



EMNİYET UYGULAMALARINDA, UYGUN PNÖMATİK DEVRE ÇİZİMİ

PNEUMATIC CIRCUIT DRAWING IN SAFETY APPLICATIONS

Sinan Cem Güney

ÖZET

Yükselen güvenlik standartları ve 2009 yılının sonunda yürürlüğe giren ISO 13849-1 yeni makine-tesis yönergesi nedeniyle Avrupa ülkelerinde, makineler ve tesisler fiziksel zarara yol açmayacak şekilde tasarlanıp üretilmemektedir. Makinelerde istenen senaryoya göre pnömatik devre istenen performansta hazırlanır. Bunlar;

- Hız düşürülmesi
- Basınç değeri düşürülerek kuvvet düşümü sağlanması
- Hızlı eksoz
- Silindirlerde yön değişiminin sağlanması
- Hareketin kilitlenmesi ve konumunun korunmasını sağlamak
- İstenmeyen hareketin önlenmesi

Olduğu gibi, farklı senaryolar tek devrede de bulunabilir. Bundan dolayı aynı pnömatik devresi farklı senaryolar için farklı performans seviyesi gösterebilir. Tüm bu senaryoları, standart pnömatik devre elemanları ile yapmak mümkün

Anahtar Kelimeler: Güvenlik, Risk analizi, Performans seviyesi,

ABSTRACT

Due to the rising safety standards and the new machine-plant directive ISO 13849-1, which came into force at the end of 2009, machines and plants are not designed and manufactured in a way that does not cause physical damage in European countries. In the machines, the pneumatic circuit is prepared with the desired performance according to the desired scenario. These;

- Speed reduction
- Providing force reduction by reducing the pressure value
- Fast exhaust
- Ensuring direction change in cylinders
- Ensuring that the movement is locked and positioned
- Prevention of unexpected movement

As it happens, different scenarios can also exist in a single circuit. Therefore, the same pneumatic circuit may show different performance levels for different scenarios. It is possible to do all these scenarios with standard pneumatic circuit elements.

Key Words: Safety, hazard, Performance level,



1. GİRİŞ

29.12.2009 tarihinde Avrupa Birliği ülkelerinde makine ve tesis imalatında, güvenlik konusunda yeni kriterler getiren yeni makine-tesis yönergesi yürürlüğe girdi. Tüm AB ülkeleri 2009 yılının sonunda makine-tesis yönergesini ulusal hukuk sistemlerine entegre ettiler. Ülkemizde yeni yönetmelik, 30.12.2006 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan (98/37/EC) Makine Emniyeti Yönetmeliğini yürürlükten kaldırmış ve 29.12.2009 tarihinden itibaren de yeni makine yönergesi uygulamaya girmiştir. Makine-tesis yönergesi makine ve tesislerin imalat ve kurulumuna yönelik güvenlik ve sağlık talepleri de içermektedir. Bu yönerge ile makine imalatçılarından, yapacakları makineler için bir risk analizi yapmaları da istenmekte. Makine imalatçıları makine-tesis sınırları tanımlanarak, taşıdıkları riskler tahmin ederek ve nihai bir risk değerlendirmesinde bulunmaları gerekiyor.. Makine-tesis imalatçısı, riskleri kabul edilebilir bir düzeye düşürecek uygun tedbirleri almakla yükümlü olacaktır. Bu yükümlülükler, aynı zamanda makine imalatçıları ve kullanıcıları yüksek maliyetlerden korur.

Bu maliyetler;

- Kişisel yaralanmaların sonucunda yapılan doğrudan masrafların (tıbbi bakım, tazminatlar.) önlenmesi
- Kişisel yaralanmaların sonucunda yapılan dolaylı masrafların (cezalar, onarım masrafları.) önlenmesi
- Artan makine kullanımı sayesinde yüksek verimlilik: Planlanmamış arızalarda azalma ve daha düzgün üretim süreleri ve iş akışları
- Sistemlerin hizmet ömründe uzama
- Makinelerin artan ihracat kapasitesi sayesinde global çapta yüksek düzeyde rekabet edebilirlik

2. 2006-42 AT Makine direktifi ve EN ISO13849 Standardı

2006-42 AT (European Community) **Makine** Direktifi kumanda sisteminde kullanılacak ekipmanlara şu sorumlulukları yükler: "Kumanda sisteminin donanımında veya yazılımında meydana gelen bir arızanın tehlikeli durumlara ve Kumanda sisteminin mantık devrelerinde meydana gelen hataların tehlikeli durumlara yol açmaması" gerekir.

