

# Sabit Yük ve Sürekli Rejimde Çalışan Pnömatik Sistemler için Etkileşimli Devre Tasarımı

**Yakup TURGUT**  
Araştırma Görevlisi

**İhsan KORKUT**  
Y. Doç. Dr.

G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi,  
Makina Eğitimi Bölümü,  
06500 Beşevler-Ankara

*Bu çalışmada, tasarım parametrelerine göre pnömatik devre tasarım programı geliştirilmesi amaçlanmıştır. Program farklı pnömatik elemanlar ile sabit yük ve sürekli rejimde devre tasarımı yapılmasında olanak sağlamaktadır. Tasarımda, elle, makaralı, mafsal makaralı, selonoid, pnömatik, ve elektro pnömatik kontrollü yön kontrol valfleri kullanılabilir. Pnömatik devre tasarım kuralları menüsü yardımı ile pnömatik devrenin hareket biçimi ve kumanda şekli belirlenebilmektedir. Devre tasarım menüsünde, (A+A-), (A-A+), (A-A+B+B-), (A+B+A-B-), (A+B-A-B+), (A-B-A+B+), (A-B+A+B-) ve (A+A-B+B-) hareketleri bir veya iki silindir ile tanımlanabilmektedir. Hesaplamalar menüsünde, pnömatik devre tasarım kriterlerinden, piston kolu çapı, piston kolu boyu, piston itme kuvveti, piston çekme kuvveti, piston hızı ve tüketilen hava miktarı hesaplanabilmektedir. Hazırlanan programa yeni pnömatik elemanlar ilave edilebilir. Bilgisayar programı Delphi 4.0 programlama dilinde hazırlanmıştır.*

*Anahtar Kelimeler: Pnömatik Devreler, Pnömatik Elemanlar, Bilgisayar Destekli Tasarım*

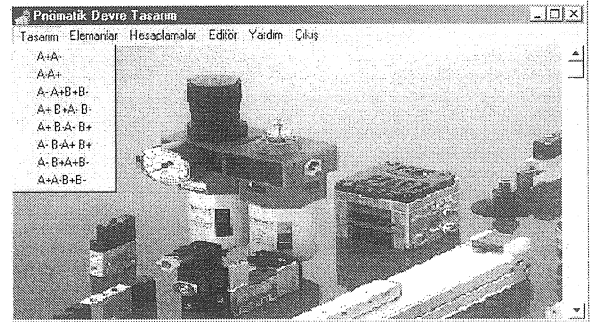
## GİRİŞ

Basıncı ve kontrol edilebilen hava ile doğrusal, dairesel ve açısal hareketler elde edilmesini sağlayan sistemlere pnömatik sistemler denilmektedir. Pnömatik sistemlerin, üretim alanlarında kullanılması çok eski yıllara dayanmaktadır. Günümüze kadar pnömatik sistemler ve pnömatik sistemlerin tasarımı konusunda birçok araştırmalar yapılmıştır. Özellikle, pnömatik devre tasarımı bilgisayar ortamına taşıyan, dikkate değer araştırmalar mevcuttur (1,2,3,7,8). Bazı araştırmacılar, pnömatik dijital sistemler veya pnömatik sistemlerde mantık kurallarının uygulanması gibi doğrudan pnömatik uygulamalara yönelmişlerdir (1,5). Bazı araştırmacılar ise pnömatik sistemlerde karşılaşılan problemleri çözmeye yönelik yaklaşımlar geliştirmeye çalışmışlardır (2,4,6). Literatür araştırma sonuçlarına göre, günümüze kadar hidrolik ve pnömatik sistemler ile birçok çalışma bilgisayar ortamına taşınmıştır. İncelenen çalışmaların önemli bir kısmı line ve bloklama işlemlerinden oluşmaktadır. Örneğin, menülerden seçilen elemanlar sürükleyip bırakarak ekranın değişik yerlerine yerleştirilip aralarındaki pnömatik hatlar çizgilerle birleştirilerek devre çizimleri yapılmaktadır (3,9). Bu çalışmada ise kullanıcının isteği doğrultusundaki silindir hareketlerini, değişik kumanda biçimlerine sahip valfler ile yapabilen pnömatik devreler tasarlanmaktadır. Pnömatik devrelerde TS 1306'da ifade edilen standart semboller kullanılmıştır. Tasarımın bilgisayar

