

46357

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR DESTEKLİ KALİTE KONTROL SİSTEMLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elek. Müh. Özgen TURASI

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Haziran 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Haziran 1995

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Murat DİNÇMEN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Coşkun KÜLÜR

Prof. Dr. Nahit SERASLAN

HAZİRAN 1995

ÖNSÖZ

Acımasız rekabet koşullarının pazar kapma yarışını hızlandırdığı günümüz ortamında üretimde kalitenin gittikçe artan önemi artık yadsınamaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. Ulusal kimliklerden bağımsız olarak tüm üretici firmalar kalite güvence faaliyetlerini güçlendirme yönüne gitmektedirler. Böyle bir ortamda üretimde bilgisayar desteğinin giderek artması ve kalite kontrol alanında da kendini göstermesi vazgeçilmez bir sonuçtu.

Bu tez çalışmasıyla, son yıllarda ortaya çıkan Bilgisayar Destekli Kalite Güvence Sistemleri' nin tanıtılması amaçlanmış, bu sistemlerin değerlendirilmesine yönelik performans kriterlerinin tespiti ve bir değerlendirme yönteminin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmalarım boyunca benden hiçbir yardımı esirgemeyen Dipl. Ing. Jochen Grossehelweg' e, Dipl. Ing. Kadir Muracal' a; Yüksek Lisans eğitimim boyunca gösterdikleri anlayıştan dolayı Sayın Hulusi Tozoğlu ve Sayın Rifat Ertan' a teşekkürlerimi sunarım.

Ülkemiz açısından da oldukça önemli olan bu konunun tarafımdan incelenebilmesini sağlayan ve Yüksek Lisans Tez çalışmam süresince benden yardımları esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Murat Dinçmen' e teşekkürlerimi bir borç bilir, en derin saygılarımı sunarım.

İstanbul, Haziran 1995

Özgen TURASI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. BİLGİSAYAR DESTEKLİ KALİTE KONTROL	4
2.1. Bilgisayarın Kalite Güvence Alanında Kullanımı	4
2.1.1. İstatistiksel Proses Kontrolü (SPC)	4
2.1.1.1. Kontrol Diyagramları	5
2.1.2. Bilgisayar Destekli Kalite Güvence Sistemleri	9
BÖLÜM 3. CAQ SİSTEMLERİ	12
3.1. Endüstriyel CAQ Sistemleri	12
3.1.1. CAQ Sistemlerinden Beklentiler	12
3.1.2. Sınıflama Yöntemleri	14
3.1.2.1. Sayısal Sınıflama Yöntemleri	14
3.1.2.2. Sinirsel Ağlar	16
3.1.3. CAQ' nun Modülleri	20
3.2. Bir CAQ Sistemi: Elektrik Motorları Kalite Kontrol Sistemi	25
3.2.1. Elektrik Motoru Test Sistemleri	25
3.2.1.1. Konvansiyonel Test Sistemleri	25
3.2.1.2. Model Destekli Test Sistemleri	30
3.2.2. Elektrik Motorlarına Uygulanan Testler ve Hata Çeşitleri	33

3.2.2.1. Elektrik Motorlarına Uygulanan Testler	33
3.2.2.2. Karşılaşılan Hata Şekilleri ve Sıklıkları	34
3.2.3. Örnek Test Sistemi	37
3.2.3.1. PIVAD Sisteminin Ölçüm Yapısı ve İstatistik Modülü	39
3.2.3.2. Teknik Yapı	61
3.2.3.3. Örnek CAQ Sisteminin Konvansiyonel Test Sistemleri İle Karşılaştırılması	77
BÖLÜM 4. CAQ SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	80
4.1. CAQ Sistemlerinin Performans Kriterleri	81
4.2. CAQ Sistemlerinin Değerlendirilmesi	87
BÖLÜM 5. DÜNYADA CAQ SİSTEMLERİNE EĞİLİM	91
SONUÇLAR ve ÖNERİLER	95
KAYNAKLAR	98
EKLER	101
ÖZGEÇMİŞ	133

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	$\bar{X}$ Diyagramı	5
Şekil 2.2	R Diyagramı	6
Şekil 2.3	P Diyagramı	7
Şekil 2.4	C Diyagramı	8
Şekil 3.1	Üç Tabakalı Geri Yayın Ağının Topolojisi	18
Şekil 3.2	Yeniden Çevrim Ağının Topolojisi	19
Şekil 3.3	Klasik Bir Kalite Kontrol Süreci	20
Şekil 3.4	Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol Süreci	22
Şekil 3.5	Bir Marş Motorunun Karakteristik Eğrisi - Carl Schenck AG.	26
Şekil 3.6	Konvansiyonel Bir Test Sisteminin Mekanik Yapısı	27
Şekil 3.7	Model Destekli Test Sisteminin Prensibi	31
Şekil 3.8	Başlıca Hata Şekillerinin Oluşma Oranı	37
Şekil 3.9	Parametre Tanımaya Göre Motor ve Model Arasındaki Bağlantı	40
Şekil 3.10	Üniversal Motorun Dinamik Modeli	42
Şekil 3.11	VAD Ölçüm Kafası - Carl Schenck AG.	44
Şekil 3.12	Hatalı Bir Motorun Vibrasyon Sinyali - Carl Schenck AG.	45
Şekil 3.13	Hatasız Motora Ait Ölçüm Sinyali - Carl Schenck AG.	47
Şekil 3.14	Fırça Hatalı Motora Ait Ölçüm Sinyali - Carl Schenck AG.	48
Şekil 3.15	Öğrenen Motor Teşhis Sisteminin Prensibi - Carl Schenck AG.	49
Şekil 3.16	Hata Sınıflarının Oluşturulması	51
Şekil 3.17	Veri Yönetimi Bölümü - Carl Schenck AG.	54
Şekil 3.18	$\bar{X}$ Diyagramı - Carl Schenck AG.	56
Şekil 3.19	s Diyagramı - Carl Schenck AG.	57

Şekil 3.20 c_p Diyagramı - Carl Schenck AG.	58
Şekil 3.21 c_{pk} Diyagramı - Carl Schenck AG.	59
Şekil 3.22 Akım Histogramı - Carl Schenck AG.	60
Şekil 3.23 Hata Raporu - Carl Schenck AG.	61
Şekil 3.24 Üniversal Motor	62
Şekil 3.25 Bulaşık Makinası Motoru	63
Şekil 3.26 CAQ' nun Hat Üzerindeki Yerleşimi	64
Şekil 3.27 Kumanda Dolabı	66
Şekil 3.28 Elektrik Panosu	67
Şekil 3.29 Bilgisayar Dolabı	68
Şekil 3.30 Mikrofon	69
Şekil 3.31 İvme Ölçer (Accelerometre) - Brüel & Kjær	70
Şekil 3.32 Kontrol Paneli	71
Şekil 3.33 Test Kabini	72
Şekil 3.34 Vibroakustik Ölçüm Kafası - Carl Schenck AG.	74
Şekil 3.35 Elektriksel Bağlantı Elemanları - Carl Schenck AG.	75
Şekil 3.36 Pnömatik Kaldırma	76
Şekil 3.37 Taşıyıcı Bant	77

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	Tüketiciye Ulaşan Motorlardaki Hata Oranı	13
Tablo 3.2	Motorlara Uygulanan Bazi Özel Testler	34
Tablo 3.3	Üniversal Motorun Model Parametreleri	43
Tablo 5.1	Carl Schenck CAQ Sistemi Referans Listesi	92



ÖZET

Değişen ve koşulları sürekli olarak zorlaşan uluslararası pazarlarda rekabet şansını arttırmak isteyen firmalar giderek artan miktarlarda kalite güvence bölümlerine yatırımda bulunmaktadırlar. Kalite güvencesinin en ucuz ve en etkili olarak sağlamasındaki en etkili araçlardan biri de Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol (CAQ) sistemleridir.

Teknolojinin son yıllarda gösterdiği inanılmaz gelişme ve özellikle bilgisayar teknolojisinin vardığı nokta bilgisayarın hayatımızın çeşitli aşamalarında kullanılması sonucunu doğurmuştur. Dolayısıyla işletmelerin üretim problemlerini çözmeye yönelik çeşitli uygulamalarda bilgisayar kullanımı gerçekleştirilmiştir. Üretimde bilgisayar desteğinin sağlandığı son alan ise kalite kontrol alanıdır.

Bu çalışmada, bilgisayarın üretim alanında kullanılmasını sağlayan Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol (CAQ) sistemleri tanıtılmaya çalışılmış, bu tür sistemlerin değerlendirmesine yönelik kriterler tespit edilmiş ve bir değerlendirme yöntemi oluşturulmuştur.

Birinci bölümde üretim sektöründeki genel gelişmelerden bahsedilmiş, kalitenin gelişen önemi ve bilgisayarın üretimde kullanılmasına değinilmiştir.

İkinci bölümde bilgisayarın kalite kontrol alanında kullanımından bahsedilmiş ve bilgisayar desteğinin sağlandığı temel istatistiksel kalite kontrol yöntemleri anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde CAQ sistemleri ayrıntılı olarak incelemiş ve elektrik motorlarının son kontrolunde kullanılan bir CAQ sistemi tanıtılmıştır.

Dördüncü bölümde CAQ sistemlerinin değerlendirilmesine yönelik derlenen performans kriterleri verilmiş, bir sistem değerlendirme yöntemi sunulmuştur.

Beşinci bölümde ise dünya üzerinde bilgisayar destekli kalite kontrol sistemlerine eğilim anlatılmıştır.

SUMMARY

Computer Aided Quality Control Systems

Production concept has been always actual since the existence of human beings on the earth. During the centennials technology has shown a rapid improvement and helped human who was trying to make his environment more comfortable by executing necessary production. Today we, as human beings, have reached to manless production techniques with the help of improved technology.

In our rapid changing world, hard competition in the world market has forced the companies to check their company organizations and to follow and adept the new technologies in field of production to their organizations and production facilities. Demands of several world markets from production sector can be listed as follows:

- High and certified quality
- On time supply
- Continuity in production
- Reasonable prices

As can be seen above high and certified quality is a major factor to be competitive and successful in international market. Due to that fact tendency in production sector is in direction of total quality management and ISO 9000 certificates. To ensure the requirements of ISO 9000 standards all companies are highly concentrated on automating their production process by using new production concepts, namely **Computer Integrated Manufacturing (CIM)** techniques such as CAD/CAM, CAE etc..

Actually computer is used since for a long time to execute statistical quality control methods like control diagrams etc.. As the technology get improved during the years with an incredible acceleration parallel to this development computer systems and their main elements, i.e. both hardware and software has increased their capacity continuously and reached to a very high level. In fact, however, this level is not a final frontier for computer technology. As a result of all these events computers are started to be used widely in quality control area where large amount of data should be processed with complex calculation methods. The last stage in computerized quality control reached is **Computer Aided Quality Control (CAQ)** system technology.

Classical function of quality control is to separate bad from good and to eliminate that the bad products are reached to the end consumer. As mentioned above

during the last ten years computers are widely used in production and this has resulted that **quality control** concept has left its place to **quality assurance** concept. Since powerful computers enable easy save of process data continuity of high quality in production is ensured. To reach this high quality assurance 100 % product control is necessary.

On the other hand, however, zero fault production strategy and batch production capacities of new production lines (for example 10,000 motors per day are installed on a modern motor assembly line) make the realization of 100 % control of production very difficult. Otherwise the lost of the efficiency in last control of production will cause that the producers will confront with image lost and related to this profit lost.

Computer aided quality control systems are acting in general like a kind of expert system where the system has to make diagnoses of tested product depending on its data base and knowledge likewise an expert system. They are using different classification methods to enable most precise diagnostic of the tested product. In general these methods are divided into two groups:

- Numerical Classification Methods
- Neural Networks as Classifier

Numerical Classification methods are, as can be understood from the title easily, methods based on mathematical equations. Some of them are easy to calculate where some others contain complex equations. The ease of the calculation is a very important criterion for the speed of the software of system. The easy is the calculation the fast is the diagnoses. The other method group contains neural networks as classifier. Neural networks have the ability of learning the relation between input and output of a system. The network can be trained to mimic this relationship to create a model of the system. And in this way neural network can be used as a classifier. Each method group is briefly described in this study.

Conventional quality assurance systems have a loop build from a testing system, an expert for diagnoses, an SPC division to detect the production process and a decision group to examine the SPC reports and to decide on the production status. A total computerized quality assurance system, however, contains only the CAQ system and a production control computer within its control loop. To eliminate of all the elements of a conventional quality assurance loop computer aided quality control systems contain several modules. The major modules of CAQ systems are as listed below:

- Sensors
- Data processor

- Testing environment
- Output module
- Statistical process control module

Each of these modules is designed to fit the requirements of a fully automated quality assurance process.

The modules and the principle of CAQ systems are explained and studied on an example. Example CAQ system is used in electric motor production to execute the final tests of electric motors. This motor control system is developed and produced by Carl Schenck AG./Germany. These systems have first entered the market in 1989. Since that time the number of users is rapidly grown. The system examined in this study is settled in Topkapı plant of Türk Elektrik Endüstrisi AŞ., the biggest motor producer of Turkey and one of the biggest in Europe. In Topkapı plant the company has implant four this kind of testing equipment. Three of them work as the last control station on an fully automated production line where the fourth one is used in laboratory. The system acts like a **black box** in this manner and performs a certain diagnoses for electric motors.

Conventional test systems for electric motors are morely based on mechanical components. The main goal by a motor test is to obtain the characteristic curve of the motor and determine several torque values from this curve. Classic systems are using mechanical equipments to measure torque, number of turns per minute and as load. The extensive usage of mechanical equipments in such a systems cause accuracy problems. To overcome any of this kind of problems most components should be checked and calibrated periodically.

The new concept in electric motor test equipment is model aided test system. This new generation of test systems are based on a mathematical model of the motor. The model consist of mathematical equations which fully describes the motor. At the beginning phase both motor and model are feed with the same input signal. The response of the motor and model to this input are compared and model is corrected until the response of them are equal enough.

Next phase is teaching mode. Motors are tested by using this model and classified by an expert to several classes such as **OK., Noisy, Bearing Fault,** etc.. The more is the examples taught to the system the more accurate is the diagnoses of the system.

Third phase is testing phase. The control system which is built up in the above mentioned manner is placed on the production line as the last station. Already assembled motors coming from the previous station of the line enter in the testing cabin of the system. Necessary measurements are executed in this cabin and the tested motor is classified accordingly as **OK. or faulty.** If the tested motor is

diagnosed as faulty the fault type is also displayed on the screen. Afterwards tested motors are sent to their next destinations, namely if they are OK. to the packaging otherwise to correcting station.

The measuring process of described CAQ system consists of four major parts:

- Parameter Identification PI
- Vibroacoustic Diagnoses VAD
- Technical Fault Diagnoses TFD
- Threshold Value Diagnoses SDS

Necessary data acquisition from the tested motor to the system is realized via parameter identification. The data is acquired from the motor by using a mathematical model. The model of the motor gives the parameters which are necessary for motor diagnoses.

Vibroacoustic diagnoses part gets the vibration and acoustic signals of the motor. For that purpose an accelerometer and a special microphone are used.

All signals and parameters received from the motor via these two methods are processed in the diagnoses parts of the system. In Technical Fault Diagnoses, one of two responsible parts for the diagnoses, a numeric classification method is used to arrange the tested motor to a certain class. Used classification method is simple and accurate enough and is similar to fuzzy logic. During the teaching phase in data base of the system, clouds from n-dimensional specification vectors are built. Each of these cloud is a motor identity class. During the testing phase first the specifications vector of the motor is built from the measurement data. Then the vectorial distance of specification vector to the center of the clouds (or clusters). Tested motor is then classified in the closest class. If all distances are unacceptably large then this motor belongs to a new, undefined fault class. If this occurs often for a certain fault, after an expert control, the class can be named accordingly.

The Threshold Diagnoses, on the other hand, is not as much complicated as Technical Fault Diagnoses method. The user sets some threshold (or limit) values. After building up the specifications vector related components are compared with the threshold values. If one of these components exceeds the threshold values than the tested motor is labeled as faulty.

Example CAQ system has a powerful statistical module to execute major statistical process control (SPC) techniques. All SPC charts like X and R charts, s and c charts etc. are both visually and printed available. Moreover the system is able to send process control signals to a production control computer net in order to stop the production in case of an "out of control" process. The production

control computer will be then able to decide on the status of production depending on the data coming from CAQ system.

The hardware of the system is considerably more plain than conventional motor testing systems. Since the system use a model for necessary data acquisition from the motor the system does not contain complex mechanical components. The result is less maintenance and calibration and high accuracy.

Due to the fact that computer quality control systems are still in developing phase the end users have almost no experience in this field. Another fact is that the companies should invest huge amounts to implant a CAQ system to their production processes. The lack of experience makes it difficult to choose the right CAQ system for the production process. Considering all this problems to help the end users of this kind of systems some performance criteria are selected to evaluate CAQ systems. These criteria are divided in five major groups:

- Sensors
- Measurement Techniques/Software
- Usage
- Service
- General

Added to these criteria an evaluation method based on these criteria is also developed.

In spite of the actual status of computer aided quality control systems the tendency towards CAQ' s is relatively high. High competition in market, strict quality standards and high production rates make it very difficult to obtain a high level of quality. End users define computer aided quality control systems as key factor to reach their quality targets.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Üretim kavramı insanoğlunun dünya üzerinde yaşama kavgası verdiği zamandan beri güncel bir kavramdır. Çağlar boyu gelişen teknoloji, rahat yaşaması için sürekli birşeyler üreten insanoğluna giderek artan bir şekilde yardım etmiştir. Günümüzde ise gelişen teknoloji bizi insansız üretim ortamına kadar getirmiştir.

Hızla değişen dünya düzeni içinde, üretim sektöründeki rekabet ortamı, şirketleri yapısal değişikliklere ve imalat sistemlerinde teknolojik gelişmelere ayak uydurmaya zorlamaktadır. Piyasanın imalat sektöründen beklentileri önem derecesine göre;

- Yüksek Kalite
- Zamanında Teslim
- Sevkiyatta Süreklilik
- Uygun Fiyatlar

şeklinde sıralanabilir.

Bu sıralamadan da görülebileceği gibi kalite, zamanlama ve sürekliliğin önemi artarken fiyat eski önemini korumamaktadır. İşletmelerin rekabet güçlerini koruyabilmeleri, kalite, hız, esneklik, sürekli gelişim ve çeşitlilik faktörüne daha fazla önem vermeleri sayesinde sağlanabilmektedir. Üretimde maliyetleri düşürerek fiyat rekabeti yürütmek yerini, çeşitli ve kaliteli üretime bırakmakta ve kalite bu değişimde temel öge haline gelmektedir. Sürekli gelişim anlayışı da kalitede gelişim, verimlilikte gelişim, çeşitte gelişim, teknolojiye gelişim ve işletmelerde gelişimi kapsayan geniş bir açıya sahip olmuştur. Günümüz işletmeleri bu değişimlere hızlı ve etkin bir biçimde uyum sağlayabilmek için ürünün tasarım aşamasından başlayarak, planlama, imalat ve satışa kadar geçen tüm aşamalarında modern bilgi işlem ve üretim teknikleri kullanarak esneklik, kalite ve üretkenliklerini artırma yoluna gitmektedir.

Bu yeni olgular gözönünde tutularak duyulan ihtiyaca cevap verebilecek birtakım ileri üretim sistemleri öncelikle Japonya ve A.B.D. gibi ileri sanayi ülkelerinde geliştirilmiştir. Bu sistemler gelişimleri kronolojik olarak karşılıklı etkileşim içinde gerçekleşmiş olduğundan büyük ölçüde birbirlerini tamamlayıcı niteliklere sahiptirler.

Yeni üretim teknolojileri, programlanabilir olması, bilgisayarın ağırlıklı olarak kullanılması ve katı otomasyon yerine esnekliğin ön planda tutulması ile karakterize edilebilirler. Dolayısıyla zaman içinde gösterdikleri aşamalar bilgisayar teknolojisinin gelişimine bağlı olarak gerçekleşmiş olan ileri üretim sistemleri çoğu zaman birbirine geçmiş olarak bulunmaktadır.

Kronolojik olarak öncü sayılabilecek MRP stok kontrol ağırlıklı, CAD ve CAM ürün tasarımı ve sayısal kontrollu tezgahların yönetimi gibi üretim prosesinin belirli aşamaları ile sınırlı kalmıştır. Ancak, kağıtsız işletmeye geçiş için ilk adım olan CAD/CAM gibi mühendislik sistemleri işletmenin tüm fonksiyonlarını kapsayacak "bilgisayarla bütünleşik üretim sistemlerine" geçişte bir ön hazırlık mahiyeti taşımaktadır.

MRP ve MRP II sayesinde satın almadan başlayarak kapasite planlaması, üretim takibi ve finansmanını da içeren geniş bir yelpaze otomasyona kavuşmuştur.

Esnek Üretim Sistemleri (FMS), orta hacimde birden fazla parçanın imalatına uygun olarak tasarlanmış, bilgisayarla yönetilen ve aralarındaki malzeme akışının otomatik olarak sağlandığı yarı bağımsız iş istasyonlarından oluşur. Direkt işçiliğin asgariye indirildiği bu sistemler, sistem elemanlarının hazırlık zamanlarından dolayı hiçbir diğer sistem elemanında kesinti olmayacak şekilde tasarlanmıştır. Hazırlık zamanının sıfıra yaklaşması "Tam Zamanında Üretim" (JIT) için de önemli ön koşullardan biridir. Bunun yanında JIT felsefesinin temelini oluşturan KANBAN kartları tekniği ile ara stoklar asgariye indirilmekte ve üretiminde dar bir alanda gerçekleştirilmesi sonucu üretim süresi kısaltmakta ve üründe saptanan bir bozukluğun hemen giderilmesi mümkün olabilmektedir. JIT sisteminde üretim kalitesinin düşük olması, emniyet stoklarının bulunmaması nedeni ile büyük aksaklıklara ve dolayısıyla maliyetlerde yükselmelere neden olmaktadır. Bu nedenle JIT yaklaşımının başarılı olabilmesi için uygun bir ortam olması gerekir ve

bu ortamda Toplam Kalite ile sağlanmaktadır. Toplam Kalite Yönetimi felsefesi kalitede sürekli iyileştirme ve bunu yaparken de tüm birimlerin ve kişilerin katılımıyla, ortaya çıkan aksaklıkları anında düzeltme yolunu ilke edinmiştir. Bunun yanında müşteri istekleri üretimin temel belirleyicisi haline gelmekte, tedarikçi ve yan sanayi ile uzun süreli sözleşmeler yapılması yoluna gidilmektedir.

MRP II sisteminin üstün yanı olan veri tabanı ile JIT' in üstün yanı olan hızlı ve kayıpsız malzeme akışının tek bir sistemde toplanmak istenmesi sonucu ortaya çıkan optimize edilmiş üretim teknolojisi (OPT) darboğazlara ağırlık verilmesi düşüncesi benimsemiştir.

“Bilgisayarla Bütünleşik Üretim” (CIM) gelişimin vardığı en son nokta olup, gelişmiş endüstri ülkelerinde dahi tam anlamıyla uygulandığı işletme sayısı fazla değildir. Bilgisayarla Bütünleşik Üretim’ den, konstrüksiyon ve ürün planlama (CAD/CAE), üretim planlama ve yönetimi (tedarik, kapasite planlaması, sözleşmeler, hesaplamalar, atölye yönetimi), imalat (taşıma, robot, kalite yönetimi, CNC), kalite güvencenin (CAQ) ve stok yönetiminin ortak bir veri tabanı ve bilgi akışının sağlandığı şebeke ile entegre olduğu bir sistem anlaşılmaktadır [1]. Bu sistem için sadece, mevcut organizasyon yapısının bilgisayar destekli hızlandırılmış bilgi akışı ile desteklenmesi yeterli olmamakta, işletme tüm iş kapsamı ile topyekün ele alınarak organizasyon yapısının yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

BÖLÜM 2. BİLGİSAYAR DESTEKLİ KALİTE KONTROL

1946 yılında ilk sayısal elektronik bilgisayar olan ENIAC' ın tamamlanarak kullanıma alınmasıyla başlayan bilgisayarların hikayesi günümüzde başdöndürücü bir hızla insan mantığının sınırlarını zorlayacak şekilde devam etmektedir. Her geçen gün artan bir ivmeyle gelişen bilgisayar teknolojisi, bu teknolojik gelişmenin beraberinde getirdiği avantajlardan yararlanarak insan yaşamının her alanında giderek daha fazla yer almaktadır. Özellikle üretim alanında yüksek kalite - düşük maliyet ikileminin yaşandığı günümüz ortamında bilgisayar destekli üretim tekniklerinin ağırlıkla yer alması kaçınılmaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır. Bilgisayarın en yeni ve en etkin kullanım alanlarından biri de kalite güvencesidir.

2.1 Bilgisayarın Kalite Güvence Alanında Kullanımı

Bilgisayar, artan bir ivmeyle gösterdiği gelişmeye paralel olarak yine giderek artan bir ivmeyle kullanım alanlarını da genişletmektedir. Bunlardan biri, belki de üretici firmalar açısından en önemlisi de kalite güvence alanında bilgisayar desteğinin kullanılmasıdır. Bilgisayarın kalite güvence alanında ilk kullanım alanı İstatistiksel Proses Kontrolü (SPC) uygulamalarında olmuştur. Kalite güvence alanında bilgisayarın desteğinin sağlandığı diğer bir alan ise Bilgisayar Destekli Kalite Güvence Sistemleridir.

2.1.1 İstatistiksel Proses Kontrolü (SPC)

İstatistiksel Proses Kontrolü alanında bilgisayarın kullanımına geçmeden önce proses kontrolü amacıyla kullanılan istatistiksel metodları hatırlatmakta fayda vardır. İstatistiksel kalite kontrol metodları 1940' ların başından itibaren endüstride kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda bu alana duyulan ilgi oldukça artmıştır. Kullanılan metodlar genel olarak proses kontrolü ya da tedarikçi yeterlilik analizine yönelik metodlar olarak ikiye ayrılabilir. Biz bu bölümde bilgisayar destekli olarak yürütülebilen proses kontrolü metodlarını kısaca açıklamaya çalışacağız.

2.1.1.1 Kontrol Diyagramları

Proses kontrolunda kullanılan temel yöntem kontrol diyagramlarıdır. Kontrol diyagramlarının kullanımı "kontrolden çıkmış" bir prosesin erken tespitini sağlar. "Kontrolden çıkmak" kavramı üretilen ürünlerin belirlenen sınır değerlerin dışına çıkması durumu için kullanılmaktadır. Bir prosesin kontrolden çıkmasının çok farklı nedenleri olabilir. Bunlar arasında tezgah arızası, hatalı malzeme kullanımı, kullanıcı hataları ve ortamın bozucu etkileri sayılabilir. Kontrol diyagramları ölçüm sonuçları ya da özellikler ile beraber kullanılabilirler.

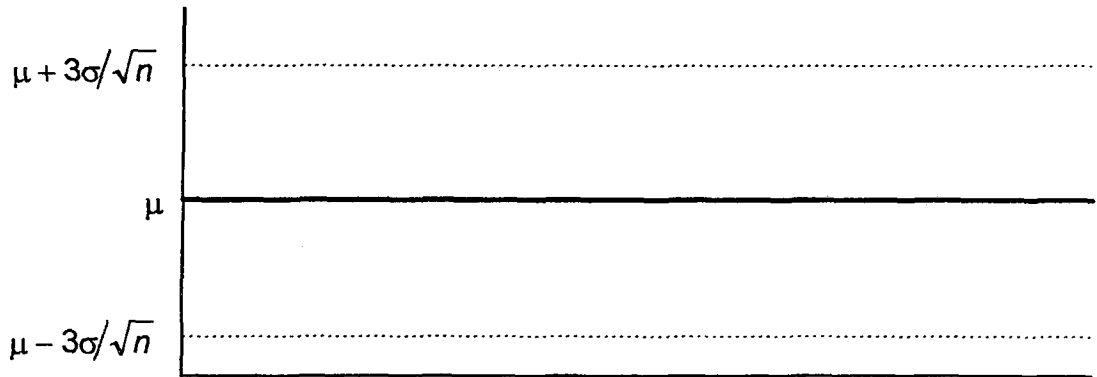
a) $\bar{X}$ ve R Diyagramları:

Kontrol diyagramlarından ilki üretilen ürünün ortalama değerini yansıtmak amacıyla kullanılan $\bar{X}$ diyagramlarıdır. $\bar{X}$, belli bir zaman içinde alınan n boyutlu bir ürün örnekleme hacminin ortalama değeri olmak üzere, $\bar{X}$ ' in, proses kontrol altında iken, μ ortalamalı ve σ standart sapmalı normal dağılıma sahip olduğunu kabul edebiliriz.

Bu durumda μ merkez çizgisi olmak üzere;

$$\mu \pm 3\sigma/\sqrt{n}$$

ifadesiyle belirtilen ve "3-sigma" adı da verilen sınır değerlerinden oluşan $\bar{X}$ diyagramı aşağıda gösterilmiştir (Şekil 2.1).

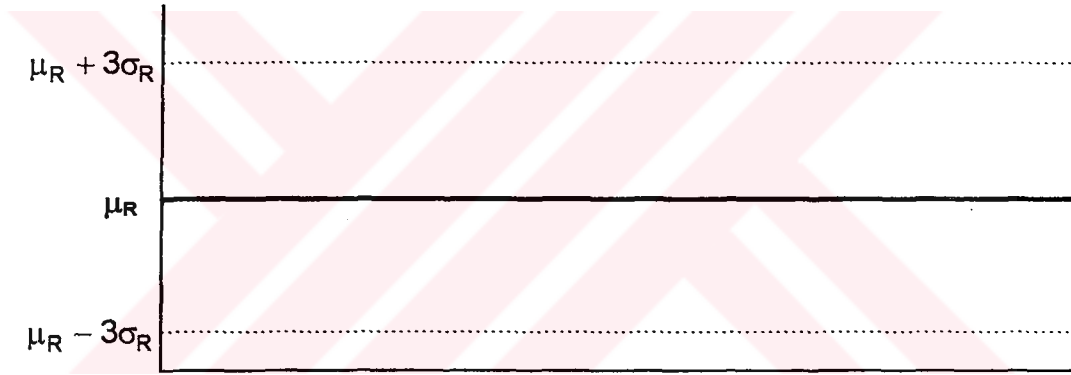


Şekil 2.1 $\bar{X}$ Diyagramı

Çoğunlukla prosesteki değişkenlikler de ortalama değer kadar büyük bir önem taşır. Bu nedenle $\bar{X}$ diyagramına benzer bir şekilde standart sapma içinde bir kontrol diyagramı oluşturulabilir. Ancak belirlenmesi daha kolay olduğundan dağılma aralıkları için oluşturulan diyagramların kullanımı tercih edilir. Böyle bir diyagrama R (Range) diyagramı adı verilir. R diyagramını sınırları μ_R R dağılma aralığının ortalama değeri, σ_R standart sapması olmak üzere;

$$\mu_R \pm 3\sigma_R$$

ifadesiyle belirtilen sınır değerlerinden oluşan R diyagramı Şekil 2.2' den görülebilir.



Şekil 2.2 R Diyagramı

b) P ve C Diyagramları

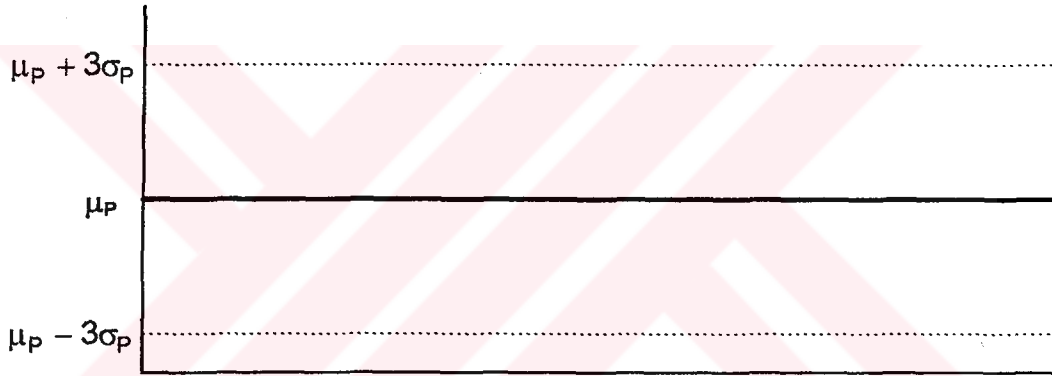
Bir önceki bölümde anlatılan diyagramlar yapılan ölçümler sonucunda elde edilen verilere dayanılarak oluşturulan diyagramlardır. Bu bölümde anlatılacak olan diyagramlar ise üretilen ürünlerin özelliklerine dayanılarak oluşturulan diyagramlardır.

Bu diyagramlardan P diyagramı hatalı olarak üretilen ürünlerin toplam üretime olan oranını yansıtır. P diyagramları $\bar{X}$ ve R diyagramlarına benzer şekilde oluşturulur.

