

GEÇİCİ AŞIRI GERİLİMLER VE ŞEBEKE YÖNÜNDEN ANALİZİ

Burak COŞKUN

Elektrik-Elektronik Y. Müh.

burak.coskun@osmangaziedas.gov.tr

(OEDAŞ Şair Fuzuli Cad. No:9 26010 ESKİŞEHİR)

AŞIRI GERİLİM

Gerilimin bir tam dalgadan daha uzun bir süre %110' dan daha büyük bir değere ulaşmasıdır. Başka bir deyişle, bir cihaza (AG, OG, YG cihazları) gerilim verilirken üst değerinin, bir standart veya spesifikasyonda belirlenen sınır değerleri aşması durumunda ortaya çıkan duruma *aşırı gerilim* denir.

Elektrik İletim sistemlerinde;

- Uzun süreli aşırı gerilimler (Steady-State Overvoltages (long duration))* : nominal gerilimin %5 üzerinde dakikalarca veya daha uzun süreli olaylar.
- Anlık aşırı gerilimler (Transient Overvolages)* : birkaç milisaniye veya daha az süreli olaylar.
- Geçici aşırı gerilimler (Temporary Overvoltages)* : saniyeler veya daha uzun süreli dakikalara dayanan olaylar.

Aşırı gerilimler genel bir tanımla Diferansiyel modda (elektrik yüklü iletkenler arasında: faz/faz- faz/nötr), ya da Ortak modda (elektrik yüklü iletkenler ve açıkta kalan iletken parça veya toprak arasında) oluşmasıyla iki kısma ayrılabilir.

Aşırı gerilimler ana hatlarıyla üç tiptir:

Geçici güç frekansı,
Anahtarlama,
Yıldırım

- Güç Frekansı Aşırı Gerilimi** :50/60 Hz'lik güç frekanslarında oluşurlar.Farklı durumları söz konusudur.

1.Yalıtım hatası: Yalıtımlı nötr bir sistemde veya empedans topraklı nötr bir sistemde, faz ve toprak arasında bir yalıtım hatası oluşursa, toplu fazlardan toprak hattına verilen gerilim, fazdan faza verilen gerilime ulaşabilir.

2. Ferrerazonans : Bu, cihaz için genellikle tehlikeli ve kondansatör ve doyurulabilir bir endüktans içeren bir devrede üretilen, doğrusal olmayan, nadir görülen bir olaydır. Ferrerazonans, çoğu zaman cihazlardaki arıza ve bozulmaların açık nedenidir.

3. Nötr iletkenin kesilmesi: Fazda en az yükle güç verilen cihazlar, gerilimde bir artışa tanık olurlar (bazı durumlarda fazlararası gerilime kadar ulaşabilir).

4. Alternatör regülatörlerdeki veya kademe deęiştirici trafodaki hatalar

5. Reaktif gücün fazla karşılanması: Şönt kondansatörler, kaynaktan buldukları yere doğru verilen gerilimde bir artışa sebep olurlar. Bu gerilim, özellikle düşük yük sürelerinde yüksektir.

b) Aşırı Gerilimin Anahtarlanması

Dağıtım sistemi üzerindeki anahtarlama, şebeke yapısında meydana gelen hızlı modifikasyonlar sonucu ortaya çıkar (koruyucu cihazın açılması...vs.). Aşağıdaki ayrımlar yapılmıştır:

1. Aşırı gerilimleri normal yükte anahtarlama,

2. Düşük indükleyici akımların açma kapama anahtarlanması sonucunda üretilen aşırı gerilimler,

3. Toplayıcı devrelerin anahtarlanması sonucunda üretilen aşırı gerilimler (yüksüz hatlar veya kablolar, kondansatör bankları). Örneğin, bir kondansatör bankının enerjilenmesi ilk tepe değerinin anma gerilimin rms değerinin $2\sqrt{2}$ katına ulaşabildiği geçici bir aşırı gerilime ve kondansatörün anma akımının 100 katı tepe değerinde bir aşırı gerilime sebep olur.

c) Yıldırım Aşırı Gerilimleri

Yıldırım, fırtınalar boyunca oluşan doğal bir olaydır. Doğrudan yıldırım çarpması (bir hat veya yapıya) ve yıldırım çarpmasının dolaylı etkileri arasında bir ayırım yapılmıştır (aşırı gerilime sebep olma ve toprak potansiyelinde artış gibi).

d) Diğer Faktörler

1. Bölgesel elektrik altyapısının kalitesine bağlı olarak aşırı gerilim üretilebilmektedir,

2. İşletmelerdeki sistemlerde, elektrik ekipmanları, çalışma durumlarının sonucu olarak aşırı gerilim oluşmasına sebep olabilirler. (Örnek, Değişken hız sürücüler, vs..),

3. Yakın çevredeki çalışan araç ve gereçler tarafından oluşan aşırı gerilim,

4. Elektrostatik deşarj,

5. Radyo frekans parazitleri nedeniyle oluşan aşırı gerilim durumlarda görülmektedir.

AŞIRI GERİLİMİN ETKİLERİ

Aşırı gerilimler, magnetik çekirdekli malzemelerin içindeki magnetik akıyı artırdığından (trafo ve şönt reaktörler gibi), trafo sargılarında ve çekirdeğindeki teçhizatın zarar görmesine sebep olur. Sonuçta, artık teçhizat ürünleri iş göremez olur. Örnek olarak, parafudrların patlamaları, kısa devre oluşması ve devre kesicilerinin arızalanmasına sebep olarak enerji iletimini ve dağıtımını engeller.