Bu gereklilik maalesef standart elektronik kumanda cihazları ile sağlanamamaktadır. Bu nedenle bu gereklilikleri karşılayacak özellikte üretilen "özel" elektronik cihazlara ihtiyaç doğmuştur. Bu noktadan hareketle üretilen bu özel cihazlara "Emniyet Kumanda Cihazı" denir. Bu cihaz; kendisinin ve kendisine bağlı, ilişkili çalışan ekipmanların arızasını tespit edebilmeli, bir arıza oluşması durumunda sistemi emniyetli duruma geçirerek daha önceden belirlenmiş bir emniyet senaryosunu uygulamaya başlayabilmeli ve arıza kaynağı giderilene kadar çalışmamayı garanti edebilmeli, beklenmeyen çalışma başlangıçlarına da izin vermemelidir. Anlaşılacağı gibi bu özellikleri taşıyan emniyet cihazlarının birbirlerini yedekleyen, çift kanallı mimari yapısında ve yüksek güvenilirliğe sahip olmaları hayati önem taşımaktadır. Bu anlamda **ENISO13849** standardı, emniyet ekipmanlarının montaj, kullanım ve teknik özelliklerini tüm detaylarıyla anlatan, insan, makin ve proses **emniyeti** sağlama noktasında, makine tasarım ve imalatçıların mutlaka uygulaması gereken çok önemli bir standarttır. Kumanda sistemlerinin emniyetle ilgili kısımlarının tasarım ve uygulama prensiplerini anlatır. **ENISO 13849-1**, eski standart olan **EN 954-1** 'in yerini almıştır. Avrupa Komisyonu'nun zorunlu kıldığı 2006-42 AT **Makine** Direktifi kapsamında karşılanması gereken temel iş sağlığı ve güvenliği gereksinimlerinin sağlanması amacı ile (CE işaretinde olduğu gibi) alınacak ilgili tedbirlerin uygulanmalarına rehberlik eder.

2.1 EN ISO 13849-1 Standardın getirdikleri

Makine direktifine göre insan sağlığı ve çevreyi etkileyen otomasyon işlevlerinin (örneğin acil duruş) yukarıda bahsedilen gerekçelerden dolayı emniyet cihazları üzerinden icra edilmesi şarttır. Endüstriyel emniyet kontrol sisteminden, kazaya sebep olabilecek tehlikeli bir durumda sistemin emniyetini

sağlaması ve koruma görevini yerine getirmesi beklendiğine göre makina risklerini yok etmeye yönelik olarak her bir gerekli emniyet fonksiyonunun senaryosunu hazırlamak ve bu senaryolara göre de özel tasarımlar yapmak elzemdir. Bu gerçekte bir makinada riskleri değerlendirirken, üç tane çok kritik soru soruyoruz:

• Yaralanma şiddeti (Severity)

- S1 İlk müdahaleye gerek kalmadan iki gün içerisinde işine yeniden dönmek
S2 Doktor müdahalesi gerektiren ve iki günden fazla iş kaybı

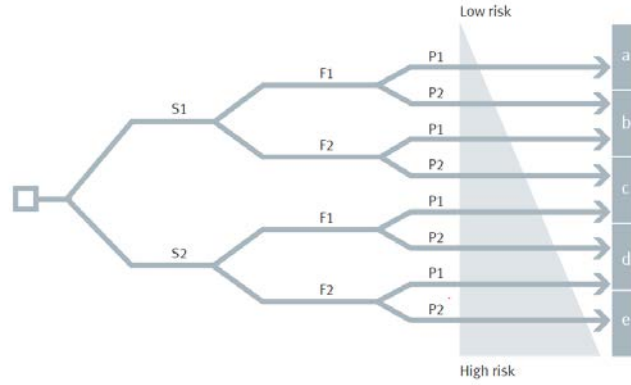
• Tehlikeli bölgede yaralanma sıklığı (Frequency)

- F1 8 saatlik vardiyada 2 seferden fazla olmayacak ve 15 dakikadan az sürecek
F2 8 saatlik vardiyada 2 seferden fazla olacak ve 15 dakikadan daha fazla sürecek

• Tehlikeden kaçınma olasılığı (Probability)

- P1 Tehlikeden kaçınmak mümkün, yavaş konveyör uygulamaları
P2 Tehlikeden kaçınmak neredeyse mümkün, Pres uygulamaları

Bu soruların cevapları ile eski standart EN 954-1'e göre risk kategorisini belirleyip (Kategori b, 1,2,3,4) bu kategoriye uygun aşağıda belirtilen ilgili bağlantı mimarisini uygulayarak ve bu kategorideki ürünleri kullanarak **emniyeti** sağladığımızı düşünüyorduk.



