

Röle ve denetim devrelerinde geçici gerilim olayı

YAZAN

Albert W. COFFMAN

ÇEVİREN

Serdar BOZKURT

ÖZET

Dağıtım merkezleri doğal yapılarından ötürü, mevcut röle ve denetim devrelerinde kullanılan duyarlı elektronik devre elemanları için uygun olmayan bir çevre oluştururlar. Bu elemanlar güç dizgesinde oluşan, röle ve denetim devrelerine bağlanan geçici gerilimlere çok duyarlıdır. Güç dizgesinde oluşan geçici gerilim darbelerinin (surge) nedeni yıldırım, anahtarıama olayı ya da kısa devrelerdir. Bu darbeler, denetim devrelerine denetim tablolarıyla elektrostatik ve elektromanyetik bağlanışın (coupling) yapılarak, ölçü trafolarıyla bağlanarak veya trafo merkezi içindeki trafo merkezi ile uzak istasyonlar arasındaki toprak gerilim farklılıklarından ötürü girerler. Kılıfta denetim kablolarının kullanımı, denetim devrelerinin ne ki bu türden geçici gerilimlerin denetiminde etkili bir araçtır. Ölçü trafoları ve uzaktaki iletişim hatları (renü-ie communication Hnei) gibi bazı gerilim darbe kaynakları özel önlemler gerektirir.

SUMMARY

Power Substations are by nature a hostile environment for the precision electronic components not being used in relay and control circuits. These components are highly sensitive to transient voltages which are regenerated in the power system and coupled onto relay and control circuits. The transient voltage surges occurring on the power system are caused by either lightning, switching or short circuits. They enter the control circuits by means of electrostatic and electromagnetic coupling with control cables, by coupling through instrument transformers and by conduction due to ground potential differences between the substation and remote locations. The use of shielded control cables is effective in controlling most transient voltages in control circuits but certain sources of surge voltages such as instrument transformers and remote communication lines require special provisions.

i. GİRİŞ

Aşırı yüksek gerilimde iletimin (ultra high voltage transmission) ve röle ve denetim gereçlerinin pek yaygın olarak kullanıldığı günümüzde, dağıtım merkezi tasarımında geçici gerilim korunması (transient voltage protection) ayrı bir önem taşımaktadır. Üretilip, modern dağıtım merkezlerine yerleştirilen röle ve denetim gereçlerinin elektriksel gürültülü çevrelerde çalışabileceğini doğrulamak için, IEEE Darbeye Karşı Dayanıklılık Yeteneği testi (surge withstand capability test) tasarlanmıştır.

Bu testte kullanılan dalga biçimi Şekil 1'de görülmektedir. Geçici dalga, röle ve denetim aygıtının her bir ucuna, herhangi bir zarara ve yanlış işlem yapmaya neden olmaksızın uygulanmalıdır. Bu test, dağıtım merkez tasarımı yararlı bir kaynaktır. Çünkü söz konusu geçici dalga, röle ve denetim devrelerinde çok rastlanan bir darbe şeklidir ve darbeye karşı korunma önlemlerinin uygulanmasında, darbe büyüklüğü sınırlarını belirlemesini sağlar.

Yüksek gerilim darbesi kaynakları ve onları azaltan veya yokeden aygıtlar, yazının bundan sonraki bölümlerinin konusu olacaktır.

2. GÜÇ DİZGESİ ÜZERİNDEKİ GEÇİCİ GERİLİM KAYNAKLARI

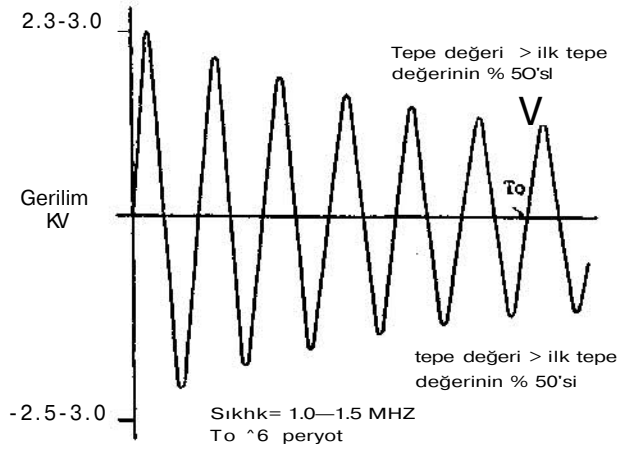
Güç dizgelerinde geçici gerilim ve akımlara neden olan üç temel neden vardır.

1. Yıldırım
2. Anahtarıama
3. Kısa devreler

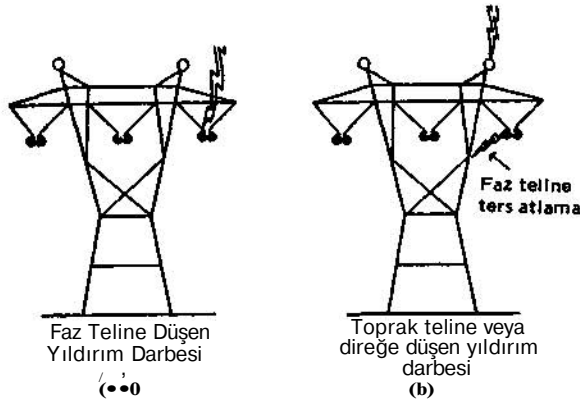
Her üç neden de farklı bir büyüklük ve uygulanma

Serdar BOZKURT.TEK

Albert W. COFFMAN, Pennsylvania Power and Light Company



Şekil 1. Darbeye karşı dayanıklılık yeteneği testi dalga biçimi.



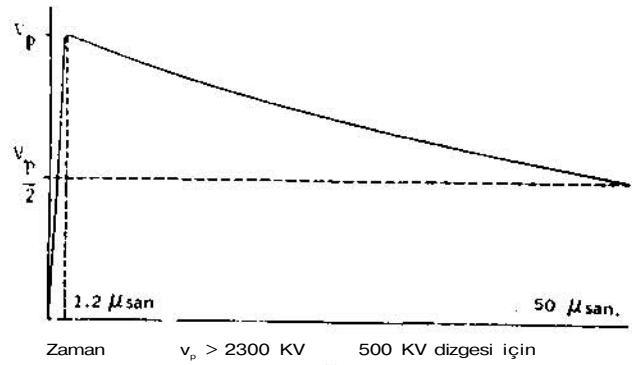
Şekil 2. İletim hattı üzerine düşen yıldırım darbeleri.

süresi özellikleri gösterirler. Bunlar aşağıda ayrıntılı bir şekilde anlatılacaktır.

