

ELEKTRİKSEL İZOLASYON VERNİKLERİ

Voltbülten

Elektrik Motorları Sektörü
haberleri ve gelişmeleri

Sayı 4
Ekim - Kasım - Aralık
2015

İÇİNDEKİLER

Sayfa 2
Elektriksel İzolasyon Vernikleri

Sayfa 5
İzolasyon Verniklerinin Kontrol Yöntemleri

Sayfa 7
İzolasyon Verniklerinin Uygulama Yöntemleri

Sayfa 10
Sargı Vernikleme İşlemi, Sonrası ve
Kontrol Yöntemleri

Yazar : A. Tanalp GÖKSEL
Promote Araştırma ve Teknoloji Geliştirme A.Ş.
Genel Müdür Yardımcısı



www.voltmotor.com.tr

3 ayda bir yayınlanır. Tüm hakları saklıdır.

ELEKTRİKSEL İZOLASYON VERNİKLERİ

Yazar: A.Tanalp Göksel

Elektrik endüstrisinde temel olarak; birincil ve ikincil izolasyonlar için izolasyon verniği kullanılmaktadır. Bunlar, uygulama yöntemine göre emaye tel vernikleri, daldırma vernikleri, son kaplama vernikleri, laminasyon vernikleri, bağlama (bonding) vernikleri ve özel amaç vernikleri olarak isimlendirilebilir.

Vernik kaplama ya da ikincil izolasyon elektriksel sistemlerde oldukça önemli bir birleşen olmaktadır. Bu vernikler uygulama yöntemine, kürlenme metoduna ve vernikte kullanılan hammaddeye göre sınıflandırılabilir.

Kürlenme metoduna göre; hava ile kuruyan tipler ve fırınlama ile kuruyan tipler bulunmaktadır.

Hammaddeye göre; alkit fenolik, alkitler, poliüretan, izofitalik alkit, modifiye poliester, epoksiester melamin, epoksi, fenolik, fenolik melamin bazlı olabilmektedirler.

Ayrıca, içerisinde solvent (ya da su bazlı) katkılı veya solventsiz (reçine) bazda da olabilmektedirler.

İyi bir izolasyon malzemesinin karakteristikleri;

1. Yüksek mekanik mukavemet	Mekanik Etki
2. Düşük termal genleşme	Termal Etki
3. İyi termal iletkenlik	
4. Yüksek termal mukavemet	Kimyasal Etki
5. Termal ve kimyasal bozunuma dayanıklı	
6. Yağ, asit ve alkalilere karşı dirençli	Elektiriksel Etki
7. Temasta bulunduğu malzemeyi bozmamalı	
8. Nem emilimine dayanıklı	
9. Çok yüksek izolasyon direnci	
10. Yüksek dielektrik mukavemet	
11. Ark ile yanmaya karşı dirençli	

1 - Mekanik Etki :

İzolasyon malzemelerinin karşılaştığı mekanik kuvvetler, sargı ömrü açısından kritiktir. Tasarım aşamasında sargı doluluğu, tel çapı ve sargı formu dikkate alınarak uygun vernik ve vernik prosesi seçilmelidir. İzolasyon malzemesi ve sargı üzerine gelen mekanik kuvvetlerin sebepleri aşağıdaki gibi oluşmaktadır :

- Değişken manyetik alan içerisindeki tellere manyetik kuvvet etkimesinden ötürü teller üzerinde titreşim ve sonucu olarak sürtünme meydana gelir. Bu tel boyunca oluşur. Dolayısıyla, hem oluk içlerinde hem de alın yakalarında izolasyonun zedelenmesine sebebiyet vermektedir.
- Özellikle ısınma ve soğuma sırasında, parçalar arasındaki farklı genleşme ve büzülmeden, izolasyon üzerine gelen gerilmeler.
- Sistemden gelen titreşimler sebebiyle izolasyonda meydana gelen gerilmeler.
- Üretim aşamasında sargı üzerine gelen kuvvetler sebebiyle izolasyon malzemesinde oluşan gerilmeler.

2- Termal Etki :

Elektrik motorlarında sargı ömrünü etkileyen bir diğer faktörde sıcaklık etkisidir. Genel olarak, elektriksel izolasyonu yüksek olan malzemelerin ısı izolasyonu da yüksektir. Uzun süre yüksek sıcaklıklarda çalışma; elektriksel ve mekanik etkileride bozacağından ötürü yüksek ısınma derecelerine çıkmamak gerekir.

Elektrik motorlarının çalışmasındaki sıcaklık sınırları, izolasyon malzemesinin sınıflandırılmasında temel özelliktir. IEC 60085 standardına göre elektriksel izolasyonların termal sınıfları aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir :

Tablo 1: Termal Sınıflar

Çalışma Aralığı °C	Termal Sınıf °C	Harf Gösterimi	Tipik Vernik Malzemeleri	
≥90	<105	90	Y	-
≥105	<120	105	A	Yağ modifiyeli doğal veya sentetik reçineler, selülozik reçineler, vernik kağıdı
≥120	<130	120	E	Fenol reçineler, epoksi emaye tel reçineleri, poliüretan emaye tel reçineleri, yağ modifiyeli alkid reçineler, yağ modifiyeli sentetik reçineler
≥130	<155	130	B	Yağ modifiyeli sentetik reçineler, alkid reçineler, epoksi reçineler, poliüretan reçineler
≥155	<180	155	F	Alkid reçineler, epoksi reçineler, poliüretan reçineler, silikon alkid reçineler
≥180	<200	180	H	Silikon reçineler
≥200	<220	200	N	Polytetrafluoroethylene reçineler, silikon reçineler, polyimide reçineler
≥220	<250	220	R	
≥250	<275	250	-	

* Bazı kaynaklarda 240 °C termal sınıfı için harf gösterimi olarak "C" kullanılmaktadır.

İçerik ve tipe göre sınıflandırma;

- Katı İzolasyon Malzemeleri (inorganik ve organik): mika, ağaç, cam, porselen, kauçuk, ipek, kâğıt, selülozik malzemeler vs
- Sıvı İzolasyon Malzemeleri (yağlar ve vernikler): rafine hidrokarbon mineral yağları, keten tohumu yağı, alkollü veya sentetik vernikler vs.
- Gaz İzolasyon Malzemeleri: kuru hava, karbon dioksit, argon, azot vs.