ortamına taşınması ile pnömatik devre tasarımında bilgisayarın ve bilgisayar destekli tasarımın sahip olduğu avantajlar da kullanıcıya sunulmaktadır. Hazırlanan programda pnömatik hesaplar sabit ve sürekli rejim için yapılmıştır (7,8,9,15,16).

## PROGRAM GİRİŞ MENÜSÜ

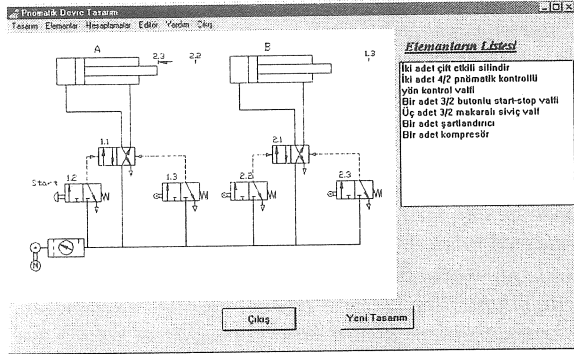
Programın en önemli modüllerinden birini "Devre Tasarım Menüsü" oluşturmaktadır. Bu modülde, Şekil 1'de görüldüğü gibi kullanıcı oluşturacağı devredeki silindirin veya silindirlerin hangi hareketi yapacağını belirlemektedir.



Şekil 1. Devre tasarım menüsü

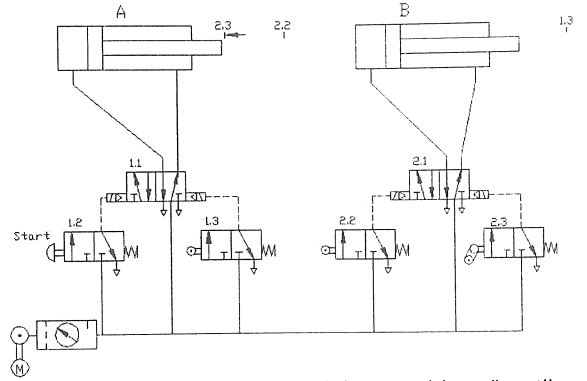
Devre tasarım menüsünden silindir hareketi belirlendikten sonra devre tasarım alt menüsü ekrana gelir. Bu menü yardımı ile, devre tasarım dosya adı,

kayıt yeri ve yön kontrol valfinin kontrol biçimine karar vererek "Tamam" komutu seçildiğinde, otomatik olarak bir pnömatik devre tasarımı yapılmış olur. Tasarlanan devre ve bu devrede kullanılan elemanların listesi Şekil 2'deki gibi tasarım anında görülebilmektedir.



