

İzolasyon Muayenelerinde Koronanın Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi { *]

Yazan:
Werner WIDMANN

Çeviren :
O. Zeki DEMİBAY
El. Y. Mühendisi
K. E. İ. M.

ÖZET:

Dielektrikler içinde, bilhassa sim izolasyon maddelerinde hasil olan koronadeşarjlarının sarfedilen «korona - işin tahrip edici tesiri için en uygun büyüklüktür. Katı ve sıvı izolasyon maddelerinin gazla dolu boşluklarında kideşarjlarda ise bu rolü tKorona - yükü oynamaktadır. Objenin klemenslerinde ölçülebilen parazit büyüklüklerde, korona merkezindeki olaya tamamen intibak eden biri ancak güç ölçülmesi ile tesbit edilebilir. Korona akımının veya korona parazit geriliminin ölçülmesi ile tesbit edilemez. Bununla beraber korona akımının ölçülmesi ile benzer şekilde imâl edilen objeler yaşlanma mukavemetleri bakımından mukayese edilebilir.*

Geniş bandlı ve seçici korona akımı ölçü tertibatlarının özellikleri münakaşa edilebilir. Geniş bandlı korona akımı ölçü tertibatlarında, ölçü devresinin ve objenin yapısına göre çok farklı korona impulsları elde edildiğinden, bulunan neticeler seçici ölçü tertibatları ile elde edilen neticelerle karşılaştırılmalıdır, ölçü hassasiyetinin pratikte basit bir şekilde kontrol edilebilmesi için yazar, parazit spektrumu hasil olan ekseri konmalara uya-bilen bir korona pilinin kullanılmasını teklif eder.

Gtış:

Yüksek gerilim cihazlarının dielektrikleri (yalıtkanları) içindeki koronadeşarjları telsiz muhaberelelerini bozucu parazitler yanında, dielektriklerin tedricen hasarlanmasına sebep olmaktadır, izolasyon zayıflaması bakımından korona ölçülmesi alanında son senelerde yapılan araştırmalar henüz kafi neticeye ulaşmamıştır. Bu makale bahis konusu soruların çözümünü için bir tetkik yazısı mahiyetindedir.

Koronanın Sebepleri, Tesirleri ve Korona ölçülmesinin Amacı :

Dielektrikler içinde, ancak çok hassas ölçü tertibatları ile tesbit edilebilen, enerjisi oldukça az kısmîdeşarjlara korona adı verilmektedir. Korona daha ziyade katı veya sıvı dielektriklerin gaz ihtiva eden kısımlarında, keskin elektrot kenarlarında veya dielektriklerin iletken kısımlarında hasil olur ve buralarda küçük arıza yerleri teşekkül eder.

Normal işletme geriliminde de koronadeşarjları hasil olursa, izolasyon maddesi koronanın şiddetine ve koronadeşarjlarına kargı gösterilen mukavemete göre yavaş yavaş veya sür*atle tahrip olur.

Muhtelif izolasyon maddelerinin koronadeşarjlarına karşı gösterdikleri mukavemet tam olarak bilinmemektedir. Bu hususun araştırılması için, "ölçü metoduna, koronanın izolasyon üze-

rine tahrip edici tesirlerine yani korona şiddetine mümkün mertebe bağlı olarak sapacak bir göstergenin ilâve edilmesi şarttır. Bu tertip yalnız radyo parazit gerilimlerinin ölçülmesini değil, koronadeşarjı dolayısıyla telsiz muhaberesinin zarar görme durumunu da kapsamalıdır.

Koronanın Tahrip Edici Tesiri :

Koronadeşarjları dolayısıyla tesirli olan tahribat daha ziyade izolasyon maddesinin molekülleri ile alan içinde hızlanan serbest iyonların çarpışmasından ileri gelmektedir. izolasyon maddesinin tahribatı moleküllerinin parçalanmasına sebep olan darbelerin miktarı ile doğru orantılıdır.

Transformatör yağı içindeki oldukça kuvvetli koronadeşarjlarında diğer gazların tesiri ile yağ ayrışması zuhur eder. Hasil olan gaz miktarı koronadeşarjlarının tahrip edici tesiri için birim olarak kabul edilebilir. Bu durumdadeşarjlar doğrudan doğruya izolasyon maddesi içinde olduklarından ve izolasyon maddesinin gaz ihtiva eden boşlukların da bu husus hemen hemen bahis konusu olmadığından, enerjinin büyük kısmının yağ molekülleri ile iyonların çarpışmasından doğduğu kabul edilebilir. Dolayısıyla tahrip olan izolasyon maddesi miktarı ile sarfedilen korona enerjisi arasında orantı

* Bu makale ETZ mecmuasının 1960 yılı 23. sayısından tercüme edilmiştir.

vardır. Bu orantı kuvvetli arklarda da bahis konusudur. Bilindiği üzere, ark enerjisi kWh başına 75 cm³ gaz teşekkül ettirir.

Bu kriter yağ içindeki oldukça kuvvetli koronadeşarjlarında da doğrudur. Transformatörlerde kısa süreli aşırı gerilimlerde hasıl olan düşük şiddetli koronadeşarjlarında ayrışan gaz miktarı o kadar azdır ki yağ tarafından derhal emilir, yani direkt olarak ölçülemez. Söylenilenlerden anlaşılıyor kideşarjlar esnasında doğrudan doğruya izolasyon maddesi içinde sarfedilen koronaışı, tahrip edici tesir için en uygun büyüklük oluyor.

Fakat, dielektrikler içindeki gazla dolu boşluklarda hasıl olan korononun pratikte çok büyük önemi vardır. Burada gaz içindeki ve iyon bombardımanı ile izolasyon maddesi sathında şekil değiştiren enerji kısmı arasında ki fark ayırt edilmelidir. Bir dielektrik içindeki bütün boşluklarda hareket halinde olan iyonların eşit enerji dağılımına sahip oldukları kabul edilirse, koronanın tahrip edici tesirinin boşluklarda kısa devre olan yüklerle orantı olduğu neticesine varılır.

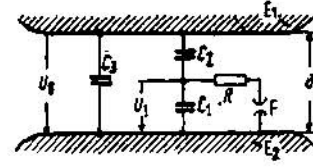
Gaz molekülleri ile iyonların çarpışmasından dolayı boşluklar içinde şekil değiştiren enerji miktarı, doğrudan doğruya tahrip edici tesir gösterecek karakterde değildir. Şüphesiz bu husus dielektriğin ısınmasına sebep olacak ve bu şekilde tehlike arzedecektir. Gaz içindeki korona bu ısınmanın dışında, zararlı ayrışım ürünlerinin hasıl olmasına, dolayısıyla izolasyon maddesinin tedricen kimyasal parçalanmasına sebep olacaktır.