Şekil 1. Performans seviyelerin bulunması

| Standards for machine safety: ISO 13849-1, IEC 62061 | | | | | Standards for system safety: IEC 61511 | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--|-------|-------|-------|-------|
| PL a | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| PL b | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| PL c | | ■ | ■ | ■ | | ■ | | | |
| PL d | | | ■ | ■ | | | ■ | | |
| PL e | | | | ■ | | | | ■ | |
| | Cat. B | Cat. 1 | Cat. 2 | Cat. 3 | Cat. 4 | SIL 1 | SIL 2 | SIL 3 | SIL 4 |

Evaluation: $PL \geq PL_r$ $SIL \geq SIL_{CL}$

Şekil 2. Performans seviyeleri ile SIL ilişki tablosu

Oysa yeni standart ENISO 13849-1'e göre aynı soruları sorarak risk kategorisi olarak "Kategori" ifadesi yerine performans seviyesi "PL" (PL a, b, c, d, e) kavramını kullanıyor. Tek değişiklik ifade kalmıyor. Bu (risk) performans seviyesini karşılayacak emniyet devresinin oluşturulması için sadece şematik olarak verilen bağlantı mimarisini (kategori 1-4) değil aynı zamanda MTTFd (Cihazın ilk tehlikeli arızaya kadar geçen ortalama süresi) ve DC (cihazın hata teşhis kabiliyeti) değerlerini de sorguluyoruz.

EN 954-1 sadece bağlantı kategorisi değişkenini kullanırken **ENISO 13849-1** buna ilave olarak emniyet cihazının MTTFd ve DC değerlerini de hesaba katarak emniyet konusuna istatistiksel bir yaklaşım getiriyor. Gerekli emniyet performans seviyesini hesaplarken kullanılan parametreleri kısaca şöyle belirtebiliriz: Yukarıda belirtilen (S, F ve P) sorularına ilave olarak,

- Hata teşhis yeteneği (DC)
- Komponentlerin güvenilirliği ve ilk tehlikeli arızaya geçiş ortalama zamanları (MTTFd)
- Kumanda sisteminin bağlantı mimarisi
- Aynı sebepten meydana gelen ortak arızalar (CCF)
- Emniyet yazılımı (PLC)
- Sistematik arızalar
- Çevresel faktörler ve operasyonel etkenler

Emniyet ekipmanlarının kalitesini, güvenilirliğini ve çalışma performansları gösterme açısından DC, MTTFd ve CCF verileri çok önemlidir. Bu veriler, bir emniyet sistemi tasarlarırken, bu sistem içerisinde çalışacak acil stop, kilitleme devre elemanları gibi ekipmanları seçerken, nasıl bir ekipman seçeceğimizin sorularının cevaplarını verir.

Hata teşhis yeteneği (DC) tespit edilebilen olası arızaların, tüm olası arızalara oranını yüzde olarak ifade eder. Örneğin; emniyet sisteminin doğasında bin tane olası hata potansiyeli var ise ve hataların 980'ini tespit ediliyorsa DC oranı yüzde 98 demektir. Tabiatı gereği DC'nin yüzde 100 olma ihtimali yoktur. **ENISO 13849-1**, bir emniyet ekipmanının yüksek DC oranına sahip olabilmesi için yüzde 99'dan büyük DC oranına sahip olmasını şart koşmaktadır.