Sıcaklıklara göre sınıflandırma;

İzolasyon malzemesinin performansı bu malzemenin çalışma sıcaklığına bağlı olmaktadır. Çalışma sıcaklığı arttıkça kimyasal bozunum olasılığı artmakta ve dolayısıyla kullanılabilirlik ömrü azalmaktadır. Uzun süreli kullanım ihtiyacı olduğu durumlarda çalışma sıcaklığı minimum seviyelerde tutulmalıdır. Bu nedenle izolasyon için beklenen kullanım ömrü üzerinde güvenli olarak çalışabilmesini sağlayan sıcaklık limitlerinin belirlenmesi önemli olmaktadır. Bu durum baz alınarak sıcaklıklara göre sınıflandırma yapılmıştır.

Emprenye edilmemiş, nem alıcı Y sınıfı malzemeler motor sargı izolasyon amacı için kullanılmamaktadır. E,B,F ve H sınıfları yoğun şekilde motor sargılarında kullanılmaktadır.

İzolasyon Verniklerinin Kontrol Yöntemleri :

Vernik Tercihinde Dikkate Alınması Gerekilen Özellikler	Tanım	Kontrol Yöntemi	Polyester Reçineler	Epoksi Reçineler
Vizkosite	Akışkanlığa karşı direnç. Viskozite, bir akışkanın, yüzey gerilimi altında deforme olmaya karşı gösterdiği direncin ölçüsüdür.	Viskozite ölçümleri Brookfield tipi cihazla veya koni/plaka viskozimetre cihazlarıyla Pa.s cinsinden veya akış kaplarıyla akış süresi (saniye) cinsinden yapılabilmektedir.	↑	↑↑↑↑↑
Yoğunluk	Belirli sıcaklık ve basınç altında birim hacimdeki madde miktarıdır	Yoğunluk ölçümü piknometre aracılığıyla yapılır. Malzeme ağırlığı ve kapladığı hacimden hesaplanarak tespit edilebilir.	↑	↑↑
Katı madde miktarı	Çökebilen ve çökemeyen katı maddelerin toplamıdır.	Belirli bir miktarda numune vernik tipine uygun sıcaklıklara çıkarılarak termal dekompozisyon ile tespit edilir.	↔	↔
Kürlenme	Çapraz-bağların polimeri sertleştirdiği dönemdir.	Kalın tabakada kurutma ve/veya kürlenme numunenin kürlendikten sonra üst, alt tabaka ve içinin durumuyla ifade edilmektedir.	↔	↔
Bağ mukavemeti	Verniğin emaye telli bir yapı üzerindeyken sahip olduğu mukavemetin ifadesi olmaktadır.	Verniklenmiş numunenin vernik bağında kopma meydana gelene kadar yük uygulanır ve tespit edilir.	↑	↑↑
Mandrel testi	Verniklenmiş test panellerinin 3 mm çapındaki mandrel ile eğilmesi sonucu çatlakların gözlenmesi prensibine dayanmaktadır.	Test sonucunda çatlağın gözlemlendiği mesafe, açılı raporlanır.	↑	↑↑
Suya daldırmanın özdirenç üzerine etkisi	Özdirenç su ve sıcaklık etkisi altındaki değişiminin ölçümüdür.	Test numunesi demineralize su içerisinde belirli sıcaklık ve sürede bekletilir. Daha sonra sonra direnç ölçümü yapılır ve özdirenç hesaplanır.	↑	↑↑
Dielektrik Dayanım Testi	Verniğin hasar görmeden dayanabildiği elektriksel gerilimin ölçümüdür.	Kürlenmiş vernikli yapı O'dan hasar meydana gelene kadar 500V/s oranla artan voltaj değişimine maruz bırakılır. Sonrasında elektrotlar aracılığıyla dayanım tespit edilir.	↔	↔

3- Kimyasal Etki :

İzolasyon malzemeleri için başlıca zararlı kimyasal etkiler aşağıdaki gibidir :

- Havanın nemi
- Tuzlu ortam
- Kimyasal maddeler
- Metal veya kömür tozları
- Kaydırıcı ya da soğutucu olarak kullanılan yağlar

Bir izolasyon verniğine en fazla zarar nemden kaynaklanmaktadır. Suyun polar yapısı sebebiyle, nemin organik izolasyon maddelerine penetrasyonu sonucu izolasyon maddesinin elektriksel dayanımı düşmektedir. Sentetik polimerlerin kullanımıyla izolasyon malzemesinin daha az nem çekici özellik kazanması sağlanabilir.

4- Elektriksel Etki :

Bir izolasyon malzemesinin deformasyonu aşağıdaki nedenlerden ötürü oluşabilir :

Yanma :

İzolasyon malzemesine dayanabileceğinden daha fazla yüksek gerilim uygulanması ile ortaya çıkar. İzolasyona maddesinin yanmaya dayanıklılık derecesini belirleyen teste "Dielektrik Dayanım Testi" denir. Dielektrik dayanımı, izolasyon malzemesinin elektrik gerilimine dayanabilme özelliğidir. IEC 60464-2, ASTM D 3955, ASTM D4733 ve ASTM D115 vernik standartlarında bu test tarif edilmektedir. IEC standardında birim kV/mm cinsinden, ASTM standartlarında ise birim V/mil cinsinden ifade edilmektedir.

Yüzeydeki İletkenlik :

Bu faktörü belirleyen özelliğe "Yüzey Direnci" adı verilir.

Tracking :

Bir elektriksel gerilim altında çalışan izolasyon malzemesi nem, tuzlu ortam yada iletken toz gibi yüzeyi kirleten durumlara açık bırakıldığı zaman, yüzeyde akım geçisine eğilim görülür. Bunlar ağaç dallanmasına benzer şekilde iletken izler oluştururlar. Sonuç olarak malzeme kullanım dışı kalır.

Dielektrik Kaybı :

Devredışı kalmayı etkileyen bir başka faktördür. Değişken elektrik gerilimlerine maruz kalan izolasyon malzemesinde oluşan enerji kaybıdır. (Isı şeklinde olur.)

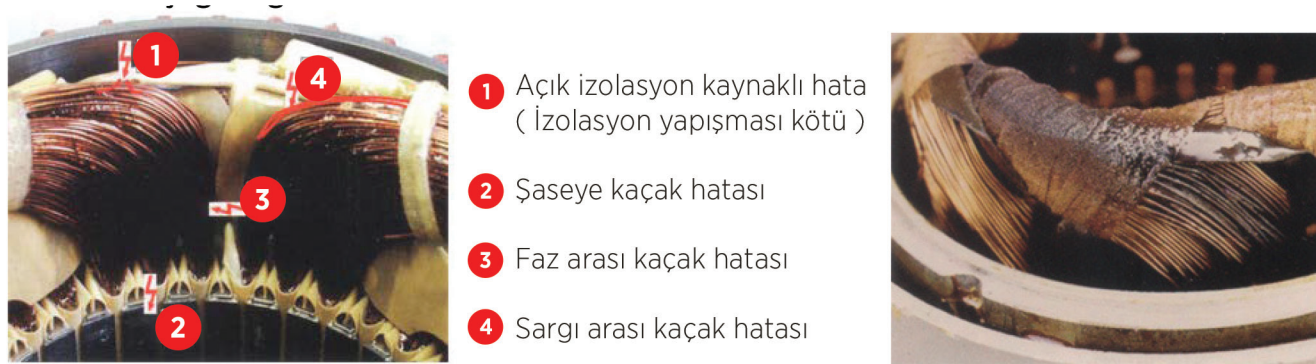
Voltaj Dayanımı :

Bu özellik bir tür elektriksel yaşlanma sayılabilir. Elektrik etkisiyle izolasyon malzemesi kimyasal değişimlere uğrayarak özelliğini yitirir.