Koronanın izolasyon maddelerini tahrip edici tesirinin artan sıcaklıkla büyüdüğü genel bir hususdur. Bu husus moleküllerin birleşme enerjilerinin sıcaklığa bağıllığından ileri gelmektedir, izolasyon maddelerinin koronadeşarjlarına karşı gösterdikleri mukavemetlerin değerlendirilmesinde bu husus bilhassa nazarı dikkate alınmalıdır.

Korananın Dielektrikler İçinde Hasıl Ettiği Alanlar :

Bir obje içinde pek çok sayıdaki arıza yerinden yalnız bir tanesini gözönüne alalım. Bu durum şekil 1'de gösterilmiştir.

Eğer U_j ateşleme gerilimine erişilirse C₁ arıza yeri kapasitesi (arıza kapasitesi) Fdeşarj yolu üzerinden boşalır. C₂, arıza yerinin E₁ ve E₂ elektrotlarına kuplaj kapasitesi, C₃ ise dielektriğin geri kalan kısmının kapasitesidir. Burada daima C₂ < C₃'dür. İletken kısımlarda veya çıplak elektrotlardakideşarjlarda yüksek özgül dirence elektron direnci de eklendiğindendeşarj tamamen R ark direnci üzerinden olacaktır.



Şekil : 1 — Arızalı kapasitif bir objenin eşdeğer şeması.

Kıvılcım yolu teşekkül etmeksizin elektrotlara U₀ gerilimi tatbik edilirse, şu bağıntı yazılabilir.

$$U_{10} = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot U_0 \quad (D)$$

Ateşleme esnasında U₁ gerilimi ise;

$$T = R (C-L+ CZ) \text{ olmak üzere } U_1 = U_0 \cdot C^{-1} \quad (2)$$

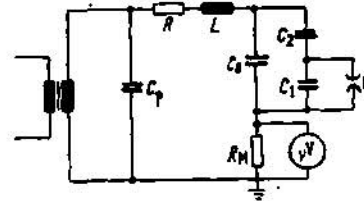
şeklinde dir. Burada basitleştirmek için ark direnci sabit vedeşarjm sönme gerilimi sıfır kabul edilmiştir.

Bu arkın ısı zaman sabiti o kadar küçüktürkideşarjı müteakip derhal deiyonize olur ve C₁ tekrar artan U₀ gerilimi ile yeniden yüklenir ve böylece alternatif akım bahis konusu İken bir periyot içinde arıza yerinde

$$n = \frac{4 \cdot U_0 \cdot C_2}{U_0 \cdot \sqrt{1 - C_2}} \quad (3)$$

adetdeşarj hasıl olacaktır.

T zaman sabiti tam kapasitif objelerde Heintz (1) metoduna göre, parazit gerilimin, objeye seri bağılı bir R_m ölçü direnci üzerinde frekans spektrumunun ölçülmesi ile tayin edilir. (Şekil 2)



Şekil: 2 — Objeye seri bağılı bir R_m ölçü direncinde parazit geriliminin ölçülmesi, Cp : Korona akımının devresini kapadığı paralel kondansatör

Parazit gerilim frekansa bağılı olarak incelenirse, f > 1/T sahasında, artan frekansla sabit bir değer gösterdiği görülür. Bu netice, ancak korona impulsu arıza yerinden ölçü direncine kadar değiştirilmeden iletilebildiği takdirde, yani ölçü devresinin R direnci ve L, indüktivite si kâfi derecede küçük ise elde edilir. Takriben 10-8 sn'lik en küçükdeşarj zaman sabiti küçük gaz habbeciklerinde, meselâ hava içindeki keskin uçlarda [1] veya katı dielektriklerin boşluk-

larında elde edilir. Fakat, yüksek dirençli elektrotlardaki deşarjlarda ve şerarelerdeki gibi uzun deşarj yolları olması halinde -r saha büyük değerler alır.

Her yan dalgadaki impulsların toplam sayısı arıza yeri başına ortalama impuls sayısından maada objedeki arıza yeri sayısına da bağlıdır. Bu husus geniş sınırlar içinde değişmekle beraber, ayrıca kondansatörlerde veya kondansatör geçit izolatorlerinde (buşling) keskin köşeli uzun blendajlar, özel sivrilikler, uzun kablolar veya genel olarak - gaz ihtiva eden katı izolasyon maddelerinin küçük veya büyük volümleri bahis konusudur. Yazı dalgadaki impuls sayısı en azından bir kaç bin mertebesinde değişir.

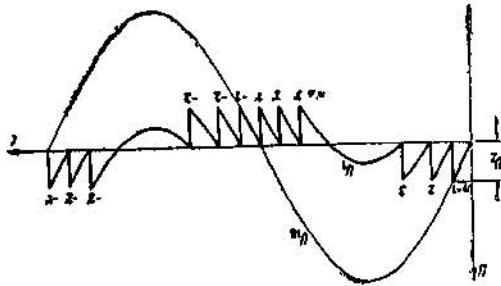
Tara Kapasitif Objelerin Klemenslerinde ölçülebilen Parazit Büyüklükler :

Şekil 1'deki bağlantıda eğer

$$U_0 \geq U_z \frac{C_1 + C_2}{C_2} \quad (4)$$

ise arıza yerinde ilk deşarj teşekkül eder.

Takip eden gerilim yükselmelerinde deşarjların sayısı (3) eşitliğine göre artar; şekil 3 tatbik edilen U_0 geriliminde deşarjların faz durumunu göstermektedir. [2]



Şekil : 3 — Cj parazit kapasitesinde gerilim dağılışı.

Deşarjlarda periyot başına sarf edilen enerji;

$$A_{1n} = n \cdot \frac{1}{2} \cdot (C_1 + C_2) U_z^2 = 2 C_2 U_z U_0 \text{ dir. } (5)$$

C_1 'in her deşarjında, C_2 de, C_2 nin yükünü $Q_2 = C_2 \cdot U_z$ 'e değiştiren bir gerilim hasil olur. Tek bir deşarjda C_2 üzerinden akan enerji

$$a_2 \ll Q_2 \cdot u_0 = C_2 \cdot U_z \cdot u_0 \quad (6)$$

n adet impuls'da ise,

$$a_{2n} = C_2 \cdot U_z \cdot n \cdot U_z \cdot \frac{C_1 + C_2}{C_2} \approx n \cdot C_2 \cdot U_z^2 \quad (7)$$