μ_p hatalı oranı dağılımının ortalaması, σ_p ise standart sapması olmak üzere R diyagramının sınır değerleri;

$$\mu_p \pm 3\sigma_p$$

ifadesiyle gösterilir. Bu sınır değerleri ile oluşturulan P diyagramı Şekil 2.3' te görülebilir.

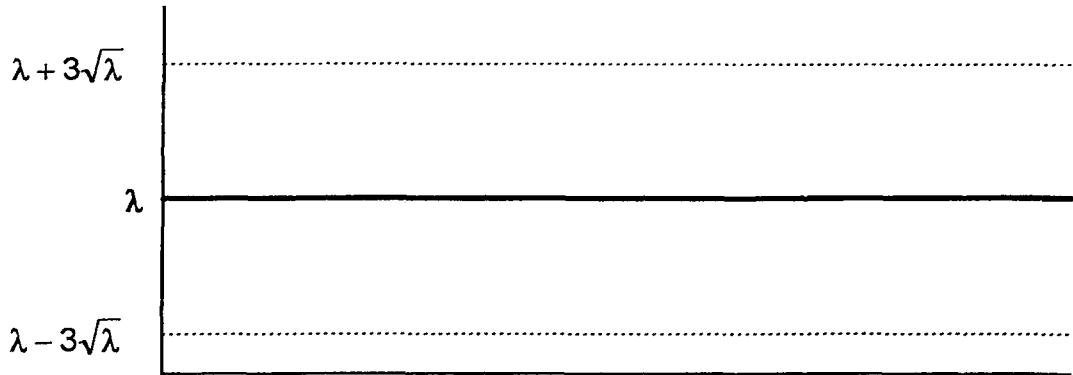


Şekil 2.3 P Diyagramı

C diyagramı ise hatalı üretilen ürünlerin ortalama sayısını yansıtır. Hatalı ürünlerin ortalama değerinin λ olduğunu kabul edelim. Hatalı ürünlerin dağılımı Poisson dağılımına uyduğundan C' nin ortalaması ve varyansı $\mu_c = \lambda$ ve $\sigma_c^2 = \lambda$ ifadeleri ile verilir. Böylece C diyagramının kontrol sınırları;

$$\mu_c \pm 3\sigma_c \text{ ya da } \lambda \pm 3\sqrt{\lambda}$$

ifadeleri ile gösterilir. Bu sınır değerleri yardımıyla oluşturulan C diyagramı Şekil 2.4' te görülebilir.



Şekil 2.4 C Diyagramı

Yukarıda anlatılan istatistiksel tekniklerin hemen tamamı, istatistik biliminin temel uğraşı olan ve ölçüm ve kontrol sonuçlarıyla oluşturulan geniş veri tabanlarını kullanır. Bilgisayar teknolojisinin gösterdiği gelişme ve güçlü bilgisayarların ortaya çıkması, bilgisayarların karmaşık ve uzun hesaplamalar gerektiren istatistiksel yöntemlerin hızlı ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak vermiştir.

Bilgisayar alanındaki bu gelişmelerin sonucu olarak istatistiksel proses kontrolü için 1980' li yılların ortasından itibaren çok sayıda yazılım ortaya çıkmıştır. Dünya çapında yayınlanan çeşitli yayınlarda¹ bu alanda geliştirilen yazılımlara ilişkin yazılım özellikleri, fiyatları ve üreticileri gibi çeşitli bilgiler yer alır.

Uygulamada kullanılmak amacıyla en uygun yazılımın seçilmesi oldukça zordur. Yine de kullanılması düşünülen yazılımın seçimi konusunda gözönüne alınabilecek bazı özellikler aşağıda sıralanmıştır [2]:

- Kullanılacak olan yazılım herşeyden önce “kullanıcı dostu” olmalıdır. Alt kullanıcılar için opsiyonlara ulaşımın sınırlandırılması, meydana gelebilecek

¹ Amerikan Society for Quality Control' un çıkardığı *Quality Progress* ve Hitchcock Publishing Company' nin çıkardığı *Quality* dergileri ile Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V.' nin çıkardığı çeşitli yayınlar bunlara örnek teşkil eder.

hataların ise kolaylıkla ortadan kaldırılabilmesi gereklidir. Ayrıca on-line yardım imkanının bulunmalıdır.

- Ekranda gösterilen $\bar{X}$ ve R diyagramları en az 20 alt grubun ve daima en yeni olanlarını yansıtmak zorundadır.
- Basılan diyagramlar tüm bir dosyayı ya da dosyanın kullanıcı tarafından istenen kısımlarını içermek zorundadır.
- Dosyalar 4 ya da 5 ölçümden oluşan en az 300 alt grubu alabilecek boyutta olmalıdır. Kullanıcı bu dosyaya ekleme ve bu dosyadan silme yapabilmelidir. Bir dosya kapasitesinin sınırına geldiğinde en eski kayıt kayıtlardan çıkarılabilmeli ve tercihen bu çıkarılan kaydın bir yazıcı çıktısı halinde saklanabilmesi gereklidir.
- Veri dosyasının herhangi bir alt grubundan $\bar{X}$ ve $\bar{R}$ ' nin hesaplanabilmesi, kontrol sınırlarının otomatik olarak bu değerlerden otomatik olarak belirlenmesi gereklidir. Sınırların sayısal değerleri ekranda gösterilebilmeli ve yazıcı çıktısı olarak alınabilmelidir. Kullanıcı kontrol sınırlarını ve merkez çizgisini direkt olarak girebilmelidir.
- Verilerin tümü ya da bir bölümü yardımıyla bir histogram oluşturulabilmeli ve sonuçlar ekranda ya da yazıcı çıktısı olarak görülabilmelidir.

2.1.2 Bilgisayar Destekli Kalite Güvence Sistemleri [3]

Kalite güvenliği sistemlerinin görevi, gerekli verilerin toplanması, analizlerinin yapılması ve elde edilen neticeler üzerine mevcut problemlere uygun bir şekilde değerlendirilip hazırlanmasıdır. Bilgisayar kullanımıyla üretim prosesinin diğer bölümleriyle doğrudan bilgi transferi işlemlerini gerçekleştirmek mümkün olabilir. Ayrıca gelişmiş ve bilgisayar destekli bir ölçme tekniği şüphesiz endüstriyel ürünlerin ekonomik üretiminin aynı zamanda da kalite kontrolünün ve yüksek kaliteli ürünlerin üretiminin en önemli şartlarından biridir.

İşletmenin tüm bölümlerinin entegrasyonu söz konusu olduğu takdirde, bilgisayar destekli kalite güvence sistemlerinden yerine getirilmesi beklenen talepler oldukça detaylı ve fazladır. Bugüne kadar gerçekleştirilen sistemlerin kullanım alanları, üretim ve kontrol hazırlığı, malzeme temini, üretim ve parçaların kontrolü olarak sayılabilir.

Bir bilgisayar destekli kalite güvence sistemine yönelik talepler şunlardır:

- Kalite güvenliğini sisteminin küçük ve hızlı kontrol devreleri olmalıdır. Kontrol ve takip eden değerlendirme işlemi proses yakınında yapılmalıdır.
- Çok miktarda artan kalite verileri nedeniyle değerlendirmeler açık, önemli ifadeler kolayca ve kesin olarak tanınacak şekilde gerçekleştirilmelidir. Aksi takdirde maliyet yükselecektir.
- Bilgisayar Bütünleşik İmalat (CIM), CIM' in diğer bileşenleri ile kalite güvenliğinin kısmi alanları arasındaki bağlayıcılara (interface) dikkat edilmelidir.

Kalite güvenliği otomasyonunun yürütmesi gereken muhtemel görevler ise şunlardır:

- Kontrol planı hazırlanması
- Verilerin İdaresi
- Test edilecek olan örneklerin test ortamına alınma otomasyonu (transport, magazin, manipulasyon)
- Kalite kontrol otomasyonu
- Ölçme değerlerinin otomatik elde edilmesi
- Bilgisayar desteği ile ölçüm verilerinin değerlendirilmesi
- Düzeltme önlemleri otomasyonu

Bilgisayar destekli kalite güvenliği metotları kalite planlaması, kalite yönlendirimi ve kalite kontrolü ve dokümantasyonunda kullanılırlar. Kalite planlaması ve yönlendirilmesinde istatistiksel deney planlaması metodlarını (Design of Experiments DOE) bulmak mümkündür. Kalite kontrolünde yapılması gereken

görevler, kalite kontroluna yönelik verilerin kullanımını, hazırlanmalarını ve sistematik olarak elde edilmelerini kapsarlar. Konseptin gerçekleştirilebilmesi için geniş çapta bir enstrümantasyon mevcuttur. Ancak işletmelerle ilgili, ya dahili ya da sipariş için tasarlanan, dolayısıyla esnek kullanıma açık olmayan spesifik çözümler daha yaygındır. Özellikle küçük ve orta dereceli işletmeler standartlaşmış bilgisayar destekli kalite güvence sistemlerine ait yapıtaşları ve bağlayıcıları kullanmak durumunda olduklarından bu tür işletmeler için sunulan program paketleri pazarı büyük çapta genişlemiştir.



BÖLÜM 3. CAQ SİSTEMLERİ

3.1 Endüstriyel CAQ Sistemleri

Kalite kontrolün klasik görevi üretimde iyi/kötü ayrımını yapmaktır. Böylece üretilen hatalı malın firmayı terkederek tüketiciye ulaşması önlenerek ve meydana gelebilecek çeşitli kayıplar en aza indirilebilecektir. Ancak son zamanlarda üretimin bilgisayar destekli olarak gerçekleştirilmesiyle (İstatistiksel Proses Kontrolü, CAD/CAM Uygulamaları vs.) Kalite Kontrol kavramı yerini Kalite Güvence kavramına bırakmıştır. Zira böylece üretim prosesi hakkında hassas bilgiler saklanarak ürün kalitesinin sürekliliği sağlanabilmektedir. Bu ise ancak %100 ürün kontrolü ile sağlanabilir.

Öte yandan üretimde sıfır hata stratejisi ve modern üretim hatlarındaki üretim kapasiteleri (Örneğin modern bir montaj hattında günde 10.000 motor montajı gerçekleştirilebilir) gözönüne alındığında her ürünün istenen süreler içerisinde tek tek kontrol edilmesinin hiçte kolay bir iş olmadığı anlaşılabılır.

Tüm bu etkenler gözönüne alındığında CAQ sistemlerinin son kontrolde kullanılmasının gerekliliği açık bir şekilde görülmektedir.

3.1.1 CAQ Sistemlerinden Beklentiler

Bu aşamada üretici firmaların CAQ sistemlerinden beklentileri ortaya çıkmaktadır. Bu beklentileri ortaya koymadan önce söz konusu beklentileri oluşturan koşulları incelemek gerekir. Bunlardan en önemlisi, pazar koşullarının üretici firmaları üretimde en az hatayı hedefleyen *Sıfır Hata Stratejisi*'ne zorlamasıdır. Yine elektrik motoru örneğini ele alalım. Motor üreticileri, ürettikleri motorların güç, devir sayısı ve çektikleri akım miktarları gibi karakteristik datalarının yanı sıra, onların başka özelliklerini de sağlamaları gerekmektedir. Özellikle üretilen motorların

kontrolun oldukça sübjektif olması kalite güvencesinden sorumlu kişilerin oldukça sıkıntılı anlar yaşamasına neden olacaktır.

Bu konunun önemini daha iyi vurgulayabilmek için motor üretimindeki son kontrol hata oranlarını incelemek gerekir. Zira bu oranlar uygulanan test yönteminin değerlendirilmesi hakkında belirleyici bir rol oynamaktadır. Elektrik motorlarında karşılaşılan hata oranlarının belirlenmesine yönelik bir çalışma sonucunda elde edilen sonuçlara göre üretilen tüm motorların % 50' sinde rastlanan hatalı üretim oranı %2' nin altında kalmaktadır [4].

Aynı araştırmaya göre hiçbir motor üreticisi, beraberinde getireceği çeşitli sorunlar nedeniyle, üretiminde % 5' den fazla hata oranını kabul edilebilir bulmamaktadır.

Diğer bir belirleyici özellik ise tüketiciye ulaşan mallardaki hata oranıdır. Yine aynı araştırmanın sonucunda tüketiciye ulaşan motorlardaki hata oranları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Tüketiciye Ulaşan Motorlardaki Hata Oranları [4]

Tüketiciye Ulaşan Motorlardaki Hata Oranları	Tüm Üretilen Motorlara Oranı
% Düzeyinde	% 54
% 0.2' nin Altında	% 61
% 0.5' in Altında	% 79
% 1' in Altında	% 100

Bu tablodan da görülebileceği gibi müşteriye ulaşan motorların hata oranlarının % düzeyinde kalabilmesi için üretilen motorların yarıdan fazlasının bu hata düzeylerini sağlayacak kadar iyi kontrol edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde son kontroldaki etkinliğin kaybolması kalitede dalgalanmalara yol açacak ve bu da üretici firmaların en çok korktuğu iki sorunla yani imaj kaybı ve buna bağlı olarak kazanç kayıpları ile karşı karşıya kalmaları sonucunu doğuracaktır..

3.1.2 Sınıflama Yöntemleri

Kalite kontrol prosesinin görevi ürünün denenmesi, deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve ürün hakkında bir yargıya varılmasıdır. Bu görevi insan sahip olduğu üstün özelliklerle kolayca yerine getirebilirken aynı amaçla kullanılacak otomatik sistemler için ise ürünün sınıflandırılması aşamasında çeşitli yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Sınıflama yöntemlerine geçmeden önce sınıflama kavramı üzerinde durmak gereklidir. Örnek tanıma süreci içinde cismin daha önce tanımlanan sınıflara atanması işlemine sınıflama adı verilir. Cisimlerin ya da sinyallerin genel veya özel niteliklerinin saptanması da sınıflandırmanın görevleri arasındadır.

Bir teknik örnek tanıma sistemi sinyal alımı, tanımlayıcı özelliklerin kazanımı ve sınıflama fonksiyonlarından oluşur. Sinyal alımı algılayıcılar yardımıyla sağlanır. Bu sinyallerin işlenip dijitalleştirilmesiyle kullanıma uygun değerlerin yani tanımlayıcı özelliklerin kazanılması sağlanır. Bu değerler tanınması istenen örneği şüpheye yer bırakmayacak şekilde tanımlar ve vektöriyel biçimde gösterimini sağlar. Sınıflamanın görevi ise bir t tanımlayıcı vektörü ile karakterize edilmiş bir örneği k tane W_k , $k=0,1,...,K$ karar sınıfından birine atamaktır.

3.1.2.1 Sayısal Sınıflama Yöntemleri

a) Eşik Değer Yöntemi

Ölçme ve otomasyon tekniğinde sistemlerin hata kriterleri çok uzun bir zamandan beri belirlenen eşik değerlerinin aşılması olarak belirlenmektedir. Bir çok ölçüm değerine dayanan eşik değeri yöntemi örnek tanıma için en kolay karar verme yöntemidir. Bu yöntemde tek tek değerlerin belirli sınır değerlerden küçük ya da büyük olduğu kontrol edilir. Bu en kolay sınıflama yöntemiyle karmaşık bir örnek tanıma probleminde %75 oranında bir başarı sağlamak mümkündür [5].

b) Ortalama Değere Mesafe Yöntemi

Bu yöntemin esası, tanınması ve sınıflandırılması istenen örneğin t tanımlayıcı vektörünün öğrenme aşamasında tanımlanan ve sınıflara özgü olan ortalama değer vektörlerine olan mesafelerinin belirlenmesidir. Bu mesafenin belirlenmesinden sonra tanınması istenen örnek ortalama değer vektörü en yakın olan sınıfa atanır.

Tanımlayıcı vektörün elemanlarını $j = 1, \dots, J$ ile, her bir sınıfın tanımlayıcı vektörlerinin sayısını $p = 1, \dots, P_k$ ile ve sınıfların sayısını da $k = 1, \dots, K$ ile gösterilirse referans vektörü r_k olarak da tanımlanabilen, W_k sınıfının ortalama değer vektörü bu sınıfın tüm P_k tanımlayıcı vektörlerinin beklenen değeri E_k olarak bulunur:

$$r_k = E\{m|W_k\} = E_k\{m\} = (r_{1k}, \dots, r_{jk})^T \quad (1)$$

Sınıflamanın esasını oluşturan d_k mesafesi ise,

$$d_k = (m - r_k)^T \cdot (m - r_k) = \sum_{j=1}^J (m_j - r_{jk})^2 \quad (2)$$

olarak tanımlanır. Bu şekilde hesaplanan mesafelerin en küçüğü örneğin atanacağı sınıfı belirler.

c) Ağırlıklı Mesafe Yöntemi

Her ne kadar (2) eşitliği ile tanımlanan sınıflayıcı etkili bir sınıflayıcı olsa da sınıflama işlemi sözkonusu vektöriyel mesafelerin ağırlıklı olarak hesaplanmasıyla oldukça iyileştirilebilir. Bu yöntemin temelinde yatan düşünce bir sınıf içerisindeki her bir tanımlayıcı vektörün mesafesinin uygun bir normalizasyonla,

$$\rho_k = 1/P_k \cdot \sum_{p=1}^{P_k} m_{pk} \quad (3)$$

eşitliği ile gösterilen sınıfın ağırlık merkezine olan uzaklığının en aza indirilmesidir. Bu işlem için ise tanımlayıcı özelliklerin standart sapmalarının kullanılması uygundur.

Eğer bir referans sınıfı k 'nın standart sapması S_{jk} belli ise d_k mesafe sınıflayıcısı,

$$d_k = \sum_{j=1}^J \left[\left(m_j - r_{jk} \right)^2 / S_{jk} \right]^{1/2} \quad (4)$$

şeklinde ağırlıklı olarak ifade edilebilir.

Bu sınıflama yöntemi kullanılırken tanımlayıcı özelliklerin birbirinden istatistiksel olarak bağımsız olmaları yani aralarında herhangi bir şekilde korelasyon bulunmaması gereklidir. (4) eşitliğinin sınıflayıcı olarak kullanılması durumunda tanımlayıcı özelliklerin birbirleri arasındaki korelasyonsuzluğun sürekli olarak kontrol edilmesi gereklidir.

d) Mahalanobis Sınıflama Yöntemi

Genelleştirilmiş bir sınıflama yöntemi, hem tanımlayıcı vektörlerin komponentlerindeki değişik dağılımları hem de birbirleri arasındaki bağıntıları gözönünde tutmak zorundadır. *Mahalanobis Mesafesi* olarak tanımlanan ve C_k , W_k sınıfının kovaryans matrisi olmak üzere

$$d_k = (m - r_k)^T \cdot [C_k]^{-1} \cdot (m - r_k) \quad (5)$$

eşitliği ile tanımlanan mesafeyle daha önceki mesafe sınıflayıcılarından farklı olarak yukarıda tanımlanan istekleri sağlar.

3.1.2.2 Sinirsel Ağlar

Yapay nöronlardan oluşan bir ağ (genel tanımıyla *sinirsel ağ*) insan beyninin sinirsel yapısına benzer bir mimariyle birbirine bağlanmış çok sayıda işlemciden

oluşan bir bilgi işlem sistemidir. Sinirsel ağlar topolojisinden ve bilginin saklanıp, manipule ediliş yönteminden dolayı insan ve hayvanların yapabildiği ama konvansiyonel bilgisayarların yetersiz kaldığı birçok işlemi yapabilecek yetenektedir. Örneğin sinirsel ağlar, her ne kadar algılanan sinyaller zayıf ve bozuk olsada, örnekleri tanıma yeteneğine sahiptir. Böylece çok boyutlu uzayda sınıflama ve einilen bilgilere göre interpolasyon ve extrapolasyon yapma imkanına sahip olunur.

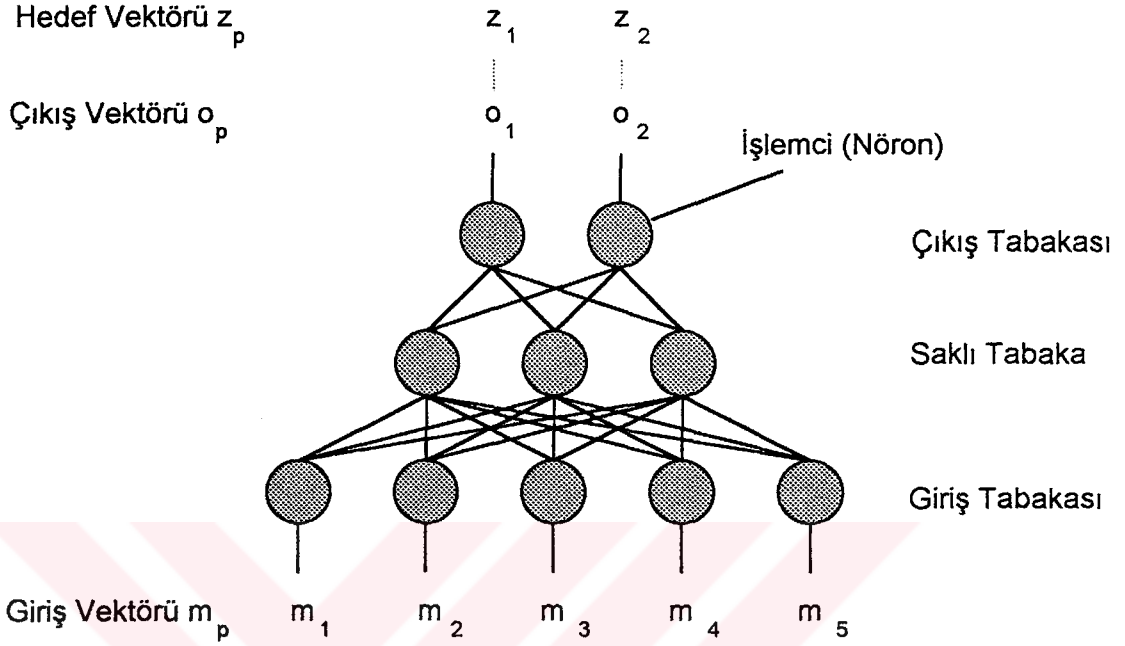
Sinirsel ağlar, giriş örneklerini daha önce tanımlanmış sınıflara ayırabilecek ya da bu örnekleri gruplayabilen kategoriler yaratabilecek şekilde dizayn edilebilirler. Ancak sinirsel ağların belkide en önemli özelliği güncel datalardan prosesler ve sistemler modelleyebilmesidir. Bu amaçla sinirsel ağlara gerekli datalar verilir ve daha sonra prosesin ya da sistemin giriş - çıkış ilişkilerini "taklit" etmesi öğretilir. Sinirsel ağların bir diğer önemli yeteneği ise algılayıcıların sürekli olarak gönderdiği sinyallerle değişkenlik gösteren sistem durumuna gerçek zamanda cevap verebilmesidir. Çok sayıda algılayıcı ve hata tipi içeren karmaşık sistemlerde gerçek zaman cevabı önemli bir problemdir. Sinirsel ağlar bu özellikleriyle bu problemin çözümü için önemli bir alternatif oluşturabilir.

Sinirsel ağları oluşturan nöronlar iki değişik şekilde birbirlerine bağlanarak ağlar oluştururlar:

1. Geri Yayın Ağı (Backpropagation Network)

Geri yayın ağı (Backpropagation Network BPN) çok tabakalı, birbirine tamamen bağlı, öne doğru beslemeli bir ağıdır. Hesap algoritması, işlemci elemanlar arasındaki ağırlıkların aktüel çıkış ile istenen çıkış arasındaki fark en küçük kareler yöntemine göre minimize edilecek şekilde hesaplanması kuralına dayanır. Geri yayın ağı için temel hesap algoritması Rumelhart ve McClelland [6] tarafından ortaya atılmıştır.

Tipik bir üç tabakalı geri yayın ağıının yapısı aşağıda görülebilir:



Şekil 3.1 Üç Tabakalı Geri Yayın Ağıının Topolojisi

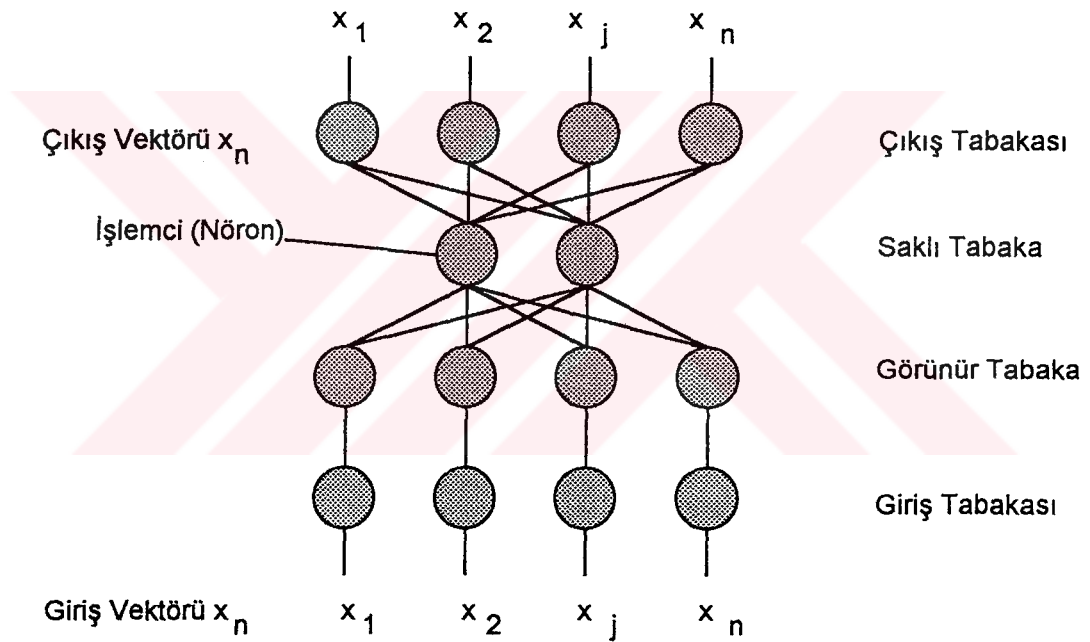
Geri yayın ağını oluşturan tabakalardan giriş ve çıkış tabakasındaki işlemci sayısı giriş ve çıkış vektörlerindeki değişken sayısından kolayca hesaplanabilmesine rağmen saklı tabakadaki işlemci sayısının tespiti oldukça karışık bir problemidir. Bir problemi çözmek için saklı tabakada bulunması gereken işlemci sayısı problemin karmaşıklığına bağlıdır. Bir problemin karmaşıklık düzeyinin tespiti ise hiç kolay değildir. Bu nedenle saklı tabakadaki işlemci sayısının tespiti için bazı teoremler ortaya atılmıştır. Bunlardan en çok kullanılanlardan biri Kung ve Hwang [6] tarafından ortaya atılan teoremdir. Buna göre giriş/çıkış örneklerinde yapısal bir düzen söz konusu olan problemlerde optimal işlemci sayısı, söz konusu düzeni oluşturan işlemci sayısı eksi bir olarak öngörülebilir.

Şekil 2' de de görüldüğü gibi, geri yayın ağıında her işlemci eleman (nöron) komşu tabakadaki tüm elemanlarla bağlantılıdır. Öğrenme sırasında, bilgi giriş tabakasından çıkış tabakasına doğru ileri doğru ilerler. Tespit edilen hata ise

ağırlıklar olarak geriye gönderilir. Ağırlıklar yeniden hesaplanır ve bu işlem hedef vektörü ile çıkış vektörü arasındaki hatanın kabul edilebilir bir seviyeye inmesine kadar devam edilir.

2. Yeniden Çevrim Ağı (Recirculation Network)

Yeniden çevrim ağı (Recirculation Network RNN) algoritması ilk olarak Geoffrey Hinton ve James McClelland [6] tarafından geliştirilmiştir. En basit versiyonu sadece iki adet eğitilebilir tabakaya sahiptir. Bunlardan biri görünür tabaka diğeri ise saklı tabakadır. Giriş ve çıkış tabakaları ise giriş ve çıkışlar için tampon görevini görür. Yeniden çevrim ağının topolojisi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



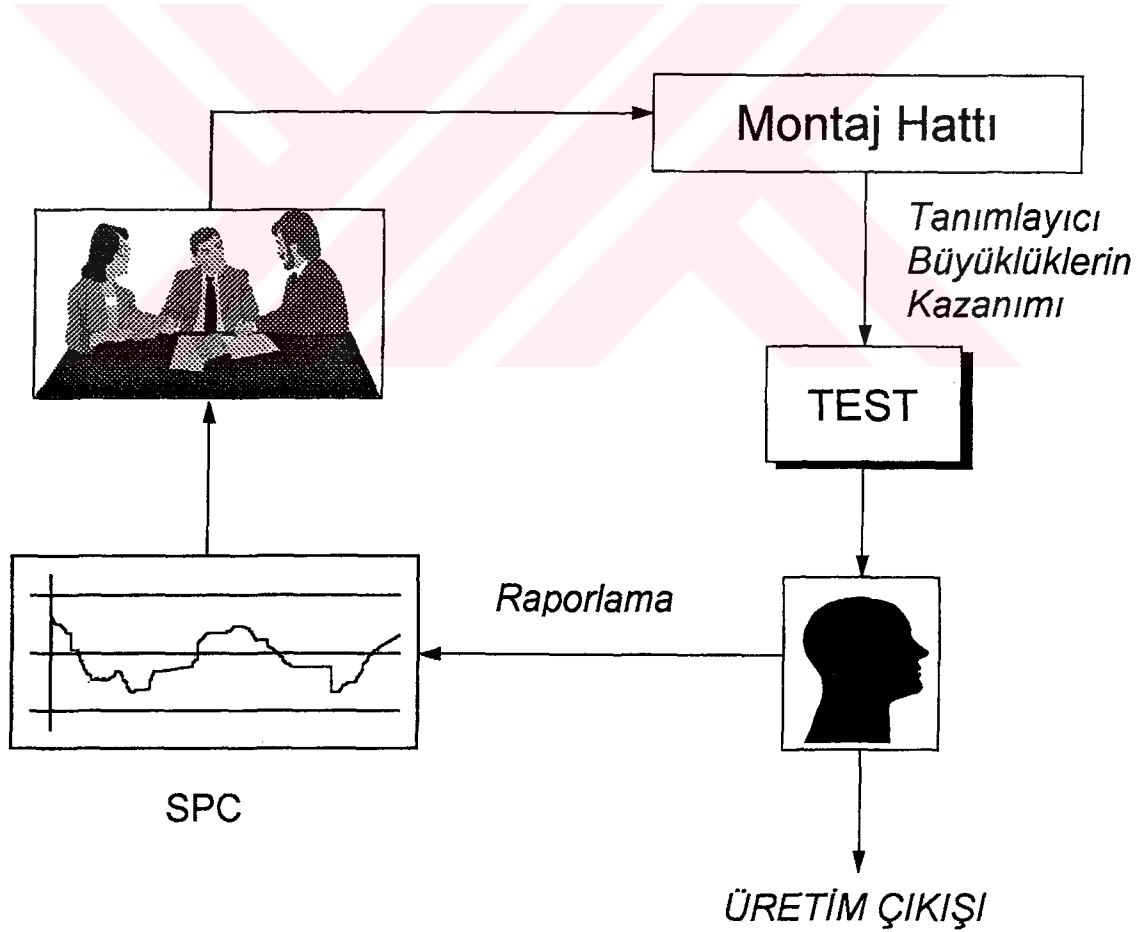
Şekil 3.2 Yeniden Çevrim Ağının Topolojisi

Yeniden çevrim ağlarında öğretmenin amacı, saklı tabakada görünür tabakada bulunan datanın (giriş vektörü) bir gösterimini oluşturmaktır. Eğer saklı tabakanın elemanlarının sayısı görünür tabakanın elemanlarının sayısından az ise ve ağ başarılı olarak eğitilebilmişse giriş vektörünün saklı tabakadaki gösterimi görünür tabakadaki gösterimin sıkıştırılmış şekli olarak düşünülebilir. Bu şartlar altında ağ, bir vektörü, istatistiksel özellikleri korunacak şekilde, daha küçük bir boyuta indirgeyen bir kodlayıcı gibi çalışır.

Öğretme, orijinal giriş vektörü ile yeniden oluşturulan vektör arasındaki hatayı minimize etmeyi hedefler. Yeniden oluşturulan vektör, sıkıştırılmış versiyonun bir ağırlık kümesinden geçirilerek orijinal formuna genişletilmesi ile gerçekleşir. Yeniden oluşturma hatası performans için kesin bir göstergedir. Zira bu hata her düğümdeki hataların karesinin toplamıdır. Kullanılan algoritma, bu hatayı geri yayın ağındaki öğrenme algoritmasına benzer bir yöntem kullanarak minimize eder.

3.1.3 CAQ' nun Modülleri

CAQ' nun modüllerini ele almadan önce klasik bir kalite kontrol sürecinin incelenmesi gerekmektedir. Şekil 3.3' te klasik bir kalite kontrol sürecinin işleyişi görülebilir.