Şekil 2. Tasarlanan devre ve kullanılan elemanların listesi

Kullanıcı bu işlemleri yaparken, devre tasarımı için gerekli elemanları da belirlemiş olmaktadır. Örneğin, A+B+A-B- hareketi seçildiğinde iki silindirli bir devre tasarlamak istendiği program tarafından algılanır (A ve B harfleri silindirleri, '+' pistonun ileri ve '-' pistonun geri hareketini ifade etmektedir). Önceden oluşturulan veri tabanından, o silindirler ile ilgili dosya okunarak tasarım dosyasına yazılır. Daha sonraki seçim işlemi olan, kumanda biçiminde ise yön kontrol valfinin biçimine karar verilmiş olur. Kontrol biçimi olarak elle kontrol seçimi yapıldığı zaman, veri tabanından elle kontrollü ve ilk seçime göre iki adet silindiri kontrol edebilecek, yön kontrol valfleri belirlenmiş olmaktadır. Program, veri tabanından ilgili yön kontrol valflerinin verilerini de alarak, oluşturulan tasarım dosyasındaki silindir bilgilerinin altına ekler. Pnömatik devre için gerekli olan diğer elemanlar (kompresör, şartlandırıcı), otomatik olarak tasarım dosyasına eklenir. En son işlem olarak, sadece elemanların bulunduğu tasarım dosyasına, bu elemanları, devrenin biçimine göre birleştirecek hatların eklenmesi gerekmektedir. Bu işlem için, her bir elemanın giriş ve çıkış noktaları veri tabanından alınır, bu giriş ve çıkış noktalarının koordinatları arasında pnömatik hatlar oluşturularak tasarım dosyasına eklenir. Şekil 3'te A+B+A-B- hareketlerini yapan iki adet çift etkili silindir, elektro-pnömatik sinyal kontrollü yön kontrol valfleri ile oluşturulmuş devre görülmektedir.

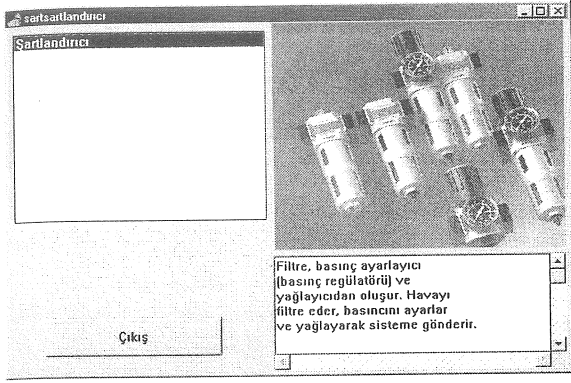


Şekil 3. A+B+A-B- hareketlerini yapan bir pnömatik devre

Tasarım dosyası, standart bir veri yapısı olan DXF veri dosyası olarak oluşturulmaktadır. Bu dosya, herhangi bir CAD yazılımı tarafından görülebilir. Ayrıca, tasarım esnasında da görülebilmesi için tasarım dosyası BMP uzantılı olarak kayıt edilmektedir. Böylelikle tasarım dosyası program tarafından çağrılarak, tasarlanan pnömatik devrenin ekranda görülmesi sağlanır. Tasarım sayfası her bir eleman için belli bölgelere ayrılmış ve elemanların o bölgelere çizilmesi sağlanmıştır. Böylelikle veri tabanından okunan elemanlar, tasarım sayfasında ekranın değişik koordinatlarına aktarılmaktadır. Örneğin, silindirler ekranın en üst bölgesine ve belirli bir koordinata, valfler ise başka koordinata göre çizilmiştir. Böylece hem elemanların üst üste gelmesi önlenmiş, hemde silindirlerle valfleri birleştiren yollar tanımlanabilmiştir. Pnömatik devre tasarımı için gerekli olan bütün elemanlar için, DXF veri tabanı dosyaları hazırlanmıştır. Daha önce yapılan bir çalışmada tek silindirli devreler tasarlandığı için bu çalışmada, iki silindirli veri dosyaları ve kural cümleleri ilave edilmiştir. Toplam 330 DXF veri tabanı dosyası oluşturulmuştur.

