

Direne Testleri Klavuzu*

Derleyen: **Bülent**

DAMAR

TEK

ÖZET

Bu yazıda döner makine sargılarının izolasyon direncinin tarif ve açıklanması yapılmış, izolasyon direncini etkileyen etkenler incelenmiş ve izolasyon direnci ölçümleri için yöntemler anlatılmıştır. Aynı zamanda belirtilen yöntemlerle yapılan ölçüm ve test sonuçlarının ne şekilde değerlendirileceği de gösterilmiştir.

SUMMARY

in this article insulation resistance as applied to the -windings of rotating machines is described and defined. Also the factors which affect the insulation resistance are reviewed and uniform methods for measuring insulation resistance are told. A basis for interpreting insulation resistance test results is also outlined.

1. GENEL

1.1 Bu klavuz her türlü sargı tipi ve her gerilimdeki döner makinelerin izolasyon dirençlerinin ölçülmesi için uygun bir yöntemi kapsamaktadır.

1.1.1 Bu yöntem senkron, asenkron, doğru akım makineleri ve senkron konverterlere uygulanabilir.

1.1.2 Bu yöntem armatür ve saha sargıları için geçerlidir.

1.1.3 Bu yöntem fraksiyonel HP tipi motorlara uygulanamaz.

1.2 Bu klavuz; döner makine sargılarının izolasyon direnç niteliklerini, bu niteliklerin sargının durumunu ne dereceye kadar belirlediğini ve izolasyon direnç değerlerini elde etmek için yapılacak test yöntemlerini açıklamaktadır. Bu-

* AIEE'nin yayınladığı «Recommended Guide for Testing insulation Resistance of Rotating Machinery», 1 Mart 1961, broşüründen derlenmiştir.

radan dalgalı akım ve doğru akım döner makine sargılarında önerilen minimum izolasyon direnç değerleri elde edilebilir. Klavuz ekinde ise kurutma yöntemi ile ilgili olan bakım bilgileri verilmiştir.

2. AMAÇ

2.1 Bu klavuzun amacı:

2.1.1 Döner makinelerin sargılarına tatbik edilen izolasyon direncini açıklamak ve tarif etmek,

2.1.2 izolasyon direncini etkileyen veya değişiren faktörleri incelemek ve standart test koşulları önermek,

2.1.3 Hatalı sonuçları elimine etme yollarını gözönüne alarak izolasyon direnci ölçümleri için uygun bir yöntem önermek ve açıklamak,

2.1.4 Sargının işletme veya aşın gerilim testlerine uygunluğunu saptamak için izolasyon direnci test sonuçlarını inceleyecek bir kriter sağlamak.

2.1.5 Çeşitli döner makineler için; makine değerlerinden faydalanarak önerilen minimum izolasyon direncinin bulunmasını sağlayacak bir formül saptamaktır.

3. İZOLASYON DİRENCİ, GENEL TEORİ, KULLANILIŞI, LİMİTLERİ

3.1 Genel olarak izolasyon direnci; uygulanan gerilimin elektrifikasyonun başlamasından itibaren ölçülen bir zaman dilimi içindeki akım değerine bölünmesinden elde edilen terim olarak tanımlanır. Bundan dolayı bu Jdavuzda bir dakikalık ve on dakikalık izolasyon dirençlerinden bahsedilecektir.

3.1.1 Uygulanan gerilim sonucu meydana gelen akım iki bölüme ayrılır: izolasyon yüzeyi üzerindeki kaçak yollarından akan akım ve izolasyonun hacmi içinde akan akım. İzolasyonun hacmi içinde akan akım ise aşağıda anlatıldığı şekilde başka bölümlere de ayrılabilir:

3.1.1.1 Kısa zamanlı ve nisbeten daha büyük kapasitans şarj akımı: Genel olarak ilk değer alındığında şarj akımı -kaybolmuş olur ve ölçümü etkilemez.

3.1.1.2 Soğurma (absorbe) akımı nisbeten büyük ilk değerinden sıfıra doğru azalır. Direnç/aman ilişkisi bir güç fonksiyonudur ve log-log grafik kağıdında doğru olarak belirlir. Genel olarak testin ilk bir kaç dakikasında ölçülen direnç soğurma akımı tarafından tayin edilir.

3.1.1.3 İletilen akım ve yüzey kaçak akımı pratikte zamanla değişmez. Bu akımlar soğurma akımı kaybolduktan sonra üstünlük kazanırlar.

3.1.2 Uygulanan gerilimin kesilmesi ve uygun bir -deşarj devresi temini halinde dki bölümden oluşan birdeşarj meydana gelir.

3.1.2.1 Deşarj direncine bağlı olarak meydana gelen ani kapasitansdeşarj akımı.

3.1.2.2 Bölüm 3.1.1.2'de anlatıldığı gibi büyük bir ilk değerden sıfıra doğru azalan soğurma akımı.

3.2 Döner bir makinenin izolasyon direnci; izolasyon malzemesinin -tip ve yapım şeklinin bir fonksiyonudur. -Genel olarak bu direnç izolasyon kalınlığı ile doğrudan, iletken yüzey alanı ile dolaylı orantılı olarak değişir.