Yıldırım darbeleri (lightning surges) genellikle Şekil 7 de görüldüğü gibi iletim hattı üzerinde oluşurlar. Yıldırım, arasıra Şekil 2-a'da olduğu gibi, doğrudan bir faz teline düşer. Daha sık olarak ta Şekil 2-b'de olduğu gibi iletim hattı direğine veya toprak (veya yıldırım) teline düşer. Direkteki gerilim, yıldırım darbesindeki akım ve toprak teli ile buna paralel direk toprağının eşdeğer darbe empedansı tarafından bulunur. Bu gerilim, telin yalıtım direncini aştığı zaman uzak bir istasyonda bir trafo yoluyla topraklanmış olan faz teli üzerine bir atlama yapar. Yıldırım darbesi bir kez bir faz teline düştümü (dalga hareketinden ötürü) kilometrelerce ilerler. Kayıplardan ötürü dalga küçülmesi en azdır. Fakat anlık (instantaneous) gerilim artarken korona olayı, dalganın kilometrelerce ilerlemesinden sonra önemli ölçüde düzleşmesine neden olarak, dalga hızını azaltır.

Tipik bir yıldırım darbesi dalga biçimi Şekil 3'de görülmektedir. Böyle bir dalga biçimi, tepe değerine varmak için gerekli zaman ile tepe değerinin yarı değerine düş-

mesi için gerekli zaman tarafından tanımlanır. Şekildeki tepe gerilimi iletim hattının Yalıtım Düzeyi Tabanına (Base Insulation Level) eşittir. Bununla beraber, herhangi bir dağıtım merkezi barasındaki bir noktada uygulanan tepe gerilimi, dalga alınının (wavefront) yükselme oranı ile parafudura olan uzaklığına bağlıdır. Parafudurdaki gerilim 500 kv'luk bir güç dizgesi için darbe atlama gerilimi 1430 kvolan değeri geçmemelidir.

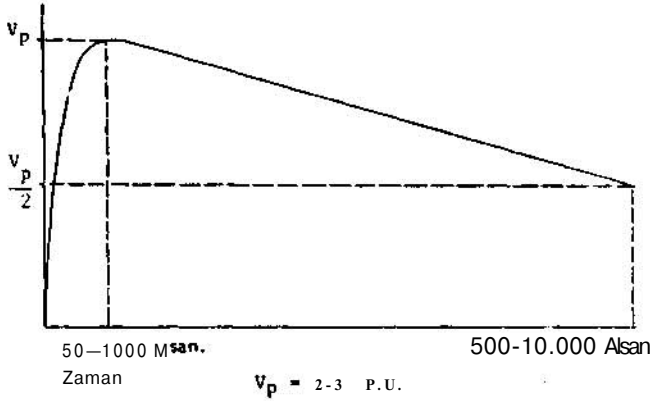


Şekil 3. Tipik bir yıldırım darbesi dalga biçimi.

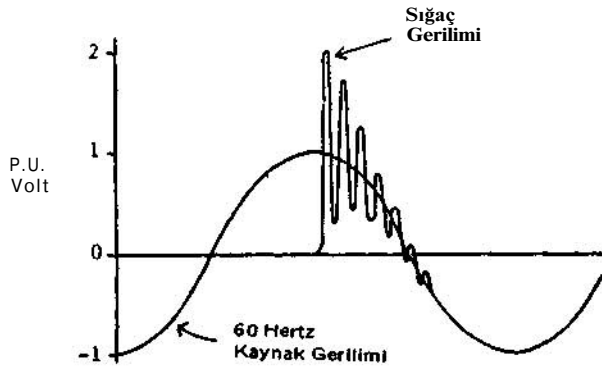
Anahtarlama yoluyla olan darbeler, kesicilerin ve ayırıcıların kapanma veya açılma anlarında oluşurlar. Bunun da nedeni, güç dizgesi donanımındaki elektrik ve elektromanyetik alanlarında biriken enerjinin, dizgeye yeniden dağılmasıdır. Anahtarlama darbesi genellikle, dalga boyu anahtarlama iletim hattının veya bara bölümünün dört katı uzunluğunda olan salımlar şeklinde olur. Bu yüzden anahtarlama darbesinin sıklığı 5 mil (8,5 km) uzunluğundaki bir hat için 10 kHz, 750 m'lik bir bara bölümü için 1 MHz'dir. Bir dağıtım merkezine çeşitli uzunluklarda hat ve bara bölümleri bağlandığı için, anahtarlama darbesinin dalga biçimi genellikle karmaşık bir yapı gösterir. Ancak deneysel amaçlar için Şekil 4'dekine benzer bir dalga biçimi kullanılabilir. Herhangi bir dağıtım merkezi barası üstünde bir noktaya uygulanan anahtarlama darbesi gerilimi tepe değeri, anahtarlama elemanına olan uzaklıkla parafudura olan uzaklığa bağlıdır. Parafudurdaki gerilim, açma kapama anında 500 kv'luk bir güç dizgesi için 1180 kv olan darbe atlama gerilim (switching surge sparkover voltage) değerini geçmemelidir.

Enerji ileme anında bir sığaç üzerindeki gerilim Şekil 5'de görülmektedir. İkinci bir anahtarlama olmazsa tepe gerilim değeri 2 p.u.'yu geçmemelidir. Akım büyüklüğü ve sıklık, sığaç kümesi büyüklüğü ile kaynak ve bara arasındaki endüktans tarafından bulunur. Bu türden bir geçici dalganın sıklık aralığı 200 ile 1000 Hz'dir ve salınım bir peryotun dörtte birinde söner. Uygulamada bu salınım, kaynak gerilimi üzerinde bara ve sığaç gerilimlerinin beraber salınmaya başlamasından önce bir sığacın bara gerilimini sıfıra indirmesinde olduğu gibi kısa, yüksek sıklıkli

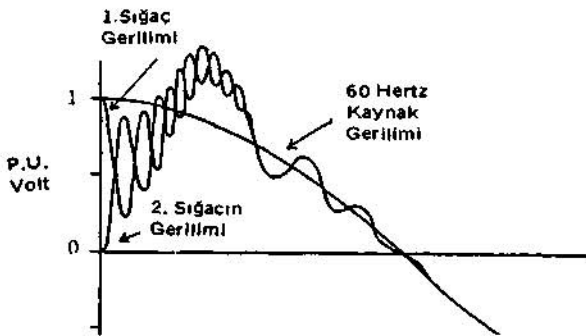
bir salınım tarafından izlenir. Başlangıçtaki geçici dalga-
nın sıklık ve akım büyüklüğü, baranın darbe empedansı
ile fiziksel yapısı tarafından belirlenir. Sıklığı genellikle



Şekil 4. Tipik bir anahtarlama darbesi dalga biçimi.