Ark Yapma :

Ark yapma, deşarjlardan dolayı bozunma olarak tanımlanabilir.

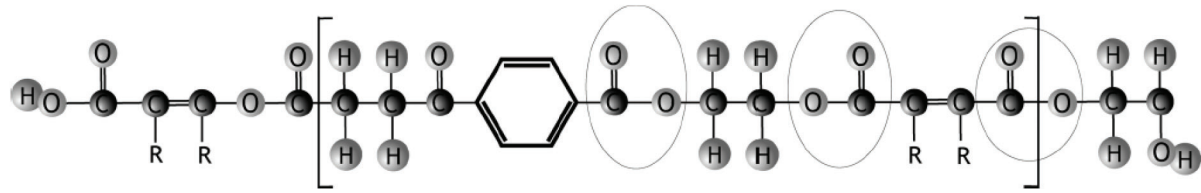
Sargılarda izolasyondan kaynaklı hatalar meydana gelebilir. Örnek hata resimleri aşağıda gösterilmektedir.



- 1 Açık izolasyon kaynaklı hata (İzolasyon yapışması kötü)
- 2 Şaseye kaçak hatası
- 3 Faz arası kaçak hatası
- 4 Sargı arası kaçak hatası

Şekil 1 : Sargı Hataları

Vernikler; baz bileşen (lineer polimerler), monomer (çapraz bağ yapma elemanı) ve solventlerden oluşmaktadır. Daldırma verniklerde genellikle; hacmin yaklaşık olarak yarısı vernik sertleştiğinde hava ile yer değiştiren uçucu solventlerden oluşmaktadır. Bu proses için en uygun vernikler polyester ve epoksi vernikler olmaktadır. Polyester vernikler düşük maliyete ve kolay proses edilebilir özelliğe sahiptir. Bir polyester reçinede baz bileşen ve monomerler doğaları gereği birbirlerine benzer bir yapıya ve viskoziteye sahip olmaları nedeniyle kolaylıkla karışım sağlanabilmektedir.

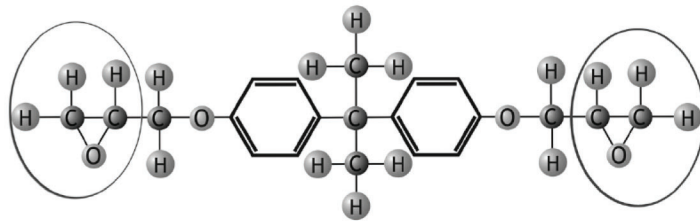


Şekil 2: Polyester reçine bileşimi.

Bileşim; Hidrojen (H), Oksijen (O), Karbon (C), Benzen (C6H6) ve reaktiflerden (R) oluşmaktadır.

Daire içerisine alınan parçalar esterlerdir. Kürlenmede monomerler kendi kendilerine reaktif parçalarla (R) bağ yapmaktadır.

Epoksi reçineler ise polyester reçinelere kıyasla daha pahalı olmaktadır. Buna karşın, epoksi reçineler daha iyi mekanik mukavemet, yapışma ve düşük büzüşme oranı, düşük dielektrik kayıp faktörü özelliklerine sahip olduğu için yüksek kW motorlarda tercih edilmektedir. Ayrıca, epoksi reçinelerin kimyasala, neme ve radyasyona karşı dayanımları da iyidir. Diğer taraftan, polyester reçinelerin yağa karşı dayanımı iyidir. Polyester reçinelerin artı özelliği yüksek sıcaklık performansları daha iyidir ve termal ömürleri daha uzundur.



Şekil 3: Temel epoksi reçine bileşimi.

Fonksiyonel epoksit grupları daire içerisine alınmıştır.

Bu gruplar her bir epoksi türü için karakteristiktir, ama birbirleri arasındaki polimer zincirleri farklılık gösterebilir.

Tablo 2: Polyester ve Epoksi Reçinelerin Özellikleri

Malzeme (Reçine Tipi)	Örnek Alınan Model No	Viskozite (cps) 10 rpm	Jelleşme süresi dk @ °C	Bağ Mukavemeti		Dielektrik Mukavemeti VPM	Hacimsel Özdirenç	Dielektrik Sabiti @10kHz	
				23°C	150°C			23°C	150°C
Polyester	CC-1105	550	40 @110	42	20	4000 (0,025mm)	6,2 x 10 ¹⁵	4,03	5,0
Epoksi	CC-1115	5000	20 @140	55	7	2200 (0,175mm)	1,1 x 10 ¹⁶	3,26	4,41

Uygulama Yöntemleri :

İkincil kat izolasyon verniklerinin empegre edilmesi için verniklerin çeşitlerine göre aşağıdaki şekillerde uygulanabilir. Uygulama süresince canlı uçların üzerine vernik gelmemesi ve kabloların tahrip olmamasına özen gösterilmelidir.

1-Trickling (Damlatma)

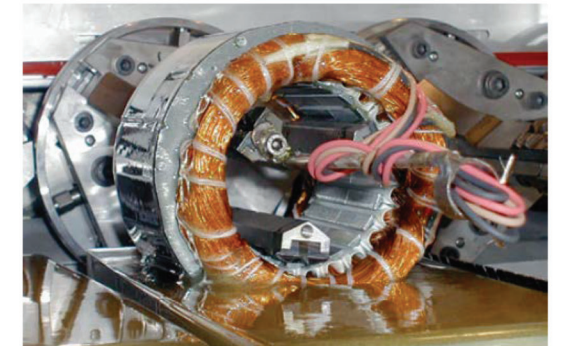
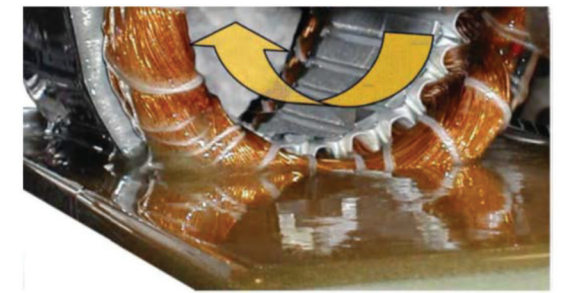
Monomerli ya da monomersiz resinler kullanılabilir; resin sargılar üzerine damlatılarak uygulanır. Uygulama sırasında stator iç çapından bir gripper yardımıyla tutularak radyal yönde döndürülerek, tüm bobinlerin arasına resinin nüfus etmesi sağlanır. Döndürme işlemi jelleşme aşamasında da devam etmektedir. Uygulama ; ön ısıtma, damlatma, jelleşme, polimerizasyon ve soğutma aşamalarından oluşmaktadır.