33 izolasyon direnç ölçümleri Bölüm 4'de anlatılan faktörler tarafından etkilenir:

- 33.1 Yüzey koşulları,
- 33.2 Nem,
- 33.3 Isı,
- 33.4 Test geriliminin değeri,
- 33.5 -Test geriliminin uygulanma süresi,
- 33.6 Sargı içindeki artık şarj.

3.4 **İzolasyon** direnci değerleri test geriliminin bir dakikalık uygulamasından sonra alınır.

Eğer olanaklar elverirse polarizasyon endeksinin bulunabilmesi için on dakikalık uygulanmadan sonra da değerler alınmalıdır.

3J5 Makine sargılarının izolasyon direnç ölçümlerinin eğrilerinin çizilmesi 8. Bölüm'de anlatılmıştır. Polarizasyon endeksi (10 dakikalık izolasyon direncinin 1 dakikalık izolasyon direncine oranı) bir makinenin aşırı gerilim veya normal işletme testine uygunluğunu saptamakta faydalı bir etkidir. Bu amaç için ısının etkisi genel olarak ihmal edilecek kadar küçüktür ve ısı doğrultması gerekmez. Fakat (82 ve 8.3 borularına bakınız) yalnızca 1 dakikalık izolasyon direnç değerleri mevcutsa, bu değerler ısıya göre doğrultulduktan sonra (Bölüm 4.3'e bakınız) hesapla önerilen minimum izolasyon direnç değeri ile karşılaştırılmalıdır.

4. İZOLASYON DİRENCİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

4.1 Yüzey durumunun etkisi:

4.1.1 Pürüzlü yüzeylerde birikmiş olan karbon tozları gibi yabancı maddeler izolasyon direncini düşürür. Bu faktör bilhassa daha fazla pürüzlü yüzeylere sahip olan doğru akım makineleri için önemlidir.

4.1.2 Kuru olduğu zaman iletken olmayan izolasyon yüzeyleri üzerindeki tozlar nem kaplıklarını zaman zaman yarı iletken hale gelir ve izolasyon direncini düşürürler.

4.1.3 izolasyon direnci; kirlenme veya aşırı yüzey nemi dolayısıyla düşmüşse ve arıza mevcut değilse, -temizleme ve kurutma yolları ile asıl değerine döndürülebilir (Ek'e bakınız).

4.2 Nemin etkisi:

4.2.1 Sargı yüzeyinin temizliğine bağlı olmaksızın, sargı ısısının çevre havasının yoğunlaşma noktası veya bu noktanın altında bir değerde olması halinde izolasyon yüzeyi üzerinde bir nem tabakası meydana gelir ve bu durumda izolasyon direncini düşürür. Eğer yüzey kirlenmiş ise bunun etkisi daha fazla olur. Sargı ısısının yoğunlaşma noktasının üstünde olduğu bir zamanda direnç ölçümü yapılması önemle gereklidir.

4.2.2 Birçok sargı izolasyon tipleri higroskopiktir (nem çekici) ve nem çevre havasından izolasyonun bünyesine çekilebilir. Soğutulan nemli izolasyon direnci üzerindeki etkisi çok fazladır, işletme halinde olan -makinenin ısı genel olarak izolasyonu kuru tutacak kapasitededir. Servis hariç olan makineler ise ısıyı yo-

ğunlaşma noktasının altında tutabilmek için ısıtılabilirler.

4.2.3 Serviste olan bir makinenin testi yapılabildiği zaman, makinenin sargı ısı çevre ısısına düşmeden önce test yapılmalıdır. Uygulanabilir çek ısı katsayısının bulunabilmesi için değişik ısılarında testlerin yapılması gereklidir (Bölüm 4.3.4'e bakınız).

4.3 Isının etkisi:

4.3.1 izolasyon durumunu saptamak için polarizasyon endeksi kullanıldığı zaman ısının etkisi ihmal edilecek kadar azdır ve bundan dolayı da ısı düzeltmesi hesaplanmasına gerek yoktur. Isının polarizasyon endeksi üzerindeki etkisi; makinenin ısının bir ve on dakikalık değerler arasında değişmemesi halinde ise çok azdır.

4.3.2 Bir çok maddenin izolasyon direnci ısı ile ters orantılıdır.

4.3.3 izolasyon direnç test sonuçlarının karşılaştırmasını yaparken veya bu yazıda verildiği şekilde önerilen minimum izolasyon direnç değerini uygularken; ısının etkisini en düşük düzeyde tutabilmek için testin 40° C bazına göre düzeltilmesi önemlidir. Düzeltme (1) eşitliği ile kolayca yapılabilir:

$$R_{40^{\circ}C} = R_{t40^{\circ}C} \times R_t \quad (D)$$

Burada

$R_{M0c} = 40^{\circ}C$ için düzeltilmiş izolasyon direnci (MÖ olarak).

$R_t = t^{\circ}C$ 'da ölçülen izolasyon direnci (MQ olarak).

$K^{\circ}C =$ Bölüm 4.3.4'e uygun olarak bulunan $f^{\circ}C$ 'da görülen izolasyon direnci ısı katsayısı (Şekil 1'e bakınız).

4.3.3.1 izolasyon direnci ısı katsayısı izolasyon direncini etkileyen bütün etkenlerden etkilenir (Bölüm 4.1, 4.2).

