



**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

MAKİNE RİSK DEĞERLENDİRMESİ EĞİTİM MODÜLLERİ

Modül 4: Güvenlik Bileşenleri ve Teknolojileri





İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



MAKİNE RİSK DEĞERLENDİRMESİ EĞİTİM MODÜLLERİ

Modül 4: Güvenlik Bileşenleri ve Teknolojileri

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

Emek Mah. Naci Ayvalıoğlu Cad. No:13 Pk:06520 Çankaya / ANKARA

Telefon: +90 (312) 296 60 00 (pbx)

YAYINI HAZIRLAYANLAR

Risk Yönetimi Derneği

Ayşe KESKİN KENİŞ (Makine Güvenliği Uzmanı)

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

Melis ÖZMEN (Çalışma Uzmanı)

Kübra ÜNAL GÜLSOY (Çalışma Uzmanı)

Seçil CEYLAN (Çalışma Uzmanı)

Bu eğitim modülü, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü ve Risk Yönetimi Derneği Makine Emniyeti Uzmanlık Grubu iş birliğiyle, iş sağlığı ve güvenliği profesyonellerine rehberlik etmesi amacıyla hazırlanmıştır.

İçindekiler

1. GİRİŞ	2
2. GÜVENLİK BİLEŞENLERİ VE İHTİYAÇLAR.....	2
3. GÜVENLİK TEKNOLOJİLERİNİN ÖZELLİKLERİ	3
4. GÜVENLİK KONTROL SİSTEMLERİ UYGULAMALARI.....	3
5. MAKİNELERDE MANİPÜLASYON.....	9
6. ELEKTRİĞE DUYARLI KORUYUCULAR (ELECTRO-SENSITIVE PROTECTIVE EQUIPMENT-ESPE).....	14



1. GİRİŞ

Güvenlik bileşenleri, makine ve endüstriyel sistemlerin güvenliğini artırmak için tasarlanmış özel cihazlardır. Bu bileşenler, kullanıcıların tehlikeli bölgelerle temasını engelleyerek kaza riskini azaltır. Güvenlik teknolojileri ise bu bileşenlerin işlevlerini ve performansını optimize eder. Bu yazıda, güvenlik bileşenleri, teknolojilerin özellikleri, kullanım avantajları ve dezavantajları, teknik ve ek koruma önlemleri, güvenlik kontrol sistemleri ve hatalı uygulamalar ele alınacaktır.

2. GÜVENLİK BİLEŞENLERİ VE İHTİYAÇLAR

1. Güvenlik Bileşenleri

Kilitleme Cihazları: Bu cihazlar, makine kapaklarını veya kapıları, makinenin çalıştığı süre boyunca kapalı tutar. Kilitleme mekanizması kapak açıldığında makinenin çalışmasını durdurur. Bu tür bileşenler genellikle tehlikeli bölgelerin fiziksel olarak erişimini engellemek için kullanılır.

Işık Perdeleri: Bu cihazlar, lazer veya ışık ışınları kullanarak bir tehlike bölgesinin etrafında bir koruma alanı oluşturur. Eğer bu ışık demetlerinden biri kesilirse, makine otomatik olarak durur. Işık perdeleri, özellikle hareketli parçaların bulunduğu alanlarda kullanılır.

Çift El Kontrol Cihazları: Bu cihazlar, bir makinenin çalışmasını başlatmak için iki elle eşzamanlı olarak bir düğmeye basmayı gerektirir. Bu, operatörün makineyi çalıştırırken herhangi bir tehlikeli bölgeye elini sokmasını önler.

Acil Durdurma Düğmesi: Bir acil durum meydana geldiğinde makinenin hemen durmasını sağlayan bir sistemdir.

Bunlara ek olarak; emniyet çitleri, makinenin etrafında fiziksel bir bariyer oluşturarak operatörlerin tehlikeli bölgelere erişimini engelleyen ve özellikle geniş, hareketli makinelerde çalışanların doğrudan temasını önlemek için kullanılan koruyucu sistemlerdir. Diğer koruyucu sistemlerle birlikte kullanıldığında, makinelerin etrafında güvenli bir çalışma alanı oluşturur.

2. İhtiyaçlar ve Uygulama

Güvenlik bileşenleri, makinenin türüne, tehlikeli bölgenin özelliklerine ve risklerin değerlendirilmesine bağlı olarak seçilmelidir. Her bileşen, belirli bir güvenlik ihtiyacını karşılamak için tasarlanmıştır:

Kilitleme Cihazları: Genellikle hareketli parçaların bulunduğu yerlerde, kapakların açılmasını engellemek için kullanılır.

Işık Perdeleri: Hassas bölgelerde, özellikle erişimin kolay olmadığı veya sürekli kontrol edilemeyen alanlarda tercih edilir.

Çift El Kontrol Cihazları: Operatörün makineye yaklaşımadan güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar.

Acil Durdurma Düğmesi: Operatörün acil bir durumda makineyi hızlı ve güvenli bir şekilde durdurabilmesi için bütün ekipmanlarda bulundurulur.



3. GÜVENLİK TEKNOLOJİLERİNİN ÖZELLİKLERİ

1. Kilitleme Cihazları

Özellikler: Güvenli, mekanik veya elektromanyetik kilitleme sistemleri sağlar. Kapaklar açıldığında makinenin çalışmasını durdurur.

Avantajlar: Tehlikeli bölgelerin fiziksel olarak kapatılması ve kolay montajdır.

Dezavantajlar: Kapakların sık sık açılıp kapanması, mekanizmanın aşınmasına ve arızalara yol açabilir.

2. Işık Perdeleri

Özellikler: Işık demetleri kullanarak koruma alanları oluşturur ve tehlikeli bölgelere erişimi algılar.

Avantajlar: Hızlı yanıt süresi; esnek uygulama imkânıdır.

Dezavantajlar: Kirlenme veya bozulma nedeniyle ışık demetlerinin kesilmesi; bazı durumlarda, ortam koşullarına bağlı olarak performansın olumsuz etkilenmesidir.

3. Çift El Kontrol Cihazları

Özellikler: Makineyi çalıştırmak için iki elin aynı anda bir kontrol düğmesine basmasını gerektirir.

