

# Hidrolik Sürücü Sistemi Ön Tasarım, için Bir Uzman Sistem Yapı, Önerisi

## An Expert System Structure Proposal for Preliminary Design of Hydraulic Drive

Özgür Çelikdemir

Hidropar A.Ş.

Ozgur.Celikdemir@hidropar.com.tr

Esra Atalay

KÇÜ Mekanik Mühendisliği Böl.

esraatalay0@hotmail.com

Levent Çetin

KÇÜ Mekanik Mühendisliği Böl.

levent.cetin@deu.edu.tr

**Özetçe** Bu çalışmada hidrolik sistem ön tasarımı için uzman sistem algoritması önerilmiştir. Önerilen sistem, müşteri talebi doğrultusunda belirlenen kuvvet ve hız girdilerini kullanarak silindir seçimi, seçilen silindir ile başlangıç debi bilgisi kullanılarak pompa seçimi ve sistemin güç ihtiyacı, dikkate alınarak motor seçimi yapabilmektedir.

**Anahtar Kelimeler** Hidrolik Sürücü Ünite, Uzman Sistem, Karar Verme Algoritmaları.

**Abstract** In this study, expert system algorithm is proposed for the preliminary design of hydraulic system. The proposed system can make cylinder selection by using the force and speed inputs determined according to customer demand, pump selection using the selected cylinder and initial flow information and motor selection considering the power requirement.

**Keywords** Hydraulic Drive, Expert systems and Decision Making algorithms

### I. GİRİŞ

Uzman sistem, uzman insanın karar verme yeteneğini taklit eden, olay ve deneyimleri kullanan, bilgisayar destekli bir karar aracıdır [1]. Uzman sistemler bu sebeple yapay zekanın bir uygulama alanıdır. Bu alanda ilk çalışmaların yapılmaya başlandığı, Stanford Üniversitesi profesörlerinden Edward Feigenbaum uzman sistemlerin tanıtılması ve geliştirilmesi için prosedürlerini kullanarak uzman bilgisi gerektiren zor problemleri çözen ilk bilgisayar programları eklendi [2]. Uzman sistemler, karmaşık problemleri, geleneksel yöntemli kodlardan ziyade, tümevarım ve tümdengelim ilkelerine dayalı kuralları temsil edilen bilgi organları aracılığıyla muhakeme ederek çözmek için tasarlanmıştır. Sistemin temel bileşenleri bilgi tabanı, çıkarım mekanizması, kullanıcı arabirimidir. Bilgi tabanı, bileşenleri,

problemlerin anlaşılması ve çözümü için gereken bilgileri, ortaya çıkabilecek durumları, bunlar arasındaki mantıksal ilişkileri ve standart çözümleri içerir. Bilgi tabanından sağlanan bilginin nasıl kullanılacağına da çıkarım mekanizması, tarafından karar verilir. Sonuçlar bu şekilde eklenir. Kullanıcı arabirimi, bulundurulduğu dil ile kullanıcı ve bilgisayar arasındaki iletişimi sağlar. Bu birim sağladığı iletişim kurulabilmesi için doğrudan sahiptir. Uzman sistemlerin çok etkili yararları, bazıları, verimlilik artışı, hız, maliyet, daha az güç ve daha az maliyet gerektirir, kalite artışı, tutarlı ve uygun sonuçlar üreterek sistem kalitesine katkıda bulunur esneklik (bilgi tabanları güncellenebilir), kapsamlı (birden fazla uzmandan alınan uzmanlık bilgisi birleştirilebilir), karar alma süresinin kısalması, ve güvenilirliktir.

