



CAM TEMİZLEME ROBOTU TASARIMI VE İMALATI

Erol UYAR
M. Emre AKÇAY
N. Efe VAROL

ÖZET

Bu çalışmada cam dış cephe yüksek binaların camlarını temizlemeye yarayan bir elektro-pnömatik robotun tasarımı ve imalatı hedeflenmiştir. Projeyi diğer cam silme robotlarından ayıran en önemli özelliği her hangi bir yere bağlı kalmadan iki eksende hareket edebilmesidir. Bu amaca yönelik olarak pnömatik valflerden faydalanılmış ve bu yüzden pnömatik sistemle çalışan bir robot tasarlanmış ve imal edilmiştir.

Robotun dik cam üzerinde aşağı ve yukarı hareketi standart valf-silindir elemleri ile vakum valfleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sağa sola hareketi ise döner silindir ve vakum valfleri yardımıyla sağlanmıştır. Bu hareketler için valflerin sırayla tetiklenmesi PLC programlanarak yapılmıştır. Temizleme mekanizması için ise silindirik döner fırça, kauçuk çekçek ve detarjanlı su püskürtücü pompa kullanılmıştır.

ABSTRACT

In this work an electropneumatic cleaning robot for the forehad windows of high buildings is designed and applicated.The independent motion capability in various directions is the main property of the manipulator.This is obtained by using electropneumatic valves, special translation and turnable cylinders with suction valves.

The various motions of robot (like forward, backward, right and left turnings) and the synchronisation of motion steps are realized with a special program written by a PLC (Programmable Logic Controller). For cleaning operation a spray pump and cylindric turning brush with a rubber wiper are used.

1. GİRİŞ

Tasarım aşamasına makinanın karşılması gereken beklentilerin saptanmasıyla başlanmıştır. Bu beklentiler şöyle sıralanabilir.

- Robotun düşmeden cam veya dik bir satıhta ileri- geri gidebilme kabiliyeti
- İki eksende senkronize hareket edebilmesi
- Camı temizleyebilmesi

Tasarım kısmına bu üç beklentinin ayrıntılı bir şekilde ele alınmasıyla devam edilmiştir.

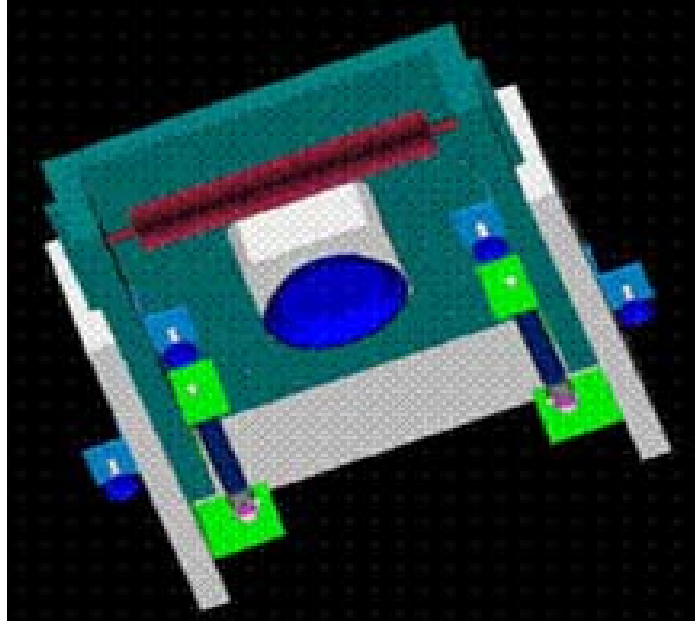


1.1 Mekanik Tasarım

Robotun, karşılaşması gereken en önemli beklenti, cam veya dik bir düzlemde düşmeden senkronize, stabil kalabilmesi ve hareket edebilmesidir. Bu yüzden bu aşama projenin en önemli adımı olarak değerlendirilmiş ve tasarım buna göre yapılmıştır. Robotun düz duvarda devrilmesine neden olan etkenler;

- Ağırlığından dolayı aşağı yöndeki kuvvet
- Ağırlık kuvvetinin cam yüzeyiyle arasındaki uzaklıktan oluşan devrilme momenti

Senkronize harekette vakum kesikliğidir.