Avantajlar: Operatörlerin ellerinin makineye erişimini engeller; iş kazalarını azaltır.

Dezavantajlar: Hızlı ve verimli operasyonları engelleyebilir; iki elin sürekli kullanılmasını gerektirir.

4. GÜVENLİK KONTROL SİSTEMLERİ UYGULAMALARI

Güvenlik kontrol sistemleri, makine ve endüstriyel tesislerin güvenliğini sağlamada önemli bir rol oynar. Bu sistemler, güvenlik bileşenlerini ve teknolojilerini koordine eder ve makine güvenliğini sürekli olarak izler.

Uygulama örnekleri:

Güvenlik Röleleri ve Kontrol Panelleri: Güvenlik bileşenlerinin işlevlerini denetler ve makinenin güvenlik durumunu yönetir.

Güvenlik PLC'leri (Programlanabilir Mantık Denetleyicileri): Kompleks güvenlik fonksiyonlarını yönetir ve tehlikeli durumları algılamak için programlanabilirler.

Güvenlik Ağları: Farklı güvenlik bileşenlerinin ağ üzerinde iletişim kurmasını sağlar ve merkezi bir kontrol noktası oluşturur.



Hatalı Uygulamalar

Koruyucu Tertibatlar

Hatalı uygulamalar, güvenlik sistemlerinin etkinliğini ciddi şekilde etkileyebilir ve kazalara yol açabilir. Koruyucu tertibatlar aşağıdaki hususlar dikkate alınarak tasarlanmalı kumanda sistemine adapte edilmelidir:

- Hareketli parçalar operatörün erişim alanı içerisinde iken çalışmaya başlamamalı,
- Çalışanlar hareketli parçalara erişememeli,
- Koruyucu tertibatların parçalarından birisinin olmaması veya arızalanması durumunda hareketli parçaların çalışmaya başlamasını önlemeli veya bunları durdurmalıdır.

Koruyucu tertibatlar yalnızca bilinçli bir eylem ile ayarlanabilmelidir.

4.1 Ara Kilitleme Tertibatları

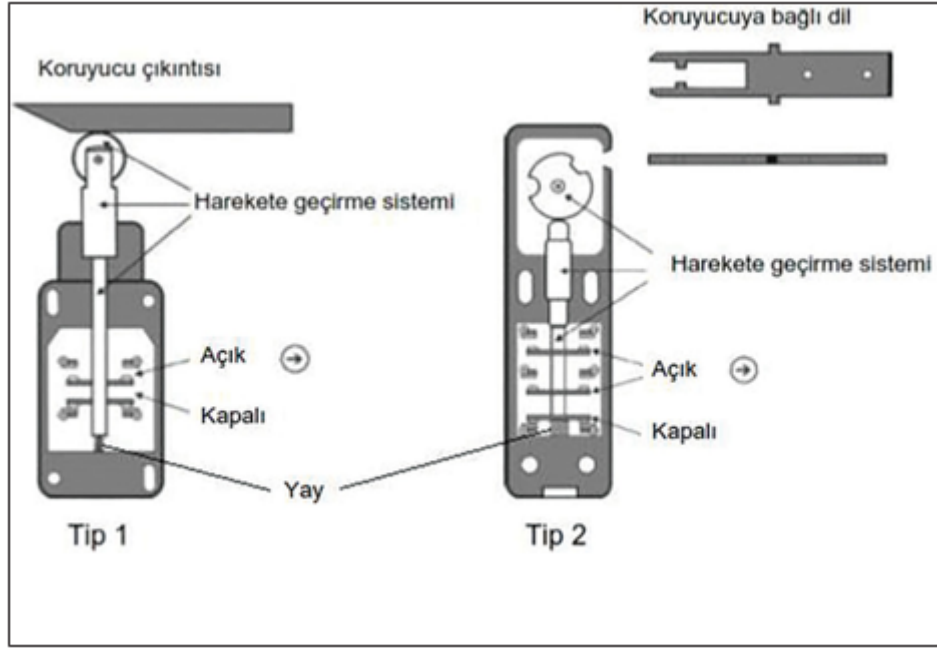
Makine güvenliğinde, iş hayatında sıkça kullandığımız “anahtar” mekanizmalarının karşılığı **ara kilitleme cihazı (interlocking device)** olarak adlandırılır. **TS EN ISO 14119: Makinalarda güvenlik - Koruyucular ile beraber olan ara kilitleme tertibatları - Tasarım ve seçim için prensipler** standardı, makine güvenliğinde kullanılan ara kilitleme tertibatlarının (interlocking devices) tasarım, seçim ve uygulama ilkelerini açıklamakta ve çalışma prensiplerine göre ara kilitleme cihazlarını kategorilere ayırmaktadır.

Tip 1 ve Tip 2 ara kilitleme cihazlarının çalışma prensipleri Resim 1’de görülmektedir.

- Tip 1: Mekanik olarak çalışan, kodlanmamış (uncoded) aktüatöre sahip cihazlardır.
- Tip 2: Mekanik olarak çalışan, kodlu (coded) aktüatöre sahip cihazlardır. Koruyucu üzerindeki kodlu dil (actuator) pozisyon anahtarına belirli bir biçimde girerek doğrudan mekanik temas sağlar; koruyucu açıldığında bu temas kesilir ve stop komutu üretilir.

