

İzolator Dizayn ve Koordinasyonu ve Bazı İzolatorlerin Kirli Şartlar Altındaki Davranışlarının Mukayesesi

Yazan :
Y. Prof. Dr. Ahmet RUMELİ
ODTÜ

ÖZET

Bu yazıda önce, son gelişmeler de göz önüne alınarak, izolator dizayn ve Koordinasyonu Kirlenme yönünden incelenmiştir. Son zamanlara kadar çubuk veya zincir tip izolatörden hangisinin kirli şartlar altında daha iyi davranış gösterdiğine dair genel bir görüş mevcut değildi. Altı tip izolator üzerinde mukayeseli testler CIGRE izolator Komitesiince yapılmış bulunmaktadır. Yazının diğer kısmında yukarıdaki test sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

SVMMARY

in this article, recent developments in the insulator design and coordination is tirsti examined considering pollution flashover. Regarding pollution (lashover performance, there has not been a generally accepted opinion about which type, rod or çap - and pin insulator, was better. Comparative tests on six insulators have been carried out by the CIGRE «pollution» working group. A discussion on the above test results is then presented.

1. İzolator dizayn ve koordinasyonunda genel esaslar :

izolator imalcileri muhtelif memleketlerde senelerden beri kirli şartlarda iyi davranış (performans) sağlayacak izolator imali ile meşgul bulunmaktadırlar. Şimdiye kadar imal edilen çok sayıdaki izolatörden ancak az bir kısmı kirli şartlar altında bir dereceye kadar tatminkâr toir işletme sağlayabilmiştir.

izolator dizaynında bir çok kriterler göz önüne alınmaktadır. Kırk sene önce izolator dizaynında göz önüne alınan esas kriter en büyük yüzey direncini sağlamak idi. Bu şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$R = \frac{L \cdot r \cdot P \cdot *}{\omega \cdot T^{-P_1}}$$

Bu denklemde R toplam yüzey direncini, r_{ps} özgül yüzey direncini, L sızma aralığını, di sızma yolu boyunca uzunluk elemanını ve D,, di elemanına tekabül eden çapı

göstermektedirler. F'ye form faktörü adı verilmektedir. Yukarıdaki hesapta izolator yüzeyi, özgül yüzey direnci /[^] olan bir kir tabakası ile homojen olarak kaplanmış farzedilmektedir. Form faktörü F"nın büyüklüğü izolatorün iyiliğini göstermektedir.

Yukarıdaki kritere, yani en büyük form faktörü sağlama esasına göre dizayn edilen izolatorler kirli şartlar altında tatminkâr bir işleyiş sağlayamamışlardır. Çünkü bu kriter, kirlenme sebebiyle yüzeyde meydana gelen ve atlamalara sebep olan deşarjların mevcudiyetini dikkate ala-

mamaktaydı. Bu sebeplerden bu esasa göre izolator dizaynı tutunmamıştır.

imal edilen bir izolatorün kirli şartlar altında nasıl bir davranış göstereceği iki yolla anlaşılabilir, izolator normal gerilim altında kirli bir bölgede denemeye tabi tutulur. Bu durumda sonuca varmak uzun zaman alır. Daha kısa sürede izolatorün davranışı laboratuvarlarda suni testler yardımıyla ölçülebilir. Bunun için de laboratuvar imkânları gerekir. Son zamanlarda komputerle hesaplama imkanlarının gelişmesi, izolator dizaynında analitik hesap metodlarına dönülmesine ve «form faktörü» kriterine benzer bir hesap metodunun geliştirilmesine yol açmıştır [1]. Bu yeni metod, homojen bir kir tabakası ile kaplı bir izolator yüzeyinde belirli bazı noktalarda deşarjların bulunuşunu ve bunların yayılma şartlarını göz önüne aldığından gerçeğe daha yakın sonuçlar vermektedir. Analitik metod sonuçları ile diğer test sonuçları arasında uygunluk elde edilmiştir. Analitik hesaplama metodunun izolator dizaynında sağladığı başlıca avantajlar, çabukluk ve ucuzluk ile imalâta geçmeden önce dizaynda gerekli deşişmelere imkân vermesidir.

Bugün normal tip bir izolator dizaynında, birbirinden pek müstakil olmiyan üç esas özellik gerçekleştirilmek istenir :

- iyi bir kendi kendine temizlenme özelliği (yağmur ve rüzgâr tesirleriyle),
- Az kir toplama özelliği,
- Uzun sızına arahğı.