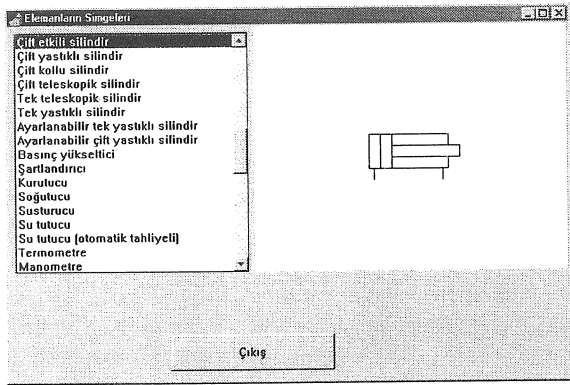
## PNÖMATİK ELEMANLAR MENÜSÜ

Bu modülde, pnömatik sistemlerde kullanılan temel elemanların resimleri ve kısa açıklamaları yer almaktadır. Bu elemanlar, silindirler, valfler, kompresör, şartlandırıcı, filtre, pnömatik motor ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Bu menüden "Şartlandırıcı" menüsü seçildiğinde pnömatik sistemlerde kullanılan şartlandırıcının resmi görülmektedir. Bu elemanların Şekil 4'te görüldüğü gibi değişik biçimlerinin, gerçek resimleri ve çalışma yöntemini açıklayan bilgiler resim altında görülebilmektedir.



Şekil 4. Pnömatik şartlandırıcı

Ayrıca bunlara ilave olarak, bütün pnömatik elemanların sembolleri "Elemanların Sembolü" komutu ile ekrana alınabilmektedir (Şekil 5).

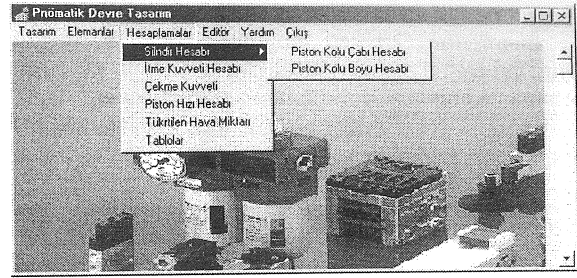


Şekil 5. Pnömatik elemanların sembolleri

Pnömatik elemanların sembolleri komutu ile pnömatik devre elemanları hakkında bilgi verilmektedir. Elemanların gerçek resimlerini ve sembollerini göstererek birbirleri arasında bağlantı kurulmuş ve programa eğitcilik özelliği kazandırılmıştır.

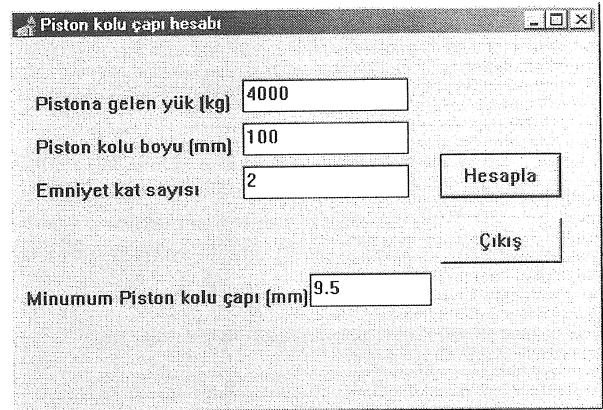
### TASARIM PARAMETRELERİ

Tasarım parametreleri modülünde, silindir (piston kolu çapı ve piston kolu boyu) hesabı, itme kuvveti, çekme kuvveti, piston hızı, tüketilen hava miktarı hesabı ve hesaplamalar için gerekli tablolar bulunmaktadır. Bu modül ile pnömatik devrelerde kullanılan elemanların tasarım parametrelerinin hesaplanması hedeflenmiştir. Kullanıcı Şekil 6'da verilen ekran menüsü bilgilerini girerek hesaplama komutunu seçtiğinde tasarım parametreleri program tarafından hesaplanmaktadır.



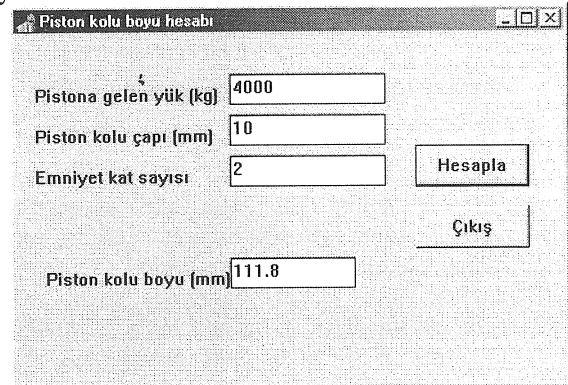
Şekil 6. Hesaplamalar menüsü

Piston kolu çapı hesabında (Şekil 7) kullanıcı tarafından pistonu gelen yük, piston kolu boyu ve emniyet katsayısı girilerek hesaplama komutu seçildiğinde, piston kolu çapının alabileceği en küçük değerdeki çap, menüdeki tanımlı alana yazılmış olmaktadır.