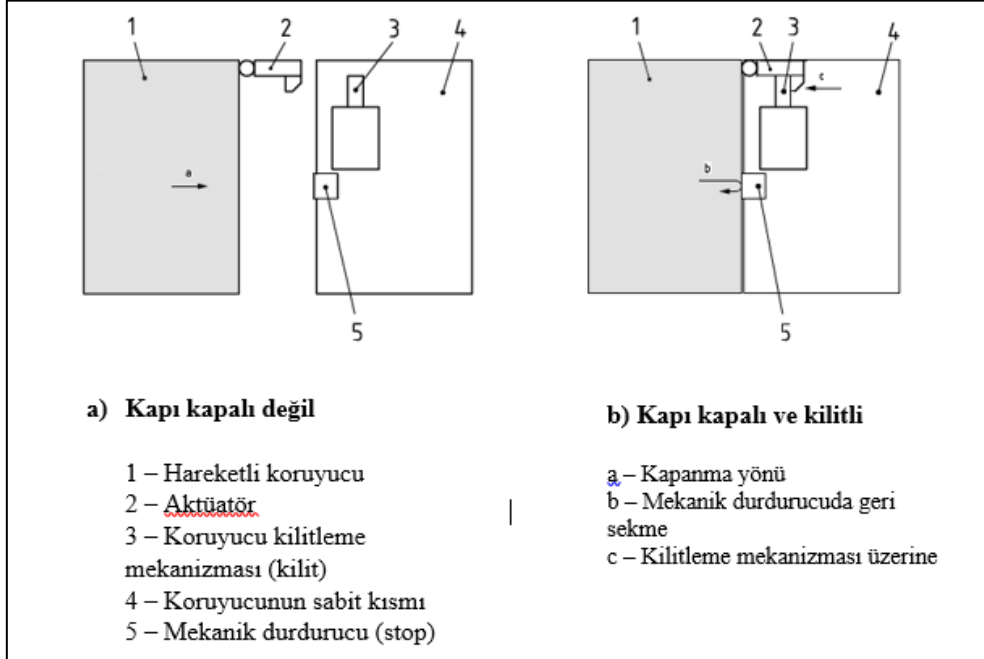
Her iki durumda da, koruyucu kapı açıkken açık kontaklar devreyi keser ve makine çalışmaz.

Resimlerdeki kapalı kontak ise kapı pozisyonunu izleme görevi yapmaktadır. Her iki anahtar da cebri açma özelliğine sahiptir. Yani yay kırılması veya kontak yapışması gibi arıza durumlarında koruyucu dili, mekanizmayı zorla açarak kontakları açık konuma getirir. Bu sayede tehlikeli hareketlere enerji iletimi engellenir. Bu anahtarlar hassas cihazlardır. Montajları, üretici kataloglarında belirtilen kurallara uygun olarak ve periyodik kontrollerle ayarlarının bozulmadığı doğrulanmalıdır.



Resim 1. Tip 1 ve Tip 2 ara kilitleme sistemlerinin çalışma prensibi

Standardın güncel versiyonu; manipülasyona dirençli tasarım, fault masking (arızaların gizlenmesi), penalty delay (gecikmeli başlatma süresi) ve Tip 5 (trapped key system) gibi yenilikler içermektedir. Koruyucu kilitleme cihazı, koruyucu kapak kapalı konuma geldiğinde otomatik olarak devreye girecek şekilde tasarlanmışsa, seçilen koruyucu kilitleme cihazı oluşacak mekanik kuvvetlere dayanabilmelidir.



Resim 2. Dinamik kuvvetlerden etkilenen bir koruyucu kilitleme cihazı örneği



Kumanda sistemlerinde; Kumanda sistemlerinde “başlatma, durdurma, tam durdurma, izin verme, onay bekleme, izleme” gibi fonksiyonlar bulunur. Bu fonksiyonların ne zaman ve hangi sırayla gerçekleşeceği, hem talebe hem de standartlara göre belirlenir ve kontrol cihazına entegre edilir.

TS EN ISO 14119 standardına göre; koruyuculara monte edilen ara kilit cihazlarından, makinenin kumanda sistemi ile birlikte çalışarak üç temel fonksiyonu yerine getirmesi beklenir:

Tehlikeli fonksiyonu başlamasını engelleme:

Koruyucu kapalı değilse, tehlikeli makine fonksiyonu başlatılamaz. (“Tehlikeli makine fonksiyonu” ifadesi; hareketli parçalar, sıcak yüzeyler, gürültü, radyasyon vb. riskleri kapsar.)

Tehlikeli fonksiyonu durdurma:

Makine çalışırken koruyucu açılırsa bir stop komutu üretilir ve işlem durur.

Sadece koruyucu kapalıyken çalışmaya izin verme:

Tehlikeli makine fonksiyonu sadece koruyucu kapalıyken devreye girebilir.

Ancak koruyucunun kapanması, tek başına makineyi otomatik başlatmaz.

Ara Kilitleme Tertibatı Tipleri

Tablo 1. TS EN ISO 14119 standardına göre ara kilitleme tertibatları

Tip	Çalışma Prensibi	Açıklama
1	Mekanik, kodsuz	Basit mekanik temasla çalışır; kodlama yoktur, manipülasyona açıktır.
2	Mekanik, kodlu	Kodlu dil veya aktüatör ile çalışır; manipülasyona karşı daha güvenlidir.
3	Temassız, kodsuz	Manyetik/optik prensiple çalışır; kodsuz olduğu için manipülasyon riski yüksektir.
4	Temassız, kodlu	RFID veya kodlu manyetik sistemlerle çalışır, yüksek güvenlik sağlar.
5	Trapped key system	Fiziksel anahtar zinciriyle sıralı kilitleme sağlar, bakım ve proses güvenliğinde kullanılır.

Aşağıdaki görsel, Tip 1–5 sınıflandırmasını şematik olarak göstermektedir:

Tablo 2. TS EN ISO 14119 standardına göre ara kilitleme cihazları özeti

ARA KİLİTLEME CİHAZLARI ÖZET TABLOSU						
Tip	Aktüasyon Prensibi	Aktüatör	Koruyucu İzleme (Guard Monitoring)	Örnek		
				Aktüasyon Prensibi	Aktüatör (Örnekler)	Ek Maddesi
Tip 1	Mekanik	Kodsuz	Doğrudan	Fiziksel temas / kuvvet	Dönel kam	A.1
					Doğrusal kam	A.2, A.4
					Menteşe	A.3
Tip 2	Mekanik	Kodlu	Doğrudan	Fiziksel temas / kuvvet	Dil (şekilli aktüatör)	B.1
Tip 3	Temassız	Kodsuz	Doğrudan	Manyetik	Mıknatıs, solenoid	C.1
				Endüktif	Uygun ferrometal	
				Kapasitif	Uygun herhangi bir nesne	
				Ultrasonik	Uygun herhangi bir nesne	
				Optik	Uygun herhangi bir nesne	
Tip 4	Temassız	Kodlu	Doğrudan	Manyetik	Kodlu mıknatıs	D.1
				RFID	Kodlu RFID etiket	D.2
				Optik	Optik olarak kodlu etiket	—
Tip 5	Mekanik (Tuzak anahtarlı)	Kodlu	Dolaylı veya doğrudan	—	Şekilli	Ek K

Çalışma Prensipleri

Tip 1 ve Tip 2 cihazlarda aktüatör koruyucu kapağa entegredir. Kapak açıldığında mekanik kontaklar devreyi keser ve makine durur. Temassız sistemlerde (Tip 3–4) manyetik veya RFID sinyali üzerinden izleme yapılır. Tip 5 trapped key sistemi ise anahtar sıralamasıyla fiziksel kilitleme sağlar.