4.3.4 izolasyon direncinin 40°C'a göre düzeltilmesi yoğunlaşma noktası üzerinde değişik ısılarda ölçmeler yaparak bunların sonuçlarının eğrisini çizmekle de yapılabilir, izolasyon direnci için logaritmik ve ısı içinde doğrusal ölçek kullanılırsa test noktaları yaklaşık olarak 40°C değerlerini veren bir doğru meydana getirir. Buna benzer olarak, herhangi bir ısı derecesi için bu eğriden faydalanılıp (1) eşitliği kullanılarak $K_{140^{\circ}C}$ bulunabilir.

4.3.5 Isı katsayısı için yaklaşık bir değer Şekil 1'den elde edilebilir. Bu eğri her 10°C'lık ısı düşümüne karşı izolasyon direncini iki misli artırarak elde edilmiştir (yoğunlaşma noktası üstünde) ve fabrikalarda test edilen yeni sargılara uygun olduğu görülmüştür.

u 100i?

50

en
>

10

5

10
10
10
10

en

0 M

0,1

0,0*

100 10203060S060138090100
SARGI ISISI it)

Şekil 1. Döner makine armatür sargıların izolasyon direncinin ısı katsayısı (yaklaşık).

4.4 Test geriliminin etkisi:

4.4.1 izolasyon direnç ölçümlerinde uygulanan gerilim aynı zamanda gerilim testinin de yapılması demektir, bu nedenle sargının gerilim değerleri ve izolasyonun niteliği ile kısıtlanmaz. Bu koşul bilhassa küçük, alçak gerilimli makineler veya ıslak ve su içinde kullanılan birimler için önemlidir.

Test gerilimi çok yüksek tutulursa, uygulanan test gerilimi aşırı gerilme meydana getirip izolasyonun yanmasına neden olabilir.

4.4.2 izolasyon direnç testleri genel olarak 500-5000 V DA gerilimleri kullanılarak yapılır, izolasyon direncinin değeri uygulanan gerilimin yükselmesi ile az miktarda düşer, ancak iyi durumda olan makinelerde normal işletme geriliminin maksimum noktasına kadar uygulanan test gerilimlerinde aynı izolasyon direnç değeri elde edilir.

4.4.3 Uygulanan gerilimin artması ile izolasyon direnci belli bir oranda azalıyor, bunun n&denleri

— Uygulanan izolasyonda nem ve kirlerin meydana getirdiği anızalar,

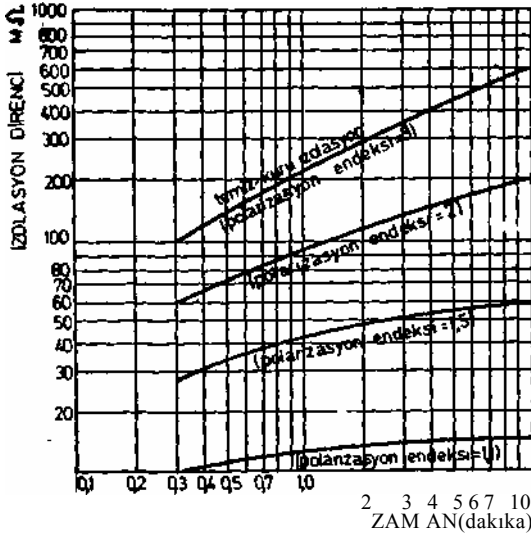
— Yalnızca kir ve nem,

— ve herhangi bir arıza ve zayıflıktan -dolayı meydana gelmemiş olan diğer sayısız nedenler olabilir. Doğru akım aşırı gerilim izolasyon testlerinde kullanılan gerilimlerde direncin değişimi daha fazla görülür.

4.5 Test gerilimini uygulama süresinin etkisi; polarizasyon endeksi:

4.5.1 Bir sargının izolasyon direnci genel olarak doğrudan test geriliminin uygulanma süresi ile orantılı olarak artacaktır (Şekil 2'ye bakınız). Artış ilk gerilim uygulanması esnasında hızlı olacak ve zaman geçtikçe değerler sabit duruma varacaktır. 30 saniyelik gerilim uygulanmasından sonra bu dirençler son değerlerinin küçük bir oranı olabilirler, tyi durumdaki kuru bir sargının izolasyon direnci sabit bir test geriliminin devamlı uygulanması halinde saatlerce yükselmeye devam edebilir. Fakat yaklaşık olarak sabit bir değere 10-15 dakika sonra ulaşılır. Eğer sargı kirli ve ıslaksa son değere test geriliminin uygulanmasından 1-2 dakika sonra ulaşılır, izolasyon durumunu gösteren eğrinin eğimi genel olarak 10 dakikalık bir testten sonra belirgin hale gelir.