Şekil 7. Piston kolu çapı hesap menüsü

Piston kolu boyu hesabında (Şekil 8) kullanıcı tarafından pistonu gelen yük, piston kolu çapı ve emniyet katsayısı girilerek hesaplama komutu seçildiğinde piston kolu boyunun alabileceği en büyük değer, piston kolu boyu tanımlı alana yazılmaktadır.



Şekil 8. Piston kolu boyu hesap menüsü

Piston itme kuvveti hesabında (Şekil 9) piston çapı, çalışma basıncı ve silindirin verimi girilerek hesapla komutu seçildiğinde pistonun en fazla itebileceği kuvvet (yük) piston itme kuvveti tanımlı alanına yazılmaktadır.

Şekil 9. İtme kuvveti hesabı menüsü

Piston çekme kuvveti hesabında (Şekil 10) piston çapı, piston kolu çapı, çalışma basıncı ve silindirin verimi girilerek hesapla komutu seçildiğinde, piston çekme kuvveti tanımlı olan alana otomatik olarak yazılır.

Şekil 10. Çekme kuvveti hesabı menüsü

Piston hızı hesabında (Şekil 11) piston çapı, kompresör çıkış debisi ilgili alana yazılarak hesapla komutu seçildiğinde pistonun en fazla hesaplanarak tanımlı alana yazılmış olur.

Tüketilen hava miktarı hesabında (Şekil 12) piston çapı, çalışma basıncı, piston kurs boyu ve kurs sayısı girilerek hesapla komutu seçildiğinde bir silindirin dakikada tüketeceği hava miktarı hesaplanabilmektedir. Çıkan bu değere bağlı olarak sistemde kullanılması gereken kompresör seçilebilmektedir.

Şekil 11. Piston hızı hesabı menüsü

Şekil 12. Tüketilen hava miktarı menüsü

Tüketilen hava miktarı hesabında, diğer hesaplamalardan farklı olarak, kullanılan silindirin piston çapına ve sistemin çalışma basıncına bağlı olarak silindirin her santimetresi için gerekli olan hava miktarına ihtiyaç vardır (Şekil 12). Bu amaçla, Şekil 13'te görüldüğü gibi standart piston çaplarına ve 1 bar ile 15 bar arasındaki sistem basınçlarına bağlı olarak hava tüketim miktarı veri tabanı hazırlanmıştır.

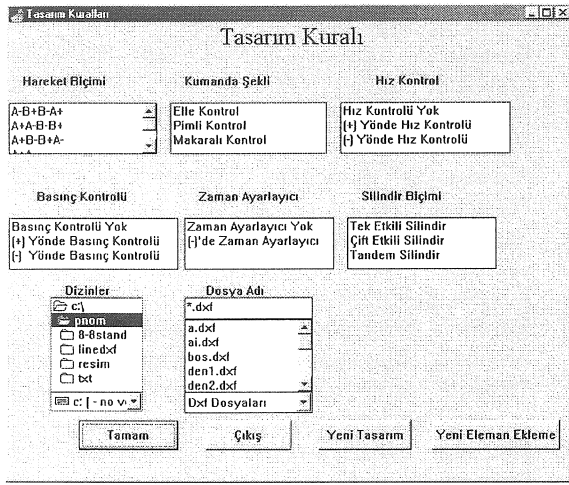
PCAP	CBASINC	HTUK
6	1	0.0005
6	2	0.0008
6	3	0.0011
6	4	0.0014

Şekil 13. Tablolar veri tabanı menüsü

Program, otomatik olarak kullanıcının girdiği piston çapı ve sistem basıncına bağlı olarak Şekil 13'te görülen veri tabanından piston kurs boyunun her cm'si için gerekli hava miktarını almakta ve tüketilen hava miktarı hesabında kullanılmaktadır.