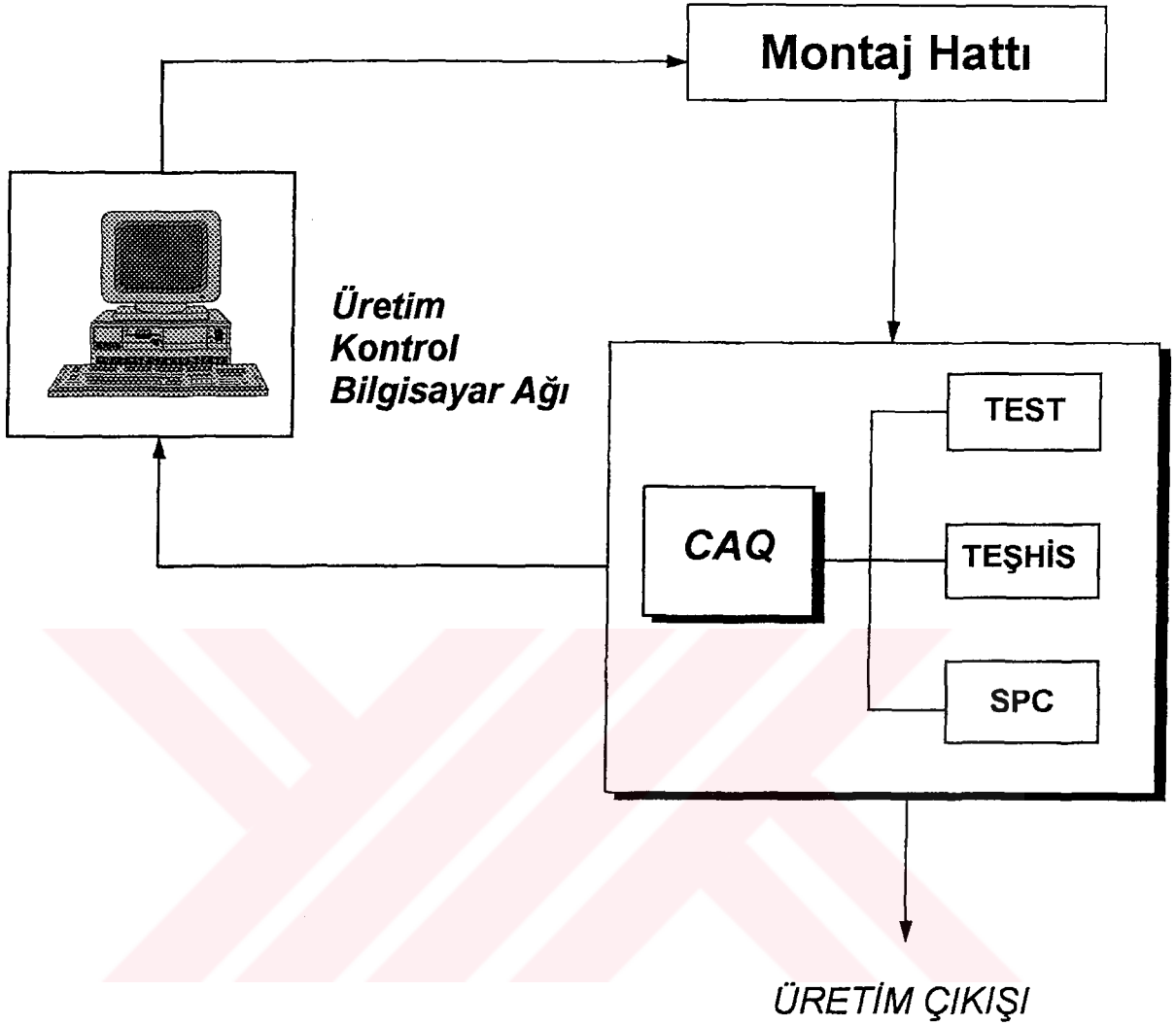
Şekil 3.3 Klasik Bir Kalite Kontrol Süreci

Şekilden de görüldüğü gibi montaj hattındaki son tezgahdan gelen ürün, kendisi hakkında kararı verecek olan (OK ya da Hatalı) son kontrole ya da kontrolöre gelir. Bu bölümün fiziksel yapısı, işleyişi ve kontrol sıklığı tamamen ürüne bağlıdır. Örneğin ürün bir gıda maddesi ise yapılacak testler ve kontrol sıklığı başka, ürünün bir sanayi ürünü olması halinde ise çok daha başka olacaktır. Ama bu testleri gerçekleştirecek ve karar vericiye teşhisinde yardımcı olacak karakteristik bilgileri sağlayan bir test sistemi bir kalite kontrol sürecinde mutlaka bulunmaktadır.

Bir kalite kontrol sürecinin vazgeçilmez bir diğer parçası ise kuşkusuz yukarıda adı geçen karar vericidir. Klasik sistemlerde bu görev çoğunlukla insan tarafından gerçekleştirilir. Son kontrole gelen ürün kontrol edilir ve elde edilen sonuçlara ya da kontrol eden uzmanın deneyimlerine göre OK veya Hatalı olarak ayrılır. Son kontrol görevlisi hatalı ürünü hata tipine göre de ayırmalıdır. Bu son işlem, hatanın düzeltililebildiği ürünlerde ürünün yeniden işlem göreceği yerlere doğru olarak gönderilebilmesi ve özellikle bir hata trendi başgösterdiğinde hatanın nedeninin ve başgösterdiği yerin süratle belirlenebilmesi açısından büyük önem taşır.

Karar vericinin raporlarına göre çeşitli sıklıkta hazırlanan kontrol tabloları prosesin işleyişi hakkında bir bilgi sağlar. Sağlanan bu bilgiler aracılığıyla da üretimin işleyişi ve kontrolü yönetim kademeleri tarafından kontrol edilir ve gerektiğinde üretime müdahale kararı alınır.

Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol süreçleri ise yukarıda anlatılan klasik kalite kontrol sürecinden işlev olarak büyük bir fark göstermez. Zaten bilgisayar desteğinde geliştirilen sistemlerden de beklenen varolan işlevlerini kaybetmemeleridir. İdeal bir CAQ' nun klasik bir sistemde yaptığı en büyük değişiklik çeşitli kademelerdeki insan faktörünü devreden çıkarması yerine uzman sistemleri ve yetenekli bilgisayarları devreye sokmasıdır. Böylece bir üretim sürecinin belki de en önemli basamağı olan kalite güvencesinin sağlanmasında insan faktörünün yolaçabileceği çeşitli sorunlar ortadan kaldırılmış daha da önemlisi işletmeler açısından büyük önem taşıyan adam tasarrufuna gidilebilmiştir.



Şekil 3.4 Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol Süreci

Şekil 3.4' te görülen bilgisayar destekli kalite kontrol sürecinin en önemli elemanı CAQ yani bilgisayar destekli kalite kontrol sistemleridir. Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol Sistemleri CAQ' lar içinde bulundukları süreçte kilit bir görev üstlenirler. CAQ' ların bu kilit görevi, şimdiye kadar bir insan tarafından gerçekleştirilen, ürün hakkında teşhisten bulunmak, onu eğer hatalı ise hatalarına göre ayırmak ve bu şekilde proses kontrolünü kolaylıkla sağlama imkanını yaratmaktır. CAQ' lar bu görevleri gerçekleştirebilmek için çeşitli araçlara ya da modüllere ihtiyaç duyarlar:

a) Algılayıcılar:

CAQ' ların dış dünya ile bağlantılarını sağlayan algılayıcılar, CAQ' ların en önemli modülleridir. Ürünü tanımlayacak ve onun hakkında doğru teşhisin konabilmesini sağlayacak son derece önemli büyüklüklerin kazanımı CAQ' nun algılayıcıları aracılığı ile gerçekleşebilir. Bu kadar büyük bir önem gösteren algılayıcıların son derece hassas olması gerektiği açıktır.

Algılayıcıların yapısı, ürünün yapısı ve şekline göre büyük çeşitlilik gösterir. Elektrik motorlarının kontrolü için kullanılan bir CAQ bir mikrofona ve vibrasyon algılayıcılara ihtiyaç duyarken farklı bir ürünün kontrolü için çok daha değişik algılayıcılara ihtiyaç duyulur.

b) İşlemci:

CAQ' ların beyni sayılabilecek bu kısımda, algılayıcılar aracılığıyla kazanılan büyüklüklerin belirli algoritmalar yardımıyla işlenmesi ve ürün hakkında teşhis konulması bu bölümde gerçekleşir.

İşlemciler, gelişen teknoloji ile her geçen gün gelişmekte ve gittikçe güçlenmektedirler. Ürünlerin kontrolü ve teşhisinde CAQ' ların devreye girmesi bilgisayarlardaki gelişmeye paralel olarak hızla ilerlemiştir. CAQ' ların, kontrol edilen ürünü doğru şekilde sınıflayabilmesi ve böylece tam bir teşhis sağlayabilmesi için oldukça karmaşık ve zaman alan işlemler içeren algoritmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Güçlü ve hızlı bilgisayarların geliştirilmesiyle bu zaman alan algoritmaların işlem süreleri oldukça düşürülmüştür. Böylece CAQ' ların üretim hattı üzerine entegrasyonu sağlanmış ve saniyelerle ifade edilebilecek çevrim zamanları sağlanarak üretimin diğer aşamalarıyla eşzamanlı olarak çalışması gerçekleştirilmiştir.

c) Ölçüm Ortamı:

Üretimden gelen ürün hakkında teşhis koyabilmek için CAQ tarafından gerekli ölçümlerin yapılması ve böylece gerekli büyüklüklerin kazanılması gereklidir. Bu ölçümler CAQ' nun ölçüm ortamında gerçekleşir.

Ölçüm ortamları diğer modüller gibi ürünün yapısına bağlılık gösterir. Kimi zaman bir sessiz oda olabileceği gibi kimi zamanda küçük bir hücre olabilir. Ancak ölçümlerin yapılabilmesi için gerekli ortamı sağlayacak özelliklere sahip olmalıdır.

d) Çıkış

CAQ' nun yaptığı ölçümler sonucunda elde ettiği sonuçları ve koyduğu teşhisleri saklaması ve gerektiğinde bunları kullanıcılara aktarması gereklidir. Çıkış bölümü aracılığıyla gerçekleştirilen bu işlem dışarıdan bakıldığında sadece bir giriş ve bir çıkıştan ibaret bir *kara kutu* gibi görünen CAQ' ların işleyişi ve verdiği kararların doğruluğunu kontrol için önemli bir yardımcıdır.

CAQ' ların çıkış üniteleri genellikle bilgisayar ekranları ve yazıcıların bir kombinasyonundan oluşur. Ekran istenen bilgiyi direkt olarak kullanıcıya yansıtırken, yazıcı aracılığıyla gerekli kayıtların tutulması sağlanır.

e) İstatistiksel Proses Kontrol (SPC) Modülü

Kalite kontrolünün temel araçlarından biri haline gelen istatistiksel proses kontrolü kuşkusuz CAQ' lar tarafından da desteklenmektedir. Tüm ölçümlerin ve test sonuçlarının kaydedildiği bu sistemler bu bilgileri SPC modüllerinde değerlendirirler. Elde edilen bilgiler kalite kontrol sisteminin otomasyon seviyesine göre ya direkt olarak üretimi yöneten bilgisayar ağına gönderilir ya da kalite kontrol görevlilerince SPC tabloları olarak çıkış modülünden elde edilir. Böylece üretim süreci sürekli olarak kontrol altında tutularak gerekli müdahaleler kısa zamanda yapılabilir.

3.2 Bir CAQ Sistemi: Elektrik Motorları Kalite Kontrol Sistemi

Kalite güvence elektrik motorlarının, özellikle de küçük elektrik motorlarının üretiminde önemli ve gelişen bir görev üstlenmiştir. Yüksek kalite standartları ‰ düzeyinde hata oranları istemektedir. Bu isteklerden, kısa süreli dahi olsa, küçük bir sapma imaj kaybı ve bunun sonucu olarak kazancın küçülmesi ile sonuçlanır. Bu yüzden üretimden sonra örnekleme kontrolü ile gerçekleştirilen kalite kontrol yeterli değildir. % 100 ürün kontrolü hemen hemen tüm üreticilerce benimsenmiştir.

Sadece test sıklığı değil test edilen büyüklüklerin sayısı da artmıştır. Üreticiler, devir sayısı, çekilen akım, sağlanan güç gibi klasik büyüklükler yanında ses ve vibrasyon açısından da bazı değerleri sağlamak zorundadır.

Elektrik motoru üretiminin bu ihtiyacını karşılayabilmek için çeşitli araştırmalar yapılmış ve CAQ' lar ilk ve en gelişmiş şekilde bu alanda kullanılmıştır. Zaten şu anda piyasada kullanılan CAQ' lar da çoğunlukla bu alanda çalışmaktadır. Bu yüzden incelenmek üzere CARL SCHENCK AG. / ALMANYA tarafından geliştirilmiş bir CAQ seçilmiştir.

Bu sistemi incelemeye geçmeden önce elektrik motorlarına uygulanan testleri ve test sistemlerini incelemekte fayda vardır.

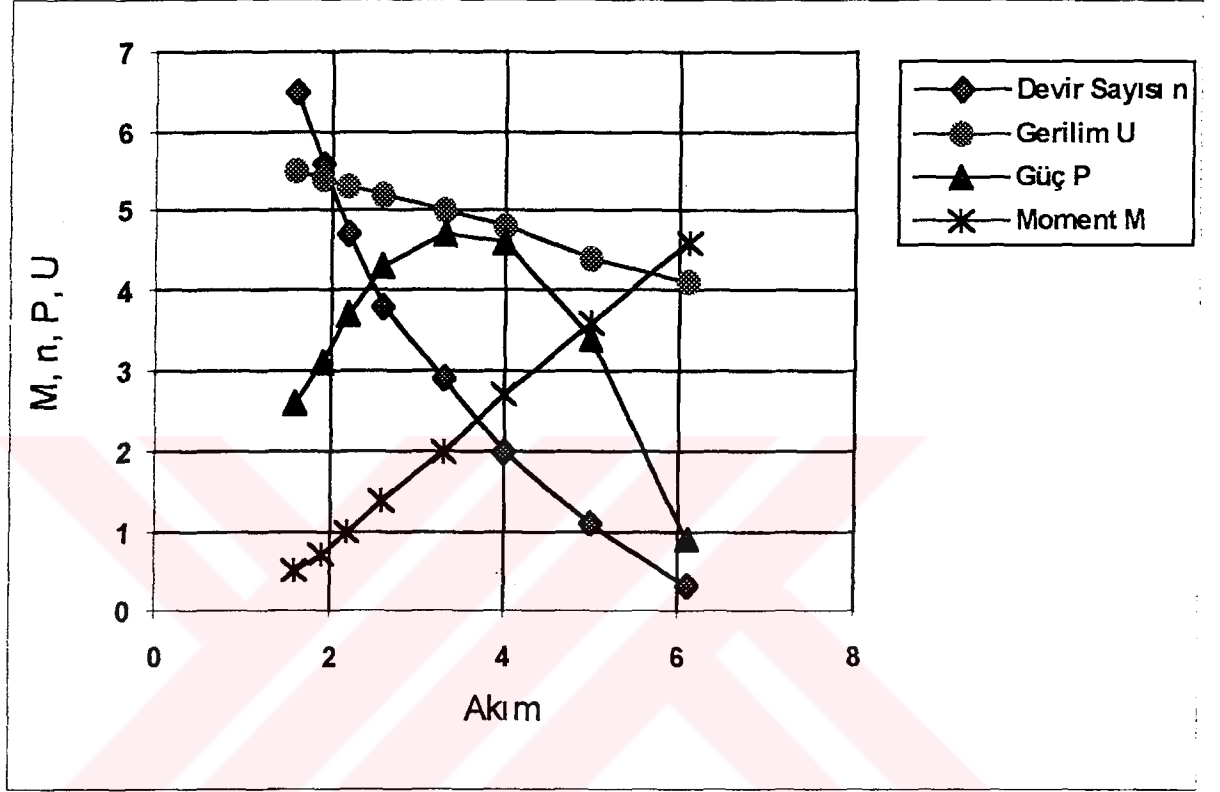
3.2.1 Elektrik Motoru Test Sistemleri

3.2.1.1 Konvansiyonel Test Sistemleri

a) Ölçüm Prensibi

Konvensiyonel test sistemleri denenen motorun dönme momenti, devir sayısı, güç akım ve gerilim gibi fiziksel özelliklerini direkt olarak ölçebilirler.

Örneğin bir motorun karakteristik eğrisini elde edebilmek için çeşitli işletim noktalarında belirli sayıda ölçüm yapmak gerekir. Motorun karakteristik eğisi daha sonra bu ölçüm sonuçlarının ışığında bazı interpolasyon fonksiyonlarının yardımıyla elde edilir. (Şekil 3.5)



Şekil 3.5 Bir Marş Motorunun Karakteristik Eğrisi

Konvansiyonel test sistemleri yardımıyla elde edilen karakteristik eğrilerin kalitesinde her ölçümün doğruluğu yanında çeşitli işletim noktalarında yapılan ölçümlerin sayısı da önemli bir rol oynar.

Genel olarak deneğin yapısı hakkındaki önceden sahip olunan bilgiler belirlenmesi istenen büyüklüklerin elde edilmesi esnasında kullanılmaz.

b) Yapı

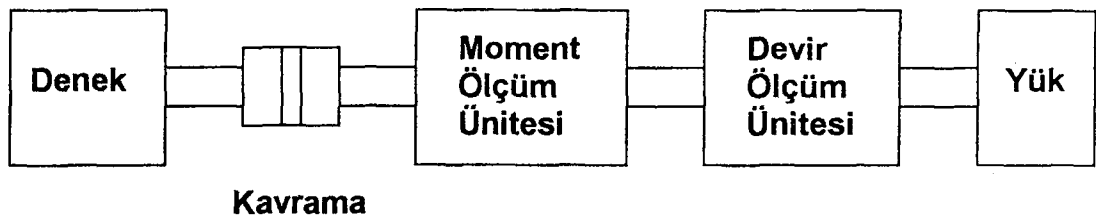
Elektrik motorlarının ölçümü ve testi için, motorun elektriksel ve mekanik büyüklüklerini elde edilmesini sağlayacak bir ölçme sistemine ihtiyaç vardır.

Konvansiyonel bir test sisteminin klasik mekanik donanımı genel olarak aşağıdaki gibidir:

- 1) Dönme momenti ölçme ünitesi
- 2) Yük
- 3) Devir sayısı ölçme ünitesi

Elektriksel donanım ise aşağıdaki gibidir:

- 4) Kumanda ve bilgi işlem ünitesi
- 5) Elektriksel büyüklüklerin (akım, gerilim vs.) ölçülmesi için gerekli donanım
- 6) Ölçüm sistemini beslemek için bir şebeke



Şekil 3.6 Konvansiyonel bir test sisteminin mekanik yapısı

1) Dönme Momenti Ölçüm Ünitesi

Dönme momentinin ölçümü konvansiyonel sistemlerde prensip olarak üç değişik şekilde yapılabilir:

- Deneğin muhafazası üzerinden eylemsizlik momentinin ölçümü
- Momentin dönen milden direkt olarak ölçülmesi
- Dönme momentinin ek bir donanım olmaksızın bir yük generatörünün akımı üzerinden ölçülmesi

Eylemsizlik momentinin ölçümü için deneğin muhafazası moment ölçüm donanımı ile sıkı sıkıya bağlıdır. Algılayıcının moment etkisinde döndüğü açı ölçüm sistemi tarafından ölçülür ve uygun şekilde değerlendirilir.

Dönme momentinin dönen milden ya da araya bağlanmış özel ölçüm millerinden direkt olarak ölçüm yapabilmek için piezoelektrik ya da magnetostriktif özellikleri kullanan çeşitli donanımlardan yararlanılır.

Eğer ek bir moment ölçüm donanımı istenmiyorsa bu durumda bir yük generatörünün kullanılması gerekmektedir. Bu generatör yardımıyla dönme momenti M ile yük momentinin akımı I arasında karşılıklı bir ilişki kurulabilir. Bu durumda M momenti yük momentinin sağladığı I akımının bir fonksiyonu olarak hesaplanabilir.

2) Yük

Konvansiyonel test sistemlerinde yükün seçimi test sisteminin kalitesi üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Bu yüzden çok dikkatli bir şekilde tespit edilmesi gereklidir. Zaten konvansiyonel bir test sisteminin maliyetinin önemli bir kısmını yük donanımı oluşturmaktadır.

Yük olarak sık sık motorun büyüklüğüne göre boyutlanmış bir kütle kullanılmaktadır. Bu çok ucuz ve basit yöntemin sakıncası sürekli olarak bir yük momentinin uygulanamamasıdır. Sürekli yük momentinin uygulanması istenen durumlarda ayarlanabilir fren sistemlerinin yük olarak kullanılması gerekmektedir. Böyle fren donanımlarının kullanımıyla motorun istenen şekilde yüklenmesi sağlanabilir.

Fren donanımları esasen iki kategoriye ayrılırlar. Bunlar pasif fren donanımları ve aktif fren donanımları olarak adlandırılırlar.

Pasif fren donanımları mekanik gücü sadece ısıya dönüştürür. Bu tür fren sistemlerinin tipik örnekleri girdap akımı fren donanımlarıdır.

Buna karşın aktif fren donanımları, motorun tüm işletim koşullarında (generatör ve motor işletim) çalıştırılabilmesini sağlar. Bu özelliklerinden dolayı aktif fren donanımları ölçüm tekniği açısından oldukça avantajlıdır. Ancak böyle bir fren donanımının maliyeti diğer sistemlere göre kuşkusuz daha yüksektir.

Aktif fren sistemleri olarak özel generatörler kullanılmaktadır. Bu generatörler şu kriterlere göre seçilmektedir:

- Küçük eylemsizlik momenti
- Büyük devir sayısı
- Düşük rahatsız edici parazit
- Doğrusal akım - moment karakteristiği
- Doğrusal gerilim - devir sayısı karakteristiği
- Basit kumanda

Son yıllarda generatörler yerine step motorlarda aktif fren sistemlerinde yük olarak kullanılmaya başlanmıştır.

3) Devir Sayısı Ölçüm Ünitesi

Ölçüm tekniğinde kullanılan devir ölçerler optik, kapasitif ya da kısmen de olsa indüktif prensibe göre çalışırlar. Doğrusallık ve ölçüm sinyalinin çözülümü açısından bu üç prensip eşdeğerdir.

4) Kumanda ve Bilgi İşlem Ünitesi

Test sisteminin bu kısmı genel olarak bir bilgisayar ve monitör, tuş takımı, hafıza ve printer gibi bilgisayarın yan donanımından oluşur. Özel bir program paketi yardımıyla test ve ölçüm süreci kontrol edilir; ölçülen büyüklükler değerlendirilir.

5) Elektriksel Büyüklüklerin Ölçülmesi İçin Gerekli Donanım

Elektriksel büyüklüklerin kazanılması için gerekli donanım öngörülmüştür. Kural olarak akım, gerilim, güç gibi büyüklükler bir ölçüm çeviricisi üzerinden bilgisayara iletilir. Bu büyüklükler daha sonra bilgisayarda değerlendirilir.

6) Ölçüm Sistemini Beslemek İçin Bir Şebeke

Deneğin ve fren motorunun elektriksel olarak beslenebilmesi için buna uygun olarak boyutlandırılmış bir şebekenin öngörülmesi gereklidir. Söz konusu besleme şebekesi sisteme parazitsiz ve dalgalanmasız ($\pm \% 0.5$ ' lik bir tolerans söz konusudur) bir gerilim sağlamalıdır.

Sonuç olarak konvansiyonel bir test sisteminin kalitesinin büyük bir oranda mekanik yapıya bağlı olduğu söylenebilir. Bu tür sistemlerde ölçüm kalitesi özellikle sistemin moment ölçme ve yük donanımlarına sıkı sıkıya bağlıdır. Bu ünitelerin düzenli olarak bakımı ölçümün sağlıklı olarak gerçekleşmesi açısından son derece önemlidir. Bu ise sisteme ek bir maliyet faktörü olarak gelmektedir.

3.2.1.2 Model Destekli Test Sistemleri

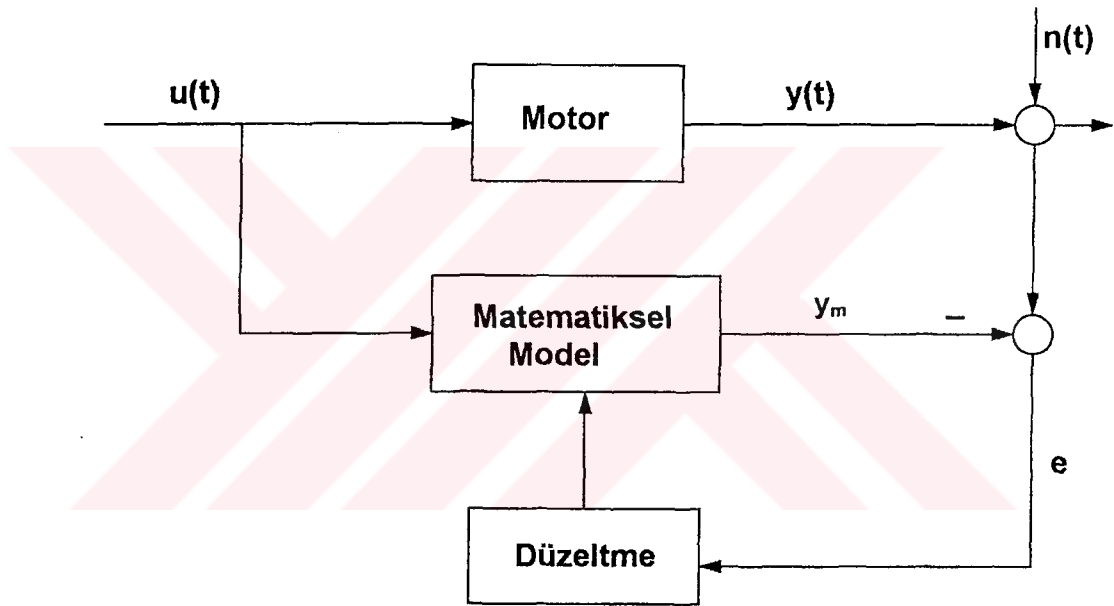
a) Ölçüm Prensibi

Model destekli test sistemlerinin arkasındaki temel düşünce, test süresi boyunca test edilen nesnede bulunan tüm bilgilerin test yönteminin içine sokulmasıdır. Yani test edilen nesnenin karakteristik bilgilerinden yararlanarak nesnenin yapısı hakkında bilgi sahibi olunmaya çalışılmaktadır.

Normalde, test edilen bir deneğin temel yapısı tam olarak bilinmektedir. Örneğimizdeki elektrik motorları ve onlara bağlı olarak çalışan dişliler ve fanlar gibi yan elemanları prensipte uygun bir matematiksel modelle tanımlanabilirler. Bu durumda, böyle bir matematiksel modelin katsayıları ile motorun fiziksel parametreleri (örneğin sargı direnci) direkt bir ilişki vardır. Böylece bu ilişkiler

yardımla ait olduğu deneği tam olarak tanımlayacak geçerli bir modelin oluşturulması mümkündür.

Model destekli test sistemlerinin hedefi yapılacak ölçümler yoluyla az sayıda ve kolay ölçülebilecek büyüklüklerin elde edilmesi ve bu büyüklüklerden faydalanarak deneğin tanımlanması için gerekli diğer parametrelerin matematiksel olarak hesaplanmasıdır. Bu yolla direkt olarak ölçülmesi gereken büyüklükler dışında (akım, gerilim ve devir sayısı) kalan diğer motor parametreleri indirekt olarak matematiksel model üzerinden tanımlanabilir.



Şekil 3.7 Model Destekli Test Sisteminin Prensibi

Şekil 3.7' de model destekli test sistemlerinin prensibi görülebilir. Denenen motor uygun bir şekilde dinamik olarak uyarılır ve sistem cevabı ölçülür. Buna paralel olarak motoru tanımlayan bir matematiksel modele aynı uyarı fonksiyonu uygulanır. Matematiksel modelin sistem cevabı sistemin cevabıyla karşılaştırılır. Eğer iki cevap arasında bir fark varsa matematiksel modelin parametrelerinde bir düzeltmeye gidilir. Bu işlem matematiksel model sistemi optimal olarak tanımlayana kadar devam eder.

Bu yöntemle motoru tanımlayan tüm parametreler hesaplanabilir. Hesabı yapan bilgisayarın gücüne bağlı olmak şartıyla denenen motorun karakteristik eğrisini kısa bir sürede eldesi mümkündür. Motorun eylemsizlik momenti ve örneğin demir kayıpları gibi direkt olarak ölçülemeyecek büyüklükler de bu yöntemle kolaylıkla elde edilebilir.

b) Yapı

Yukarıda anlatılan model destekli bir ölçüm yöntemini kullanan test sistemlerinin en önemli faydası ölçüm hızının yanısıra konvansiyonel ölçüm sistemlerine göre oldukça basitleştirilmiş mekanik yapısıdır. Ancak ölçüm bilgilerinin hızlı değerlendirilebilmesi için yüksek hızlı bilgisayarlara ihtiyaç vardır. Bu ise gelişen teknoloji sayesinde yüksek hızlı bilgisayarların ortaya çıkmasıyla büyük bir problem olmaktan çıkmıştır.

Motorun momenti ve mekanik gücü, daha kolay olarak ölçülebilen akım, gerilim ve devir sayısından matematiksel model yardımıyla hesaplanabileceği için mekanik olarak sadece devir sayısını tespit edecek bir donanım söz konusu olabilir. Eğer devir sayısının ölçülmesi için mekanik bir donanım yerine örneğin motorun akım sinyalleri kullanılırsa konvansiyonel bir sistem için karakteristik olan tüm mekanik komponentler ortadan kalkar.

Dönme momentinin ölçümü ve motorun yüklenmesi için gerekli mekanik donanımlara ihtiyaç duyulmaksızın motorun karakteristik eğrisinin ve motoru tanımlayan diğer büyüklüklerin eldesini sağlayan böyle bir test sistemi böylesine derin bir test imkanı sağlarken bunu en az bakımı gerektirecek şekilde yapar. Konvansiyonel sistemlerde kaçınılmaz olan moment ölçüm ünitelerinin düzenli kalibrasyonu da yapılmaz.

Böyle bir test sisteminin mekanik kısmı konvansiyonel bir sisteme göre çok daha basit bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Böylece sistemde ölçüm esnasında ortaya çıkabilecek hata kaynakları da azaltılmış olur.

Elektriksel donanım yönünden ise model destekli test sistemlerinde özellikle bilgi toplama ve bilgi işlemeye büyük iş düşmektedir.

Model destekli test sistemlerinin yapısı itibariyle kısa bir zaman diliminde çok sayıda bilgiyi (akım, gerilim, devir sayısı) zamanın fonksiyonu olarak almak zorundadır. Bu yöntem motoru tanımlayan çok sayıda büyüklüğü hesaplama yoluyla elde ettiğinden benzer şartlar sistemin kazanılan bilgiyi işleyen kısımları için de geçerlidir. Sistemin kullandığı modelin kurulması için gerekli hesaplama yöntemlerini de düşünürsek, bilgi işlem için gerekli olan hardware ihtiyacının konvansiyonel sistemlere göre çok daha fazla olduğu açıkça görülebilir.

Özet olarak model destekli test sistemlerinin daha basit bir mekanik yapıya sahip olduğu söylenebilir. Ancak böyle bir sistemin bilgisayar yazılımlarına ve bilgi kazanımı ve işlemesine yönelik elektronik donanımlara olan ihtiyacının yüksek olacağı açıktır. Teknikteki gelişmeler ve buna paralel olarak mikroelektronikteki fiyat düşüşü bu test konseptinin olumlu olarak değerlendirilmesini sağlar.

3.2.2 Elektrik Motorlarına Uygulanan Testler ve Hata Çeşitleri

3.2.2.1 Elektrik Motorlarına Uygulanan Testler

Günümüzde elektrik motoru üreticileri ürettikleri motorlara;

- elektriksel testler
- gürültü testleri
- diğer özel testler

uygulamaktadırlar.

Elektrik motorlarına en sık uygulanan testlerin başında elektriksel testler gelmektedir. Motor sargılarının direnci, çektiği akım, yüksek gerilim testi gibi yapılması nispeten kolay ve ucuz olan testler hemen hemen tüm motor üreticileri tarafından uygulanır.

Gürültü testi ise yapılması çoğunlukla zahmetli bir işlemdir. Sağlıklı bir gürültü testi için sessiz bir ortam ve genellikle, sağlam motoru gürültülü motordan hata nedenine göre ayırabilecek uzman kişilere ihtiyaç vardır. Bu işlem model destekli

test sistemlerinde (CAQ' larda) bir uzmana gerek olmaksızın test sisteminde gerçekleştirilir.

