

Döner Elektrik! Makinaların Kurutulması ve İzolasyon Direncinin Ölçülmesi

Yazan :
Etenî SAG
Elk. Yük. Müh.
DSİ

GİRİŞ:

Bu yazının hazırlanmasındaki gaye; izolasyon direnci karakteristiklerinde değişiklik veya tesir husule getiren faktörleri gözden geçirmek, döner makinaların izolasyon direncinin tayininde üniform bir metod kullanmak, elektrik makinalarının kurutulması metodunu göstermek ve muhtelif tip yeni döner makinaların takribî minimum izolasyon direnci değerini hesaplamaya yarayan formülü sunmaktır.

Verilen bu malûmat elektrik! döner makinaların her sınıfı için tatbik edilebilir. Fakat var ise makinaların imalatçı firmasının talimatının da gözönünde tutulması lâzımdır.

İZOLASYON DİRENCİ :

Sargının izolasyon direncinin tayini, sargıya tatbik edilen doğru gerilimin izolasyon boyunca husule getirdiği kaçak akımlara karşı sargı izolasyonunun mukavemetinin megaohm olarak tesbiti ile yapılır.

İzolasyon direncinin pratik olarak ölçülmesi izolasyon yüzeyi üzerindeki bazı kaçak akımlar yardımıyla olur. izolasyon direncinin testinde

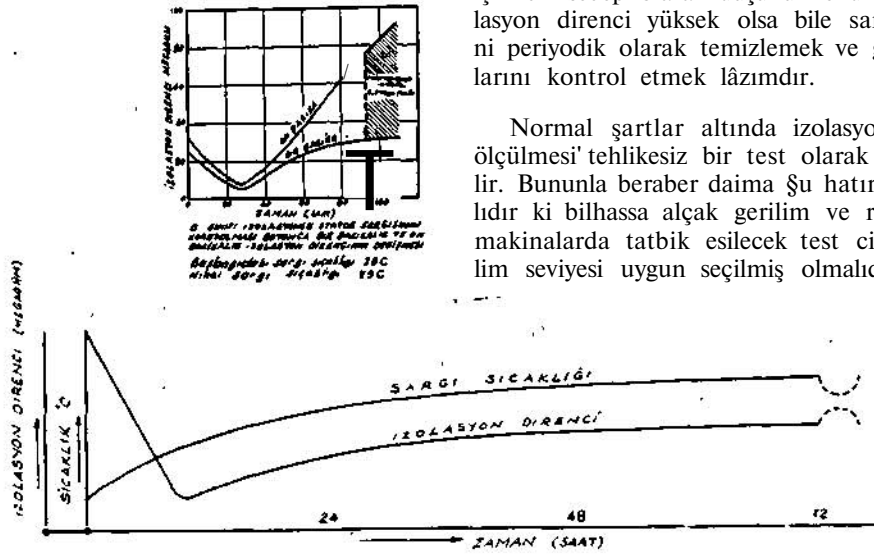
İki paralel kaçak akım yolu ile karşılaşılır; bunlardan birincisi izolasyonun bizzat gövdesi boyunca kaçak akım yolu, ikincisi izolasyonun yüzeyi üzerindeki kaçak akım yoludur.

Bugünkü ticarî cihazların izolasyon direnci izolasyon maddesinin muhtevası ve tipi kadar mevcut kir, rutubet ve sıcaklığın da fonksiyonudur.

Makinaların sargılar arası veya sargı ile gövde arasındaki izolasyon direnci sadece izolasyonun dielektrik mukavemetinin belirli bir ölçüsü değildir, aynı zamanda makinaların işletme için veyahut dielektrik veya diğer testler için uygun durumda olup olmadığını, da gösterir.

İzolasyon direncinin yüksek değeri izolasyonun kuru ve temiz olduğunu gösterir fakat bu izolasyonun mekanik ve fizikî bakımdan zayıf olup olmadığını hususunda bir ölçü olamaz. Böyle mekanik veya fizikî zayıflığın alçak gerilimde, izolasyon direnci üzerinde tesiri olmayabilir fakat normal işletme geriliminin tatbik edilmesinde arızalara sebep olabilir. Bu sebeple düşük izolasyon direnci veyahut, izolasyon direncindeki ani değişimler cihaz üzerinde, araştırma için bir sebep olarak düşünülmelidir. Hatta izolasyon direnci yüksek olsa bile sargı yüzeylerini periyodik olarak temizlemek ve gözle durumlarını kontrol etmek lâzımdır.

Normal şartlar altında izolasyon direncinin ölçülmesi tehlikesiz bir test olarak düşünülebilir. Bununla beraber daima şu hatırdaki tutulmalıdır ki bilhassa alçak gerilim ve rutubet almış makinalarda tatbik esilecek test cihazının gerilim seviyesi uygun seçilmiş olmalıdır.



İZOLASYON DİRENCİNE TESİR EDEN FAKTÖRLER:

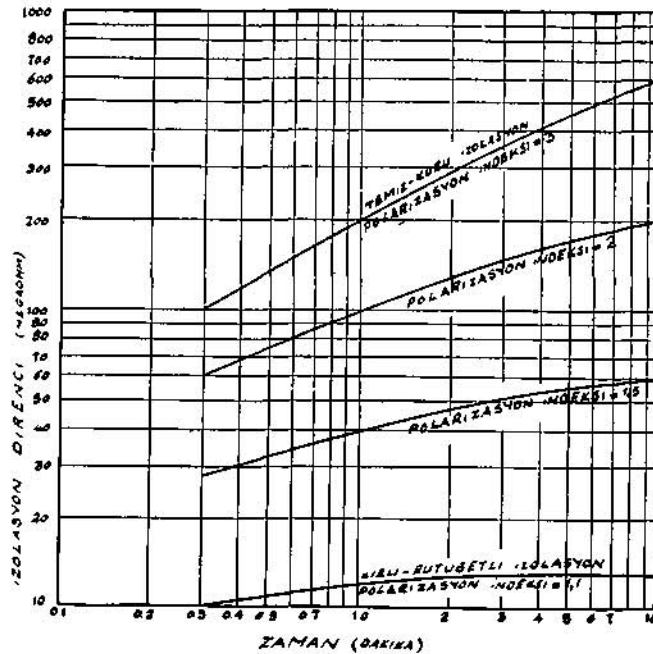
İzolasyon direnci, sargı içinde ve üzerindeki rutubete, sargının temizliği ve yağına göre çok değiştiği gibi kısmende tatbik edilen test geriliminin değerine, tatbik süresine göre değişir. İzolasyon direncinin okunması sırasında değer değişimleri ve kararsızlık bu faktörlerin tesirlerinden ileri gelir. Bunun için belirli sıcaklık, belirli gerilim ve belirli test süresi içinde yapılan testlerin ortalamasını almak lâzımdır.

TEST GERİLİMİNİN TATBİK SÜRESİNİN TESİRİ:

Sargının izolasyon direncinin değeri D. C. test geriliminin tatbik süresinin uzunluğu ile artacaktır, önce bu artış, süratli olur. Bilâhare zaman geçtikçe tedricen sabit değere yükselir. 30 saniyedeki değer nihai değer % 10 u kadar olabilir. İyi şartlardaki kuru sargının izolasyon direnci devamlı olarak tatbik edilen sabit test gerilimi ile saatlarca artmaya devam eder. Mamafih makinanın büyüklüğüne bağlı olarak kararlı değere takriben 10 -15 dakikada varılabilir. Rutubetli ve kirli sargılarda bu kararlı mertebeye umumiyetle voltaj tatbikini müteakip 1 ilâ 2 dakika içerisinde varılır. Bu değişmeye izolasyonun «electrification» (elektriklenme) 1 veya «dielectric absorpsion» (dielektrik emiş) i sebep olduğu gibi izolasyonun homojenliğinin ve tipinin de tesiri vardır. İki numaralı eğride izolasyon üzerine rutubet ve diğer pislüklerin tesiri görülmektedir.

• İzolasyon direncinin okunmaları, sonradan ortalama değerlerin alınabilmeleri için daima test geriliminin tatbikini müteakip geçen belirli zaman aralıklarında alınmalıdır.

Standartlaştırma, daha önceki testlerle sonradan alınan malûmatın mukayesesi bakımından ve kısa zamanda bir tek okumalar için, - 500 V. DC. geriliminin 60 saniye tatbiki suretiyle izolasyon direncinin ölçülmesi talep edilmiştir. Fakat dielektrik absorpsiyon karakteristiğinin çıkarılması büyük makinaların sargılarının kir ve rutubetinin tesbitine yaradığından Megger'in on dakika tatbiki ile 10 dakikalık eğrinin çıkarılması icaheder. Bu on dakika süre boyunca zamana göre izolasyon direnci işaretlenerek karakteristik eğri çıkarılır. (Şekil : 2) Grafikten görüldüğü gibi daima yükselen bir eğri kuru ve temiz bir sargıyı gösterir, çabucak düzleşen bir eğri ise sargı izolasyonunun içinden ve üzerinden fazlaca kaçak akımların akdığını dolayısıyla sargının rutubetli veya kirli olduğunu gösterir. Şayet makinanın işletmeye girdiği zamanki izolasyon direncine alt malûmat olmadığından dolayı yeni durumla izolasyonun ilk durumunun mukayesesi imkânı yoksa sargının polarizasyon indeksinin tayini sargının kirlilik ve rutubetlilik derecesi hakkında bir fikir verir. Sargının 500 Volt D. C. gerilimindeki 10 dakikalık ve 1 dakikalık İzolasyon dirençlerinin oranına polarizasyon indeksi denir. Şayet A sınıfı izolasyon için polarizasyon indeksi 1,5 veya daha büyük, B sınıfı izolasyon için 2,5 veya daha büyük bulunursa sargı kuru ve temizdir denir. (Şekil 2)



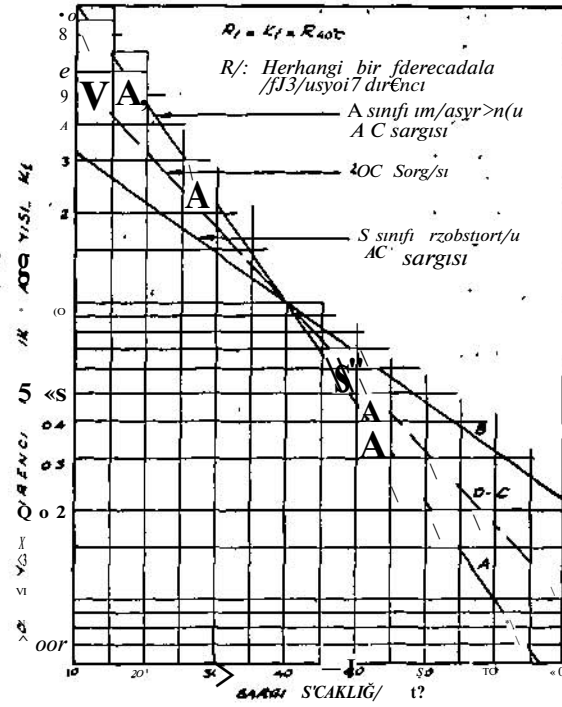
Şekil: 2 — B stnt/t izolasyonlu stator sargısı izolasyon direncinin zamanla değişimini gösterir tipik eğri

SICAKLIĞIN TESİRİ:

Pek çok izolasyon maddelerinde megaohm olarak izolasyon direnci, izolasyonun tipi, mevcut rutubet miktarı ve yüzey şartlarına bağlı olarak sıcaklıkla ters orantılı olarak değişir. Şekil 3 te izolasyon direncinin sıcaklıkla takribi değişimi gösterilmiştir. Bu grafik yardımıyla muayyen bir sıcaklıkta bilinen bir izolasyon direncinin diğer bir sıcaklıktaki değeri kolayca bulunabilir. (Geniş izahat için referans 2. Sahlfe 6'ya bak)

RUTUBETİN TESİRİ :

Sargı İzolasyonunun içerisinde veya dış sınırındaki rutubet miktarı izolasyon direnci üzerine çok tesir eder. Rutubetli bir zamanda gurunun durması rutubeti emmesi veya yüzeyinde bir filim teşekkül etmesi izolasyon direncinin büyük miktarda düşmesine sebep olur..



