

ELEKTRİKSEL KISMİ BOŞALMA BÜYÜKLÜKLERİNİN ANALİZİ

Şule EMRE

Özcan KALENDERLİ

İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü
80191 Gümüşsuyu / İSTANBUL

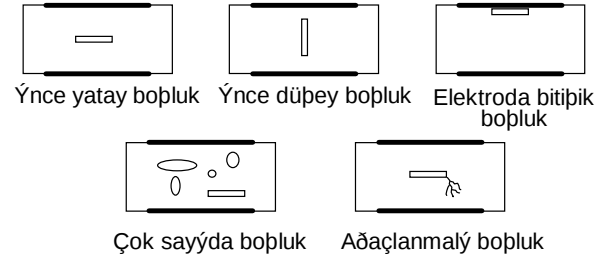
ÖZET:

Son yıllarda kısmi boşalmaların değerlendirilmesine ilişkin çalışmalar gittikçe artan bir önem kazanmıştır. Yalıtkan numuneler içindeki kısmi boşalmaların olduğu boşlukların durumu kısmi boşalma parametrelerinde önemli farklılıklar ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada da kısmi boşalmalar ile ilgili son zamanlarda kullanımı yaygınlaşan istatistiksel büyüklükler tanıtılmış ve boşluk durumu ile bu büyüklükler arasındaki ilişkiler açıklanmıştır.

1. GİRİŞ:

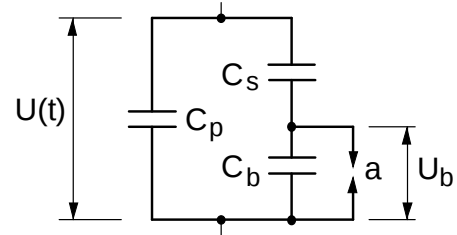
Yıllar geçtikçe kısmi boşalma ölçmeleri, elektriksel yalıtımın kontrolünde vazgeçilmez ölçmelerden olmuştur. Kısmi boşalmalar pekçok durumda yalıtkan ömrünün azalmasına en önemli nedenidir. Bu boşalmalar çoğunlukla gaz dolu boşluklarda meydana gelir, fakat yağ dolu boşluklarda da oluşabilir. Alan şiddetine, malzemenin cinsine ve boşalma genliğine bağlı olarak kısmi boşalmalar malzemeyi zayıf düşürebilirler. Bu zayıflatma, boşluğun iç yüzeyinde malzeme erozyonu ile başlar, boşluk biçimi ve alan dağılımına göre ağaçlanma ile yalıtım arızasına yol açabilir. Bu nedenle, yalıtkan içindeki arıza tipleri arasındaki ilişkinin tanınmasındaki sürekli ilerleme, yalıtkan malzemelerin kalite kontrolünde gittikçe artan önem kazanmaktadır.

Şekil 1'de yalıtkan maddeler içinde karşılaşılan boşluk türlerinden örnekler gösterilmiştir. Bu gibi boşluklardaki kısmi boşalmaların incelenmesi için Şekil 2'de gösterilen eşdeğer devre kullanılmaktadır /1/, /2/. Şekilde



Şekil 1. Boşluklu yalıtkan madde örnekleri.

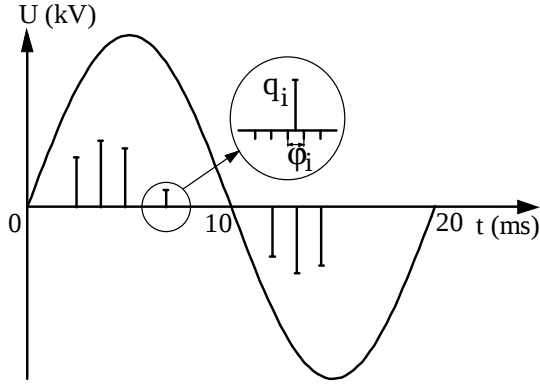
C_b boşluğun kapasitesi, C_p ve C_s de sırasıyla boşluğa paralel ve seri yalıtkan kısımların kapasiteleridir. Genelde bu kapasiteler arasında $C_s \ll C_b \ll C_p$ ilişkisi vardır. Bu devreden yararlanarak kısmi boşalma büyüklüklerine kuramsal karşılıklar bulunmaktadır. Bu çalışmada bu büyüklüklerin istatistiksel tanımları ve açıklamaları verilecektir.