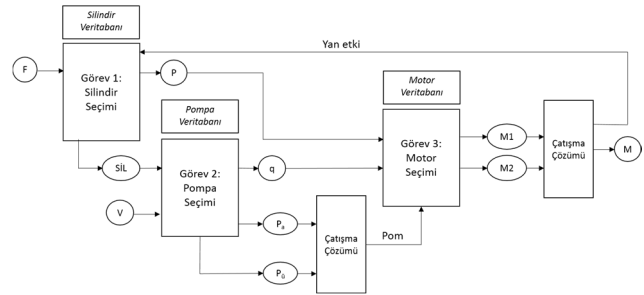
Uzman sistemler ilk olarak 1965'te Edward Feigenbaum liderliğindeki Stanford Heuristic Programlama Projesi tarafından tanıtıldı. Stanford araştırmacıları, bulaşıcı hastalıkların teşhis (Mycin) ve bilinmeyen organik moleküllerin tanımlanması (Dendral) gibi uzmanların çok değerli ve karmaşık olduğu alanlar belirlemeye çalıştılar [3]. 1980'lerde uzman sistemler çoğaldı. Üniversiteler uzman sistem kursları sundu ve Fortune 500 şirketlerinin üçte ikisi teknolojiyi günlük faaliyetlerinde uyguladı. Büyük ölçekli bir ürün için tasarımı kapasitesinde kullanılacak ilk uzman sistem 1982 yılında geliştirilen SID (Integral Design Synthesis) yazılımıydı [4]. 1990'lerden sonra internet teknolojisinin gelişmesi ve 1994 yılında genel kullanıcılar için açılmasıyla yeni bilgi çağı ve iletişim teknolojisi sadece uzman sistemler alanında önemli rol oynamaya başladı. 1994-2004 yılları arasında, bazı çalışmaların Shu-Hsien Liao'nun [5] çalışması, bir özet olarak niteliktir. 2000'li yıllardan sonra uzman sistemlerin yorumlama, araştırma ve hisleri, tasarımı, planlama ve kontrol alanlarında kullanılmaya başlandı.

Uzman sistemin hidrolik sistemlerde uygulanması, özellikle 2000'den itibaren, giderek artmaktadır. Hidrolik eleman bulunduran ve hidrolik prensibiyle çalışan, bazen sistemler üzerinde uygulama örnekleri de eklenmiştir; bu nedenle uzman sistem tasarımıyla benzer bir motorun performansı ve emisyon karakteristiklerinin belirlenmesi [6], hidrojenatör makineleri, gerçek zamanlı olarak tehis için uzman bir sistem [7], DWT-SVM kullanarak hidrolik enjeksiyon makinesinin oynak makaralar, rulmanlarda mekanik olarak sınıflandırma [8], hidrolik basınç, hız ve hız korelasyon ve ANFIS temelli karakteristik özelliği [9], hidrolik ekipmanlar için fuzzy tabanlı olarak tehis uzman sistemi [10], pres makineleri için, güçlü bir genelilmi Kalman filtresine dayalı çevrimiçi bir algoritma, ayar bulanık PID kullanarak, kuvvet kontrolü [11], hidrostatik kendinden kaldırılabilir yataklarda uzman durum izleme [12], otomobil hidrolik fren sisteminin istatistiksel özellikleri ve destek vektör makineleri kullanarak olarak tehis [13], petrol ve gaz tesislerinde hidrolik makinelerin güvenilirliğini kontrol sistemi [14], büyük rüzgar türbinlerinin sistem güvenliği analizi [15], rüzgar enerjisi santralinde ekipman tehis için uzman bir sistemin bilgi tabanı için gerçeklerin yapılandırılması [16], kompleks sistemlerde hata tespiti ve hata izolasyonunda farklı sınıflandırmalar, kararlılıklar, [17], oransal valf kullanarak hidrolik motor hız kontrolünün deneysel olarak araştırılması, [18]. Uygulamalar, büyük çoğunlukla hata ve olarak tehis, güvenilirlik kontrolü üzerine yapılmıştır. Uzman sistemlerin istatistiksel kuvveti bu alanlarda kesin sonuçlara ulaşarak önlemler alınmasında önemli bir rol oynamıştır. Kullanılan korelasyon yöntemleri farklılık gösterse de temelde uzman sistem uygulamasına dayanan bu çalışmalar literatürde hidrolik sistem ve uzman sistem konularının tam anlamıyla birleştirildiği örnek çalışmalar, sınırlıdır. Hidrolik sistemlere endüstrinin çok çeşitli alanlarında ihtiyaç duyulmaktadır. Buna karşılık taleplerdeki çeşitliliğin sistem tasarımı etkisi tasarım süreçlerinin ileriki aşamalarında detaylandırılmaktadır. Dolayısıyla uygulama alanından dolayı, hidrolik sistemde bulunan temel elemanlar olan pompa, elektrik motoru ve hidrolik silindir seçilebilmektedir. Bu temel elemanların seçimi büyük oranda katalog eklerinde düzenlenmiş verilerin kontrollü olarak değerlendirilmesi sürecidir. Bu sürecin insan tarafından yapılması, olası hatalar ve işlem süresi açısından dezavantajlı bir durumdur. Bu sebeple hidrolik sistem tasarımı mühendislerinin bu süreci bir uzman sistem tarafından gerçekleştirilmesi ilk tasarım sürecini kolaylaştırır. Buna ek olarak, sistem insan kaynaklı hatalardan etkilenmemesi ve toplam tasarım süresi kısalmaya başlayacaktır.