Şekil : 3 — Döner makinaların stator sargılarının takribi izolasyon direnci sıcaklık katsayısı

Eğer rutubet veya kir sebebiyle izolasyon direnci düşmüş ise bu hal hiçbir arızaya meydan vermeden özel temizleyici mahlüllerle kirin temizlenmesi ve kurutularak rutubetin atılması suretiyle gene uygun bir izolasyon direncine yük seltilir (Şekil 2).

Kurutma ameliyesinin nasıl yapılacağı ileride tafsilâtlı olarak izah edilecektir. Burada sargının temizlenmesinden de kısaca bahsedilecektir. Sargılar kuru basınçlı hava ile veya kuru temiz bezle ovularak, özel mahlüller vasıtasıyla

veya suyla temizlenir. Suyla temizleme işlemi taşkın veya herhangi bir sebeple ıslanmış olan sargıların temizlenmesinde yapılır. İmalatçı firmının tavsiyesi de gözönüne alınarak yağ, gres, karbon tetra klorid veya onun muhtelif karışımları, benzin ile de temizleme yapılabilir. Bu mahlüllerin kullanılmasında patlama tehlikesini önlemek ve dumanlarının zehirleyici tesirinden korunmak için gayet iyi havalandırma yapmak lâzımdır. Mahlül veya su ile temizleme ameliyesinden sonra sargıların kurutulması şarttır.

İZOLASYON DİRENCİNİN TESTİ İÇİN BAĞLANTILAR :

Bütün sargının toprağa olan izolasyon direnci testi sargılar arasındaki izolasyonun kontrolünü sağlamaz.

Bütün sargı için yapılan testte çok düşük bir değer okunmuş ise ve sargıların rutubet ve kirliliği de aşikâr değil ise sargılar birbirinden ayrılıp herbiri (diğerleri topraklı İken) ayrı ayrı teste tabi tutulmalı, müstakilen kontrol edilmelidir.

Makinanın çıkış irtibatları, kablolar, ayırıcı ve kesiciler ve devredeki diğer teçhizat izolasyon direncine mühim miktarda tesir eder. Kablo vs. gibi cihazlar üzerinden toprağa olan kaçak akımlar sebebiyle yanlış okumanın önüne geçmek için Maggor doğrudan doğruya makinanın "uçlarına" tatbik edilmeli ve makina çıkış uçları ayrılmalıdır.

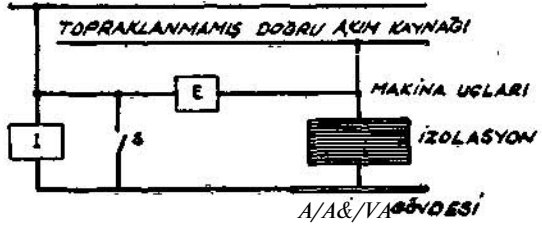
İZOLASYON DİRENCİNİN ÖLÇÜLME METODU :

Bugün izolasyon direncini ölçme için başlıca beş metot vardır.

- Megger ile izolasyon direncinin ölçülmesi ve dielektrik absorpsiyon karakteristiğinin çıkarılması metodu
- Yüksek gerilimli D C. ile izolasyon direncinin ölçülmesi ve dielektrik absorpsiyon eğrisinin çıkarılması metodu.
- Güç faktörü metodu
- A. C. gerilimine dayanma tecrübeleri
- D C. gerilimine dayanma tecrübeleri

Bunlardan d ve e tecrübeleri imalatçı tarafından umumiyetle fabrikada veya ilk servise girişte yapılır. Döner makinalar için c tecrübesi de pek yapılmaz. Daha ziyade a ve b tecrübeleri yapılır.

izolasyon direncinin ölçülmesinde kullanılacak cihazın bakımının iyi yapılması, kaibrasyonunun ve geriliminin değişmemiş olduğunun kontrolü lâzımdır. Doğru ölçü yapılabilmesi için ölçü sırasında test geriliminin gayet stabil olması lâzımdır. Makinanın nominal gerilimi veya rutubetlilik derecesi de gözönüne alınarak ölçü-



Şekil 4 — Voltmetre - Ampermetre metodu ile izolasyon direnci ölçülmesi

de kullanılacak test geriliminin makina izolasyonu için tehlikeli olmamasına dikkat edilmelidir.

izolasyon direnci ölçümü, bütün ölçü aletleri ve doğru akım kaynağına komple bir cihaz üzerinde olan cihazlarla yapılabildiği gibi, uygun doğru akım kaynağı ve yüksek rezistanlı bir voltmetre ile veya voltmetre - ampermetre metodu ile de yapılabilir.

Motorla tahrik edilen komple ölçü cihazları (Motorlu Megger) veya bataryalı ve redresörlü komple ölçü cihazları (Redresörlü Megger) uzun zaman testi (10 dakikalık test) için lüzumludur. Kısa süreli test için elle kumandalı generatör tipi (Kollu Megger) cihaz da kullanılabilir. Bu tip cihazlarda izolasyon direnci doğrudan doğruya cihaz üzerinden okunur.