Şekil 1. Bilgisayar Destekli Tasarım Modeli

Önce Robotun dik bir yatayta yukarıdaki şartları sağlayarak yürümesini mümkün kılacak mekanik tasarım, daha sonrada bu tasarımın hareket dinamiğini oluşturacak bir kumanda sistemi düşünülmüştür. Sistemde vakum gereksinmesi ve senkronize hareketlerin birlikte sağlanmasının gereksinimi göz önüne alınarak, vakum valflerinin de kullanıldığı pnömatik bir kumanda sisteminin kullanımının en optimal çözüm olacağı sonucuna varılmıştır. Robotun hareket zeminine daima yapışarak stabil bir yürüme gerçekleştirebilmesi için, birbirine göre senkronize hareket edebilen Şekil.1 deki gibi bir “çekmece” kızak sistemi bilgisayar ortamında tasarlanmış ve “Ideas” modeli çizilmiştir.

1.2 İki Eksende Hareketin Sağlanması

Robotun iki eksende ileri-geri ve sağa- sola dönme hareketlerini yapabilmesi ve kızak sisteminin birbirine göre relatif hareketleri sıra ile gerçekleştirebilmesi için, ilerleme de 6, dönme de 1 adet vantuz, iki standart translasyon silindiri ve bir adet te döner silindir ile techiz edilmesi gerekmektedir. İleri ve geri hareketlerde sırayla önce dış vantuzlar yapışırken iç sürgü translasyon silindirleri ile sürülmekte, sonra iç vantuzlar yapışırken dış vantuzlar çözülüp dış çerçeve sürülmekte ve bu olay tekrar ettirilmektedir.



Şekil 2. İç ve Dış Çerçeve Konstrüksiyonu

Dönme durumlarında önce orta büyük vantuz yapışırken, diğer iç ve dış çerçeve vantuzları boşalmakta, sonrada döner silindire kumanda verilerek hareket icra edilmektedir. Bu konfigürasyona göre vantuz ve silindirlerin yerleştirildiği iç ve dış çerçeveler Şekil.2 de görülmektedir.

1.1 İleri Hareket Sıralaması

Robotun ileri hareketinde aşağıdaki sıralama (senkronize) mantığı tasarlanmıştır:

- 1) Şalter açıldığında tüm vakumlar emme pozisyonuna getirilir
- 2) Ön vakumlar serbest bırakılır
- 3) Silindirler tetiklenir ve alt gövde kızaklar doğrultusunda iktirilir
- 4) Ön vakumlar tetiklenir
- 5) Arka vakumlar bırakılır
- 6) Silindirin valfi tekrar tetiklenerek silindir serbest konumuna döner

Bu çevri ile robot ilk adımını tamamlamış olur. Dur komutu gelene kadar robot bu çevrime devam eder.

1.2. Dönme Hareketi Sıralaması

Robotun dönme hareketi şöyle düşünülmüştür;

- 1) Döner silindirin altına sabitlenmiş büyük vakum tetiklenir
- 2) Diğer tüm vakular serbest bırakılır
- 3) Silindir serbest pozisyonuna getirilir
- 4) Döner silindir tetiklenir



Döner silindir tetiklendiğinde sağa yada sola, istenen yönde dönebilen silindir 90° dönüş yapar. Döner silindir, altındaki büyük vakum aracılığıyla cama sabitlendiğinden tüm gövde bu silindir ile birlikte vakumun bağlantı civatası ekseninde döner. Bu silindirin tüm gövdeyi döndürebilecek kapasitede olması önemlidir.

1.3 Cam Temizleme

Robotun ön kısmına yerleştirilen döner bir merdanenin (silindir) üstüne hareket yönünde deterjanlı su püskürtülerek kendi ekseninde dönebilen bir fırça ile cam temizliği işlemlerinde kullanılması tasarlanmıştır. Püskürtülen su ve fırçanın temizliğinin ardından vakumların bırakabileceği izlerle birlikte süzülen suların da son temizliği, arka kısma yerleştirilen kauçuk bir çekçek ile yapılmaktadır.