## II. YÖNTEM

Hidrolik sistem tasarımı için algoritması, önerilen uzman sistemde, müşteri talebi doğrultusunda belirlenen

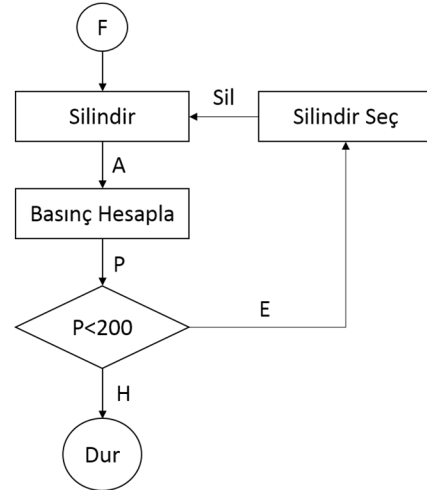
kuvvet ( $F$ ) ve hız ( $V$ ) girdileri kullanılır. Sistem üzerinde işlevsel ayrıştırma yapılarak tanımlanan kuvvet bilgisinden hidrolik sistemin çalışması, basınç, hız bilgisinden ise hidrolik sistemin ihtiyaç duyulan debi de bilgileri bulunabilir. Buna göre bulunan basınç, hız bilgisi kullanılarak pompa seçimi ve sistemin güç ihtiyacı dikkate alınarak motor seçimi yapılabilir.



ekil 1. Uzman Sistemin Matematiksel Gösterimi

Bu bölümde önerilen uzman sistemin üç temel görevi olacaktır. Bunlar sırasıyla; silindir seçimi, pompa seçimi ve motor seçimidir. Bu görevleri yerine getirecek uzman sistem standart silindir, pompa ve motor seçeneklerini içeren üç bilgi tabanı, tamamlanması gereken üç görevle birlikte, üç kural tabanı, bunlarla ilişkili iki çatışma çözümü stratejisi ve bir yan etki içermektedir.