Voltmetre - Ampermetre metodunun esası (Şekil 4) izolasyon direnci üzerine tatbik edilen gerilimden dolayı izolasyondan geçen kaçak akım ile, izolasyonun uçlarına tatbik edilen gerilimin tesbitidir. Ampermetre çok kademeli bir mikro ampermetre olmalıdır. Doğru akım kaynağının iki ucuda toprağa karşı izole olmalıdır. Aksı takdirde kaçak akımların okunması hatalı olur.

$$E = \text{Devrenin gerilimi (Volt)}$$

$$I = \text{Ampermetrede okunan akım (Mikro amper)}$$

$$R = \text{İzolasyon direnci (Megaohm)}$$

$$S = \text{Mikro ampermetreyi başlangıçtaki aşırı akıma karşı korumak için anahtar.}$$

$$R = \frac{E}{I} \text{ megaohm.}$$

den izolasyon direnci bulunur.

Voltmetre metoduyla (Yüksek iç dirençli voltmetre kullanılacaktır) izolasyon direnci ölçülmesinin esası bilinen direnç üzerinden geçen akım ile bilâhare bilinen ve bilinmeyen direnç seri bağlı iken geçen akımların mukayesesinden ibarettir (Şekil 5).

$$E = \text{devrenin gerilimi}$$

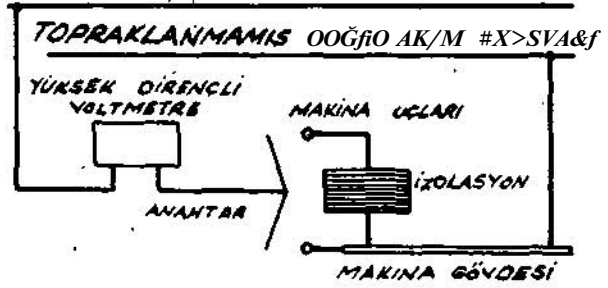
$$E_j = \text{bilinen ve bilinmeyen direnç seri bağlı iken okunan gerilim.}$$

$R = \text{bilinen direnç (ohm olarak yüksek iç dirençli voltmetrenin direnci.}$

$I_1, -w \text{ izolasyon direnci (ohm olarak)}$

$$R_1 = R \left(\frac{E}{E_1} \right) \text{ ohm olur.}$$

Piyasada ticarî voltmetrelerin iç dirençleri umumiyetle volt başına 100 ohm olup 500 volt doğru gerilim tatbiki ile bu cihazlarla ancak 1 İla; 2 megaohm'luk izolasyon dirençleri ölçülebilir. Daha büyük izolasyon direncinin ölçülmesi için iç direnci daha büyük voltmetreler kullanılmalıdır.



Şekil 5 — Voltmetre ile izolasyon direnci ölçülmesi

İZOLASYON DİRENCİNİN MİNİMUM DEĞERİ :

Makinaların minimum izolasyon direnci değerleri basit olarak aşağıda üç madde halinde belirtilmiştir

1 — 1000 KVA'nın altındaki makinalarda (A veya B sınıfı izolasyonlu) dizayn ve inşaat hususiyetlerindeki gemi? değişmeler de gözönüne alınarak minimum izolasyon direncinin tesbitinde aşağıdaki basit formül kullanılabilir :

$$R_{1,7} = \frac{\text{Makina Voltajı} + 1000}{1000} \text{ Megaohm}$$

$$R_{1,7} = 75^\circ\text{C deki izolasyon direnci (megaohm)}$$

2 — 1000 KVA'nın üstünde B sınıfı izolasyonlu makinalarda minimum izolasyon direnci için aşağıdaki formül kullanılır :

$$R_{1,7} = 0,006 \frac{(\text{Makina Voltajı} + 3600)}{(\text{Makina devir sayısı} + 1400)}$$

$$\text{Makina gücü KVA} + 5000$$

$$R_{1,7} = 75^\circ\text{C deki izolasyon direnci (megaohm)}$$

3 — A sınıfı izolasyonlu 1000 KVA'nın üzerindeki makinalarda minimum izolasyon direnci olarak Madde 2 de alınan değerın 1/10 u alınabilir.

Bu hususta AIEE standartları No. 43 buhife 10, 11, 12 de geniş, izahat verilmiş olup aşağıda özetlenmiştir.

1 — 1000 KVA'nın altındaki A veya B sınıfı izolasyonlu makinelerin takribi izolasyon direnci yukarıda da belirtilmiş olduğu gibi,

$$R = (\text{Makinanın gerilimi}) \text{ KV} + 1 \text{ megaohm'dur.}$$

$$R_{75} = \text{Bütün stator sargılarına 1 dakikalık 500 volt D.C. geriliminin tatbikinde 75° C daki izolasyon direnci.}$$

Yalnız bir tek fazın izolasyon direnci (diğer iki faz topraklanacaktır) üç fazın izolasyon direncinin takriben 1.75 ile 2.5 mislidir.

2 — 1000 KVA ve üstündeki makinelerin stator sargılarının izolasyon direnci:

$$R = k \frac{(KV + 3,6) (8 + \sqrt{dTdT})}{V \text{KV} \hat{A}-16} \text{ megaohm.}$$

$$R_{40} = \text{Bütün stator sargılarına 1 dakika 500 volt D.C. geriliminin tatbikinde 40°C daki izolasyon direnci (megaohm)}$$

k, = İzolasyon direnci sıcaklık sabitesi (Şekil 3. e bak) eğer izolasyon-direnci ölçümü 40 °C da yapılmamışsa şekil 3 den alınan izolasyon direnci katsayısı ile 40°C. a irca edilebilir.

kj = Sargı izolasyon sabitesi
A sınıfı izolasyon için k; = 2,5
B sınıfı İzolasyon için kj = 7,0

d/d = Makinanın dakikadaki devir sayısı.
KVA = Makinanın nominal gücü

Şekil 6 da 1000 KVA'nın üstünde B sınıfı izolasyonlu makinanın 40 °C de, muhtelif hızlar ve gerilimlerdeki izolasyon direnci gösterilmiştir.