Bir çok motor üreticileri müşteri isteklerine göre, eğer teknik olarak mümkünse özel testlerde uygularlar. Bu testler motor tipine ve uygulama alanına göre büyük farklılıklar gösterir. Aşağıdaki tablo dünya piyasasında faaliyet gösteren bazı motor üreticilerinin ürünlerini ve uyguladıkları testleri göstermektedir:

Tablo 3.2 Motorlara Uygulanan Bazı Özel Testler

<i>Motor Cinsi</i>	<i>Kullanım Alanı</i>	<i>Uygulanan Özel Test</i>
Asenkron Motor (800 W)	Endüstriyel Dikiş Makinası	Ömür Testi
Asenkron Motor (2800 W)	Elektrikli Aletler	Flanş Sağlamlık Testi
Asenkron Motor (250 W)	Elektrikli Pompa	Sızdırmazlık Testi
Asenkron Motor (2.5 kW)	Havalandırma	Yükte Kalkış
Asenkron Motor (35 kW)	Tezgah	Yük Testi
Sabit Miknatıslı Motor (500W)	Pompa	Ömür Testi
Gölge Kutuplu Motor (50 W)	Vantilatör	Yükte Kalkış
Universal Motor (400W)	Elektrikli Aletler	Ark Testi
Universal Motor (800 W)	Ev Aletleri	Ark Testi

3.2.2.2 Karşılaşılan Hata Şekilleri ve Sıklıkları

Çeşitli motor tiplerinde rastlanılan hata tiplerini belirlemek için yapılan bir araştırmanın [4] sonuçları aşağıda bir liste halinde gösterilmiştir:

Doğru Akım Motorları**Genel Hata Çeşitleri****Fırçasız:**

- Elektronik Aksamdaki (encoder) Hatalar
- Mıknatıslanma Problemleri
- Yatak Hasarları

Sabit Mıknatıslı:

- Mıknatıslanma Problemleri
- Montaj hataları (toleranslar vs.)
- Fırça ve Kollektör Problemleri
- Maximum Dönme Momentine Ulaşılamaması
- Motordaki Gerilmeler / Mekanik Problemler
- Yatak Hasarları

Seri ve Paralel Motorlar:

- Kollektör Problemleri
- Devir Sayısı Problemleri
- Mekanik Problemler (montaj hataları)

Alternatif Akım Motorları**Tek Fazlı:**

- Sargı Hataları
- Yatak ve Ses Problemleri
- Yükteki Davranış

Gölge Kutuplu:

- Çalışma Sesi
- Sargı Hataları
- Yükteki Davranış

Üniversal:

- Yatak Hataları
- İzolasyon Problemleri ve
- Balanssızlık ve Vibrasyon Problemleri
- Fırça Problemleri
- Mekanik Problemler

3 Fazlı Motorlar

Asenkron:

- Gövde / Faz Arası Kısadevre
- Yüksek Gerilim Testindeki Problemler
- Dişli Problemleri
- Sargı Hataları
- Rotor Kafesi Problemleri
- Yatak ve Çalışma Gürültüsü
- Montaj ve Malzeme Hataları

Senkron:

- Montaj Hataları
- Gürültüler
- Kalkış Problemleri

Diğer Özel Problemler

Redüktörlü Motorlar

- Dişli Motorları

Pompa Donanımlı Motorlar

- Sızdırmazlık Hatası

Tüm bu listelenen hataların analizi yapılacak olursa değişik motor çeşitlerinde ve kullanım alanlarında bazı hatların tekrarlandığı görülür. Bu analiz sonucunda başlıca hata şekilleri aşağıdaki gibi üç gruba ayrılır:

HATA GRUBU

BAŞLICA HATALAR

Gürültü Hataları:

- Vibrasyon, Çalışma Şekli, Balanssızlık
- Yatak Kirlenmesi
- vb.

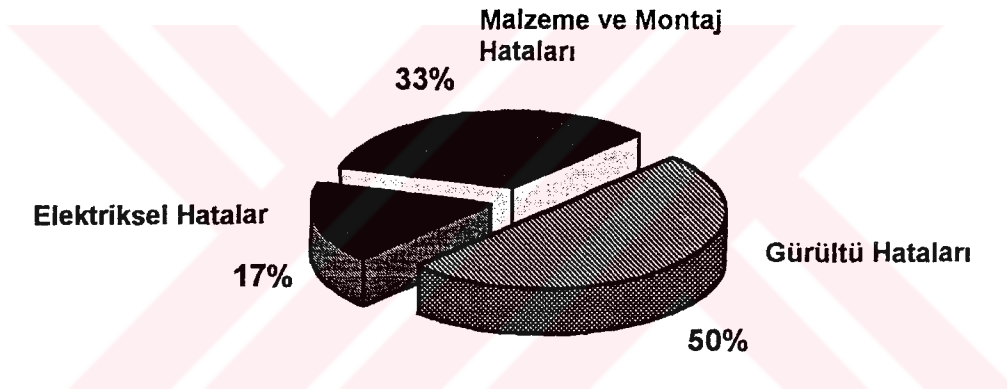
Elektriksel Hatalar:

- İzolasyon Problemleri
- Sargı Kopukları
- vb.

Malzeme ve Montaj Hataları

- Dış Mahfazadaki Uyumsuzluklar
- Tolerans Hataları
- vb.

Aşağıdaki grafikte ise anılan hata gruplarının oluşma sıklığı görülebilir:



Şekil 3.8 Başlıca Hata Şekillerinin Oluşma Oranı

Görüldüğü gibi ortaya çıkan hataların ve problemlerin çoğunluğu mekanik alanda yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle vibroakustik analiz yeteneği yüksek bir test sisteminin son kontrolde kullanılması büyük bir önem arz etmektedir.

3.2.3 Örnek Test Sistemi

Bölümün başında da belirtildiği gibi elektrik motoru üretiminin derinlemesine kontrol ihtiyacını karşılayabilmek için çeşitli araştırmalar yapılmış ve CAQ' lar ilk ve

en gelişmiş şekilde bu alanda kullanılmıştır. Bu yüzden incelenmek üzere CARL SCHENCK AG. / ALMANYA tarafından geliştirilmiş bir CAQ seçilmiştir.

Merkezi Darmstadt / ALMANYA' da bulunan CARL SCHENCK AG. 1881 yılından beri çeşitli ürünlerin kalite kontrolüne yönelik ölçüm tekniği alanında faaliyet göstermektedir. 7000 çalışanı ile beraber çok sayıda ölçüm problemini çözmüş ve bu konuda uzmanlaşmıştır. Günümüz üretim koşullarının öngördüğü kalite kontrol şartlarını karşılayabilecek bir sistem üzerinde çalışmalar yürüten şirket 80' li yılların sonunda PIVAD - Test Sistemi adını verdikleri model destekli bir kalite kontrol sistemi üzerinde çalışmalara başlamışlar ve ilk örneğini 1989 yılında piyasaya sürmüşlerdir. Günümüze kadar gelişmesini sürdüren sistem 1993 yılından beri Türkiye' de ilk kez TEE AŞ' nin TOPEM İşletmesi' nde devreye girmiştir. Şu anda biri laboratuarda üçü üretim hattının üzerinde son kontrol ile görevli dört adet bilgisayar destekli kalite kontrol sistemi TOPEM İşletmesi' nde faaliyet halindedir.

PIVAD test sistemi model destekli CAQ sistemlerinin tipik bir örneğidir. Sistemin teşhis için kullandığı "Algılayıcı" lar şunlardır:

- Parametre Tanıma (PI Parameter - Identifikation)
- Vibroakustik Teşhis (VAD Vibroakustische Diagnose)

Sistemin bu iki aracı, denenen motorun mekanik, elektriksel ve vibroakustik özelliklerine ilişkin gerekli tüm bilgiyi sisteme sağlar.

PI - Sistemi denenen motorun matematiksel bir modeliyle çalışır. Motorun ve referans modelin elektriksel impulslara verdikleri sistem cevaplarının karşılaştırılması yardımıyla motorun karakteristik parametreleri (direnç, manyetik akı, demir kayıpları vs.) elde edilir.

VAD Sistemi ise ivme algılayıcı ve bir mikrofondan gelen sinyallerden ses ve titreşim testi için gerekli parametreleri kazanır. Kuşkusuz bu algılayıcıların içinde bulunduğu yapı tamamen ses ve salınım yalıtımlıdır.

Bu iki sistem yardımıyla sağlanan tanımlayıcı bilgiler test sisteminin diğer iki çekirdek sistemi için temel oluştururlar:

- Teknik Hata Tanıma (TFD Technische Fehlerdiagnose)
- Eşik Değeri Testi (SDS Schwellwert-Diagnose)

CAQ - Sistemi, denenen motorun ölçülüp teşhisine yönelik bu dört alt sistemin yanında edinilen bilgileri değerlendirip proses ile ilgili istatistiksel bilgileri oluşturan güçlü bir istatistik modülüne de sahiptir.

PI/VAD sisteminin teknik yapısına geçmeden önce sistemin temelini ve ölçüm ve karar verme yapısını oluşturan bu dört alt sistem ile istatistik modülünü incelemek gereklidir.

3.2.3.1 PI/VAD Sisteminin Ölçüm Yapısı ve İstatistik Modülü

1) Ölçüm Yapısı

PI/VAD sisteminin ölçüm yapısı daha önce de belirtildiği gibi dört ana bölümden oluşmaktadır:

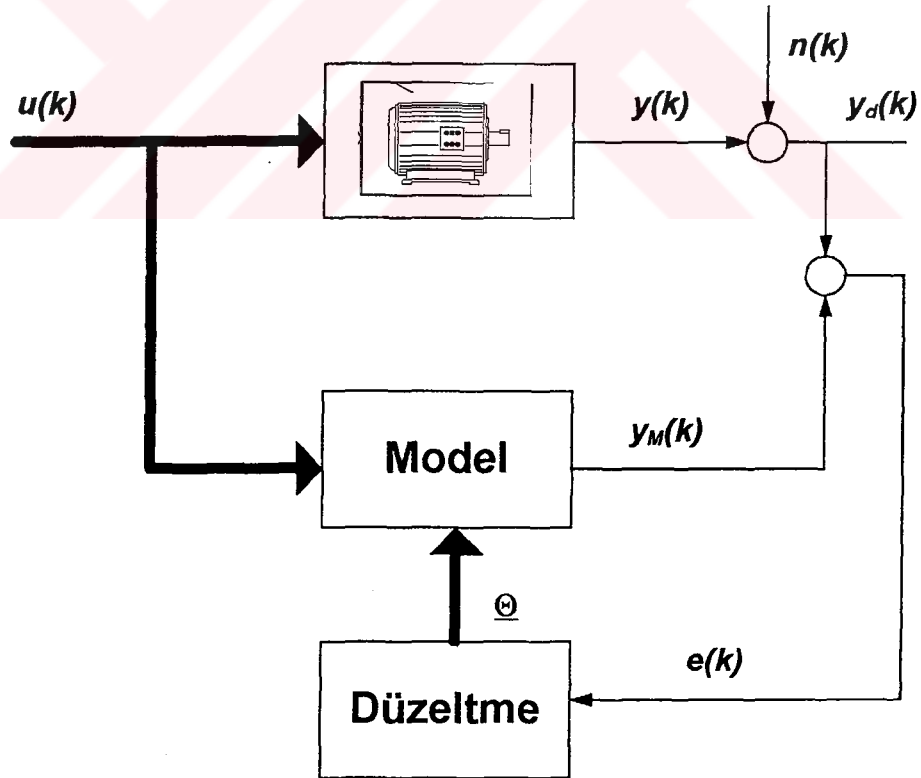
- a) Parametre Tanıma PI
- b) Vibroakustik Teşhis VAD
- c) Teknik Hata Tanıma TFD
- d) Eşik Değeri Testi SDS

a) Parametre Tanıma (PI)

Model destekli Parametre Tanıma test sistemlerinin arkasındaki temel düşünce, daha önce anlatılan model destekli test sistemlerinin prensibi ile aynıdır. Yani test süresi boyunca test edilen nesnede bulunan tüm bilgilerin, onun kalitesine karar verebilmek için tam olarak kazanılmasıdır. Yani test edilen nesnenin karakteristik bilgilerinden yararlanarak nesnenin yapısı hakkında bilgi sahibi olunmaya çalışılmaktadır.

Kural olarak, motor üretiminde, test edilen bir deneğin (çeşitli motor tipleri, motorlara bağlanmış havalandırma mekanizmaları veya dişliler vs.) temel yapısı tam olarak bilinmektedir. Örneğimizdeki elektrik motorları ve onlara bağlı olarak çalışan dişliler ve fanlar gibi yan elemanları prensipte uygun bir matematiksel modelle tanımlanabilirler. Bu durumda, böyle bir matematiksel modelin katsayıları ile motorun fiziksel parametreleri (örneğin sargı direnci, manyetik akı vb.) direkt bir ilişki vardır.

Parametre Tanıma yönteminin hedefi, bu model sayesinde, yapılacak ölçümler yoluyla az sayıda ve kolay ölçülebilecek büyüklüklerin elde edilmesi ve bu büyüklüklerden faydalanarak deneğin tanımlanması için gerekli diğer elektriksel ve mekanik parametrelerin matematiksel olarak hesaplanmasıdır. Bu yolla direkt olarak ölçülmesi gereken büyüklükler dışında (akım, gerilim ve devir sayısı) kalan diğer motor parametreleri indirekt olarak matematiksel model üzerinden tanımlanabilir.



Şekil 3.9 Parametre Tanımaya Göre Motor ve Model Arasındaki Bağlantı

Denenen motora ait tüm ölçüm değerleri işlendikten sonra, model denenen motora özel parametreleri içerir. Bu parametreler daha sonra motorun teşhisi için kullanılacak *tanımlayıcılar* olarak görevlendirilbilirler. Deneğin bu karakteristik tanımlayıcılarını *tanımlayıcı vektör* (bkz. 3.1.2 Sınıflama Yöntemleri) olarak göstermek mümkündür. Bu şekilde hesaplanan parametreler yardımıyla denenen motora ait karakteristik eğri hesaplanabilir. Ayrıca bu eğrinin daha önce belirlenen noktalarında bir sınır değer testi yapmakta mümkündür.

Şekil 3.9' da denek ile model arasındaki çıkış hatasının belirlenmesi için yapılan düzenlemenin prensip yapısı görülebilir.

Şekilden görüldüğü gibi test sisteminin içinde bulunan matematiksel modeli test edilen motora paralel bağlanmış olarak düşünebiliriz. Test esnasında model ve denenen motor aynı, ölçülebilir giriş sinyalleri ile beslenirler. Motorun, distorsiyona uğramış $y_p(k)$ çıkış büyüklüğü ile modelin aynı giriş sinyaline tepkisi $y_M(k)$ karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda çıkış hatası $e(k)$ hesaplanır. Uygun bir düzeltme yöntemiyle model parametreleri denklemlerin hatası minimal olacak şekilde değiştirilir.

Bu işlem istenen sonuca yani aynı giriş sinyali $u(k)$ ' ya denenen motorun verdiği çıkış sinyali $y_d(k)$ ile modelin verdiği çıkış cevabı $y_M(k)$ optimal olarak birbiriyle aynı olana kadar devam edilir. Bu koşul ölçülen ve model tarafından sağlanan çıkış bilgileri arasındaki hatanın en küçük kareler yöntemine göre minimize edilmesiyle sağlanır.

Parametre Tanıma yönteminin hedefi elektrik motorunun elektriksel ve mekanik özelliklerinin en az test zamanında en derinlemesine kontrol edilmesidir. Gerekli motor test süresinin minimize edilmesi hızlı bir test yöntemi ve bağlantı zamanlarının düşürülmesi ile mümkündür. Parametre Tanıma yönteminin kullanımı ile beraber geleneksel test yöntemlerine göre önemli bir avantaj sağlanmıştır. Uygun bir model yardımıyla motor testleri, herhangi bir yüke ve dolayısıyla zaman alan bağlantı işlemleri olmaksızın gerçekleştirilebilir.

Bu iki denklemden görülebileceği gibi motorun işletim davranışı 5 model parametresi ve doğrusal olmayan bir fonksiyon yardımıyla formüle edilebilir. Motorun doğrusal olmayan mıknatıslanma eğrisi yardımıyla akım bağıntılı manyetik akı elde edilir. Önceden tanımlanmış bir motor akımı için belirlenmiş bir çalışma noktasında bu karakteristik eğriyi doğrusallaştırırsak manyetik akı ve diğer model parametreleri Parametre Tanıma yöntemi yardımıyla elektriksel ölçüm büyüklüklerinden elde edilir.

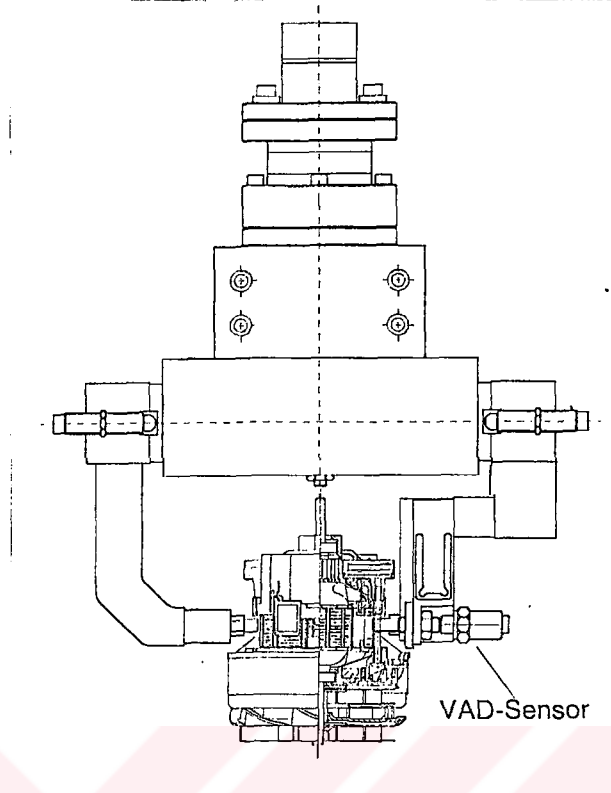
Tablo 3.3 Üniversal Motorun Model Parametreleri

<i>Parametre</i>	<i>Fiziksel Anlamı</i>
R_a	Endüvi Direnci
ψ_i	Akıma Bağlı Manyetik Akı
$\ominus$	Eylemsizlik Momenti
M_R	Sürtünme Momenti
C_{Fe}	Demir Kaybı

Diğer konvansiyonel test yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha az mekanik donanımla derinlemesine bir test imkanı söz konusudur. Model destekli test bu özelliği ile örnek tanıma yoluyla hata teşhisi için ideal bir tanımlayıcı büyüklük kazanma ortamı oluşturur.

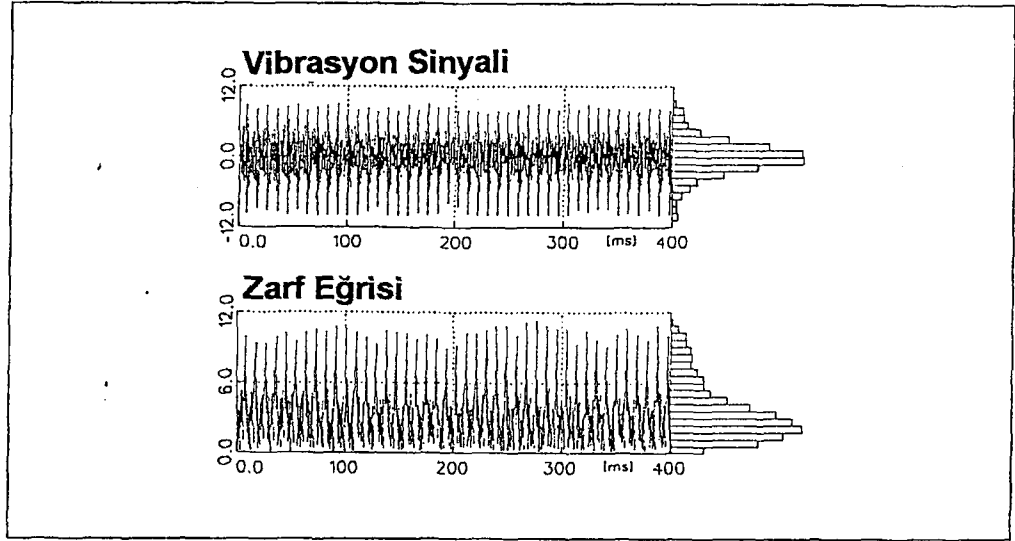
b) Vibroakustik Teşhis VAD

Vibroakustik Teşhis (VAD) ile yapılan gürültü testi optimal olarak Parametre Tanıma yöntemi ile beraber kullanılır. Bu iki yöntem beraberce Eşik Değer Testi SDS ve Teknik Hata Tanıma TFD için önemli bilgilerin kazanılmasını yani *Tanımlayıcı Özellikler Vektörünün* elde edilmesini sağlar.



Şekil 3.11 VAD Ölçüm Kafası

Vibroakustik Teşhis yönteminin uygulanabilmesi için öncelikle uygun bir ölçüm ortamına ve dolayısıyla uygun bir ses ve vibrasyon algılayıcıya ihtiyaç vardır. Söz konusu CAQ sisteminde bu amaçla Bruel & Kjaer firmasınca geliştirilmiş ses ve vibrasyon algılayıcılar bulunmaktadır. Ölçüm için öncelikle vibrasyon algılayıcı denenen motorun uygun bir yerine yerleştirilir. Algılayıcının çıkış sinyali (bkz. Şekil 3.11) belirli bir uyarmada ölçülür. Elde edilen ölçüm bilgilerinde bulunan informasyon tanımlayıcı büyüklükler halinde yoğunlaştırılırlar ve böylece denenen motorun gürültü durumunu karakterize eden bir tanımlayıcı örnek (master) oluşturur. Bu şekilde oluşan bu tanımlayıcı örnek ya da master Parametre Tanıma yöntemi ile oluşturulmaya başlanan *Tanımlayıcı Özellikler Vektörünün* bir parçası olur. Oluşturulan bu vektör yardımıyla Teknik Hata Tanıma yönteminde örnek tanıma yoluyla hata teşhisi gerçekleştirilir.



Şekil 3.12 Hatalı Bir Motorun Vibrasyon Sinyali

Motor üzerinden algılayıcılar aracılığıyla elde edilen sinyallerin analizi sonucunda elde edilen bilgilerin hangilerinin motorun durumunu sağlıklı olarak teşhis için kullanılabilecek tanımlayıcı büyüklükler olabileceği hakkında literatürde gerçek anlamda bir teori geliştirilmemiştir. Bu yüzden çoğu durumda geniş proses tecrübesi ve detaylı bir üretim bilgisi gerektiren höristik yöntemler kullanılır. Buna rağmen mümkün olduğu kadar evrensel bir sınıflama metodu geliştirebilmek amacıyla denenen motoru tanımlamaya yeterli olabilecek çok sayıda tanımlayıcı büyüklük hesaplanır. Sınıflama için kullanılabilecek tanımlayıcı büyüklükler ise öğrenme aşamasından sonra yapılacak anlamlılık analizinden sora belirlenir. Böylece her kullanım alanına göre değişik tanımlayıcı büyüklükler kullanılır. Belirlenen bu tanımlayıcılar bir tanımlayıcı listesinden sınıflayıcıya aktarılır. Bu aşamada ortaya çıkan ve bilgisayarın hesaplama yeteneğini zorlayan karmaşık hesaplama talepleri güçlü sinyal işleyicilerin de kullanılmasıyla karşılanır.

Motor hatalarının tanımlanabilmesi için bilgi sağlayabilecek bazı tipik tanımlayıcılar aşağıda listelenmiştir:

- Aritmetik ve Karesel Ortalama:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=0}^{N-1} x_i, \quad \bar{x}^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=0}^{N-1} x_i^2$$

- Tepe Noktaların Dağılımının İstatistiksel Merkezi Momenti m_i :

$$m_i = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x})^i$$

- Gürültü Sinyalinin ve Zarfının Eğim ve Dışbükeylik Katsayısı

Eğim katsayısı γ -1 ile 1 arasında değerler alır ve simetrik dağılımda 0 değerindedir. Dışbükeylik katsayısı β nın değeri ise 0 ile ∞ arasında değişir. Normal dağılımlı rastlantısal değişkenlerde ise 3 değerini alır.

$$\gamma = \frac{m_3}{\sqrt{\sigma^3}} \quad , \quad \beta = \frac{m_4}{\sigma^2} - 3$$

- Terz ve Oktav Bantlarında Spektral Güç Yoğunluğu

Algılanan sinyallerin hızlı Fourier transformasyonu (Fast Fourier Transform FFT) yoluyla elde edilen ve devir hızıyla orantılı frekans eğrileridir.

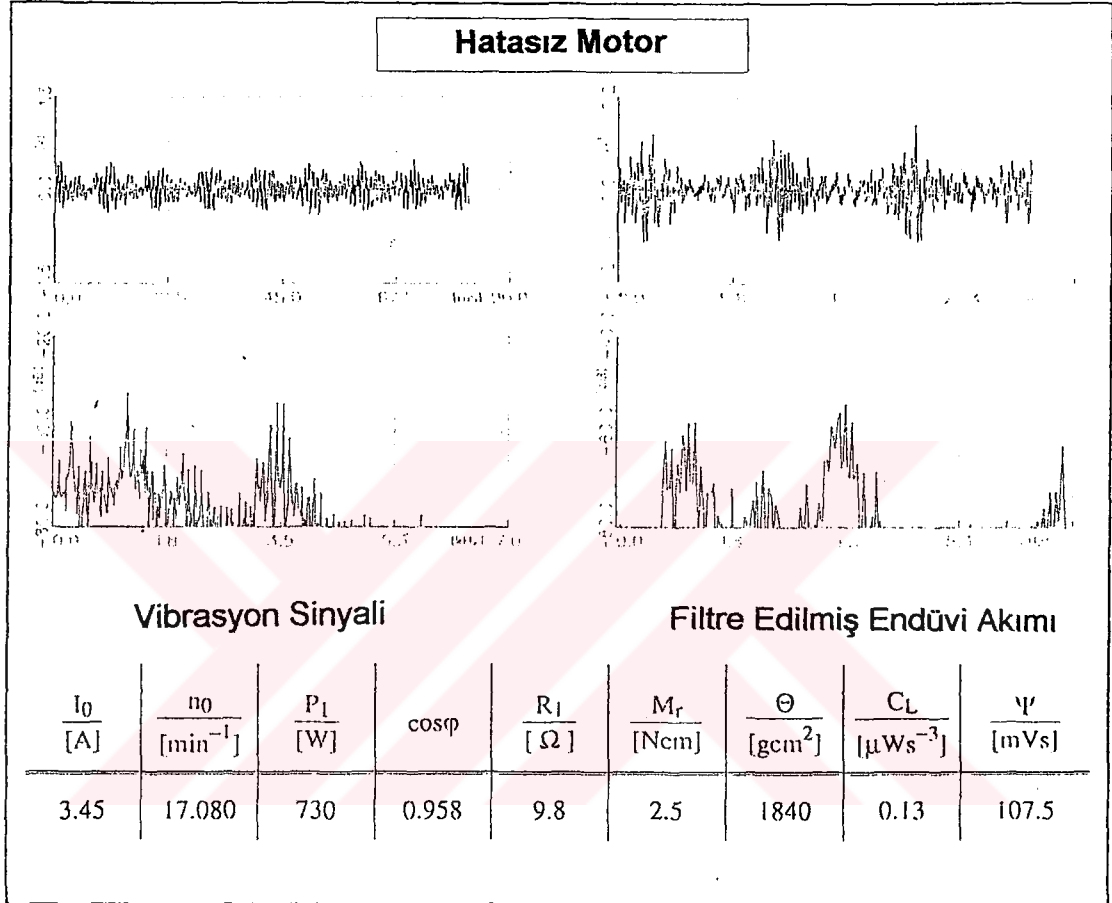
$$S_{xx}(\omega) = FFT\{y(t)\}$$

- Cepstrum Analizi

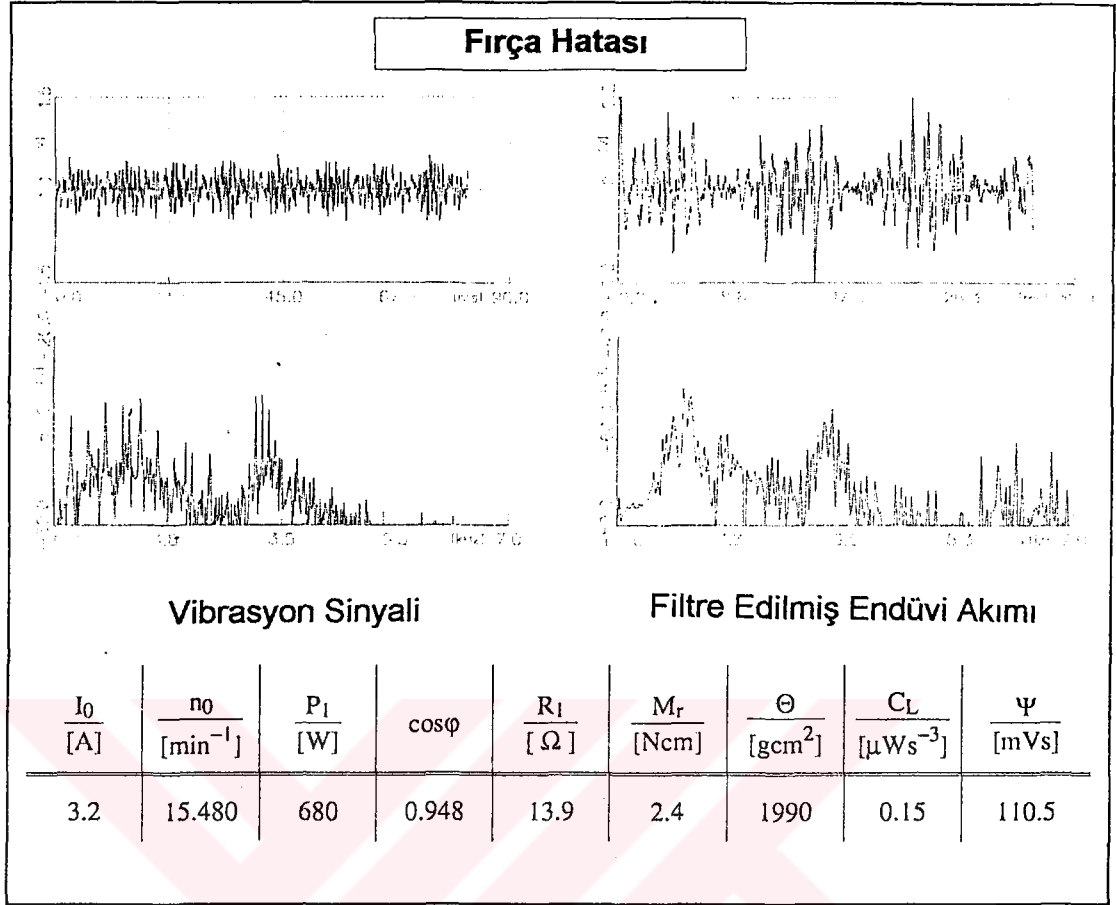
Logaritmik güç spektrumunun ters Fourier transformudur.

$$C(\tau) = F^{-1}\{\log S_{xx}(\omega)\}$$

Aşağıdaki şekillerde sağlam ve hatalı motorlara ait ölçüm sinyalleri görülebilir. Şekillerde ayrıca Parametre Tanıma yöntemi yardımıyla belirlenmiş olan motor parametreleri de görülebilir.