2. ROBOTUN KONSTRÜKSİYONU VE VANTUZ HESAPLARI

Yoğunluğunun az olması, mukavemetinin yeterli olması, maliyetinin düşük olması ve işçiliğinin kolay olması nedeniyle iç ve dış çerçevelerin imalatında alüminyum profil kullanılmıştır. İmalat kolaylığı açısından alüminyum profiller de yine alüminyum saçtan kesilen şeritler ile birbirlerine perçin konstrüksiyonu ile bağlanmıştır. Devrilme tehlikesini ortadan kaldırmak için sürgülü kapılarda kullanılan yine alüminyum malzemeli kızaklar seçilmiştir. (Şekil 2)

2.1 Cam Temizleme Robotunun Vakum Seçim Hesabı

Mekanik tasarımla birlikte iç ve dış çerçeve boyutlarının ve kütlelerinin ortaya çıkmasından sonra tüm robotu hareket sırasında ıslak bir zeminde kaymadan ve düşmeden tutacak vantuz ve vakum valfleri seçimi, Festo firmasının katalogları da kullanılarak aşağıdaki hesaplamalarla yapılmıştır :

$$M = 4 \text{ kg} \quad [\text{Gövdenin Kütlesi}]$$

$$a = 0 \text{ (ihmal)} \quad [\text{İvme}]$$

FH

$$\mu = 0.2 \text{ (ıslak zemin)} \quad [\text{Sürtünme K.S}]$$

$$S = 1.5 \quad [\text{Emniyet Faktörü}]$$

Vantuz tipi : Ekstra derin

FH : Sistemin ayrılma kuvveti olarak üzere

$$FH = (m/\mu) \times (g + a) \times S$$

$$FH = (4 / 0.2) \times (9.81 + 0) \times 1.5$$

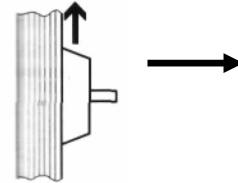
$$= 294.3 \text{ N}$$

$$FA = FH / n$$

FA : Tek vakumun ayrılma kuvveti

$$= 294.3 / 4 \quad n : \text{Vantuz sayısı}$$

$$= 73.6 \text{ N}$$





Tasarım aşamasında kütlelerin de artabileceği düşünülerek katalogdan $\Phi 50$ mm lik vantuz seçilmiştir. Ayrıca dönmeler esnasında robotu, döner silindire bağlı olan tek bir vakumun taşıyacağından ve buna gelen kuvvetinde aynı hesaba göre 294.3 N olduğundan büyük vakum vantuzu $\Phi 100$ mm olarak seçilmiştir.

2.2. PLC ile Robot Hareketinin Kumandası

Robotun hareketinin kontrolünde, dolayısı ile hareketi sağlayan valflerin denetiminde Beck firmasının ürettiği PLC (Programable Logic Controller) ve yazılımı ile yapılan program kullanılmıştır. Aşağıda örnek olarak PLC programının sadece ileri hareketi için yazılım örneği ve komutları ile sağladıkları işlevler verilmiştir :

STEP ileri

```
IF          Calisma          ""Robotun cama tutulması için switch"
      AND   N   Geri          ""Robotun geri hareketi için switch"
      AND   N   Dönme_sag    ""Robotun sağa dönmesi için switch"
      AND   N   Dönme_sol    ""Robotun sola dönmesi için switch"
THEN RESET  Vakum_big        ""Üst kısmın büyük vakum pedi"
      RESET  Vakum_2         ""Üst kısmın 2 küçük vakum pedi"
      JMP TO bekleme1
```