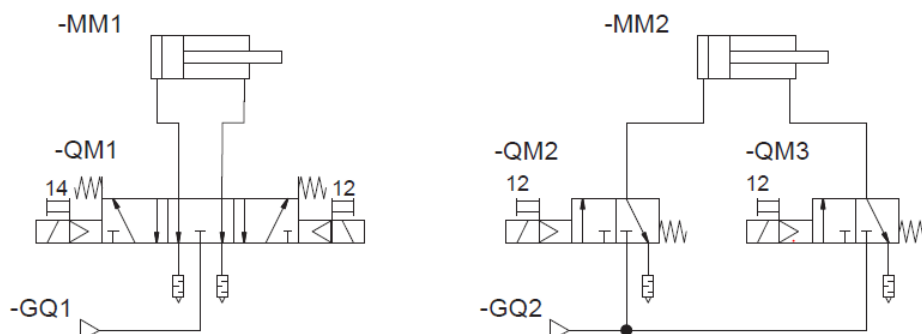
İlk tehlikeli arızaya geçiş ortalama zaman (MTTFd) değeri, tehlikeli arızaların, kontrol sistemlerinin emniyetle ilgili kısımları içerisinde, tehlikeli durumlara yol açabilecek risklerini ifade etmektedir. **ENISO 13849-1**, bir emniyet ekipmanının yüksek MTTFd oranına sahip olabilmesi için 30 yıldan büyük MTTFd oranı olmasını şart koşmaktadır.

Aynı sebepten meydana gelen ortak arızalar (CCF), birden fazla komponentin birbirini etkilemeden aynı olay ile hataya geçmesi durumudur. Bu veriler kategori 2 ve üzeri emniyet mimarileri için geçerlidir.

Görülmektedir ki, emniyet sisteminde çalışacak komponentler belirli emniyet işlemlerini yerine getirecek güvenilirlik ve SIL dediğimiz emniyet bütünlük derecelerini sağlamak zorundadır. Bu ekipmanların mutlaka emniyet sertifikalı olması ve emniyet performans seviyelerinin (PL) belirlenmiş olması gerekmektedir. Emniyet işlevleri için hesaplanan çalışma ve koruma senaryolarının gereksinimlerine cevap verebilecek doğru emniyet ekipmanı seçmek, doğru kullanılmalarını sağlamak ve ekipman kaliteleri uygulamalarda vazgeçilemeyecek kriterler olmalıdır.

3. Pnömatik devrelerde emniyet fonksiyonları

3.1 STO – Safe torque off- Enerjisiz sistem



Şekil 3. Enerjisiz devre

Güvenli durum

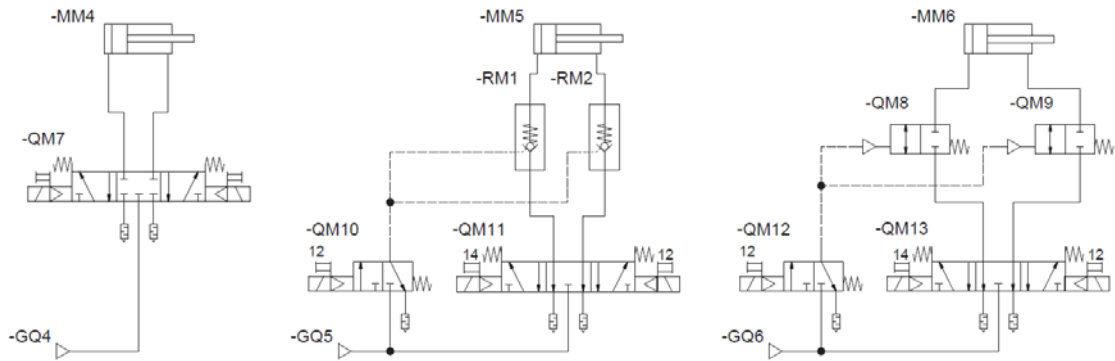
- Pnömatik tahrik tükenmiş ve enerjisi kesilmiştir.

Yorumlar

- Bu devre ile güvenlik alt fonksiyonu SS1-t (güvenli durdurma 1 zaman kontrollü) VDMA 24584'e göre uygulanabilir.

STO işlevi, belirli bir süre geçtikten sonra sürücü gecikmesini takip eder. Bu, QM5'ten geçiş yaptıktan sonra belirli bir sürenin geçmesi gerektiği anlamına gelir. QM4 ve QM6 normal konuma geçmeden önce geçen süre.