Şekil 5. Bir sıfıaç kümesinin enerjilenmesi sırasındaki gerilimler.



Şekil 6. Ardarda bağılı sıfıaç kümesinin enerjilenmesi sırasındaki gerilimler.

0.5 - 10 MHz arasındadır. Başlangıçtaki salınım olayı,
Şekil 6'da görülen ard arda bağılı bir sıfıaç kümesinin
anahurlanmasındaki duruma benzer bir şekilde açıklanabilir.
Şekil 6'da iki sıfıaç kümesinin gerilimi dengele-
nirken oluşan yüksek sıklıklı bir salınım görülmektedir.

Bu salınım iki sıfıaç kümesinin gerilimi kaynak gerili-
mine eşitlenirken oluşan düşük sıklıklı bir salınım üzeri-
ne bindirilir. Bu türden, ard arda bağılı sıfıaç kümesinin
anahtarlanmasında oluşan salınımın sıklığı 1000 Hz ile
10000 Hz arasındadır ve 1 ile 2 milisaniye içinde söner.

Dağıtım merkezlerinde diğere bir geçici akım ve gerilim
kaynağı ise kısa devrelerdir. Kısa devre akımı büyüklüğü,
birinci tepe değerinde 45000 amp (RMS) ile 130000
amp (RMS) arasında değişir. Hata akımının DA bileşeni
65000 amp'e kadar değişir ve bir iki periyotta söner.

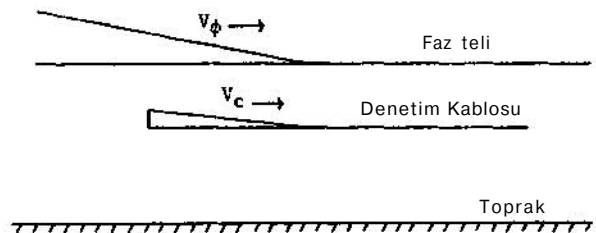
3. GÜÇ DİZGELERİNDEKİ GEÇİCİ DALGALARIN RÖLE VE DENETİM DEVRELERİ İLE BAĞLAŞIMI

Güç dizgelerindeki geçici dalgalar, röle ve denetim devre-
lerine çeşitli yollarla girerler:

- Denetim kablolarıyla darbe bağlaşımı (surge coupl-
ing) yaparak,
- Toprak gerilim farklılıklarıyla,
- Akım trafoları, doğrusal birleştiriciler ve gerilim tra-
folarıyla,
- Denetim kablolarıyla AA bağlaşımı yaparak.

Bu yolların tümü, özellikle kablolarla doğrudan bağlaş-
maya daha önem verilerek bundan sonraki kısımda anlatılacaktır.
Kablolar için bağlaşma faktörünü belirleyen,
öz ve karşılıklı empedansların hesaplanmasında kullanı-
lan denklemler Ek-A'da verilmektedir.

Bir faz teli ile bir denetim kablosu arasındaki en basit
bağlaşma, faz teline paralel (koşut) olarak yönlendiril-
miş topraklanmamış tek bir denetim kablosudur. İki ilet-
kenin durumu ve üstündeki akım ile gerilimin denklemleri
Şekil 7'de görülmektedir. Denetim kablosu üstünde
oluşan gerilim dalgasının nedeni, dizgedeki kabloların uç



$$V_{\phi} = I_{\phi} Z_{\phi} + I_c Z_{\phi c}$$

$$V_c = I_{\phi} Z_{\phi c} + I_c Z_c$$

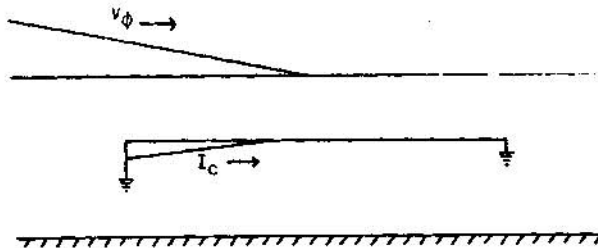
$$V_c = \kappa V_{\phi}$$

$$\kappa = \text{Bağlaşma Faktörü} = \frac{Z_{\phi c}}{Z_{\phi}}$$

Şekil 7. Bir faz teli ile topraklanmamış bir denetim kablosu ara-
sındaki darbe bağlaşımı.

noktalarındaki süreksizliklerdir (discontinuities). Süreksizliklerdeki durum, yani $I_c=0$, denklemlerde yerine konur. Böylece denetim kablosu üstündeki gerilim dalgasının, faz teli üzerindeki gerilim dalgasıyla olan ilgisini gösteren gerilim bağlaşma faktörü (voltage coupling factor), K , bulunur. Denetim kablosunun öbür ucuna varan gerilim dalgası gelen dalga gibi aynı polariteyle yansıtılır. Aynı anda kablonun sonundaki süreksizlikten ötürü, negatif polariteli ters yönde giden eşit bir dalga oluşur. Negatif dalga pozitif dalgaya eşit olduğundan sonuç olarak yansıtılmış bir dalga yaktır.

Eğer bir faz telinin yakınındaki bir iletken, koruyucu bir kılıf ile olabileceği gibi her iki ucundanda topraklanırsa, akım ilişkileri önceki durumdaki gerilim ilişkilerinin bir benzeri olur. Bu yapı, Şekil 7'deki denklemlerin admittans şeklinde tekrar yazılmasıyla Şekil 8'de gösterilmektedir. Bu denklemler, empedans denklemlerine benzer bir şekilde kablonun uç noktalarında $V_c=0$ yerleştirilerek çözülür. SonuçU akım bağlaşma faktörü (current coupling factor) eksi işaretlidir ve çoğunlukla gerilim bağlaşma faktöründen farklı bir büyüklüğe sahiptir. Bunun anlamı şudur: Şekil 8'deki akım dalgası soldan sağa doğru ilerlerken, topraklanmış iletkendeki akımın yönü sağdan soladır. Bu da akla uygun bir sonuçtur. Çünkü topraklanmış iletkendeki akım, faz telindeki akımdan dolayı oluşan akı (flux) değişmesine karşı koyar.