Koşullu ve Koşulsuz Kilitleme

Koşulsuz kilitlemede operatör koruyucuyu her zaman açabilir; açıldığında sistem stop sinyali üretir. Tehlikeli hareketin tamamen durması, kilidin açılma süresinden kısa olmalıdır. Koşullu kilitlemede ise kilit yalnızca tehlikeli hareket tamamen durduktan sonra açılabilir. Bu tür sistemler genellikle elektromekanik veya manyetik kilitlerle uygulanır.

Kontrol Sistemi İzleme Gereklilikleri

Makinenin tehlikeli fonksiyonları yalnızca aşağıdaki iki sinyalin eş zamanlı doğrulanmasıyla devreye girebilir:

- Koruyucu kapalı
- Ara kilitleme cihazı etkin

Elektromanyetik kilitlerde manyetik tutma kuvveti izlenmeli, zorla açma durumlarında sistem gecikmeli olarak resetlenmelidir (penalty delay). Ara kilitleme tertibatları yalnızca koruyucu kapalı ve cihaz etkin sinyali geldiğinde çalışmaya izin vermelidir. Montaj, bakım ve kontrol işlemleri yetkili kişilerce yapılmalı; periyodik testler ile doğrulama sağlanmalıdır.

Ara Kilitleme Cihazlarının Seçimi

Bir makinede kullanılacak ara kilitleme cihazının seçimi, yalnızca ürünün tipi veya markasıyla değil, makinenin tüm yaşam döngüsü boyunca (tasarım, kurulum, işletme, bakım ve devre dışı bırakma) nasıl çalışacağıyla doğrudan ilişkilidir. Seçim sürecinde cihazın işlevsel gereklilikleriyle birlikte makine güvenliği, çevre koşulları ve bakım ihtiyaçları bir arada değerlendirilmelidir. Seçim kriterleri aşağıda verilmektedir:

- Makinenin kullanım amacı ve işletme koşulları: Cihaz, çalışma ortamına (toz, nem, dış ortam vb.) uygun olmalıdır.
- Makinede bulunan tehlikeler ve risk düzeyi: Ezilme, sıkışma, kesilme veya elektriksel tehlikeler analiz edilmelidir.
- Yaralanma şiddeti ve olasılığı: Risk derecesine göre cihaz tipi belirlenmelidir.
- Cihazın güvenilirliği ve hata olasılığı: Hedeflenen güvenlik seviyesini (PL veya SIL) karşılamalıdır.
- Sistem yanıt süresi ve erişim süresi: Kapak açıldığında makinenin durma süresiyle uyumlu olmalıdır.
- Çevresel koşullar: Titreşim, sıcaklık, nem veya manyetik alan gibi faktörlere dayanıklı olmalıdır.
- Kullanım sıklığı ve bakım kolaylığı: Cihaz ömrü ve kontrol aralığı dikkate alınmalıdır.
- Kodlama ve yetkisiz müdahaleye karşı koruma: Özellikle Tip 4 cihazlarda yetkisiz teach-in işlemi önlenmelidir.

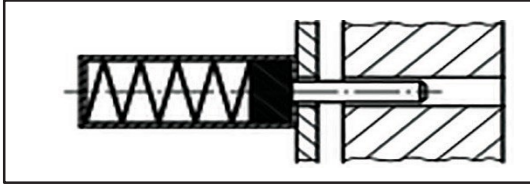
Tablo 3. Cihaz tipine göre uygulama önerileri

Uygulama Koşulu	Uygun Cihaz Tipi	Açıklama
Düşük riskli, basit mekanik koruyucular	Tip 1 veya Tip 2	Mekanik temelli sistemler yeterlidir.
Sık açılıp kapanan kapaklar, yüksek manipülasyon riski	Tip 4	Kodlu temassız sistem önerilir.
Bakım erişimi veya sıralı işlem gerektiren sistemler	Tip 5	Trapped key sistemi uygundur.
Tozlu, nemli veya agresif ortamlar	Tip 3 veya Tip 4	Temassız sistemler daha kararlı çalışır.
Enerji kesintisinde koruyucunun kapalı kalması gereken sistemler	Tip 2 veya Tip 4	Yay serbestken kapalı çalışan modeller tercih edilmelidir.

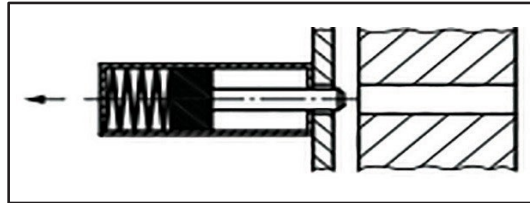
4.2 Ara Kilitleme Tertibatlarının Tasarım ve Kurulumu

Ara kilitleme tertibatları,

- Üretici talimatlarına uygun, sağlam ve yerinden oynamayacak şekilde monte edilmelidir. (İşletme süresince periyodik kontrol gereklidir.)
- Bakım ve kontrol işlemleri kolay yapılabilir olmalıdır.
- Öngörülen çevresel koşullara ve mekanik darbelere dayanıklı olmalıdır.
- Manipülasyona (örneğin aktüatör yerine yabancı cisim sokulması) karşı koruma önlemleri bulunmalıdır.
- Aktivasyon mesafeleri tasarım limitleri içinde olmalı; koruyucunun aralık kalmasına izin vermemelidir.
- Üretici izin vermedikçe ara kilitleme cihazı mekanik stop olarak kullanılmamalıdır.
- Koruyucunun hiza veya ayar bozulmalarında boşluklardan insan uzuvlarının girmesi mümkün olmamalıdır.
- Söküm işlemleri yalnızca yetkili kişilerce ve özel aletlerle yapılmalıdır.
- Tip 1 ve Tip 2 cihazlarda stop komutu doğrudan ara kilit–koruyucu teması ile üretilmeli, kontaklar devreyi direkt açmalıdır.
- Enerji kesintilerinde koruyucunun açık kalmaması beklenir, çünkü tehlikeli fonksiyonların durması zaman alabilir. Bu nedenle, aksi risk analiziyle belirtilmemişse, ara kilitler yay serbest iken kapalı, kilit enerjilenince açık olacak şekilde tasarlanmalıdır.



