

# İzolatörlerde Gerilim Dağılımı Düzenlenmesi

Yazan :

Y. Prof. Dr. AHMET RUMELİ

Elektrik Y. Mühendisi.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Elektrik. Bölümü

## ÖZET

İzolatör zinciri boyunca gerilim dağılımı oldukça düzenli ve ortalama gradyan takriben 500 V/cm kadardır. Kirli ve nemli şartlarda gerilim dağılımının toz tutması ve aşırı zorlanan bölgelerin teşekkülü sebebiyle izolatör yüzeyinde atlamalara sebep olan deşarjlar meydana gelir. Bu makalede, izolatör yüzeyi boyunca gerilim dağılımını düzenlemeli ve böylece deşarj tutuşmasını kontrol etmek için tatbik edilen, metodlar incelenmiştir.

## SUMMARY

Under the service voltage and dry conditions, the mean gradient along the insulator surface is fairly uniformly distributed and is about 500 V/cm. Under wet conditions, the discharges causing flashovers are formed across the highly stressed regions on the polluted insulator surface. If the voltage distribution along the insulator surface could be kept uniformly distributed, the formation of discharges could be controlled. In this article, measures which can be related to the control of voltage distribution along the insulators are examined.

1. Giriş:

Yüksek gerilim enerji nakil sistemi izolatörlerinde kirlenmeler sebebiyle meydana gelen atlamalar büyük ekonomik kayıplara sebep olmaktadır (1, 2). Endüstriyel ve sahil bölgelerde önemli bir enerji nakil problemi olan kirlenme atlamalarını önlemek için çeşitli metodlar kullanılmaktadır. İzolatör yüzeyinde iletkenlik artırılarak teşekkülünü önlemek ve bu suretle atlamalara mani olmak için tatbik edilen metodlar daha önceki bir makalede incelenmiş bulunuyor (3). Bu makalede izolatörlerde gerilim dağılımını düzenleyici tedbirler ve bunların kirlenme atlamalarını önleme durumları incelenmiştir.

## 2. KURU YÜZEYDE DEŞARJ TEŞEKKÜLÜNÜN KONTROLÜ

Kirlenme atlamasında, ikinci ana sebep yüzeyde, ön deşarjların teşekkül etmesidir. Kirli izolatör yüzeyi kuru kaldıkça izolatör performansında genellikle bir değişim olmaz. Fakat rutubetli, sisli ve yağmurlu hallerde kir tabakası ıslanarak iletken hale gelir ve yüzey boyunca kaçak akımlara ve enerji kaybına sebep olur. İzolatör yüzeyinde kayıp enerji yoğunluğunun fazla olduğu kısımlarda kir filminin rutubeti buharlanır ve kuru bölgeler meydana

gelir. «Kuru band» adı verilen bu kısımlardaki gerilim düğümü havanın delinimini aşınca ön deşarj tutturur. Tutulan deşarjlar çokça söner, bir çok hallerde izolatör boyunca yayılarak kısa devrelere sebep olur.

İzolatör yüzeyinde ön deşarjların tutuşmasını durdurmak, atlamaları önlemek için bir çözüm olarak düşünülebilir. Bu, izolatör yüzeyinde gerilim dağılımını düzenli kılmak ve lokal zorlanmaları havanın delinme dayanımının altında tutmak demektir. Aşağıda izolatör yüzeyinde deşarj teşekkülünü önlemede etkili olan başlıca tedbirler incelenmiştir.

## 3. STABİLİZE İZOLATÖRLER :

Kirli İzolatör yüzeyinde deşarj tutuşması, kuru band adı verilen fazla zorlanan bölgelerin teşekkülünden dolayıdır. Eğer İzolatör yüzeyi boyunca gerilim dağılımı her şartta homojen dağılımlı yapılabilsen, deşarjlar tutuşamaz dolayısıyla atlamalar meydana gelmez. Bu fikrin bir tatbikatı olarak Forrest, 1940 senesinde 10 elemanlı bir zincirde herelemene 10 KQ luk paralel direnç bağlamakla dirençle şöntlenmiş zincire nazaran kirli ortamla daha iyi performans sağlandığını göstermiştir (4).