$$I_{\phi} = V_{\phi} Y_{\phi} + V_c Y_{\phi c}$$

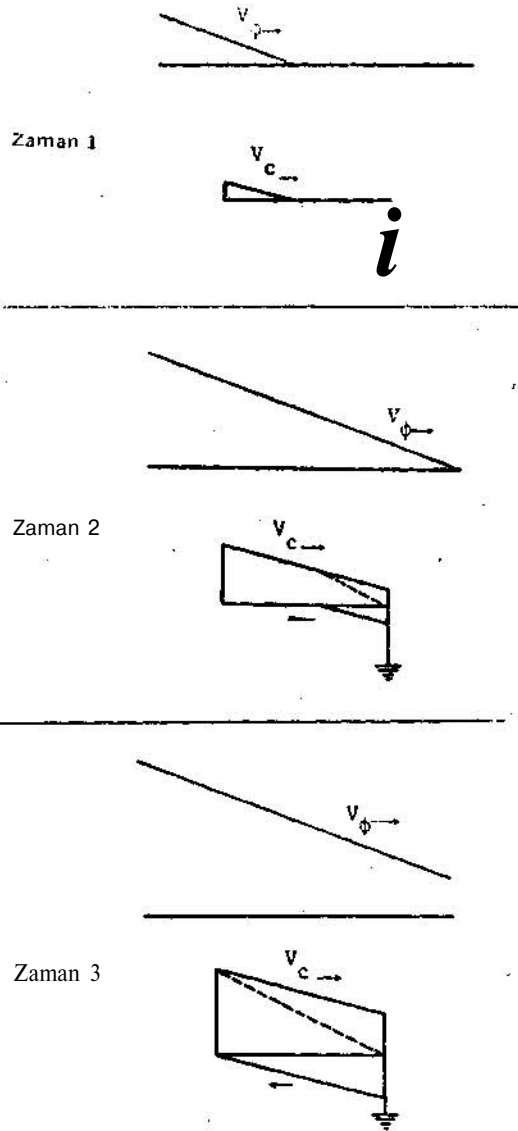
$$I_c = V_{\phi} Y_{\phi c} + V_c Y_c$$

$$I_c = \frac{Y_{\phi c}}{Y_{\phi}} I_{\phi} = -\frac{Z_{\phi c}}{Z_c} I_{\phi}$$

Şekil 8. Bir faz teli ile topraklanmış bir denetim kablosu arasındaki darbe bağlaşımı.

Birçok AA devresinin örneği olabilen bir yapı (iletken yataca bir uçun topraklanmışta) Şekil 9'da görülmektedir. Zaman V de iletkendeki gerilim, iletkenin topraklanmamış olduğu durumdaki gerilimin benzeridir. Dalga kablonun topraklanmamış ucuna vardığı zaman, aynı biçimde ve büyüklükte fakat Zaman 2'de olduğu gibi nega-

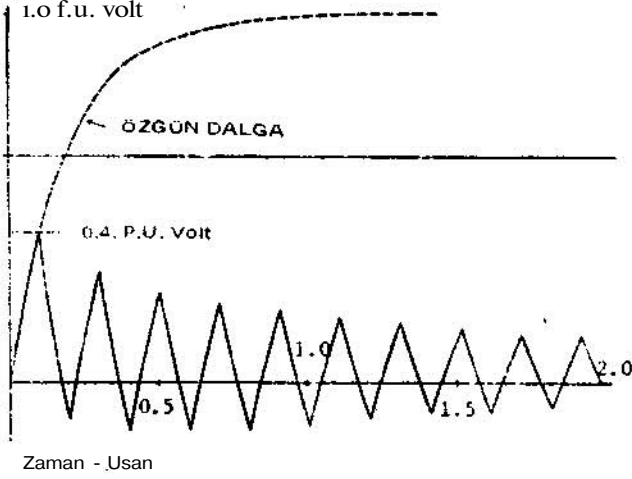
tif polariteyle yansıtılır, iletkendeki gerçek gerilim, şekilde nokta nokta çizgilerle görüldüğü gibi, ileriye ve geriye giden dalgaların toplamıdır. Yansıtılmış dalga Zaman 3'de topraklanmamış uca vardığı anda, polaritesi ve büyüklüğü değişmeden tekrar yansıtılır. Topraklanmamış uçtaki gerilim, başlangıçtaki ileri giden dalga (pozitif polariteli), ters yöne giden dalga (negatif polariteli) ve yansıtılıp ileri giden dalganın (negatif polariteli) toplamına eşittir. İletkenin topraklanmamış ucundaki gerilimin dalga biçimi Şekil 10'da görülmektedir. 0.4 p.u. voltluk ilk tepe değeri Şekil 9'daki Zaman 3'de oluşur. Salını-



vukardaki şekiller-Faz telindeki gerilim
Aşağıdaki şekiller - Denetim kablosundaki gerilim
Gerçek gerilim (kesikli çizgiler) = Giden dalga - Gelen dalga

Şekil 9. Bir faz teli ile bir ucuna topraklanmış denetim kablosu arasındaki darbe bağlaşımı.

mın nedeni iletkenin her iki ucunda oluşan ard arda yansımalarıdır. Salınımın dalga boyu kablonun uzunluğunun dört katı olduğundan, salınım sıklığı kablonun boyu ile bulunur. Salınımın tepeden tepeye genliği, denetim kablosunun boyu ile başlangıçtaki dalganın biçimine bağlıdır. Gerilim dalgasının etrafında salındığı merkez değeri, başlangıçtaki dalganın eğimi ile doğru orantılıdır.



Şekil 10. Bii ucundan topraklanmış bir denetim kablosunun geçici durum davranışı.

Hata akımlarında veya sıgac enerjileme anında oluşan 60 Hz. gibi düşük sıklıklı geçici dalgalarda, dalga boyu denetim kablosunun boyuna kıyasla o denli büyüktür ki, kablonun kendine özgü salınımları görülmez. Denetim kablosunun topraklanmamış ucundaki anlık gerilim, faz telindeki akımın di/dt oranı ile karşılıklı endüktansının çarpımına eşittir. Sinüzoidal bir akım için kablonun ucundaki RMS gerilim, karşılıklı empedans (mutual impedance) ile RMS faz akımının çarpımına eşittir.