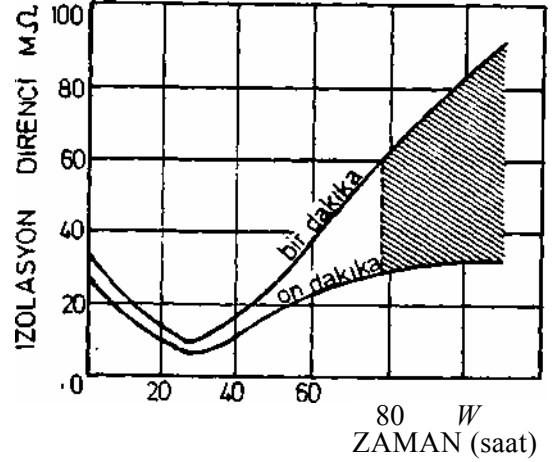
4.5.1.1 Test gerilimi uygulanma süresi ile meydana gelen izolasyon direnci artımının miktarı bir sargının temizlik ve kuruluşunu saptamakta faydalı olabilir. Eğer olanaklar^ elverişirse, test gerilimi dielektrik soğurma niteliğini saptamak amacıyla on dakika ve daha fazla uygulanabilir. Bu nitelik .sargı içideki nem ve kirin miktarını ölçmeye yarar.



Şekil 2, Sınıf B izolasyonlu dalgalı akün armatür sargılar için izolasyon direncinin zamanla değişimini gösteren tipik eğriler.

4.5.2 Polarizasyon endeksi on dakikalık direnç değerinin bir dakikalık değere orandır. Pola-

rizasyon endeksi nitelik eğrisinin şeklim tarif etmeye yarayan (Bölüm 4.5.1.1 ve Şekil 2 ve 3) sayısal olarak düşünülebilir. Çünkü yükselen bir eğri endeksi arttırma, düzleşen bir eğri ise endeksi azaltma yönünden etki eder. Polarizasyon endeksi sargının kuruluk ve aşın gerilim testlerine uygunluğunu saptamakta faydalıdır. Polarizasyon endeksini saptamak için yapılacak ölçmeler aşırı gerilim testi yapılmadan hemen önce yapılmalıdır (Bölüm 8 ve 9).



Şekil 3. Sınıf B izolasyonlu dalgalı akını armatür sargılarının kurutma işlemi esnasında bir dakika ve 10 dakika izolasyon dirençlerinde meydana gelen değişimler.

İlk sargı ısısı :2S°C

Son sargı ısısı :73°C

4.5.3 İzolasyon direncinin 1 dakikalık değerleri -soğurma niteliklerinden etkilenir. Fakat bir dakikalık izolasyon direnci daha önceki ve sonraki değerlerle yapılacak karşılaştırmalarla izolasyon durumunu saptamak amacıyla için faydalıdır. •

4.6 Sargı direnç ölçümlerinde artık şarjın etkisi:

4.6.1 Eğer izolasyon içinde artık şarj mevcutsa izolasyon direnci ölçümleri yalnız olur. Bundan dolayı izolasyon direncini veya polarizasyon endeksini ölçmeden önce sargı tamamen toprağa deşarj edilmelidir. Eğer deşarjın yeterliliğinden şüphe edilirse, deşarj akımı ölçülmelidir. Bu deşarj akımı .beklenen test akımına göre ihmal edilebilecek kadar .küçük olmalıdır.

4.6.2 Yüksek doğru akım gerilimi uygulandıktan sonra, sargıların topraklanması güvenlik ve test doğruluğu için çok önemlidir. Uygun bir deşarj için topraklama zamanı bir kaç saat süreli olabilir.

5. İZOLASYON DİRENCİNİN ÖLÇÜLMESİ İÇİN KOŞULLAR

5.1 Eğer ölçü yüzey durumundan dolayı izolasyon hakkında bilgi edinilmek için yapıyorsa izolasyon yüzeyi temiz ve kuru olmalıdır. Nemli havada yapılan testlerde yüzey temizliği çok önemlidir.

5.2 Nemin sargı izalasyonu üzerinde yoğunlaşmasını önlemek için sargı sıcaklığı yoğunlaşma noktasının birkaç derece üstünde olmalıdır. Makine sargılarının izolasyon dirençlerinin karşılaştırılmalarında 40°C bazının kullanılması gereklidir.

5.3 izolasyon direnci testleri yapılırken makinenin durmuş olması gerekli değildir.

5.3.1 Döner sargının makinenin serviste olduğu hallerde benzer şekilde bir merkezkaç etkenin altında olduğu zamanlarda izolasyon direncinin ölçülmesi genel olarak faydalıdır.

5.3.2 Bazı özel hallerde; makine kısa devre kurutulmasına tabi tutulduğu zaman içinde periyodik izolasyon direnci ölçümleri yapılması faydalıdır.

5.3.3 Genel olarak makineler izolasyon direnç ölçümleri sonunda sükunet halindedir. Fakat böyle olmadığı zamanlarda personel ve teçhizatın zarar görmeyeceği tedbirlerin alınması gereklidir, test raporları meydana gelen kaideleri de kapsamaktadır.

6. İZOLASYON DİRENÇ TESTLERİNDE SARGI BAĞLANTILARI

6.1 Her fazı toprakla ve öteki fazlar da topraklı olarak test etmek faydalıdır. Bu benzer durumlarda toprak ve fazlararası karşılaştırma yapılmasını sağlar.

6.2 Bağlantı uçları, fırça donatımı, kablolar, anahtarlar, kondansatörler, parafudrlar ve öteki dış teçhizat izolasyon direnci testi değerlerine belli bir oranda etki ederler. Bundan dolayı bir makinenin sargısının özellikle izolasyon direnç değerleri düşükse bütün dış etkenlerden arınmış bir durumda iken izolasyon direnç değerlerinin ölçülmesi yerinde olur.