ELSE JMP TO geri

STEP ileri_de1

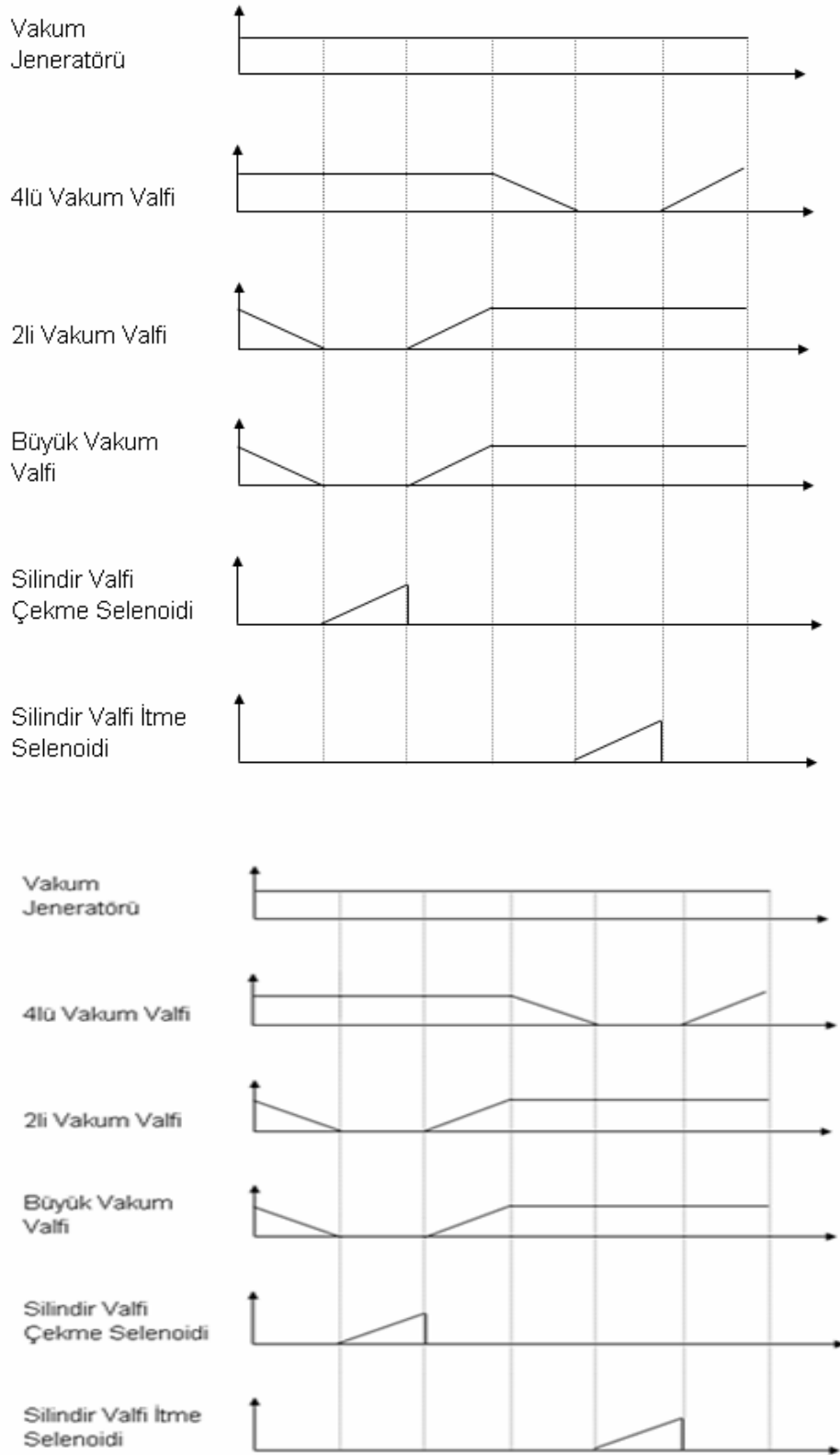
```
IF          Calisma          ""Robotun cama tutulması için switch"
      AND   N   Geri          ""Robotun geri hareketi için switch"
      AND   N   Dönme_sag    ""Robotun sağa dönmesi için switch"
      AND   N   Dönme_sol    ""Robotun sola dönmesi için switch"
THEN SET     Silin_çek       ""Silindirin rod tarafı"
      JMP TO bekleme2
```