İzolatör elemanına paralel direnç bağlama yerine, daha sonra izolatör yüzeyi, yüzey boyunca

1 mA Sızma akımına müsaade edecek şekilde uygun dirençli yarı İletken bir tabaka ile kaplanmıştır. Bu tip İzolatörlere «Stabilize izolatör» ve yüzey boyunca 1 mA. İlk sızma atanına «Stabilize akım» denilmektedir. Bu akım sebebiyle kaçak güç kaybı diğer kayıplara göre fazla olmayıp, mesela kuru havada 132 kV luk bir sistemde Uç faz ve mil hat uzunluğu başına 1 kW kadardır. Kaçak güç kaybı izolatör yüzeyini kuru tutmaya ve kir birikimini azaltmaya yardım ederse de stabilize İzolatörlerden istenen esas gaye bu değildir (5, 6, 7).

Stabilize izolatörler radyo ve televizyon parazitleri hasıl etmezler ve kiril şartlar altında çok iyi performans gösterirler. Normal İzolatörlerde olduğu gibi stabilize bir İzolatör yüzeyinde de kuru bandlar teşekkül eder. Fakat kuru bandla paralel yarı iletken tabaka kuru band boyunca aşırı gerilim düşümünü; böylece, deşarj tutuşmasını önler. Bu sebepten stabilize izolatörler boyunca ani ve yüksek değerli kaçak akım puls'lan kaydedilmez. İzolatör yüzeyini yarı iletken sır tabaka ile kaplama yerine, porselen gövde İçine direnç koymak veya buşinglerde olduğu gibi dahili stabilize tabakalar yapılmakla yukardaki İzahlardan anlaşılacağı üzere rutubetli ve kiril şartlar altında yüzeysel gerilim dağılımı düzenlenemez ve kuru bandlar boyunca deşarj tutuşması önlenemez.

Stabilize sır. adı da verilen yarı iletken sır, normal seramik sır ile belirli miktarlarda madeni oksitlerin yüksek sıcaklıkta yakılması ile elde edilir. Sır-porselen yüzeyine kaplanınca yarı iletken, kristal yapılı ve camsı bir görünüş kazanır. Yan iletken sır tabakası ve porselenin farklı genleşme katsayıları bir zorluk arzederse de İzolatör imalçileri bunu giderebilmişlerdir. (8).

Yan İletken sır tabakasının direnci; sır'ın bileşimine, yakma programına ve tabakanın kalınlığına bağlıdır. Etketif ve emin bir gerilim dağılımı İçin sır direnci hassasiyetle ayarlanmalıdır.

İngiltere'de Zno, FejO, ve Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oksitlerinden yapılı stabilize sır tabakaları kullanılmıştır. En son geliştirilen ve daha iyi karakteristiklere malik olduğu ifade edilen ve titanla denen sır Oto<sub>3</sub> yapılıdır (9; 1).

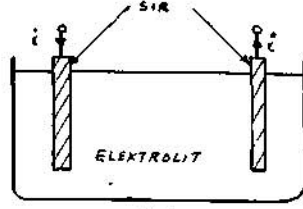
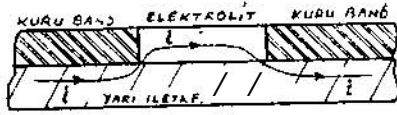
Stabilize sırlar negatif direnç sıcaklık katsayısını haizdirler. Demir oksit, yapılı sır tabakası sıcaklığında 30 »C .İlk artma direncini yan değere düşürür. Titanla İçin tekabül eden sıcaklık 6p°C dir. Direncin sıcaklıkla düşmesi gayri stabil bir duruma sebeb olabilir. Alçak gerilimlerde, stabilize izolatör, yüzeyinde açığa çıkan ısı ile yüzeyden ısı kaybı arasında bir denge hasıl olur. Pratikte dengeli bir çalışma sağlanacak tarzda uygun sır direnci seçilmiş olmalıdır. Yüksek ge-

riimlerde, termik gayri stabü bir durum sonücü, stabilize izolatörün parçalanarak kısa devrelere sebeb olduğu kaydedilmiştir. İzolatör yüzeyinde biriken kir tabakası da rutubetli şartlarda yüzeyde lokal zorlanmalara ve gayri atabil durumlara sebeb olabilir (6, 8, 11, 12).