Yay serbestken koruyucu KAPALI



Enerji ON iken kilit çekiliyor,
koruyucu AÇIK

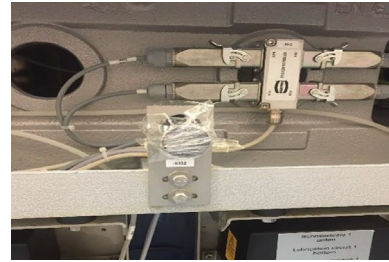
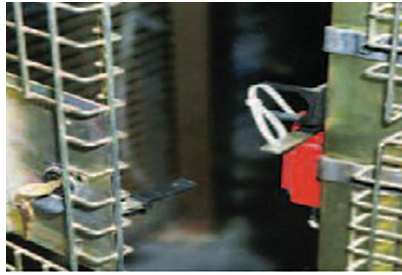
Resim 3. Enerji kesintisinde koruyucunun kapalı kalması

5. MAKİNELERDE MANİPÜLASYON

Kandırma, aldatma gibi anlamlar taşıyan manipülasyon makine güvenliğinde, koruyucu önlemleri devreden çıkarma, işe yaramaz hale getirme veya atlama (bypass etme) demektir. DGUV-IFA37'ye göre manipülasyon; “Bir makine koruyucusunu tasarımcının öngörmediği bir şekilde veya başka hiçbir önlem almaksızın devreden çıkarmaktır.” Manipülasyonun hangi araçla yapıldığının bir önemi yoktur, makineye elle yapılan tüm müdahaleler araştırılmalıdır. 2006 yılında Almanya’da makine kullanıcıları arasında yapılan bir araştırma, takım tezgahlarında manipülasyon oranının %37'lere ulaştığını göstermektedir. Yine DGUV’un yaptığı tespitlere göre makine kaynaklı iş kazalarının %25’inin kök nedeni kesinlikle manipülasyondur.

Bir makinenin sürekli güvenli çalışması için, koruyucu tedbirlerin mümkün olduğu kadar makinenin kolay kullanılmasına izin vermesi ve planlanan kullanımını engellememesi önemlidir. Aksi takdirde, makineden azami düzeyde yararlanmak için koruyucu önlemlerin manipülasyon olasılığı söz konusudur. Bu nedenle makine risk analizinde, koruyucu tedbirleri devreden çıkarma veya manipülasyonu özendirecek hususlar da hesaba katılmalıdır. Makinelerde manipülasyonu özendirecek çalışma koşullarına aşağıdaki örnekleri verilebilir:

- Koruyucu, üretimi yavaşlattığı zaman ya da kullanıcının başka bir faaliyetini veya tercihini engellediğinde,
- Koruyucu önlemin uygulanması zor olduğunda,
- Operatör dışındaki kişiler tehlike bölgesine müdahale ettiklerinde,
- Koruyucu tedbir kullanıcı tarafından onaylanmadığı zaman veya fonksiyonuna uygun olduğu kabul edilmediğinde (eğitim eksikliği),
- Koruyucunun manipüle edilmesi kolay olduğunda,
- Üretim baskısı olduğunda veya üretim adedi artışını özendirecek sistemler uygulandığında,
- İş güvenliği kültürü eksikliğinde.



Resim 5. Makinelerde manipülasyon örnekleri

Elektrik dışındaki enerji beslemesi

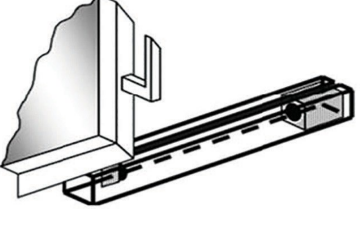
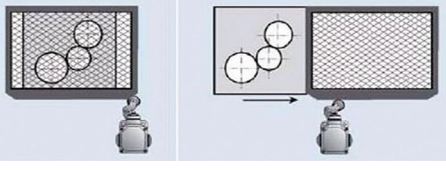
Şu ana kadar makinelerin elektrik ve kumanda sistemlerinden kaynaklanan tehlikeler ve alınacak önlemlerden bahsedilmiştir. Ancak makineler elektrik dışında başta enerji kaynaklarından beslenebilir. Bu enerji kaynaklarını genel olarak ikiye ayırmak mümkündür:

- a) Rüzgâr, kömür ve su gibi doğal kaynaklar
- b) Hidrolik (basınçlı yağ), pnömatik (basınçlı hava), içten yanmalı motorlar gibi makineler tarafından üretilen kaynaklar

Her enerji türünün kendine özgü tehlikeleri olabilir, örneğin hidrolik ve pnömatikte basınç yükselmesi ve kaçaklar, motorlarda zararlı emisyonlar, rüzgâr türbinlerinde gürültü gibi.

Makine Emniyeti Yönetmeliği Ek 1'deki 1.5.3 maddesinde, bu tehlikelere yönelik şu ifadeye yer verilmiştir. “Makinalar elektrik dışında başka bir kaynaktan beslendiklerinde, bu enerji kaynağı ile bağlantılı bütün potansiyel riskler önlenerek şekilde tasarımlanmalı, imal edilmeli ve teçhiz edilmelidirler.”

