde olabilir.

Üç - bacaklı Çekirdek tipi konstrüksiyonda alçak gerilim ve yüksek gerilim sargılarının sıfır - bileşen şelf - empedansları trafo kazanının tesiri altındadır. İçerisinde bütün çekirdek ve sargı strüktürünü taşıyan tank, sıfır - bileşen büyüklükleri bakımından, trafo içindeki magnetik alan ile işbirliği halinde kendi üzerine kısa devre edilmiş tek bir sarım gibi tesir eder. Bu yüzden magnetik devreyle pek zayıf bir şekilde irtibatlı olan bu kısa devreli sargı, sıfır bileşen empedanslarının büyüklüklerinin azalmasına sebep olur. Bu hususta fazla bilgi almak için yazının sonunda bildirilen referanslardan 2 ye bakılmalıdır.

Nominal pozitif - bileşen gerilim ve kVA baz olmak üzere üçüncü test yıldız - yıldız' bağlı

üç - fazlı üç - bacaklı çekirdek halinde 0,10 per unit gibi bir değer verecektir. Bu, yüksek gerilim ve alçak gerilim sargıları arasındaki sıfır - bileşen kaçak empedanstır. Bu pozitif - bileşen kaçak empedansın aynıdır; çünkü magnetik devre açık veya kapalı olsun çekirdekte MMK mevcut değildir.

Ölçülmüş sıfır - bileşen empedansları için 0,7, 0,6 ve 0,1 per unit değerleri alınarak yıldız - yıldız bağlı üç bacaklı, üç fazlı trafo için sıfır bileşen eşdeğer devre tesis edilmiş ve Şekil 10 (A) da gösterilmiştir.



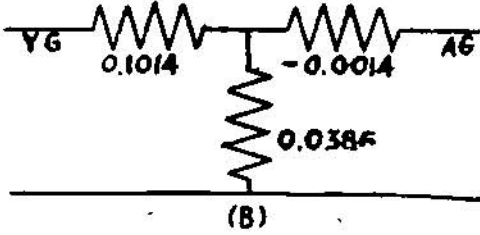
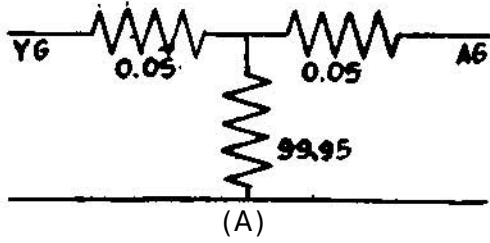
(ŞeTil . 10) Üç bacaklı üç - faz çekirdeğe sahip yıldız - yıldız Vağh transformaiörün eşdeğer sıfır - bileşen devreleri .

- (A) Tersiyer üçgen sargı olmaksızın  
(B) Tersiyer sargı ile

Diğer Tip Çekirdekler :

Eğer üç fazlı yıldız - yıldız bağlı sargılar üç fazlı trafolar için kullanılan diğer bir tip çekirdek üzerine yerleştirilmişlerse ilk iki tecrübeye elde edilecek sıfır bileşen empedansları üç bacaklıdakine nazaran çok fazla farklı olurlar. Yüksek ve alçak gerilim sargılarının sıfır - bileşen şelf empedansları pozitif - bileşen mınnatılama empedansı mertebesinde olurlar. Buna sebep sıfır - bileşen fluksu için magnetik devrenin kapalı olması ve relüktansın düşmesidir. Böylece alçak ve yüksek gerilim sargılarının yukarıda ölçü metotları gösterilen şelf empedansları, nominal pozitif - bileşen gerilim ve nominal kVA için, 100 per unit değerine erişirler. Gene bu bazlara göre sargılar arasındaki kaçak empedansın değeri üç bacaklı çekirdektekinin takriben aynı, 0,10 per unit olur.

Mantel tıpyı, beş bacaklı çekirdek tipi veya tek fazlı trafolardan müteşekkil üç fazlı yıldız - yıldız sargılı trafoların eşdeğer sıfır bileşen empedans devreleri şekil 11 (A) da gösterilmiştir.



(Şekil : il) Mantel tipi çekirdeğe sahip yıldız - yıldız bağlı transformatörün eşdeğer sıfır bileşen devreleri.