Avantajları : Yüksek kaliteli emdirme sağlanır, proses sonrası ek işlem gerektirmez, sargı slotları içerisinde maksimum resin doluluğu elde edilir, resinin sargı içerisinde yüksek oranda nüfuz etmesi sağlanır, düşük proses zamanı ile yüksek verimli üretim elde edilir.

2- Roll Dipping (Döndürerek Daldırma)

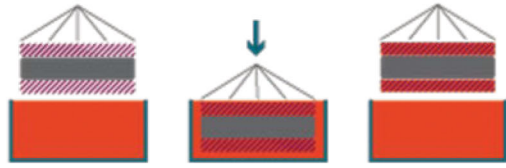
Monomerli yada monomersiz resin kullanılabilir; sargılı statorun resin tankına kısmi daldırılması ile uygulanır. Uygulama sırasında stator iç çapından bir gripper yardımıyla tutularak radyal yönde döndürülerek, tüm bobinlerin arasına resinin nüfus etmesi sağlanır. Döndürme işlemi jelleşme aşamasında da devam etmektedir. Uygulama ; ön ısıtma, döndürerek kısmi daldırma, jelleşme, polimerizasyon ve soğutma aşamalarından oluşmaktadır.

Avantajları : Yüksek kaliteli emdirme sağlanır, sargı slotları içerisinde maksimum resin doluluğu elde edilir, resinin sargı içerisinde yüksek oranda nüfuz etmesi sağlanır, laminasyon aralarının resin ile dolması sağlanır, çok düşük proses zamanı ile yüksek sistem verimliliği elde edilir.



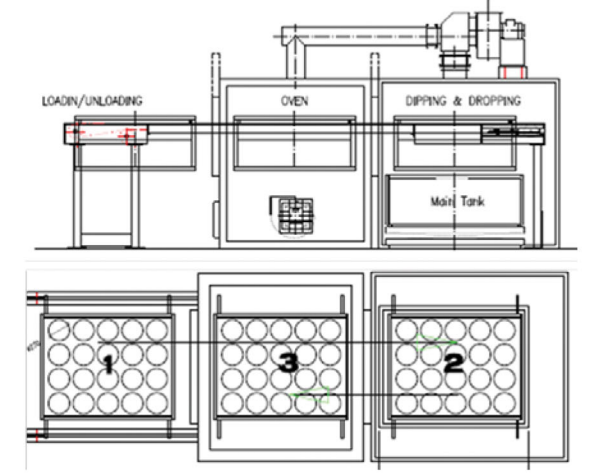
3- Dipping (Daldırma) :

Daldırma tipi uygulamalarda, hem vernik hem de reçine (düşük viskoziteli olmak kaydıyla) kullanımı mümkündür. Yüksek üretim kapasitesi sağlamak mümkündür. Yükleme ve boşaltma diğer yöntemlere oranla daha kolay olup, üretim esnekliği ve setup kolaylığı sağlar. Yatırım ve işletme maliyetleri diğer tiplere oranla daha düşüktür. Bakımı basit ve ucuzdur, çevresel etkileri de oldukça düşüktür. Üretim adedinin yüksek olduğu uygulamalarda soğuk/sıcak daldırma, düşük üretim adedinin olduğu uygulamalarda da dip & bake (daldırma ve fırınlama) uygulamaları tercih edilir.

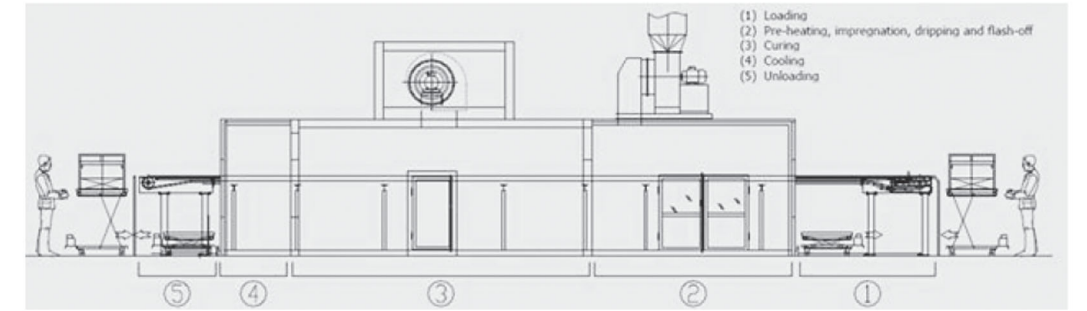


Proses Adımları :

- Yükleme
- Ön Isıtma (Sadece Sıcak Daldırma için)
- Daldırma ve Süzdürme
- Jelleşme (Sadece Resin Kullanımında)
- Polimerizasyon
- Soğutma
- Boşaltma



Dip & Bake



Impregnation Line For Cold/Hot Dipping

a. Cold Dipping (Soğuk Daldırma)

Soğuk daldırma işleminde sargıyla birlikte stator tamamen vernik tankı içerisine, ya bir sepet içerisinde ya da stator iç çapından kavrayarak daldırılır. Belirli süre tank içerisinde bekletilir. Tanktan çıkarılan sonra, süzdürülen ürünler fırın ortamında kürlenmeye bırakılır.