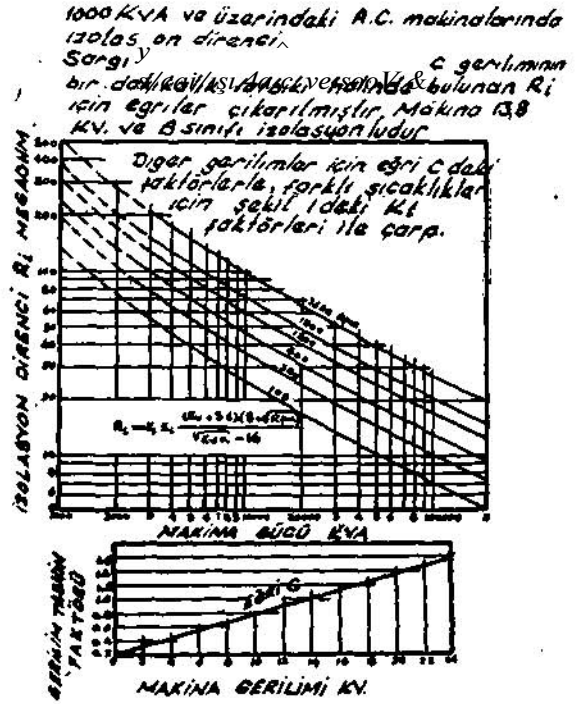
3 — Senkron makinelerin ikaz sargılarının izolasyon direnci:

İkaz sargıları ister A sınıfı isterse B sınıfı izolasyonlu olsun, sargı 75°C de iken 500 volt D.C. geriliminin 1 dakikalık tatbikinde izolasyon direnci asgari 1 megaohm olmalıdır.

4 — 99 KVA kadar olan doğru akım makinelerinin izolasyon direnci 75°C da 500 Volt D.C. geriliminin 1 dakikalık tatbikinde asgari 1 megaohm olacaktır.

5 — 100 KW'ın üzerindeki doğru akım makinelerinin izolasyon direnci :

$$R_{1 \text{ as kt. } k_c} = \frac{d/d + 700}{\frac{kw}{10} + 500} \text{ megaohm}$$



R₄₀ = 40°C'da 500 volt D.C. geriliminin 1 dakikalık tatbikinde izolasyon direnci (megaohm)

k, = İzolasyon direnci sıcaklık sabitesi 40°C için bu katsayı 1 dir. Farklı sıcaklık için Şekil 3'e bak.

k_c = Sargı gerilim sabitesi
450 Volttan küçük gerilimler için k_c = 0,9
451- 800 Volt arasındaki gerilimler için k_c = 1-0
801-1500 Volt arasındaki gerilimler için k_c = 1-2
1501-2400 Volt arasındaki gerilimler için k_c = 1,4
2401-3000 Volt arasındaki gerilimler için k_c = 1-6

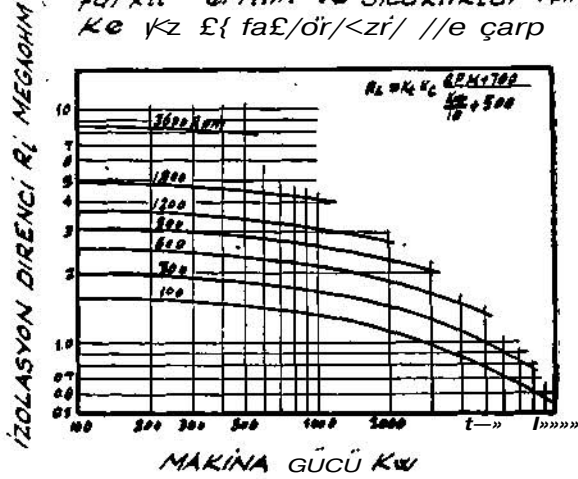
d/d : Dakikadaki devir sayısı
Şayet değişik hızlar kullanılıyorsa düşük hız değeri konur.

kw : Nominal makina gücü

Şekil 7 de 100 kw veya büyük muhtelif hızlardaki makinelerin 40°C deki izolasyon direnci gösterilmiştir.

6 — Doğru akım makinelerinin ikaz sargılarının 75°C da 500 Volt D.C. geriliminin 1 dakikalık tatbikinde izolasyon direnci 1 megaohm'dan az olmamalıdır. (Sıcaklıkların ırcası için Şekil 3'e bak)

100A'ya i/e üstündeki D.C makinalarında
/zo/osoor> a/rcnC/.
Sorgu s/co&/ğf 40 c ua mak'no gar/
/m/A5/-800V, 500V, OC ger/70m bir
değr egr'lar çıkarılmıştır ffi
farklı erilim ve sıcaklıklar için
ke vız E{ faE/ör/<zi/ //e çarp



Şekil: 7

AIEE standardında yukarıda belirtilmiş olan izolasyon direnci değerleri için «Döner alternatif akım makinaları için verilen yukarıdaki standard izolasyon değeri, temizlemeden sonra veya yüksek gerilim testi yapılabilmesi için asgari izolasyon değeridir. Normal işletmede makinalar bu değerlerin bir hayli aşağı değerlerinde çalışabilirler» denmektedir.

KTJRTJMA :

Bir çok elektrik makinaların nakliye ve montaj süresinde veya servis dışında kaldığı sürece rutubet alırlar ve bu sebeple servise sokulurken kurutulmaları icabeder. Makina servis dışında kalırken sargıların yeniden rutubet almasının önüne geçmek için gurubun sıcaklığının muhit sıcaklığından 5°C fazla olması lâzımdır.

