

# HİDROLİK SİSTEMLERİN TASARIMINDA PAKET PROGRAM VE HİDROLİK MODÜLLER KULLANILARAK KOLAY BENZETİM YAPILMASI

Tuna BALKAN  
M. A. Sahir ARIKAN

## ÖZET

Bu çalışmada, hidrolik sistemlerin tasarımında hazır ticari paket program ve bu paket program ile birlikte çalışabilecek, daha önceden hazırlanmış olan hidrolik modüller kullanılarak benzetim yapılması ve bu yaklaşımın getireceği kolaylıklar ve zaman kazancı anlatılmıştır. Başta, günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan MATLAB®/SIMULINK® yazılımı olmak üzere konu ile ilgili çeşitli örnekler verilmiştir.

## 1. GİRİŞ

Günümüzün hidrolik uygulamaları göz önüne alındığında, genellikle, dinamik etkilerin göz önüne alınmasına gerek duyulmayan hidrostatik, ya da oldukça düşük hızlarda çalışan dinamik sistemlerle karşılaşılmaktadır. Yüksek hızlarda ve/veya ivmeli hareket eden sistemler ise çoğunlukla küçük ataletlere sahip olduğundan, tasarım sürecinde çeşitli dinamik etkilerin göz önüne alınmaması büyük hatalara neden olmaktadır. Öte yandan, sürtünme, mekanik boşluk, esneklik ve dinamik etkiler nedenleriyle oluşabilecek hatalar da kabul edilebilir sınırlar içinde kalmakta ve uygulamalar da çoğunlukla açık döngü olarak gerçekleştirilmektedir.

İzleme kabiliyeti, tepki hızı ve kararlılığın önem kazandığı servo sistemler ile dış etkenlerin önemli olduğu uygulamalarda ise kapalı döngü kullanılmakta ve elektrik tahrikli sistemler tercih edilmektedir. Günümüzde, yüksek güç üreten elektrik motorlarının boyutlarının küçülmüş, ağırlıklarının azalmış ve fiyatlarının düşmüş olmasına rağmen, kuvvet/atalet oranları oldukça yüksek olan hidrolik sistemler, büyük kuvvet ve/veya tork gereksiniminin bulunduğu uygulamalar için hala önemini korumaktadır. Yakın gelecekte de, servo valfler ile kolaylıkla denetlenebilen hidrolik sistemlerin, servo elektrik motorları ve sürücüleri karşısındaki yerlerini koruyacağı anlaşılmaktadır.

Servo denetimli kapalı döngü sistemlerde, sistemin isteğe karşı verdiği yanıtta gecikme, hız, hata, kararlılık gibi kavramlar oldukça önem kazanmaktadır. Bu durum özellikle havacılık sektöründe ve askeri uygulamalarda daha da ön plana çıkmakta ve hidrolik sistemler yerine elektrik motorları ile sürülen sistemler üzerinde çalışmalar giderek artmaktadır. Ancak, servo valfler ile kolayca denetlenebilen hidrolik sistemlerde performansı arttırmak için denetlenen mekanik sistemin dinamik davranışı, hidrolik yağın sıkıştırılabilirliği, servo valfin zaman sabiti ve kazancı gibi etkenleri gözönüne alarak tasarım aşamasında bir matematiksel model oluşturulması ve artık yaygın olarak kullanılan dinamik modelleme yazılımlarının yardımı ile bilgisayar ortamında benzetim yapılması gereği ortaya çıkmıştır.

Bir hidrolik sistemin tasarımı sürecindeki aşamalar, matematik modelleme, dinamik model elde edilmesi ve benzetimdir. Bu şekilde, bilgisayar ortamında sistemin basamak ve frekans tepkisi, vb. davranışlarının benzetimi yapılabilmektedir. Böylece, benzetim üzerinde yapılan çalışmalarla tasarımın iyileştirilmesi, denetleç türünün seçimi ve parametrelerinin iyileştirilmesinin bilgisayar ortamında kolaylıkla gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır. Sistemlerin bilgisayar ortamında benzetiminin yapılması, tasarım sürecindeki çalışmaların gerçek sistem üzerinde yapılması yerine bilgisayar ortamında yapılmasına olanak sağlamaktadır. Böylece daha az zaman ve daha az kaynak harcanarak sistemin istenilen performans düzeyine getirilmesi mümkün olmaktadır. Gerektiğinde, bu testlerin sonuçlarının gerçek sistem üzerinde yapılan testlerin sonuçlarıyla karşılaştırılması ve benzetimin doğrulanması da mümkündür.