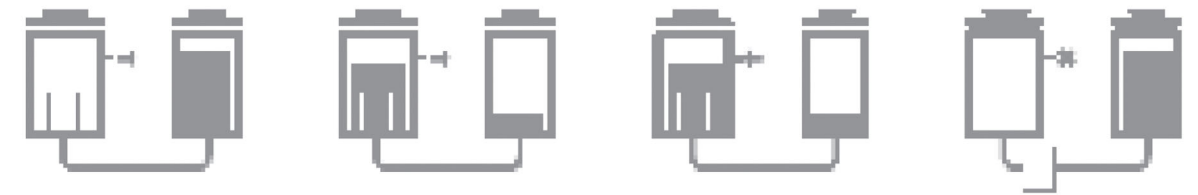
b. Hot Dipping (Sıcak Daldırma)

Sıcak daldırma işleminde önceden statorlar ısıtılmak suretiyle daldırma işlemine hazırlanır. Daldırma işleminde sargıyla birlikte stator tamamen vernik tankı içerisine, ya bir sepet içerisinde ya da stator iç çapından kavrayarak daldırılır. Belirli süre tank içerisinde bekletilir. Tanktan çıkarılan sonra, süzdürülen ürünler fırın ortamında kürlenmeye bırakılır.

c. Dip & Bake (Daldırma ve Fırınlama)

Daldırma ve fırınlama yöntemi geleneksel yöntem olmaktadır. Bu proseste statorların ısıtılmasının (ön ısıtma opsiyonel) ardından tamamen vernik tankı içerisine daldırılır. Belirli süre tank içerisinde bekletilir. Tanktan çıkarılan ürünler, süzdürüldükten sonra fırınlanarak verniklerin kürlenme işlemi tamamlanır. Bu prosenin dezavantajlarından biri yüksek üretim adetlerine uygun olmamasıdır.

4- Vacuum / Vacuum Pressure Impregnation (Vakum Pres Emdirme)



Önceden ısıtılan sargılar VPI kabini içerisine yerleştirilir ve vakum altına alınır.

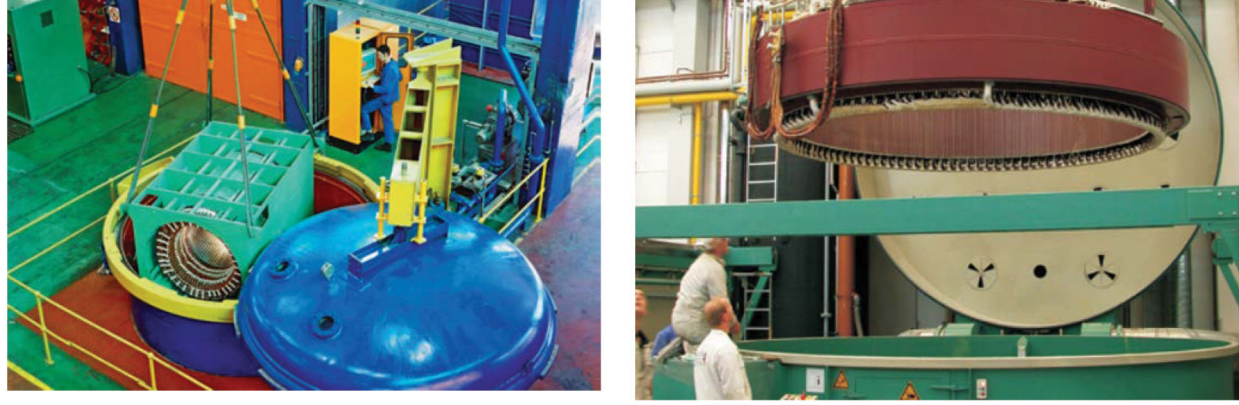
VPI kabini içerisinde konulan sargılardan tüm nem ve hava uzaklaştırılır.

Vakum altında bulunan sargının üzerine izolasyon verniği basılır. Belirli bir süre ve basınç altında sargılar bekletilir.

Vakum uzaklaştırılır ve pozitif basınç uygulanır.

Vernik tamamen uzaklaştırıldıktan sonra sargı VPI kabini alınarak fırına konularak kürlenme işlemi gerçekleştirilir.

Avantajları; sargının mekanik bağ mukavemetini artırır, dielektrik mukavemetini artırır. Sargılar arası izolasyon daha iyi gerçekleşir. Kimyasallara ve neme karşı dayanım artar. Diğer yöntemlerde sargının ısınması ve sonrasında tekrar soğuması sırasında oluşan hava boşlukları bu yöntemde daha az oranda gerçekleşmektedir. Dolayısıyla bu ısınma - soğuma prosesi sonrası oluşabilecek çatlakların ve degradasyonların önüne geçilmektedir.



HAVA KURUMALI YÜZEY İZOLASYON VERNİKLERİ :

Elektriksel amaçla kullanılan sonkat yüzey izolasyon vernikleri, emprenye edilmiş elektriksel komponentleri tamamlayan parçalar ve sargılar için kullanılan normal hava kurumalı verniklerdir. Bu tip vernikler fırça yada pistole ile uygulanırlar. Aşağıdaki fonksiyonları sağlarlar :

- Daha fazla nem direnci sağlamak,
- Kolayca bozulmayan düzgün bir yüzey vermek,
- Bazı durumlarda çatlama ve çizilmeyi önlemek,
- Tropikal yerlerdeki kullanımlarda mantar üremesini önlemek,
- Göze hoş gelen bir görünüm vermek.
- Bu tip vernikler bazı amaçlar için gerektiğinde renklendirilebilirler.

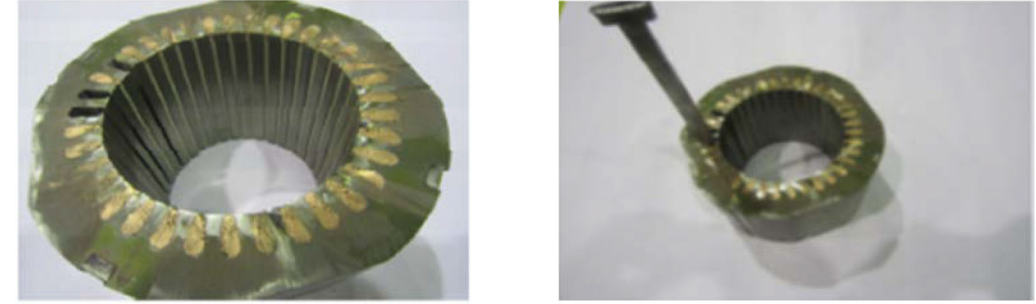
SARGI VERNİKLEME İŞLEMİ SONRASI KONTROL YÖNTEMLERİ :

1-Kürlenme Kontrolü :

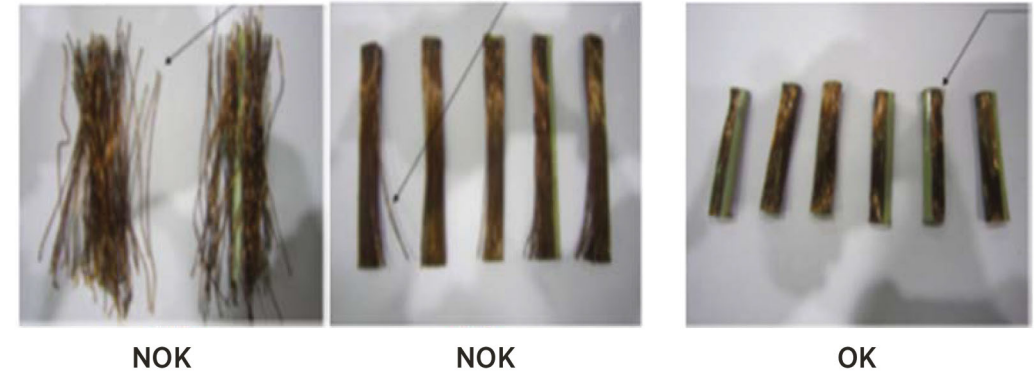
Vernikleme sonrası kontrol ilk olarak, vernik kokusunun stator üzerinde kalmamış olması, ıslak yüzeylerin kalmaması şeklinde göz kontrolü ile yapılır. Ardından, sargı yakaları kesilerek çıkarılır, sargı yakalarının sertleşmiş olduğu kontrol edilmeli ve emaye teller bu formu almış yapıdan ayrılmıyor olmalıdır.