Sonuçlar, uygulama süresine, tekrarına, büyüklüğüne, moduna, (ortak veya diferansiyel), gradyen ve frekansına göre büyük ölçüde farklılık göstermektedir;

Cihaza (elektronik parçalara vb.) önemli ve kalıcı hasar veren dielektrik bozulma,

Cihazın, eskime nedeniyle değer kaybetmesi (zarar veren aşırı gerilimlerden çok tekrarlayan aşırı gerilimler),

Cihazın bozulması ile ortaya çıkan uzun kesintiler (dağıtım şirketi için satış kaybı, endüstriyel şirketler için üretim kaybı),

Kontrol sistemlerinde ve düşük akım haberleşme devrelerinde kesinti,

Yıldırım (genellikle);Havai şebekeler, yıldırıma karşı çok duyarlıdır ancak eğer yıldırım buldukları yere yakın bir yerde gerçekleşmişse yüksek gerilimden dolayı yer altı şebekeleri tarafından beslenen tesisatlar da stresten etkilenebilir.

Anahtarlama aşırı gerilimleri : birbiri ardına meydana gelmektedir ve meydana gelme olasılıkları yıldırıma göre daha yüksek ve daha uzun sürelidirler. Bunlar, en az yıldırım kadar ciddi bozulmalara neden olabilir.

AŞIRI GERİLİM İÇİN ALINMASI GEREKLİ ÖNLEMLER

Enerji iletim ve dağıtım sistemlerinde arızaların önemli sebeplerinden biri de yalıtım malzemesinde meydana gelen atlama ve delinme gibi boşalma olaylarıdır. Söz konusu boşalma olayları genellikle sistemde baş gösteren iç ve dış aşırı gerilimlerin sonucu olarak ortaya çıkarlar. Dolayısıyla kesintisiz ve güvenilir bir işletme için gerekli olan koşullardan birincisi enerji sisteminde oluşabilecek aşırı gerilimleri hesapladıktan sonra standartların yalıtım için öngördüğü dayanma gerilimleri ile aşırı gerilimlere karşı koruma aygıtlarının uygun biçimde seçilmesi kısaca iyi bir yalıtım koordinasyonudur.

Doğru izolasyon koordinasyonu, teknik ve ekonomik kaygılar arasındaki en iyi denge ile aşırı gerilimlere karşı personelin ve cihazların korunmasını gerektirmektedir.Bunu sağlamak için aşağıda belirtilen bilgilere ihtiyaç vardır.

Tesisat üzerinde oluşabilecek aşırı gerilimin seviyesinin ve enerjisinin bilinmesi,

Güç sistemi bileşenlerinin aşırı gerilime dayanma seviyesini seçimi,
Gerektiğinde koruyucu cihazların kullanılmasına karar vermek,

a) Güç frekansı aşırı gerilimleri :

Düşük yük dönemlerinde kondansatörlerini tamamını veya bir kısmı kapatılabilir,
Ferorezonansı önlemek üzere resistör kayıpları belirlenebilir,

b) Anahtarlama aşırı gerilimleri

Sabit bir reaktör ve ön ekleme rezistörleri monte ederek kondansatörlerin geçici enerjilendirilmesi sınırlandırılabilir.

Geçici aşırı gerilimlerin etkilerini sınırlamak için şok bobinlerini frekans değiştiricilerin şebeke tarafına bağlamak gerekir.

“si” tipi devre kesiciler ($I_n = 30 \text{ mA}$ ve 300 mA) ve AG için seçici tip ana kaçak akım devre kesicileri (“S” tipi) kullanılabilir. Bunların kullanılması, RCD'nin (kaçak akım koruma cihazı) tesisat yük tarafı boyunca akan geçici kaçak akımlardan (yıldırım ve anahtarlama aşırı gerilimleri) toprağa yüksek elektrik depolama kapasitesi ile devrelerin enerjilendirilmesi (toprağa bağlı kapasitif filtreler, uzatılmış kablo tesisatları, vb.) kaynaklanan istem dışı açılmaları önlemektedir.

c) Yıldırım aşırı gerilimleri

Paratoner sistemi ile veya Faraday kafesiyle oluşturulacak bir yıldırımdan korunma tesisatının topraklama sistemine bağlanması önemli ölçüde sorunu giderecektir.