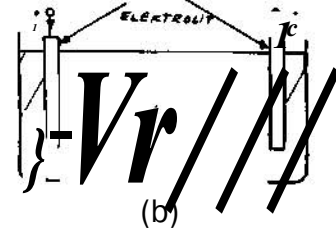
Forrest, stabilize izolatörün bir yanının diğer yanına nazaran daha fazla ısınması halinde, sır direncinin düşmesi sonucu akım yoğunluğunun artması sebebiyle ısınan tarafın çatladığını göstermiştir (8). Bu sonuç stabilize İzolatörün güneşli ve sıcak bölgeler için uygun olmadığını göstermiştir. Sıcak bölgelerde stabilize izolatörü gres maddeleriyle kaplamak suretiyle izolatörün bir yanının güneş ışınları tesirleriyle ısınmasının önlenileceği akla gelebilir. Fakat bu halde gres tabakası sır tabakasında açığa çıkan enerjinin yüzeyden atmosfere kaybını önlemiş, olacağından sır tabakasının sıcaklığı kolayca artar ve çok kısa zamanda termik bir. gayri stabil durum sonucu izolatör tahrib olur. Stabilize izolatör imalatında' sır tabakası homojen yapılamamışsa, stabilize sır tabakasının tahribi'e. sebeb olan lokal aşın akım yoğunlukları olur.

Stabilize izolatörlerin kullanılmasını sınırlayan diğer bir problem, stabilize sır tabakasının elektrolitik korozyonla bozulmasıdır. Elektrolitik korozyonun mekanizması Lucas tarafından araştırılmıştır (13). Kaçak akımlar İzolatör yüzeyinde akım yoğunluğunun fazla olduğu meselâ zincir tip izolatörlerde kapak ve sap civarı gibi, bölgelerdeki elektrolitik bir filmi kurutarak kuru bandlar hasıl ederler. İzolatör çevresinde çepeçevre veya kısmi bir kuru band teşekkülü kaçak akımı tamamen önleyemez: Çünkü kuru bånd teşekkül eden kısımlarda kaçak akım, kuru bånda paralel sır tabakasına transfer olur bu sır tabakasının korozyona uğramasına sebeb olur. Şekil 1(a) ve (b)de bu durum iki hal için Şematize edilmiş ve tekabül eden eşdeğer devreler gösterilmiştir. Eğer kuru band kapak veya sap civarında teşekkül etmişse eşdeğer devrede tekabül eden elektrot metal olur (Şekil 1 b) ve bu, pratikte rastlanan izolatörlerin elektrolitik korozyona uğraması haline tekabül eder. \* \*

İzolatörlerin sap ve kapak civarı radyo ve televizyon parazitlerini azaltmak İçin İletken bir sır ile kaplanır. «Fringe glazng» adı verilen bu iletken sır, tabaka, kuru båndın teşekkülünü akım yoğunluğunun, çok olduğu bölgeden (Şekil 2 de A noktası) daha az yoğun bir bölgeye (Şekil 2 de B noktası) transfer ettiğinden korozyonla bozulma yavaşlamış olur. Mesnet İzolatörlerinin tepe kısmı aynı maksatla, iletken ve bağ teli ile İzolatör yüzeyi arasında iyi temas sağlamak, dolayısıyla radyo ve televizyon parazitlerini önlemek için iletken sır ile kaplanır (Şekil 3). Eğer fringe glazng, iletkenliği tedrici olarak azalacak şekil-



(a)



(b)

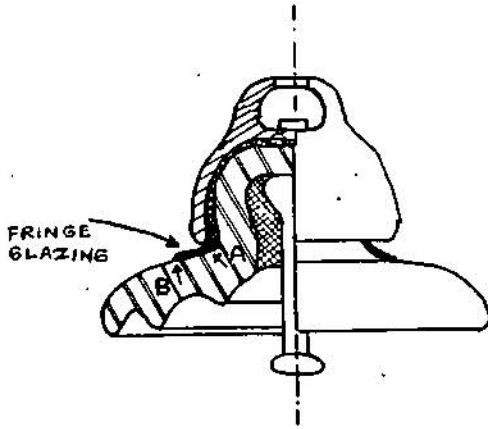
Şekil 1 — Yan iletken sır tabakasının elektrolitik korozyonu.

de yapılırsa, elektrolit kir filmi ve sır tabakası arası akım transferi daha geniş bir yüzey boyunca olacağından korozyon dağada önlenmiş olur.