Akabinde oluk içerisinde kalan teller aşağıdaki şekilde çıkartılır :



Bu tellerde yapının kemikleşmiş olmasını kolay bükülememesini ve birbirinden ayrılmaması beklenir.



2- Dielektrik Dayanım Testi

Elektrik izolasyonunda kullanılan tüm malzemeler, malzeme kalınlığına ve uygulanan gerilime bağlı olarak yalıtkanlık özellikleri kaybedebilir ve iletken duruma geçebilirler. Malzemelerin yalıtkan özelliğini kaybederek belirli bir miktarın üzerindeki elektriksel yükü iletimine dielektrik delinme denmektedir. İzolasyon malzemelerin dielektrik delinmeye karşı gösterdikleri dirence dielektrik dayanım denir. Dielektrik dayanım ise malzemenin belirli kalınlığı için dielektrik delinmenin başladığı gerilim ile ölçülür. Örneğin 1 mm kalınlığındaki havanın delinme gerilimi 3000V'tur. Bu durumda havanın dielektrik dayanımı 3000kV/mm olarak belirtilir.

Dielektrik delinme esnasında yalıtkan malzemelerde boşalma olayları meydana gelir ve malzemede deformasyon oluşur. Dielektrik delinme meydana gelen izolasyon malzemeleri yalıtkanlık özelliklerini kaybeder. İzolasyon verniği motorun canlı kısımları ile cansız iletken kısımları arasında ve farklı kutupta ya da fazdaki canlı kısımlar arasındaki yalıtım açısından kritik bir öneme sahiptir. Verniğin bu fonksiyonun test edilmesi için dielektrik dayanım testinden faydalanılmaktadır.

Deneyin Uygulanışı:

Elektrik motorları için dielektrik dayanım testi IEC EN 60034-1 Standardı madde 9.2'de tanımlanmıştır. IEC EN 60060-1'de ise bu testin kabul kriterleri tamamlanmıştır. Belirlenen deney gerilimi test süresi boyunca;

- Motorun canlı kısımları (sargı uçları) ile cansız metal kısımları (gövde, ayaklar, fan kapağı vb.), şase arasına ,
- Motorun farklı fazları arasına ikişerli gruplar halinde ayrı ayrı (önce U-V arasına ardından U-W arasına...) uygulanmalıdır.

Dielektrik dayanım testleri için yüksek gerilim test cihazları kullanılmaktadır.

Deney Gerilimi:

10MW'ın altındaki motorlara uygulanacak gerilim aşağıdaki formül ile hesaplanır.

Deney Gerilimi=1000 V+2 x Nominal Gerilim

Buna göre nominal gerilimi 400V olan bir motor için;

Deney Gerilimi=1000 V+2 x 400 V

Deney Gerilimi=1800 V

olarak hesaplanır.

Deney Süresi:

Belirlenen gerilim değeri için test süresi 60 saniyedir. Eğer deney gerilimi 1,2 katına çıkarılırsa deney süresi 1 saniyeye düşürülebilir. Bu durumda

60 s. için deney gerilimi 1800V,

1 s. için deney gerilimi 2160V olarak tespit edilir.

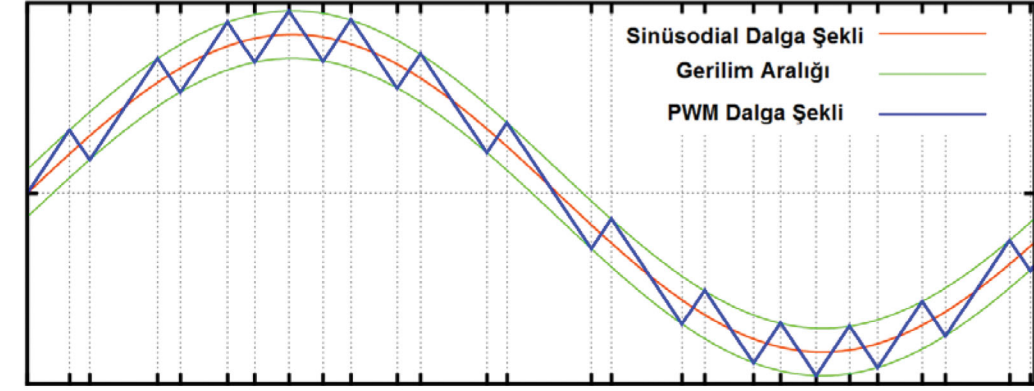
Değerlendirme:

Deney boyunca motor sargılarında bozucu boşalma meydana gelmemelidir. Bozucu boşalma test cihazının elektrotları arasındaki potansiyel farkını sıfıra düşürecek dielektrik delinme durumunu ifade etmektedir. Belirli sayıda örneğin tamamı dielektrik dayanım testinden geçtiğinde verniğin dielektrik performansı onaylanır.

Dielektrik dayanım testinin ardından sargılara kesinleştirilmiş delinme testi uygulanır. Bu testte motora uygulanan gerilim küçük kademeler halinde arttırılarak motorda bozucu boşalmanın meydana geldiği gerilim tespit edilir.

3- PDIV Testi

Son yıllarda motor uygulamalarında değişken hız sürücülerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır. Bu sürücüler; hız ayarına imkan sağlamaları, haberleşme protokolleri sayesinde otomasyona uygunlukları, motorlar için ekstra koruma sağlamaları gibi birçok avantajın yanında motor üzerinde bazı olumsuz etkilere de sahiptir. Bu etkilerden en kritik olanı sargılar üzerine gelen sürekli gerilim darbeleridir. Asenkron elektrik motorları çalışma prensipleri gereği sinüsoidal gerilim ile beslenmelidir. Bu sebeple değişken hız sürücülerini de PWM (Pulse Width Modulation-Darbe Genişlik Modülasyonu) ile mümkün olduğunca sinüsoidal yakın gerilim dalga şekilleri ile motorları beslemeye çalışılmaktadır. PWM esnasında sürekli anahtarlama sebebiyle gerilim küçük zaman aralıklarında değişmekte ve bunun sonucunda motor sargılarına belirtilen sürekli gerilim darbeleri etki etmektedir.