Birçok guruplarda makina servis dışında beklerken sargılar üzerinde rutubet birikmesinin önüne geçmek için gurup içine ısıtıcılar yerleştirilir. Bu ısıtıcılar aynı zamanda montajın hitamında sargıların kurutulmasında da kullanılabilirler. Bu sebeple ısıtıcılar öyle yerleştirilmelidir ki kurutma işleminde de verimli bir şekilde istifade edilebilsin.

Elektrik makinalarının kurutulmasında muhtelif metodlar vardır, fakat hepsinde de sargıların çok fazla ısınmasından veya mevzii olarak aşırı ısınmalardan sakınmak lâzımdır. Makinaların süratli bir şekilde ısıtılmaları halinde sargı altındaki rutubetin çabucak genişlemesi neticesinde sargı izolasyonlarında bozulmalar olabilir. Bu husus bilhassa 13800 Voltluk makinalar

larda önemlidir. 5000 KVA'nın üstündeki veya gerilimi 4160 Volt ve yukarı makinaların kurutulması birkaç gün sürer.

Her halükârda sargının sıcaklığının maksimum sıcaklığa erişmesine 24 saatten önce müsaade edilmemelidir.

Isıtma metoduna bakılmaksızın kurutma eğrisi aşağıda belirtileceği şekilde çıkarılmalıdır.

TİPİK KURUTMA EĞRİSİ :

Sargıların ısıtılmasına başlanıldığı zaman izolasyon direnci düşer (Şekil 1 ve 3'e bak) fakat bilâhare bu düşme durur ve ısıtmaya devam edildikçe yükselmeye başlar. Sargının sıcaklığı maksimum değere eriştikten sonra bu değerde sabit olarak tutulmalıdır. Sargının izolasyon direnci yükselip kararlı değere eriştikten sonra da 24 saat bu sıcaklık muhafaza edilmelidir. Bu çok önemlidir. Şekil 1 deki iki eğrinin nokta nokta çizilmiş olan kısmı sıcaklık düşmesinin izolasyon direnci üzerindeki tesirini göstermektedir.

Her dört saatte bir sargı ve hava sıcaklığı ile birlikte izolasyon direnci' kaydedilmelidir. Kurutma süresi boyunca izolasyon direnci aynı cihazla ölçülmelidir (tercihan motorlu Meggerle) ve her okuma kati olarak bir dakikalık süre sonunda yapılmalıdır, tyı bir eğri çıkarılabilmesi için bu çok önemlidir.

Not : İzolasyon direncinin ölçülmesinde 100 Volt'tan 5000 Volt D.C. ye kadar gerilimler kullanılabilir. Fakat seçilen gerilimin ölçü yapılacak cihaz üzerinde tahribat yapmayacak kademedede olması lâzımdır.

500 Voltluk megger bütün senkron makinaların ikaz sargısının, bütün D.C. teçizatının, 600 volta kadar (600 volt dahil) A.C. stator sargılarının muayenesinde kullanılabilir. Daha yüksek gerilimdeki A.C. stator sargılarının muayenesinde 500 volt veya 1250 volt'luk Megger kullanılabilir. Maafih 500 voltluk Megger tercihe şayandır.

Kurutma ameliyesinin sonunda 10 dakikalık dielektrik absorpsiyon eğrisi çıkarılır. Bu eğri fabrika değeri ve gurubun servise sokulduğu zamanki değerle mukayese edilir. (Şekil 2 ye ve «test geriliminin tatbik süresinin tesiri» kısmına bak).

İzolasyon sıcaklığı sargı sönlarına konan termometre veya sargı bobini aralıklarına gömülü dedektörler vasıtasıyla ölçülmelidir. Sıcaklık makinanın her ucuna- yerleştirilmiş dört termometre veya gömülü bütün dedektörler vasıtasıyla ölçülüp kaydedilmelidir. Keza makinanın içerisindeki hava sıcaklıkları muhtelif noktalarda ölçülmelidir.

Sıcaklıklar ilk 24 saatte tedricen artırılmalı ve bu zamanda sıcaklıklar aşağıdaki değeri aşmamalıdır.

	Hava	A Sınıfı izolasyon	B Sınıfı izolasyon
Termometre ile	75°C	55°C	60°C
Dedektörle	75°C	70°C	80°C

Bu sıcaklık 24 saat sabit olarak tutulur. Eğer izolasyon direncinin artışı yatay konuma gelmez ise takriben 6 saat müddetle sıcaklık aşağıdaki değerlere yükseltilir :

	Hava	A Sınıfı izolasyon	B Sınıfı izolasyon
Termometre ile	85°C	75°C	85°C
Dedektörle	85°C	90°C	100°C

HAVALANDIRMA :

Kurutma esnasında sargıdaki ve sargı etrafındaki rutubet ısıtılmış havaya geçer. Eğer bu sıcak, rutubetli hava makineden uzaklaştırılmayacak olursa makina soğuyunca sargılar tekrar rutubetlenir. Bunun için makina kurutma ameliyesi boyunca devamlı olarak havalandırılmalı, temiz, mümkün mertebe kuru hava sevk edilmelidir.

Hava şevkinin çok fazla olmasına lüzum yoktur fakat devamlı ve sabit olmalıdır. Düşey eksenli makinelerde ve bazı yatay eksenli makinelerde üst ve alttaki kapaklardan bir miktarını açmak suretiyle tabii olarak hava akışı temin edilmiş dolayısıyla ısınmış, rutubetli hava dışarıya atılmış olur. Gurup dönüyor ise gurubun kendi üzerindeki hava vantilatörleri bu hava sirkülasyonunu temin edecektir

Hydrojenle soğutulan generatörlerde vantilasyon aşağıdaki gibi yapılır:

Makinanın iki tarafındaki iç ve dıştaki kontrol kapakları sökülür. Diğer hidrojen sızdırmazlık-conta ve irtibatlarının sökülmesine lüzum yoktur. Dış kontrol kapaklarından birine elektrik motoru ile tahrik edilen vantilatör ve filtre yerleştirilir. Bu vantilatörden statora serin, temiz, kuru hava sevk edilir, makinenin öbür ucundan sıcak, rutubetli hava çıkar.