Şekil 2. Kısmi boşalma eşdeğer devresi.

2. KISMİ BOŞALMA BÜYÜKLÜKLERİ

Kısmi boşalmalardaki istatistiksel değişimlerin hem genlikte hem de sıklık, faz gibi büyüklüklerde ortaya çıktığı bilinmektedir. Değişim, kısmen boşalma olayının kendisindeki istatistiksel değişimlerin, kısmen de boşalma yerindeki değişimlerin sonucudur. Boşalma büyüklüklerinin istatistiksel incelenmesinde uygulanan gerilimin şekli faz aralıklarına bölünür. Şekil 3'te gerilim şekli üzerinde boşalma darbeleri ve faz aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 3. Boşalma parametrelerinin gösterilmesi.

Kısmi boşalmaların osiloskop üzerinden, farklı gerilim periyotlarında yapılan gözlemlerinin değerlendirilmesinde her bir faz aralığında üç tanım büyüklüğünü gerektirir /3/:

- 1) Bir faz aralığındaki boşalmaların toplam yükü q_t ,

$$q_t = \sum_{i=1}^n q_i \quad (1)$$

- 2) Bir faz aralığındaki boşalmaların sayısı n (darbe sayısı),

$$n = \sum i \quad i=0, 1 \quad (2)$$

- 3) Bir faz aralığındaki boşalmaların toplam yükünün darbe sayısına oranı olan ortalama yük (ortalama darbe yüksekliği) q_{ort} ,

$$q_{ort} = \frac{q_t}{n} \quad (3)$$

Burada q_i gerilimin bir faz aralığındaki bir yükün genliğini, $i=1$ gerilimin bir faz aralığında boşalma darbesinin var olduğunu, $i=0$ ise gerilimin bir faz aralığında boşalmanın olmadığını göstermektedir.

Bundan başka, zaman eksenini boyunca gözlenen bu büyüklükler, faz açısının işlevi olarak aşağıda açıklanan üç dağılım işlevi ile belirlenebilir:

- i) Faz açısının işlevi olarak her bir faz aralığındaki boşalmaların toplamını gösteren $H_{qt}(\phi)$ boşalma yükü dağılımı.

- ii) Faz açısının işlevi olarak her bir faz aralığındaki boşalmaların sayısını gösteren $H_n(\phi)$ darbe sayısı dağılımı.

- iii) Faz açısının işlevi olarak her bir faz aralığındaki ortalama genliği gösteren $H_{qort}(\phi)$ ortalama darbe yüksekliği dağılımı.

Kısmi boşalmalar gerilimin bir periyodu boyunca, hem pozitif hem de negatif yarı periyotlarında meydana gelebilir: Bu durumda gerilimin her bir yarı periyodunda farklı boşalma büyüklüklerinin gözlenmesi olasıdır. Benzer başlangıç koşulları olan bir durumda gerilimin her bir yarı periyodunda benzer boşalma dağılımlarının olması beklenir. Bu yüzden, $H_{qort}(\phi)$ ve $H_n(\phi)$ dağılım işlevleri yerine genellikle ikiye dağılım işlevi kullanılır. Bu işlevler, gerilimin pozitif yarı periyodu için $H_{qort}^+(\phi)$, $H_n^+(\phi)$ ve gerilimin negatif yarı periyodu için $H_{qort}^-(\phi)$, $H_n^-(\phi)$ dir. Gerilimin her iki yarı periyodunda $H_{qort}^+(\phi)$ ve $H_{qort}^-(\phi)$ dağılımları arasındaki farkları belirtmek için aşağıdaki istatistiksel işlemlerden yararlanılmaktadır:

- 1) Gerilimin pozitif ve negatif yarı periyodundaki ortalama kısmi boşalma yüklerinin oranı olan boşalma simetrisizliği D_s :

$$D_s = \frac{Q_t^- / N^-}{Q_t^+ / N^+} \quad (4)$$

Burada $Q_t^{+/-}$ gerilimin pozitif veya negatif yarı periyodundaki boşalma genliklerinin toplamı, $N^{+/-}$ gerilimin pozitif veya negatif yarı periyodundaki boşalmaların sayısıdır. $D_s=1$ ise her iki yarı periyottaki ortalama boşalma yükleri eşittir, $D_s=0$ ise ortalama boşalma yükleri farklıdır.