Şekil 3.13 Hatasız Motora Ait Ölçüm Sinyalleri



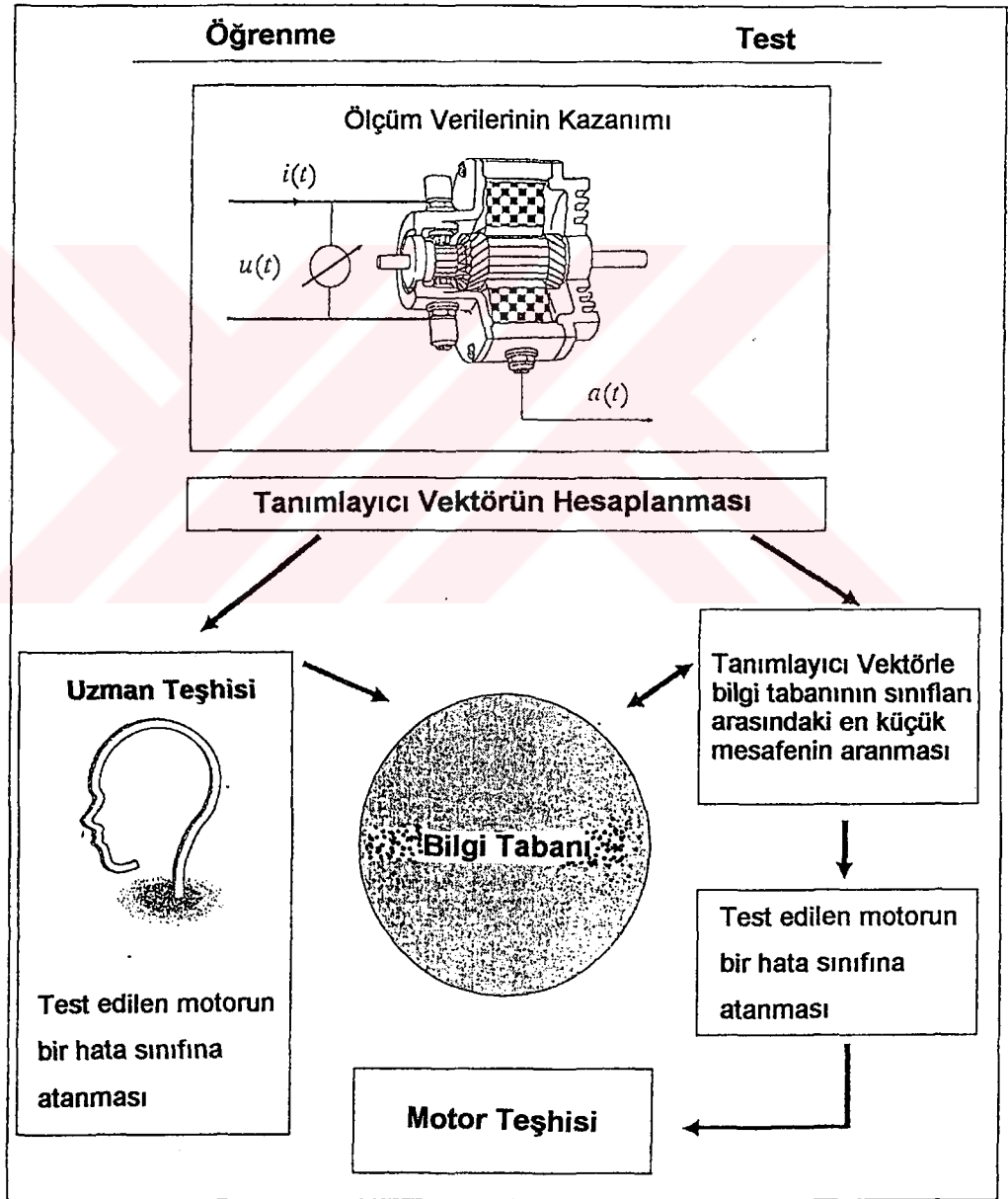
Şekil 3.14 Fırça Hatalı Motora Ait Ölçüm Sinyalleri

Şekil 3.13'te görülen ölçüm bilgileri sağlam bir motora aittir. Şekil 3.14 ise fırça hatası olan bir endüviye aittir.

c) Teknik Hata Tanıma TFD

Ses ve resim tanıma alanında, önceden belirlenmiş kelime ve resimlerin nasıl yeniden tanındığına ilişkin günümüze kadar edinilen bir çok tecrübe sözkonusudur. Uygulamaların sonuçları buna benzer tanıma sistemlerinin inanılmaz bir tanıma keskinliğine (yapılan hata oranı yalnızca % 0.3' tür) sahip olduğunu göstermektedir. Bu yüzden böyle uygulamaların teknik gereçlerin ve sistemlerin değerlendirilmesi için kullanılabilirliği gözönüne alınmıştır. İmaj korelasyonu ile otomatik hata tanıma yöntemleri buna bir örnektir.

Böyle bir sistemin elektrik motorunun kalite kontrolü için kullanıldığını düşünelim. Sistem bu durumda denenen ve hakkında bir teşhis konması gereken motorun örneğin elektriksel sinyallerini alır. Bundan sonraki aşamalarda sistemden, bir motor test uzmanının da yaptığı gibi uygun referans motorlarının kullanıldığı belirli bir öğrenme süresinin sonunda hatasız motoru hatalı motordan hata şekillerini de belirleyecek şekilde ayırabilmesi beklenir.



Şekil 3.15 Öğrenen Motor Teşhis Sisteminin Prensipleri

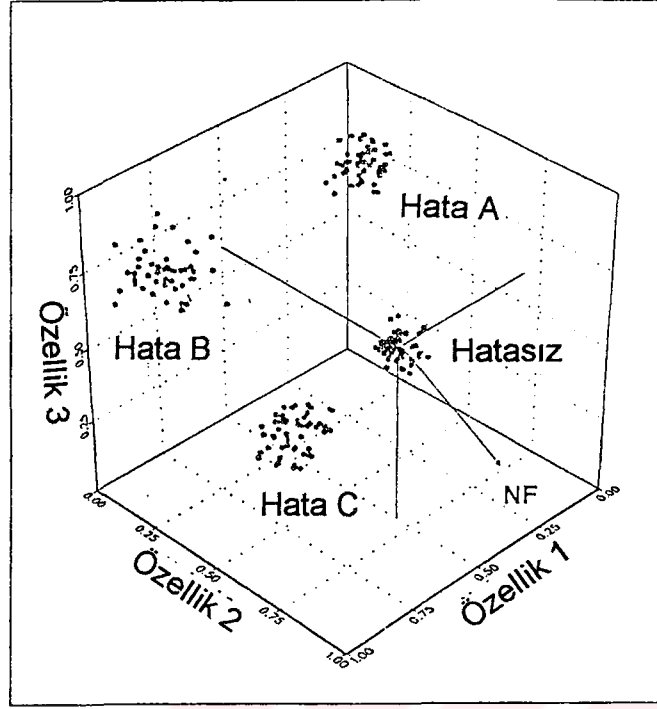
Sistemden beklenen bu görevi çözmek için klasik örnek tanıma yöntemleri kullanılabilir. Özellikle *istatistiksel sınıflama* ve *geometrik sınıflama* yöntemleri bu işlem için kullanılabilir. *İstatistiksel sınıflama*, test edilen deneği bir sınıfa yüksek bir doğrulukla atayabilmek için referans sınıflarının dağılım yoğunluklarını kullanır. *Geometrik sınıflama* ise deneğin bir sınıfa, tanımlayıcı vektörünün tanımlayıcı büyüklükler uzayında diğer sınıf vektörlerine olan uzaklıklarına göre atanması esasına dayanır. Bu işlem için son yıllarda *sinirsel ağlar* da kullanılmaktadır.

Teknik Hata Tanıma sisteminde ki düşünce ise geometrik sınıflama temeline dayanan *öğrenen* bir karar verme yöntemidir. Şekil 3.15' te sistemin interaktif çalışma şekli görülebilir. Öğrenme ve test çalışması esnasında öncelikle akım ve gerilim gibi elektriksel büyüklüklerin zamandaki değişimleri alınır ve bu ölçümlerden daha önce de anlatıldığı gibi motorun durumu için karakteristik olan tanımlayıcı büyüklükler kazanılır. Kazanılan bu tanımlayıcılar bir vektör komponentleri olarak çok boyutlu uzayda gösterilebilirler. Bu uzayın boyutu tanımlayıcıların sayısına eşittir.

Hesaplanan tanımlayıcı vektör motoru mümkün olduğunca tam bir şekilde tanımlayabilmelidir. Daha sonra yapılacak olan teşhisler bu kazanılan tanımlayıcılara dayanacağından öğrenme aşamasındaki tanımlayıcı büyüklüklerin kazanımı büyük önem kazanır ve büyük bir özenle yapılmalıdır.

Öğrenim aşaması sistemin bilgi tabanının oluşturulması ve geliştirilmesi için gereklidir. Ölçülen örnek motorlar bir uzmanın yardımıyla bir hata sınıfına atanırlar. Öğrenme aşamasında bu şekilde her bir hata sınıfı için çok boyutlu uzay içinde bulutlar (cluster) oluşur. Bu bulutlar kuşkusuz hata sınıflarını temsil etmektedirler. Şekil 3.16' da hata sınıflarının tanımlayıcı büyüklükler uzayında dağılımı görülmektedir.

Tanımlayıcıların bağımsız oldukları ve normal dağıldıkları kabul edilirse her bir bulut ya da hata sınıfı ortalaması ve standart sapması yardımıyla istatistiksel olarak tanımlanabilirler. Bu iki değer daha sonraki test işletiminde yapılacak teşhis için referans bilgileri oluştururlar.



Şekil 3.16 Hata Sınıflarının Oluşturulması

Yöntemin mümkün olduğu kadar çok motor çeşidi için kullanılabilmesi amacıyla çok sayıda tanımlayıcı kullanıma sunulmuştur. Ama hesaplama süresini gereksiz yere uzatmamak için her motorun kendi kalite problemlerine özgü, o problemi en iyi şekilde tanımlayabilecek tanımlayıcı büyüklüklere ihtiyaç vardır. Bir önem analizi yardımıyla hata tanıma sistemi sınıflamaya yardımcı olabilecek ilgili tanımlayıcıları seçer.

Referans bilgilerin kalitesi için uzmanın örnek motorlar için koyduğu teşhislerin doğruluğunun büyük önemi vardır. Eğer uzman öğrenme esnasında motorları yanlış sınıflandırmışsa hata tanıma sistemi de doğru teşhisler koyamaz. Bu yüzden görevli uzman ya da uzmanlar motorların sınıflanması öncesinde gerekli bilgilere sahip olduklarının bilinmesi gereklidir. Ölçüm sonuçlarının bulunması, bu sübjektif değerlendirmenin yapılmasında kolaylık sağlar.

İlk referans verileri kullanıma hazır olur olmaz, sistem kendi kendine hemen bir sınıflama yapmaya başlar. Uzmanın teşhisinden sapan bir sonuç kullanıcı için bir uyarı oluşturur. Böylece uzmanın yaptığı hatalı bir teşhis daha fazla ilerlemeden

önlenebilir. Yeni bir hata sınıfının öğrenilmesi esnasında sistem yeni hata sınıfının diğerinden ayrılıp ayrılmadığını sınar. Eğer bu mümkün olmazsa eski referans verileri geçerliliğini korur. Dolayısıyla *öğrenen* test sistemi kavramı aslında sadece hata tanıma ve karar verme sistemini değil aynı zamanda, kısmen de olsa, ilk teşhisi koyan uzmanları da içerir.

Test işletimindeki sınıflama ise öğrenme esnasında kazanılan referans verilerinin yardımıyla yapılır. Ölçümü yapılan motorun hangi sınıfa ait olduğunun belirlenmesi ise, motorun tanımlayıcı vektörünün hata sınıflarının merkezine olan mesafelerine göre yapılır. Bir başka deyişle motor öğrenilen hata sınıflarından kendi tanımlayıcı vektörüne en kısa mesafeli olana atanır. Tanımlayıcı büyüklüklerin varyansı da büyüklüklerin tanımlayabilme yeteneği için ek bir ölçü olduğundan, mesafe ölçüsünün ağırlıklandırılması için kullanılarak hesap algoritmasına katılmış olur (bkz. 3.1.2). Bundan sonra sistem her test edilen motoru bir hata sınıfına atamaya çalışır. Bu aşamada tüm hata sınıflarına mesafesi yüksek olan motorlar çıkarsa bu tür örnekler yeni bir hata türü olarak ayrılırlar. Bu tür motorlar eğer beraberce bir hata bulutu oluşturlarsa bu motorlar uzmanlarca kontrol edilir ve yeni hata sınıfının tanımı yapılır. Böylece sistemin bilgi tabanının genişletilmesi sağlanır. Pratik uygulamalarda, bilgi tabanının genişletilmesinin, test işletiminde esnasında dahi, mümkün olması gerekmektedir.

Görüldüğü gibi öğrenen test sistemi öğrenme için tek bir aşama öngörmemektedir. Sistemin öğrenmesi devam eden bir süreç halindedir. Sistem ne kadar çalışırsa tecrübesi artacak ve böylece test edilen motorlar hakkında koyduğu teşhislerin kalitesi de artacaktır.

d) Eşik Değer Testi SDS

Eşik Değer Testi SDS elektrik motorlarının ya da komple cihazların test edilip teşhis konulabilmesi için geliştirilmiş bir yöntemdir. Karar vermek için TFD yönteminin kullandığı bilgilerin bulunduğu arşivin aynısını kullanır ve TFD ile paralel olarak kullanılabilir (bkz. 3.1.2) .

Yöntem, yapılan ölçümlerle elde edilen büyüklükler ile onlardan türetilen diğer büyüklüklerin önceden belirlenmiş bir değerlen, yani *eşik değeri*le, karşılaştırılması esasına dayanır. Eşik Değer Testi yönteminin uygulanabilmesi için motora özel tanımlayıcı büyüklüklere ilişkin tolerans sınırlarının (Üst Tolerans Sınırı ÜTS ve Alt Tolerans Sınır ATS) belirlenmesi gereklidir. Belirlenen bu sınırlar daha sonraki test işletiminde değerlendirme kriterlerini oluştururlar. Üç farklı şekilde tolerans sınırları belirlenebilir:

- Kalite Güvence bölümünce belirlenmiş tolerans ve ya sınır değerleri.
- Arşivdeki veri tabanından seçilmiş örneklerin ortalama değeri ($\bar{x}$) ve standart sapmasından (s) hesaplanan istatistiksel toleranslar:

$$\text{ÜTS} = \bar{x} - 3 \cdot s$$

$$\text{ATS} = \bar{x} + 3 \cdot s$$

- Arşivdeki veri tabanından seçilmiş örneklerin tanımlayıcı büyüklüklerinin maximum ve minimum değerlerinden oluşan tolerans sınırları:

$$\text{UTG} = \text{Min. Değer}$$

$$\text{OTG} = \text{Max. Değer}$$

Büyük miktarlarda ve homojen sınıflanmış denekler gerektiren Teknik Hata Tanıma yönteminden farklı olarak, Eşik Değeri Testi sistemi küçük sayılarda ve değişik tipteki denekler için kullanılabilir. Eşik Değeri Testi yönteminin TDF-Sisteminden diğer bir farkı ise TDF' nin bilgi tabanının oluşturulması için gerekli olan öğrenme aşamasının SDS kullanımında gerekli olamamasıdır. Ancak kullanıcı tarafından belirlenen tolerans sınırlarının girilmesi için yeteri kadar bir zamanın ayrılması gereklidir.

2) İstatistik Modülü

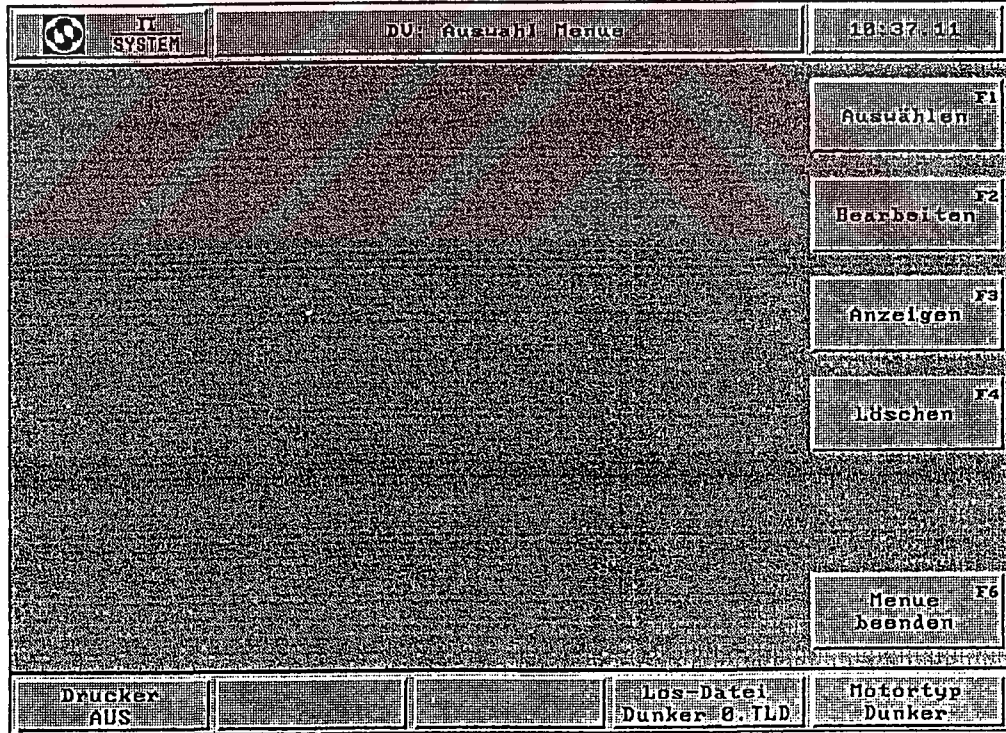
Günümüzde kalite kontrolün ya da daha güncel bir kavram olarak kalite güvence görevinin yerine getirilmesinde eskiden beri kilit noktada bulunan istatistiksel araçların böylesine gelişmiş bir CAQ - Sistemi' nde kullanılmaması düşünülemez.

Gerçekten de sistem gerçekleştirdiği ölçüm ve teşhis koyma faaliyetlerinin yanı sıra güçlü istatistik modülü sayesinde proses kontrolü için gerekli tüm istatistik gereçleri sonunda bulunduğu üretim prosesinin kontrolü için kullanıma sunar.

Sistemin istatistik modülünün görevi üretim hattından çıkan motorların kalite durumlarını belgemek ve üretim prosesindeki olası arıza noktaları hakkında bilgi sağlamaktır. Kullanılan yazılım genel olarak ikiye ayrılmıştır:

- Verilerin Toplanması
- Verilerin İşlenmesi

İstatistiksel işlemlerin yürütülebilmesi için gerekli olan verilerin toplanması test programında gerçekleşir. Sonuçlardan elde edilen bilgiler örnekleme verileri olarak kaydedilir. Yapılan testler sonunda konulan teşhisler de gün, ay ve yıl olarak teşhis verilerine kaydedilir.



Şekil 3.17 Veri Yönetimi Bölümü

Toplanan verilerin işlenmesi ise istatistik programında yürütülür. İstatistik programının yukarıda anlatılan görevleri yerine getirebilmesi için üç alt bölümü vardır.

Bu üç bölümden ilki diğer iki bölüm için gerekli bilgileri sağlayan veri yönetimi bölümüdür. Bu bölümde örnekleme hacmi verileri ve teşhis verileri kullanıma hazır hale getirilir. Örnekleme verileri tipe bağımlı veya bağımsız olabilir. Teşhis verileri ise daima tipe bağılıdır. Şekil 3.17' de veri yönetimi bölümü görülebilir.

İstatistik programının ikinci bölümü analiz bölümüdür. Bu bölüm veri yönetimi bölümü tarafından sağlanan örnekleme verilerini işler. Veri grubu içindeki tüm sonuçlar için ortalama değer $\bar{x}$, standart sapma s , proses yeteneği c_p ve proses yeteneği indeksi c_{pk} hesaplanabilir. Hesaplamalarda kullanılan eşitlikler aşağıdaki gibidir:

- Ortalama Değer $\bar{x}$:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- Standart Sapma s :

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad s = \sqrt{s^2}$$

- Proses Yeteneği c_p ve Proses Yeteneği İndeksi c_{pk} :

c_p ve c_{pk} büyüklükleri üretim prosesinin kontrolü için kullanılan büyüklüklerdir.

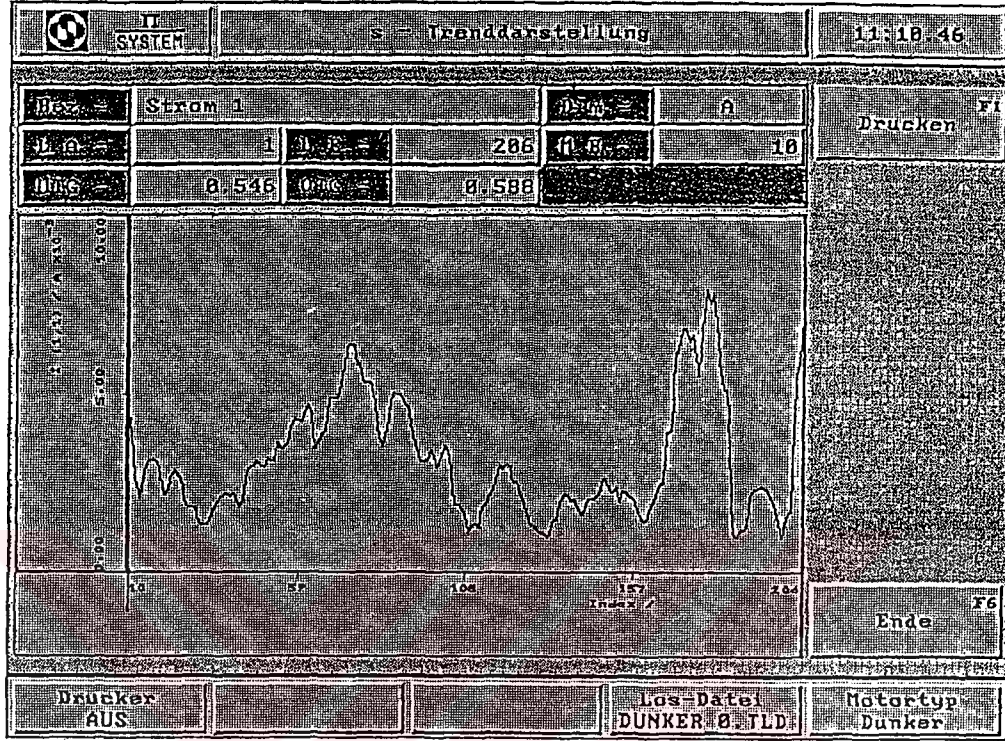
Hesaplanabilmeleri için tanımlanmış tolerans üst (TÜS) ve tolerans alt (TAS) sınırları gereklidir. Bir proses, eğer c_{pk} ' sı 1' den büyük ise yetenekli sayılır.

$$c_p = \frac{TÜS - TAS}{6s} \quad c_{pk} = \min \left(\frac{TÜS - \bar{x}}{3s}, \frac{\bar{x} - TAS}{3s} \right)$$

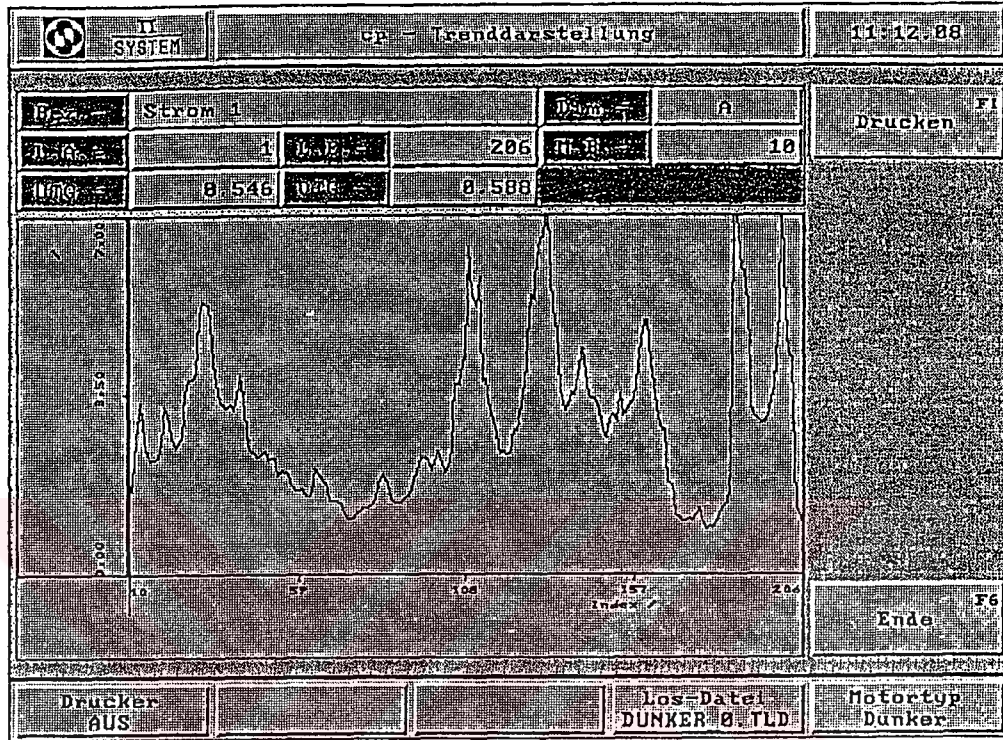
Yapılan bu hesaplamalar bütün bir örnekleme için olabileceği gibi bu örnekleme hacminin içinde yapılacak rastlantısal denemeler için de gerçekleştirilebilir. Hesaplanan değerlerin eğilimleri grafikler halinde gösterilebilir (bkz. Şekil 3.18, 3.19, 3.20 ve 3.21). Bunun dışında sonuçların dağılımı bir histogram şeklinde de gösterilebilir (bkz Şekil 3.22).



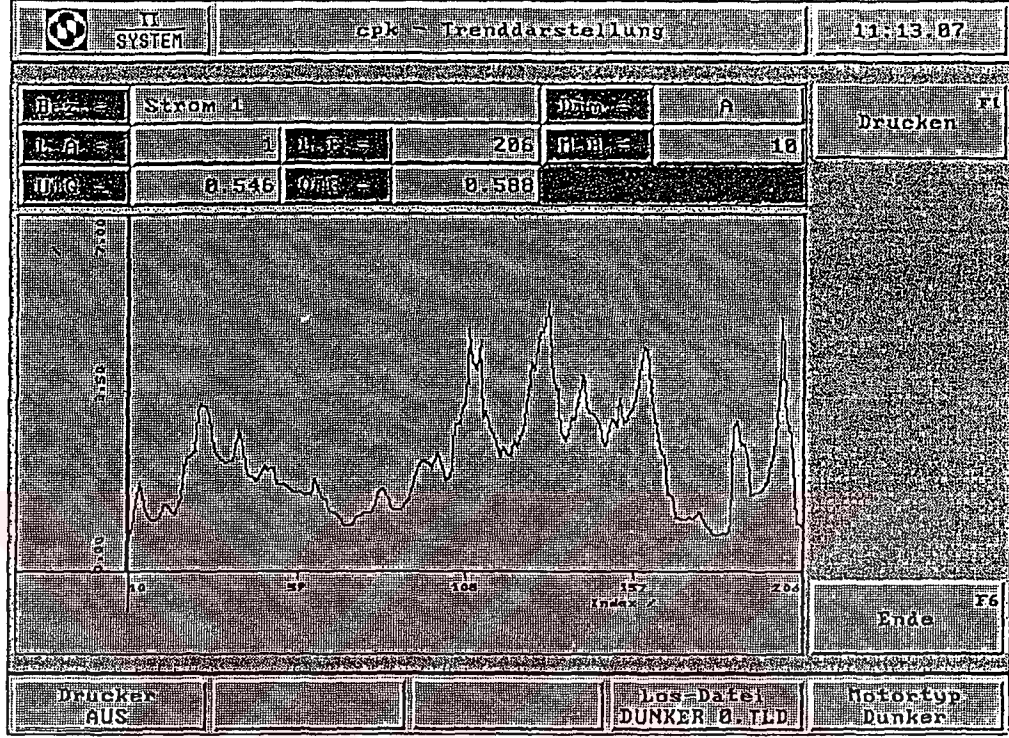
Şekil 3.18 $\bar{x}$ Diyagramı



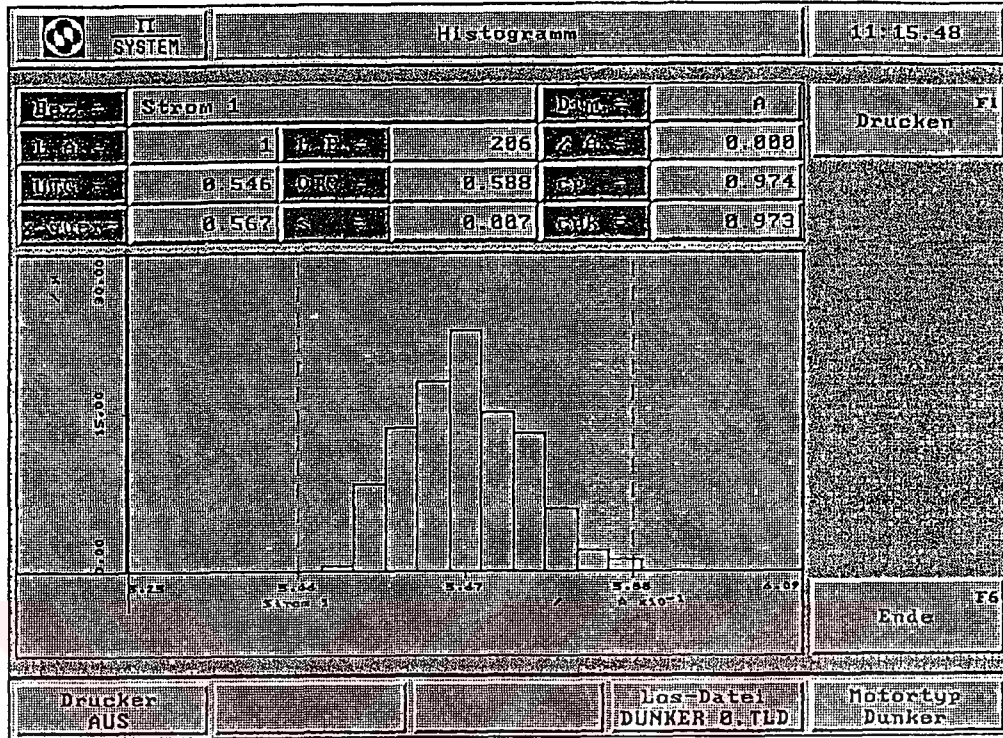
Şekil 3.19 s Diyagramı



Şekil 3.20 c_p Diyagramı



Şekil 3.21 c_{pk} Diyagramı



Şekil 3.22 Akım Histogramı

İstatistik programının üçüncü bölümü ise teşhis verilerinin işlendiği hata raporlama bölümüdür. Bu bölümde son 31 güne, son 12 aya ya da son 5 yıla ilişkin hata raporları üretilebilir. Hata raporunda her bir hata sınıfına ait tespit edilen hata şekilleri, tüm yapılan teşhislere ve hatalı olarak teşhis edilenlere yüzde olarak oranı bulunur (bkz Şekil 3.23).

Kuşkusuz tüm bu hesaplanan bilgiler ve hazırlanan grafikler bir yazıcı yardımıyla basılı olarak kullanıcıya verilebilir (bkz. Ek-A).

II SYSTEM		Fehlerjournal		10.58.54	
Fehlerjournal für			10.1.1993		Drucken F1
% A = Prozentualer Anteil an den geprüften Motoren					
% B = Prozentualer Anteil an den n.i.O. Motoren					
Nr.	Beschreibung	Anz.	% A	% B	
↑	Geprüfte Motore	206			
	n.i.O. Motore	0	0.0		
	1 Neue Fehlerart	0	0.0	0.0	
	0 Fehlerfrei	206	100.0		
	1 Lamellenkurzschluss	0	0.0	0.0	
	2 Fehlerart : 2	0	0.0	0.0	
	3 Fehlerart : 3	0	0.0	0.0	
	4 Fehlerart : 4	0	0.0	0.0	
	5 Fehlerart : 5	0	0.0	0.0	
					Menue beenden F6
Drucker AUS		Los-Datel DUNKER 0 TLD		Motortyp Dunker	

Şekil 3.23 Hata Raporu

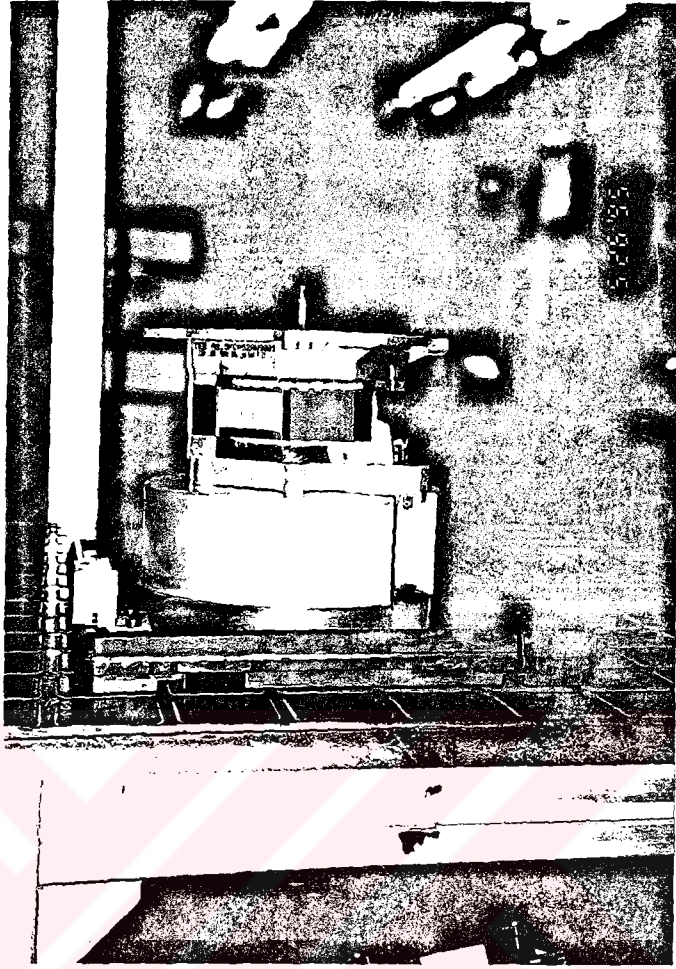
3.2.3.2 Teknik Yapı

CAQ-Sistemlerini oluşturan komponentlerin tanıtımına geçmeden önce, sistem komponentlerinin sistem üzerindeki yerlerinin rahat olarak anlaşılması açısından sistemin kullanıldığı alanı ve yerleşim biçimini anlatmakta fayda vardır.