Tablo 5. Makinelerde manipülasyonu önlemeye yönelik bazı tedbirler

	Kodlu şalter dili
	Temassız ve özel bağlantılı şalterler
	Kapalı kutu içine alınmış kayar kapı şalteri
	Manipüle edilmesi zor şalter ve kayar kapı tasarımı

Montaj demontaj hataları

- Makineler veya bazı makine kısımları makinenin üretim aşamasından sonra da kurulum, taşınma, bakım veya ayar gibi işlemler esnasında montaj veya demontaj yapılabilir. Bu işlemler esnasında oluşabilecek tehlikeler risk analizinde dikkate alınmalı ve gerekli önlemler düşünülmelidir.



- Risk kaynağı olabilecek belirli parçaları montaj veya demontaj yaparken meydana gelebilecek hatalar bu parçaların tasarımı ve üretimi esnasında ortadan kaldırılmalı veya bu başırlamıyor ise, makine gövdesinin, parçasının veya koruyucusunun üzerinde bu konuda bilgi verilmelidir. Montaj-demontaj uyarıları, hareketli parçalar üzerinde veya hareket yönünün bilinmesi gerektiğinde bunların koruyucuları üzerinde gösterilmelidir. Bu kural akış yönleri için de geçerlidir. Gerekli olduğunda, makine talimatlarında söz konusu tehlikeler hakkında açıklamalara yer verilmelidir. Örnek olarak; tasarımda makine parçalarının şekli yanlış yönde takılamayacak şekilde olabilir, bağlantı parçalarının ölçüleri ve tasarımı farklı yapılabilir ve parçaları zedelemeyecek ve güvenli montaj-demontaj yapmak için özel el aletleri kullanılabilir. Tasarımda önlem alınamıyorsa, kolay ayırt edilebilir ve farklı renk kodları veya özel işaretler konulmuş bağlantı parçaları gibi önlemler devreye alınmalıdır.

Ara Kilitleme Tertibatlarında Güvenlik ve Manipölasyona Karşı Önlemler

Makinenin tehlike bölgesine bir kişinin girmesi veya çıkması gerekiyorsa, ara kilitleme tertibatına bir “acil durum kaçış düzeni ([escape release](#))” eklenmelidir. Bu düzenek, tehlike bölgesi içinde kalan kişinin yardımsız biçimde çıkabilmesini sağlamalıdır.

Kontrol Sistemi İzleme Gereklilikleri

- Ara kilitleme tertibatlarının durumu, makine kontrol sistemi tarafından sürekli izlenmelidir. Makinenin tehlikeli fonksiyonlarının çalışmasına yalnızca aşağıdaki iki sinyalin eşzamanlı doğrulanmasıyla izin verilmelidir:
 - ✓ “Koruyucu kapalı”
 - ✓ “Ara kilitleme cihazı yerinde ve etkin”
- Elektromanyetik ara kilitleme cihazlarında, koruyucunun kapalı kalmasını sağlayan manyetik tutma kuvveti de izlenmelidir.
- Eğer bir elektromanyetik kilit zor kullanılarak açılabilirse, tehlikeli makine fonksiyonları hemen yeniden başlatılmamalıdır. Bu tür durumlarda makinenin, “reset” işleminden sonra dahi çalışmaya başlamadan önce belirli bir gecikme süresi (“penalty delay”) uygulaması önerilir. Bunun nedeni, elektromanyetik kilitlerin mekanik kilitler gibi hasar görmeden zorla açılabilmesi ve bu durumda yetkisiz müdahaleye karşı caydırıcı bir güvenlik aralığı gerekliliğidir.

Manipölasyona (Devre Dışı Bırakmaya) Karşı Tasarım Önlemleri

Ara kilitleme tertibatları, manipölasyona karşı dirençli olacak şekilde tasarlanmalı ve makineye entegre edilmelidir. Bu husus, TS EN ISO 12100 standardında belirtilen “makine ve süreçlerin manipölasyonu teşvik edecek faktörlerin en aza indirilmesi” prensibiyle de uyumludur. Buna göre, ara kilitleme tertibatlarının tasarımı; makine operasyonları, bakım, ayar ve temizlik gibi makine ömrü boyunca gerçekleştirilen faaliyetler sırasında en az müdahale gerektirecek şekilde yapılmalıdır.



Manipülasyona Karşı Önlemlerin Seçimi

Makine risk analizinde, manipülasyon olasılığını azaltmak amacıyla aşağıdaki önlemler dikkate alınmalıdır:

- Tip 3 (temassız – uncoded) ara kilitleme cihazları, manipülasyona karşı yeterli önlem alınmadıkça kullanılmamalıdır (düşük seviyede kodlanmış veya kodsuz cihazların manipülasyon riski yüksektir).
- Makine tipine bağlı olarak, mümkünse alternatif çalışma modları ve durum izleme sistemleri tasarlanmalıdır. Örneğin:
 - ✓ Özel bakım veya ayar modları: Güvenli hız veya güvenli mesafe konseptleriyle desteklenmiş modlar,
 - ✓ Durum izleme (status monitoring): Makine çevrimi (machine cycle) sırasında olağan dışı işlem sıralarının algılanması ve uyarı verilmesi,
 - ✓ Periyodik test (cyclic testing): Makine kontrol sisteminin belirli aralıklarla operatörden ara kilitleme cihazlarını test etmesini istemesi.
- Her bir ara kilitleme tertibatı için manipülasyona özendirici faktörler ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Manipülasyon riski yüksekse şu ek önlemlerden biri veya birkaçı planlanmalıdır:
 - ✓ İlave kilitleme anahtarı (örneğin Tip 5 – trapped key sistemi),
 - ✓ Farklı tipte cihaz (örneğin yüksek kod seviyeli temassız anahtar),
 - ✓ Ek bir eylem veya izleme sinyali ile devreye alma koşulu oluşturma.

Özetle

- Ara kilitleme tertibatı yalnızca “koruyucu kapalı ve cihaz yerinde” sinyali geldiğinde çalışmaya izin vermelidir.
- Elektromanyetik kilitlerin hem kuvveti hem durumu izlenmelidir.
- Zorla açma durumlarında makine gecikmeli yeniden başlatılmalıdır.
- Manipülasyona dirençli tasarım esas alınmalı, özellikle Tip 3 cihazlarda ek önlem alınmadan kullanılmamalıdır.
- Gerektiğinde bakım modu, durum izleme ve periyodik test gibi destekleyici güvenlik fonksiyonları entegre edilmelidir.