(A) Tersiyer üçgen sargı olmaksızın

(B) Tersiyer sargı ile

Yukarıdaki münakaşalardan görülmüyor ki üç bacaklı üç fazlı çekirdek üzerine yerleştirilmiş yıldız - yıldız bağlı trafolar (veya yıldız bağlı ototrafolar) m sıfır bileşen empedans karakteristikleri aynı bağlantıya sahip fakat farklı çekirdekleri olan trafolarinkinden çok farklılık gösterirler. En büyük fark şönt empedansdadır.

#### TERSİYER ÜÇGEN SARGISI OLMAYAN YILDIZ-YILDIZ BAĞLI TRAFOLARIN ÜÇÜNCÜ HARMONİK KARAKTERİSTİKLERİ

Üçüncü harmonik karakteristikleri ile ilgili olarak tetkik edilecek ehemmiyetli hususlar aşağıda gösterilmiştir:

- 1 — Üçüncü harmonik faz-nötr gerilimleri,
- 2 — Sisteme intikal eden üçüncü harmonik akımları,
- 3 — Transformatörün üçüncü harmonik endüktif reaktansının, hava hatlarının üçüncü harmonik kapasitif reaktansı ile rezonansa gelebilecek kadar yüksek bir değere sahip olabileme şartı.

Yukarıda üçüncü - harmonik büyüklüklerinin orijini münakaşa edilmiştir. Görülmüştür ki pozitif - bileşen büyüklüklerinin üçüncü harmonik bileşenleri üç misli harmoniğe sahip sıfır bileşenlerden başka birşey değildirlir. Buna göre pozitif - bileşen sinüsoid bir gerilim "izole nötrlü yıldız bağlı bir sargının terminallerine tatbik edilirse, sargılardaki akım üçüncü harmonikleri ihtiva etmeyecektir. Üçüncüden gayri diğer harmonikler ihmal edilirse, izole nötrlü yıldız bağ-

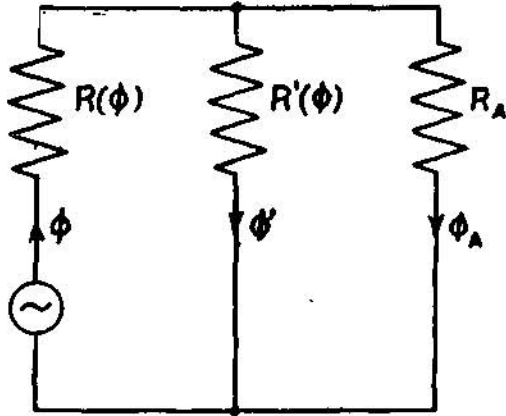
lı sargıdaki akımlar sinüsoidal olmaya zorlanacaktır. Bu yüzden fluksda da üçüncü harmonik bulanacak ve sargılarda üçüncü harmonik gerilimleri belirecektir. Böylece faz-nötr gerilimlerde mevcut olacak üçüncü - harmonik gerilimleri nötr noktasının kaymasına sebep olacaklardır. Şurası not edilmelidir ki iki faz arası gerilimlerde üçüncü harmonik olmayacaktır; çünkü iki ayrı faza ait faz-nötr gerilimleri birbirinden vektörel olarak çıkarıldıklarında üçüncü harmonik gerilimi elimine olur.

Eğer yıldız bağlı sargıların ve generatörlerin nötrü topraklanmış ise üçüncü harmonik akımının akması için bir devre temin edilmiş olur. Bu halde sargılarda meydana gelen üçüncü harmonik gerilim mezkûr devreden üçüncü harmonik akımın geçmesine sebep olacaktır. Bu devre trafonun nötr irtibatı, toprak, kaynağın nötrü enerji nakil hattı ve tekrar trafo sargılarından ibarettir. Bu akım, nötr izole olsaydı meydana gelecek üçüncü harmonik geriliminin eliminasyonunu sağlar, işte topraktan ve hatlardan geçen üçüncü harmonik akımları telekomünikasyon devrelerine teşir ederler. Bu hal bilhassa tek hatlı, toprak dönüşlü ve enerji nakil hatlarına paralel giden telefon devreleri için mevzuubahistir. Endüktif kuplaj neticesi girişim (enterferans) e sebebiyet veren üçüncü harmonik gerilimleri telefon devresinde endüklendirir. Aynı zamanda üçüncü harmonik akımı çok hassas olarak ayarlanmış toprak rölelerinin yanlış açmalarına sebep olur.