- 2) Gerilimin pozitif ve negatif yarı periyodunda kısmi boşalma başlangıç gerilimindeki farkı belirtmek için faz simetrisizliği Φ ,

$$\Phi = \frac{\phi_{başlangıç}^-}{\phi_{başlangıç}^+} \quad (5)$$

Burada $\varphi^{+/-}$ başlangıç, gerilimin pozitif ve negatif yarı periyotlarındaki kısmi boşalma başlangıç fazlarıdır.

3) $H_{qort}^+(\varphi)$ ve $H_{qort}^-(\varphi)$ dağılımları arasındaki farkı değerlendirmek için, ilişki (korelasyon) katsayısı ρ kullanılmaktadır. ρ 'nun hesabında aşağıdaki denklem kullanılır:

$$\rho = \frac{\sum q_{ort}^+ q_{ort}^- - \sum q_{ort}^+ \sum q_{ort}^- / n_\varphi}{\left[\sum (q_{ort}^+)^2 - (\sum q_{ort}^+)^2 / n_\varphi \right] \left[\sum (q_{ort}^-)^2 - (\sum q_{ort}^-)^2 / n_\varphi \right]}^{-1/2} \quad (6)$$

Bu denklemde q_{ort}^+ gerilimin pozitif yarı periyodunda bir faz aralığındaki ortalama boşalma genliğini, q_{ort}^- gerilimin negatif yarı periyodunda q_{ort}^+ 'e karşı gelen faz aralığındaki ortalama boşalma genliğini ve n_φ her bir yarı periyotta faz aralığı sayısını göstermektedir.

ρ 'nun 1'e eşit olması %100 şekil simetrisini ve 0'a eşit olması tamamen simetrisizliği gösterir. Hem D_s hem de Φ tamamen simetrik dağılımlı durumlarda 1'e eşit olacak şekilde ve simetrik dağılımlı olmayan durumlarda 1'den küçük olacak şekilde tanımlanır. Bu yolla çeşitli simetrisizlik büyüklükleri arasında ilişki kurulabilir.

i) Gerilimin pozitif ve negatif periyodunda boşalma şekilleri arasındaki farkları değerlendirmek için değiştirilmiş ilişki katsayısı ρ_d kullanılır. Bu katsayı

$$\rho_d = \Phi D_s \rho \quad (7)$$

olarak tanımlanır.

Tek bir boşalma yerinin varlığı durumunda boşalma parametrelerini normal dağılım ile tanımlamak yeterlidir. Bu nedenle, $H_{qort}(\varphi)$ ve $H_n(\varphi)$ büyüklüklerini değerlendirmek için, normal dağılımda alışılmış olan çeşitli istatistiksel büyüklükler kullanılabilir.

Bu büyüklükler aşağıda belirtilmiştir.

ii) S_k çarpıklık, normal dağılımla ilgili olarak dağılımın simetrisizliğinin göstergesi-dir.

$$S_k = \frac{1}{\sigma^3} \left[\sum (x_i - \mu)^3 P_i \right] \quad (8)$$

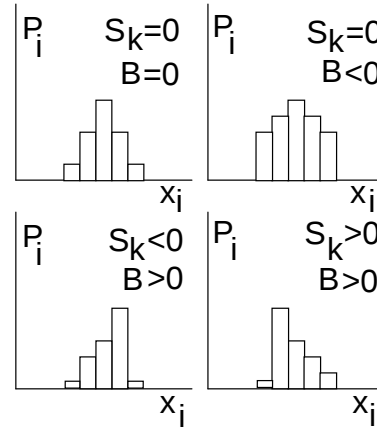
iii) B basıklık, normal dağılımdan sapma için göstergedir.

$$B = \left[\frac{1}{\sigma^4} \sum (x_i - \mu)^4 P_i \right] - 3 \quad (9)$$

Burada x_i bağımsız değişken, P_i x_i 'nin olasılığı, μ dağılımın ortalama değeri ve

$$\sigma^2 = \sum (x_i - \mu)^2 \cdot P_i \quad (10)$$

olmak üzere σ dağılımın standart sapmasıdır.



Şekil 4. Çarpıklık ve basıklık örnekleri.