### A. Hidrolik Silindirin Seçimi



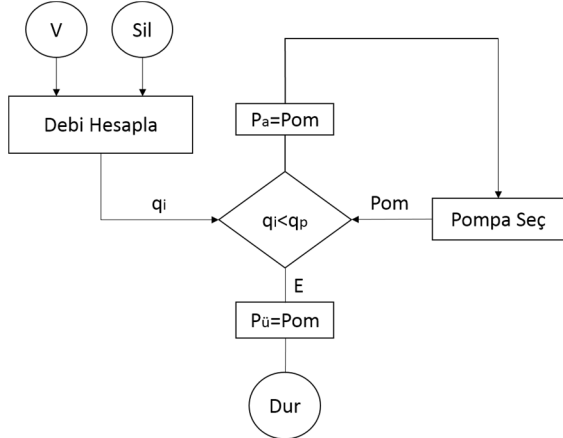
ekil 2. Silindir Seçim Algoritması

Hidrolik silindir seçimi için ilk olarak kullanılan, basınç, kuvvet de bilgileri, ikinci adımda boyut olarak küçükten büyüğe sıralanmış, standart silindir seçeneklerini içeren veri tabanından ilk silindir seçilip piston alan bilgisi kullanılarak bu silindir için gerekli basınç bulunur. Eğer bulunan basınç hidrolik sistemlerin standart çalışması, basınç olan 200 barın altında ise bu silindir hidrolik sistem

için uygun aday olarak seçilir. Aksi durumda 200 bardan düşük basınç art, sa lan,ncaya kadar iterasyona devam edilir ( ekil2). Bu görev sonucunda, sistemin çal, ma bas,nc, (P) ve kullan,lacak silindir (Sil) belirlenmi olur.

### B. Pompa Seçimi

Pompa seçimi için kullan,c,n,n tan,mlad, , h,z verisi ile birinci görev sonucunda elde edilmi silindir özellikleri sistemin düzgün çal, mas, için gerekli debiyi (Q) hesaplamak için kullan,l,r. Hesaplanan debi de eri referans alınarak sa lad, , debi de erine göre küçükten büyü e s,ralanm, olan pompalar,n bulundu u veritaban, taran,r. Sistem bu tarama esnas,nda kar ,la t,rma yapt, , pompay, kaydederek bir sonraki pompan,n uygunlu unu kontrol eder. Veritaban,ndan seçilen pompan,n debisi istenilen debiden büyükse sistem durur. Sonuçta hesaplanan debi de erinin girdi i aral, ,n alt ve üst limitine kar ,l,k gelen iki pompa seçilmi olur ( ekil3). Algoritman,n iki farklı sonuç vermesinin sebebi sistem girdisine kar ,l,k gelen debi de erinin sürekli bir de i ken olmas,na kar ,l,k veritaban,ndaki pompalar,n debilerinin ayrı,k bir uzay olu turmas,d,r. Bu durumun sebep oldu u çat, man,n çözümü için öncelik sistem taraf,ndan ihtiyaç duyulan debiye göre mutlak fark, en az olan pompaya verilir. Bu görev sonucunda sistemin çal, ma debisi ve kullan,lacak pompa (Pom) belirlenmi olur.

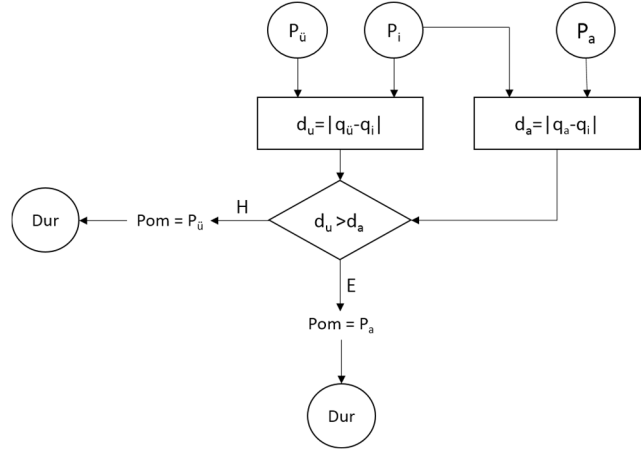


ekil 3. Pompa Seçim Algoritması,

### C. Motor Seçimi

Motor seçimi için elde edilen önceki a amalarda belirlenmi bas,nc ve debi de erleri dikkate alınarak mekanik güç ç,kt,s, hesaplan,r. Hesaplanan güç de eri referans alınarak sa lad, , güce göre küçükten büyü e s,ralanm, olan motorlar,n bulundu u veritaban, taran,r. Sistem bu tarama esnas,nda kar ,la t,rma yapt, , motoru kaydederek bir sonraki motorun uygunlu unu kontrol eder. Veritaban,ndan seçilen motorun gücü istenilen güçten büyükse sistem durur. Sonuç

olarak hesaplanan gücün girdi i aral, ,n alt ve üst limitine kar ,l,k gelen iki motor seçilmi olur ( ekil4).