İkincil koruma ; Cihazları, yıldırımdan sonraki aşırı gerilime karşı korumaktadır.

AG tesisatlarında farklı türde ana kaçak akım devre kesicilerin kullanılması, bazı cihazlarla (buzdolabı, kontrol cihazları, vb.) uyumsuzluk gösterecek tesisatın üst kısmındaki devre kesiciyi açan parafudur aracılığıyla topraklamaya akım akışını önlemektedir. Aşırı gerilimlerin cihaza ulaşabileceği diğer yolları da unutmamak gerekir.Örneğin; telefon hatları (telefon, faks), koaksiyel kablolar, bilgisayar bağlantıları, TV antenleri vb.

GEÇİCİ AŞIRI GERİLİMLERİNİN ŞEBEKE YÖNÜNDEN ANALİZİ

Normal işletme şartlarında çalışan bir şebeke;

1. Arıza olmadan dış etkenler nedeniyle bir fazın açılması anında (kuş çarpması, bağlama ya da bağlantı donanımının bozulması, yangın,vb...)

2. Herhangi bir nedenle sigortanın bir veya iki fazının atması anında,

3. Fiderin kapatılması anında, kesicinin bir fazının kapanmaması veya geç kapanması anında, fiderin bağlı olduğu teçhizatta, zararlı olabilecek düzeyde, zararlı aşırı gerilimler oluşabilir. Bu geçici gerilimin değeri, şebekenin parametrelerine bağlıdır. Şebekenin nominal gerilimi $U_n (KV)$ olsun. Zararlı aşırı gerilimin değeri $U_a \leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}}$ (toprağa göre) aşmamalıdır.

Örneğin; $U_n = 34,5KV$. için; $U_a \leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{34,5}{\sqrt{3}} \leq 70 KV$ olmalıdır.

BİR FAZIN AÇILMASIYLA OLUŞAN GEÇİCİ AŞIRI GERİLİMLER

Yüksek gerilimli şebekelerde; üç fazlı sistemde bir fazın sigortasının atması, kesicinin bir fazının aynı anda açılıp veya kapanmaması neticesinde; teçhizatta zarar meydana gelebilir, motorlarda faz sırası dönüş yönü terslenebilir. Bu tip olaylar, *aşırı gerilimlere* neden olurlar. Parafudurların görev yapmaması durumunda, trafolar zarar görecektir. Fazların asimetrik açılması veya kapanması arasında zaman farkının uzaması, sistemde oluşan geçici gerilim (temporary) ile kararlı gerilimler (steady-state) arasındaki zaman farkını da arttırır. Bu fark, kesme ünitesi ve sistemin karakteristiğine bağlıdır. Bu zaman değeri, birkaç periyodla, birkaç saniye arasında değişebilir. Öyle ki,

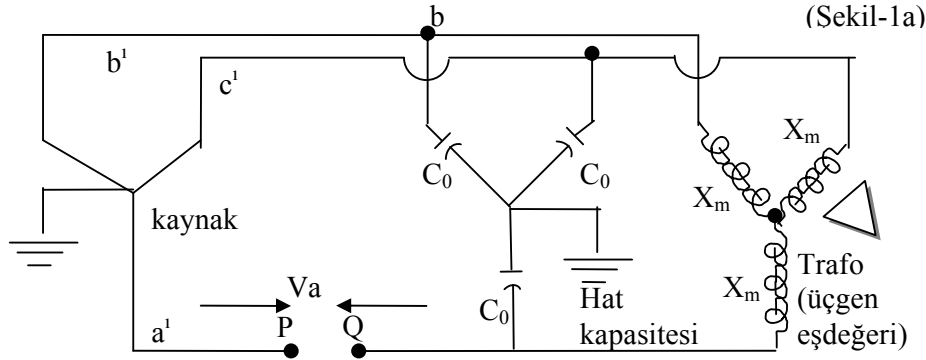
Örnek olarak;

Amerika Southwest Connecticut daki araştırma sonuçlarına göre;

Geçici aşırı gerilimlerde, 1.2 microsaneye ile 50 microsaneye arasında ki (.0000072 peryod-.003 peryod) içerisinde yıldırım testi yapılmış,

Ayrıca da, 250 microsaneye ile 2500 microsaneye arasında da (.015 peryod-.15 peryod) anahtarlama tepkileri gözlenmiştir.