Bu istatistiksel işlemler, dağılımın şekli için önemlidir. Bunlar $H_{qort}(\varphi)$ ve $H_n(\varphi)$ dağılım işlevlerini daha doğru karakterize etmek için kullanılırlar. Çarpıklık S_k dağılımın simetrisizliğini gösterir. Simetrik bir dağılımda S_k sıfırdır, ortanca değer dağılımın ortalama değerinden küçükse pozitif, ortalama değer ortanca değerden küçükse negatiftir. Basıklık B , dağılımın dikliğini gösterir. B normal dağılım için sıfırdır, normal dağılımdan daha dik dağılımlar için pozitif, normal dağılımdan daha düz olan dağılımlar için negatiftir (Şekil 4) /3/-/6/.

3. SONUÇLAR:

Kısmi boşalmalara ilişkin $H_{qort}(\varphi)$ ve $H_n(\varphi)$ dağılımlarının istatistiksel işlemler yardımıyla incelenmesinde aşağıdaki durumlarla karşılaşılabılır:

- 1) Dar bir boşluk ve ağaçlanmalı bir boşluk durumunda $H_{qort}(\varphi)$ dağılımlarının çarpıklığı S_k 'nin küçük değerleri ile karakterize edilir. Bu değerler sıfır veya negatiftir.
- 2) Ağaçlanmalı bir boşluk ve bir yarı elektrota bitişik boşluk durumunda $H^+_{qort}(\varphi)$ ve $H^-_{qort}(\varphi)$ dağılımları arasında belirgin bir fark vardır. Bu yüzden, değiştirilmiş ilişki katsayısı ρ_d küçüktür, diğer tür durumlarda daha fazla simetri bulunur ve ρ_d daha büyüktür.
- 3) Diğer durumların aksine çok sayıda boşluk ve ağaçlanmalı bir boşluk durumunda, $H_n(\varphi)$ dağılımları şekil olarak benzerlik göstermektedir. Bu dağılımlara ilişkin basıklık B negatif değerlidir.

4. KAYNAKÇA:

- /1/ KREUGER, F. H., Partial Discharge Detection in High-Voltage Equipment, Butterworths, London, 1989.
- /2/ HIKITA, M., YAMADA, K., NAKAMURA, A., MIZUTANI, T., OOHASHI, A., IEDA, M., Measurements of Partial Discharges by Computer and Analysis of Partial Discharge Distribution by the Monte Carlo Method, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.25, No.3, June 1990, pp. 453-468.
- /3/ GULSKI, E., KREUGER, F. H., Computer-aided Analysis of Discharge Patterns, Journal of Physics D, Applied Physics, Vol.23, No.12, Dec. 1990, pp. 1569-1575.

/4/ GULSKI, E., Computer-aided Measurement of Partial Discharges in HV Equipment, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.28, No.6, Dec. 1993, pp. 969-983.

/5/ GULSKI, E., KRIVDA, A., Neural Networks as a Tool for Recognition of Partial Discharges, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.28, No.6, Dec. 1993, pp. 984-1001

/6/ GULSKI, E., KREUGER, F. H., Computer-aided Recognition of Partial Discharge Sources, IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.27, No.1, Feb. 1992, pp. 82-92.



Şule EMRE, 1968 yılında İstanbul'da doğdu. 1986'da İstanbul Erkek Lisesi'nden mezun oldu. 1990'da İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi (EEF), Elektrik Mühendisliği Bölümü'nü bölüm birincisi ve fakülte

ikincisi olarak pekiyi derece ile Ord.Prof. Bedri KARAFAKIOĞLU ödülünü kazanarak bitirdi. 1992'de İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği programından Y.Müh. olarak mezun oldu. EMRE, 1992 yılından beri İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Programında doktora çalışmasını sürdürmekte ve 1991'den beri İTÜ EEF, Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.



Özcan KALENDERLİ, 1956 yılında İstanbul'da doğdu. İTÜ EEF'den 1978 de mühendis, 1980'de yüksek mühendis olarak mezun oldu. 1990'da İTÜ FBE'de doktora çalışmalarını tamamladı. İTÜ EEF

EMB'de 1979-1991 yılları arasında mühendis olarak çalışan KALENDERLİ, 1991'den beri aynı Bölümde yardımcı doçent olarak görev yapmaktadır.