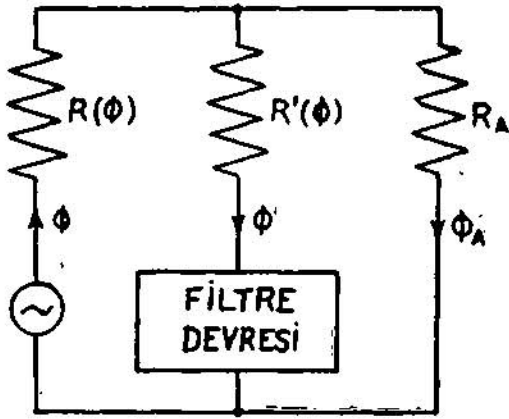
Generatörün nötrü topraklanmamış bile olsa, yıldız bağlı trafo sargılarının nötr noktası topraklanmışsa üçüncü harmonik akımı için gene kapalı bir devre mevcut olur. Toprak ile hava hatları arasında küçük kapasite mevcuttur. Bu devre trafo sargıları, toprak ve toprak ile hava hattı arasındaki pekyüksek değerli üçüncü harmonik kapasitif reaktansı üzerinden trafo sargıları uçlarına ulaşır. Eğer trafo sargılarının üçüncü harmonik endüktif reaktansı çok büyük olursa hava hattının üçüncü harmonik kapasitif reaktansı ile seri bir rezonans devresi teşkil eder ve tehlikeli gerilimlerin husule gelmesine sebep olur. Bu hususta tam bu münakaşa için referans 3 e bakmalıdır.

#### ÜÇ-FAZLI ÜÇ-BACAKLI ÇEKİRDEKTEN FARKLI ÇEKİRDEKLER HALİ

Üç fazlı transformatör magnetik devrelerinin üçüncü harmonik karakteristiklerini tetkik için eşdeğer devreler kullanmak çok uygundur. Tek faz esasına göre mantel tipi üç fazlı çekirdek (veya beş bacaklı çekirdek, veya tek fazlı trafolardan meydana gelmiş, toplam trafo çekirdek devresi) Şekil 12 d gösterildiği gibi eşdeğer bir devre ile temsil edilebilir.



(Şekil 12) Tek Faz Esasına göre Mantel tipi üç faz çekirdeğin eşdeğer magnetik devresi



(Şekil 13) Tek Faz esasına göre üç bacaklı üç-faz çekirdeğin eşdeğer magnetik devresi.

Magnetik devre üç parçada mütalâa edilmiştir. Bir parça trafo sargıları tarafından ihata edilmektedir. Bu kısım yüksek permeabilitesi olan çelik nüvedir, ve reluktansı gayet azdır; fakat materyalin linier olmayan karakteristiği dolayısıyla reluktans fluksun bir fonksiyonudur. Bu reluktans şekil 12 de  $R(\phi)$  ile temsil edilmiştir. Magnetik devrenin diğer bir kısmı sargılar tarafından çevrelenmemiş olan kısımdır. Bu kısım da linier olmayıp bir öncekine nazaran az bir değere sahiptir ve  $R(\phi)$  ile gösterilmiştir. Magnetik devrenin üçüncü parçası  $R(\phi)$  ile paralel olan «Hava» dönüş yoludur. Bunun permeabilitesi birdir ve değeri  $R(\phi)$  ve  $R'(\phi)$  ye nazaran çok yüksektir., Devrenin bu parçasının reluktansı  $R_A$  ile gösterilmiştir. Devreyi tamamlamak için MMK kaynağını temsil etmek üzere bir generatör ithal edilmiştir. Bu generatör gerçekte mıknatıslama akımını taşıyan trafo sargısıdır.