Şekil 11 'de faz teli ile denetim kablosu arasındaki üç çeşit alçak sıklıklı bağlaşma görülmektedir. Şekil 11-a'da denetim kablosu topraklanmamıştır ve denetim kablosundaki gerilim, darbe gerilimi bağlaşımında da kullanılan bir değişmez, K, ile faz teli gerilimine bağlıdır. Şekil 11-b'de denetim kablosu her iki uçtan da topraklanmıştır ve denetim kablosunun akımı, faz akımına bir bağlaşma faktörü ile bağlıdır. Bu bağıntı, darbe akımı bağlaşma faktörüne benzerdir fakat aynısı değildir. Buradaki farklılığın nedeni, toprak üstünde giden bir iletkenin sıklık artarken endüktansının azalması olayıdır. Şekil 11-c'de de denetim kablosu yalnızca bir uçta topraklanmıştır ve topraklanmamış uçta irtitlenen gerilim (induced voltage), faz akımı ile karşılıklı empedansa bağlıdır. Bu durumda şu varsayım yapılabilir: Faz akımının dalga boyu denetim kablosunun uzunluğundan daha fazladır. Böylece bu varsayım göre denetim kablosunun karakteristik sıklık salınımı önemini kaybeder.

Güç dizgelerinde oluşan geçici gerilimler. Şekil 12'deol-

$$V_e = K \frac{dI_\phi}{dt} \quad (a)$$

$$V_e = K V_\phi$$

(a)

$$V_\phi = K \sin ut$$

$$I_\phi = I \sin (ut + \theta)$$

$$I_c = \frac{X_{\phi c}}{X_c} I_\phi$$

(b)

$$V_\phi = E \sin ut$$

$$I_\phi = I \sin (ut + \theta)$$

$$V_c = X_{\phi c} I_\phi$$

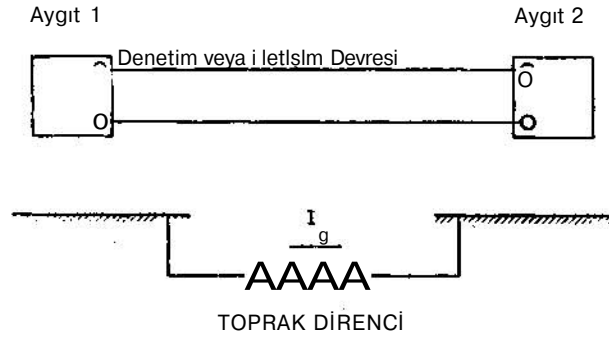
(c)

Üstteki Şekiller - Faz Teli
Altındaki Şekiller - Denetim Kablosu

Şekil 11. Bir faz teli ile bir denetim kablosu arasındaki alçak sıklıklı bağlaşma.

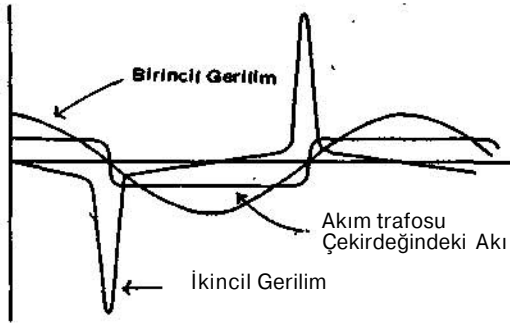
duğu gibi toprak gerilimi farkı yolu ile röle ve denetim gereçleri üzerinde etkirler. Toprak akımı, I_g , bir toprak direnci üzerinden aktığı zaman, Aygıt-1'in yakınındaki toprak gerilimi Aygıt-2'nin yakınındaki toprak geriliminden daha yüksektir. Eğer araçlardan biri topraklanırsa, toplam toprak gerilim farkı diğer aygıtla kendi yerel (local) toprağı arasında oluşur. Eğer her iki aygıt da topraklanırsa, toprak akımının bir kısmı denetim devresi üzerinden akabilir. Uygulamada toprak gerilim farkını kestirmek oldukça güçtür, ancak bu değer iletim hattındaki faz-toprak arası geriliminin büyüklüğüne yakındır. Toprak gerilim farkının, dizgeye giren iletişim devreleri (incoming communication circuits) üzerinde oldukça fazla bir etkisi vardır.

- Akım trafolarının ikincil sargılarında, birincil sargılardaki geçici akımın sonucu olarak yüksek gerilimler oluşur, ikincil sargının yükü indüktif olduğu için, bu gerilim sıklıkla birlikte artarak oldukça yüksek ikincil sargı geril-



Şekil 12. Toprak gerilim artışı.

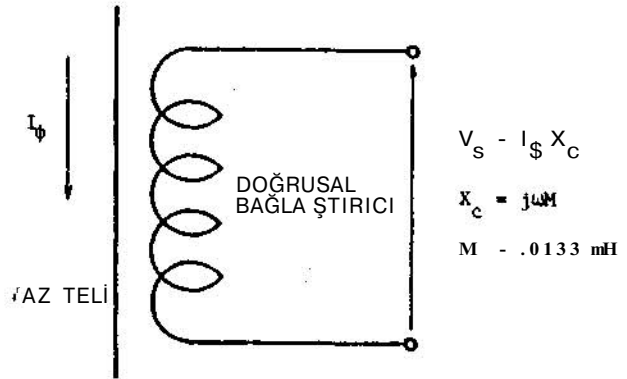
limlerine neden olur. Bir akım trafosu yüksek sıklıklarda doyuma neden olmaksızın, yüksek ikincil sargı gerilimleri üretebilir. Akım trafosu doyuma ulaştığı zaman, Şekil 13'de olduğu gibi yüksek gerilim sıçramaları (spikes) üretebilir. Bu sıçramaların nedeni akım trafosu çekirdeğindeki akımın yönü değiştiği anda, çekirdeğin kısa bir an için doyumdan çıkmasıdır. Bu süre boyunca akım trafosu çekirdeğindeki akımın değişmesi oranı, akım trafosunun doyuma olmadığı andaki akı değişme oranına eşittir. Gerilim sıçramalarının tepesi (peak), akıdaki değişme oranı en çok olduğu anda meydana gelir ve bu tepenin büyüklüğü kuramsal olarak trafonun akım değiştirme oranı ile güç dizgesindeki faz-toprak arası gerilimin tepe değeri'nin çarpımına eşittir.



Şekil 13. Akım trafosu ikincil sarımında oluşan gerilim sıçramaları.