7. İZOLASYON DİRENCİ ÖLÇME YÖNTEMLERİ, ÖN TEDBİRLER

7.1 İzolasyon direncinin direkt ölçümü aşağıdaki cihazlarla yapılabilir:

7.1.1 Kendinden el veya enerji ile işletilen generatöre sahip, doğrudan göstergeli ohmmetre.

7.1.2 Kendinden bataryalı, doğrudan göstergeli ohmmetre.

7.1.3 Dışardan AA alan, kendinden doğrultmaçlı, doğrudan göstergeli ohmmetre.

7.1.4 Kendinden galvonometre ve bataryalı direnç köprüsü.

12 izolasyon direnci dış DA kaynağı kullanılarak ve bir voltmetre ve mikroampermetre ile hesap edilebilir:

7.2.1 Voltmetre-ampermetre yöntemi izolasyon direncinin basit olarak ölçülmesini sağlar. Bu yöntemde izolasyona uygulanan gerilim ve üzerinden geçen akım ölçülür.

Bir DA gerilim kaynağı ve en yüksek ve en düşük gerilimlere uygun voltmetre gereklidir. Ampermetre ise çok kademeli mikrometre olmalı ve uygulanan gerilim veya gerilimlerdeki kaçak akımları ölçülebilecek nitelikte olmalıdır.

7.2.2 Mikrometre, ilk anlarda kapasitans şarj ve ilk soğurma akımlarından zarar görmemesinin sağlanması için en yüksek kademesinde veya kısa devre edilmiş olmalıdır.

7.2.3. Eğer mikroampermetre test geriliminde ise operatörün güvenliği için gerekli ön tedbirler alınmalıdır. Bu, cihazı ölçmelerdeki yanlışlıklara karşı izole etmekle elde edilebilir.

7.2.4 500 V'un üzerindeki test gerilimlerinde kaçak akımların ve korona kayıplarının test değerlerinde yanlışlıklara neden olmaması için:

— Sargı ile test cihazları arasındaki uçlar iyi ce izole edilmeli,

— Toprakla mesafesi uzak olmalıdır.

7.2.4.1 Sargının iki ucu da; dalgalanmayı ve test süresi içinde izolasyonun düşmesini önlemek için, aynı anda bağlanmalıdır.

7.2.5 Direnç $R = E/I$ eşitliğinden elde edilir.

Burada

$R = M\ddot{U}$ olarak izolasyon direnci

$E =$ Voltmetre değeri (V)

$I =$ Ampermetre değeri (^A)

dir ve bunlar test gerilimin uygulanmasından belli bir süre sonra alınan değerlerdir.

7.3 Genel olarak izolasyona uygulanan gerilimi istenilen test değerine getirmek için belli bir süre gereklidir. Fakat istenen gerilim mümkün olduğu kadar çabuk uygulanmalıdır.

7.4 Test gerilimleri, motorlu generatörlerle, bataryalarla veya redresörlerle sağlanan cihazlar genel olarak bir dakikalık sürenin üzerindeki testler için kullanılırlar, yani dielektrik soğurma veya polarizasyon endeksi testleri gibi (Bölüm 8 ve 9).

7.5 Makine sargısının kapasitansına bağlı olarak meydana gelecek olan şarj akımındaki dalgalanmaları önlemek için doğru akım kaynağının çıkış geriliminin sabit olması gereklidir. Eğer yüksek gerilimli doğru akım test cihazla-

rı bir dalgalı akım kaynağından besleniyorsa, bu kaynak doğru akım cihazına saJınımsız akım temin etmesi için ayarlanmalıdır.

7.6 Test cihazlarında koruyucu dirençler kul lanıldığında, bunların test edilen izolasyona uy gulan gerilim üzerindeki etkileri dikkate alınmalıdır. Dirençlerdeki gerilim düşümü özel likle düşük izolasyon direnci ölçümlerinde ci haz geriliminin belli bir yüzdesine kadar ula şabilir.

7.7 önceki ve gelecekteki testleri karşılaştıra bilmek için; aynı gerilim, aynı yöntem kullanı larak ve aynı koşullarda uygulanmalıdır. Ancak bu şekilde test sonuçlarınınca doğru bir karşı laştırılması yapılabilir.

8. İZALOSYON DİRENÇ TEST SONUÇLARI- NIN YORUMLANMASI

8.1 izolasyon direnç testlerinden geçmişte elde edilen değerler, eğer aynı koşullarda test ya pılırsa, yeni değerlerin kontrolunda iyi bir öl çüt olurlar.

Bir makineye aşın gerilim testlerinin uygula nabilmesi veya işletmeye başlanabilmesi için, şimdiki polarizasyon endeksi ve bir dakikalık izolasyon direnç değerlerinin, 40°C'a göre düzel tilmiş olarak, geçmişteki değerlerle karşılaştı rılması gereklidir (Bölüm 4.3.4).

8.2 Eğer geçmişte yapılan testlerin değerleri mevcut değilse sargının aşırı gerilim testine ve ya işletmeye uygun olup olmadığı, polarizas yon endeksini veya bir dakikalık izolasyon di rencini inceleyerek saptanabilir. Ölçülen bir da kikalık izolasyon direnci, 40°C'a göre düzel tilmiş olarak, bu kılavuzda belirtilen formüle uygun olarak elde edilecek en düşük direnç değerine eşit olmalıdır.