Daha önce de anlatıldığı gibi incelenen sistem, Türk Elektrik Endüstrisi AŞ. Topkapı İşletmesi' nde üretilen universal motorlar (çamaşır makinası motorları) (bkz. Şekil 3.24) ve kafesli asenkron motorların (bulaşık pompası tahliye pompa motoru) (bkz. Şekil 3.25) son kontrolü amacıyla kullanılmaktadır. İşletmede halen 3 adet CAQ sistemi üretim hattı üzerinde son istasyon olarak faaliyet göstermektedirler.



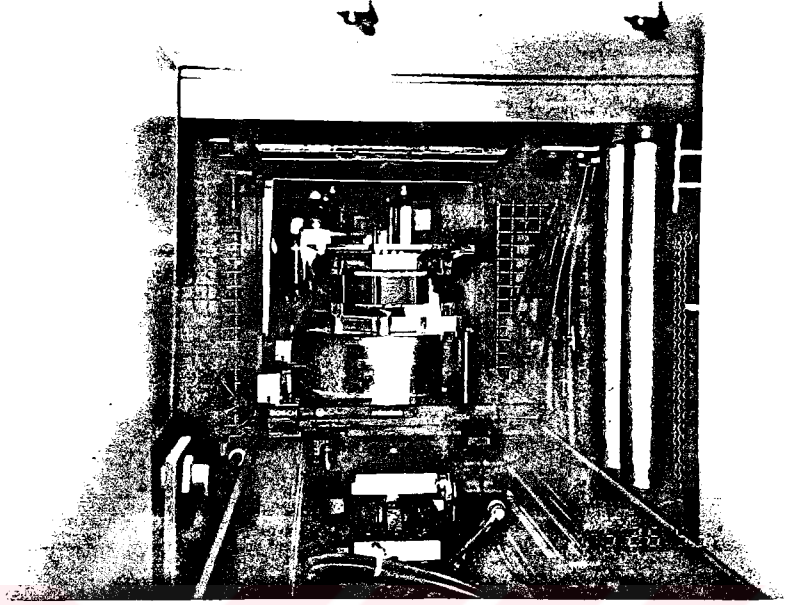
Şekil 3.24 Universal Motor



Şekil 3.25 Bulaşık Makinası Motoru

Üretici firma tarafından PIVAD Test Sistemi olarak adlandırılan faaliyetteki CAQ Sistemleri motorların, stator ve rotorları ile diğer elemanlarının biraraya getirilerek montajının yapıldığı üretim bandının son istasyonunda yer almaktadır (bkz. Şekil 3.26). CAQ - Sisteminin bu uygulamadaki çalışma şekli kısaca şöyledir:

Montaj hattındaki son istasyondan (üniversal motor için fırça alıştırma asenkron motor için ise yüksek gerilim testi) gelen ve antistatik taşıyıcı paletler üzerinde bulunan motorlar CAQ sisteminin hat üzerine yerleştirilmiş olan kontrol kabinine alınmak üzere hat üzerinde sabitlenirler. Daha sonra motor pnömomatik bir silindir aracılığıyla yukarı, testin yapılacağı kontrol kabinine kaldırılır ve kabin alt kapakları kapanarak test ortamının dış gürültü kaynaklarından yalıtılması sağlanır.



Şekil 3.26 CAQ' nun Hat Üzerindeki Yerleşimi

Yukarı kaldırılan ve sabitlenen motorun vibrakustik ölçümlerinin yapılabilmesi için üzerinde transducerin bulunduğu tutucu motoru yakalar. Bu işlemin her motor için aynı noktadan yapılması ölçüm sonuçlarının tutarlı olması açısından çok önemlidir. Bu aşamadan sonra motorun çalışması için gerekli elektrik akımını sağlayacak proplar motorun bağlantı uçlarına inerek kontaklamayı sağlarlar. Yaklaşık 30 saniyelik bir ölçme ve değerlendirme sonucunda sistem ekranında motor hakkındaki teşhis gösterilir.

Hakkında teşhis konan motor ise aşağı montaj bandındaki taşıyıcı palete indirilir ve teşhis bilgileri manyetik bir kafa yardımıyla palet üzerindeki kodlama bölümüne geçirilir. Sağlam motorlar CAQ sistemi sonrasında yer alan işçi tarafından etiketlenip hattın alınırken hatalı motorlar hattın en sonunda yer alan tamir istasyonuna gönderilir. Orada bulunan görevli önünde bulunan ekrandan hatanın şeklini görür ve hata şekline göre giderilebilecek arızaları gidermek üzere hat üzerinde ilgili istasyona gönderir. Düzeltmesi mümkün olmayan motorlar ise hurdaya ayrılır.

Yukarıda çalışma şekli kısaca anlatılan CAQ sisteminin teknik yapısını elektriksel ve mekanik yapı olarak iki alt başlıkta incelemekte fayda vardır.

1) Elektriksel Yapı

CAQ sistemleri daha önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi konvansiyonel test sistemlerinden farklı olarak mekanik yapısı daha basit test sistemleridir. Buna karşın ölçme tekniğinin getirdiği hassasiyet sorunu ve sınıflandırma yöntemi için uzun ve karmaşık hesaplar içeren bir algoritmanın varlığı oldukça güçlü bir bilgisayarın varlığını gerekli kılmıştır.

PI/VAD Test Sistemi' nin elektriksel ve ölçüm yapısı aşağıdaki ana komponentlerden oluşmaktadır:

a) Kumanda Dolabı

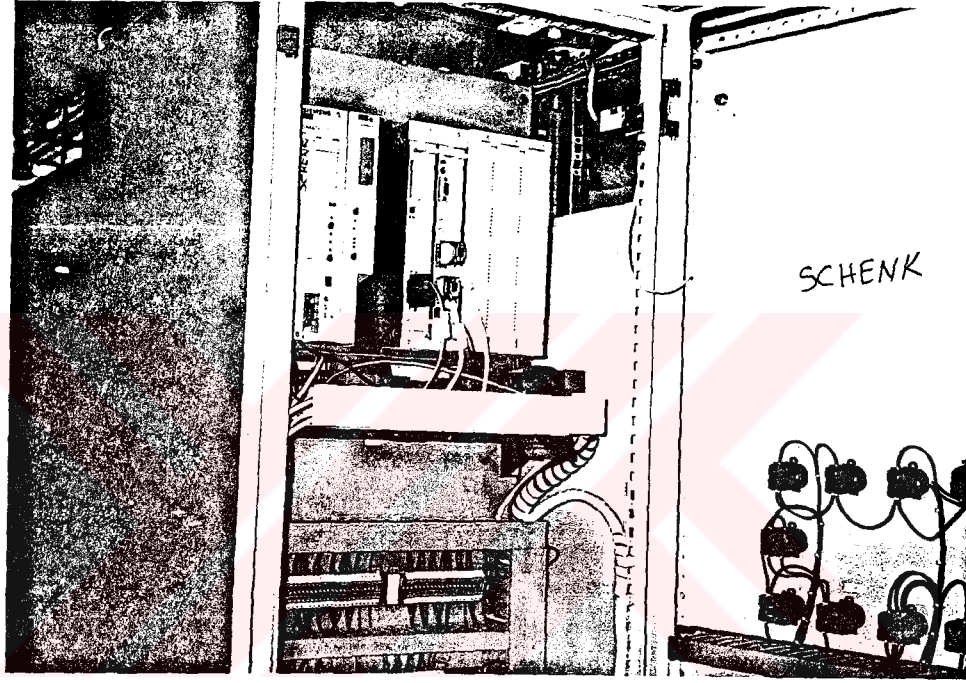
Kumanda dolabı, sistemi oluşturan parçaların kumandasını sağlayan SIMATIC S5-115U programlanabilir lojik kontrolörü ve diğer yan birimlerini içerir. Kullanılan PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör) Siemens / ALMANYA yapımıdır (Şekil 3.27).

b) Elektrik Panosu

Denenen motorun beslemesi ve ona bağlanan kumanda elemanları ile ölçüm çeviricilerinin bulunduğu kısımdır. Bu kısımda ayrıca röleler ve kontaktörler gibi çeşitli bağlantı elemanları da yer almaktadır (Şekil 3.28).

c) Bilgisayar Dolabı

Bu kısımda CAQ sisteminin işleyişi açısından en önemli kısımları yer alır. Ölçüm için gerekli elektronik donanım ile ölçüm sinyallerinin işlenebilmesi için gerekli güçlendiriciler bu bölümde bulunur. Ayrıca PI/VAD ölçüm sisteminin kontrol ve değerlendirme bilgisayarı da burada bulunmaktadır. Burada bulunan diğer bir eleman ise çeşitli grafiklerin ve raporların alınmasını sağlayan bir inkjet printerdir. (Şekil 3.29).



Şekil 3.27 Kumanda Dolabı



Şekil 3.28 Elektrik Panosu



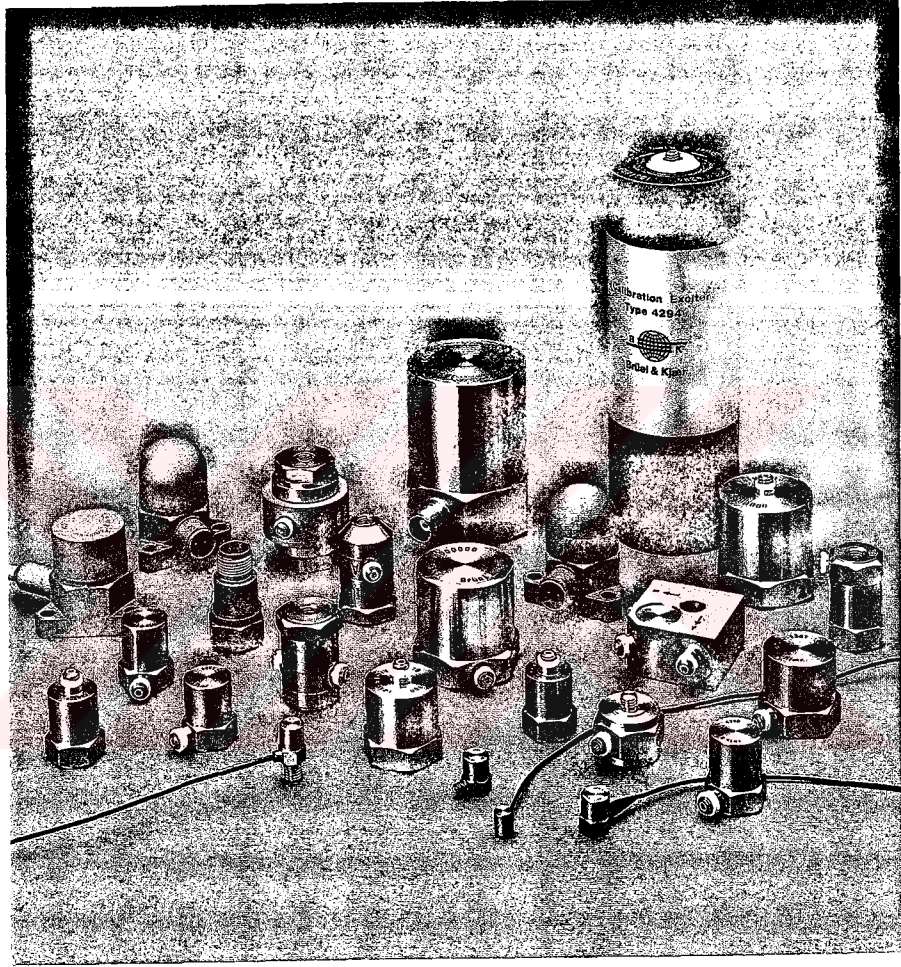
Şekil 3.29 Bilgisayar Dolabı

d) Algılayıcılar

PI/VAD sistemi daha önce de anlatıldığı gibi yaptığı teşhislerin büyük bir kısmını vibroakustik ölçümlere dayandırır. Dolayısıyla vibroakustik ölçümlerin oldukça doğru ve duyarlı olması gerekir. Bunu sağlamak içinde oldukça hassas algılayıcıların doğru yerlere yerleştirilmesi gerekir. Bu amaçla sistemde, test kabininin içine yerleştirilmek üzere, birer adet ses alma mikrofону ve ivme algılayıcı transducer kullanılmıştır. Kullanılan mikrofón ve ivme algılayıcı (accelerometer) bu konuda dünyada uzmanlaşmış olan Brüel & Kjær / Danimarka firmasından sağlanmıştır.



Şekil 3.30 Mikrofon



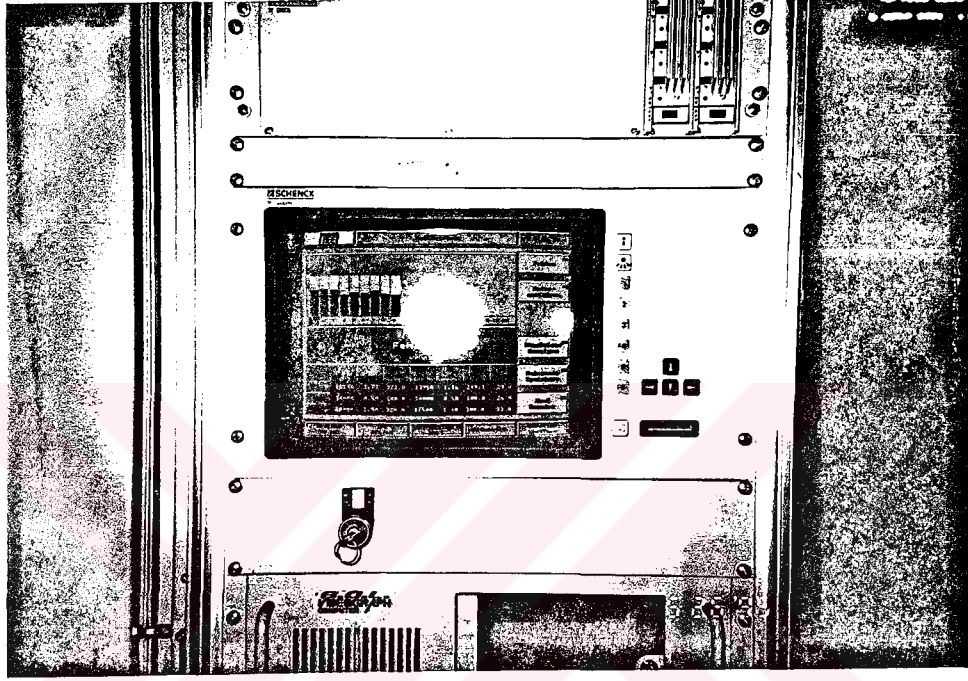
Şekil 3.31 İvme Ölçer (Accelerometre)

e) Güç Kaynakları

Kumanda sistemlerinin ve denenen motorun beslenmesi için gerekli doğru ve alternatif gerilim kaynaklarıdır. Güç kaynaklarının toplam kurulu gücü 9.5 kVA' dır.

f) Kontrol Paneli

Kumanda dolabının üzerinde bulunan bu panel aracılığıyla sisteme bilgi girişı yapılır. Kontrol paneli membran tuşlu bir paneldir ve fonksiyon tuşlarını içerir. Ayrıca bilgi girişı için standart bir tuş takımı da bulunmaktadır.



Şekil 3.32 Kontrol Paneli

2) Mekanik Yapı

CAQ sistemlerinin sahip olduğu komplike elektriksel yapıya karşın mekanik yapısı konvansiyonel sistemlerle karşılaştırıldığında oldukça yalın kalmaktadır. Herşeyden önce motorun test edilmesi ve çeşitli moment değerlerinin elde edilmesi için gerekli olan bir yük söz konusu değildir. Devir sayısı ölçümü için ek bir donanıma gerek yoktur.

Dolayısıyla mekanik açıdan oldukça yalınlaşan PIVAD test sisteminin başlıca mekanik komponentleri şunlardır:

a) Test Kabini

Motorların test edildiği ortamın ortam gürültüsünden ve vibrasyondan yalıtılmış olması gerekir. Bu ihtiyaç laboratuvar ortamında kolaylıkla sağlanırken üretim hattı üzerine entegre edilmiş bir CAQ sistemi için büyük bir sorun teşkil eder. Bu sorunun giderilmesi amacıyla motorlar, hat üzerine yerleştirilmiş bir test kabininde test edilmektedirler. Kullanılan test kabini, kabin dışı ortam gürültüsünü (85 dB(A)) içeri geçirmeyecek şekilde yalıtılmıştır. Böylece mikrofon aracılığıyla ölçülen sesin yalnızca motorun sesi olması ve ölçüm üzerinde bozucu etkilerin mümkün olduğu kadar azaltılması sağlanmış olur.

Test kabini dışardan gelebilecek salınımlara karşıda izole edilmiştir. Böylece yapılan gövde vibrasyonu ölçümleri içinde yalnızca motora ait değerlerin bulunması ve diğer bozucu salınımların elimine edilmesini sağlar.



Şekil 3. 33 Test Kabini

Herhangi bir hataya yer vermemek için işletim esnasında kabinin kapıları otomatik olarak bloke edilir. Bu işlem aynı zamanda sistemin emniyetli olarak çalışabilmesi için de gereklidir. Zira sistem içinde eşzamanlı olarak hareket eden bir çok eleman

bulunmakta, motorun ve diğer bazı donanımın çalışabilmesi için yüksek gerilim uygulanmaktadır.

b) Vibroakustik Ölçüm Kafası

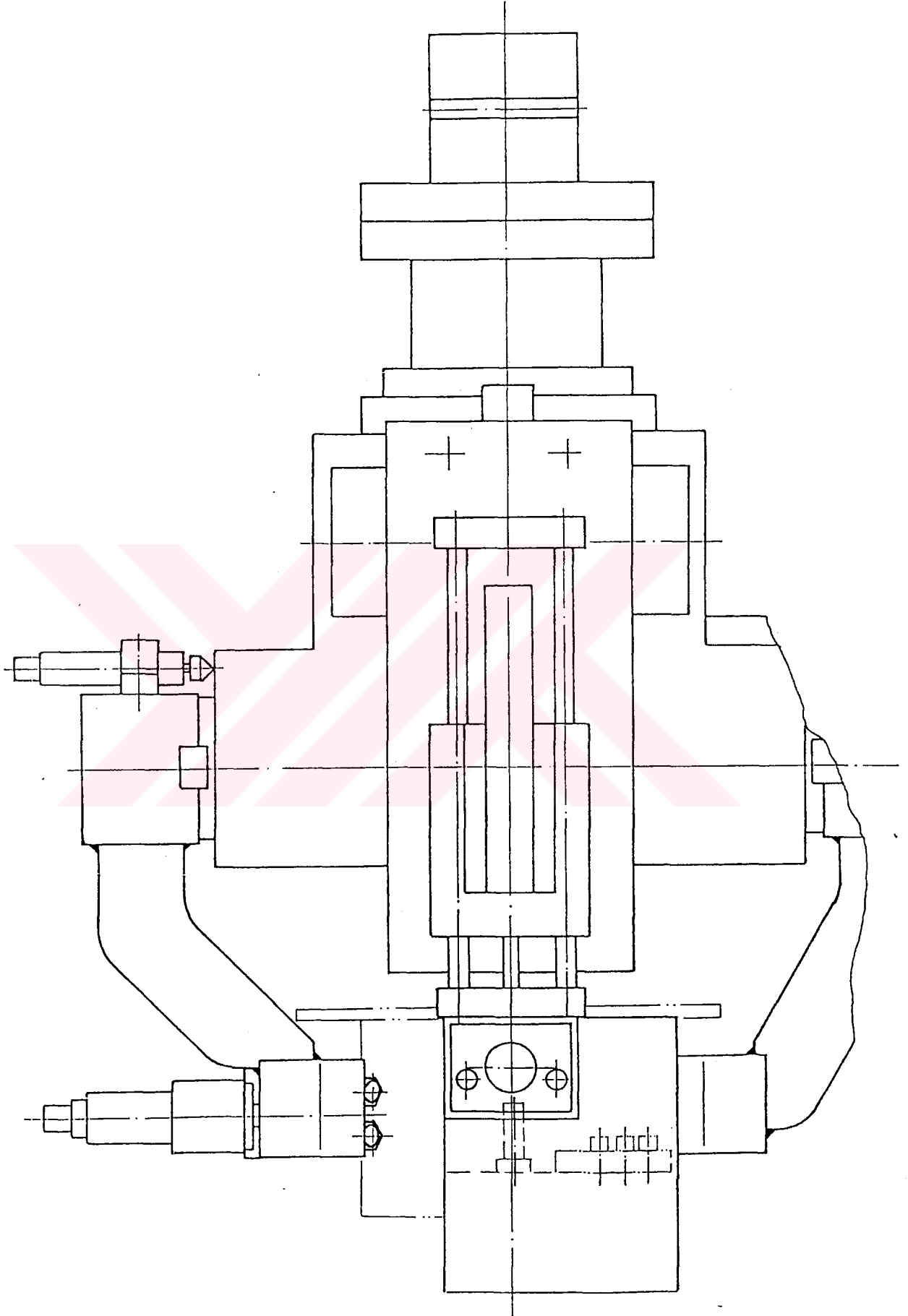
Vibroakustik ölçümlerin yapılabilmesi için gerekli ivme ölçer transducer bu kafaya yerleştirilmiştir. İşletim esnasında bu kafanın hizasına kaldırılan motor bir tutucu tarafından yakalanır ve transducer motorun daha önceden belirlenen bölgesine yerleştirilir. Bu aşamada yapılan işlem ölçümün güvenilirliği açısından çok önemlidir. Vibrasyon ölçümleri her motor için aynı noktadan yapılmak zorundadır. Zira farklı noktalarda yapılacak vibrasyon ölçümleri, aynı motor için dahi olsa, farklı sonuçlar verir. Tutuculu ölçüm kafası yardımıyla bu problemin üstesinden gelinmiş olur (Bkz. Şekil 3.34) .

c) Elektriksel Bağlantı Elemanı

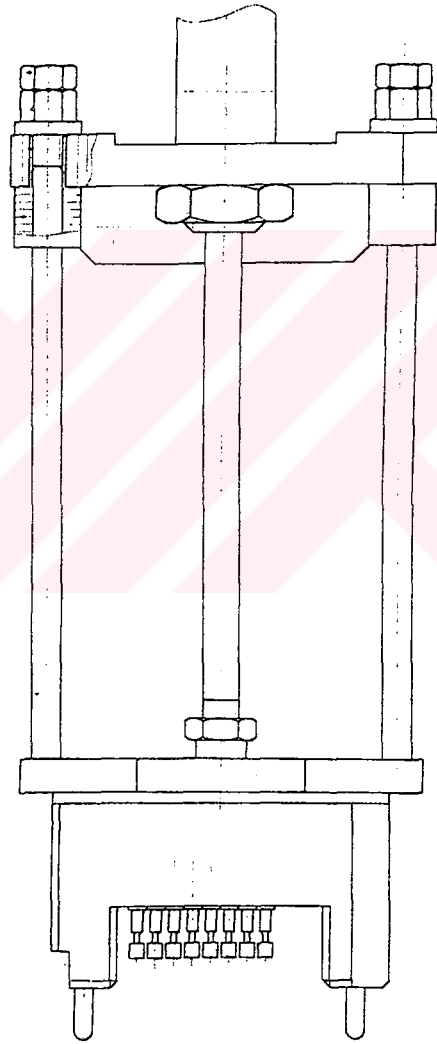
Test edilen motora elektrik verilebilmesi için özel olarak tasarlanmış bir bağlantı elemanına ihtiyaç vardır. Zira otomasyon uygulamalarında, laboratuvar ortamında olduğu gibi motora kablolar aracılığıyla elektriksel bağlantı yapılması imkansızdır. Bu yüzden pnömatik bir bağlantı elemanı bu amaçla kullanılmaktadır. Test edilmek üzere kabinin içine kaldırılarak tutucu kafa tarafından yakalanan motorun bağlantı terminaline yaylı bağlantı uçları pnömatik olarak bastırılır. Böylece istenen elektriksel bağlantı sağlanmış olur. (Bkz. Şekil 3.35).

d) Pnömatik Kaldırma ve Pozisyonlama Sistemi

Test edilmek üzere test kabinine alınan motor kabin içinde sabitlenmeli ve ideal ölçüm koşullarının sağlanabilmesi için her motorun aynı ölçme pozisyonuna getirilmesi gerekir. Bu işlem ise pnömatik bir silindirle çalışan bir kaldırma sistemi yardımıyla yerine getirilir. Test istasyonundan önceki istasyondan gelen motor test

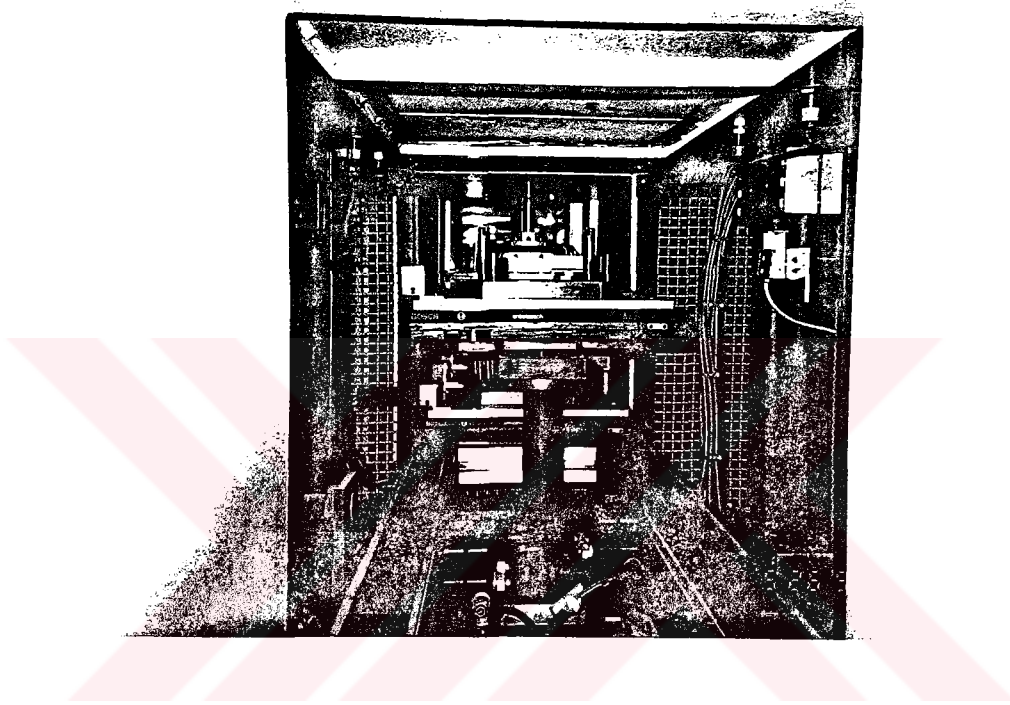


Şekil 3.34 Vibroakustik Ölçüm Kafası



Şekil 3.35 Elektriksel Bağlantı Elemanları

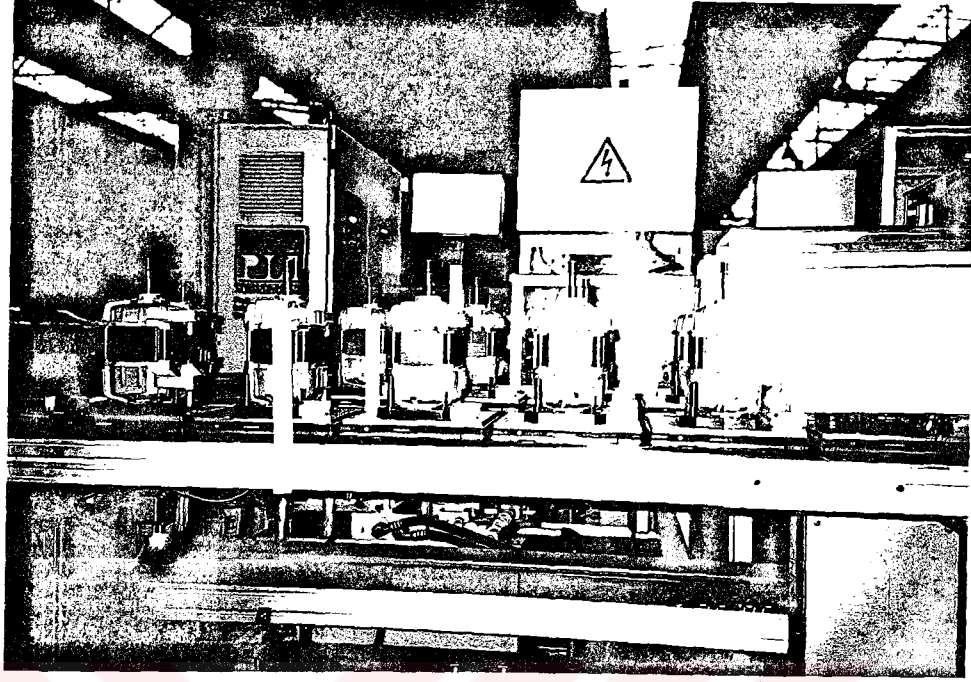
kabini altındaki kısımdan kaldırıcı sistem yardımıyla kabin içine alınır ve belirli bir seviyeye kaldırılır. Bu seviye önceden belirlenmiş ölçüm seviyesidir. Böylece ses ve vibrasyon ölçümlerinin aynı noktada yapılarak sağlıklı ölçüm ve kontrol yapılması sağlanır.



Şekil 3.36 Pnömatik Kaldırma

e) Taşıyıcı Bant ve Pnömatik Kumandalı Sabitleyici

PI/VAD motor test sisteminin diğer bir mekanik elemanı da motorların bir önceki istasyondan test istasyonuna ulaştırıldığı taşıyıcı bant ile test istasyonunun bulunduğu noktada motorun bulunduğu paleti test kabini içine alınmaya hazır hale getiren pnömatik bir sabitleyicidir. Motorların ulaştırılması için kullanılan bant antistatik taşıyıcı paletlerin kullanılmasına imkan veren bir konveyör bandıdır. BOSCH firması yapımı olan bu modüler sistem elektrik motorları yardımıyla tahrik edilmektedir. Test istasyonunun altına getirilen motor yüklü taşıyıcı paletler ise bir ön pnömatik durdurucu yardımıyla önce teker teker test istasyonuna girecek şekilde sıraya sokulur ve bir sonraki pnömatik durdurucu tarafından da kaldırıcı sistemin kaldırabilmesi için bant üzerinde sabitlenir.



Şekil 3.37 Taşıyıcı Bant

Görüldüğü gibi PIVAD test sistemi oldukça yalın bir mekanik yapı içermektedir. Dolayısıyla gerektirdiği bakım faaliyetleri de oldukça azdır. Gerekli periyodik bakım faaliyetleri 1000 saatte bir tüm vida bağlantılarının kontrolü ve elektriksel bağlantı elemanlarının ayda bir ya da aşındığında değiştirilmesinden ibarettir. Bunun dışında ise hareketli parçaların yağlanması ve pnömatrik ekipmanın sızdırmazlık kontrolü gibi standart bakım faaliyetleri de gerekli bakım faaliyetleri arasında sayılabilir.

3.2.3.3 Örnek CAQ-Sisteminin Konvansiyonel Test Sistemleri İle Karşılaştırılması

Yukarıda çeşitli açılardan özellikleri ele alınan model destekli elektrik motorları test sisteminin sağladığı imkanları konvansiyonel bir test sisteminin sağladığı imkanlarla karşılaştırdığımız zaman aşağıdaki sonuçlar özetlenebilir:

- **Test Doğruluğu:** Gerçekleştirilen motor testlerinin doğruluğu konvansiyonel sistemlerin sağladığı doğrulukla aynı seviyededir.
- **Test Hızı:** Elde edilen test hızı konvansiyonel test sistemlerinin hızına göre oldukça yüksektir.
- **Test Derinliği:** Gerçekleştirilen testin derinliği konvansiyonel sistemlerden çok daha fazladır.
- **Hata Teşhisi:** Test sisteminin test edilen motorlar hakkında koyduğu teşhisler konvansiyonel sistemlere göre daha detaylı bir şekilde mümkündür.
- **Güç Ölçümü:** Konvansiyonel sistemlerden farklı olarak ek bir yük bağlanmaksızın güç ölçümü mümkündür.
- **Güvenilirlik:** Gerçekleştirilen testin güvenilirliği konvansiyonel sistemlere göre daha yüksektir. Zira test prosesi herhangi bir yük donanımından bağımsız olduğundan gerçekleştirilen test de donanımın içinde bulunduğu durumdan etkilenmez.
- **Bakım:** CAQ-Sistemi herhangi bir kalibrasyon gerektirmediğinden konvansiyonel sistemlere göre çok daha az bakım gerektirir.
- **Denek Hakkında Bilgi:** CAQ-Sistemi model destekli bir sistem olduğundan konvansiyonel sistemlerden farklı olarak test edilen motor hakkında ayrıntılı bilgiye gerek vardır.
- **Mekanik Donanım:** Prensipte olarak herhangi bir yük donanımı ve moment algılayıcıya gerek duymadığından CAQ-Sistemi konvansiyonel sistemlere göre daha yalın bir mekanik donanıma sahiptir.