Birinci ve ikinci hususlarla izolator yüzeyinde teşekkül eden bir tabakası kontrol edilmek is-

tenlr.- Üçüncü, özellik ise, izolator yüzeyi boyunca daha düşük bir ortalama gerilim gradyanı sağlar.

İyl bir kendi kendine temizlenme özelliği temin etmek için izolator dizaynında yağmur ve rüzgâr etkisine maruz kalacak şekilde meyilli ve düşey yüzeyler düşünülür. Bu tip izolatorlere «açık tip» izolator denebilir [2, 3]. Spirelec diye adlandırılan bir fransız yapısında bu husus spiral bir konstrüksiyonla temin edilmiştir. Yağmur suyunun spiral boyunca akmasıyla izolator yıkanmaktadır.

Az kir toplamayı temin için izolator derin oyuklu ve daha fazla kapalı yüzeyli yapılıdır. Böyle bir izolatore «kapalı» yahut «korunmuş» tip denilebilir, izolator alt yüzeyinde derin oyuklar yapmak suretiyle bir yandan atmosferik kirlenmelere karşı koruma temin edilirken diğer taraftan da daha uzun bir sızma aralığı sağlanmış olur.

Derin oyuklu izolatorlerin imali pahalı ve zordur. Böyle bir izolator uzun süre devrede kalınca, derin oyuklarda biriken kirler buralara yapışır ve giderilmeleri çok zor olur. Bilhassa çimento sanayii civarında bu durum, önemlidir. Diğer taraftan izolator dizayn ve seçiminde izolator yüksekliğinin en büyük çapa oranı göz önünde tutulması gereken bir husustur. Bir izolator zincirinde veya bir çubuk izolatoründe komşu elemanlar arası mesafe çok küçük tutulmamalıdır. Birbirine çok yakın etekler, aralarındadeşerjlara sebep olur. Böyle bir izolator radyo ve televizyonlar için parazit kaynağı olur.

izolator dizaynında sızma aralığının izolator yüksekliğine oranının büyük olması arzu edilir. Hatta bir çok araştırmacılara göre bu oran izolatorün iyiliği hakkında bir fikir verebilir [4]. Bu oran, en çok kullanılan çubuk ve zincir tip izolatorleri için 2:1 ve 3:1 civarındadır (Tablo 1'e bakınız). Bununla beraber, izolatorün profili çok daha önemlidir, örneğin, aynı sızma aralıklı fakat farklı profildeki iki izolatorün aynı kirli şartlar altında aynı davranışı göstermediği bulunmuştur (Tablo 2, II ve IV nolu izolatorler). Pratik tecrübelerden, iyi bir izolator dizaynı için korunmuş ve korunmamış sızma aralıklarının eşit alınması tavsiye edilir [2, 4, 5].

izolator seçiminde izolatorlerin kullanılacağı bölgenin kirlenme ve atmosferik şartları göz önünde tutulmalıdır, örneğin, çok kirli ve yağmurlu bölgeler için açık tip izolator seçimi daha uygun olur. Az yağmurlu fakat fazla kirli, örneğin, endüstri ve sahil bölgeleri için kapalı tip izolatorlerin seçilmesi tavsiye edilir [2, 5, 6] Bununla beraber, izolatorlerin seçiminde daha ziyade birim sistem gerilimi başına sızma aralığı" göz önüne alınır, örneğin fransız spesifikasyonunda minimum 16 mm/kV istenir [7]. İngiliz

Standard B.S. 137. 1960'a göre, 33 kV/mm ve daha yukarı sistemler ve çok kirli bölgeler için 25 mm/kV seçilmelidir. Orta derecede kirli bölgeler için minimum 17 mm/kV alınır. Çok kirli bölgelerde gergi izolatorleri için yukardaki değerlerde % 20 indirim yapılabilir, yani 20 mm/kV alınabilir [8].

Tankı gerilim altında olan kesiciler için kirlenme atlaması özel bir önem arzeder. örneğin, üç taşıyıcı porselen izolatorü bulunan bir yüksek gerilim kesicilerinin orta izolatoründe bir kirlenme atlaması halinde, kesicinin ancak bir kısmı atlamayı önlemede etkili olur. Bu sebepten, kesiciyi taşıyan ve kontakları izole eden izolatorlerin seçiminde, kilovolt başına sızma aralığı 35 mm'ye kadar alınabilir. Çok kirli endüstriyel ve sahil bölgelerdeki kesici - açıcı tesislerinin kapalı yapılması en uygun yol olur.