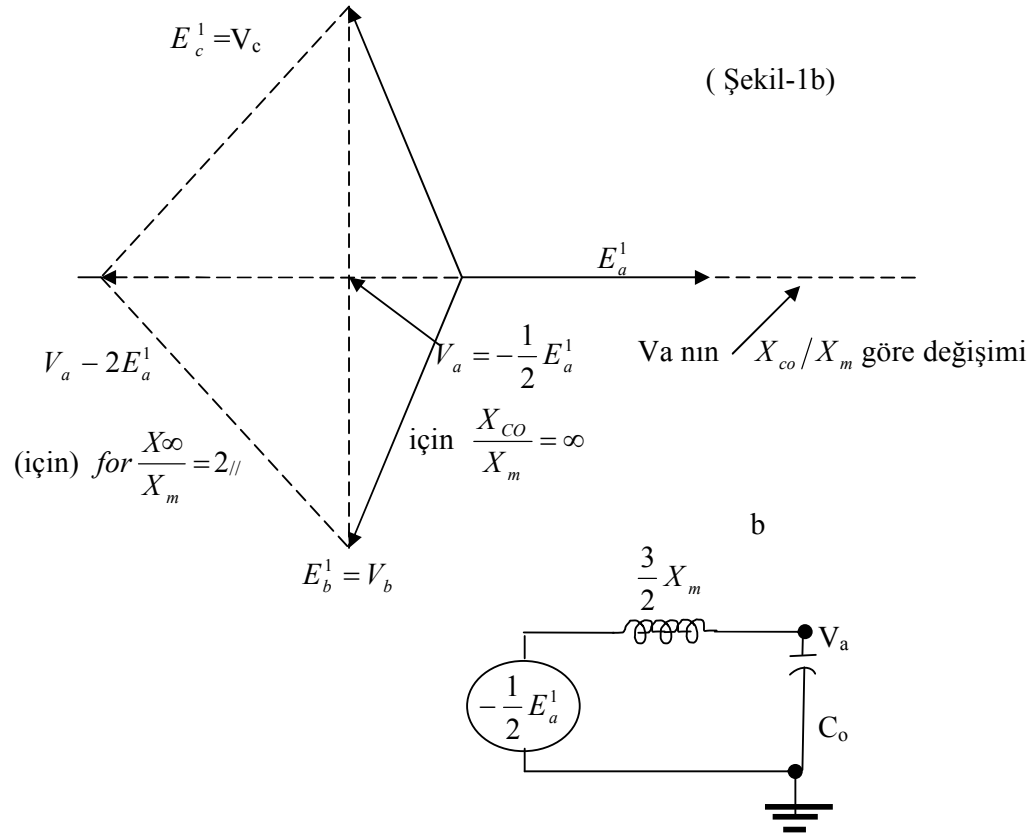
Bir fazın açılmasının tanımı; (şekil-1 a,b) Bir fazın açılması neticesinde oluşan aşırı gerilim ve faz dönüş yönünün terslenmesinin temel yapısı görülmektedir.



Kaynak topraklı, trafonun primer sargısı ise yalıtılmıştır.

Yalıtılmış trafonun X_m mıknatıslama empedansı ve kapalı olan b ve c fazları üzerinden kapalı bir devre oluşmaktadır. Eğer sistemin fazının toprağa göre kapasitesi (C_0), özellikle kablo şebekeleri ve uzun havai hatlarda göz önüne alındığında,

(C_0) küçükse, X_0 da artacak ve $\frac{X_{c0}}{X_m}$ büyüdükçe, (V_a) gerilimi küçülecektir.



Bu durum; aşağıdaki gibi formüle edilirse;

$$V_a = E_a^1 = \frac{X_{co}/X_m}{3 - 2(X_{co}/X_m)}$$

bağlantısı çıkar.

(E_a^1 :Faz-nötr gerilimi) Buradan şu yorum çıkarılabilir.

Trafo gücünün sabit kalarak, bağlandığı;

a) Şebekenin parametrelerinin değişmesi durumunda;

(C_o) ın etkili olmadığı şebekelerde, bir fazın açılması durumunda, (Şekil-1b) gibi nokta sağa kayacak ve V_a gerilimi küçülecektir. Dolayısıyla, *risk azalır*.

b) Eğer $X_{co} = X_m$ ise, şebekede rezonans şartı oluşacak (seri rezonans) ve aşırı gerilimler görülecektir.

c) $C_o = 0$ ise, X_{C_o} sonsuz olur. V_a gerilimi küçülür. Faz-nötr. gerilimin yarısıdır.

d) C_o arttıkça, özellikle yaygın bir yer altı kablo şebekesi veya uzun havai hatlar durumunda, X_{C_o}/X_m oranı küçülecek ve nokta (şekil-1b) sola doğru kayarak faz dönüş yönü abc den bac ye dönüp terslenecektir. Aşırı gerilim riski de artacaktır.

e) $X_{co}/X_m = 3/2$ olursa, bir fazın açılması anında, teorik olarak sonsuz gerilim oluşacaktır.

Şebeke parametrelerinin sabit kalarak, trafo gücünün değişmesi durumunda;

Aynı gerilimde ve parametreleri aynı olan, fakat farklı güçlerdeki iki dağıtım trafosu, aynı şebekeye bağlanırsa; trafonun mıknatıslama empedansı, $X_m = \frac{U_{FN}(\text{faz - nötr})}{I_m(A)}$ dur.