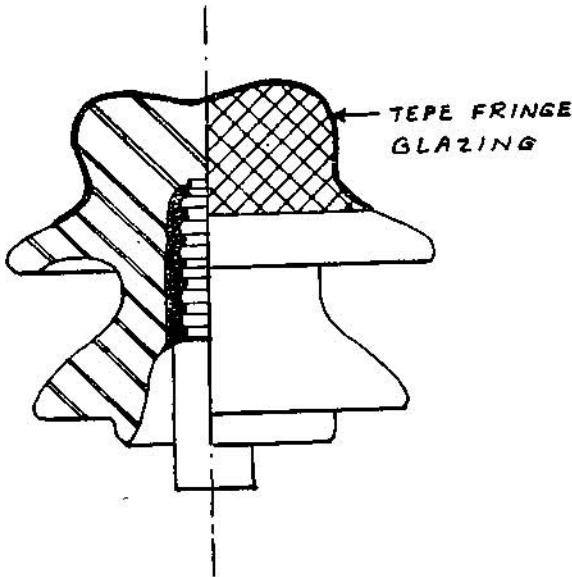
Deşarjlar stabilize sır tabakasında mevzii bozulmalara sebep olurlar. Yüzejde tutuşan deşarjların sıcaklığı sır tabakasını etkiler. Bozulmalar bilhassa sıcaklığın ve akım yoğunluğunun fazla olduğu sır tabakası - deşarj temas noktalarında daha da fazla olur. Sır tabakası bu temas noktalarında iletkenliğini kaybeder. Deşarjlar kiril İzolatör yüzeylerinde umumiyetle dar kısımlarda (kapak ve sap civarları gibi) tutuştuğundan, bu kısımlarda sır tabakası bozulması daha fazla olur.

132 kV lik ingiliz enerji nakil sisteminde stabilize sır, kablo başlık izolatörleri, transformator buşingleri ve havalı tip disjonktör izolatörlerinde kullanılmış ve iyi sonuçlar elde edilmiştir (5). Buşing ve çubuk (rod) tip izolatör yüzeylerindeki akım yoğunluğunu disk tip izolatörlere nazaran daha homojen olacağından, stabilize sır la kaplanmaya daha uygundur.

Korozyona dayanıklı yan iletken bir sır maddesinin geliştirilmesi stabilize izolatörlerin emniyetle kullanılmalarını sağlayacak ve kirlenme atlamasını önleyecek en müessir metodlardan biri olacaktır. En son geliştirilen elektrolitik korozyona, deşarjlara daha mukavim ve iyi bir termik stabil özelliği gösterdiği bildirilen sır, tityum oksit yapılıdır (10, 12). Kalay oksit yapılı sır, elektrolitik korozyonu azaltmada başarılı sonuçlar vermektedir (11). Streng, laboratuvar da alternatif ve doğru gerilimde yaptığı deneylerle alkali bileşik ihtiva etmeyen stabilize sır'ın elektrolitik korozyona uğramadığını bildirmektedir (14).



Şekil 2 — Bir askı izolatöründe fringe glazing



Şekil 3 — Bir mesnet izolatöründe tepe fringe glazing.

#### 4. YÜKSEK KAPASİTANSLI İZOLATÖR-LEB:

Bir İzolatör zinciri,- genellikle kapasitif bir eşdeğer devre ile temsil edilir (Şekil 4a). İzolatör zinciri boyunca gerilim dağılımı muhtelif kaçak ve eleman kapasite oranları için şekil i b de gösterilmiştir. İzolatör zinciri boyunca uygun bir gerilim dağılımı için oc yi küçültmek yani  $C_0$  kapasitesini arttırmak gerekir. Bunun için elemanların uygun değerlerde kapasitelerle götlenmesi veya zincir boyunca l mi İlk bir sızma akımını sağlayacak yüksek kapasitanslı elemanlar kullanılması ile sağlanabilir. Bu maksatla kapasite değeri 300 pf (Normal izolatörün kapasite değerinin 10 misli) olan İzolatör elemanı gerekir. İzolatörün kapak ve sap arası kalınlığını azaltarak, gerekli mekanik ve elektriksel delinme mukavemetlerini haiz yüksek kapasitanslı cam İzolatörler yapılmış ve ümit verici performans elde edilmiştir. Kapasitif izolatörlerin pratikte geniş tatbikatı daha çok büyük dielektrik sabiti ve yüksek delinme mukavemetini haiz İzolatör maddelerin geliştirilmesine bağlıdır (6).