3.2 SSC – Safe stopping and closing -Güvenli durdurma ve kapatma



Şekil 4. Güvenli durdurma devreleri

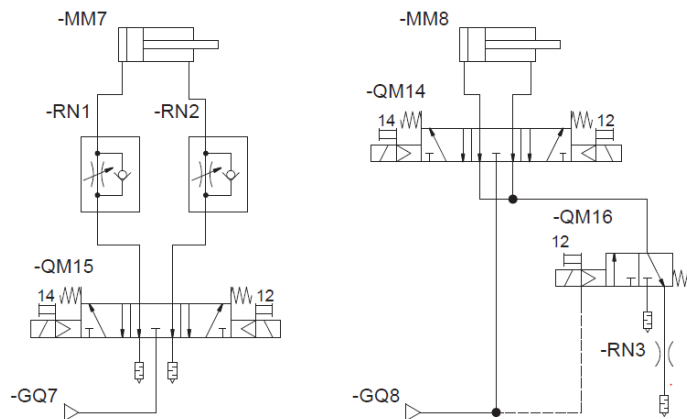
Güvenli durum

- Kullanılan son konumu korumak için basınçlı hava pnömatik tahrikte kilitletir.

Yorumlar

- Sızıntılar, daha uzun boşta kalma sürelerinden sonra sürücünün daha yavaş hareket etmesine neden olabilir.