Hidrolik güç sistemlerinin benzetim uygulamaları için çeşitli kişisel bilgisayar programları geliştirilmiştir [1]. Çoğunlukla, bu tür programlarda dinamik benzetim özellikleri bulunmamaktadır. Ancak, bu şekilde başlayıp, daha sonra çok sayıda programcının uzun sürede geliştirdiği ticari paket programlar bu tür ihtiyaçlara cevap verebilmektedir. MATLAB® [2] yazılımının SIMULINK® [3] modülü günümüzde bu tür dinamik modelleme ve benzetimin gerçekleştirilmesinde yaygın olarak kullanılan programlardan birisidir. Özellikle servo uygulamalarında, seçilen valfin dinamik davranışının uygunluğu, sistemin kararlılığı, tepki hızı, oluşan nihai hata vb. tasarım kriterlerinin önceden test edilmesi ve sistemin istenilen dinamik davranış için ayarlanması ancak uygulama öncesi başlanan ve uygulama sürecinde de devam eden bir dinamik modelleme ve benzetim ile mümkün olabilmektedir. Bu süreç içerisinde karşılaşılabilecek en önemli zorluklardan birisi hidrolik devrede yer alan elemanların dinamik modellerinin oluşturulması için gerekli olan parametrelerin belirlenmesidir. Bu amaçla, dinamik model oluşturulduktan sonra, eğer önceden yapılmamış ise, hidrolik elemanların dinamik parametrelerinin belirlenmesi için bir dizi test ve laboratuvar çalışmasının yapılması gerekmektedir.

Benzetim sonuçlarının uygulama sonuçları ile karşılaştırılması, ancak sistem parametrelerinin belirlenmesinden sonra mümkün olmaktadır. Bu amaçla dinamik modelleme yazılımlarının gerçek zamanda çalışan modüllerinin, bilgisayara takılacak analog/sayısal ve sayısal/analog dönüştürücü birimleri içeren bir veri toplama kartı yardımı ile hem benzetimi hem de uygulamayı gerçek ve eş zamanlı olarak çalıştırabilme yeteneğinin kullanılması mümkündür. Denetim algoritmalarının belirlenmesi, denetleç türünün seçilmesi ve parametrelerinin belirlenmesi bu sayede kolaylıkla yapılabilmekte ve sistem kullanıcıya teslim edilmeden önce istenilen performansın elde edilip edilmediği rahatlıkla görülebilmektedir. Tasarımda ve denetleç ayarlarının yapılmasında kullanılacak bu yöntemin uygulanması ilk zamanlarda zor ve zaman alıcı olarak görülmeyle birlikte özellikle hidrolik devre elemanlarını içeren yazılım kütüphanesinin zaman içerisinde oluşturulması ve sistem dinamiği yaklaşımı ile tasarım zamanları hızla düşecek ve uygulama kalitesinde artış sağlanacaktır. Günümüzde, söz konusu yazılımlarla kullanılmak üzere çeşitli türde pompa, valf, süzgeç gibi bir çok hidrolik devre elemanı için bilgisayar ortamında dinamik modeller üreten ve bilgisayar kütüphaneleri oluşturan yazılım şirketleri bulunmaktadır. Dinamik etkileri içeren ve tamamen hidrolik sistemlerin tasarımına ve devre şeması oluşturulmasına yönelik yazılımlar bulunmasına rağmen, bu yazılımlar özellikle denetlenecek dinamik sistemin esneklik, kuru sürtünme, mekanik boşluk, vb. önemli özelliklerinin gereken detayda modellenmesi açısından yetersiz kalabilmektedir. Benzer çalışmalar elektronik (analog ve/veya sayısal) devre ve denetleçler kullanılarak da gerçekleştirilebilmekle beraber, bilgisayar ortamı ve yazılım kullanımı tasarıma ve testlere esneklik kazandırmakta, mikroişlemci ile yapılan denetim uygulamalarında ise istendiğinde işlemci kodu kolaylıkla elde edilebilmektedir.