Buna mukabil gerilimin geri dönüşü esnasında (ters polaritede) n adet impuls'da C_2 üzerindeki

yük, dolayısıyla enerji ters yönlüdür. Bu enerjinin miktarı;

$$a_{1n} \approx (n-1) C_2 U_z^2 \quad (8)$$

Periyot başına C_2 üzerinden sevkedilen toplam iş ise

$$A_2 = \sum_{n=1}^n (a_{1n} + a_{2n}) = 2 \cdot C_2 \cdot U_z \cdot U_0 \quad (9)$$

olacaktır ki, (5) bağıntısına göre deşarjlarda sarf olunan enerjiye eşittir. Gerilim kaynağının kâfi derecede küçük iç dirençli olması halinde $Q_2 = C_2 \cdot U_z$ yükü derhal tekrar C_2 üzerinden iade edilecektir. Dolayısıyla sarf edilen korona işi, objenin klemenslerinde direkt olarak ölçülebilir. Meselâ, bobinlerinden birine U_0 gerilimi, diğerine kuvvetlendirilmiş korona akımı tatbik edilen bir wattmetre ile [3]

C_j arıza yerinde periyodik parazit yükler kısa impulslar şeklinde kompanze edilir :

$$Q_2 = n (C_1 + C_2) U_z = 4 \cdot C_2 \cdot N_0 \quad (10)$$

Buna mukabil C_2 üzerinden ve dolayısıyla objenin klemenslerinden de korona yükü akar.

$$Q_2 = n C_2 \cdot U_z = 4 \cdot \frac{C_2^2}{C_1 + C_2} \cdot U_0 \approx 4 \cdot \frac{C_2^2}{C_1} \cdot U_0 \quad (11)$$

Klemenslerde ölçülebilen korona yükünün, C_2 içinde kompanze edilen (kısa devre olan) parazit yüke oranı ise,

$$Q_2/Q_0 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \approx \frac{C_2}{C_1} \text{ dır} \quad (12)$$

Fakat obje gerilim kaynağına karşı kâfi derecede dekopple edilmişse, objenin klemensleri arasında C_1 'in deşarjı esnasında

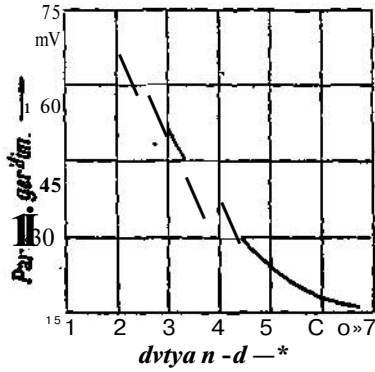
$$A U_0 = \frac{C_2 \cdot U_z}{C_2 + C_3} \cdot \frac{C_2}{C_3} \cdot U_z \quad (13)$$

değerinde bir gerilim sıçraması hasil olur.

Homogen alanda belirli büyüklükte bir C_x parazit kapasitesi bulunursa, bahis konusu C_2 kuplaj kapasitesi, d elektrot açıklığı ile takriben ters orantılı olarak kabul edilebilir. Dolayısıyla (11) eşitliği, değişken elektrot açıklıklarında fakat sabit E alan şiddetinde şu şekli alır.

$$Q_2 = 4 \cdot \frac{C_2^2}{C_1} \cdot U_0 = K \cdot \frac{E}{d} \quad (14)$$

O halde klemenslerde ölçülebilen korona akımı elektrot açıklığının artması ile azalmakta, yani benzer şekilde imal edilen ve zorlanan cihazlarda dahi artan nominal gerilimle küçülmektedir. Şekil 4, şekil 2'deki R_m direncinde Q_x parazit yük sabit iken ölçülen korona parazit gerilimini d elektrot açıklığına bağlı olarak göstermektedir.



Şekil : 4 — Anza yerine korona şiddeti sabit iken d elektrot açıklığına bağlı olarak, şekil 16'daki tertibe göre korona pili ile ölçülen korona parazit gerilimi, Schwaiger'e göre faydalanma derecesi.

• • Homogen alanlarda d yerine j.d alınır; rç Schwaiger'e göre faydalanma derecesidir. Burada şekil 16'e göre anza yerini temsilen bir elektrot içine bir korona pili yerleştirilmiştir; ölçme gerdg bandlı bir korona ölçü tertibatı ile yapılacaktır.

C₃ kondansatörü eşit kapasiteli seri bağlı p adet kondansatörden teşekkül ediyorsa, C₂ kuplaj kapasitesi, ve C₁ arıza kapasitesi ile C₃'ün klemenslerinde;

$$\Delta Q_0 = \frac{C_2}{P} \cdot U_z \approx \frac{C_2 \cdot C_1}{P^2 \cdot C_1}; \quad (15)$$

$$\Delta U_0 = \frac{C_2 \cdot U_z}{P \cdot C_3} \approx \frac{C_2 \cdot U_0}{P^2 \cdot C_1 \cdot C_3} \quad (16)$$

hasıl olacaktır, ölçü hassasiyeti burada da, yüksek gerilim ile toprak klemensleri arasındaki toplam aralıklı ters orantılıdır.

Pratikte ekseriya C_j ve C₂ bilinmediğinden Q_a'nın hesaplanması için Q₂ ve iU₀'m ölçülmesi mümkün olamamaktadır. Q₂ ve AU₀'a ilâveten ayrıca n impuls sayısı da bilinmemektedir.

Bu durumda anza yeniden artan impuls sayısı ve i₂ = Q₂/T korona akımının T periyodu ile gittikçe artan bir reaktif akımı hasıl olacağı hususu dikkate alınmalıdır. (5) ve (11) eşitliğine göre;

$$\cos \delta_k = \frac{A_1}{U_0 \cdot C_2} \approx \frac{1}{2} \frac{C_2 \cdot U_z}{C_2 \cdot U_0} \quad (17)$$

yazılabilir. Cos δ_k nazan İtibara alınmaksızın, Q₂ veya I₂'den korona işi veya gücü tam olarak hesaplanamaz.

Objenin klemenslerinde koronaya sebep olan büyüklüklerden vraftmetrik olarak veya Schering köprüsü ile ölçülebilen A₁, Q₂ veya I₂=Q₂/T, AU₀ ve n'den tayin edilen A₁ korona İşinin veya

A_j/T korona gücünün anza yerindeki olaya mutlaka tamamen uygun olmasına dikkat edilmelidir. Güç ölçülmesi oldukça basit olmakla beraber, bugün ekseriya sadece I₂ veya AU₀ ölçülmektedir. Bu büyüklüklerden, gerekli tecrübeleri yapılmış olan benzer objelerde imalat muayeneleri için koronanın değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Korona akımının en doğru şekilde ölçülmesi aşağıda izah edilmeye çalışılacaktır.