## EDITÖR MODÜLÜ

Editör modülünde devre tasarım modülündeki mevcut pnömatik elemanlara yeni elemanlar eklenebilmektedir. Böylelikle, daha verimli ve kontrol edilebilir pnömatik devreler tasarlanabilmektedir. Ayrıca editör modülü sayesinde farklı devre tasarımları yapılabildiğinden çalışmaya esneklik kazandırılmıştır. Şekil 14'te görüldüğü gibi menüler yardımı ile tasarlanacak devrenin elemanları ve kontrol biçimleri seçilebilmektedir.

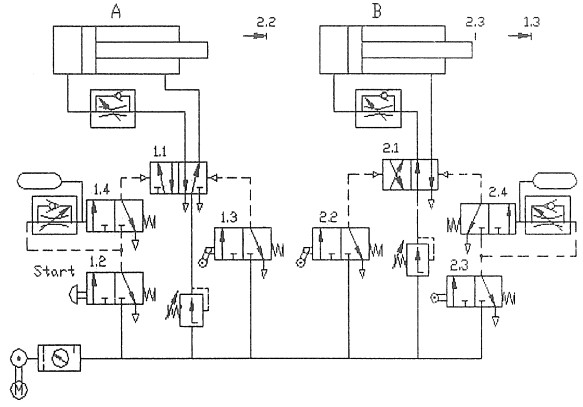


Şekil 14. Tasarım kuralları menüsü

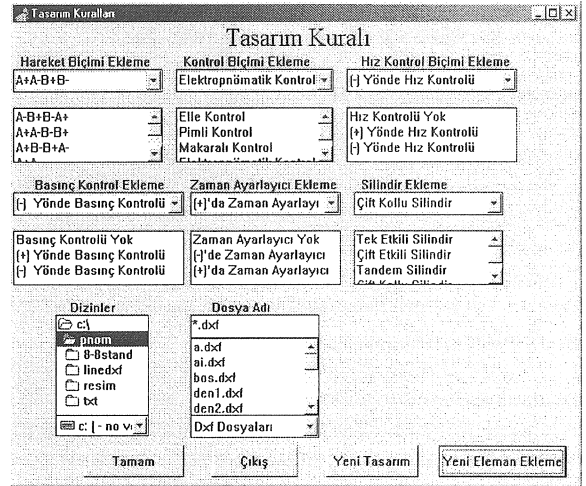
Hareket biçimi menüsünden, A-B+B-A+ seçildiğinde pnömatik kontrollü, (+) yönde hız kontrollü, (+) yönde basınç kontrollü, (+)'da zaman ayarlayıcı ve çift etkili silindirlere oluşan bir devre tasarlanır (Şekil 15).

Editör modülünde, tasarlanan devre DXF ve BMP formatında oluşturulmaktadır. Bu modülün, devre tasarım modülünden ayrı bir modül olarak tasarlanmasındaki amaç, programa eklemeler yapılabilmesini sağlamaktır.

Kullanıcı tarafından programa yapılacak ilaveler menülerin sonuna eklenmelidir. Yapılacak ilavelerin tasarım dosyası veri tabanları "linedxf" dizini altına kopyalanmalıdır. Kullanıcı, "Tasarım Kuralları" menüsündeki elemanlara yeni eleman eklemek istediğinde "Yeni Eleman Ekleme" butonunu seçerek tasarım menüsündeki tüm tasarım kurallarına veya herhangi bir kurala eklemeyi yapabilmektedir. Kullanıcı, tasarım kuralının üzerindeki komut eklemeye kutusundan istediği elemanı seçerek eklemeyi gerçekleştirebilir (Şekil 16).