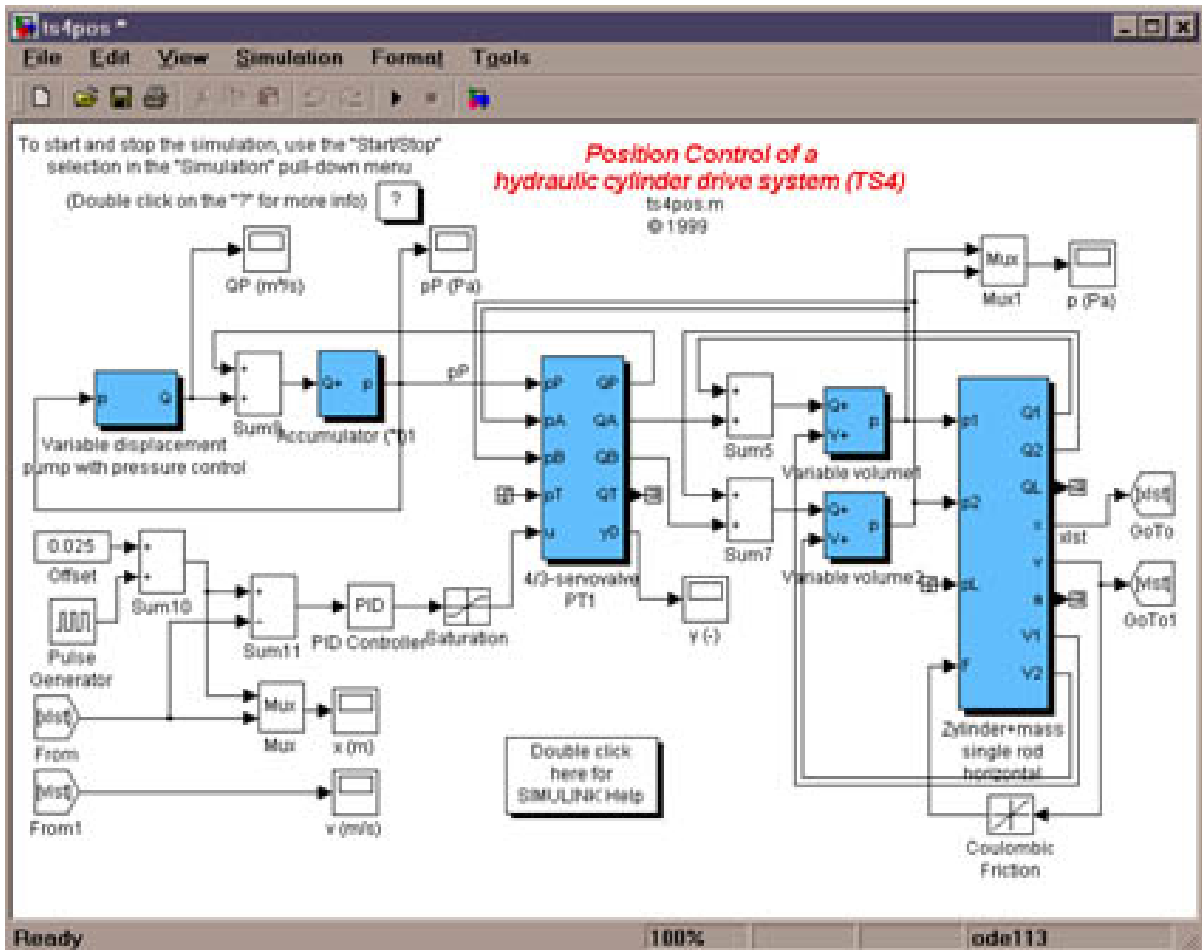
Hidrolik sistemlerin tasarımında kullanılan bu yaklaşımın pnömatik sistemler için de kullanılabilmesi mümkündür. Ancak, devre elemanlarının dinamik modellerinin elde edilmesi sırasında, gazların sıkıştırılabilirliği ve sıcaklık etkileri göz önüne alındığında oldukça karmaşık matematiksel modeller ortaya çıkmaktadır. Hidrolik elemanlar ile beraber pnömatik devre elemanlarının da modellerini içeren ve sadece hidrolik-pnömatik uygulamaları için özel yazılımlar olmasına rağmen, bu yazılımlar yukarıda da belirtildiği üzere denetlenecek sistemin dinamik modelini oluşturmadaki güçlükler nedeniyle yeterince cazip olmamaktadır.