Pratikte gergi izolatorlerinde, askı izolatorlerine nazaran, kirlenme sebebiyle daha az sayıda atlama olduğu açıkça müşahade edilmiştir. Bazı araştırmacılar bunu, gergi zincirinin yağmur ve rüzgâr tesiriyle daha homojen ve iyi bir tarzda temizlenmesine ve zincirdeki elemanların atmosferik kirlere daha homojen tarzda maruz kalmasına atfetmişlerdir [2]. Bir kısım araştırmacılar da yatay konumda sızma akımının vedeşarjın bir atlamaya daha az temayül gösterdiğini ifade etmişlerdir [3]. Son yapılan çalışmalarda, yatay konumlu zincir yüzeyinde meydana gelendeşarjın termik tesirle izolator yüzeyinden uzaklaştığı ve bu sebepten tm konumda daha az atlama meydana geldiği gösterilmiştir [1]. Bununla beraber sahil bölgelerde gergi zincirleri, askı zincirlerine nazaran, daha kötü davranış gösterirler. Bu, deniz tuzunun gergi zincirinde kolaylıkla ve sürekli bir kir tabakası teşkil edebilmesi ile izah edilmiştir [2, 8].

Askı zincirleri yerine gergi zincirleri kullanılarak kirli bölgelerde izolator atlamalarına karşı daha iyi bir korunma sağlanabilirse de bu ekonomik bakımdan uygun olmaz. Bununla beraber, zincirin yatay konumunun daha iyi bir davranış sağladığı hususu gözönüne alınarak, bir çok yüksek gerilim enerji nakil hatlarında yatay - zincir kombinasyonlara kullanılmıştır. Rusya'da 100 kV ve üstündeki sistemlerde ters Y şeklinde zincir formlar kullanılması uygun görülmüştür. Bu halde, zincir kısımlarındaki izolator elemanları farklı profilde seçilebilmektedir [9]. italya'da Cenova - Milano 380 kV enerji nakil hattında V tip zincir kullanılıyor [10]. Amerika'da Alleghany Power Service Organizasyonu 500 kV sisteminde gene V tip zincir seçilmiştir [11]. izolator koordinasyonu bakımından yeni toir gelişme, uygun sentetik izole maddeler yapılabildiği takdirde, direk konsollarını sentetik izole maddelerden yapmaktır [12].

Z. Bazı izolatörlerin kirli şartlar altındaki davranışlarının mukayesesi :

Kirlenmeden dolayı meydana gelen atlamaları önlemek için çeşitli profil ve karakteristikleri haiz bir çok izolatör imâl edilmiş ve bunların çeşitli kirlenme şartları altında davranışları incelenmiştir. Bu tecrübeler sonucu, bazı tiplerin kirli ortamlarda yeterli davranış gösterdikleri görülmüştür. Senelerden beri yapılagelen bu tecrübelerden bir çok izolatörün çeşitli şartlar altındaki davranışlarına dair bilgiler toplanmış, dolayım ile farklı tip izolatörlerin birbirleriyle mukayeselerini yapmak mümkün olmuştur.

Almanya'da çubuk tip (rod - langstab) izolatörler çok kullanılmaktadır. Bu tip izolatörün zincir tipine namı-ftT ifade edilen başlıca üstünlükleri :

- Elektriksel delinmelere dayanıklıdır,
- Üniteler arası metal bağlantılar olmadığından korozyon tesiri az olup radyo ve televizyon parazitleri hasil etmez,
- Yağmur altında ve rüzgâr tesiriyle iyi bir «kendi kendine temizleme» özelliği gösterir.

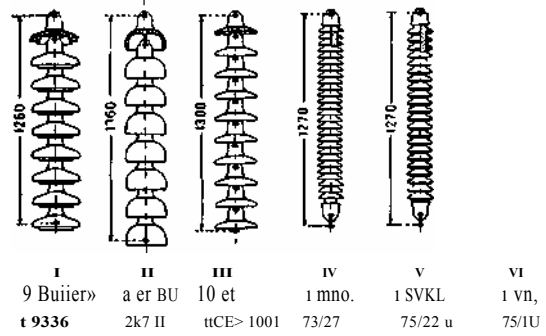
Başlıca mahzurları ise :

- Porselenin fırınlanmasında meydana gelen boyutlardaki değişme imalat zorluğu arzeder.
- Sızma aralığının toplam izolatör yüksekliğine oranı düşüktür.
- izolatörün sır tabakasında meydana gelen hafif bir zedelenme bütün izolatörün değiştirilmesini gerektirir.