3.3 SLS – safely limited speed – Güvenli hız düşümü

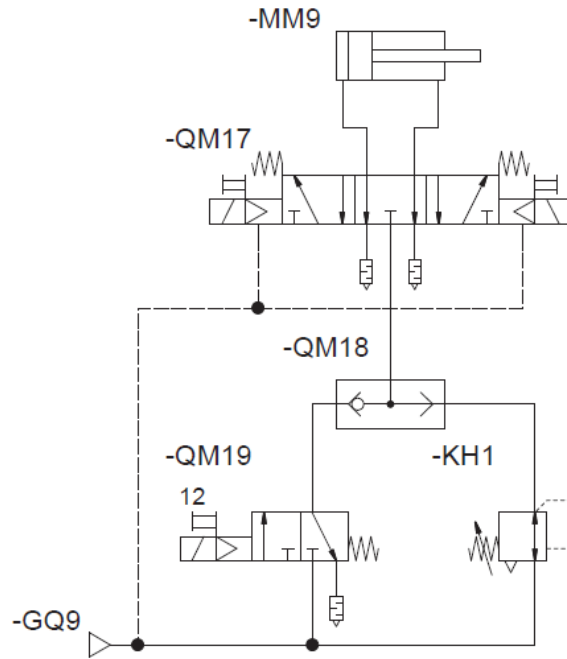


Şekil 5. Güvenli hız devresi

Güvenli durum

- Pnömatik tahrik belirli bir hızı aşamaz

3.4 SLT – safely limited torque – Güvenli kuvvet düşümü

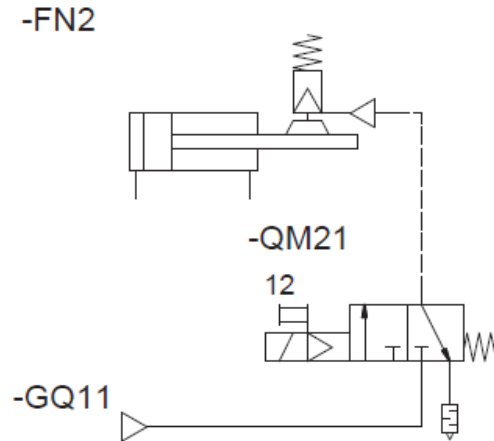


Şekil 6. Güvenli kuvvet düşümü

Güvenli durum

- Basıncı sınırlayarak, pnömatik tahrik ayarlanan kuvveti aşamaz

3.5 SSB – Safe stopping and blocking – Güvenli duruş ve kitleme

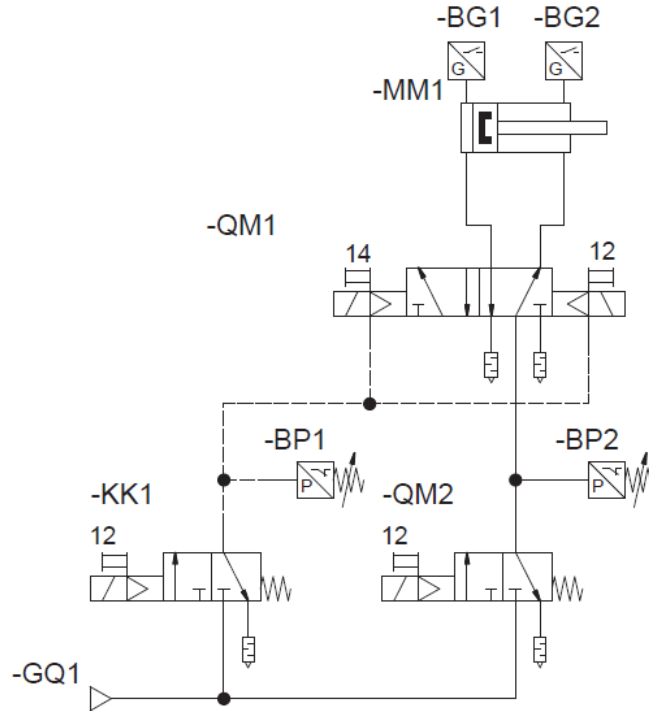


Şekil 7. Kilit sistemin kontrolü

Güvenli durum

- Pnömatik tahrik durdurulur ve serbest hareketi engellenir.

3.6 Pnömatik klemp için örnek Pnömatik devresi



Şekil 8. STO ve PUS uygulanmış pnömatik devre

Güvenli durum, örn. ışık perdeli güvenlik gereksinimleri için, güvenlik alt işlevi PUS için (çalışma havası mevcut), kategori 3, PL e'ye kadar

QM1 ve KK1 valfleri kapalı güvenlikle ilgilidir.

Pnömatik tahrik MM1 izlenen bir son konumdadır. Pnömatik tahrikin bir odası basınçlıdır. QM1 bir hareketi değiştiremez ve tetikleyemez

MM1'den.

Güvenli durum, örn. acil durdurma veya güvenlik kapısı anahtarı ile güvenlik gereksinimleri için, güvenlik alt işlevi PUS için (çalışma havası tükendi),

kategori 3, PL e'ye kadar

QM1 ve QM2 valfleri kapalı güvenlikle ilgilidir.

Pnömatik tahrik, izlenen bir son konumda. Pnömatik tahrik tükenmiş ve enerjisi kesilmiştir. Valfler bir hareketi değiştiremez ve tetikleyemez.

Güvenli durum, örn. acil durdurma işlevi aracılığıyla güvenlik gereksinimleri için, güvenlik alt işlevi STO için, kategori 1, PL c'ye kadar

QM2 valfi kapalı güvenlikle ilgilidir.

Pnömatik tahrik tükenmiş ve enerjisi kesilmiştir.

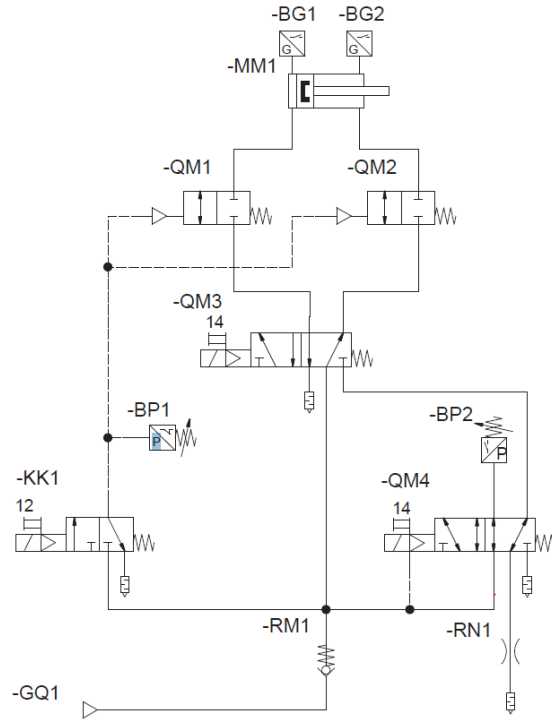
Güvenlik alt fonksiyonlarının uygulanması

- Güvenli moment kapatma (STO), kategori 1, PL c'ye kadar
- PL e'ye kadar mevcut çalışma havası, kategori 3 ile beklenmedik başlatmanın (PUS) önlenmesi
- PL e'ye kadar, kategori 3, egzoz çalışma havası ile beklenmedik başlatmanın (PUS) önlenmesi

Yorumlar

- QM2'den gelen çalışma havasının dışarı atılması, MM1'in sıkıştırma kuvvetini azaltır.
- QM1 valfi, "bir giriş sinyali olmadan ilk anahtarlama konumunun ani değişimi" için bir hata dışlamasına sahip olmalıdır.