Verilen örnekten de anlaşılacağı üzere, hidrolik denetim sisteminin modellenmesi sürecinde hazır modüllerin kullanılması, programlamayı kolaylaştırmakta ve zaman kazancı sağlamaktadır. Şekil 2.2 ve 2.3'te verilmiş olan hazır modüller kullanılmamış olsa idi bunların yerini tutacak modüllerin yazılması, çalıştırılması, doğru çalıştığından emin olmak için testlerin yapılması gerekmekte idi.

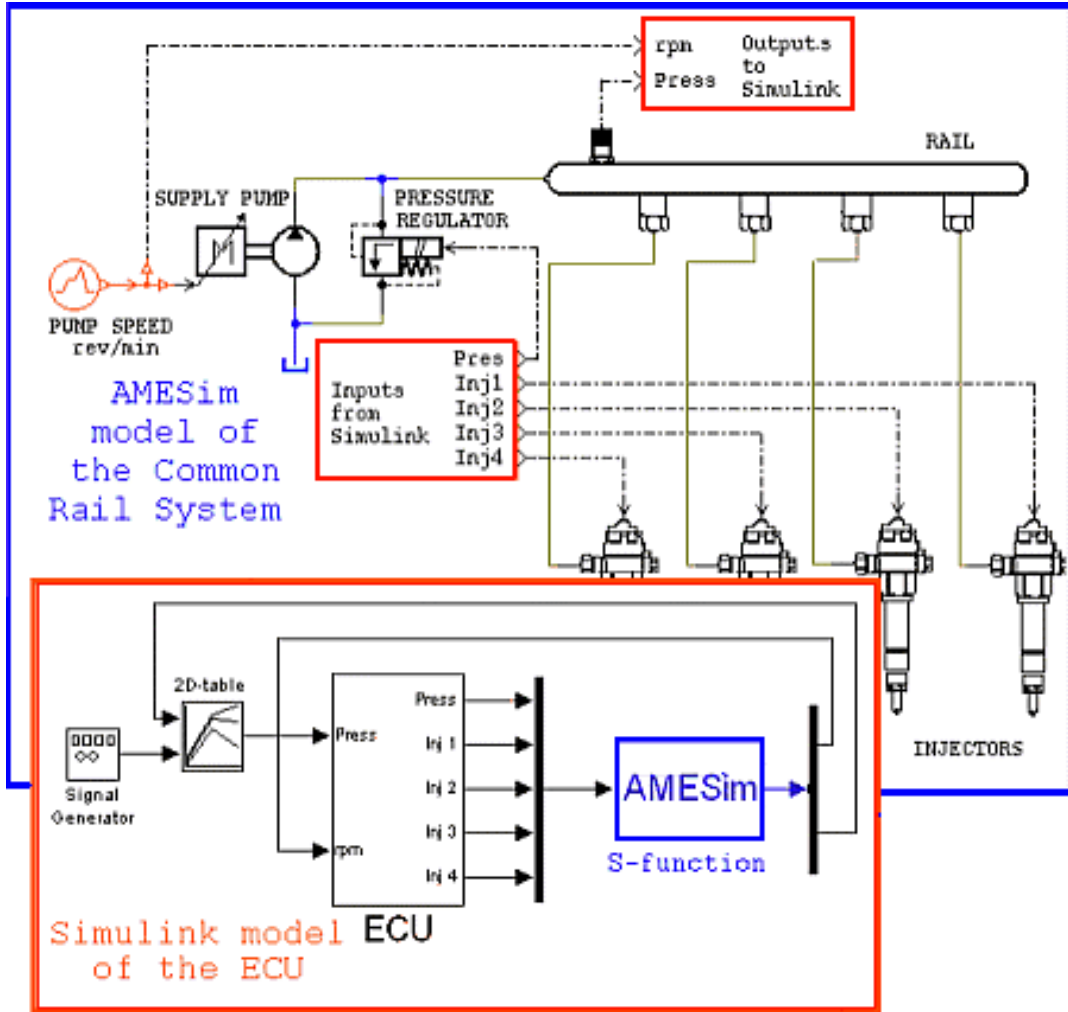
Öte yandan, elektronik endüstrisinde yaygın olan ve bir üretici firmanın tüm ürünleri ile ilgili modüllerin yer aldığı kütüphanelere ise hidrolik ve pnömatik endüstrisinde hala raslanamamaktadır. Hidrolik devre elemanı üreten firmaların yapması gereken işlerden birisi de, ürünleri için bu tür modüllerin oluşturulmasını sağlamak, teşvik etmek veya çalışmalara doğrudan katkıda bulunmak olmalıdır.