6. ELEKTRİĞE DUYARLI KORUYUCULAR (ELECTRO-SENSITIVE PROTECTIVE EQUIPMENT-ESPE)

Elektriğe duyarlı koruyucular; insan veya insan uzuvlarını algılayan ve makine kontrol sistemine uygun bir sinyal gönderen donanımların genel ismidir. Elektriğe duyarlı koruyucular birbiriyle koordineli olarak çalışan varlık algılama, makine durdurma ve veri iletişim görevi yapan cihazların bir bileşimidir. Elektriğe duyarlı koruyucular aşağıdaki amaçlara yönelik kullanılabilir:

- Makineyi durdurmak,
- Varlık algılamak,
- Makinenin çalışmasını yeniden başlatmak. (İstisnai bir durumdur ve özel şartlara tabidir.)

Elektriğe duyarlı koruyucu donanımların çeşitleri şunlardır:

- Işık veya ışıın perdeleri,
- Tarama cihazları (örneğin lazer tarayıcılar),
- Kamera bazlı koruma cihazları (VBPD),
- Basınca duyarlı tampon/kenar ve paspaslar,
- Hassas algılama çubukları, hassas algılama halatları.

Işıkla koruma yapan ve ilk üç sırada sayılan cihazlara aktif optoelektronik koruyucu tertibat (AOPD) da denilmektedir.

Basınca duyarlı paspas, üzerine baskı uygulandığı zaman emniyet rölesi üzerinden durdurma ve uyarı işlevi gören bir sensördür. Diğer önlemleri tamamlayıcı bir koruma yöntemidir. PLC'nin yeteneğine bağlı olarak izleme sistemi yetkisiz girişin lokasyonunu verebilir veya makineyi yavaşlatabilir. Paspasın üzerine parça düşmesi kesintilere neden olabilir.



Resim 4. Basınca dayanıklı paspas

Elektriğe duyarlı koruyucuların üç temel fonksiyonu vardır:

- Tehlike bölgesine girişi algılamak,
- İzleme ve kontrol yapmak,
- Çıkış sinyali veya verisi üretmek.

Bu koruyucuların algılama alanına herhangi bir giriş, elektrik-elektronik terminolojisinde “hata-fault” olarak isimlendirilir. Normal çalışmada, cihazın herhangi bir hata tespit etmediği durum “ON” durumu, algılama alanına giriş hali ise “OFF” sinyali üretilen durumdur. Hata tespiti ile OFF sinyali verilmesi arasındaki süre cihazın tepki süresidir, bu süre üretici tarafından belirlenir. Bir AOPD’nin aktive olmasını sağlayan ve üreticisi tarafından belirlenen algılama hassasiyeti ölçüsüne algılama kapasitesi veya çözünürlük denilmektedir. Algılama kapasitesi, cihazın güvenlik performans kriterlerinin başında gelir.

Elektriğe duyarlı koruyucuların çözünürlüğü, elektromanyetik bozucu etkiler, ortam kirliliği ve yabancı maddelerden etkilenebilir, aşağıdaki standartlarda bu konudaki gereklilikler ve test yöntemleri tarif edilmiştir.

Tablo 4. Elektriğe duyarlı koruyuculara ilişkin gereklilikler ve test yöntemlerini içeren standartlar

Standart	Standart konusu
TS EN 62061:2005/A1:2013	Makine güvenliği-Güvenliğe ilişkin elektrik, elektronik ve programlanabilir elektronik kontrol sistemlerinin fonksiyonel güvenliği
TS EN 61496-2:2014	Makine güvenliği-Elektro-duyarlı koruyucu donanım - Bölüm 2: Aktif opto-elektronik koruyucu elemanları (AOPDler) kullanan donanımlar için özel kurallar
IEC TS 61496-4-2 ve 3:2014	Makinelerin güvenliği-Elektro-duyarlı koruyucu donanımlar - Bölüm 4-2: Görsel (kamera tabanlı) koruyucu cihazlar (VBPD) kullanan donanımlar için özel gereklilikler

Elektriğe duyarlı koruma donanımı hakkında genel kuralları açıklayan TS EN 61496-1 standardına göre algılama kapasitesi ve tepki süresi üretici tarafından belirlenir ve kullanıcının ayar imkânı yoktur. Elektriğe duyarlı koruyuculara ait algılama fonksiyonlarının dayandığı farklı teknolojilerden dolayı bu donanımların bütün çeşitleri istenen güvenlik gereklerini tam olarak karşılamayabilir.

Bu donanımların seçiminde, aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmelidir:

- Cihazın tipi ve arıza durumuna tepkisi,
- Algılama alanı büyüklüğü, özellikleri ve konumu,
- Manipülasyon (devre dışı bırakma) olasılığı,
- Algılama kapasitesi ve dış etkenlerle değişime olasılığı,
- Standartlara uygunluğu.

Elektriğe duyarlı koruyucular için aşağıdaki hususlar gözetilerek tasarlanmalıdır:

- Bir insan veya vücut uzvu tespit edilir edilmez bir komut (sinyal) verecek şekilde,
- Algılanan insan veya vücut uzvunun geri çekilmesi durumunda, makinenin tehlikeli fonksiyonlarını otomatik olarak yeniden başlatmayacak ve donanım tarafından verilen durdurma komutu, yeni bir komut verilene kadar korunacak şekilde,
- Operatör tehlike bölgesini göremiyorsa, makinenin tehlikeli fonksiyonları yalnızca operatörün tehlike bölgesinin dışında bulunan bir kontrol cihazını bilinçli olarak çalıştıracak şekilde,
- Geçici durma dışında, algılama fonksiyonunun kesintiye uğraması halinde makinenin çalışmayacağı şekilde,
- Tespit alanının konumu ve şekli, bir insanın veya vücut uzvunun fark edilmeden tehlike bölgesine girmesini önleyecek şekilde.

Elektriğe duyarlı koruyucular barındıran makinelerin çalıştırılması için makine risk analizi yapılması ve TS EN 61496 standardına uygun cihazlar kullanılması gerekmektedir.