8.2.1 izolasyon direncinin ortalama veya en yüksek değerleri en düşük değerinin 10 ila 100 katı olabilir.

8.2.2 Yüzey alanı çok büyük olan sargıların, büyük ve alçak devirli makinelerin veya komü tatörlü makinelerin izolasyon dirençleri teorik değerlerinden az küçük olabilir,

8.3 izolasyon direncinin değeri makine sargı sının durumunu saptamak için yararlı bir kıla vuzdur. Fakat bu tam bir ölçek olarak düşü nülmemelidir. Bunun bir çok kısıtlamaları var dır.

8.3.1 Bir sargının izolasyon direnci onun die^ lektrik dayanımına doğrudan bağlı değildir. Bir sargının elektriki olarak bozulacağı izolas yon direnç değerini saptamak olanaksızdır. ,

8.4 Belli bir gerilimde yapılan tek bir izolas yon direnç ölçümü sargı içinde yabancı mad delerin yoğunlaşmış veya dağınmık olarak bulun duğunu gösteremez.

8.5 Polarizasyon endeksi

– 10 dakikalık direnç değeri l
dakikalık direnç değeri

8.5.1 Şekil 2 ve 3'de izolasyonun değişik koşul lardaki durumlarını gösteren tipik direnç-za man karakteristik eğrileri verilmiştir. Eğriler polarizasyon endeksinin anlamını belirtmekte dir. Polarizasyon endeksi genel olarak makine ısısının hızla değişmediği durumlarda ısıdan etkilenmez (Bölüm 4.3).

8.5.2 Sargı durumuna, izolasyon sınıfına ve makine tipine bağlı olarak polarizasyon endek si 1-7 değerleri arasındadır. 130°C'lık (Sınıf B) mika izolasyonu genel olarak 105°C'lık (Sınıf A) vernikli izolasyondan daha yüksek polari zasyon endeksine sahiptir. Sargılar 'üzerindeki nem veya iletken tozlar polarizasyon endeksini düşürür. Yüksek gerilimli dalgalı akım makine lerinin uçlarına korona 'kayıplarım önlemek amacı' ile yan iletken maddeler eklendiği du rumlarda polarizasyon endeksi bu eklerin ya pılmadığı makinelere göre daha düşük olur.

8.5.3 Eğer polarizasyon endeksi aşın nem ve ya kir nedeni ile düşmüşse, temizleme ve-ku rutma işlemleri ile normal değerine getirilebi lir. Ek bölüm ile belirtildiği şekilde izolasyon kurutma işlemi yapılırken polarizasyon endek si, kurutma işleminin ne zaman sona erdirile ceğini belirtecek bir ölçüt olarak kullanılabilir (Şekil 3).

9. POLARİZASYON ENDEKSİ VE İZOLA& YON DİRENCİNİN MİNİMUM DEĞERLERİ

9.1 Burada dalgalı akım veya doğru akım dö ner makine sargıları için 40°C'da en düşük izo lasyon direnç (R^) veya polarizasyon endeks değerleri terimleri makinenin uygun bir aşırı gerilim testine tabi tutulması veya işletme için servise sokulmasından önceki en düşük değere leri gösterir. (Bölüm 9.4 vs 9.5). 9.1.1 Makinenin daha düşük değerlerinde çalışamayacağı en düşük polarizasyon endeks veya izolasyon direnç değerlerini tam olarak saptamak pratikte olanaksızdır.

9.1.1.1 Bazı zamanlarda makinelerin saptanan en düşük değerlerden daha düşük değerlerde çalıştırıldıkları görülebilir, fakat bu iyi bir iş letme biçimi değildir.

9.1.2 Bazı durumlarda dielektrik dayanımı et kilemeyen özel izolasyon maddeleri veya proje leri ile en düşük değerlerin altında değerler elde edilebilir.

9.1.3 Bir makinenin uçlarına korona kayıpla rını önlemek amacı ile yan iletken maddeler eklenmişse, elde edilen izolasyon direnç değere leri aynı işlemin uygulanmadığı bir makineden daha düşük olabilir.

92 Dalgalı akım veya doğru akım döner makine neleri için salık verdiğimiz polarizasyon endeksi değerleri aşağıdadır:

105°C'lık (Sınıf A) izolasyon sistemleri için 1,5.
130°C'lık (Sınıf B) izolasyon sistemleri için 2,0.

93 Dalgalı akım ve doğru akım makineleri armatür sargıları ve dalgalı ve doğru akım makine neleri saha sargıları için salık verilen en düşük izolasyon direnç değeri (R_m) aşağıdaki formül ile elde edilir :

$$R_m = kV + 1$$

Burada

R_m = Salık verilen en düşük izolasyon direnç değeri olarak ve tüm makine sargısının 40°C olduğu halde.

kV = Anma makine gerilimi, kilovolt olarak.
9.3.1 Salık verdiğimiz en düşük izolasyon direnç değeri (R_m) ile kıyaslanacak olan sargı izolasyon direnci, tüm sargıya bir dakika süreyle doğru gerilim uygulanması sonucu elde edilecek olan izolasyon direncinin 40°C'a göre düzeltilmiş şeklidir.