Diğer örnekler olarak, MATLAB® programını geliştiren firmanın haricindeki bir firma tarafından MATLAB® ile birlikte kullanılmak üzere hazırlanmış modüller kullanılarak, bir silindir tahrik sisteminin konum denetimi için hazırlanmış olan program Şekil 2.4'de, otomotiv endüstrisinde kullanılan enjektör denetimi için hazırlanmış olan program ise Şekil 2.5'te verilmiştir [4]. Şekil 2.4'de modüller tanımlanmış olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Silindir Tahrik Sisteminin Konum Denetimi için SIMULINK® Modeli

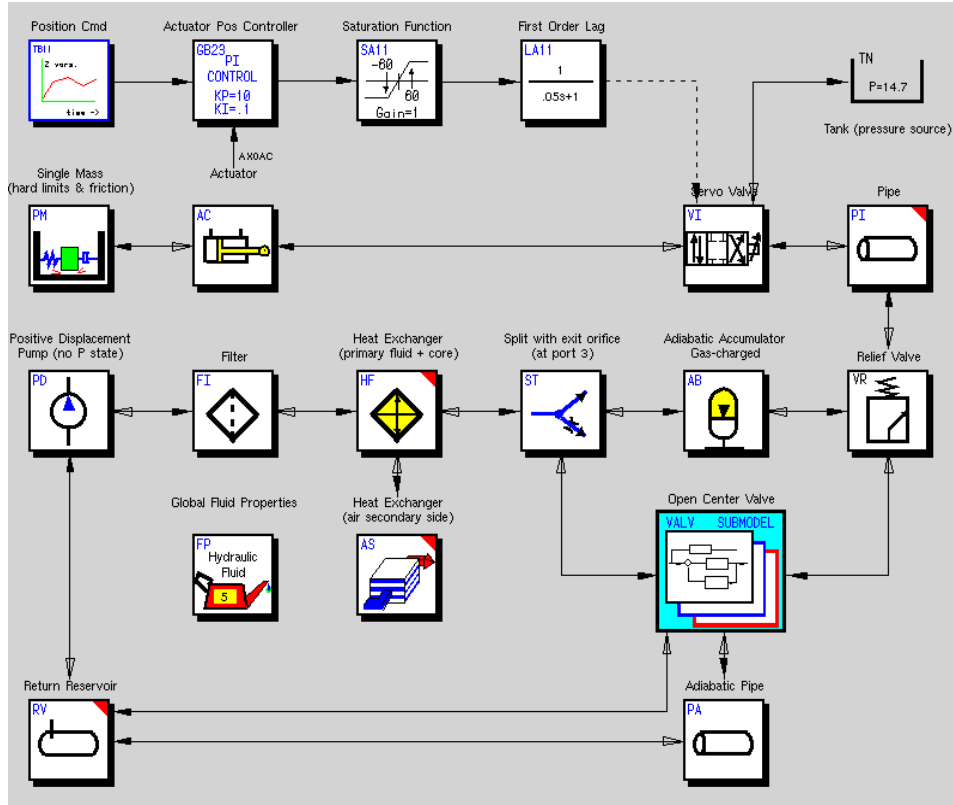
SIMULINK®'in yanısıra, EASY5® [5,6], SPICE® programının MECHATRONICS kütüphanesi [7] ve DYMOLA® [8] programları kullanılarak oluşturulmuş olan modeller sırasıyla Şekil 2.6 – 2.8'de verilmiştir. Bu tür yazılımların genellikle SIMULINK® arayüzleri de bulunduğundan, ilgili modülleri doğrudan SIMULINK® içerisinde kullanmak da mümkün olmaktadır.