ELSE JMP TO geri

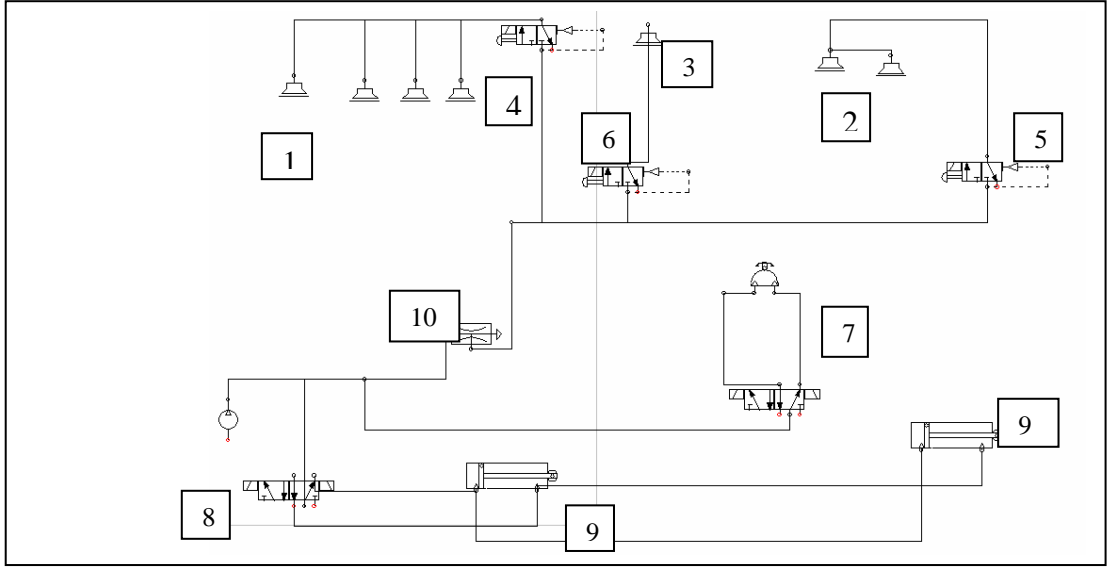
2.3. Hareket Diyagramları ve Pnömatik Kumanda Devresi

Pnömatik kumanda devresini tasarlamadan önce robotun çalışmasının adım ve sıralama diyagramının çizilmesi gerekmektedir. Şekil.4 de "İleri Hareket İçin" bu diyagram verilmiştir.

Yukarıdaki PLC programıyla Şekil 5.ve 6 da kumanda devresi ile tablosu verilen pnömatik valfler ileri harekette Şekil.4 deki sırayla tetiklenirler:

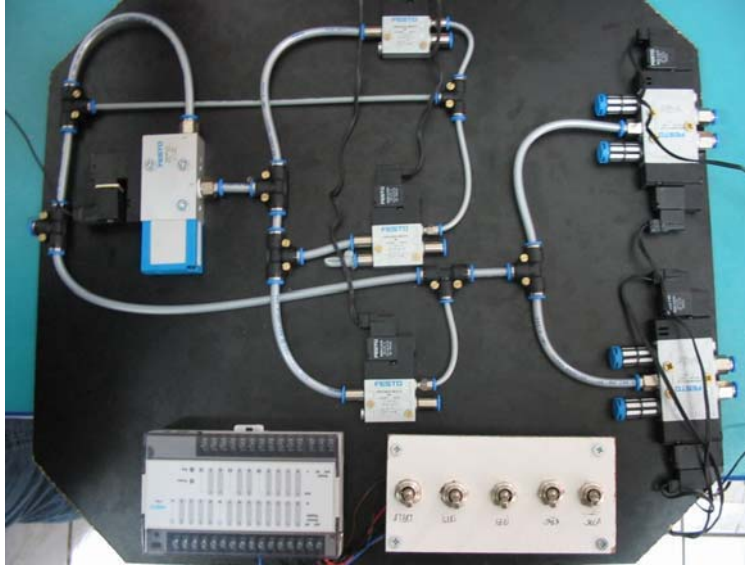


Şekil 4. İleri Harekette Valflerin Senkronizasyon Diyagramı



Şekil 5. Bilgisayar Destekli Pnömatik Devre Tasarımı

- | | | | |
|---|------------------------------|----|-----------------------------|
| 1 | İç çerçeve vakum vantuzları | 6 | Dönme vakum valfi |
| 2 | Dış çerçeve vakum vantuzları | 7 | Döner silindir ve valfi |
| 3 | Dönme vakum vantuzu | 8 | İlerleme silindirleri valfi |
| 4 | İç çerçeve vakum valfi | 9 | İlerleme silindirleri |
| 5 | Dış çerçeve vakum valfi | 10 | Hız ayar valfi |



Şekil 6. PLC ve Valflerin Kumanda Tablosu



3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu projede dik yüzeylerde vakumla tutunarak yürüeyebilen bir pnömatik robot tasarımı ele alınmıştır. Robotun önce mekanizması ve hareketi tasarlanmış, sonra da bunu sağlayacak elektro-kumanda sistemi düşünülmüştür. Tutunma ve hareket etmeyi sağlayan vakum valfleri ile hareket valflerinin senkronizasyonu bir PLC programı yazılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarımı esnasında robotun binaların dış cephelerindeki temizlik, tamir, boya işlemlerinde kullanılabilmesinin yanısıra, ileri-geri, dönme hareketleri sayesinde istenilen konumlara kolayca yönlendirilebilmesi düşünülmüştür. Bir okul projesi olarak yapılan çalışma değişik amaçlı profesyonel uygulamalar için geliştirilerek kullanılabilir.

Yapılan testlerde robotun 2-3 Hz e kadar hızlara ulaşabildiği saptanmıştır. Mekaniğin ve tutunmayı sağlayan vakum valflerinin özelliğinden dolayı daha yüksek hızlara çıkılamamıştır. Sistemin dinamiği hızlı vakum sağlama valfleri ve organları kullanılarak yükseltilebilir. Mevcut tasarımı itibarı ile sadece düzgün yüzeylerde yürüyebilecek şekilde tasarlanan robot mekanizması geliştirilerek ayrık yüzeylerde de hareket edebilecek, belli mesafelerdeki açıklıkları geçecek şekilde de tasarlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] FESTO DIDACTIC “Pnömatik Temel Seviye Öğretim Kitabı”
- [2] FESTO DIDACTIC “Elektro-Pnömatik Temel Seviye Öğretim Kitabı”
- [3] FESTO DIDACTIC “Programlanabilir Lojik Kontrol Temel Seviye Öğretim Kitabı”
- [4] FESTO SİSTEM KILAVUZU “Vakum Teknolojisi”
- [5] FST 4.10 PLC PROGRAMI YAZIM KILAVUZU
- [6] FESTO ÜRÜN KATALOĞU 2002

ÖZGEÇMİŞLER

Erol UYAR

1945 yılı İzmir doğumludur. Lisans eğitimini 1970 yılında Almanya’da Stuttgart Üniversitesi aldı. 1976 yılında Ege Üniversitesi’nde Doktora ve 1981 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Teorisi ve Din./Sist.Din ve Kontrol bölümünde doçentlik eğitimini tamamladı. 1985 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi’nde Mak.Teo.ve Din./ Sist.Din ve Kontrol dalında Profesörlük ünvanı aldı. Halen Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Bölüm başkanlığını yürütmektedir.

Efe VAROL

1981 yılı İzmir doğumludur. Yüksek öğrenimini Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü’nde tamamlamıştır. Halen Rosenheim FH-Almanya’da burslu master öğrenimini sürdürmektedir.

Emre AKÇAY

1980 yılı Bergama doğumludur. Yüksek öğrenimini Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü’nde tamamlamıştır. Halen Orta Doğu Teknik Üniversitesi’nde burslu master öğrenimini sürdürmektedir.