öz Rezonanslı Objelerin Klemenslerinde ölçülebilen Parazit Büyüklükler :

Üzerinde parazit akımın dengelendiği bir şebeke teşkil eden akün devresi ekseriya öz rezonansın bir kaç katma sahiptir, önce en basit durum olan rezonans yerinin tek olması hali incelenecektir. Kondansatörde her parazit impulsu için gerilim;

$$u_0 \ll A U_0 \cdot e^{-t/T_2} \cos \omega t \quad (18)$$

ye parazit akım

$$i_2 = \frac{\Delta U_0}{WL} \cdot e^{-t/T_2} \sin \omega t. \quad (19)$$

değerini alacaktır. Burada

$$T_2 = \frac{L}{R + R_M} \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f \text{ ve}$$

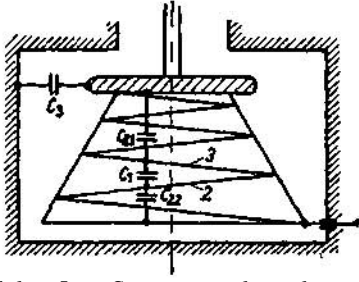
$$A U_0 = \frac{Q_2}{C_0} \text{ dür.}$$

Q₂ korona yükü ölçü devresinden amortisman derecesine göre az veya çok akacak, dolayısıyla bütün pozitif ve negatif -yan dalgalarda aynı yönde

$$Q_{g1} = 4 \cdot A U_0 \cdot C_2 \cdot T_2 \cdot f = 4 \cdot Q_2 \cdot T_2 \cdot f \quad (20)$$

yükü ölçülecektir. Son yazılan ifade zayıf amortisman halinde Q₂'nin bir kaç katı mertebesinde olabilecektir. O'halde Q_{g1} 'yi ölçen cihazlarda, aynı Q_x parazit yüküne fakat farklı amortismanına sahip iki muhtelif objede farklı değerler elde edilecektir Q₂ korona yükü ancak fi. dt'nin işareti veren (integral alan), yani yüksek frekanslı dengelenme titreşimlerinin pozitif ve negatif yarı dalfalannın farkını teşkil eden ölçü metodları ile ölçülebilir. Bu tip ölçü metodları mesela, vibrasyon galvanometren Schering köprüsü veya uygun bir integrasyon elemanlı geniş bandlı korona akımı ölçü tertibatı ve keza akort frekansı çok küçük olan («f) seçici ölçü aleti ile uygulanabilir. Fakat ekseriya R_M de elde edilen korona parazit gerilimi okadar küçüktür ki hassasiyetin artırılması icab eder. Bununla beraber kantitatif ölçmelerde uygun bir etalonaj şarttır.

Dahili koronanın teşekkül ettiği yüksek gerilim sargılarının klemenslerinde ölçülebilen parazit büyüklükler bilhassa enteresandır. Önce şe-



Şekil: 5 — Sargısı arızalı gerilim trafosu.

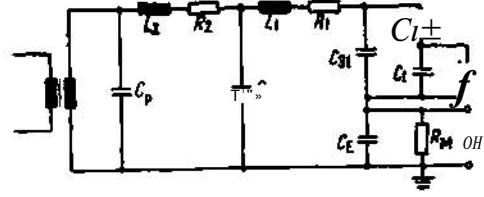
kil 5'de gösterilen bir gerilim trafosunun sargısını tetkik edelim.

Cj noktasında korona hasil olunca, komşu 2 ve 3 tabakaları arasındaki gerilim düşer. Tam lineer olmayan gerilim dağılımından dolayı, darbe gerilimleri ile zorlanmadaki geçici rejime benzer şekilde sargı boyunca oldukça küçük genlikli bir geçici rejim, teşekkül eder. Gerilim trafolarında ve ekseri trafolarında dahi bu geçici rejim genellikle çok düşük frekanslı olduğundan geniş bantlı ölçü tertibatlarında kullanılan yüksek geçiren filtrelerden geçemez ve hatta birkaç MHz'e akord edilen seçici korona ölçü tertibatlarında bile herhangi bir sapma elde edilemez. Bu gibi durumlarda ancak C₂₁ ve C₂₂ kuplaj kapasiteleri ile Cj arıza kapasitesinden doğrudan doğruya toprak veya yüksek gerilim elektroduna akan yüksek frekanslı korona yükü ölçülebilir. Korona akımı ölçülmesinde ölçü hassasiyeti için kondansatörlerde olduğu gibi, yüksek gerilim ve toprak elektrotları arasındaki C₂₁ ve C₂₂ kuplaj kapasiteleri esas alınır. Dolayısıyla akım ve gerilim trafolarında eğer kleranslar ve dielektrik sabiteleri bir birine yakın değerlerde ise, aynı ölçü hassasiyeti elde edilir.

Transformatörlerde kleranslar ekseriya çok farklıdır. Bundan başka arıza yerinin durumuna göre, arıza yeri ile klemensler arasında çok büyük indüktivteler, meselâ sargı başlan, bulunabilir. Bu şartlar altında klemenslerde ölçülebilen parazit büyüklükler ancak, muhtelif kritik sargı kısımlarına akuple edilen korona pilleri ile ölçü hassasiyeti artırıldığı takdirde faydalı olabilirler. Fakat yüksek gerilim muayenesi yapılırken transformatörde korona hasil olursa koronanın teşekkül ettiği yerin tesbit problemi ile karşılaşılır. Korona ölçmelerinde arıza yerinin tesbiti için kullanışlı ve pratik bir metod bugün için henüz geliştirilememiştir. Bu bakımdan hasil olan koronanın sıhhatli bir şekilde değerlendirilmesi de mümkün değildir.

Toplam ölçül Devresi :

Objenin toprak hattından akan korona akımının ölçülmesini misal alalım. (Şekil 6)



Şekil : 6 — Ayrı ayrı topraklanmış C₃₁ ve C₃₂ kapasitelerini ihtiva eden bir objede ölçü devresi.

Objenin toplam kapasitesi C₃, korona deşarjının hasil olduğu ve R_M üzerinden topraklanan C₃₁ kapasitesi ile direkt topraklanmış koronasız C₃₂ kapasitesinden ibarettir. Burada Cp + C₃₂ » C₃₁ ve CE, L₁, L₂, R₁, R₂ = 0 kabulün yapılabilir. Ayrıca muayene transformatörü çok kısa süreli geçici rejim esnasında yüklenmemektedir. Bu şartlar altında zaman sabiteli C, kapasitesinin deşarjında R_M deki gerilim dağılışı denklem (2) ye göre şöyledir.

$$U_M = U_Z \frac{C_2}{C_{31} + C_{32}} \cdot (e^{-t/R_M - C_{31}} - e^{-t/\tau}) \quad (21)$$

$\tau \ll R_M \cdot C_{31}$ ise R_M üzerinde U_M = U_Z C₂/C₃₁ değerinde olan kısa süreli bir gerilim hasil olur. R_M üzerinden akan AQ_M yükü Cp ve C₃₂ deki yüklere eşittir. Yani,

$$AQ_M = \Delta Q_P + \Delta Q_{32} = \frac{U_Z \cdot C_2}{C_{31} + C_{32} + C_P} \quad (22)$$