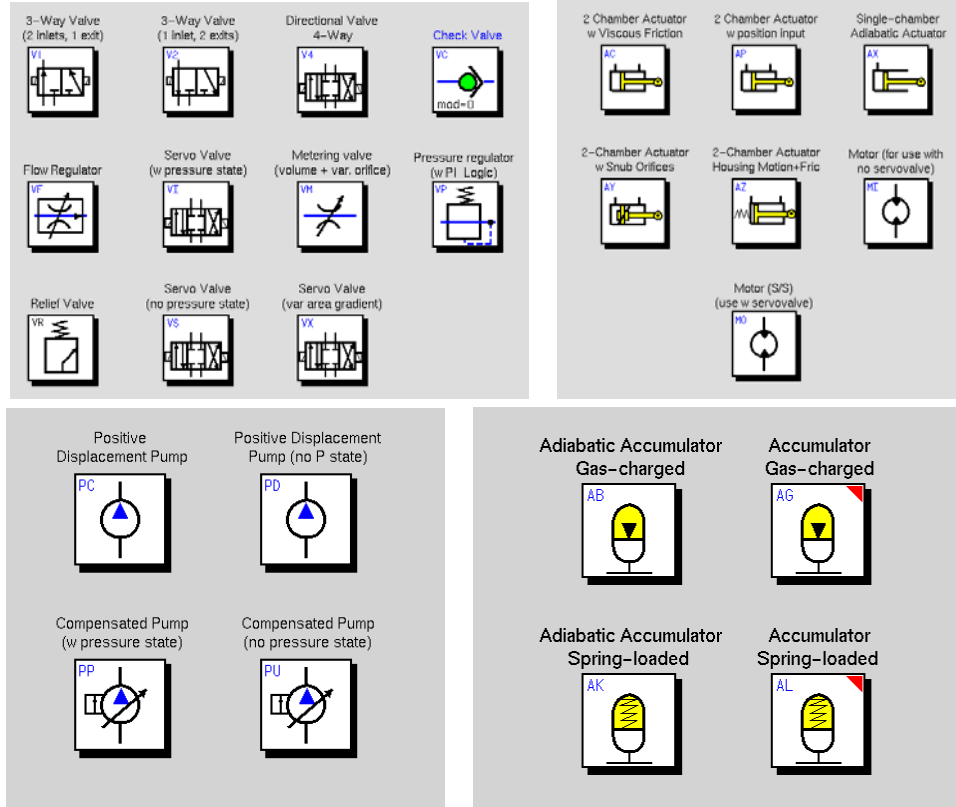
Şekil 2.5 Enjektör Denetimi için SIMULINK® Modeli

## SONUÇ

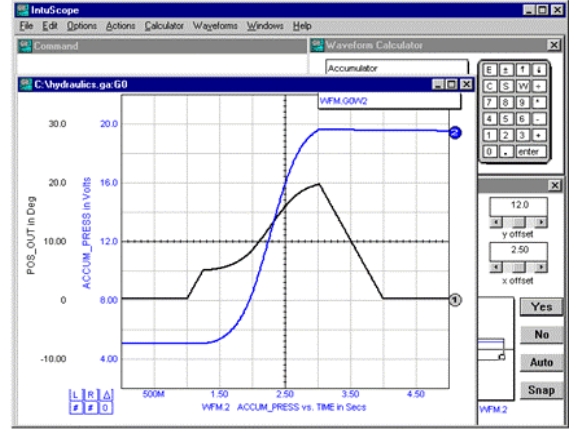
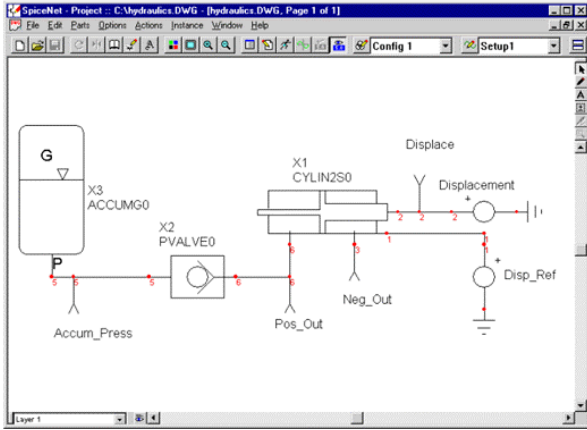
Hidrolik sistemlerin tasarımında hazır ticari paket program ve bu paket program ile birlikte çalışabilecek, daha önceden hazırlanmış olan hidrolik modüller kullanarak benzetim yapılması ile, bu yaklaşımın getireceği kolaylıklar ve zaman kazancını anlatmak için MATLAB®/SIMULINK®, EASY5®, SPICE® ve DYMOLA® paket programları ile ilgili çeşitli örnekler verilmiştir. Dinamik etkileri de içeren bu ve benzeri diğer paket programlar genel amaçlı olup, herhangi bir sistemin modellenmesi ve benzetimi için kullanılabilir. Programların çalıştırılabilmesi için, benzetimi yapılacak sistemin işlem blokları kullanılarak modellenmesi gerekmektedir. Model oluşturma çalışması da bilgi birikimini ve tecrübeyi gerektirmektedir. Modellerin oluşturulması esnasında hazır modüllerin kullanılması, hem işi kolaylaştırmakta, hem de zaman kazanılmasını sağlamaktadır. Şekil 2.1, bir hidrolik denetim sisteminin, daha önceden hazırlanmış olan valf/silindir/piston/yay, pompa ve denetim valfini modelleyen hazır modüller kullanılarak oluşturulmuş SIMULINK® modelini göstermektedir. Bu haliyle model oldukça basit görünmekte ve kolaylıkla hazırlanabilmektedir. Bu modüllerin hazır olmaması durumunda ise, Şekil 2.2 ve 2.3'te verilen işlem bloklarından oluşan modellerin de hazırlanması gerekmektedir. Öte yandan, bu yaklaşımın rahatlıkla kullanılabilmesi için çok sayıda hazır modülün mevcut olması gerekmektedir. Bu nedenle, hidrolik devre elemanı üreten firmaların, ürünleri için bu tür modüllerin oluşturulmasını sağlamak, teşvik etmek veya çalışmalara doğrudan katkıda bulunmak için çalışmalar yapması, hazır modül sayısında önemli artışların olmasını sağlayacaktır.