Emniyet Kontrol Sistemi ile İlgili Standartlar

- ✓ EN ISO 13849-1: Makine emniyeti-Kontrol sistemlerinin emniyetle ilgili bölümleri-Bölüm 1: Tasarım için genel ilkeler
- ✓ EN ISO 13849-2 Makine emniyeti-Kontrol sistemlerinin emniyetle ilgili bölümleri-Bölüm 2: Doğrulama
- ✓ IEC 62061: Makine emniyeti-Emniyetle ilgili elektriksel, işlevsel güvenlik, elektronik ve programlanabilir elektronik kontrol sistemleri
- ✓ IEC 60204-1: Makinelerde güvenlik-Makinelerin elektrik donanımı-Bölüm 1: Genel kurallar
- ✓ IEC 61508-2: Elektronik emniyetle ilgili sistemlerin işlevsel emniyeti-Bölüm 2: Elektrik/elektronik/programlanabilir elektronik emniyetle ilgili sistemler için gereklilikler

Fonksiyonel Emniyet – Hataların Kontrol Edilmesi

Sistemik Hatalar

- Fonksiyonel Emniyet Yönetimi
(IEC 62061, bölüm 4)
- Emniyet Sistem Planı
(IEC 62061, bölüm 4)
- Emniyet Gereksinimleri
(IEC 62061 / EN ISO 13849-1)
- «V» Yazılım Geliştirme Modeli (*)
(IEC 62061 / EN ISO 13849-1)
- Doğrulama
(IEC 62061 ve EN ISO 13849-1)



Olası Donanım Arızaları

(Her bir Emniyet Fonksiyonu için)

EN ISO 13849-1'e göre:

- Bağlantı mimarisi belirleme
- PFH_d belirleme ile MTTF_d hesaplama
- DC, CCF ile «PL» doğrulama

IEC 62061'e göre:

- Bağlantı mimarisi belirleme
- PFH_d hesaplama

ISO 13849-1 : Performans Seviyesi

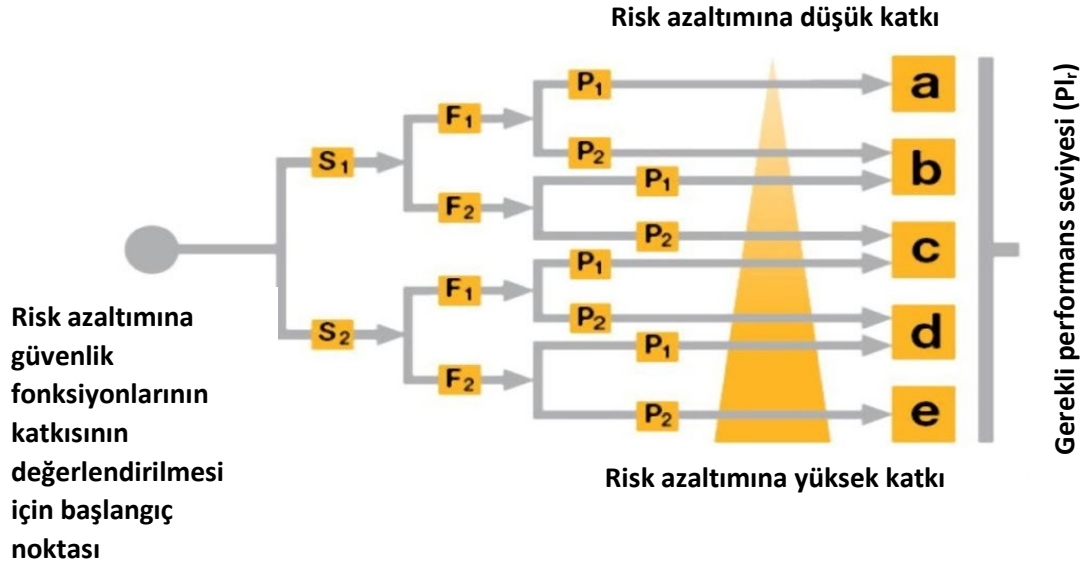
- PL(a,b,c,d,e)

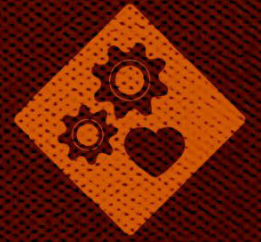
IEC 62061 : Emniyet Bütünlük Seviyesi

- SIL(1,2,3,4)

Tanımlar ve Hesaplama Kriterleri (EN ISO 13849-1)

1. Performans Seviyesinin belirlenmesinde kullanılan parametreler:
2. Yaralanmanın Şiddeti
3. Tehlikenin Bölgede Bulunma Sıklığı ve Maruz Kalma Süresi
4. Tehlikeden Kaçınma Olasılığı
5. Emniyet Kumanda Mimarisi(Kategori)
6. Hata Teşhis Yeteneği(Diagnostic Coverage-DC)
7. Meydana gelebilen ortak arızalar, (Common Cause Failure – CCF)
8. Komponentlerin güvenilirliği, tehlikeli arızaların ortalama zamanı, MTTFd
9. Emniyet kumanda yazılımı (Emniyet PLC varsa)
10. Sistematik Arızalar
11. Çevresel faktörler ve operasyonel etkenler

 PL_r PL **Emniyet Fonksiyonlarının Tespiti ve PL_r Belirlenmesi (EN ISO 13849-1)****S, F, P soruları****Severity** - Yaralanmanın Şiddeti (**S1**=Hafif, **S2**= Ağır)**Frequency** - Tehlikeli bölgede bulunma sıklığı(**F1**=Az, **F2**=Fazla)**Probability** - Tehlikeden kaçınma olasılığı(**P1**=Mümkün, **P2**=İmkansız)



Güvenle
Büyü
Türkiye



Yayınlar ve Afişler

www.csgeb.gov.tr/isggm/yayinlar-ve-afisler

isggmmedya



Türkiye Cumhuriyeti Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

Adres: Emek Mahallesi Naci AYVALIOĞLU Caddesi No: 13 Pk: 06520 Emek / ANKARA

Telefon: 0 312 296 60 00 (Dahili: 14)

Faks: 0 312 296 18 77