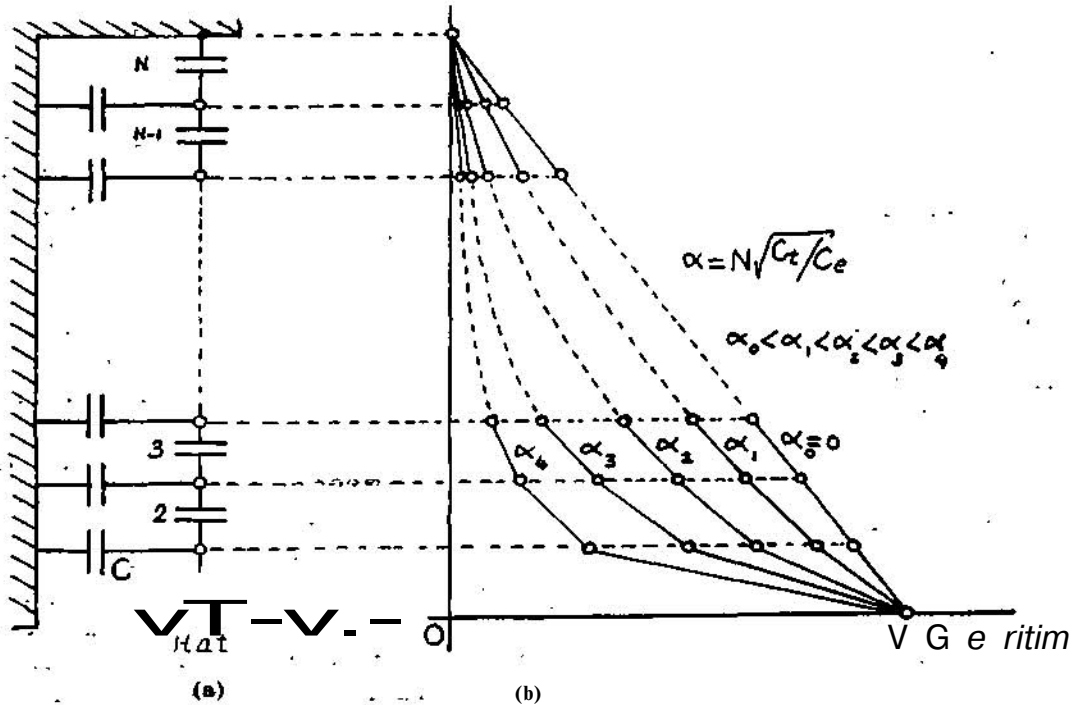
Gerilim dağılımını kontrol için denenmiş diğer bir metod ise izolatör zincirine uygun şekilde ringler bağlanmasıdır. Benzer kapasitif gerilim düzenlenmesi buğinglerin dizaynında da tatbik edilir. Bunun için imalat sırasında buşing içinö ince metal şeritler geçirilir (Şekil 5).

Kapasitif gerilim düzenleme tedbiri ancak kuru şartlarda izolatör yüzeyinde uygun bir gerilim dağılımı, temin eder. Fakat daha önce de belirtildiği gibi kirli ve rutubetli şartlarda izolatör zinciri boyunca gerilim dağılımı sadece yüzeyel elektrolitik kir fumi tarafından kontrol edilir ve kapasitif düzenlemenin hiç bir faydası olmaz.