I_m : Boştaki (sekonder sargı uçları açık) mıknatıslama akımı olup, trafo nominal akımının %2~3 metre besindedir. Trafo gücü arttıkça, I_m değeri (aynı gerilimde) ve dolayısıyla X_m reaktansı azalır. Daha evvelki bağıntı; $V_a = E_a^1 \cdot \frac{1}{3/X_{co} X/m - 2}$ şeklinde yazılırsa;

Şebeke değişmediği için, X_{co} sabit kabul edilebilir.
(trafo sargılarının C_o değeri ihmal edilsin)

Verilen bağıntıdan görüleceği gibi, X_m değeri arttıkça, bir fazın açılması durumunda, geçici rejimde trafoya gelen gerilim, trafo gücüyle ters orantılıdır.

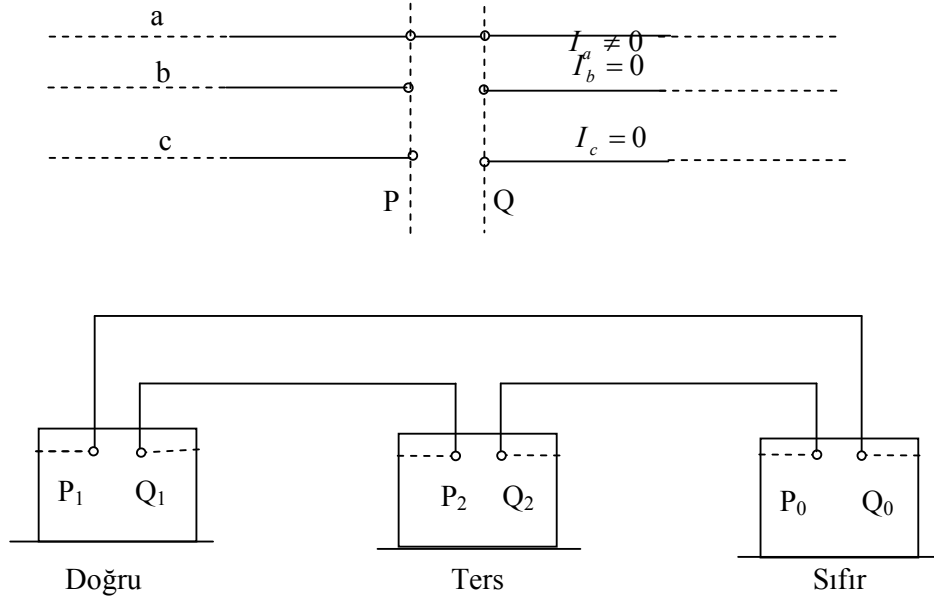
Yani; *trafo gücünün azalmasıyla risk artmaktadır.*

X_{C0} / X_m oranının daha da azalması, örneğin (C_0) ın etkili olduğu daha geniş şebekelerde, $\frac{X_{C0}}{X_m} = 1$ olursa, $V_a = E_a^1$ (faz-nötr) gerilimi gelecektir.

Eğer trafo doymaya geçmişse, X_m küçülür ve bu olayda önemsenmez. Çünkü; V_a gerilimi daha iyileşir.

TOPRAK TEMASSIZ İKİ FAZIN AÇILMASI

(Şekil – 2) iki fazın sigortanın atması veya devre kesicisinden bir fazının kapalı kalması durumunda, sistemin eşdeğer şeması verilmiştir.



(Şekil - 2)

Doğru, ters ve sıfır bileşenler, devreye seri olarak girmektedir.