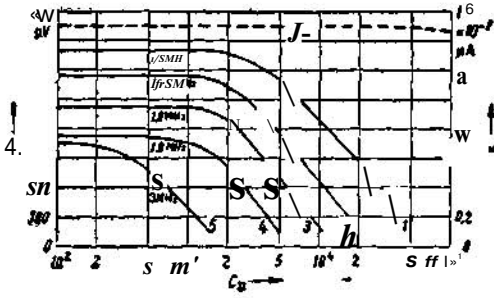
C_P ve C₃₂ ise şu yükleri ihtiva etmektedir.

$$\Delta Q_P = \frac{U_Z \cdot C_3}{C_j + C_{32} + C_P} \cdot C_P \quad (23)$$

$$\Delta Q_{32} = \frac{U_Z \cdot C_2}{C_{31} + C_{32} + C_P} \cdot C_{32} \quad (24)$$

C_P + C₃₂ » C₃₁ ise (22) eşitliğine göre R_M üzerinden Q₂ = U_Z · C₂ değerindeki bütün korona yükü akar. Yeterli bir ölçü hassasiyetine erişilebilmesi için bu şartın olması icab eder.

C_P + C₃₂ » C₃₁ olması halinde (21) ve (22) eşitliklerine göre C₃'ün büyüklüğünün R_M de hasil olan gerilim sıçramasının yüksekliğine tesir edeceği, fakat R_M üzerinden akan toplam korona yüküne tesir etmeyeceği unutulmamalıdır. C₃₁ dolayısıyla akım impulsu bir hayli yassılaşacaktır. Bu husus geniş bantlı korona ölçü tertibatlarında göstergeye tesir etmez, fakat seçici ölçmelerde tesirlidir. Sabit korona şiddetinde C₃₁ obje kapasitesinin tesiri şekil 7 de açıkça görülmektedir. Şekildeki eğrilerin elde edilmesinde; korona. Şekil 15 de gösterilen, C₃₁ ile paralel bağlanan korona pili ile meydana getirilmiştir. C_P + C₃₂



Şekil: 7 — Korona akımının seçici ve geniş bantlı olarak ölçülmesinde C_{31} obje kapasitesinin sapma üzerine tesiri. 1 ilâ 5 No. lu eğriler üzerinde yazılı frekanslar seçici ölçmedeki akort frekanslarıdır. 6 No. lu eğri geniş bantlı ölçmeye aittir.
1 ilâ 5 No. lu eğriler : korona gerilimi (seçici ölçme) 6 No. lu eğri : korona akımı (geniş bantlı ölçme)

sabit ve $0,5 \cdot F^*$ a egl alınmıştır. Görülüyorki seçici ölçmede, geniş bantlı ölçmenin aksine gösterge C_{31} 'in artan değeri ile çok seri olarak düşmektedir. (Akort frekansı ne kadar yüksekse, düşme o kadar önce ve şiddetli olmaktadır.) Çok büyük obje kapasitelerinde korona akımının ölçülmesi şüphesiz geniş bantlı ölçme metodu ile bile güçlük arzettiğindedir, zira R_M 'den alınan U_M gerilimi büyük bir yaklaşıklıkla kuvvetlendiricinin (amplifikatör) öz parazit gerilimine yakın değerlerde olmaktadır.

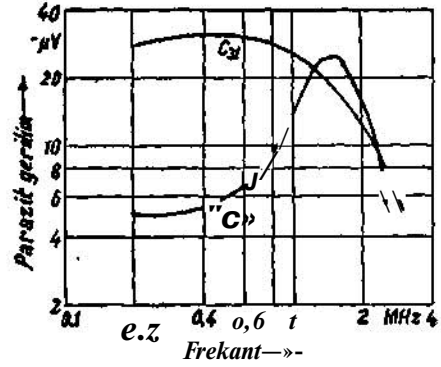
$C_p \gg C_{32}$ ise C_{32} üzerinden pratikman yük akmaz. Eğer arıza yerlerinden akan korona akımları ayrı ayrı ölçülecekse ve C_p kâfi derecede büyükse, birbirinden İzole edilmiş toprak elektrotu objelerde arıza yerleri sınırlandırılabilir. Fakat bu durumda devre indüktivitesi ve dirençleri dikkate alınmalıdır. Zira $C_p > C_{32}$ olmasına rağmen C_{32} üzerinden Önce bir dengeleme akımı akar, yani;

$$1/\sqrt{L_2(C_{s1} + C_{32})} < 1/\sqrt{L_1 C_{31}} \text{ dir.}$$

C_{32} kısa süreli yükü C_{31} 'e verir, fakat bu yük derhal C_p 'den C_{32} 'ye iade edilir. Bu durumda C_{32} 'nin toprak hattında korona akımları seçici cihazlarla ölçülecekse, deşarj ve şarj akım darbeleri ölçü cihazının kâfi derece küçük akort frekanslarında tesirsiz bırakılır, böylece ibre sıfırda kalır.

Korona akımlarının frekans spektrumu C_{31} ve C_{32} toprak hatlarında seçici HP-voltmetresi ile ölçülürse şekil 8'deki eğriler elde edilir. Bu eğrilerden arıza yeri tesbit edilebilir.

C_{31} obje kapasitesi çok büyük olduğu takdirde C_p paralel kondansatör büyük olacağından gerekli obje gücü bir- Hayli artacak, ayrıca, $L^$ ve L_2 istenildiği kadar küçültülemeyeceğinden R_M üzerinden akan korona akımları oldukça düşük frekanslı olacaktır. Bu gibi durumlarda en uygun



Şekil: 8 — Sepici ölçmede akort frekansına bağlı olarak C_{31} (arızalı) C_{32} (anzasız)'nin toprak hatlarında korona parazit gerilimi.

yol C_p 'den vazgeçerek objenin toprak hattında değil, bilâkis objeye paralel bağlanan bir kuplaj kondansatörü üzerinden ölçme yapmaktır. [4]

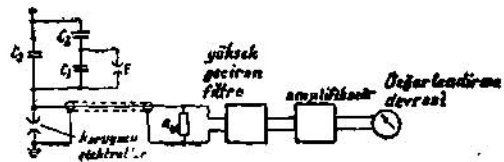
Korona Gücünü ölçme Tertibatları:

Korona gücünün ölçülmesinde kullanılan cihaz ekseriya Schering köprüsüdür. Schering köprüsü çok kuvvetli koronaya sahip olan objelerde (meselâ sert kâğıttan mamul kondansatör geçitlerinde, yüksek gerilim generatörlerinin oluk izolasyonlarında) gayet İyi neticeler vermektedir. İletkenlik kayıplarının korona kayıplarından ayrılması Baumann (5) veya Gelez (6) tarafından tadil edilen Schering köprüsü ile mümkündür.