Nötrü izole yıldız bağlı üç fazlı identik sargıların mantel tipi çekirdeğin esas bacakları üzerine yerleştirildiklerini farzedelim. Nötr izole

olduğu için üçüncü harmonik akımları bu sargılardan akamayacaktır. Bu yüzden üçüncüden başka diğer harmonikler ihmal edilir ve pozitif-bileşen gerilim sargıların uçlarına tatbik edilirse sadece fondamental frekansa sahip akım akacaktır. Bu halde şekil 12 deki fluks generatörü sinüsoidal MMK üretecektir.  $R(\phi)$  ve  $R'(\phi)$  nün linier olmayan karakteristikleri dolayısıyla  $\phi$  ve  $\phi'$  fluksları sinüsoidal olmayacak ve üçüncü-harmonik bileşeni ihtiva edecektir.  $\phi_A$  fluksu  $R_A$  nın  $R'(\phi)$  ye nazaran çok büyük bir değere sahip olması dolayısıyla, çok küçük bir değere sahip olacak ve sinüsoidal olacaktır. Her üç sargı boyunca hasıl olan gerilimler,  $\phi$  niñ zamana nazaran değişimi ile orantılı olduklarından ve  $\phi$  üçüncü harmonik bileşeni ihtiva ettiğinden, üçüncü harmonik bileşenine sahip olacaklardır. Böylece faz-nötr gerilimleri sinüsoidal olmayacak ve üçüncü harmonik bileşeni ihtiva edecektir. Bilhassa, bu üçüncü harmonik voltajının genliği, birinci harmonik faz-nötr geriliminin genliğinin % 60 civarında gibi yüksek bir değere sahiptir. Buna sebep mantel tipi çekirdeğin üçüncü harmonik fluksu için kapalı bir devre teşkil etmesi ve bu tip fluksa pek küçük bir reluktans göstermesidir. Bu halde üçüncü harmonik fluksu genliği birinci harmonik (fondamental) fluksu genliğinin takriben % 20 sidir. Gerilim genliğinin % 60 a çıkması sebebi üçüncü harmonik frekansı, fondamental frekansın üç misli olmasıdır.

Eğer mantel tipi çekirdek üzerine yerleştirilmiş yıldız bağlı sargıların nötrü topraklanırsa, hat ucundan toprağa üçüncü harmonik erapedansları çok büyük olur, çünkü magnetik devre üçüncü harmonik fluksuna kapalıdır. Eğer-nominal pozitif bileşen voltaj ve kVA baz olmak üzere -fondamental sıfır- bileşen empedansı 100 per unit ise üçüncü harmonik sıfır bileşen empedansı 300 per unit olur. Muhtemelen bu değer hava hattının sıfır bileşen üçüncü harmonik kapasitif reaktansı ile seri rezonansa gelip tehlikeli gerilimler meydana getirecektir.

Eğer trafo sargılarının nötrünün topraklanmasına ilâve olarak kaynağın nötrü de topraklanmışsa üçüncü harmonik akım için düşük bir empedans devresi hazırlanmış olur. Umumiyetle üçüncü harmonik akımının büyüklüğü çekirdekdeki üçüncü harmonik fluksunu dolayısıyla faz-nötr gerilimindeki üçüncü harmoniği elimine etmeye kâfidir. Fakat hatlardaki ve toprak-taki üçüncü harmonik akımı telefon girişim (enterferans) ine sebep olur.

Üç-bacaklı, üç-faz çekirdek hali:

Tek fazlı esasa göre, üç-bacaklı üç faz çekirdeğinin eşdeğer magnetik devresi bir farkla mantel tipindeki aynı gibi gösterilebilir. Bu tip magnetik devre pozitif-bileşen fluksun üçün-



cü - harmoniğine açık olduğundan, üçüncü-harmonik iluks eşdeğer devrede  $R(\angle f)$  den geçmiyecektir. Bu yüzden şekil 13 de  $R(\angle f)$  devresine bir filtre konulmuştur. Filtrenin pozitif - bileşen fluksun fundamental bileşenine hiç bir relüktans göstermediği ve üçüncü - Harmonik bileşenine de sonsuz relüktans gösterdiği kabul edilmiştir.