Sinüsoidal ve PWM Gerilim Dalga Şekilleri

Sürekli gerilim darbelerinin motor sargıları üzerindeki etkisi motor ömrünü direk olarak etkileyen bir faktördür. Söz konusu etkiye karşı motor izolasyonunun dayanımının tespiti için PDIV (Partial Discharge Inception Voltage) testi yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. [1] PDIV testi motorun fazları arasına ve motor fazları ile şase arasında ayrı ayrı uygulanır. 1000V üzerinde ve kademeli olarak arttırılan gerilimler uygulanarak bu gerilim altında meydana gelen mikro düzeydeki kısmi boşalmaların (partial discharge) tespit edilmesi amaçlanmaktadır. İki elektrot arasındaki yük transferinin 100pC'ü aşması kısmi boşalma olarak değerlendirilmektedir[2]. Mikro düzeydeki atlamaların sayısı ne kadar fazla olursa motorun izolasyon dayanımının o derece zayıf olduğu belirlenmektedir.

PDIV testi için olması gereken atlama değerleri için bir standart bulunmamaktadır. PDIV testleri genel olarak karşılaştırma amacıyla kullanılmaktadır. Her üretici kendisi için kabul edilebilir sınırları istatistiksel çalışmalar ile belirler ve kontrollerini buna göre yürütür. Hazırlanan numune motorlara uygulanan PDIV test sonuçları ile referanslara ait PDIV test sonuçları karşılaştırılarak verniğin PDIV performansı üzerine olan etkisi değerlendirilmektedir.

[1] D. Bogh, J. Coffee, G. Stone, J. Custodio, "Partial Discharge Inception Testing on Low Voltage Motors", IEEE Paper No. PCIC-2004-27

[2] IEC TR 61294:1993

4- Isınma Testi

Elektrik motorlarında motorun çalışması esnasında elektriksel ve mekanik kayıplar meydana gelir. Bu kayıplar motorun ısı üretmesine ve üzerindeki sıcaklığın artmasına sebep olur. Oluşan ısı enerjisi motor dış yüzeyi aracılığıyla ortama verilir. Motorun dış yüzeyi ile ortam arasındaki ısı alışverişinin dengeye ulaştığı noktada motordaki sıcaklık artışı durur. Söz konusu denge noktasında motorun en sıcak noktasındaki sıcaklık değeri denge sıcaklığı olarak adlandırılır. Denge sıcaklığı motorun ısı kapasitesine ve ne kadar yüklendiğine göre değişiklik göstermektedir.

IEC 60034-1 Standardı'na göre motorlar denge sıcaklığında deklare edilen çalışma rejimine (bkz. IEC 60034-1 madde 4.2) uygun olarak çalışabilmelidir. Bu sebeple izolasyon verneği de denge sıcaklığında çalışmaya uygun olmalıdır. İzolasyon verniğinin denge sıcaklığında çalışmaya uygunluğu ısınma testleri ile kontrol edilmektedir. Isınma testleri IEC 60034-1 Standardı 8. Maddede tanımlanmıştır. Buna göre testlerde aşağıda belirtilen koşulların sağlanması gerekmektedir:

- Şebekedeki harmonic gerilim katsayısı (HVF) 0,015'i aşmamalı,
- Şebeke geriliminin negatif sıralı bileşeni pozitif sıralı bileşenin %0,5'inden küçük olmalı,
- Test öncesi sargı ve soğutucu (ortam) arasındaki sıcaklık farkı 2K'yı aşmamalı,
- Sıcaklık tespiti için direnç yöntemi termometre yöntemi ya da gömülü sıcaklık detektörü yöntemlerinden biri kullanılmalıdır.

Vernik onaylarında motorun, çalışması muhtemel en zor koşullar altında test edilmesi gerekmektedir. Öncelikli olarak denge sıcaklığı en yüksek olacak motor tipleri seçilmelidir. Seçilen tiplerin gerilim, frekans değerleri çalışma aralığının minimum ve maksimum noktalarında tutularak, motor muhtemel en yüksek yüke (genellik ile servis faktörü ile nominal yükün çarpımı) kadar yüklenerek ısınmaya bırakılır. Test süresince motorun sargılarındaki sıcaklık değişimi izlenir. 30 dakika süre ile motorun sargılarındaki sıcaklık artışı 2K'in altında kaldığında motorun denge sıcaklığına eriştiği sonucuna varılır. Bu noktadan sonra ısınma testi tamamlanabilir ya da uygun görülen bir süre boyunca devam ettirilebilir. Vernik denemelerinde sıcaklığın eşit yayıldığı için garanti altına alınması için motorun ısı dengeye ulaştıktan sonra bir süre daha çalıştırılması uygun olabilir.

Isınma testinin tamamlanmasının ardından motora dielektrik dayanım testi uygulanır ve motorun bu testten geçmesi gerekmektedir. Ardından motor demonte edilerek sargılarda herhangi bir hasar oluşup oluşmadığı göz ile kontrol edilir. Sargılarda hiçbir hasar gözlenmemelidir.

5- Kilitli Rotor Testi

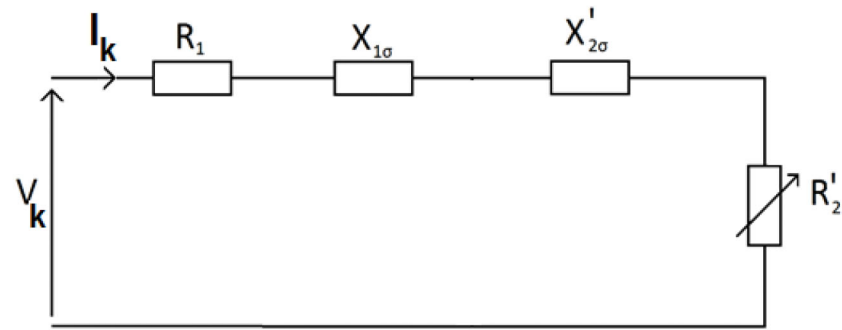
Elektrik motorlarında kilitli rotor durumunda motor milinin dönüşü engellenir ve motora enerji verilir. Motorun döner alanının senkron hızda olacağı bu durumda mil hızı sıfır olacaktır. Bu da motorun kaymasının bire eşit olması anlamına gelmektedir.

$$\text{Kayma} = \frac{(\text{Senkron Hız} - \text{Mil Hızı})}{(\text{Senkron Hız})}$$

Mil hızı sıfır olduğu durumda;

$$\text{Kayma} = \frac{(\text{Senkron Hız} - 0)}{(\text{Senkron Hız})} = 1$$

Kilitli rotor, asenkron motorun eşdeğer devresinde kısa devre durumuna karşılık gelmektedir. Kilitli rotor durumunda motorun akımı kalkış akımına, ürettiği moment ise kalkış momentine tekabül etmektedir. Bu durumda motor sargılarında geçen akım maksimum seviyededir ve motorun tipine bağlı olarak nominal akımın 7 ila 10 katı arasında seviyelerdedir. Bu yüksek akıma motorun uzun süre dayanması mümkün değildir ki kalkış akımı normal şartlar altında çok kısa süreliğine oluşmaktadır. Normal koşullarda motorun devir sayısı arttıkça kayma düşmekte ve motorun akımı da azalarak nominal değere gelmektedir.