ekil 4. Motor Seçim Algoritması,

Pompa seçimine benzer ekilde algoritma iki farklı sonuç vermektedir. Bu durumun sebep oldu u çat, man,n çözümü için öncelik sistem taraf,ndan ihtiyaç duyulan güce göre mutlak fark, en az olan motora verilir. Bu durumda dikkate alınmas, gereken, e er alt s,n,r de erde güce sahip bir motor kullan,l,rsa sistemin üretece i kuvvetin beklenenden düşük olmas, ihtimalidir. Bu ihtimal dikkate alınarak düşük güçlü motor seçimi durumu ortadan kalkana kadar hidrolik silindir, pompa ve motor seçimi tekrarlı, olarak yap,l,r. Görev 1, 2 ve 3 her seferinde bir önceki ad,mda seçilmi olan silindirin bir büyü ü alınarak tekrar edilir.Bu i lemler sonucunda sistemin ihtiyac, olan çal, ma debisi ve bas,nc, sa layan motor seçimi gerçekle tirilmi olur.

### III. DURUM ÇALI MASI

Hidrolik sistem ön tasar,m, için geli tirilen uzman sistem algoritması,, mü teri talebinin 5000kgf bir kuvveti 5 cm/s h,zla uygulayacak bir hidrolik pres tasar,m, oldu u durum için test edilmi tir. Algoritman,n üzerinde arama yapaca , veri tabanlar,, pompa için tablo 1de verilen stok listesi, silindir için Rexroth internet sitesi üzerinden ürün katalo u[19] ve motor için ise miksan internet sitesi üzerinden ürün katalo u [20] olarak belirlenmi tir.

Tablo 1. Pompa Stok listesi

|   | Kodu               | Tur ba ,na hacim (cm <sup>3</sup> ) |
|---|--------------------|-------------------------------------|
| 1 | 4CC R 224 250BAR   | 4                                   |
| 2 | 5.5CC R 201 250BAR | 5.5                                 |
| 3 | 8CC R 201 250BAR   | 8                                   |
| 4 | 11CCR201 250BAR    | 11                                  |
| 5 | 14CC R224 250BAR   | 14                                  |

lk olarak 200bar alt,nda çal, ma bas,nc,n, veren silindir çap, 63mm olarak bulunmu tur (Tablo 2). 5cm/s h,z

ile 63 mm çaplı, silindiri ilerletmek için gerekli debi 9.3 lt/da olarak bulunmu tur. Motorlar, nominal çal, ma devri 1450 de/da olarak dikkate al,nda bu de er için tur ba ,na gereken hacim 6.5 cm<sup>3</sup> olarak bulunur.

**Tablo 2.** İlk pompa seçim sonuçları,

| Çap (mm) | Alan (cm <sup>2</sup> ) | Bas,nc (Bar) |
|----------|-------------------------|--------------|
| 40       | 12.56                   | 398          |
| 50       | 19.63                   | 254          |
| 63       | 31.17                   | 160          |

Tur ba ,na gereken hacim 6.5 cm<sup>3</sup> olarak al,narak Tablo1 üzerinde tarama yap,ld, ,nda 5.5 cm<sup>3</sup> yada 8 cm<sup>3</sup> pompa seçilebilir. Gerekli olan 6.5 cm<sup>3</sup> pompa 5.5 cm<sup>3</sup> ye daha yak,n oldu undan 5.5 cm<sup>3</sup> ile devam edilir.