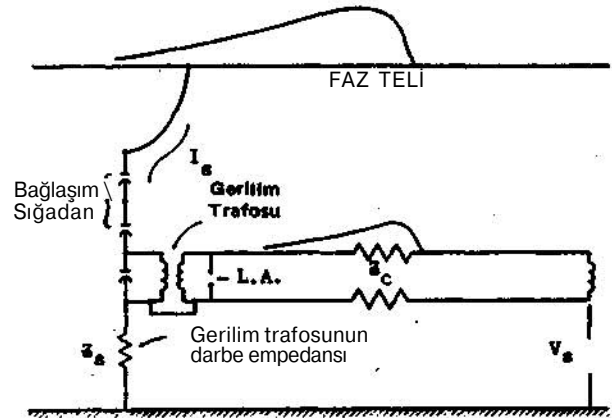
Doğrusal bağlaştırmacılar (linear couplers) darbelerle karşı kısmen duyarlıdır, çünkü bunların çıkış gerilimi Şekil 14'te olduğu gibi sıklıkla doğru orantılıdır. Yüksek sıklıklı geçici bir dalga LC birincil sargısından geçtiği zaman ikincil sargıda oluşan yüksek gerilim doğrusal bağlaştırmacının ikincil çıkışlarının bir veya birkaç yerinde arızaya neden olur. Böylece ikincil sargıda dengesiz bir gerilim oluşur. Bunun sonucunda da röleler hatalı işlem yaparlar. Herhangi bir arıza meydana gelmemiş olsa da yüksek ikincil sargı gerilimi doğrusal bağlaştırmacının sarım oranındaki önemsiz hataları büyütebilir, böylece rölelerin yanlış işlem yapmasına neden olur. Bu olay genellikle

bir sıfıç kümesinin anahtarlanmasındaki davranış ile eşdeğer görülebilir.



Şekil 14. Faz telleri ile doğrusal bağlaştırmacı devreleri arasındaki bağlaşma.

Geçici dalgalar denetim devrelerine Şekil 15'de olduğu gibi, bağlaşma sıfıçlı gerilim trafoları (coupling capacitor potential device) yoluyla da girebilir. Bir akım darbesi, gerilim trafosuna bağlaşım sıfıçı yoluyla girer. Bu durumda geçici akım gerilim trafosunun toprağı ile ikincil uçları arasında bölünür. Bu noktada üretilen gerilim dalgası, birbirine paralel olan iki yolun darbe empedansı tarafından bulunur. Daha sonra bu gerilim dalgası ikincil uçlara doğru hareket eder. Böylece röle ve denetim devrelerine girer. Gerilim trafosundan toprağına doğru giden darbe gerilim dalgası, negatif bir dalga olarak yansıtılır ve bu dalga gerilim trafosuna varır varmaz, darbe gerilimi azalmaya başlar. Bu yüzden bir gerilim trafosu ikinciline giren darbe gerilimi büyüklüğü, gerilim trafosu ile toprak arasındaki uzaklık ile bulunur. Fakat gerilim trafosu toprağı üzerindeki bir taşıyıcı akım boşaltma bobini (carrier current drain coil) yukarıdaki durumu biraz karmaşıklaştırır.



Şekil 15. Faz telleri ile gerilim trafosu devresi arasındaki bağlaşma.

4. DARBE GERİLİMLERİNİ DENETLEME YOLLARI

Denetim devrelerine kablolarla doğrudan veya gerilim trafoları yoluyla bağlaşılarak veya birçok durumda olduğu gibi toprak gerilimi artışı yoluyla giren darbe gerilimleri, her iki uçta kılıfı topraklanmış kabloların kullanılmasıyla en iyi bir şekilde denetlenebilirler. Kılıflı kabloların etkisi Şekil 16'da görülmektedir.

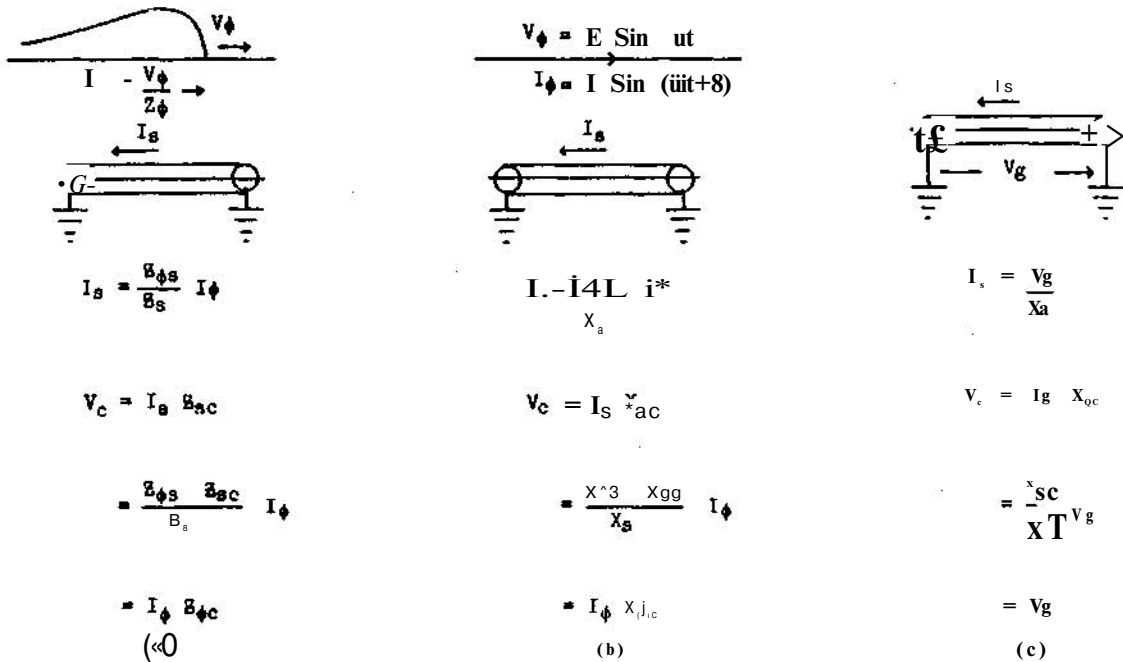
Kılıflı bir kabloların, herhangi bir darbe gerilimine olan tepkisi Şekil 16-a'da gösterilmektedir. Kılıf akımı, faz akımına akım bağlaşma faktörüyle bağlıdır. Kılıf akımı tarafından kablo üzerinde ırgitlenen gerilim, kılıfla kablo arasındaki karşılıklı empedansı (Z^{\wedge}) kullanarak bulunur. Herhangi bir kılıflı koaksiyal kabloda, kılıf ile kablo arasındaki karşılıklı empedans (Z_{sc}), kılıfın öz empedansına (Z_s) eşittir. Aynı zamanda faz teli ile kılıf arasındaki karşılıklı empedans (Z_{0s}) ise faz teli ile kablo arasındaki karşılıklı endüktansa (Z_{0c}) eşittir. Bu değerleri yerine koyduğumuz zaman kılıf akımından ötürü denetim kablosunda ırgitlenen gerilimi, faz akımından ötürü kabloda ırgitlenen gerilime eşit fakat ters işaretli olarak buluruz. Superpozisyon yöntemi kullanılırsa kablo üzerindeki toplam gerilim, kılıf akımından ötürü ırgitlenen gerilim ile faz akımından ötürü ırgitlenen gerilimin toplamına eşittir. Böylece, faz akımından ötürü denetim kablosu üstünde ırgitlenen darbe gerilimi tamamen yok edilmiş olur.