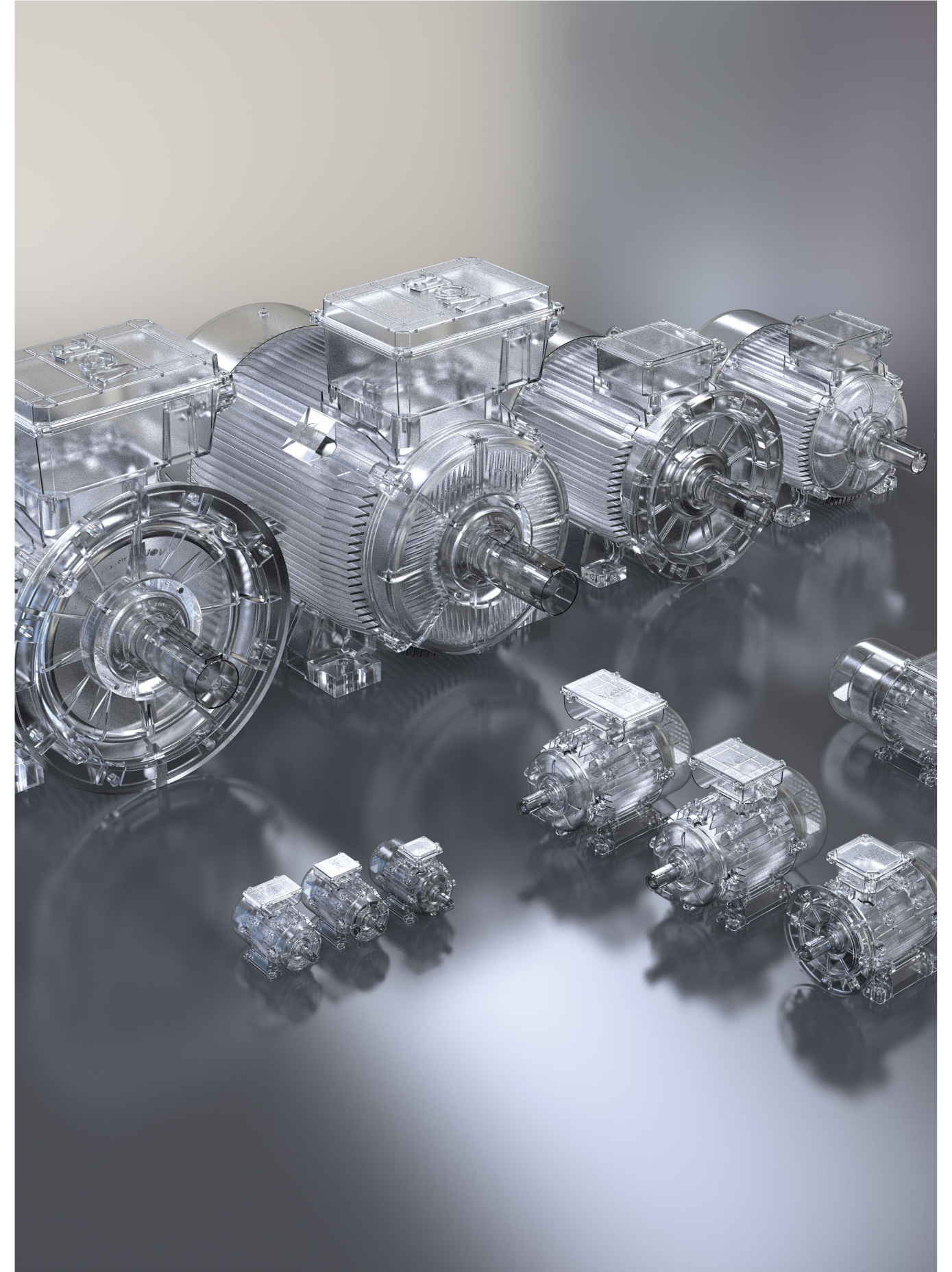


Asenkron Motor Kısa Devre Eşdeğer Devresi

Motorun deney amaçlı sıcaklığını yükseltilmesi için kalkış akımından faydalanılmaktadır. Numune motorlar belirli bir süre boyunca kilitli rotor konumunda bırakılarak çekilen yüksek akım ile motor sargılarının ısınması sağlanmaktadır.

Kilitli rotor testinde;

- Motorun sargılarına sıcaklığın gözlenmesi amacıyla termokupl yerleştirilir.
- Motorun mili hareket etmesi engellenecek şekilde kilitlenir.
- Motora düşük (40V civarında) gerilim uygulanır. Gerilim düşük kademeler halinde artırılarak motorun nominal akımının 2-3 katı mertebesinde akım çekmesi sağlanır.
- Motordaki sıcaklık artışı gözlemlenerek sargı sıcaklığının motorun izolasyon sınıfında izin verilen en yüksek seviyeye ulaşması sağlanır. (F sınıfı motorlar için 155 C)
- Motor sıcaklığı istenen değere ulaştığında gerilim ve akım düşürülerek sargıların belirli bir süre bu sıcaklıkta kalması sağlanır. Testin tamamlanmasının ardından motora dielektrik dayanım testi uygulanır ve motorun bu testten geçmesi gerekmektedir. Ardından motor demonte edilerek sargılarda herhangi bir hasar oluşup oluşmadığı göz ile kontrol edilir. Sargılarda hiçbir hasar gözlenmemelidir.





Volt Elektrik Motorları olarak yönetimini Konya sanayisinin önemli girişimcilerinin üstlendiği ve Spor Toto Basketbol Ligi ekiplerinden "Torku Konya Spor" basketbol takımı ile sırt ve saha reklamı konusunda sponsorluk anlaşması yapılmıştır. Yapılan bu anlaşmanın şirketimiz ve grubumuza hayırlı olmasını dileriz.

Volt elektrik motorları



SAYA
GRUP