Eğer şekil 13 de bir fluks generatörü ile sinüsoidal bir MMK devreye tatbik edilir ve evvelâ RA sonsuz farzedilirse  $\angle f$ ,  $\angle f$ 'ye eşit olacaktır. Ve bu flukslar sadece sinüsoidal fundamental frekans fluksundan ibaret olacaklardır. Fakat  $R(\angle f)$  ve  $R(\angle f)$  linier olmadıklarından bunların içinden geçecek sinüsoidal fluks, dolayısıyla bunlar için gerekli MMK üçüncü harmonik ihtiva etmelidir. Üçüncü harmonik MMK yi karşılayacak zıt tesir generatör tarafından istihsal edilmeyecektir. Çünkü generatörün MMK sının Sinüsoidal olduğu kabul edilmişti. Bu halde ancak filtre de zıt üçüncü - harmonik MMK hasil olacaktır. Aynı zamanda bunun bir kısmı  $R(\angle f)$  deki üçüncü - harmonik MMK ya zıt MMK yaratacak şekilde RA da mevcut olacaktır. Hakikatte R A Çok büyük; fakat sonsuz değildir, ve kendisinde mevcut olan MMK gayet küçük miktarda üçüncü harmonik fluksunun içerisinden geçmesini sağlar. Bu yüzden trafo sargılarının ihata ettiği  $\angle f$  fluksu çok az miktarda üçüncü-harmonik bileşeni ihtiva eder. Burada  $\angle f$ ,  $\angle f$  ve  $f$ , \ nın toplamına eşittir.

Netice olarak, sargılarda gayet küçük genlikli üçüncü harmonik gerilimi bulunması dolayısıyla, yıldız bağlı sargıların faz-nötr gerilimleri saf sinüsoid olmayacak pek az üçüncü harmonik ihtiva edecektir. Bu halde faz-nötr gerilimlerinde üçüncü - harmoniğin genliği birinci harmoniğin genliğinin 100 de bir veya ikisi kadar olur. Bu miktar diğer herhangi bir tip çekirdek kullanıldığında hasil olan % 60 civarında genlikli üçüncü harmonik geriliminden pek çok azdır.

Mağnetik devresinin üçüncü harmonik fluksuna açık olması dolayısıyla, üç bacaklı çekirdek üzerine yerleştirilmiş yıldız bağlı sargıların nötrü topraklandığı zaman trafo terminalinden nötre olan üçüncü harmonik empedansı çok azdır. Eğer —nominal pozitif bileşen gerilim ve nominal kVA baz olmak üzere— fundamental sıfır bileşen empedansı 0,6 per unit ise, üçüncü-harmonik sıfır bileşen empedansı 118 per unit olur. Bu değer hava hatlarının üçüncü harmonik kapasitif reaktansından çok düşüktür. Bu yüzden bir rezonans tehlikesi olmayacak ve neticede tehlikeli gerilimler doğmayacaktır.

Eğer trafoların nötrünün topraklanmasına ilâve olarak, kaynağında nötrü topraklanmış ise hatlarda ve toprakda üçüncü harmonik akımları

mevcut olacak ve faz-nötr gerilimlerdeki üçüncü harmonik bileşeni tamamen kaybolacaktır. Bu halde hatlarda ve topraktaki üçüncü harmonik akımları diğer çeşit çekirdeklere nazaran daha az olur. Fakat bu akım bile müsait olmayan şartlarda telefon girişim (enterferans) ine sebep olur.

#### ÜÇGEN BAĞLI TERSİYER SARGININ TESİRLERİ

Eğer şimdiye kadar münakaşa edilen trafolar üçgen bağlı bir tersiyer sargı ilâve edilirse çekirdek tipleri dolayısıyla hasil olan karakteristik farkları pratik olarak giderilir. Çünkü üçgen bağlı sargı, sıfır -bileşen ve üçüncü-harmonik gerilimleri için az empedanslı bir kapalı devre teşkil eder. Bu yüzden üçgen bağlı sargı mevcut olSukça mağnetik devrenin açık veya kapalı olması pek az tesiri haizdir. Meselâ, üzerinde üçgen bağlı sargıda bulunan mantel tipi çekirdek üzerindeki yıldız bağlı sargıya sıfır - bileşen getilimi tatbik edilirse, ölçülen empedans üçgen ve yıldız sargıları arasındaki empedans olur. Bu hal tamamen bir sargıya gerilim tatbik edildiğinde diğer sargının kısa devre edilmişine aynidir. Her iki halde de çekilen akım çok büyük ve netice olarak empedans 0 05 per unit mertebesinde bir değere sahip olacaktır. Eğer üçgen sargı mevcut olmasaydı bu halde ölçülen empedans 100 per unit mertebesinde olacaktır. Genel olarak, üçgen,bağlı sargı mevcut oldukça mağnetik devre nasıl olursa olsun yukarıdaki neticeler alınacaktır.