Bu durumda pompa debisi 8 lt/da ve silindir ilerleme h,z, 4,2cm/s olacaktır. Denklem 1 kullan,larak bu durum için pompa güç ihtiyac, 2.5 kW olarak hesaplanm, t,r.

Motor veri taban,nda bu de er ile yap,lan arama sonucunda 2.2kW veya 3kW motor seçilebilece i görülmü tür. Gerekli olan 2.5kW güç 2.2kW ya daha yak,n oldu undan 2.2kW'd,k motor seçilmi tir.

Bu durumda; 2.2 kW ile 5.5 cm<sup>3</sup> pompan,n ç,kabilece i bas,nc 140 Bar'dır. 140 Bar'da 63mm lik çaplı, silindirin uygulayabilece i kuvvet ise 4360 kgf 'dir. Bu durumdaki h,z ise 4.5 cm/s'dir.

Hidrolik sistemlerde varsay,lan öncelik kuvvet oldu undan silindiri tekrar seçmek gerekecektir. Bu durumda 80mm çaplı, silindir seçilerek i leme devam edilmi tir.

5cm/s h,z ile 80 mm çaplı, silindiri ilerletmek için gerekli debi 15 lt/da olarak bulunmu tur. Motorlar, nominal çal, ma devri 1450 de/da olarak dikkate al,nda bu de er için tur ba ,na gereken hacim 10 cm<sup>3</sup> olarak bulunur.

Tur ba ,na gereken hacim 10 cm<sup>3</sup> olarak al,narak Tablo1 üzerinde tarama yap,ld, ,nda 8 cm<sup>3</sup> yada 11 cm<sup>3</sup> pompa seçilebilir. Gerekli olan 10 cm<sup>3</sup> pompa 11 cm<sup>3</sup> ye daha yak,n oldu undan 11 cm<sup>3</sup> ile devam edilir. Bu durumda pompa debisi 16 lt/da ve silindir ilerleme h,z, 5.3 cm/s olacaktır. Denklem 1 kullan,larak bu durum için pompa güç ihtiyac, 2.9 kW olarak hesaplanm, t,r.Motor veri taban,nda bu de er ile yap,lan arama sonucunda 2.2kW veya 3kW motor seçilebilece i görülmü tür. Gerekli olan 2.9kW güç 3kW ya daha yak,n oldu undan 3kW'd,k motor seçilmi tir.

#### IV. SONUÇLAR

Bu al, mada hidrolik sistem n tasar,m, için uzman sistem algoritmas, nerilmi tir. Önerilen sistem, mteri talebi do rultusunda belirlenen kuvvet (F) ve h,z (V) girdilerini kullanarak silindir seçimi, seçilen silindir ile ba lang, debi bilgisi kullan,larak pompa seçimi ve sistemin güç ihtiyac, dikkate al,narak motor seçimi yapabilmektedir. Bu görevleri yerine getirecek uzman sistem standart silindir, pompa ve motor seçeneklerini içeren  bilgi taban,, tamamlanmas, gereken  göreve ba l, olarak da  kural taban,, bunlarla ili kili iki at, ma zm stratejisi ve bir yan etki içermektedir.

Önerilen sistemin geli tirilmesinde, hidrolik sistem tasar,mc,lar,n,n kulland, , temel denklemler ve tasar,m tecrübeleri basite indirgenerek gerekli algoritmalar geli tirilmi tir. Elde edilen sonuçlar ile hidrolik sistemin n tasar,m süreci k,salt,larak uzmanlar,n detay tasar,ma daha fazla vakit ay,rabilmesine olanak sa lanmas, amalanm, t,r.