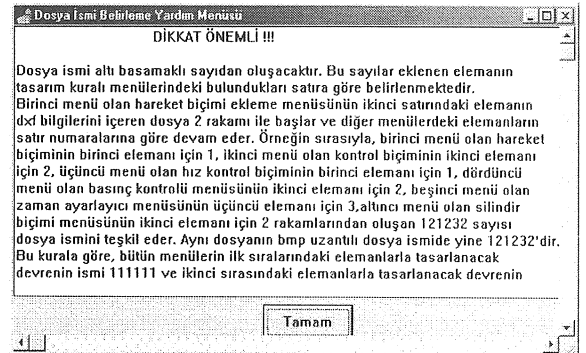


Şekil 15. A+B-B+A- pnömatik kontrollü, hız kontrollü, basınç kontrollü, zaman ayarlamalı bir devre



Şekil 16. Kural cümlesi ekleme menüsü

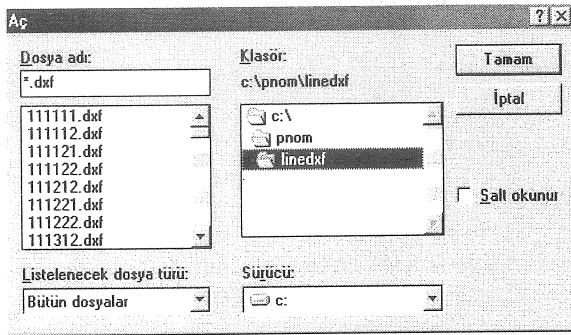
Hareket biçimine eklemeyi yaparken istendiğinde, "Hareket Biçimi Ekleme" menüsü altındaki komut eklemeye kutusundan A+A-B+B- hareketi seçildiğinde, bu hareketleri yapacak devrenin DXF bilgilerinin kaydedileceği dosyanın ismini belirlemek için yardım menüsü ekrana gelmektedir (Şekil 17).



Şekil 17. Dosya ismi belirleme yardım menüsü

Yardım menüsünde kullanıcı dosya isminin nasıl belirlendiğini görebilmektedir. Bu menüden

“Tamam” komutu seçildiğinde, dosya isminin yazılacağı diyalog menüsü ekrana gelmektedir (Şekil 18). Dosya ismi yazılıp tamam komutu seçildiğinde, dosya “linedxf” dizini altında kaydedilmektedir.



Şekil 18. Dosya diyalog menüsü

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile pnömatik devre tasarımı bilgisayar ortamına taşıdığından, pnömatik devre tasarımı, geleneksel yöntemlerin yerine bilgisayar destekli tasarım teknikleri uygulanabilmektedir. Tasarımcıya sunulan menüler yardımı ile farklı hareket şekilleri ve farklı yön kontrol valfleri seçilebilmektedir.

Kural cümlesi ekleme modülü ile programa yeni elemanlar, hareket biçimleri ve yeni kural cümleleri eklenebilmektedir. Pnömatik sistemlerde kullanılan bütün elemanların resimleri, standart sembolleri ve açıklama bilgileri, tasarım safhasında ekranda görülebilmektedir. Böylelikle, programa geliştirilebilir ve eğitici özellikleri eklenmiştir.

Pnömatik sistemleri oluştururken hesaplanması gereken tasarım parametreleri program tarafından hesaplanabilmekte ve tasarım dosyaları DXF uzantılı olarak kayıt yapılabilmektedir. Tasarım işlemi sonucunda, tasarımda kullanılan pnömatik elemanların listesi kullanıcıya sunulmaktadır.

## INTERACTIVE CIRCUIT DESIGN FOR PNEUMATIC SYSTEMS UNDER CONSTANT LOAD AND STADY-STATE CONDITIONS

In this study, development of pneumatic circuit design program based on the design parameters is aimed. The program can be used to design pneumatic systems under constant load and steady-state conditions using different pneumatic elements. In this program, manual, roller, joint roller, solenoid, pneumatic and electropneumatic controlled direction control valves can be used. With the help of design rules, the motion and control of the circuit to be designed can be chosen. The (A+A-), (A-A+), (A-A+B+B-), (A+B+A-B-), (A+B-A-B+), (A-B-A+B+), (A-B+A+B-) and (A+A-B+B-) motions with one or two cylinders can be described in the design menu.