Diğer taraftan, zincir izolatörü (çap - and - pin) İngiltere ve diğer Avrupa ülkelerinde çokça kullanılmaktadır. Bu tipin başlıca üstünlüğü uzun bir sızma aralığı teinin etmesidir. Ayrıca zincir izolatör çubuk izolatörüne nazaran daha iyi bir esneklik sağlar. Zincirdeki bir elemenda meydana gelen bir arıza, bütün zincir yerine sadece o elemanın değiştirilmesi ile giderilir. Elemanlar arası bağlantıyı sağlayan fazla sayıda metal kısımların bulunması korozyona, radyo ve televizyon parazitlerine sebeboldur.

Almanya'da 1959 ve 1963 yılları kötü geçen kış mevsimlerinde çubuk tip izolatörlerin aynı yükseklikteki diğer tiplere nazaran gayet iyi davranış gösterdikleri bildirilmektedir [13]. Diğer taraftan Porrest, 132 kVluk bir hat üzerinde aynı yüksekliği haiz (1270 mm) çubuk (sızma aralığı 2770 mm) ve zincir tip (sızma aralığı 3840 mm) izolatörlerini denemeye tabi tutmuş, zincir tipin çok daha iyi davranış gösterdiğini bulmuştur [2].

Kirlenme şartlarında zincir veya çubuk tip izolatörün hangisinin daha iyi davranış gösterdiğine dair son zamanlara kadar varılmış bir sonuç yoktu ve mukayeseli bir araştırma yapılmamıştır. Böyle bir çalışma CIGRE izolatör komitesince yaptırılmış ve test sonuçları Tablo 1 ve 2'de gösterilmiştir [6]. Şekil 1'de gösterilen ve takriben aynı yükseklikteki 6 tip izolatör İngiltere'de ve Almanya'da suni ve tabii testlere tâbi tutulmuşlardır, İngiltere'de tabii test belirli genlikteki sızma (kaçak) akımların sayımı esasına ve suni test, tuzlu - sis deneyine göre yapılmış; Almanya'da ise tabii şekilde kirlenmiş izolatörler SfH metoduna göre teste tabi tutulmuşlardır.



Şekil 1. CIGRE izolatör komitesince muayene ettirilen izolatörler.

Tablo 2'den görüleceği gibi Almanya ve İngiltere'de yapılan suni ve tabii testler arasında iyi bir uygunluk mevcuttur. Tablo 2'nin incelenmesinden aşağıdaki sonuçlara varılabilir :

a) I No.lu zincir izolatörü (anti - faz - sis tip) bütün şartlarda en iyi davranışı göstermiştir. Çubuk izolatörler ise en fena davranışı göstermişlerdir.

b) Tablo 1'e sızma aralığının (L) toplam izolatör yüksekliğine (H) oranı (h) hesaplanarak ilâve edilmiştir. Deney sonuçları L, H veya h'ya göre incelenebilir. Bunlardan, deney sonuçlarının sızma aralığına (L) göre değerlendirilmesinin en uygun olduğu görülmektedir.

c) Ne L. ve ne de H ve h, izolatör davranışlarının mukayesesi için emniyetli bir faktör olarak kabul edilmezler. Meselâ V No.lu izolatörü alalım. Bu izolatör, L ve h bakımından ikinci durumda olmasına rağmen gösterdiği davranış bakımından beşinci durumdadır, n ve IV No.lu izolatörler hemen hemen eşit sızma aralığını haizdirler. Fakat H No.lu izolatör çok daha iyi davranış göstererek ikinci ligi almış bulunmaktadır. I ve VI No.lu izolatörler kabaca aynı yüksekliği haizdirler, fakat davranış bakımından birinci ve altıncı durumdadırlar.

d) Zincir tip izolatör çubuk tipine nazaran belirli bir üstünlük göstermektedir. Çubuk izolatörlerde eleman sayısının artışı sızma aralığının artması nedeniyle, davranışta bir düzelmeye sebep olmaktadır. (Tablo 2, IV ve VI No.lu izolatörler).

Yukarıda, c şikkında belirtildiği gibi, zincir tipin çubuk tipe üstünlüğü sadece daha uzun sızma aralığı veya daha büyük h oranları ile

izah edilemiyor, örneğin, V ve ü No.lu izolatörleri alalım. V nolu izolatör daha büyük L ve h'ya haiz olmasına rağmen daha kötü davranış göstermiştir. En kötü zincir izolatörü (IH No.lu) en iyi çubuk izolatör (IV No.lu) ile karşılaştıralım. Çubuk izolatörün daha büyük L ve h değerlerine karşılık (L ve h oranları sırasıyla $2770/2560 = 1.08$ ve $2.18/1.97 = 1.11$) zincir tip daha iyi davranış göstermiştir.