#### 5. AŞIRI İZOLASYON :

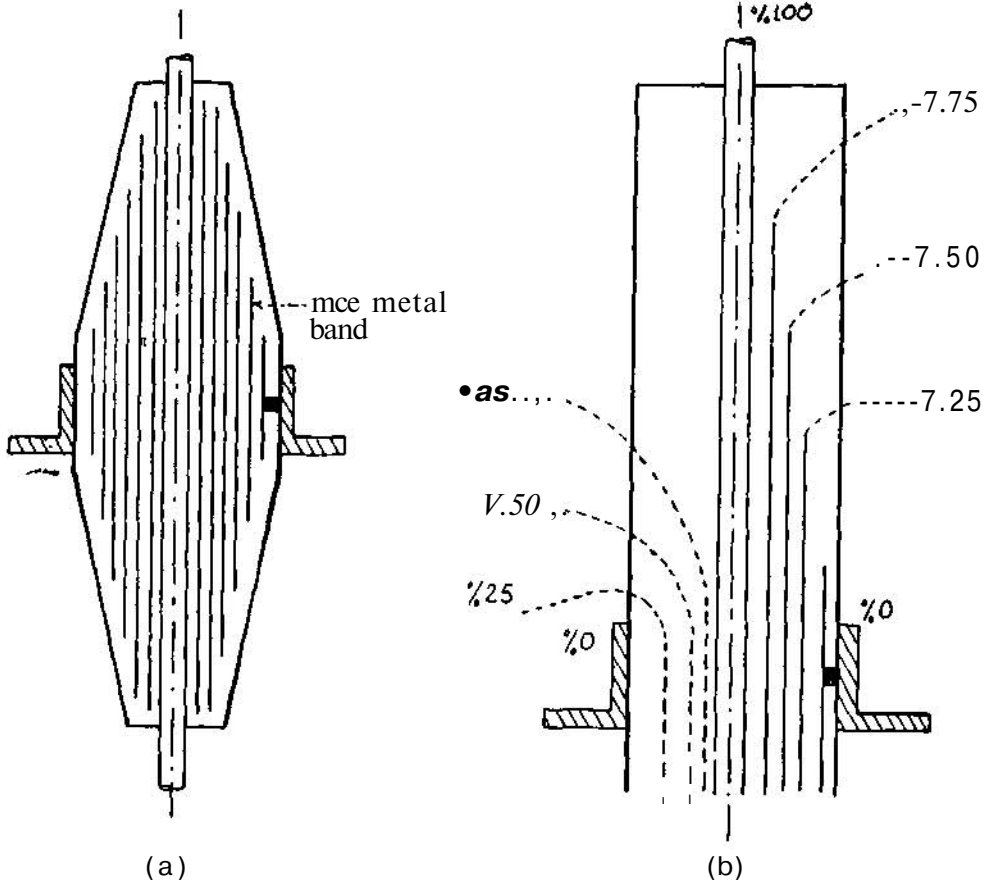
Kirlenme atlamasını önlemek için izolasyon açıklığını arttırmak bir çözüm olarak akla gelebilir. Böylece zincir boyunca birim sızma aralığına isabet eden gerilim azalacağından bu tedbirin deşarj tutuşmasını önlemede bir dereceye kadar müessir olacağı düşünülebilir.

İzolasyon seviyesini arttırmak için ya büyük sızma mesafesi olan izolatör tipi seçilmeli veya zincirdeki eleman sayısı arttırılmalıdır. Bununla beraber, pratik tecrübeler gösteriyor ki İzolasyon seviyesi büyük oranda arttırılmadıkça kirlenme atlamalarını önlemede etkili bir fayda sağlanamamaktadır (15, 16, 17, 18). Buşing, direk mesnet tip izolatörlerin sızma mesafelerinin arttırılması mümkün ve pratik olmadığından bu metodun sınırlı bir tatbik sahası vardır. Eğer hat izolatörleri için bu usul kirlenme atlamalarını önlemede benimseniyorsa, bu taktirde hat İzolatörlerini kolay temin edebilme yönünden standart tipten seçmek gerekir.



Şekli 4 a) Bir izolatör zinciri eşdeğer devresi

b) Zincir boyunca gerilim dağılımı



Şekil 5 a) Kapasitü buşing b) Kapasitlf ve normal buşingde gerilim dağılımı.