Korona seviyesi oldukça düşük objelerde ise korona kayıpları, aynı zamanda ölçülen iletkenlik kayıplarından ekseriya ayrılamaz. Bu gibi durumlarda yüksek frekanslı korona akımı, yüksek geçiren filtre ile şebeke frekansındaki akımdan ayrılır ve kuvvetlendirilerek bir wattmetreye verilir. Bu wattmetreye aynı zamanda objeye tatbik edilen gerilimde bağlanır. Böyle bir tertip Veverka [3] tarafından geliştirilmiştir. Filtreli bağlantılarda, korona akımının daima mevcut olan şebeke frekansındaki bileşeninin de bertaraf edileceği hususuna dikkat edilmelidir.

Geniş Bantlı Korona Akımı ölçme Tertibatları :

Şekil 9 geniş bantlı bir korona akımı ölçme tertibatının blok şemasını göstermektedir.



Şekil 9 — Geniş bantlı bir korona akımı ölçü tertibatının blok şeması.

Objenin toprak hattına bağlanan kuplaj dört uçlusu, bir R_M ölçü direncini ve toprak akımı

nın şebeke frekansındaki kısmını süzen bir yüksek geçiren filtreyi ihtiva etmektedir. Düşük frekanslı korona akımları tayin edilecekse, filtrenin alt sınır frekansı, şebekenin yüksek harmonikleri bakımından, yüksek tutulmamalıdır; bu frekans için pratik bir değer takriben 10 KHz'dir. Filtrenin üst sınır frekansı 5 MHz'in altında olmamalıdır. Bağlanan geniş bantlı kuvvetlendirici icabında bu frekans sahası için seçilmelidir.

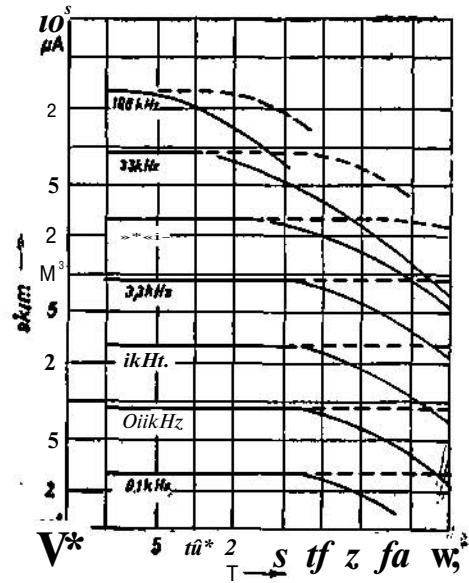
Kuvvetlendiricinin öz prizit seviyesini aşan korona impulslarını ölçebilmek için ölçü hassasiyetinin artırılması bakımından R_M ölçü direnci mümkün mertebe büyük seçilmelidir. Sınırlar herşeyden önce önlenemeyen ve R_M 'e paralel bağlanan toprak kapasitesine bağlıdır. R_M için uygun bir değer takriben 3 k Ω 'dur. Eğer uzun ölçü hatlarının kullanılması gerekiyorsa, görülürki; korona akımı aritmetik ortalamasının geniş bantlı ölçme tertibatlarıyla ölçülmesinde, R_M ölçü direncinin kablunun Z dalga direncine (karakteristik empedans) tam uygunluğu gerekli değildir.

Korona akımı aritmetik ortalamasının ölçülmesinde kuvvetlendirici çıkışına redresör üzerinden bir döner bobinle ölçü aleti bağlanır. Saniyedeki impuls sayısı (10^2 ilâ 10^5 sn $^{-1}$), impuls genişliği (10^{-7} ilâ 1(M sn), keza impuls yüksekliği geniş sahalarda içinde salladığı takdirde, kâfi derecede bir hassasiyet temin edilebilmesi için kuvvetlendiricide ve değerlendirme devresinde tedbirler alınmalıdır. Şekil 10, geniş bantlı bir korona akımı ölçü tertibatının, Şekil 14'e göre meydana getirilen impulslarda, impuls sayısı (10^2 ilâ 10^5 sn $^{-1}$) ve impuls şekline ($U_2=K.e^{-t}/\tau$; $\tau=10^{-7}$ ilâ 10^{-8} sn) bağlı olarak sapmalarını göstermektedir. Her bir impulsun yükü bütün zaman sabiteleri için değişmez, yani $K \cdot \tau = \text{sabittir}$, dolayısıyla her bir impulsun genliği de 10^3 faktörü ile değişir.

Şekil 10'dan görüldüğü gibi sapma impuls şekline oldukça bağımsız ve impuls frekansı ile hemen hemen doğru orantılıdır.

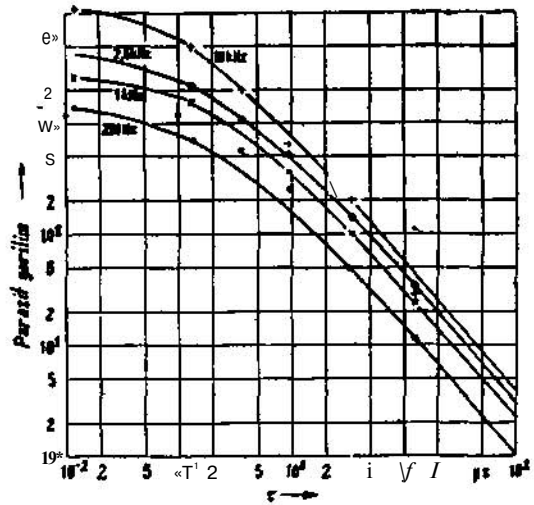
Seçici Korona Akımı Ölçü Tertibatı :

Bu ölçü tertibatında, akort frekansı şebekenin en yüksek harmoniklerinin bir hayli üzerinde olan seçici bir kuvvetlendirici kullanılır, böylece özel bir yüksek geçiren filtre ve mahzurları bertaraf edilmiş olur. Alet mutad olarak 1,9 MHz'lik bir frekansla çalışır ve VDE 0876 «Radyo parazitleri ölçü aletlerine ait talimatname» ye göre 9 KHz'lik band genişliği öngörülmüştür. Bu talimatnamede ayrıca değerlendirme devresi de tesbit edilmiş olup, şarj zaman sabiti 1 ms ve deşarj zaman sabiti 160 ms. dir. Bu tip bir radyo parazit gerilimi ölçü aletinin sapması, impuls şekline, impuls frekansına ve akort frekansına bağlı olarak Şekil 11 ve 12 de görülmektedir.