9.32 Eğer sargı 40°C sıcaklıkta değilse ısı düzeltmeleri mutlaka yapılmalıdır. Elde edilen bir dakikalık izolasyon direnci, izolasyon direnci ısı katsayısı K_{rw} ile çarpılarak düzeltme yapılabilir (Bölüm 4.3.3, 4.3.4 ve Şekil 1).

9.3.3 Üç fazlı bir armatür sargısının bir fazının izolasyon direnci, öteki iki faz topraklanmış durumda olduğunda, tüm sargı izolasyon direncinin yaklaşık olarak iki katıdır. Bundan dolayı üç faz ayrı ayrı test edildiğinde her faz için elde edilen direnç değeri ikiye bölünmelidir. Bu değer daha sonra ısı düzeltmesi yapılarak salık verilen en düşük izolasyon direnç değeri ile kıyaslanabilir.

9.3.3.1 Her fazla ayrı ayrı test edilip ve testin uygulanmadığı öteki iki fazda kılavuz devreler kullanılması halinde, her faz için elde edilen direnç değeri üçe bölünmelidir. Daha sonra bu değer 40°C'a göre düzeltilip salık verilen en düşük izolasyon direnç değeri ile kıyaslanabilir.

9.3.4 Üç fazlı durumda olan makinelerde R_m değerinin 10-100 misli değerlerin elde edilmesi olağandır.

9.4 10000 KVA ve daha düşük güçteki makine lerin aşırı gerilim testlerine veya işletme koşullarına uygun olması için, salık verilen en düşük değerlerden düşük olmayan polarizasyon veya izolasyon direnci (40°C'da) değerlerine sahip olmaları şarttır.

9.5 10000 KVA'dan daha güçlü makinelerde ise polarizasyon endeksi ve izolasyon direnç değerleri salık verilen en düşük değerlerden büyük olmalıdır.

E K

E.1. DÖNER MAKİNELERİN SARGI İZOLASYONLARINDA NEM SOĞURMASININ ÖNLENMESİ

Aşağıda servis harici olan makinelerin sargılarında nem soğurmasını önlemek için gerekli bakım yöntemleri anlatılmıştır :

E.1.1 Uzun bir süre için servis harici kalan makinelerde izolasyon direncini Bölüm 9'da salık verilen sınırların altına düşürmeye yetecek miktarda nem soğurması meydana gelebilir. E.1.1.1 Bu durum sargı ısısının devamlı olarak çevre ısısının az üstünde tutulması ile önlenir.

E.1.1.2 Genel olarak sargı ısısını çevre ısısından 5°C daha sıcak tutacak oranda ısı miktarının makine sargılarına uygulanması yeterlidir.

E.1.1.3 Çok ve çabuk ısı değişimlerinin meydana geldiği yerlerde, daha yüksek sargı sıcaklığı gereklidir.

E.1.2 Sargının devamlı ısıtılması gerekli olmayabilir. Genel olarak nem soğurması ilkbahar ve yaz mevsimlerinde meydana gelir. Kışın ise düşük nem ortam sargılardaki nemin yok olmasına neden olabilir.

E.1.2.1 Polarizasyon endeksi veya izolasyon direnci Bölüm 9'da salık verilen en düşük değerlerin üzerinde ise ısıtma gerekli değildir. E.1.3 Havalandırma için üst ve alt taraftaki deliklerden başka her yanı kapalı olan yatay bir generator veya motorun ısısını çevre ısısından yaklaşık olarak 5°C daha yüksek tutmak için gerekli olan ısı miktarı aşağıdaki eşitlikle elde edilebilir:

$$H = \frac{DL}{\sim 35}$$

Burada

H = Isı, kW olarak.

D = Makinenin merkez çapı, feet olarak. L = Makine merkezi stator uzunluğu, feet olarak.

E.2. DÖNER BİR MAKİNEİNİN SARGI İZOLASYONUNDA NEMİN KURUTULMASI

E.2.1 Elektrik makineleri gerekli olduğu zaman sargılarda akım dolaştırılarak veya sargılara uygun sabit ısı uygulanarak kurutulmalıdır.

E.2.1.1 Üç sargılarında, termometre ile ölçüldüğünde 80° C veya direnç ısı dedektörü ile ölçüldüğünde 90°C'dan yüksek ısı vermeyecek şekilde yeterli ısı sağlanmalıdır.

E.2.1.2 Su altında kalan makineler için uzun bir kurutma zamanı gereklidir. Çok fazla su al-

tında 'kalma durumlarında ısının periyodik dalgalandırılması kuruma işlemine ivme kazandırır. Normal basınç altında termometre ile 80°C veya direnç ısı dedektörü ile 90°C'lık ısının üzerinde bir ısıda belli bir süre kurutma yapılması gerekebilir. Yüksek ısının kullanılması dikkatlice ve makine karakteristikleri gözönüne alınarak yapılmalıdır.

E.2.1.3 Uygun bir vakumla kurutma salık verilir. Bu yöntem gerekli olan en yüksek ısı derecesini düşürür ve genellikle kurutmanın proje ısı değerlerini aşmadan yapılmasına olanak sağlar.