Böylece — Şekil 10 (A) ve 11 (A) da gösterilen sıfır - bileşen eşdeğer devreleri üçgen sargının ithali ile şekil 10 (B) ve 11(B) deki hali alırlar. Pratik maksatlar için şekil 10(B) ve 11(B) aralarında pek az fark vardır.

Aynı tarzda üçgen bağlı tersiyer sargı, üçüncü harmonik gerilimine az empedanslı kısa devre edilmiş bir devre olarak gözükmür.

Böylece tersiyer sargı kullanılırsa üçüncü harmonikler sistemden kaybolmuş olur. Bu duruma trafoların değişik karakterli mağnetik devreleri tesir etmez.

#### TERSİYER ÜÇGEN SARGILAR LÜZUMLU MUDUR?

Yıldız - yıldız bağlı trafolarla yıldız bağlı ototrafolar üçgen bağlı tersiyer sargının mevcut olup olmadığına göre 'karakteristiklerinin niçin ve nasıl değiştikleri yukarıda izah edilmiştir. Kullanılan çekirdek tipine göre tersiyer sargının tesirleri farklı olur. Eğer çekirdek üç-bacaklı ise tersiyer sargının mevcut olmaması ile göze çarpan karakteristiklerdeki değişim pek büyük olmaz. Diğer taraftan eğer başka bir tip çekirdek kullanılırsa değişiklikler oldukça büyük olur.

Her hangi bir halde tersiyer sargının mevcut olup olmaması, trafonun içinde kullanılacağı sisteme, meydana gelecek sıfır bileşen ve üçüncü harmonik karakteristiklerinin yapacağı tesirle kararlaştırılır. Bütün haller için tersiyer sargı ehemmiyetli değildir. Eğer trafonun, içinde kullanılacağı sistem bir bütün icra etmiyor ise, bu sargının kullanılması için bir lüzum yoktur. Bu yüzden tersiyer sargının ihmal edilip edilemeyeceği tamamen sistem mühendisine kalmıştır. Onun da böyle bir karara varabilmesi için sadece trafo imalatçısı tarafından verilebilecek trafo karakteristiklerine sahip olması icabeder.

Önceden açıklandığı gibi tersiyer sargının mutlak surette ehemmiyetli olduğuna dair umumî bir temayül vardır ve bu hususu gösterecek deliller meydandadır. Üç - fazlı sistemlerde kullanılan ilk trafolar tek fazlı ünitelerle teşkil olunuyordu. Bu yüzden üç fazlı trafolar, sıfır - bileşen ve üçüncü harmonik bakımından, tek fazlı trafoların karakteristiklerine sahip olmuşlardır. İlk zamanlarda yükler iyi dengeli değil idi, bu yüzden sıfır - bileşen empedansının kabil olduğu kadar alçak olması arzu ediliyordu. Ve o zamanda bir çok telefon devreleri tek telli toprak dönüşlü olup, telefon devrelerindeki gürültüyü yok etmek için kullanılan tesisat da bugünküne nazaran çok kaba idi. Aynı zamanda bugünküne nisbetle röleler, üçüncü harmonikler ve pozitif, negatif, sıfır bileşenler hakkında bilgi iptidai idi. Bu yüzden çok emin bir metod olan tersiyer sargının üç -fazlı yıldız - yıldız sargılarda kullanılması iyice benimsenmişti. Şüphesiz o zamanlar tersiyer sargının kullanılmaması bazı hususi hallerde ciddi güçlükler sebebiyet vermişti. Ve güçlüklerin sebepleri anlaşılmayıp, tersiyer sargının sıkıntıyı giderdiği görülmüştü. İşte böylece tersiyer sargının bütün yıldız - yıldız bağlı sargılarda kullanılması üniversal, tabii bir pratik haline geldi.