Zincir boyunun uzatılması sonucu sağlanan performans düzelmesini tayin etmek zordur. Fakat İzolatör zinciri boyunca artışın, atlama voltajında daha düşük oranda bir artış sağladığı bilinmektedir. Leroy'a göre (16), meselâ zincir boyunda % 33 artış İzolatör kirde atlama voltajında takriben % 18 bir artış, temin eder. Zincire fazla eleman ilavesi, bir yandan fazla sayıda izolatör kullanılmasına, daha önemlisi direk ebatlarının büyümesine sebep olmaktadır. Bu ekonomik sebeplerden aşırı İzolasyon metodu kirlenme atlaması ile mücadelede pratik bulunmamaktadır.

#### 6. SONUÇ :

İzolatörlerde kirlenmeler sebebiyle meydana gelen deşarjları, dolayısıyla atlamaları önlemek için gerilim dağılımı düzenleme ve ortalama gerilim gradyanını azaltma çareleri denenmiştir. Bunlar içinde stabilize izolatörler, prensip olarak probleme en uygun bir çözüm olarak belirlenmiş, ise de çalışma şartlarına mukavim bir stabilize sır maddesinin henüz geliştirilememesi

sebebiyle pratikte sınırlı tatbikat alanı bulmuştur. Başvurulan kapasitlf tedbirler İzolatörlerde ancak kuru şartlarda düzenli bir gerilim, dağılımı sağlamaktadır. Ne aşın İzolasyon seviyesi nede stabilize sır, izolatör yüzeyinde kuru bandların teşekkülünü önleyememektedir.

#### 7. REFERANSLAR :

1. Rumeli, A. : İzolatörlerde kirlenme ve atlama problemi, Elektrik Mühendisliği Mecmuası, 156, 1069.
2. Rumeli, A. : The Mechanism Of Flashover Of Polluted Insulation, Doktora tezi, Strathelyde University, Glasgavv, Scotland, 1967.
3. Rumeli, A. : İzolatörlerde kirlenmelerin sebeb olduğu atlamaları önleme çareleri. Elektrik Mühendisliği Mecmuası, sayı 159 - 160, 1970.
4. Forest, J. S : The Characteristics And Performance in Service Of H.V. Insulators, J.I.E.E. 89, 60 (1942).

5. Forrest, J. S. : The Performance Of H.V. Insulators in Polluted Atmosphere, *Electrotechnik* 35, 448 (1967).
6. Forrest, J. S., Lambeth, P. J. ve Oakeshott, D. F. : Research And Performance Of H.V. Insulators in Polluted Atmosphere *Proc. ESE*, 107, 172, ve 574 (1960).
7. Lambeth, P. J. Richardson, G. J. L. ve Sanders, R. W. : Development Of Semi - Conducting Glazes For H.V. Insulators, *Proc. IEE* No: 234, Appendix (IX) 1964.
8. Forrest, J. S. : The Electrical Properties Of Semi - Conducting Ceramic Glazes, *Journal Of Scientific Instruments*, 24, 211 (1947).
9. Gillam, G. H. : Stabilised Insulators, *Electrical Times*, 289 (Sept. 1947).
10. Clark, C H. W., Turner, R. B. ve Powell, D. G. : Properties Of Semi - Conducting Glaze Based On  $TiO_2$ , *Trans. British Cer. Soc.* 60, 330 (1961).
11. Lambeth, P. J. : Preventing Pollution Flashover, *Electrical Review*, 174, 622 (May. 1964).
12. Clark, C. H. W. : Semi - Conducting Glaze On H. V. Insulators, *Electrical Review*, 740 (May. 1964).
13. Lucas, D. H. : The Properties Of Semi - Conducting Glaze *IEE*, 3, 293 (1952).
14. Streng, J. : Voltage Control On H.V. Insulators Employing Semi - Conducting Glaze, *Electric*, 14, 55 (1960).
15. Goltsman, M. N. : The Problem. Of The Reliability Of Insulation in Very Dirty Surroundings, *Elekt. Stantsii*, 6, 37 (1954).
16. Leroy, M. G. : Problems Stet By Pollution Of Insulators And Remedies Applied, *Bull. Soc. Franc. Elect.* 8, 600 (1958).
17. Corner, J. E. ve Lantz, A. D. : The Insulator Contamination Problem As Influenced By Silicone Surface Coatings, *Trans. AIEE*, 77, 1101 (1958).
18. Lantz, A. D. : A review Of The Surface Leakage Problem. *Proc. 9th Annual Power Conference, Texas University, Texas* (1956).