E.2.1.4 Fazla gaz veya su buharının meydana gelerek izolasyonun zarar görmesini önlemek için ısı artış hızı kısıtlanmalıdır. E.2.2 Kurutmanın gelişimi ısı düzeltmesine gerek olmaksızın polarizasyon endeksi aracılığı ile izlenebilir (Şekil 3). Bu değerler nem azaldıkça artacaktır.

E.2.3 Kurutmanın gelişimi bir dakikalık izolasyon direnç değerleri ile de izlenebilir. Fakat bu durumda (kurutma süresi içerisinde meydana gelen ısı değişimlerinin izolasyon direnci üzerindeki etkisi önemlidir.

Elde edilen değerler 40°C bazına göre düzeltilmelidir (Bölüm 4.3 ve Şekil 1) veya olanaklar nisbetinde makine ısıtıldıktan sonra değerler sabit sargı ısısında alınmalıdır. E.2.3.1 Isı uygulanmasından sonra ilk olarak izolasyon direnci düşecek, bir süre sonra yükselecek ve sonuçta yaklaşık olarak sabit değere ulaşacaktır. E.2.3.2 Kurutma işlemi izolasyon direnci en alt noktasına erişip, yükselmeye başladıktan sonra oldukça uzun bir süre devam etmeli ve izolasyon direnci sabit bir değere vardıkdan sonra sona erdirilmelidir (Şekil 3). E.2.3.3 Pratik olarak kurutma işleminin sonunda izolasyon direncinde sabit bir değer elde edilmesi olanağı olmayabilir. Çünkü küçük ısı değişimleri kuru bir sargının izolasyon direnci üzerinde oldukça büyük değer farkları meydana getirebilirler.

E.3. MAKİNE SARGILARINI ISITMA YÖNTEMLERİ

Isı uygun olacak herhangi bir yöntemle uygulanabilir, ancak koruyucu ve yangın önleyici tedbirlerin alınması gereklidir. Aşağıdaki yöntemler uygun olanın seçilmesine olanak sağlanması amacı ile verilmiştir. Bu seçmede esas alınacak hususlar uygunluk, esneklik ve elverişliliğidir. Eğer makine muhafazalı ise meydana gelecek nemin dışarı atılabilmesi için havalandırma olanakları hazırlanmalıdır.

E.3.1 Elektrik Isıtıcıları:

Elektrik ısıtıcıları genellikle ısıtma için en elverişli olanlardır, çünkü bunlar değişik büyük-

lüklerde mevcut olup az bir masrafla gerektiği anda servise konabilirler.

E.3.1.1 Isıtıcılar makinenin altındaki hava kanallarına eşit aralıklarla yerleştirilmelidirler.

E.3.1.2 Eğer makinenin rotoru çıkarılmışsa makinenin kenarları ısı kaybını önlemek için kapatılmalıdır.

E.3.2 Alan sargısı ısıtması:

Bir generatörün ana alan sargısı; dışarıdan kontrol edilebilen ve makineye uygulanabilecek bir doğru akım kaynağı mevcut olması halinde makineye ısı vermek (ısıtmak) için kullanılabilir.

E.3.2.1 Gerekli olan alan akımı

$$I = \frac{100}{H} R$$

Burada

I = Alan doğru akımı, amper olarak. H = Gerekli olan ısı, kW olarak (Bölüm E.1.) R = Alan sargısının bileziklerde ölçülen direnci 25°C'da fi olarak.

E.3.2.2 Genel olarak tam yükte alan akımının yüzde 15'i gerekli olur ve alan sargı sıcaklığı çevre sıcaklığının 20°C üzerine çıkar. E.3.3 Dalgalı akım makinelerinin armatür sargı ısıtması. Makinelerin armatürü armatür iletkenlerinden akım geçirecek ısı kaynağı olarak kullanılabilir.

E.3.3.1 Generatör terminalleri kısa devre edilmiş veya bir yüke bağlanmış olduğu halde, eğer makine anma hızından aşağıda çalışabiliyorsa (hidro generatörlerde olduğu gibi) armatüre alçak gerilimli dalgalı akım uygulanabilir. Hızın vs alan akımının dikkatli kontrolü gereklidir.

E.3.3.2 Armatür iletkenlerinden doğru akım geçirilebilir. Akım ayrı bir kaynaktan veya bir kaynak makinesinden elde edilebilir.

E.3.4 Buhar ısıtması:

Bazı hallerde buhar ısıtıcıları yararlı olabilir. Bunlar elektrik ısıtıcıları bölümünde anlatıldığı gibi hava kanallarına yerleştirilmelidirler. E.3.4.1 Buhar ısıtması tesisatı bütün vana ve dirsekler makinenin dışında kalacak şekilde yapılmalıdır.

E.3.4.2 Buhar doyurulmalı ve negatif basınç durumlarında buhar kaçaklarının makinenin içine girmesi önlenmelidir. Boru donanımı kendinden drenajlı olmalıdır.

E.3.4.3 Gerekli olan boru donanımının uzunluğu aşağıdaki formül ile bulunabilir: $L = 11,4 H$

Burada

$L = 4$ inçlik boru uzunluğu, feet olarak. H =

Gerekli olan ısı, kW olarak (Bölüm E.1.)