Şekil 16-b, kılıflı bir kabloların, ortamda alçak sıklıkta geçici dalgaların bulunması durumundaki davranışını göstermektedir.

Denetim kablosu üzerindeki gerilimin kılıf tarafından yok edilmesi olayı, darbe gerilimi olayının yok edilmesi gibidir. Yalnızca darbe empedansı yerine reaktanslar kullanılır.

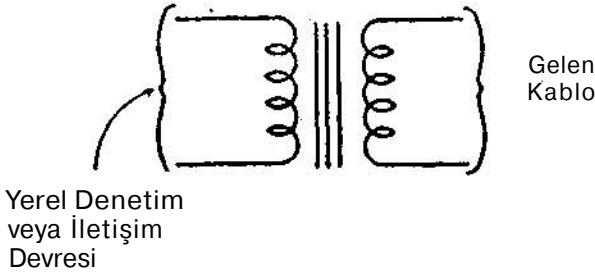
Şekil 16-c'de ise kılıflı bir kabloların, toprak gerilim farkı olan bir ortamdaki davranışını göstermektedir. Kılıf akımı toprak gerilim farkının büyüklüğü ile kılıfın öz empedansı (X_s) tarafından bulunur. Kılıf akımından ötürü kablo üstünde ırgitlenen gerilim, kablo ile kılıf arasındaki empedans (X_{sc}) ile bulunur. Kablo ile kılıf arasındaki karşılıklı empedans (X_{sc}) kılıfın Öz empedansına eşit olduğundan, kılıf akımından ötürü kabloda oluşan gerilim tam olarak toprak gerilim farkına eşittir. Böylece kabloların herhangi bir ucundaki, denetim kablosu (X_s) ile toprak arası gerilimi yok edilir.

Böyle durumlarda kılıfın etkinliği kılıf direnci tarafından azaltılır. Bu direnç darbe gerilimleri için önemsizdir, fakat 60 Hz'lik geçici dalgalar için kılıf oldukça etkisiz yapar. Böyle durumlarda, yakın bir yere yerleştirilen düşük dirençli topraklanmış bir iletken, düşük sıklık girişimine (low frequenc interference) karşı iyi bir koruma yapacaktır. Gerçi yakına yerleştirilen bir iletkenin, dirençsiz kılıflı koaksiyal bir kablo gibi etkili olabileceği fiziksel olarak olanaksızdır, ama yakına yerleştirilen bu iletkenin, kılıfın bir ucundan diğer ucuna olan toprak gerilim farklılıklarını azaltmakta ek bir yararı vardır. Böylece kılıf akımları denetlenir ve kılıfın yanması önlenir. Kılıfın yanması birçok dağıtım merkezinde sorun yaratmasa da, yüksek kapasiteli elektrik üretim ve dağıtım merkezlerinde bu konu göz önüne alınmalıdır.

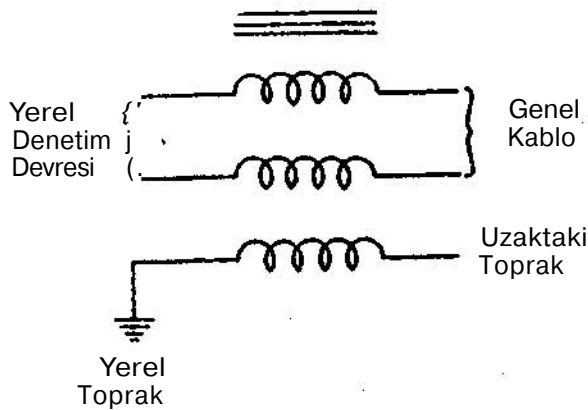


Şekil 16. Topraklanmış, kılıflı koaksiyal kabloların etkisi

Etkisizleştirme veya yalıtma trafoları, uzak istasyonlara giden kablolar üstündeki toprak gerilim farklılıklarına karşı koruma amacıyla sık sık kullanılırlar. (Şekil 17 ve Şekil 18'e bakınız). Etkisizleştirme (neutralizing) trafolarının ortak bir çekirdek üstünde çeşitli sargıları vardır. Gelen her bir hat için bir sargı bulunur ve etkisizleştirme sargısı diye adlandırılan fazladan bir sargı da, uzaktaki toprak ile yerel toprak arasına bağlanır. Etkisizleştirme sargısı, kılıflı koaksiyal kabloda olduğu gibi diğer sargılardaki toprak gerilim farkına eşit bir gerilim oluşturur. Uzaktaki toprağa bağlı hattın, devreye giren diğer hatlar gibi aynı yolu izlemesi önemlidir. Etkisizleştirme trafoları AA veya DA devreleri için kullanılabilirler ve 50 veya 60 sargı bulundurulabilirler. Bu yüzden büyüklüğü, ağırlığı ve maliyeti oldukça fazladır. Genellikle bu trafolar, ikincil üzerine yerleştirilen neon lambası veya karbon olokları gibi tamamlayıcı koruma düzenleri ile kullanılabilirler.



Şekil 17. Etkisizleştirme trafosu.



Şekil 18. Yalıtım trafosu.

Yalıtma trafoları yerel bir devre ile devreye giren kablolar arasında elektriksel yalıtım sağlarlar. Bu trafolar AA

devreleri için kullanılırlar ve her bir trafoda yalnız bir çift tel kullanılabilir. Genellikle bu trafolar da, neon lambaları ve karbon blokları gibi tamamlayıcı koruma düzenleri ile kullanılırlar.

Şekil 19 geçici gerilimleri tutmak için mevcut diğer araçları özetlemektedir. Bunlar yalıtım atlama özelliği olan araçlar (gap breakdown devices), yarı iletken araçlar ve sıklığa duyarlı araçlar olarak sınıflandırılabilirler.