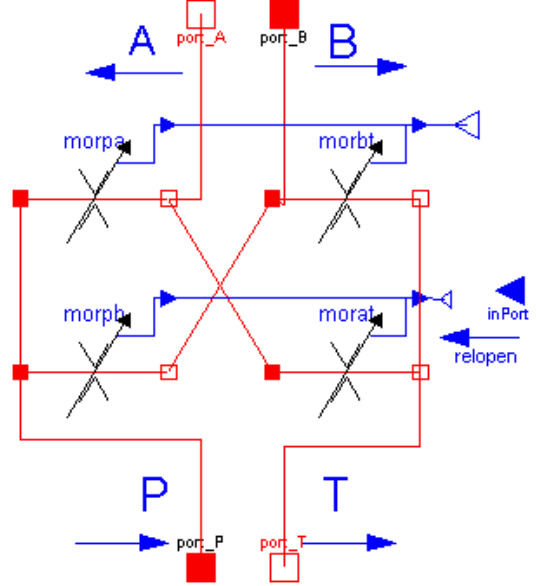
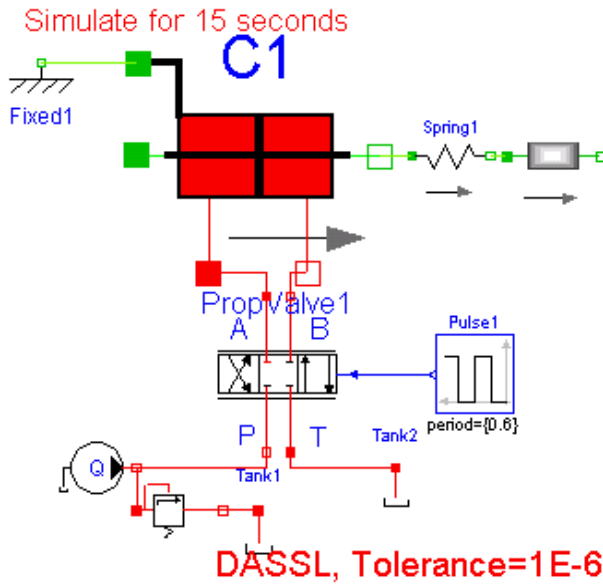
Şekil 2.6.a Silindir Hız Denetimi için EASY5® Modeli