Eğer problem tamamen anlaşılmış olsaydı, üç fazlı çekirdek tipi nüveler için bazı hallerde tersiyer sargıların ihmal edilmesinin bir zorluk yaratmayacağı görülecekti. Bu mütalâa bugünkü şartlar içinde bilhassa daha büyük hak kazanmıştır. Şöyleki:

1. Bugün büyük şebekelerde esas enerji nakil hatları ile beslenen yükler kırk elli sene evvelki yüklerle nazaran çok daha fazla dengelidir. Bu yüzden tersiyer sargının ihmalî ile sistemin sıfır - bileşen empedansının büyümüş olması tesirli olmaz; çünkü yüklerin dengeli olması ile normal işlemede pratik olarak sistemde sıfır bileşen akımı bulunamayacaktır.

2. Bugün telefon girişimi (enterferans) hâdisesi seneler evvelki gibi ciddi değildir. Tele-

fon devrelerindeki toprak dönüşü yerine metal veya kablo dönüşü kullanılmıştır. Ve telefon tesisatı elli sene evvelkine nazaran çok mükemmeldir. Artık normal olarak enerji nakil hatları da telefon hatları ile aynı geçit hakkını kullanmamaktadırlar.

3. Röle ve koruma bakımından geçmişte ciddi meseleler ortaya çıkaran şartlar artık bugün mevcut değildir. Çünkü rölelerin geliştirilmesi ile gayet hassas olarak akım ve gerilim bileşenleri ayrılabilen ve böylece şebekelere kumanda imkânları artmış bulunmaktadır.

Gelişen teknoloji ve değişen şartlar ile tersiyer sargının bütün hallerde kullanılması düşüncesinin bugün modası geçmiştir. Bu hal bazı elektrik kumpanyaları tarafından tanınmış ve olan satın aldıkları yıldız - yıldız bağlı trafolarla tersiyer sargıdan sarfinazar etmişlerdir. Bu tertipte kullanılan trafolarla dair bir kısım liste aşağıdadır :

- 1 — FOA (Cebrî yağ, cebrî hava soğutmalı); Max 95000 KVA; 129 kV nötrü topraklı yıldız/13.8 kV nötrü izole yıldız.
- 2 — FOA; Max 160.000 KVA; 164 kV nötrü topraklı yıldız/130 kV nötrü topraklı yıldız.
- 3 — FOA; 80 000 KVA 132 kV nötrü topraklı yıldız/66 kV nötrü topraklı yıldız.
- 4 — OA/FA (Kendi kendine ve cebrî hava soğutmalı); Max 40 000 KVA; 34,5 kV nötrü topraklı yıldız/13.8 kV nötrü topraklı yıldız.
- 5 — OA/FA; Max 12.500 KVA; 22 kV nötrü izole yıldız/11 kV nötrü izole yıldız.
- 6 — OA (Kendi kendine soğutmalı); 30.000 KVA; 29 kV nötrü topraklı yıldız/6 kV topraklı yıldız.

2, 3, 4 ve 6 No. dakiler ototransformatörlerdir. Bütün bu üniteler üç - bacaklı üç - faz çekirdekli dirler. Yukarıdakilerin hiç biri enerji nakil şebekesi ve muhabere devrelerinde bir zorluk yaratmamışlardır.

Yalnız tersiyer sargıya sahip olmayan ototrafoların, nötrü topraklanmamış ise şimdiye kadar zikredilmeyen bir hususun daha tetkik edilmesi icap eder. Bu faz - toprak arızalarında nötrü noktasının kayması problemidir. Bu hususta 4 ve 5 No. h/ referanslar tetkik edilmelidir.

#### UMUMİ NETİCELER

Yukarıdaki münakaşa aşağıdaki neticelerle hülasa edilmiştir :

1 — Eğer üç - bacaklı üç faz çekirdek tipi konstrüksiyon kullanılırsa, üçgen bağlı tersiyer sargı yıldız - yıldız bağlı trafolar ile, yıldız bağlı ototrafolarda bir çok hallerde ihmal edilebilir.

Diğer tip çekirdek konstrüksiyonları için bilhassa 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;