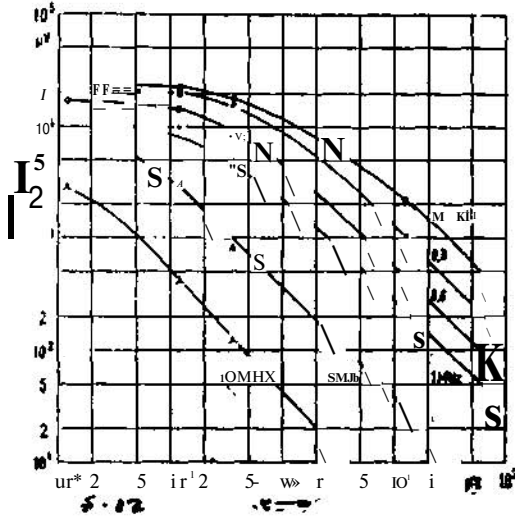
Şekil: 10 — Her impulsda korona yükü sabit iken, saniyedeki korona impulsu sayısına ve τ - zaman sabitine bağlı olarak geniş bantlı bir korona akımı ölçü tertibatında ölçülen akım parametre olarak impuls frekansı alınmıştır.

— Yüksek geçiren filtreli amplifikatör (sınır frekans 13 kHz)
 Yüksek geçiren filtreli amplifikatör.

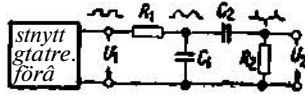


Şekil : 11 — Her impulsda korona yükü sabit iken, saniyedeki korona impulsu sayısına ve zaman sabitine bağlı olarak seçici bir parazit gerilim ölçü aletinde ölçülen gerilimler Parametre olarak impuls frekansı alınmıştır. Parazit gerilim ölçü aletinin akort frekansı 1,9 MHz'dir.

Şekil13'deki bağlantıda meydana getirilen impuls sönen e-fonksiyonu şeklinde olup, zaman sabiti $\tau = 10^{-7}$ ilâ 10^{-8} arasında değişmektedir. Bütün ölçmelerde impuls başına yük sabittir.



Şekil : 12 — Korona impulsu zaman sabiti T 'ya ve akort frekansına bağlı olarak seçici bir parazit gerilim ölçü aletinde ölçülen gerilimler. Parametre olarak akort frekansı alınmıştır, impuls frekansı 1 kHz'dir.



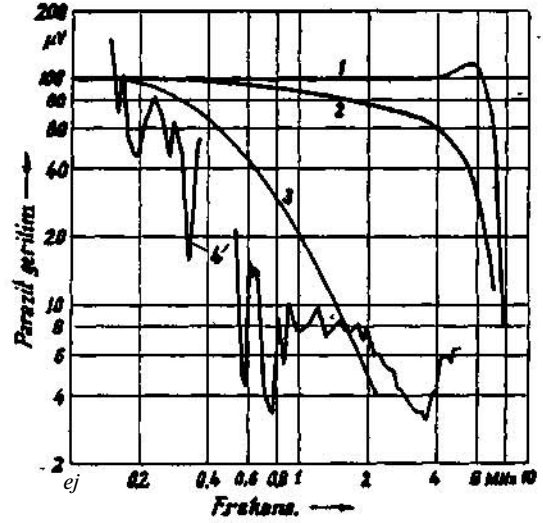
şekil : 13 — Muhtelif zaman sabiten korona impulsların elde edilmesi.

Teorik olarak izah edildiği gibi, eğrilerin seyirinden de görülüyor ki sapma impulsu gekline çok bağlı kalmaktadır. Bilhassa $T \ll 1/f$ sahasında sapma t dan bağımsız, $T > 1/f$ halinde ise süratle düşmektedir. Şayet akort frekansı çok yüksek seçilmezse ölçü cihazlarının sapması yük ile orantılı olmaktadır. Ayrıca sapma impuls sayısı ile de doğru orantılı olarak artmaktadır.

İmpulsun amortise edilmiş titreşimler ise, tabiatıyla bu titreşimlerin frekansı ve amortisman ölçü hassasiyetine tesir edecektir. Eğer parazit impulsun frekansı ölçü aletinin akort frekansı ile intibak ederse, oldukça yüksek bir hassasiyet artışı elde edilir. Korona deşarjlarının frekansı ve implus şekli ile objenin öz frekansı bilinmiyorsa, seçici ölçü aletinin sapması tam değerlendirilemez.

Diğer taraftan seçici ölçü aletlerinde oldukça büyük kuvvetlendirme elde edilmesine rağmen, geniş bantlı ölçü aletlerine nazaran öz parazit itibarıyla temin edilen büyük kuvvetlendirme derecesi hiçbir avantaj sağlamamaktadır. Zira seçici ölçü aleti parazit impuls frekans spektrumundan yalnız akort frekansına tekabül eden kısmı geçirmektedir. Bu kısmın genliği ise parazit impulsun maksimum değerinin daima ancak küçük bir kesrini teşkil etmektedir.

Şekil 14, obje klemenslerinde ölçülebilen korona İmpulsun şeklinin, seçici korona akımı ölçü tertibatlarının sapmasına nasıl tesir ettiğini göstermektedir. 1 ile 3 ecrilcri



Şekil : 14 — Muhtelif objelerde akort frekansına bağlı olarak seçici bir parazit gerilim ölçü aletinde ölçülen gerilimler.

1. Kısa bir kablo
2. Düşük direnci havi İclavuz blandaftlı, havalı kondansatör,
3. Yüksek direnci havi klavuz blandaftlı, havalı kondansatörler,
4. 16 MVA, 30 Mv. trafo sargısı (korona sargıda)

T zaman sabitinin sapma üzerine tesirini vermektedir. Burada takriben aşağıdaki değerlere sahiptir.

- Eğri 1 : Bir kablunun boşluklarında hasil olan kononaya ait olup, $T \ll 10^{-8}$ sn mertebesindedir.
 Eğri 2 : Havalı değişken bir kondansatörün metal blandaft kenarlarında hasil olan kononaya ait olup, $T \ll 10^{-7}$ sn mertebesindedir.
 Eğri 3 : Bir evvelki durumun aynı, fakat klavuz blandaft yüksek dirençlidir, $T \ll 10^{-6}$ sn mertebesindedir.

Bir transformatör sargısında çok küçük frekans intervallerinde hasil olan büyük sapma farklarına bilhassa dikkat edilmelidir. (Eğri 4) Zira bu tip sargılar sayısız öz frekansa sahiptirler. Verilen misallerden görülüyor ki muhtelif tertiplerin frekans spektrası hiç bir zaman benzer veya sürekli bir sayır takip etmediğinden, yalnız sabit frekansı (meselâ 1,9 MHz) havi seçici ölçmelerde, ölçü neticelerinin yanlış değerlendirilmesi mümkün olmaktadır.