#### KAYNAKA

- [1] Jackson, Peter (1998), *Introduction To Expert Systems* (3 ed.), Addison Wesley
- [2] Edward A. Feigenbaum, *Expert Systems: Principles and Practice*, Professor of Computer Science Stanford University
- [3] A Timeline of Artificial Intelligence Selections from Milestones in the Development of Artificial Intelligence by Mark Kantrowitz, 1994, <http://biology.kenyon.edu/slonc/bio3/AI/TIMELINE/timeline.html>
- [4] Carl S. Gibson, et al. VAX 9000 SERIES, *Digital Technical Journal of Digital Equipment Corporation*, Volume 2, Number 4, Fall 1990, pp118-129.
- [5] Shu-Hsien Liao, *Expert system methodologies and applications - a decade review from 1995 to 2004*, Department of Management Sciences and Decision Making, Tamkang University, No. 151, Yingjuan Rd, Danshuei Jen, Taipei 251, Taiwan, ROC
- [6] Novruz Allahverdi, Bulan,k Uzman Sistem Tasar,m,yla Benzinli Bir Motorun Performans Ve Emisyon Karakteristiklerinin Belirlenmesi, Seluk Üniversitesi Teknik E itim Fakültesi, 2009
- [7] Edgar J. Amaya and Alberto J., *An Expert System for Real-Time Fault Diagnosis of Hydrogenerators Machinery*, Department of Mechanical Engineering and Mechatronics University of - Brasilia Campus Universitario Darcy Ribeiro, 2010
- [8] Guang-ming Xian, *Mechanical failure classification for spherical roller bearing ofhydraulic injection molding machine using DWT6SVM*, 2010
- [9] Zhen-Yuan Jia, Jian-Wei Ma, Fu-Ji Wang, We, Liu, *Characteristics forecasting of hydraulic valve based on grey correlation and ANFIS*, 2010
- [10] Mengmeng Bian, Jian Shi, *FTA-based Fault Diagnose Expert System for Hydraulic Equipments*, Shaoping Wang School of Automation Science and Electrical Engineering Beihang University Beijing, China, 2011

- [11] D.Q.Truong, K.K. Ahn, Force control for press machines using an online smart tuning fuzzy PID based on a robust extended Kalman filter, 2011
- [12] Ramon Ferreiro Garcia, José Luis Calvo Rolle, Manuel Romero Gomez, Alberto DeMiguel Catoira, Expert condition monitoring on hydrostatic self-levitating bearings, 2013
- [13] R. Jegadeeshwaran, V. Sugumaran, Fault diagnosis of automobile hydraulic brake system using statistical features and support vector machines, School of Mechanical and Building Sciences, VIT University Chennai Campus, 2015
- [14] M Yu Zemenkova, System of Controlling the Reliability of Hydraulic Machinery in Oil and Gas Facilities, 2016
- [15] Xin Jin, Wenbin Ju, Zhaolong Zhang, Lianxin Guo, Xiangang Yang, System safety analysis of large wind turbine, College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Mechanical Engineering Department, Worcester Polytechnic Institute, Chongqing Energy-saving Technologies Service Center, 2016
- [16] Stanisław Duer, Paweł Wrzesiński and Radosław Duer, Creating of structure of facts for the knowledge base of an expert system for wind power plant's equipment diagnosis, 2017
- [17] Marcel Jung, Octavian Niculita, Zakwan Skaf, Comparison of Different Classification Algorithms for Fault Detection and Fault Isolation in Complex Systems, 2017
- [18] N.H. Tran, C. Le, A.D. Ngo Abstract, Experimental Investigation of Speed Control of Hydraulic Motor Using Proportional Valve, 2017
- [19] [https://dc-us.resource.bosch.com/media/us/products\\_13/product\\_groups\\_1/industrial\\_hydraulics\\_5/pdfs\\_4/re00112-3.pdf](https://dc-us.resource.bosch.com/media/us/products_13/product_groups_1/industrial_hydraulics_5/pdfs_4/re00112-3.pdf), ula ,lan tarih 12.09.2019
- [20] [http://www.miksanmotor.com/images/pdf/trifaze\\_teknik.pdf](http://www.miksanmotor.com/images/pdf/trifaze_teknik.pdf) ula ,lan tarih 12.09.2019