TABLE: 1 CIGRE izolatör komitesince muayene ettirilen izolatörlerin karakteristikleri:

İZOLATÖRÜN]	Tipi	ZiNCiR			ÇUBUK (LANGSTAB)		
	Yapıldığı ülke	ingiltere	Fransa		Almanya		
	Numara ve Markası	i	n	in	iv	v	vi
		9 Bullers T 9336 1001	8CT BM 247 M	10 CT ELCEB	1NVKL 75/27	1SVKL 7ö/22u	1VKL 76/14 !
H = izolatör yüksekliği (mm)		1260	1360	1300	1270	1270	1270
L = Sızma uzunluğu (mm)		3760	2810	2560	2770	2950	1850
h = L/H		2,98	2,065	1,97	2,18	2,32	1,46
Sızma uzunluğu L'ye göre iyilik derecesi		1	3	5	4		26
izolatör yüksekliği H'ya göre iyilik derecesi		4	5	3	26		

Tabii ve suni TABLO: 2 testlere tabi tntnlan CIGKE izolatörlerinin gösteriüklerl davranışa göre iyilik dereceleri. :

İZOLATÖR		SFH ALMANYA METODU	CERL iNGiLTERE METODU
TİP	NO MARKA	Suni Test (SFH)	Tabu Test (ICKERN) * Suni Test (CERL) Tabu Test (BRIGHTON)
fi Z ü	I 9 Bullers T 9336	* *** 1 (1) (1) (1) (1)	1(1) (1) 1(1) (1) 1 (1) (1) 1
	H 8 CT BM 247 M	2 (3) (4)	2(3) (4) 2(3) (4) 2 (3) (4) 2 (3) (4)
	m 10 CT ELCER 1001	4 (5) (5)	4(5) (5) 3(5) (5) 3 (5) (5) 3 (5) (5)
ÇUBUK TUP I (LANGSTAB)	IV 1 NVKL 75/27	3 (4) (3)	3(4) (3) 4(4) (3) 4/5 (4) (3) 5 (4) (3)
	V 1 SYKL 75/22U	5 (2) (2)	6(2) (2) 6(2) (2) 4/5 (2) (2) 4 (2) (2)
	VI 1 VKL 75/14	6 (6) (6)	5(6) (6) 5(6) (6) 6 (6) (6) 6 (6) (6)

* iki test serisi, ** Her sütunda ilik parantez içindeki sayılar sızma uzunluğu L'ye göre iyilik derecesini, *** Her sütunda ikinci parantez içindeki rakamlar sızma uzunluğu • izolatör yüksekliği (h=L/H) ya göre iyilik derecesini göstermektedir.

Zincir tip izolatörün çubuk tip izolatöre nazaran üstünlüğü elemanlar arası metal bağlarının bulunmasına atfedilebilir. Zincir izolatonndeki metal kısımların deşarjın ilerlemesini ve bir elemandan diğere elemana yayılmasını önlediği deneysel olarak gösterilmiştir [1]. Ayrıca, izolatör çapının ve elemanlar arası hava aralığının büyük olması deşarjın bir elemandan diğere elemana havadan sıçramasını da zorlaştırır. Bu sebepten zincir izolatörde, bir atlamadan daha ziyade bütün elemanların aynı anda deşarjla kaplanması tarzında (kaskat atlama) olması zorlaşmış olur. Bu, zincir sızma aralığının daha etkin bir şekilde kullanılması demektir.

Çubuk izolatörlerinde ise üniteler arası hava aralığı küçük olduğundan bir üniteden diğere üniteye deşarj havadan sıçrayabilir, veyahut deşarj termik tesirle yükselerek alttaki bir elemandan üstteki bir elemana erişebilir. Çubuk izolatörün zincir izolatörüne nazaran daha fazla dar kısımları vardır. Bu dar kısımlarda kuru band teşekkül ederek çubuk izolatörde bu dar boğazlarda çok sayıda deşarj meydana gelmesine sebep olur. Çok sayıda deşarjın aynı anda teşekkülünün gerilim dağılımı üzerinde olumlu bir tesir meydana getireceği ve çok sayıda anod ve katod uçlarının bulunması sebebiyle anod ve katod gerilim düşümlerinin atom üzerinde sınırlayıcı bir tesir meydana getireceği, bu sebeple çubuk tip izolatörde iyi bir davranış elde edileceği birçokları tarafından ileri sürülmüştür [5, 14, 15]. Fakat yukarıdaki deney sonuçları bu görüşü doğrulamamaktadır. Çünkü izolatör yüzeyinde çok sayıda iyonize olmuş (deşarj) bölgesinin mevcudiyeti, bunların kolayca birleşerek bir atlama yapmasını kolaylaştırır.