Yalıtım;Atlanma Özelliği Olanlar

Karbon Blok
Ark Boynuzu
Gaz Boşaimalı tüpler.
Neon lambası

Yarı Metkenler

Zener
Thyrite
M.O.V.
Optik Bağlaştırıcı

Sıklığa Duyarlı Olanlar

Şönt Sığaç
Bypass Sığaç
Seri İrgitleç
Etkin ve Edilgin Sü/geç

Şekil 19. Yalıtım araçları.

yalıtım atlama özelliği olan araçlar mevcut akımın tümünü taşıyabilir, fakat bu araçlar düşük tekrarlanabilir darbe atlaması gerilim genliği (low repeatability of sparkover voltage magnitude) özelliği gösterirler ve akım akışını durdurmak için yardımcı kesici araçlar gerektirebilirler. Yalıtım atlaması özelliği olan araçlardan biri olan gaz boşaimalı tüp en duyarlı olanıdır..

Piyasada yarı iletkenlerden yapılan araçların çok çeşidi vardır. Bunlar genellikle zener diyotlar, thyrite'lar veya M.O.V'lar olarak sınıflandırılırlar. Zenerler tek yönlüdürler ve oldukça yüksek empedans ve düşük akım taşıma yeteneği gösterirler. Düşük akım uçuna yeteneği, yüksek sıklıktaki akımda, Zenerin bir sığaçla paralel (bypass) bağlanmasını gerektirir. Thyrite ve M.O.V. ise oldukça yüksek akım taşıma yeteneği olan iki yönlü araçlardır, Thyrite genellikle geçici dalga geçtikten sonra pozitif açma sağlayabilmek için yalıtım atlama belirlenmiş bir aygıt ile seri olarak kullanılır.

Geçici dalgaya karşı diğer bir koruma yolu da optik koplama (optical coupling) ki bu yol bir devrenin her iki kısmı arasında tam bir elektriksel yalıtım sağlar. Bu aygıtlar ya sayısal (digital) bilgi geçiren foto diyotlar, ya da örneksel (analog) bilgi geçiren foto tranzistörler kullanılır.

lar. Ayrıca bu aygıtlar yüksek gerilim yalıtımı sağlayabilmek için ışık boruları (light pipes) ile de kullanılabilirler.

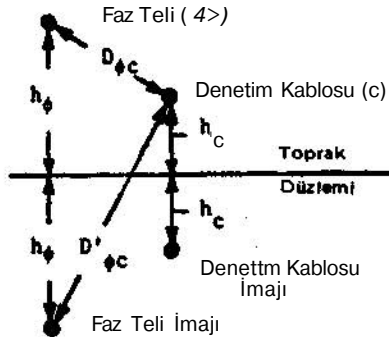
Geçici dalgayı yokeden aygıtların sonucusu ise sıklığa duyarlı olanlardır. Bu aygıtların, en basiti, herhangi bir denetim devresinin terminali ile toprağı arasında yüksek sıklıklı geçici dalgaları süzmek için şönt edilmiş bir sığaçtır. Bu türden aygıtların özel bir çeşidi ise yüksek sıklıklı geçici akımlar için bir zener üzerine paralel bağlı bir sığaçtır. Bazen seri bir bobin geçici akımı tutmak için kullanılır ve genellikle de basit bir süzgeç oluşturmak için bir sığaç ile şönt edilir. Daha ileri düzeydeki etkin ve edilgin süzgeçler (active, passive filters) bazı geçici akım çeşitlerini tutabilmek için yapılırlar. Sıklığa duyarlı tüm aygıtların ortak bir kusuru vardır. O da bağlandıkları devrede faz gecikmesine ve genlik kaybına neden olmalarıdır, fakat bu birçok durumda bir sorun yaratmaz.

4. SONUÇ

Geçici yüksek gerilim dalgaları röle ve denetim gereçlerinde bazı sorunlar yaratmalarına karşın, IEEE'nin Darbeye Karşı Dayanıklılık Yeteneği testi sınırları içinde uygun bir şekilde denetlenebilirler. Bir güç dizgesindeki darbe dalga biçimi ile herhangi bir denetim devresinde irtigtilenen dalga, tam olarak belirlenemezler. Bununla beraber, bu sorunların kaynağını belirlemek ve uygun bir çözüm önermek için oldukça iyi bir yaklaşım yapılabilir. Yüksek gerilim alanı içinde kılıflı denetim kablosu ile dizgeye giren iletişim devreleri arasında yalıtım trafoları kullanarak, bu türden olası birçok geçici dalga sorunları çözülebilir.

EK-A

iletim Hattı Empedansının Bulunması



Kullanılan Terimlerin Tanımı

f = Sıklık, Hz

f = Güçü lli-enç.ohrrvmetre
 D_c = eşdeğer toprak dönme derinliği

$$= 2160 \sqrt{P/f}, \text{ feet}$$

GMR = Geometrik ortalama yarıçap, feet

r = iletkenin yarıçapı, feet

İndüktiv Reaktans

Yer Üstünde Bir İletken İçin

$$X_0 = j0.004657 f \log_{10} (D_c / GMR) \text{ ohm/mil}$$

Sonsuz Toprak Düzlemi Üzerindeki Bir İletken İçin

$$X_0 = j0.004657 f \log_{10} (D_c / r) \text{ ohm/mil}$$

Karşılıklı İndüktif Reaktans

Yer Üstünde İki İletken İçin

$$X_{<pc} = j0.004657 f \log_{10} (D_c / D_c) \text{ ohm/mil}$$

Sonsuz Toprak Düzlemi Üzerindeki İki İletken İçin

$$X_{0c} = j0.004657 f \log_{10} (D_c^2 / D_0c) \text{ ohm/mil}$$

Bir İletkenin Darbe Empedansı

$$Z(p) = 138 \log_{10} (2h_0 / r <f>) \text{ ohm}$$

İki İletkenin Karşılıklı Darbe Empedansı

$$Z <JK = 138 \log_{10} (D_0c / D_0c) \text{ ohm}$$

KAYNAKLAR

1. American National Standards Institute; "Guide for Surge Withstand Capability (SWC) Tests." ANSI C37.90a -1974
2. Bewley, L.V., "Traveling Waves in Transmission Systems." Newyork, Dover Publications, 1971
3. Kauffmann, R.H., and CamiHi, G.; "Over Voltage Protection of Current Transformer Secondary Windings and Associated Circuits." AIEE Transactions, Volume 62 (1943), p.467
4. Kotheimer, W.C; "Theory of Shielding and Grounding of Control Cables to Reduce Surges", Pennsylvania Electric Association Fall Meeting, 5 Ekim 1973.
5. Westinghouse Electric Corporation; "Electrical Transmission and Distribution Reference Book." East Pittsburgh, Pennsylvania: Westinghouse Corporation, 1964.