By using calculation menus, piston rod diameter and rod length, piston forces, piston speed and air consumption can be calculated. New pneumatic elements can also be incorporated into the program. The software was written in Delphi 4.0 programming language.

Keywords: Pneumatic Circuits, Pneumatic Components, Computer Aided Design

## KAYNAKÇA

1. Jacic L.J., 1985, Computer Aided Design of Pneumatic Digital System, APPROACH, *Fluid Control and Measurement*, Tokyo, Jpn, v.1, 95-100.
2. Jacik L. A., 1986, Computer Aided Synthesis of Pneumatic Control Systems, *Publ by BHRA*, Cranfield, Engl, 141-144.
3. Hassan C., Haron C., Wai Kew K., 1994, Computer Aided Drawing and Design of Pneumatics Circuits (PNEUCADDS), *International Conference on Multi Media Engineering Education Proceedings IEEE*, Piscataway, NJ, USA, 203-206.
4. Tekiner Z., Korkut I., 1998, Bilgisayar Destekli Hidrolik Devre Tasarımı, *Z.K.Ü Teknoloji Dergisi*, Sayı 1, 36-44, Karabük.
5. Korkut İ., Korucu S., 1998, “Mantık Kurallarının Pnömatik Sistemlerde Uygulanması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 3, Sayı 1, 125-136, Isparta.
6. Klinzing G.E., Dyakowski T., Jan 1998, Proceedings of the 1996 Conference on Pneumatic and Hydraulic Conveying Systems, *Powder Technology v 95 n 1*. Elsevier Science S.A., Lausanne, Switzerland
7. Turgut Y., Korkut İ., 2001 “Çift Etkili Silindirli Bilgisayar Destekli Pnömatik Devre Tasarımı” *Celal Bayar Üniversitesi II.Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Sempozyumu*, Manisa.
8. Tekiner Z., Korkut İ., “Bilgisayar Destekli Pnömatik Devre Tasarımı”, *Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi*, Cilt 25, Sayı 1, 31-38, TÜBİTAK, Ankara.
9. Erşahin M.A., Ünlüsoy Y.S., 1999, “Hidrolik Güç Sistemlerinin Bilgisayar Yardımı İle Tasarımı ve Simülasyonu”, *TMMOB Makina Mühendisleri Odası (Bildiriler Kitabı), 1.Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi*, İzmir.
10. Chadwick B., 1996, Software Makes Pneumatic Circuit Design Easy, *Hydraulics and Pneumatics*, v.49, n.3, 163-164,190.
11. Chadwick B., 1997, Design and Simulate Air Circuits on Your PC, *Hydraulics and Pneumatics*, 8, 10, 38-339.
12. Chuang S.H., Du C.Y., 1996, Representation and Scheme for Motion Simulation of Pneumatic

Control Circuits, *Simulation Practice and Theory*, 3, 6, 365-381.

13. Hitchcox A.L., 1997, "Tips and tricks for air valve selection", *Hydraulics & Pneumatics* v 50 n 11 Nov 1997. p 47-48, 50.
14. Wong PK., Leung TP., Chuen C.W., Chan W.H., 1994, Object Oriented CAD for Electro-Pneumatic Sequential Circuit Design in Low Cost Automation, *Proceeding of The 1994 IEEE Semposium on Emerging Tecnologies and Factory Automation*, Tokyo, Jpn.
15. TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2001, *Pnömatik Devre Elemanları ve Uygulama Teknikleri*, yayın no, MMO/2001/293, İstanbul.
16. Arun N., Akkoç H., 1997, *Pnömatik İletim Temel Bilgileri*, makina mühendisleri odası, İzmir.