Korona ölçü Tertibatlarının ve ölçü Devrelerinin Etolonajı :

$i = i_{\max} \cdot e^{-\omega t / T}$ şeklindeki kısa süreli bir korona akımı impulsundan, impuls başına muhtelif yük, muhtelif impuls frekansı ve muhtelif T za-

man sabiti. Şekil 13'e göre kare dalga veren bir sinyal generatörü ile kolaylıkla elde edilebilir.

Kare dalga gerilimi U_x değerinde ise R_M üzerinden her Impulsta $q \approx XJ$, C_2 yükü akacaktır. R_v , $R^$, C_j , C_2 ve Uyin muhtelif değerleri ile q , T , ve U_2 değiştirilebilir. Dolayısıyla korona akımı ölçü aleti pratikman mümkün olan bütün impuls şekillerine etalona edilebilir. Şayet impuls aralığı, periyodik olarak amortlse edilmeyen ölçü devrelerinde keza seçici ölçü aletlerinin filtrelerinde sönme süresinden daha küçük ise, hatalara sebep olabilen batman olayının hasil olacağı dikkate alınmalıdır.

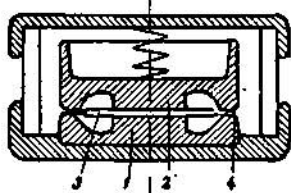
Yukarda söylenenlerden anlaşılacağı gibi, bir korona ölçü tertibatının şapmasında rol oynayan, korona merkezinde, meydana gelen olaylar tesirli faktörlerin sayısına bağlıdır. Faktör sayısının çokluğu ise hata kaynaklarının çokluğu demektir. Bu bakımdan, impulsların korona merkezinden ölçü aletine taşınma derecesini tesbit edebilecek tir korona pilinin kullanılması çok faydalı görülmektedir. Böyle bir korona pili aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır.

1. Korona impulsu, impuls şekline, genliğe, implus aralıklarına ve impuls sıklığına göre pratik tertiplerde hasil olan şartlara mümkün mer-tebe uygun olmalıdır.

2. Korona pili ölçü tertibatına tesir etmemelidir. Yani herşeyden önce öz kapasitesi ve top-rakla kuplaj kapasitesi küçük olmalıdır.

3. Korona pili ile objenin muhtelif konum-larında dielektrik sabiti (C_2) ve elektrot açık-lığının tesirleri aynen elde edilebilmelidir.

Şekil 15 bu şartlara uygun bir - korona pilini göstermektedir. 1 ve 2 no. lu elektrotlara (Şekil 15) alternatif gerilim tatbik edilirse, 3 No. lu cam

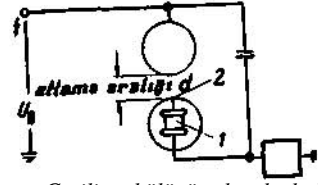


Şekil 15 — Korona pih
1, 2. Elektrotlar
3 Cam plâka
4. Paralel elektrotlar

plâkanın keskin elektrot kenarlarında takriben 2 kV. luk bir gerilimde, şiddeti artan gerilimle büyüyen deşarjlar hasil olur. Elektrotlar dışarıya karşı hava sızdırmaz şekilde kapalı olup, silikagel'le kuru durumda tutulmaktadır. Böylece pratikman sabit bir korona şiddeti temin edilir.

Bu korona pili ya doğrudan doğruya veya eğer yüksek gerilimle muayene edilmek istenirse gerilim bölücü olarak kullanılan bir kapasite üzerinde bağlanır. Bu gaye için avantajlı bir ter-

tip Şekil 16'da olduğu gibi korona pilini bir kü-resel elektrot içine yerleştirmekle elde edilir. (W. Rebus'un taklifine göre)



Şekil: 16 — Gerilim bölücü olarak kullanılan bir küresel elektrot içine yerleştirilmiş korona pili.

1 No. lu korona pili bir küre içine izole olarak yerleştirilen 2 No. lu küre kapağı üzerinden akup-ledir. Kuplaj kapasitesi - ve dolayısıyla gerilim sahası-d atlama aralığı ve küre kapağı büyü-lüğünün değişmesi ile değiştirilebilir. Burada (12) eşitliğine göre küresel elektrotların irtibat hattın-dan akan korona akımının kuplaj kapasitesi bü-yüklüğüne bağlı olduğu dikkate alınmalıdır. (Şekil 14) C_k kuplaj kapasitesinin tayinini kolaylaştı-rmak için, korona piline paralel bir elektrot ekle-nir. (Şekil 15 de 4 No. lu elektrot). U_0 gerilimi pa-ralel bağlı elektrotların faaliyete geçme değerine kadar yükseltirirse, C_k kapasitesi, paralel elektrotların U_p ateşleme gerilimi ile korona pilinin C_n kapasitesinden

$$C_k = \frac{U_f \cdot C_n}{U_0 - U_a} \quad (25)$$

eşitliğine göre hesaplanır.

Katışık objelerde korona pilinin doğrudan doğ-ruya ileride korona merkezi olacağı tahmin edilen yere konulması icab eder. Zira Korona akımının takip ettiği yol üzerinde bulunan indüktivite ve kapasitelerden dolayı korona akımı objenin kle-menslerinde bir hayli değişecektir. Bu gibi du-rumlarda şekil 15'de verilen prensip şemasında küçük bir değişiklik yapılarak alan şartlarında pek az değişen korona pili kullanılır.

Literatür

1. Heintz, W. : Untersuchung des hochfrequenten Spektrums periodischer Entladungen. Z, angew. Phys. Bd. 11 (1959) S. 51-67
2. Veverka, A. : Entladungen im festen Dielektrikum und die dabei auftreten energetischen um-wandlungen. Ačta techn. Prag Bd. 1 (1965) S. 317 - 345.
3. Veverka, A : Eine neue Anordnung Zur Messung der Leistung bei Ionisationvorgängen. Bull. Schweiz. elektrotever. Bd. 49 (1958) S. 45-50.
4. Held, W, und Kunze, R.C. : Glimmeneutladungen im Kondansatör - dielektrikum. VDE - Fach-ber. Bd. 28 (1958) S. 28-37.
5. Baumann, E : Messmethoda zur Ionisations - verlustmessung und Messung des zeitlichen Ablaufes von Entladungsimpulsen bei Wechselspannung ETZ-A Bd. 81 (1960) H. 4 S. 127-129.
6. Gelez, t F. : Die getrennte Messung der GlimmenentladungsverlÜBte in einem inhomogenen Isolier stoffe. ETZ. A. Bd. 81 (1960) H. 4 S. 129-132.