3. Sonuç :

izolatörlerin kirlenmesi yüksek gerilimle enerji naklinde sık sık arızalara ve enerji kesilmelerine yol açmaktadır. Bu sebepten izolatör dizayn ve koordinasyonunda kirlenme ana problemlerden biri olarak gözönünde tutulur, imâl edilen bir izolatörün kirlenme şartları altında nasıl bir davranış göstereceğinin bilinmesi hem imalatçı hem de kullanıcı yönünden önem taşır. Bunun için kuUamlagelmekte olan tabii ve sunî testler yanında analitik metodların geliştirilmesine başlanmıştır. İzolatörlerin seçilmesi daha çok birim sistem gerilimi başına sızma aralığı esasına göre yapılır. Çeşitli standartlar çeşitli değerler tavsiye etmekle beraber bu 15 - 35 mm/kV arasında değişmektedir.

CIGRE izolatör Komitesince çubuk ve askı tip 6 izolatör üzerinde yaptırılan mukayeseli araştırma sonuçlarına göre, zincir tip izolatörler kirlenme şartlarında çubuk tiplere nazaran genellikle daha iyi davranış göstermektedirler. Bunun başlıca nedeni, zincirde az sayıda dar

kısımları veya eleman bulunması, elemanlar arası hava aralığının büyük olması ve en önemlisi elemanlar arası metal bağlantıların bulunmasıdır.

KAYNAKLAR

- 1) RUMELİ, A. : Th(e mechanism of flashover of polluted insulators, Doktora tezi, Strathelyde Üniversitesi, Glasgov İngiltere, 1957.
- 2) FORREST, J. S. : «The performance of hv insulators in polluted atmospheres», Elektrotechnik, 35, 448-456, 1957.
- 3) FORREST, J. S. : «The electrical characteristics of 132 kV lines insulators under various weather conditions», J. IEEE, 75, 111 -118, 1934.
- 4) FORREST, J. S., LAMBETH, P. J. and OAKESHOTT, D. F. : «Research and performance of hv insulators in polluted atmospheres», Proc. I.E.E., 107, 172 ve 574, 1960.
- 5) REVEREY, G. : «Insulation under the effect of pollution and rain», ETZ - A, 87, 46 - 52, 1966.
- 6) LANTZ, A. D. : «A review of the surface leakage problem», Proc. 9th annual power conference, Texas Üniversitesi, Texas, 1956.
- 7) LEROY, M. G. : «Problems set by pollution of insulators and remedies applied», Bull. Soc. Franc. Elect., 8, 600 - 605, 1958.
- 8) British Standard specification, B. S. 137, 1960.
- 9) GLEIZER, M. D. : «Reinforcing the insulation of electric power lines in areas of intense atmospheric pollution», Elekt. Standartli, 32, 61-66, 1961.
- 10) PARIŞ, L. and COMMELINI. E. : «Coat reduction of extra hv lines», Proc. CIGRE, No. 422, 1966.
- 11) DILLARD, J. K. and KCLEMAN, A. R. : «Selection of line insulation for A.P.S. 500 - kV sistem», Proc. CIGRE, No : 410, 1966.
- 12) WILKINS, R. and RUMELİ, A. : «Epoksi reçin'enin yüksek gerilim izolasyonunda kullanılması», Elektrik Mühendisliği Mecmuası, Sayı 171 -172, Mart - Nisan 1971, S. 45.
- 13) BAATZ, H ve diğere: New field experience with outdoor insulators in polluted areas and methods of assessing the performance of insulation under condition of pollution», Proc. CIGRE, No. 212, 1964.
- 14) OBENAUŞ, F. : «Basic form of hv insulator elements and 4040 kV suspension and pin insulators», Elektrotechnik, 7, 280-285, 1953.
- 15) VON CRON, H. and ESTORFF, W. : «The hv insulators as a problem of extraneous films», ETZ - 73, 57 - 64, 1952.