3.7 Sınırlı hız ve hareketin durdurulması ile örnek devre



Şekil 9. PUS ,SSC ve SSL Devresi

Güvenli durum

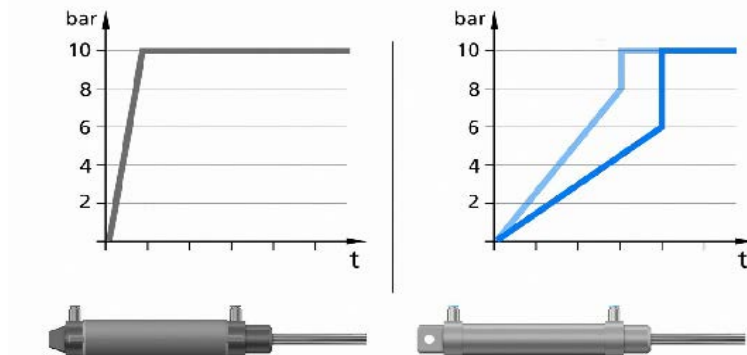
- Basıncılı hava, pnömatik tahrikte kilitlenir, böylece son işgal edilen konumu (SSC) korur.
- Tehlikeli bir hareket önlenir.
- Pnömatik tahrik belirli bir hızı (SLS) aşamaz.

Güvenlik alt fonksiyonlarının uygulanması

- Güvenli durdurma ve kapatma (SSC), kategori 1'e kadar, PL c
- Beklenmeyen başlatmanın önlenmesi (PUS), kategori 3'e kadar, PL e
- Güvenli bir şekilde sınırlandırılmış hız (SLS), kategori 2'ye kadar, PL d

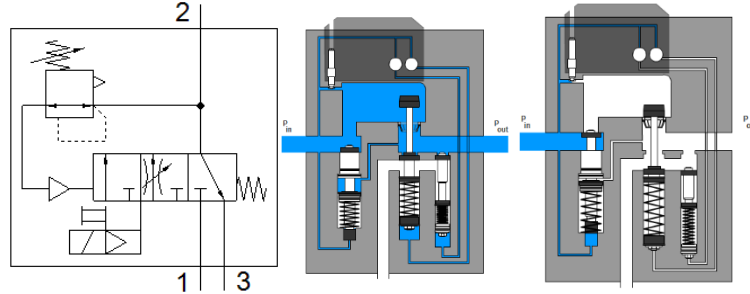
3.8 Sistem basıncını kontrol etmek

Pnömatik sistemlerde hava basıncının kontrolü çok önemlidir. Sistemi hızlı bir şekilde basınçla doldurmak canlılara ve ürünlere zarar verebiliriz. Bu problemi aşabilmek amacıyla basıncın kademeli ve zamana yayılarak sisteme verilmesi gerekiyor. Bu sayede ilk harekette meydana gelen ani hızlanma ve vibrasyonu önlememiz gerekiyor.



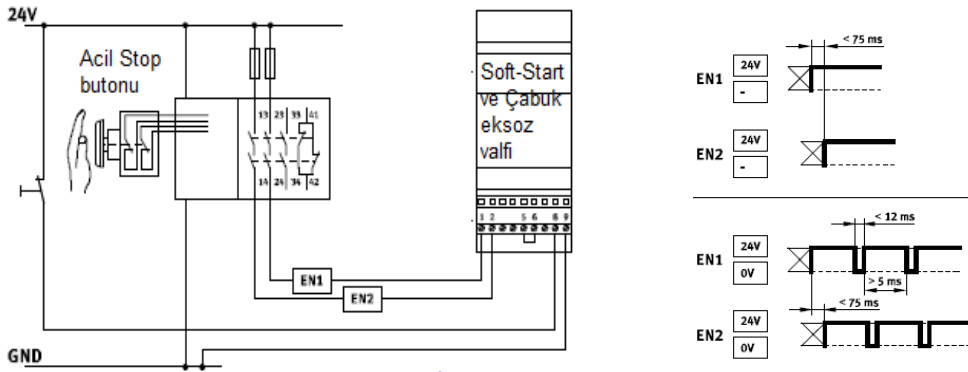
Şekil 10. İlk harekete sistem içerisinde meydana gelen basınç ve zaman grafiği ile olması istenen basınç ve zaman grafiği.