Açık makineler umumiyetle çepeçevre bir muşamba ile kapatılır, fakat tepede ve döşeme hizasında kâfi ebatda hava girip çıkması için delik bırakılır. Böylece hava sirkülasyonu temin edilir.

STATORU KISA DEVRE EDİP GURUBU ÇALIŞTIRILARAK KURUTMA:

Bu metotla makinenin kurutulmasında stator uçları kısa devre edilir ve ikaz devresine kısmi bir ikaz akımı verilir. Armatürün en az iki

fazına akım transformatörü ve ampermetre kurulmalıdır. Keza ikaz akımı da gayet iyi kontrol edilebilmeli ve ölçülebilmelidir. Makinanın nominal hızında çalıştırılması şart değildir. Fakat düşük hızda çalıştırıldığı takdirde havalandırma zayıf olur ve ayrıca yataklar bakımından da gurubun düşük hızda çalıştırılması tehlikeli olabilir. (Bu hususta imalatçının talimatına bakılmalıdır) Sıcaklık kontrolü ikaz akımını değiştirmek suretiyle (dolayısıyla stator akımını değiştirerek) temin edilebileceği gibi eğer makina su ile soğutuluyorsa soğutma suyu miktarını değiştirmek suretiyle de yapılabilir.

Önce sargılardan takriben nominal akımının $\frac{1}{2}$ geçecek şekilde ikaz ayarlanır. Bu akım bilâhare sıcaklık uygun değere erişinceye kadar yavaş yavaş artırılır. (Tipik kurutma eğrisi bahsine bak). Yukarıda bahsedildiği gibi makina havalandırılır. Sıcaklıklar ve izolasyon direnci daha önce izah edildiği şekilde ölçülür.

Bu usül bilhassa buhar türbinleri ile tahrik edilmeyen makineler için tavsiye edilir.

Bu metod'a kurutmada umumiyetle rotor da statorla beraber kurur.

HARİCİ BİR AKIM KAYNAĞI İLE KURUTMA:

Bu kurutma tarzı, gurubun henüz çalıştırılmaya imkânının sağlanamamış olduğu zamanlarda yapılır. Statora dış kaynaktan alternatif akımın şevki, rotor çıkarıldıktan sonra yapılır. Fakat alternatif akımın ayan çok kolay olmadığı için kurutmada doğru akımın kullanılması daha uygundur. D.C. hem rotor hem de stator kurutması için uygundur. Seyyar bir alçak gerilim motor-generatör gurubu meselâ kaynak için kullanılan böyle bir makina, kurutma işinde de kullanılabilir. Kurutmada kullanılacak makinenin gerilimine göre üç faz sargısı paralel veya seri bağlan Rotor kurutulurken rotor durduğundan sirkülasyon akımı için fırçalar kullanılmamalı, uçlar kollektör bileziği kenarına sıkıca tutturmalıdır.

Evvelden belirtildiği gibi sargı sıcaklığı daha önce verilen değerleri aşmamalıdır ve bu derecelere yavaş yavaş erişilmelidir. Umumiyetle nominal akımın %50'si ile %100 ü bu sıcaklıklara erişmeye kâfi gelir. Isıtmaya nominal akımın %25, veya %50'si ile başlanmalıdır.

Rotorun kurutulmasında eğer rotor statorun içerisinde değil ise rotor sıcaklığı kolayca, mümkün olduğu kadar sargının yanına yerleştirilmiş termometreler vasıtasıyla ölçülebilir. Sıcaklıklara gayet yavaş getirilmelidir.

Eğer rotor stator içerisinde ise termometrelerin, ikaz sargısı yanına konması okuma güçlüğü bakımından pek uygun değildir; bu sebeple

«sıcaklıkla direnç değişimi» metoduyla sühnet yükselmesi tayin edilir. Bunun için rotordan doğru akım geçirilir ve kollektör bilezikleri arasındakı gerilim düğümü ölçülür, ohm kanununa göre de rotor sargısının rezistansı bulunur. Bu ölçüler gayet dikkatli ve güvenilir, cihazlarla yapılmalıdır. Oda sıcaklığındaki rotor direnci fabrika tarafından verilmiş ise veyahut ısıtmaya geçmeden önce direnç ve muhit sıcaklığı ölçülürse ısıtma sırasında bulunan direnç değişimi ile sargının sıcaklığı bulunur ve bu sıcaklığın önceden bildirilen limitleri aşmaması için rotor sargısından geçirilen akım tahdit edilir.

Sıcak vaziyetteki direnç ölçülünce sargı sıcaklığı aşağıdaki denklemden kolayca tayin edilebilir.

$$T = \frac{R}{r} (234,5 + t) - 234,5$$

Burada :

R = T sıcaklığındaki sargının sıcak direnci
r = t sıcaklığındaki (oda sıcaklığı) sargının soğuk direnci

T = Rotorun sıcak iken R direncinin ölçüldüğü sargı sıcaklığı °C

t = Rotorun soğuk iken r direncinin ölçüldüğü sıcaklık. Bu aynı zamanda rotor gövdesi sıcaklığıdır.

Meselâ :

Kurutmaya başlamadan önce ölçülen rotorun soğuk direnci 0,5 ohm, ve bu esnada sıcaklıkta 25°C olsun. Kurutma esnasında rotorun sıcak direnci 0,65 ohm. ölçülsün.

O halde sargı sıcaklığı :

$$T = \frac{0,65}{0,5} (234,5 + 25) - 234,5 = 103^{\circ}\text{C}$$

bulunur.