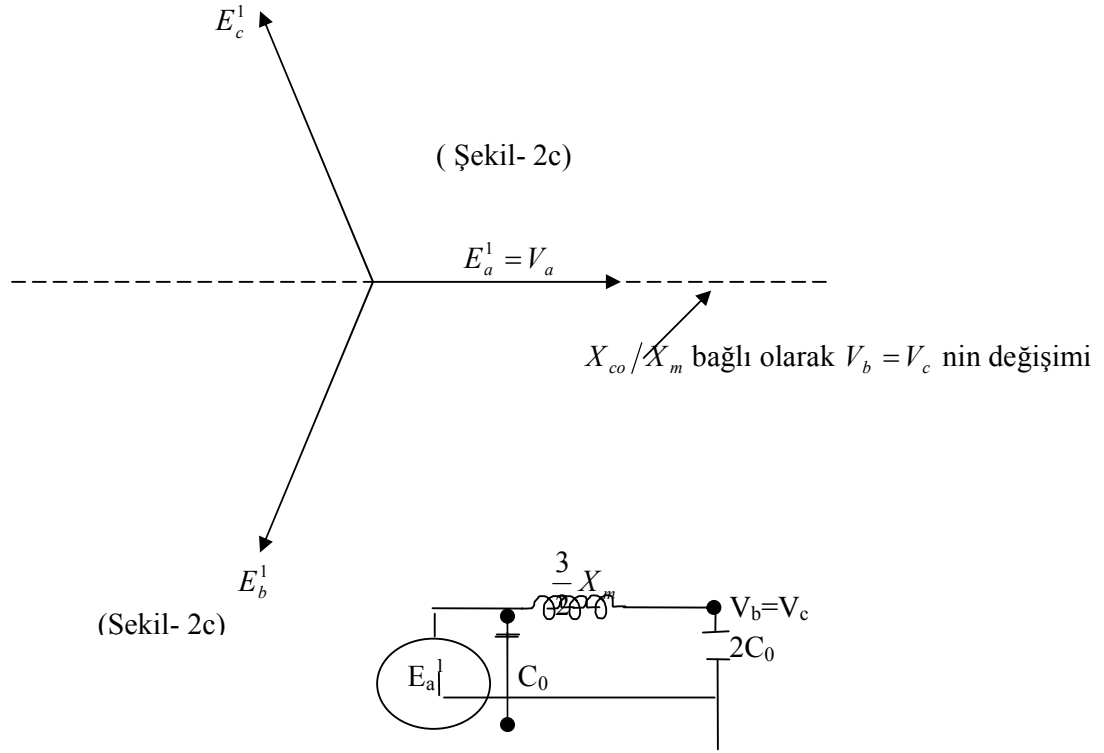
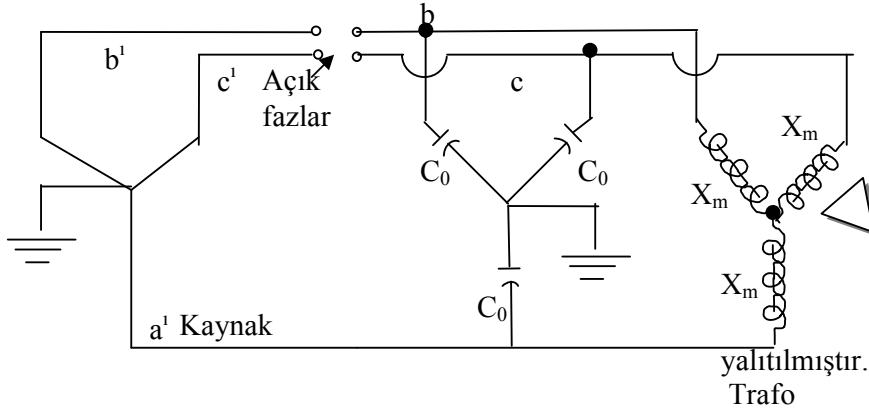
Açılan noktalardan bakıldığında şebekenin eşdeğer empedansları (doğru,ters,sıfır) Z_1, Z_2, Z_0 olsun. Geçen yük akımı I_{1PF} ise; geçen akımın bileşenleri;

$$I_1 = I_2 = I_0 = \frac{Z_1 \cdot I_{1PF}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \text{ yazılır. Hat akımları;}$$

$$I_a = \frac{3Z_1}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \cdot I_{1PF} \quad I_b = 0 \quad I_c = 0 \text{ elde edilir.}$$

Eğer yük akımı $I_{1PF} = 0$ ise akım geçmez.

Kaynak topraklı, dağıtım trafosunun giriş sargısı üçgen ise , $Z_0 \rightarrow \infty$ için $I_a \approx 0$ olacaktır. Ancak (Şekil-2b) görüldüğü gibi, yaygın bir kapasite (C_0) varsa, bir miktar akım geçebilir.



1. Açılmalarda oluşan geçici gerilimler;

1.1. Kaynaklarda, en büyük geçici rejim gerilimlerinin arızasız halde iki fazın açılmasında oluştuğu yazılmaktadır. (Şekil-2) iki fazın açılması anında oluşan aşırı gerilimler ve eşdeğer şemalar verilmiştir. Bu tip açılmada faz dönüşü aksetmez. Faz-a daki akım, trafonun mıknatıslama empedansı (X_m) ile (C_0) sıfır bileşen kapasitansı arasında dolaşır.

(C_0) etkisi olmazsa;
olur. (C_0) göz önüne alındığında; $V_b = V_c = V_a = E_a^1$

$$V_b = V_c = E_a^1 \cdot \frac{-jX_{c0}/2}{j\frac{3}{2}X_m - jX_{c0}/2} = E_a^1 \cdot \frac{X_{c0}}{X_{c0} - 3X_m} = E_a^1 \cdot \frac{X_{c0}/X_m}{X_{c0}/X_m - 3} \text{ elde edilir. Burada;}$$

$X_{c0}/X_m = 3$ ise, açılan fazların toprağa göre gerilimleri teorik olarak sonsuzdur.