Pnömatik sistemlerde diğer bir gereksinim ise acil durum da sistemdeki basıncın boşaltılması ile silindire yük durumundan kurtulmasıdır. Sistemdeki basınç olabildiğince çabuk boşaltılmalı. Bundan dolayı çabuk eksoz valflerinden istenen özellik, eksoz kapasitesinin yaklaşık olarak besleme kapasitesinden 1,5 kat daha fazla olmasıdır. Çabuk eksoz valfi tasarlanırken eksoz portu (3), besleme(1) ve çıkış(2) portundan bir boy büyük olarak tasarlanır..Kullanılacak susturucunun kapasitesi de burada çok önemlidir. Çabuk eksoz valflerin de kesinlikle sinter susturucu kullanılmaması gerekiyor.



Şekil 11. Yavaş Başlatma –Çabuk eksoz valfin pnömatik diyagramı çalışma şekli

Proses gereksinimi her zaman acil durdurma fonksiyonu her zaman ihtiyaç duyulmaz , fakat ihtiyaç duyulduğunda mutlaka fonksiyonu tamamlanması gerekir. EN ISO 13849-1 standartlarından kategori 3 ve 4 , performans seviyesi olarak " e " gereksinimi olarak çift kanal besleme ve monitör özelliğine sahip olması gerekmektedir. Monitör özelliğine sahip çabuk eksoz valfi, her saat kendini kontrol ederek ihtiyaç duyulduğunda çalışıp çalışmayacağına karar vermektedir. Çift kanallı kontrol sayesinde ise, istenmeyen çalışmalara karşı koruma sağlamaktadır.

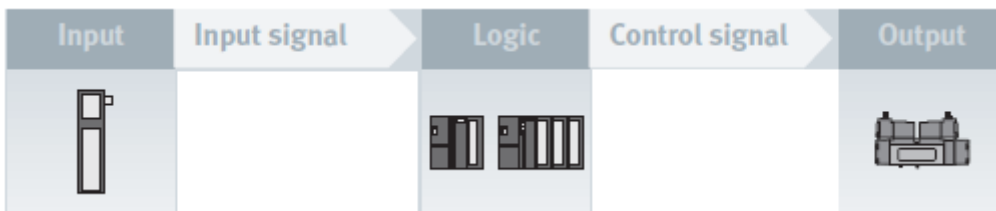


Şekil 12. Performans seviyesi "e" ve kategori 4 olan çabuk eksoz valfin çift kanallı elektrik devresi

Kategori 3 ve 4 gereği sinyaller arası süre 75ms den fazla, kısa devre süresi 12 ms den ve çalışma süresi 5 ms den küçük olmamalı.

SONUÇ

İş Güvenlik ürün zincirlerine baktığımızda sadece INPUT ve LOGIC kısmında kullanıldığını ama OUTPUT kısmında kullanım oranının çok düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 13. İş güvenliği ürün zinciri



OUTPUT kısmı sinyallerin eyleme döküldüğü bölüm olduğunda burada ürün seçimi ve doğru mühendislik çok önemli. Doğru ürün seçimi ve uygun devreyi çizmek için öncelikle risk analizlerin doğru yapılması gerekiyor. Makinenin oluşturacağı riskler göz önünde bulundurularak yapacağımız analizleri doğru yapmaz isek;

- İstenen kategori şartlarından daha düşük kategoride tasarım yapılır.
Tehlike riski artacak, dolayısıyla kaza riski artarken makine verimliliği düşmesine neden olur.
- İstenen kategori şartlarından daha yüksek kategoride tasarım yapılır
Tehlike riski düşecek fakat makine maliyetleri ve sistem karmaşası artmasına neden olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Festo safety engineering 2013
[2] İş Ekipmanlarda iş güvenliği (Ersin Bozkurt)

ÖZGEÇMİŞ

Sinan Cem Güney

1978 Erzincan Çayırılı doğumludur. Lise eğitimini Keçiören.M.Lisesini tamamladıktan sonra Marmara Üniversitesi Makine Eğitmeni bölümünü bitirmiştir. Marmara Üniversitesinde Mekatronik yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. Festo Firmasında 20 yılı aşkın sürede Satış ve Ürün destek pozisyonlarında çalışmış olup, son 8 yıldır Pnömatik ürün pazarlama görevinde bulunmaktadır. Bir kız babası olup İngilizce bilmektedir.