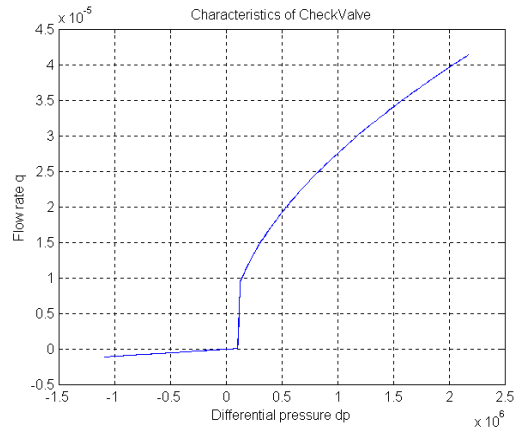
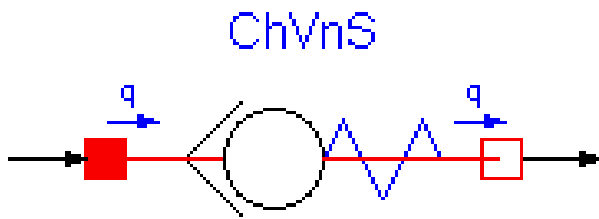
Şekil 2.6.b EASY5® Kütüphanesinden Örnekler



Şekil 2.7 Akümülatör Doldurma için SPICE® Modeli



Şekil 2.8.a Hız Denetimi için DYMOLA® Modeli



Şekil 2.8.b Geri Döndürmez Valf için DYMOLA® Modeli

## KAYNAKLAR

- [1] ERŞAHİN, M. A ve ÜNLÜSOY, Y. S., “Hidrolik Güç Sistemlerinin Bilgisayar Yardımı ile Tasarım ve Simülasyonu” (HİD-01), I. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi Bildiri Kitabı, s.1-14, 3-5 Aralık 1999, İzmir.
- [2] “MATLAB® User’s Guide”, Version 2, The Mathworks Inc., 1993
- [3] “MATLAB®/SIMULINK® Dynamic System Simulation Software,User’s Guide”, Version 2, The Mathworks Inc., 1993.
- [4] [www.mathworks.com/products/connections/application\\_area.shtml?app\\_id=23](http://www.mathworks.com/products/connections/application_area.shtml?app_id=23)
- [5] [boeing.com/assocproducts/easy5/components/components\\_libraries\\_hc.htm](http://boeing.com/assocproducts/easy5/components/components_libraries_hc.htm)
- [6] [boeing.com/assocproducts/easy5/new\\_hydraulic\\_lib\\_v40.htm](http://boeing.com/assocproducts/easy5/new_hydraulic_lib_v40.htm)
- [7] [intusoft.com/products/mechatronics.html](http://intusoft.com/products/mechatronics.html)
- [8] [www.dynasim.se/](http://www.dynasim.se/)

## ÖZGEÇMİŞLER

### Tuna BALKAN

1957 yılında Manisa’da doğdu. Halen çalışmakta olduğu Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü’nden 1979 yılında “Lisans”, 1983 yılında “Yüksek Lisans”, 1988 yılında da “Doktora” derecelerini aldı. 1985 yılında “Öğretim Görevlisi”, 1988 yılında “Yardımcı Doçent”, 1990 yılında “Doçent” ve 2000 yılında da “Profesör” ünvanını aldı. 1998 yılından beri ODTÜ Bilgisayar Destekli Tasarım İmalat ve Robotik Merkezi Başkan Yardımcılığı görevini yürütmekte ve ASELSAN A.Ş. Mekanik Tasarım Müdürlüğü’nde danışman olarak görev yapmaktadır. Çalışmaları sistem dinamiği, kontrol, sistem modellemesi, simülasyonu ve tanılaması, akışkan gücü kontrolü, robotik ve uygulamaları alanlarında yoğunlaşmıştır.

### M. A. Sahir ARIKAN

1957 yılında Ankara’da doğdu. Halen çalışmakta olduğu Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü’nden 1979 yılında “Lisans”, 1981 yılında “Yüksek Lisans”, 1987 yılında da “Doktora” derecelerini aldı. 1985 yılında “Öğretim Görevlisi”, 1987 yılında “Yardımcı Doçent”, 1989 yılında “Doçent” ve 1995 yılında da “Profesör” ünvanını aldı. Çalışmaları, Bilgisayar Destekli Tasarım/Üretim/Mühendislik, robotik ve endüstriyel uygulamaları ile dişli dinamiği ve tasarımı alanlarında yoğunlaşmıştır.