X_{c0}/X_m azaldıkça (şebekenin (C_0) etkin oldukça), sağlam fazların toprağa göre gerilimleri de büyük negatif değerler alacaktır.

1.2. Şebeke parametreleri sabit kalıp, trafo güçlerinin değişmesi durumunda, $X_{c0}=sb$ ve X_m arttıkça (trafo gücünün küçülmesi demektir.) $X_m = \frac{U_n^2 \cdot 1000}{N \cdot I_m}$ risk de artmaktadır.

2. İki fazlı açılmalarda, kesme ünitesi ile trafo arasındaki kritik uzaklıklar

Teçhizata zarar verecek geçici aşırı gerilimler oluşmaması için, $X_{c1}/X_m=6$ olmalıdır. X_{c1} : fazlar arası kapasitans değeridir. (WC_1) süseptans değeri; 34,5-15,8 kV. için (50Hz) 5, 15,18 kV.

tan küçük gerilim kademelerinde 5,4 Mikro – mho / mil dir. (1mil=1650m)

Örnek olarak; 34,5 kV hat için; $X_{c1}/X_m = 6$ olsun. Hat sonu trafosu $N=1000$ kVA $I_m = 0,035$ birim ise;

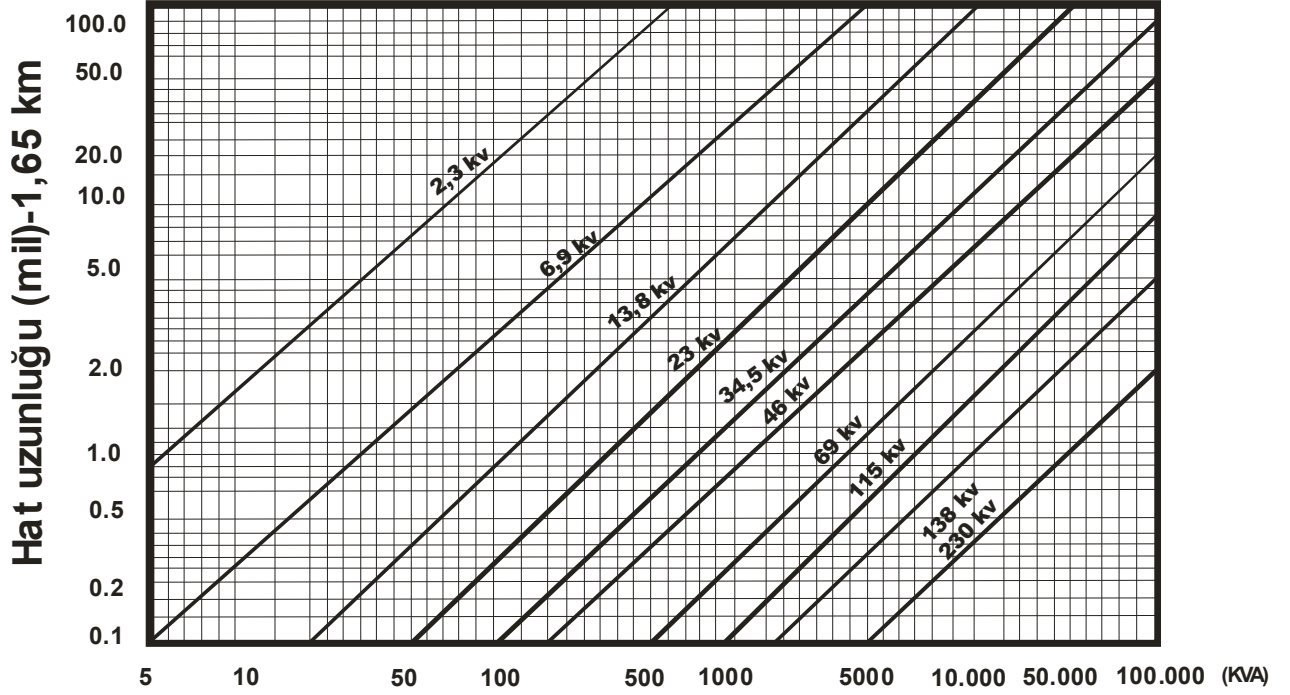
Trafonun, hat başından itibaren kabul edilebilir. Maksimum uzunluğu (sigorta veya röleler ile trafo arası),

$$L \leq I_m \cdot \frac{N(kVA) \cdot 10^3}{U_n^2 (kV) \cdot 6 \cdot (WC_1)} \cdot 1,65 = \frac{1000 \cdot 10^3 \cdot 1,65}{(34,5)^2 \cdot 6 \cdot 5} \leq \underline{1,6km} \text{ olmalıdır.}$$

Kesme teçhizatı, mümkün merteye trafoya yakın olmalıdır.