Bu metodla sargı sıcaklığının tayininde T sargı sıcaklığı kurutma boyunca 100° C'ı sureti katiyede geçmemelidir.

İHTAR:

DIŞARDAN BİR D.C. KAYNAĞI VASİTASIYLA YAPILAN KURUTMADA BU KAYNAK DOĞRUDAN DOĞRUYA GENERATÖRÜN STATORUNA VEYA ROTORUNA BAĞLANMALI ARAYA SİGORTA, DİSJKTÖR, SEKSİYONER KONMAMALIDIR. AKIM, D.C. GENERATÖRÜNÜN ÇALIŞTIRILMASI VEYA DURDURULMASI İLE TATBİK EDİLMELİ VEYA KESİLMELİDİR.

STATOR VEYA ROTOR SARGILARINA TATBİK EDİLEN AKIMIN ANİ KESİLMESİ SARGILARDA TEHLİKELİ YÜKSEK GERİLİM ENDÜKLER VE BU DA SARGILARDA TAHRİBAT YAPAR.

Doğru akım makinalarının kurutulmasında makina dururken makina içinden akım geçirmek pek tavsiye edilmez. Eğer doğru akım motor ve generatörünün az yükte çalışması mümkünse ve talimatname müsaade ediyorsa bu makinalar, hat geriliminde, önce az yükte, bilâhare yükü artırarak sargı sıcaklığını tedricen arttırmak suretiyle kurutulmalıdırlar.

YÜKSEK GERİLİM TESTİ :

Gerek yeni ve gerekse eski makinalarda her zaman yüksek gerilim testi yapılması tavsiye edilmez, çünkü izolasyonun yüksek gerilime maruz kalması onu her seferinde biraz daha zayıflatır.

Yeni bir teçhizatın montajını müteakip eğer yüksek gerilim testi talep edilirse bu takdirde ÖNCE SARGILARIN KURUTULMASI lâzımdır.

Eski makinalar da yüksek gerilim testi yapılacak olursa TATBİK EDİLECEK GERİLİM ASLA NOMİNAL GERİLİMİN % 140 im GEÇMEMELİDİR.

MAKİNALAB SEB'İS DİŞİNDA İKEN BUTUBETLENMESİNİN ÖNLENMESİ :

Makinaların servis dışında uzun müddet kalması halinde sargı üzerinde rutubet yoğunlaşması olur ve bu izolasyon direncini süratle düşürür. İklim şartlarına ve bilhassa bölgenin rutubetlilik ve soğukluk derecesine göre uzun süre servis dışı kalacak makinalarda sargı sıcaklığının düşmesini önleyecek tedbirler almak lâzımdır. Sargı sıcaklığı daimi olarak muhit sıcaklığından asgarî 5°C fazla olmalıdır. Bunun için aşağıdaki usuller kullanılır :

a — Isıtıcılar kullanmak : Yatay eksenli makinaların her iki ucuna, düşey eksenli makinalarda tabanda hava bölümüne ısıtıcılar yerleştirilir. Bu ısıtıcıların gücü makina gücünün takriben

1000

dışında kalacak ise bu ısıtıcılar servise sokulur ve makinanın soğuması dolayısıyla rutubet yoğunlaşması önlenmiş olur. En pratik usuldür. Bu ısıtıcılar makinanın kurutulmasında da kullanılabilir. Makina servise konurken ısıtıcıların servis dışı edilmesi unutulmamalıdır. Aksi takdirde gurupta aşın ısınma dolayısıyla İzolasyon tahribatı olur.

b — Makina açlarını kısa devre etmek :

Kurutmada İzah edildiği gibi makina uçları kısa devre edilerek düşük ikazla yarım güçte ve mahzur yok ise yarım devirde çalıştırılır. Bu takdirde makinanın daimî olarak kontrol altında bulundurulması lâzımdır.

c — tkaz sargisiyla ısıtma :

Rotorun kurutulmasında izah edildiği gibi rotor sargılan dışarıdan bir doğru akım kaynağı vasıtasıyla beslenerek gurubun devamlı sıcak kalması sağlanabilir. Akım kaynağı fırçalara bağlanmamalı doğrudan bileziklere irtibatlandırılmalıdır. Makinanın tam güçteki ikaz akımının % 15'i normal olarak kâfi gelir. Makina devamlı olarak kontrol altında bulundurulmalıdır.

d — Buharda ısıtma :

Pratik değildir, stator hava boşluğuna konan serpantinlerden buhar geçirmek suretiyle stator

sıcaklığı devamlı muhit sıcaklığından yukarıda tutulur. Bütün vana ve bağlantılar dışarıda bulunmalı, bir negatif basınçla gurup içine buhar sızması önlenmeli, serpantinin kendi kendine tabii meylliyle drenajı sağlanmalıdır.

REFERANSLAR

- 1 — Elliott Company. Electrical Equipment Bulletin.
- 2 — AIEE standartları No. 43 ve No. 503
- 3 — USBR. Power O. and M. Bulletin No. 3
- 4 — Hydro Electric Engineering Practice. (J. GUTHRIE BROWN) (P. L. BLACKSTONE)
- 5 — Standard Handbook for Electrical Engineers. (A. E. KNOWLTON)



ACI KAYBIMIZ

Üyemiz Yılmaz Endirlik 27/3/1966 günü geçirdiği bir kalp krizi neticesi Ankara'da vefat etmiştir.

1935 tarihinde Kırşehir'de doğan Yılmaz Endirlik 1959 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'ne bağ Teknik Okulu Elektrik Şubesi'nden Elektrik Mühendisi olarak mezun olmuştur. Yedek Subaylık hizmetinden sonra Kayseri'de çalışan merhum'a Tanrıdan rahmet, kederli ailesi ile yalanlarına başsağlığı dileriz.

Not : Merhum özel Yardımlaşma Sandığı üyesidir.