Örnek; $N=50$ MVA $U_n = 154$ kV $I_m=0,01$ pu olan bir indirici merkezde, trafonun girişine kesici konmayıp uzaktan açtırma uygulanırsa; kesicinin trafodan uzaklığı en fazla; ($WL_1 = 5,4$

alınсын) $L \leq 0,01 \cdot \frac{50000 \cdot 10^3}{(154)^2 \cdot 6 \cdot 5,4} \cdot 1,65 \leq \underline{1,07km}$ olmalıdır.



(Şekil – 3)

(Şekil-3) Doğrudan topraklı şebekelerde; sigorta ile veya kesici ünitesiyle, dağıtım trafosu arasındaki maksimum mesafeyi, trafonun nominal gücü (kVA) ile primer gerilim kademesine bağlı olarak vermektedir. (1 mil = 1.65 km alınabilir.)

Daha önce değinilen $L_{maks.}$ bağlantısı, bu diyagramla aynıdır. $\left(\frac{X_{c1}}{X_M} = 6 \quad I_M = 3,5_{PU} \right)$

Eğer, trafolar doymaya geçerse, X_m reaktansı azalacaktır. X_{co}/X_m Değeri artacak, neticede V_a geriliminin değeri de artacaktır. *Doyma olayı, faz açılmalarında daha fazla risk oluşturulacaktır. Üstelik, harmonik de üretilecektir.*

AÇILMA VE KOPMA OLAYININ ALGILANMASI

Şebekelerde bir fazın ayrılması veya kapanmaması olaylarında, genellikle statik yükler ağırlıklı olduğu için, sistemi koruyan aşırı akım ve toprak röleleri çalışmamakta ve sisten iki faza kaldığı için, şebekede zararlı etkiler oluşmaktadır.

Örneğin; şebekedeki bir faz arası arızada, geçen arıza akımı neticesinde, aşırı akım korumanın çalışmasıyla birlikte camper kopmakta ve hat iki fazlı olarak tekrar kapatılmaktadır. Faz kopmasız aşırı akım ile fazın koptuğu durumlar arasında aynı sinyal alınmaktadır. Kesicinin, kopmalı durumlarda tekrar kapatılmaması gerekir. (Kopma durumunda tekrar kapama yapıldığı takdirde özellikle kırsal alanlarda ya da ağaçlık, orman gibi yerlerde ark sonucu yangın gibi büyük sonuçlar doğurabilmektedir.)

Böyle bir sonucun yaşanmaması ve açılma ve kopma olayının tam olarak algılanabilmesi için; Bir fazın açılması veya belli seviyedeki dengesiz yüklerin algılanıp, sistemin devre dışı bırakılması için kullanılan cihaza, *dengesiz yük, ters veya negatif bileşen rölesi* denilmektedir. Aşırı akım ve toprak korumaya karşı hassas artçıl koruma yapar.

Sistemimizde, Teknolojinin gelişimiyle dizayn edilen mikro-işlemci sayısal rölelerde, aynı zamanda “dengesiz yük” ünitesi mevcut olup, bilgisayar üzerinden aktif hale getirilerek kontrol edilebilir.

SONUÇ

Bu çalışmada geçici aşırı gerilimler, nedenleri ve şebeke yönünden analizini ayrıntılı olarak incelenmiştir. En büyük geçici aşırı gerilimler, iki fazın açılması ve bir fazın kapalı kalmasıyla oluşur. Bu değerler, sistemin toprağa göre (C_0) kapasitesi ile, trafoların mıknatıslanma reaktanslarına bağlıdır. Sistemin toprağa göre (C_0) kapasitesinin etkili olmadığı veya göz önüne alınmadığı şebekelerde, (kısa havai hatlar, A.G. sistemleri gibi) *risk azalır*. Aynı parametrik yapıdaki şebekeye bağlı farklı güçteki trafolardan, *küçük güçlü trafolar daha fazla risk altındadır*. Faz açılmalarında rezonansa yakın şartlar oluşursa, geçici gerilimler çok büyük değerlere çıkabilir. Önlem olarak; Kesicinin üç fazının aynı anda açılıp kapanması, sigortalı bir üniteye, bir fazın sigortası atarsa aynı anda diğer iki fazın da açılması gerekir. Dengesiz yük rölesiyle, bu olay algılanabilir.

Kaynaklar:

1. Electrical Engineering Handbook, Siemens, 1990
2. Kyle G. King, K & R Consulting, Temporary Overvoltage Equipment Limits, 2004
3. Sprotec 75J62/63/64 Manual – Siemens
4. Deniz Kültür, Elk. Y. Müh “**Şebekelerde, Toprak Temassız ve Toprak Temaslı Olmak Üzere Bir Fazın Açılması Durumunun Analizi**”
5. Signature Power Magazine, Number 3
6. Yrd. Doç. Dr. Muğdeşem Tanrıöven, Rıza İnce Elektrik Müh. “**Elektrik Güç Sisteminin Kalitesini Bozan Faktörlerin İncelenmesi**”