- **Yazılım:** Kullanılan test prensibinin model destekli bir hesaplama yöntemi olması dolayısıyla gerekli yazılım desteği konvansiyonel bir sisteme göre oldukça fazladır.



BÖLÜM 4. CAQ SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

3. bölümde yapısı ve özellikleri detaylı olarak anlatılan CAQ sistemleri esasen çok yeni bir konsepttir. CAQ sistemleri fikrinin ortaya atılması üzerine çok geçmeden çalışmalar başlatılmış ve bu konuda çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar gelişen teknoloji ile beraber ivme kazanmış ve 90' lı yılların başından itibaren tam anlamıyla bilgisayar destekli kalite kontrol sistemleri üretim piyasasına girmeye başlamıştır.

İlk CAQ sistemleri, pazarın ihtiyaçları ve kullanıcıların taleplerinin yerine getirilebilirliği göz önüne alındığında, elektrik motorlarının son kontrollerinin gerçekleştirilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Önceleri oldukça pahalıya malolan ve konvansiyonel test sistemlerine alışkın motor üreticilerince kuşkuyla karşılanan bu sistemlere karşı, pazar şartlarının da zorlamasıyla, daha sonraları artan bir talep başgöstermiştir.

Daha önceki kısımlarda da belirtildiği gibi bilgisayar destekli kalite kontrol sistemleri oldukça karışık bir hesap algoritmasını içeren, oldukça yalın bir mekanik yapıya sahip olan bir *kara kutu* özelliğini içerir. Test esnasında gerçekleştirilen işlemler genelde kullanıcı tarafından bilinmez. Test için sisteme giren motor kısa süren bir test süresi (motor tipine göre 10 - 50 saniye arası) sonucunda gerekli teşhis konarak dışarı çıkarılmakta ve hatalı olan motorlar hatalarına göre sınıflandırılarak üretim kontrolü sağlanmaktadır. Tam anlamıyla bir *kara kutu* özelliklerine sahip bu tür sistemlerin potansiyel müşterileri çoğunlukla bu sistemlerin işleyişi ile ilgili yeterli bilgiye sahip değildirler. Bu durumlarıyla da böyle bir sistemin seçimi konusunda CAQ sistemleri üreticilerine güvenmek zorunda kalmışlardır. Bu aşamada bu tür sistemlerin performanslarının bağımsız bir şekilde değerlendirilebilmesi gerekliliği ortaya çıkar. Zira bu karmaşık sistemlerin üretim tesislerine kazandırılması büyük yatırımları gerektirmektedir. Doğal olarak da böyle bir yatırımı yapmadan önce yapılan yatırıma en uygun sistemin seçilmesi gereklidir. Bu amaçla öncelikle seçimde motor üreticilerine yardımcı olacak bazı

performans kriterlerinin tespiti ve bu kriterleri kullanan bir değerlendirme sisteminin geliştirilmesi gereklidir.

Bu kriterlerin tespiti için bir araştırma yapılmış ve elektrik motorlarının kalite kontrolünde kullanılabilecek bazı kriterler belirlenmiştir.

4.1 CAQ Sistemlerinin Performans Kriterleri

Yukarıda da belirtildiği gibi büyük bir yatırım gerektiren CAQ sistemlerinin seçimi konusunda karar vericinin kararını dayandırabileceği, önündeki seçenekleri değerlendirebileceği bazı kriterlerin bulunması gereklidir. Bu amaçla Carl Schenck AG firmasının kendi geliştirdiği CAQ sisteminin sağlıklı olarak değerlendirilebilmesi amacıyla gerçekleştirdiği 06/01/1993 tarihli araştırma bize bu konuda ışık tutabilecek bilgiler sağlamaktadır [7]. Kullanıcılar ve sistem geliştiriciler arasında yapılan bu araştırma sonucunda elde edilen kriterler 5 ana grupta toplanmışlardır:

a) Algılayıcılar

Araştırma sonucu belirlenen değerlendirme kriterlerinin ilk grubunu algılayıcılar bölümü oluşturmaktadır. Bu gruba dahil kriterler şu şekilde sıralanmışlardır:

- Endüstriyel ortamlarda kullanılabilecek vibrasyon algılayıcılarının varlığı:

Gürültüsü ve sarsıntısı bol bir ortamda kullanılacak olan bir CAQ sisteminin sahip olduğu algılayıcıların bu ortamlardan etkilenmeyecek bir yapıya sahip olmaları gerektiği açıktır.

- Algılayıcı bağlantılarının sabit pozisyon, açı ve kuvvette gerçekleşmesi:

Sağlıklı bir teşhis koyabilmek için her motorun ölçümünün yapıldığı noktanın tamamen aynı olması gereklidir.

- Test edilen motorun ve algılayıcıların ses ve vibrasyona karşı izolasyonu:

Test edilen motor ve algılayıcıların dış ortamın bozucu etkilerine karşı izole edilmesi gereklidir.

- Ölçüm verilerinin ve teşhisin yeniden kullanılabilirliği:

Çoğunlukla yapılan ölçümler tek bir değerin kontrolü için değil bir çok değişik hesaplama temeli oluşturacak verilerin eldesi amacıyla yapılır. Bu yüzden elde edilen ölçüm verilerinin ve varılan teşhislerin yeniden kullanılabilirliğinin (reproducibility) yüksek olması gereklidir.

- Yüksek bir teşhis doğruluğu amacıyla iki eksenli ölçüm:

Özellikle ek bir donanımı olan motorlarda (dişli motor, fan motoru gibi) detaylı ve doğru bir teşhis koyabilmek için iki eksenli bir ölçüme ihtiyaç vardır.

b) Ölçüm Tekniği / Yazılım

İkinci grup olan ölçüm tekniği ve yazılım grubunu oluşturan kriterler şunlardır:

- Devir sayısı ile senkron olarak devir sayısı ölçümü:

Yüksek bir analiz kesinliğine ulaşabilmek için yapılan devir sayısı ölçümlerinin devir sayısı ile senkronize gerçekleştirilmesinde fayda vardır.

- Periyodik gürültülerin teşhisi için frekans bölgesinde analiz:

Ölçülen periyodik bir gürültünün analizi sinyalin FFT-Çevrimi yoluyla frekans bölgesi eşdeğeri edilerek gerçekleştirilebilir.

- Periyodik olmayan gürültülerin teşhisi için zaman bölgesinde analiz:

Periyodik olmayan bir gürültü sinyali FFT-Çevrimi yardımıyla alt harmoniklerine ayrılması mümkün olmayacağından bu tür sinyallerin zaman bölgesinde incelenmesinde fayda vardır.

- Psikoakustik tanımlayıcı özelliklerin eldesi:

Motorların ve ek donanımlarının çıkardıkları çeşitli seslerin yorumu (gürültülü, rahatsız edici gibi) için gerekli tanımlayıcı özelliklerin elde edilmesi, sistemin son kontrol aşamasında bulunan kontrol uzmanını elimine edebilmesi açısından gereklidir.

- Kesin olmayan sınıf sınırları durumunda ayırım yapabilme:

Sistemin teşhis için kullandığı yöntem, test edilen bir motorun kesin olarak herhangi bir sınıf sınırlarına dahil edilemediği durumlarda da motorun durumu hakkında bir yorum getirebilmesi gereklidir.

- Akım analizi:

Özellikle kollektörlü motorların (doğru akım motoru, üniversal motor) kommutasyon seslerinin teşhisi için akım analizi gereklidir.

c) Kullanım

Sistemin kullanımına ilişkin kriterleri içeren üçüncü grup şu şekilde oluşmuştur:

- Öğrenme işletimindeki kullanım :

Öğrenme işletimindeki kullanım, kullanıcıyı destekleyecek şekilde ve ona fazla yük getirmeyecek şekilde olmalıdır.

- Detaylı Hata Teşhisi:

Motorların test edilmesi sonucunda gerçekleşen teşhislerin hata çeşidini de içerecek şekilde detaylı olması gereklidir.

- Açıklamalı menülerle idare:

Sistemin alt bölümleri arasındaki bağlantılar kullanıcıya kullanım kolaylığı sağlaması açısından açıklamalı menülerle yapılmasında fayda vardır.

- Kalibrasyon:

Herhangi bir nedenle kullanılan ölçüm aletlerinin kalibrasyonlarının bozulması durumunda bir menü yardımıyla kalibrasyon yapma ve yapılan kalibrasyona ilişkin protokol oluşturulabilmesi gereklidir.

- SPC imkanı:

CAQ sistemi sahip olduğu istatistik modülleri yardımıyla gerçekleştireceği eğilim analizleri yardımıyla proses kontrolü yapabilmelidir.

- Endüstriyel çalışma ortamı:

Motorların test edildiği ortamın seri üretimin gerektirdiği şartlara uygun olarak dizayn edilmiş olması gereklidir.

- Toplam test zamanı:

Sistemin bir motoru test edip teşhis koyabilmek için gerek duyduğu zaman seri üretim şartlarının gerektirdiği sınırlar altında kalmalıdır.

- Dokümantasyon/Kullanım el kitabı:

Sistemin kullanımına yönelik tüm bilgileri ayrıntılı olarak içeren dokümantasyonun ve el kitaplarının sistemle beraber verilmesi gereklidir.

d) Servis

Dördüncü gruba oluşturan kriterler ise CAQ sistemlerine yönelik servis hizmetlerini içeren kriterlerdir:

- 10 yıl boyunca yedek parça sağlama:

İyi bir sistem üreticisi ürettiği sistemin yedek parçalarını 10 yıl boyunca sağlayabilme garantisi vermelidir.

- Güçlü servis imkanı:

Sistem üreticileri, CAQ sistemlerinde çıkabilecek sorunlara süratle ve doğru olarak müdahale edebilecek bir servis bölümüne sahip olmalıdır.

- Dünya çapında servis ağı:

CAQ sistemlerinin üreticilerinin dünyanın teknolojik açıdan gelişmiş birkaç ülkesinde konsantre olduğu buna karşın kullanıcıların dünyanın diğer yerlerine dağıldığı düşünüldüğünde üretici firmanın dünya üzerine dağılmış iyi bir servis ağının bulunması gereklidir.

- Modem yardımıyla uzak mesafeli arıza teşhisi ve sistem bakımı:

Sistemin yazılımına ilişkin sorunlara süratle müdahale edilebilmesi açısından üretici firmanın sisteme bir telefon modemi üzerinden ulaşabilmesi gereklidir.

- Kendi kendine arıza teşhisi:

Sistem, herhangi bir arızanın oluşması sonucunda daha fazla çalışmasını önleyecek ve ayrıntılı olarak raporlama yaparak arızanın giderilmesini kolaylaştıracak bir arıza teşhisi yeteneğine sahip olmalıdır.

e) Genel

Altıncı ve son grubu sisteme ilişkin diğer genel kriterler oluşturur:

- Sistem integrasyonu ve üretime geçişe kadar tam sorumluluk:

Sistem üreticileri sistemin üretime tam integrasyonuna kadar geçen süre içinde sistemin sağlıklı olarak çalışabilmesi için gerekli tüm sorumluluğu üzerine almalıdır.

- Uzun yıllar boyunca sisteme bakım sağlayabilme:

Bu tür sistemlere yapılan yatırımlar büyük boyutlu olduğundan sistemlerin uzun yıllar hizmet etmesi beklenir. Bu yüzden üretici firmalar uzun yıllar boyunca olası arızalara karşı sistem bakımı sağlamayı garanti etmelidirler.

- Ölçüm sisteminin maliyeti:

Yapılan yatırımın boyutunu belirleyici önemli bir özellik olması açısından özellikle gözönünde bulundurulması gereklidir.

- Test ortamının mekanik donanımı maliyeti:

Bir önceki kriter gibi bu kriterde toplam sistem maliyetine doğrudan etkili olduğundan gözönünde bulundurulması gereklidir.

- Üretici firmanın mali durumu:

Üretici firmanın müşterilerine uzun yıllar hizmet verebilmesi ve geliştirme faaliyetlerinde bulunabilmesi için güçlü bir mali yapıya sahip olması gereklidir.

- Araştırma - Geliştirme Potansiyeli:

Üretici firma ürettiği sistemlerin geliştirilmesine ilişkin araştırma faaliyetleri içinde bulunması ve bu gelişmelerden müşterilerini haberdar etmesi gereklidir.

- Referanslar:

Bir sistemin pazarda kabul gördüğünün en önemli kanıtlarından biri de sistemin sahip olduğu referanslardır. Bu yüzden gözden kaçırılmaması gereken bir kriterdir.

- Sistem tekniği:

Sistemin içerdiği teknik donanımın (mekanik, elektrik, yazılım) bir elden sağlanması daha sonraki aşamalarda sistem bakımı, yedek parça temini, arızalara hızlı ve doğru müdahale açısından büyük önem gösterir.

- Temin süresi:

Sistemin siparişinden anahtar teslimine kadar geçen süredir. Genelde bu sürenin mümkün olduğu kadar kısa olması istenir.

Derlenen bu kriterler şu anda piyasada bulunan sistemlerden yararlanılarak oluşturulmuştur ve kullanıcılara seçim konusunda bir fikir verebilmesi amacıyla biraraya getirilmişlerdir. Varolan sistemlerin gelişmesiyle ortaya gözönünde bulundurulması gerekli yeni kriterlerin çıkacağı kuşkusuzdur. Bu yüzden bu kriterlerin ve daha sonra ki bölümde değinilecek olan değerlendirme sisteminin okuyuculara bir fikir verebilmek amacını taşıdığı gözönünde bulundurulmalıdır.

4.2 CAQ Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Önceki bölümde belirtildiği gibi gelişimi ve pazarda yer alması çok yeni olan CAQ sistemlerinin kullanıcılar tarafından tanınmasında dolayısıyla oldukça yenidir. Bu nedenle kullanıcıların piyasadaki sistemler hakkında bilgileri kısıtlıdır ve çoğunlukla böyle bir sistem alımında karar verebilmek için yetersizdir.

Kullanıcılar tarafındaki bu handikapı ortadan kaldırmak ve onlara mevcut sistemleri değerlendirmelerinde yardımcı olabilmek amacıyla önceki bölümde anlatılan kriterleri kullanan bir puanlama sisteminin oluşturulması düşünülmüştür. Buna göre mevcut sistem her bir performans kriterini sağlama oranına göre puanlanır (en iyi 1, en kötü -1). Eğer incelenen kritere ilişkin sistemden herhangi bir bilgi sağlanamıyorsa sisteme o kriter için sıfır puan verilir. Daha sonra elde edilen tüm puanların ağırlıklı aritmetik ortalaması alınır. Ağırlıklı ortalama alınırken her bir kriter için belirlenen ağırlıklar ya da önem dereceleri kullanılır. Bu ağırlıklar kullanıcılar ve uzmanların görüşleri alınarak belirlenmiştir. Buna göre değerlendirilen sistemin aldığı puan, p_i sisteme verilen toplam puan, a_i puanlandırılan kritere ait ağırlık, n kriter sayısı olmak üzere;

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n a_i p_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (10)$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

Böylece sistemin, mükemmel bir sistemin özelliklerini sağlama oranı belirlenir. İstenirse bu oran yardımıyla sisteme 0 - 10 arasında bir not da verilebilir.

Yöntemin işleyişini daha iyi anlatabilmek ve kriter ağırlıklarını ayrı ayrı gösterebilmek için bu yöntemin bir uygulamasını incelemekte fayda vardır.

Yöntemin uygulamasını 3.2.3' te incelenen örnek test sistemi üzerinde gerçekleştirebiliriz:

<i>Kriter</i>	<i>Puan</i>	<i>Ağırlık</i>	<i>Son Puan</i>
- Endüstriyel ortamlarda kullanılacak vibrasyon...	1.0	0.4	0.4
- Algılayıcı bağlantılarının sabit pozisyon...	1.0	0.9	0.9
- Test edilen motorun ve algılayıcıların izolasyonu	1.0	0.9	0.9
- Ölçüm sonuçlarının yeniden kullanılabilirliği	0.8	0.9	0.7

<i>Kriter</i>	<i>Puan</i>	<i>Ağırlık</i>	<i>Son Puan</i>
- İki eksenli ölçüm	0.8	0.9	0.7
- Devir sayısına senkron devir sayısı ölçümü	0.8	0.9	0.7
- Frekans bölgesinde analiz	1.0	0.9	0.9
- Zaman bölgesinde analiz	1.0	0.9	0.9
- Psikoakustik tanımlayıcı özelliklerin eldesi	-1.0	0.8	-0.8
- Kesin olmayan sınıf sınırları durumunda atama	0.6	0.9	0.5
- Akım analizi	1.0	0.7	0.7
- Öğrenim işletimindeki kullanım	0.6	0.8	0.5
- Detaylı Hata Teşhisi	0.8	0.9	0.7
- Açıklamalı menülerle idare	1.0	0.5	0.5
- Kalibrasyon	0.8	0.5	0.4
- SPC	1.0	1.0	1.0
- Endüstriyel çalışma ortamı	1.0	0.7	0.7
- Toplam test zamanı	1.0	0.7	0.7
- Dokümantasyon/Kullanım el kitabı	1.0	0.3	0.3
- 10 yıl boyunca yedek parça sağlama	0.8	0.4	0.3
- Güçlü servis imkanı	0.4	0.5	0.2
- Dünya çapında servis ağı	0.8	0.1	0.1
- Modern yardımıyla uzak mesafeli arıza teşhisi...	0.8	0.8	0.6
- Kendi kendine teşhis	0.4	1.0	0.4
- Sistem integrasyonu ve üretime geçişe kadar tam...	1.0	0.7	0.7
- Uzun yıllar boyunca sisteme bakım sağlayabilme	1.0	0.5	0.5
- Ölçüm sisteminin maliyeti	0.2	1.0	0.2
- Test ortamının mekanik donanımı maliyeti	-0.6	1.0	-0.6
- Üretici firmanın mali durumu	1.0	0.5	0.5

<i>Kriter</i>	<i>Puan</i>	<i>Ağırlık</i>	<i>Son Puan</i>
- Araştırma - Geliştirme Potansiyeli	0.8	0.3	0.2
- Referanslar	0.6	0.6	0.4
- Sistem tekniği	1.0	0.3	0.3
- Temin süresi	- 0.4	0.3	- 0.1

<i>Ortalama Puan:</i>	0.67
<i>Performans Notu:</i>	6.7

Böylece CAQ sisteminin performans notu 6.7 olarak tespit edildi.



BÖLÜM 5. DÜNYADA CAQ SİSTEMLERİNE EĞİLİM

Üretim alanındaki yeni oluşumlara adapte olabilme, ileri üretim teknolojilerini üretim prosesine uygulama ve rasyonelleşme ulusal ve uluslararası rekabette işletmelerin varlıklarının sürdürebilmeleri açısından en önemli şartlardan birini oluşturur.

Bir ürünün maliyeti ve teslim süresi üretici firmanın pazardaki başarısını belirleyen temel faktörlerdir. Bu faktörlerin yanı sıra -ve hatta gitgide onlardan daha önemli olarak- üretilen malın kalitesi ön plana çıkmaktadır. Artık firmalar zamanında ve ucuz üretimin yanı sıra, pazar başarısını etkileyen üçüncü bir boyut olarak, kaliteli üretimi hedeflemektedir.

Kalite pazar payının artırılması açısından önemli bir rekabet faktörüdür. Kalitede meydana gelebilecek eksiklikler direk olarak pazar payının kaybolması anlamına gelir. Dolayısıyla üretici firmalar fabrikalarını terk eden ve son kullanıcılara ulaşan ürünlerinin % 100 olarak sağlam olduğunu garanti edebilmek zorundadırlar.

Ayrıca bir organizasyonun verimliliğinin esas faktörlerinden biri o organizasyonun ürettiği kaliteli ürünler ya da verdiği kaliteli hizmetlerdir. Tüm dünyadaki eğilim her alanda yüksek kaliteyi işaret etmektedir. ISO 9000, 9001 ve 9002 belgeleri uluslararası alışverişlerde sahip olan firmanın lehine bir tercih sebebi olmaktadır.

Tüm bu faktörler gözönünde bulundurulduğunda üretici firmaların uluslararası eğilime uyabilmek için maliyet - zaman - kalite üçlüsünü limitleri zorlayarak optimize etmeleri gereklidir. Bilgisayar destekli kalite kontrol sistemlerinin ortaya çıkmasıyla bu alandaki boşluk yavaş yavaş doldurulmaya başlanmıştır. Özellikle elektrik motoru üretimi alanında, üretilen motorların son kontrollerini yapan uzman sistemler, büyük miktarlarda üretim yapan ve kaliteden ödün vermeyen firmalar arasında ilgiyle karşılanmıştır. Carl Schenck firmasının ürettiği sistemlere ilişkin referans listesi sistemin yayılma hızı hakkında bir fikir verebilir (bkz. Şekil 5.1)

Tablo 5.1 Carl Schenck CAQ Sistemi Referans Listesi

Referenzliste		Stand: 10.02.94	
CARL SCHENCK AG Darmstadt		Datei: K:\REFLIST.WK1	
PI- und VAD-Prüfsysteme		Bearbeiter: Böhme	
Kunde/Land	Ausstattung	Motortyp/Applikation	Lieferjahr
Magneti Marelli I, San Salvo	HA, KON, SO,	RS, M=50 Nm, Ia=1000 A, n=6000 1/min AL für Kraftfahrzeuge	1989
Magneti Marelli I, San Salvo	VA, KON, SO,	RS, M=50 Nm, Ia=1000 A, n=6000 1/min AL für Kraftfahrzeuge	1989
Magneti Marelli GB, Birmingham	VA, KON, SO,	RS, M=50 Nm, Ia=1000 A, n=6000 1/min AL für Kraftfahrzeuge	1989
Jungheinrich D, Norderstedt	HA, PI, ST, HS,	RS, P=0,5-15 KW, Ia=600 A, n=3000 1/min Antriebe für Flurförder-Fahrzeuge	1990
Bosch D, Bühl	VA, PI, ST,	PM, P=300 W, n= 2000 1/min Heizgebläseeinheit für die Automobilindustrie	1991
Braun/Femsa E, Vila Franca	VA, PI, ST,	PM, P=300 W, n= 2000 1/min Heizgebläseeinheit für die Automobilindustrie	1991
Dunkermotoren (SEL) D, Bonndorf	HA, PI, VAD, ST, HS, TFD,	PM, P=10-300 W, n=3000 1/min für Medizin- und Datentechnik	1991
Ziehl-Abegg D, Schöntal	HA, LP, VAD, HS, TFD, *	3P, KO, P=1500 W, n= 2800 1/min als Querstromgebläse	1991
Hoover GB, Cambuslang	VA, PI, VAD, SO, TFD,	UV, P=700 W, n=22000 1/min Staubsaugermotoren	1992
Mercedes Benz D, Stuttgart	HA, PI,	PM, P=500 W, n=12000 1/min Automobilindustrie	1991
VDO D, Bebra	LA, PI, ST, TFD,	PM, P=50 W, n=26000 1/min Medizin- und Datentechnik, Automobilindustrie	1991
HILTI D, Kaufering	VA, PI, ST, TFD,	UV, P=2000 W, n=40000 1/min komplett montierte Handwerkzeugmaschinen	1991
VALEO Thermique F, Nogent-le-Rotrou	HA, PI, VAD, TFD,	PM, P=300 W, n=5000 1/min Antriebe für Heizgebläse in KFZ	1992
FIAT I, Torino	LA, PI,	PM, P=500 W, n=12000 1/min Automobilindustrie	1992
GeleG D, Augsburg	VA, PI, TFD	UV+PM, P=1 kW, n=3000 1/min div. industrielle Anwendungen	1992
Bosch D, Bühl	VA, PI, SO,	PM, P=300 W, n=8000 1/min Automobilindustrie	1992
PREH/Türk Elektrik D(Türkei)	VA, PI, VAD, LS	KO, P=500 W, n=2700 1/min Geschirrspülpumpenmotor	1992
Grundfos D, Wahlstedt	HA, PI, VAD	3P/KO, P=0,5-1,5 KW, n=3000 1/min Pumpen für Heizungsanlagen	1992
General Motors L, Luxemburg	LA, PI	PM, P=400 W, n=10000 1/min Musterzulassung für Automobilindustrie	1992
Kordel D, Dülmen	HA, PI, VAD	RS/OS/PM, P=0,2-5 kW, n=1000 1/min Antriebe für Flurförderfahrzeuge	1992
FIAT I, Torino	LA, PI	RS, P=0,6-3,5 KW, n=12000 1/min AL für Kraftfahrzeuge	1992
EWM D, Thurm	VAD	3P, P=180-3600 W, n=3000 1/min Industriemotoren	1992
SWF Canada	VA, PI	PM, P=300 W, n=3000 1/min Medizininteknik	1992
Bosch D, Bühl	HA, PI, SO,	PM, P=300 W, n=8000 1/min Automobilindustrie	1993
SAEW China	HA, DL, PI, VAD, SO	AL, P=1,5 KW, n=12.000 1/min, M=20 Nm AL für Kraftfahrzeuge	1993
SAEW China	LA, DL, PI, VAD, SO	AL, P= - KW, n=12.000 1/min, M=200 Nm AL für Kraftfahrzeuge	1993
Philips NL, Drachten	HA, PI, VAD	PM, P=200 W, n=3.000 1/min, M=10 Ncm Rasierermotoren mit Getriebe	1993
GATE I, Asti	LA, DL, PI, VAD	PM, P=1 KW, n=12.000 1/min, M=100 Nm Motoren für Automobilindustrie	1993
HSGAEM China	HA, DL, PI, VAD, SO	AL, P=1,5 KW, n=12.000 1/min, M=20 Nm AL für Kraftfahrzeuge	1993
Black&Decker D, Limburg	VA, DL, PI, VAD, HS, S	UV, P=1000 W, n=30.000 1/min komplett montierte Handwerkzeugmaschinen	1994
Bosch Mexico	HA, PI	PM, P=200 W, n=3000 1/min Motoren für Automobilindustrie	1993
Engel D, Wiesbaden	HA, DL, PI, VAD, HS, S	PM, RS, GR, P=4,5 KW, n=10.000 1/min Sondermotoren	1993
HLS/Elero D, Beuren	VA, DL, PI, VAD, HS, S	GR (KO), M=3-150 Nm, n=8-60 1/min Rohrmotoren	1993

SEW D, Graben	19 x HA, LP, SO, ST	GR (3P, GL), P=30 KW Indusriemotoren	1993
SWF E, Madrid	VA, PI, VAD, ST	GR (PM), M=max 50 Nm, n=60 1/min Scheibenwischermotoren	1993
PREH/Türk Elektrik D(Türkei)	VA, PI, VAD, LS	UV, P=300 W, n=15000 1/min Waschmaschinenmotoren	1993
PREH/Türk Elektrik D(Türkei)	LA, PI, VAD, LS	UV, P=300 W, n=15000 1/min Waschmaschinenmotoren	1993
Bosch D, Bühl	HA, PI, SO,	PM, P=300 W, n=8000 1/min Automobilindustrie	1993
SWF D, Wemding	VA, PI, VAD, ST	GR (PM), M=max 50 Nm, n=60 1/min Scheibenwischermotoren	1993
EMS D, Schleusingen	HA, PI, VAD, HS	UV, P=300 W, n=40000 1/min Antriebsmotoren	1994
Grundfos D, Wahlstedt	VA, PI, VAD	3P/KO, P=0,5-1,5 KW, n=3000 1/min Pumpen für Heizungsanlagen	1994
Grundfos D, Wahlstedt	VA, PI, VAD	3P/KO, P=0,5-1,5 KW, n=3000 1/min Pumpen für Heizungsanlagen	1994
EMS D, Schleusingen	VA, PI, VAD, SO	UV, P=300 W, n=20000 1/min Staubsaugermotoren	1994
United Technologies USA	VA, PI, VAD, SO	PM, P=200 W, n=3000 1/min Motoren für Automobilindustrie	1994
Black&Decker D, Limburg	HA, DL, PI, VAD, HS, S	UV, P=1000 W, n=30.000 1/min komplett montierte Handwerkzeugmaschinen	1994
Siemens D, Bensheim	HA, PI, SO	PM, P=200 W, n=40.000 1/min Dentalmotoren	1994
AEG D, Berlin	VA, VAD, SO	PM, P=400 W, n=2500 1/min Tandem-Axialgebläse	1994
AEG D, Berlin	*, VA, PI, VAD, HV, SO	PM, P=400 W, n=2500 1/min Tandem-Axialgebläse	1994

Zeichenerklärung:Ausstattung:

LA : Labor
 HA : Halbautomat
 VA : Vollautomat
 DL : Dynamische Lastprüfung
 LP : Leerlaufprüfung
 PI : PI-Prüfsystem
 VAD : Vibroakustische Diagnose
 LS : Luftschallprüfung
 HS : Hochspannungsprüfung
 SO : Sonderprüfung
 ST : Statistik und Prüfdokumentation
 TFD : Technische Fehler-Diagnose
 * : Prüfung kombiniert mit Auswuchten auf SCHENCK Auswuchtmaschine

Motor typ:

PM : Permanentmagnet-Motor P : Leistung
 RS : Reihenschluß-Motor Ia : max. Anlaufstrom
 UV : Universal-Motor n : Leerlaufdrehzahl
 3P : Asynchron-Motor (Induktionsm. 3 Ph) M : Moment
 KO : Kondensator-Motor (Induktionsm. 2 Ph)
 EK : Elektron. kommutierter Motor
 AL : KFZ-Anlasser
 SP : Spaltpol-Motor
 GR : Getriebemotoren

Sürekli artan pazar talepleri ve rekabet firmaları giderek daha fazla miktarda kalite güvence bölümlerine yatırımda bulunmalarına yol açmaktadır. Gelişen teknolojiyle beraber diğer üretim alanlarına hitap eden bilgisayar destekli kalite kontrol sistemlerinin ortaya çıkmasıyla beraber bu sistemlere ilginin artacağı kuşkusuzdur.



SONUÇLAR ve ÖNERİLER

20. yüzyılın sonuna geldiğimiz şu günlerde gelinen nokta şöyle özetlenebilir: Avrupa' nın tek bir pazar haline gelmesi, dünya çapında rekabetin şiddetlenmesi, çevre bilincinin gelişmesi, hammadde kaynaklarının giderek azalması ve dolayısıyla üretim maliyetlerinin giderek artması üretimde verimliliğin ve kalitenin sınırlara kadar zorlanması sonucunu doğurmuştur. Üretici firmalar, gittikçe acımasız bir rekabet arenası haline gelen uluslararası pazarlarda söz sahibi olabilmek için her geçen gün daha verimli ve kaliteli üretim imkanı sağlayacak yeni, ileri üretim sistemlerine, yeni üretim konseptlerine ilgi duymaya başlamışlar, bu alanda çeşitli arayışlara girmişlerdir.

Üretimde insan faktörünü minimuma indirmeyi amaçlayan bilgisayar bütünüleşik üretim sistemleri, yeni üretim konseptleri (Tam Zamanında Üretim JIT), toplam kalite yönetimi anlayışı ve buna bağlı olarak ISO-9000 standartları tüm bu arayışlara cevap olarak geliştirilmişlerdir.

Günümüzde artık başarılı olmak isteyen firmalar ağırlık sırasına göre yüksek kalite, zamanında teslim, sevkiyatta süreklilik ve uygun fiyatlardan oluşan başarı formülünü en iyi şekilde uygulamaya çalışmaktadırlar. Dolayısıyla firmaların mutlak bir başarı için bu dört faktörü de tam anlamıyla sınırlara kadar zorlayarak sağlaması gereklidir.

Pazar başarısının esası bu şekilde formüle edilebilirken, bu amaca nasıl ulaşılabileceğinin tespiti için üretim sistemlerinin gösterdiği aşamalar incelenebilir. Hammadde ve yarı mamülün en verimli kullanımını hedefleyen üretim konseptleri, üretimin her aşamasında tam otomasyon ve bilgisayar desteğinden faydalanma ve gelişen kalite güvence kavramı. İşte firmaların ürünlerini kaliteli, zamanında, sürekli, verimli ve ucuz üretebilmeleri için gerekli araçlar üretimde uygun, tam otomasyon ve toplam kalite anlayışıdır. Bu araçlardan ikisinin aynı anda sağlanması ise Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol Sistemleri yardımıyla gerçekleşir.

Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol Sistemleri tam bir Bilgisayar Tümüleşik Üretim (CIM) üretim hedefinin günümüze kadar boş kalmış olan kalite kontrol ayağını oluşturur. Kuşkusuz bu boşluğun doldurulmasında gelişen teknolojinin büyük payı vardır. Korkunç bir hızla ilerleyen teknoloji, ürünlerin kalitesinin kontrolü için gerekli olan algılayıcıları ve karmaşık teşhis yöntemlerinin yürütülebilmesi için gerekli olan güçlü bilgisayarları kullanıma sunmuştur.

Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol Sistemleri' nin ilk kullanım alanı olarak elektrik motorlarının son kontrolü amaçlı sistem 1989 yılından beri kullanımdadır. Motor kalitesine karar verebilecek özelliklerin çeşitli algılayıcılar yardımıyla algılanabilmesi bu alanın bilgisayar destekli kalite kontrol sistemlerinin geliştirilmesi için öncü rol oynamasına neden olmuştur. Kuşkusuz algılayıcı teknolojisinde gelecekte olacak gelişmeler diğer alanlarda da kalite kontrolde bilgisayar desteğinin sağlanmasına yol açacaktır. Şu an için en yakın gelişme beklenen alan çeşitli beyaz eşya ve ev aletlerinin kalite kontrolünde bilgisayar desteğinin sağlanmasıdır.

Ülkemizde de uluslararası pazarlara rekabet gücünü kaybetmek istemeyen aksine bu yarıştan daha güçlü olarak çıkmak isteyen firmalar ISO-9000 belgelerini almaya ve bu belgelerin getirdiği sorumlulukları karşılayabilmek için de üretimde tam otomasyona yönelmektedirler. Bu bağlamda bazı firmalar kalite güvence faaliyetlerini de bilgisayar destekli olarak yürütmeye başlamışlardır.

Bilgisayar Tümüleşik Üretim' in önemli bir halkasını oluşturan bilgisayar destekli kalite kontrol sistemlerinin üretim prosesine kazandırılması büyük masraflar gerektirmekte ve henüz gelişme safhasında olan bu sistemlerin seçimi konusunda bazı sorunlar yaşanmaktadır. Bu sistemlerde kullanılan teknolojinin çok gelişmiş olması, kontrol edilen motorların teşhisi için kullanılan değerlendirme ve atama yönteminin karmaşık işlemler içermesi gibi çeşitli nedenler bilgisayar destekli kalite kontrol sistemlerinin bir girişi ve çıkışı olan, içinde olan olaylar hakkında fikir yürütülemeyen birer *kara kutu* olarak görülmesine yol açmıştır. Bu çalışma dahilinde kullanıcılara bu sistemlerin seçiminde yardımcı olmaya yönelik bir yöntem geliştirilmeye çalışılmış, bu amaçla bazı önemli performans kriterleri belirlenerek bunların değerlendirilmesiyle sistem performansını yansıtabilecek bir puanlama algoritması oluşturulmuştur.

Tüm bu açıklamalardan görüldüğü gibi giderek acımasızlaşan rekabet koşulları, artan müşteri istekleri gibi nedenlerle giderek zorlaşan üretim koşullarında üretici firmalar kalitenin artan önemini her geçen gün biraz daha iyi anlamaktadırlar. Üretimin daha kaliteli olması gerekliliği yanında bu faktörün üretim maliyetlerini artırmayacak şekilde en az masrafla yapılması gereği, kalite kontrolde son derece önemli olan kalifiye uzman personel ihtiyacını ortadan kaldıran bilgisayar destekli kalite kontrol sistemlerinin önemini bir kez daha ortaya çıkarmaktadır.



KAYNAKLAR

- [1] TOP, A., İleri Üretim Sistemlerinin Türkiye' ye Özgü Sorunları ve Çözüm Önerileri, Otomasyon ve Bilgisayar Sempozyumu, İstanbul 1994
- [2] CHOW, M.; SHARPE, R.N.; HUNGJ.C., On the Application and Design of Artificial Neuroal Networks for Motor Fault Detection - Part 2, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 40, No. 2, pp 189-196, April 1993
- [3] DURAKBAŞA, M.N., CIM' de CAQ Bileşeni, Bilgisayar Bütünleşik Üretim ve Kalite Güvenliği, Otomasyon ve Bilgisayar Sempozyumu, İstanbul 1994
- [4] ZIEBS, S., Analyse der Geschäftsmöglichkeiten der Carl Schenck AG, Produktabteilung S, mit PIVAD - Prüfsystemen, Juni 1990, Darmstadt
- [5] BARSCHDORFF, D.; CAI J.; WOSTENKUHLE, G.W., Ein lernendes Mustererkennungsverfahren zur akustischen Qualitätsprüfung von Lüftermotoren, Automatisierungstechnik 39 (1991), S 43-48
- [6] ALGUINDIGUE, I.E.; LOSKIEWICZ-BUCZAK, A.; UHRIG, R.E., Monitoring and Diagnosis of Rolling Element Bearings Using Artificial Neural Networks, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 40, No. 2, pp 209-217, April 1993
- [7] CARL SCHENCK AG., Stärken-Schwächen Analyse, 1994
- [8] ARNOLD, J.C.; MILTON, J.S., Statistical Inference, Mc Graw Hill, 1986
- [9] ANLAĞAN, Ö., Bilgisayar Tümüleşik İmalat ve Türkiye, Otomasyon ve Bilgisayar Sempozyumu, İstanbul 1994
- [10] BARSCHDORFF, D.; BECKER, D., Neuronale Netze als Signal und Musterklassifikatoren, Technisches Messen 57 (1990), S 437-444
- [11] BAŞBUĞ, R., Yapay Sinir Ağları (YSA), Byte Dergisi, Sayfa 163-168, Şubat 1994
- [12] CARL SCHENCK AG., Bedienungsdokumentation, 1994
- [13] CHOW, M.; SHARPE, R.N.; HUNGJ.C., On the Application and Design of Artificial Neuroal Networks for Motor Fault Detection - Part 1, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 40, No. 2, pp 181-188, April 1993

- [15] NIEMANN, H., Klassifikation von Mustern, Springer Verlag, Berlin 1983
- [16] SZU, H., Automatic Fault Recognition by Image Correlation Neural Network Techniques, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 40, No. 2, pp. 197-208, April 1993
- [17] VETTER, T.; APOSTEL, T., Automatic Fault Recognition for Batch Production of Electric Motors, International Symposium CETIM, Senlis 1991
- [18] VETTER, T.; WEBER, H.; WEHHOFER, J.; Erhöhte Wirtschaftlichkeit in der Qualitätsprüfung von Elektromotoren - Parameter Identifikation und Vibroakustische Diagnose für die Endprüfung, Qualität und Zuverlässigkeit 5, 1991
- [19] VETTER, T.; WEBER, H., Technische Fehlerdiagnose zur Qualitätsprüfung von Elektromotoren, VDI-Berichte Nr. 904, S. 21-32, 1991
- [20] VETTER, T.; WEBER, H.; GROSSEHELWEG, J., Vollautomatische Fehlerdiagnose in der Serienfertigung von Elektromotoren, VDI-Tagung Überwachung und Fehlerdiagnose technischer Prozesse und Produkte, Darmstadt 1992
- [21] WERBOS, P.J., Neurocontrol and Elastic Fuzzy Logic: Capabilities, Concepts and Applications, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 40, No. 2, pp. 170-180, April 1993

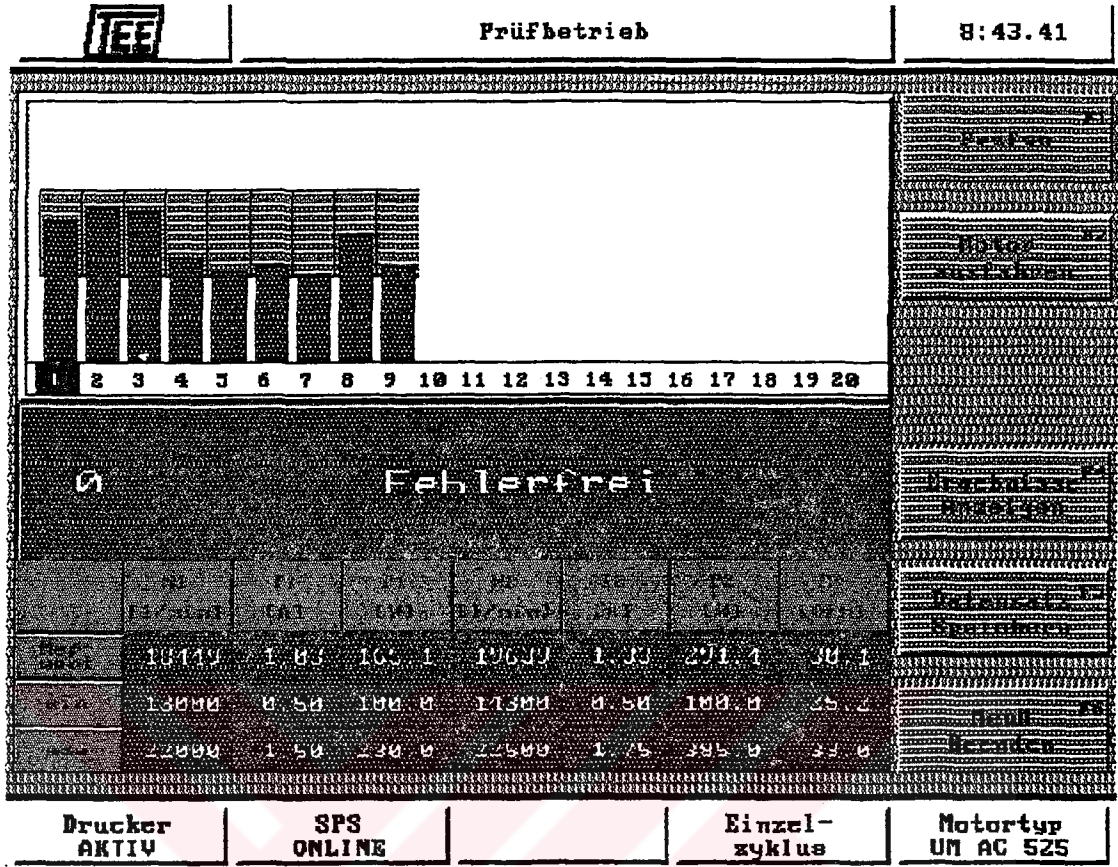


EK - A

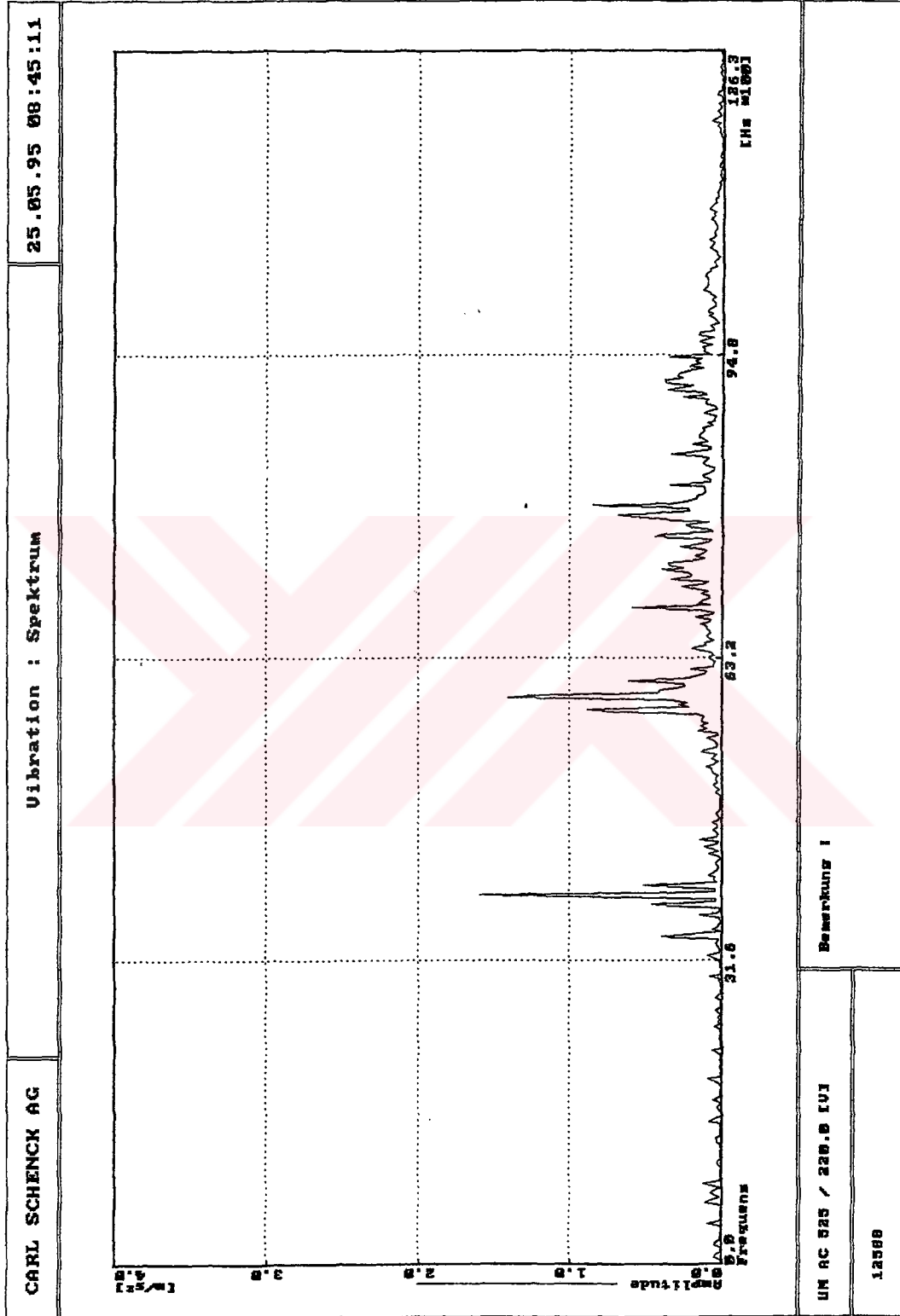
ÖRNEK CAQ SİSTEMİNDEN ELDE EDİLEN YAZICI ÇIKTILARI

Tez çalışmasında tanıtılmaya çalışılan elektrik motorlarının kalite kontrolüne yönelik bilgisayar destekli kalite kontrol sistemi sahip olduğu inkjet printer yardımıyla klasik kalite kontrol metodlarının ihtiyaç duyduğu SPC diyagramlarının yanı sıra ürün teşhisinde yararlandığı vibrasyon ve ses spektrumları ile ölçüm sonuçları basılı olarak elde edilebilir. Ayrıca sistemin veri tabanında bulunan tüm bilgilerde (ölçüm sonuçları, arıza raporları, hata nedenleri vb.) basılı olarak alınabilir. Böylece bir kara kutu gibi çalışan sistemin koyduğu teşhislerdeki tutarlılığı da kontrol edilmiş olur.

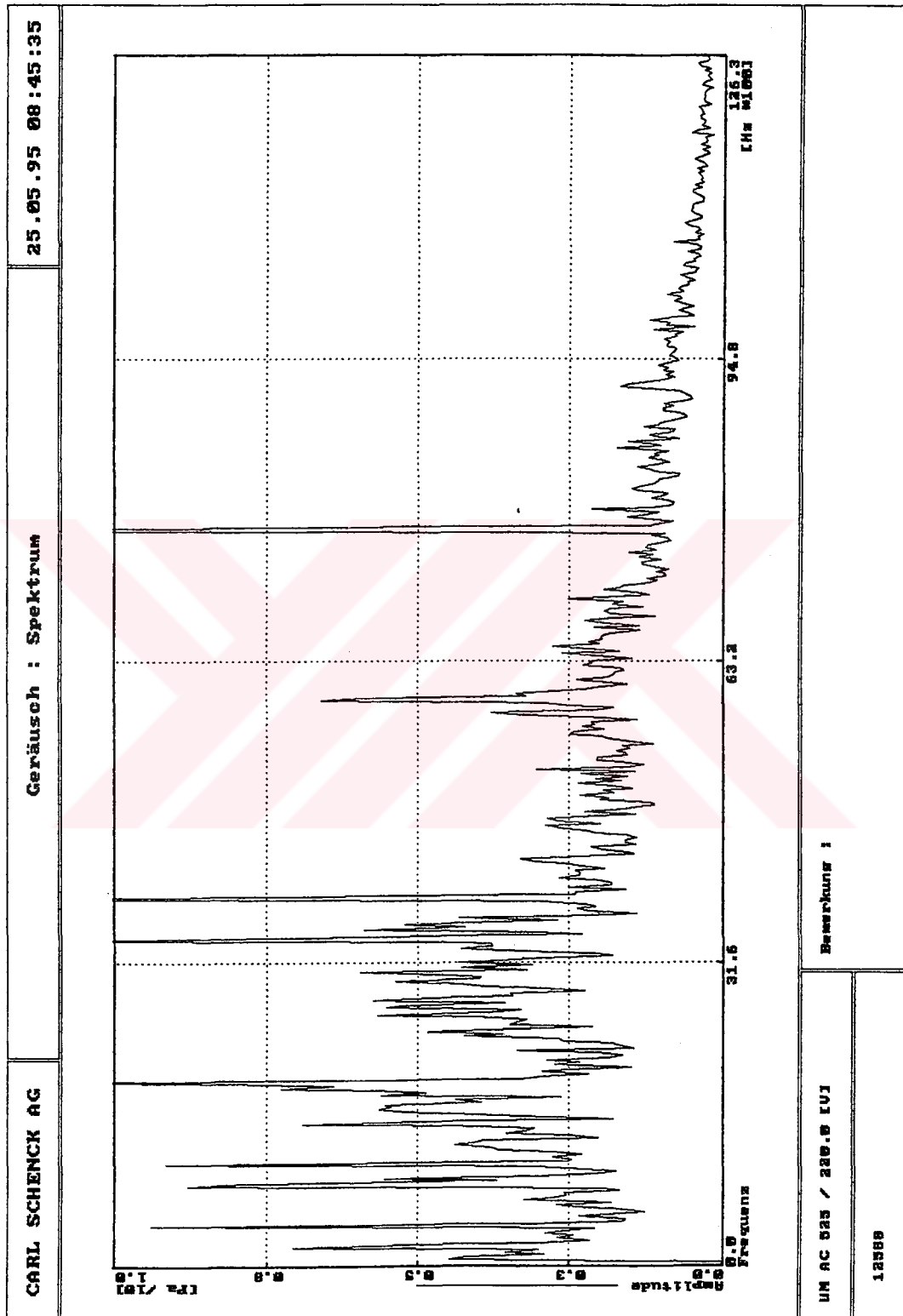
Takip eden sayfalarda bu yazıcı çıktılarına örnek teşkil eden ve **sağlam** ve **rulman hatalı** iki ayrı universal motora ait ölçüm sonuçlarıyla istatistik menüsünden elde edilen histogram ve X diyagramına ait çıktılar görülebilir.



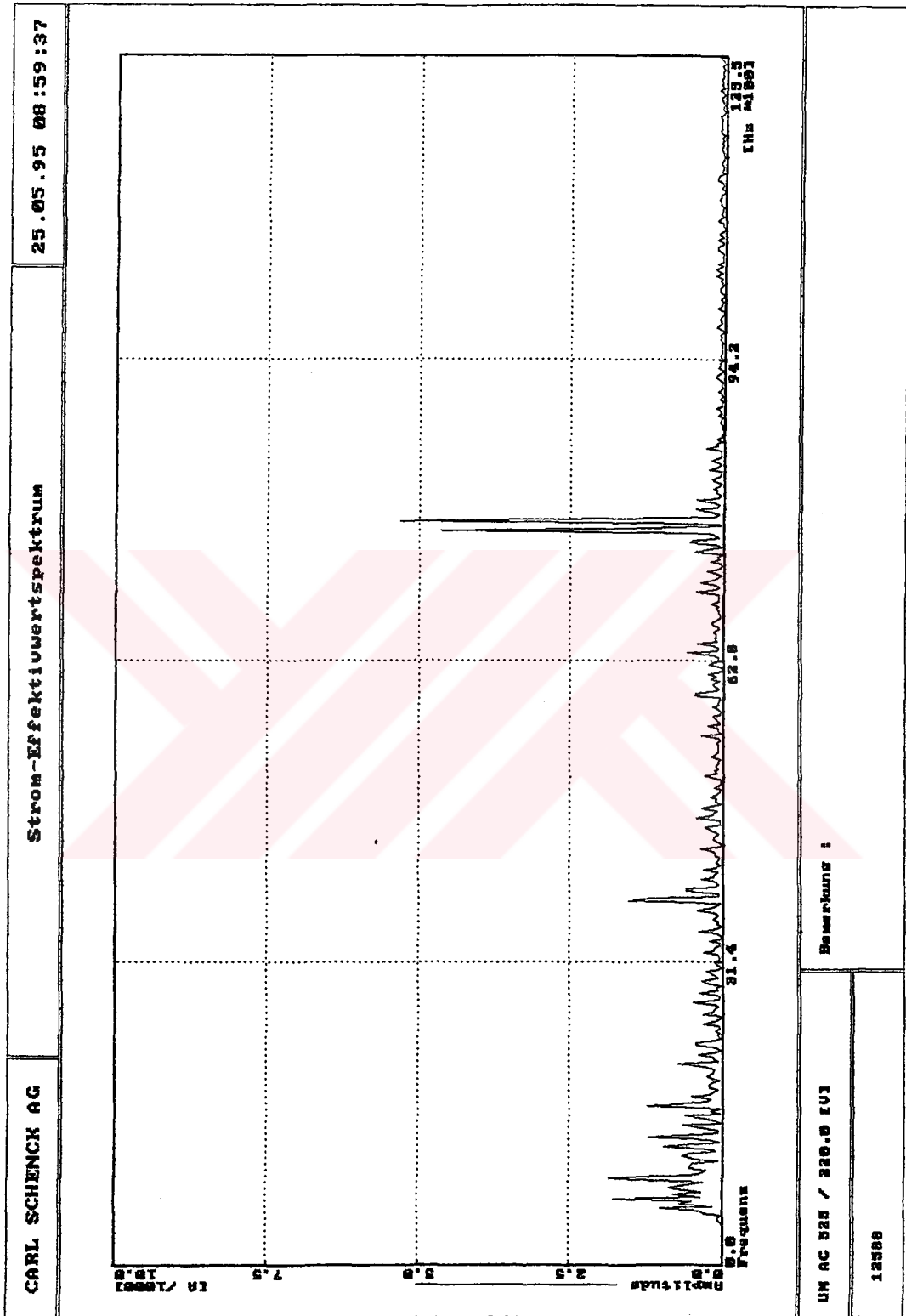
Şekil A.1 Hatasız Motora İlişkin Ekran



Şekil A.2 Vibrasyon Spektrumu



Şekil A.3 Ses Spektrumu



Şekil A.4 Akım Etkin Değer Spektrumu

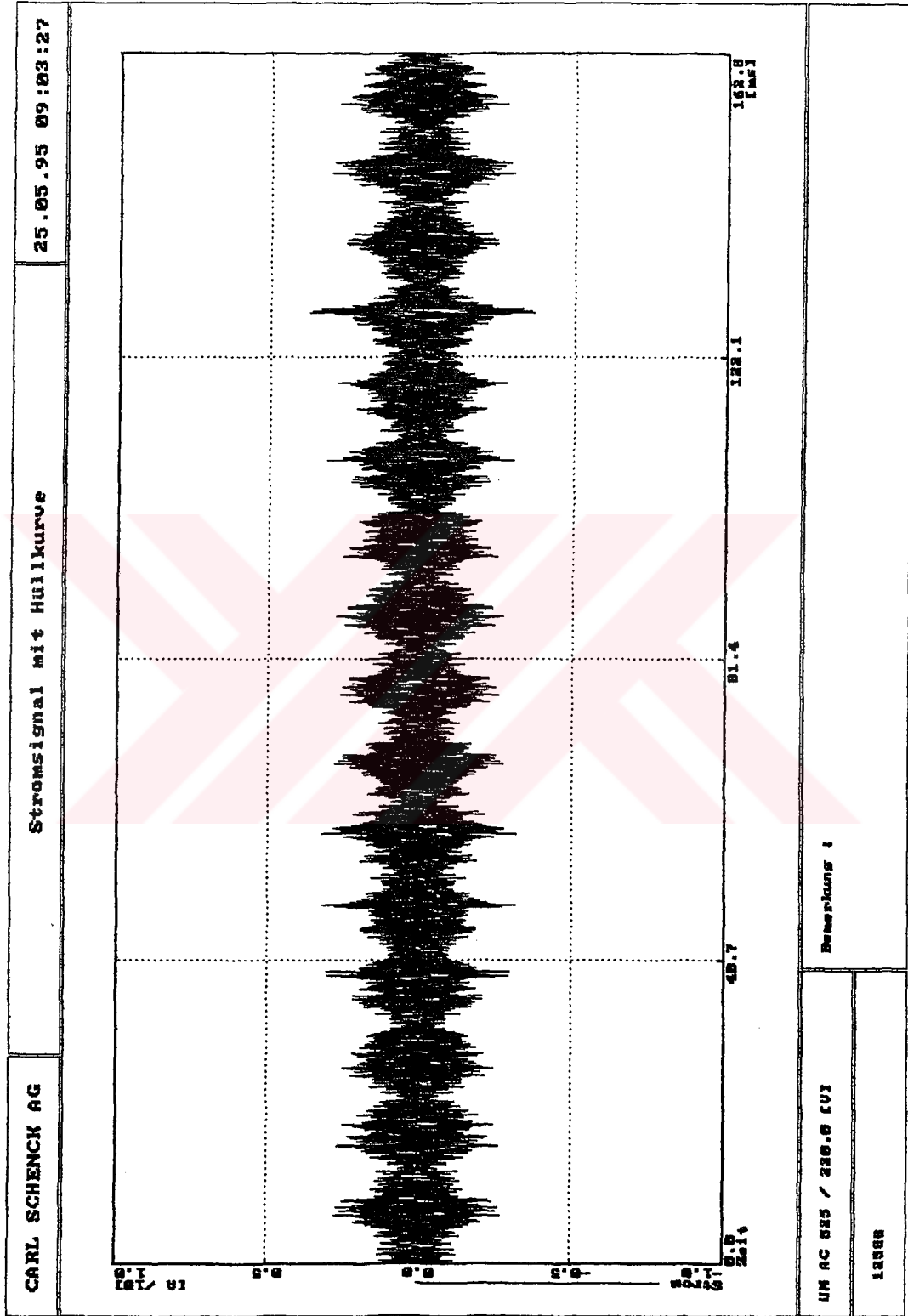
Nr.	Daten-Kanal	Merkmale-Bezeichnung	Wert
18	GER SIG	Effektivwert	0.640
41	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 7	0.097
42	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 8	0.112
53	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	0.027
107	VIB FFT_SIG	Fenster RMS 1	0.175
108	VIB FFT_SIG	Fenster RMS 2	0.386
117	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 1	0.050
134	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 18	1.602
135	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	0.558



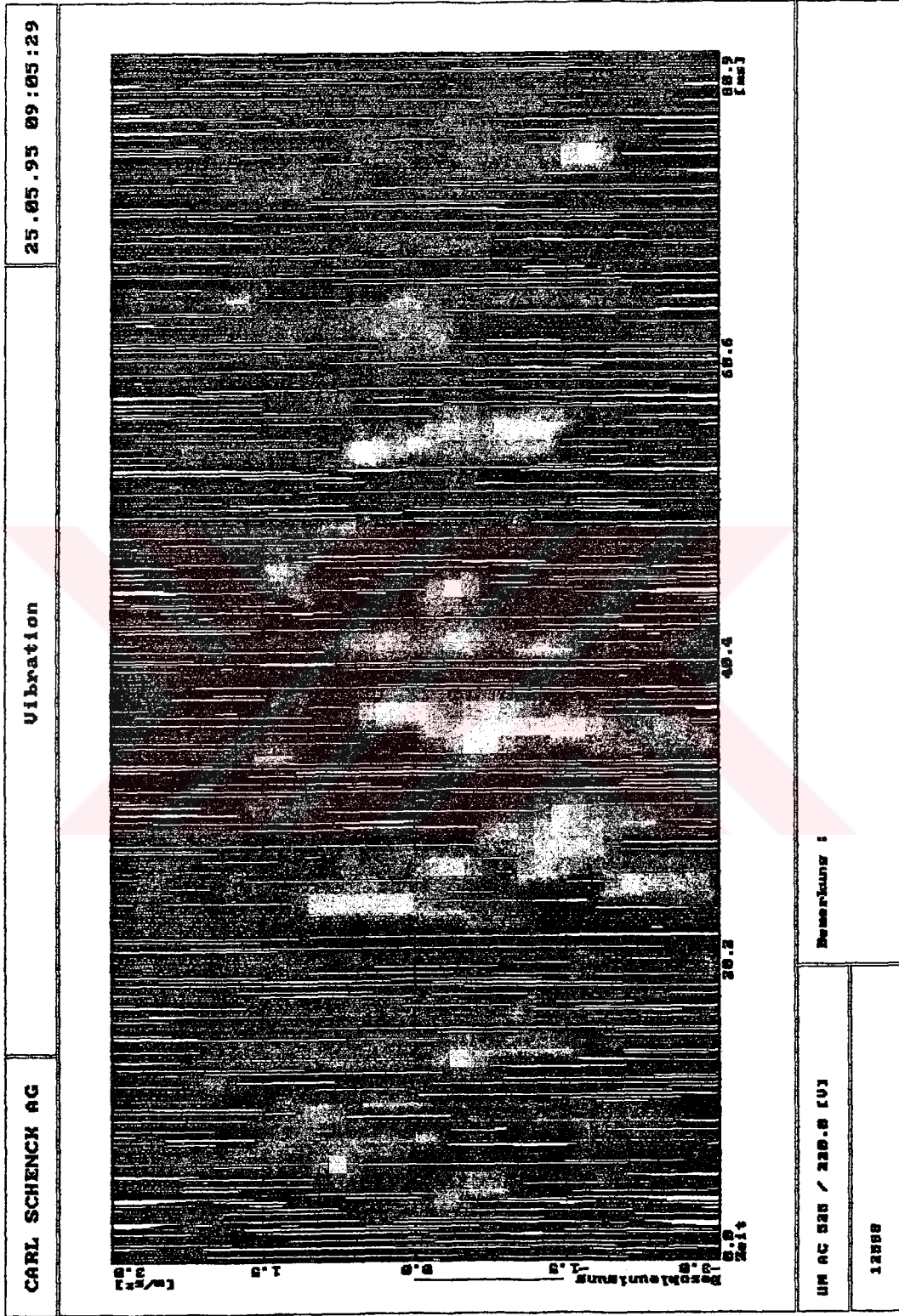
Nr.	Daten-Kanal	Merkmal-Bezeichnung	Wert
1	E1 ERGEBNIS	Leerlaufdrehzahl 1	: 18449.355
2	E1 ERGEBNIS	Leerlaufstrom 1	: 1.035
3	E1 ERGEBNIS	Leistung 1	: 165.087
4	E1 ERGEBNIS	Leistungsfaktor 1	: 0.997
5	E1 ERGEBNIS	Stromgrundwelle 1	: 1.446
6	E1 ERGEBNIS	2. Stromharmonisch	: 0.017
7	E1 ERGEBNIS	3. Stromharmonisch	: 0.013
8	E1 ERGEBNIS	4. Stromharmonisch	: 0.006
9	E1 ERGEBNIS	5. Stromharmonisch	: 0.008
10	E1 ERGEBNIS	6. Stromharmonisch	: 0.004
11	E1 ERGEBNIS	7. Stromharmonisch	: 0.008
12	E1 ERGEBNIS	8. Stromharmonisch	: 0.003
13	E1 ERGEBNIS	9. Stromharmonisch	: 0.003
14	GER SIG	Kreuzungsrate 1	: 532.000
15	GER SIG	Kreuzungsrate 2	: 474.000
16	GER SIG	Kreuzungsrate 3	: 454.000
17	GER SIG	Mittelwert	: -0.027
18	GER SIG	Effektivwert	: 0.640
19	GER SIG	Symmetrie-Faktor	: 0.025
20	GER SIG	Kurtosis-Faktor	: 2.803
21	GER FFT_SIG	Spektralmoment 1	: 339.916
22	GER FFT_SIG	Spektralmoment 2	: 413.412
23	GER FFT_SIG	Spektralmoment 3	: 0.717
24	GER FFT_SIG	Spektralmoment 4	: 2.738
25	GER FFT_SIG	Fenster RMS 1	: 0.139
26	GER FFT_SIG	Fenster RMS 2	: 0.133
27	GER FFT_SIG	Fenster RMS 3	: 0.137
28	GER FFT_SIG	Fenster RMS 4	: 0.205
29	GER FFT_SIG	Fenster RMS 5	: 0.101
30	GER FFT_SIG	Fenster RMS 6	: 0.150
31	GER FFT_SIG	Fenster RMS 7	: 0.167
32	GER FFT_SIG	Fenster RMS 8	: 0.172
33	GER FFT_SIG	Fenster RMS 9	: 0.056
34	GER FFT_SIG	Fenster RMS 10	: 0.047
35	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 1	: 0.093
36	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 2	: 0.093
37	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 3	: 0.055
38	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 4	: 0.119
39	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 5	: 0.092
40	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 6	: 0.081
41	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 7	: 0.097
42	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 8	: 0.112
43	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 9	: 0.156
44	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 10	: 0.056
45	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 11	: 0.061
46	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 12	: 0.089
47	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 13	: 0.109
48	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 14	: 0.093
49	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 15	: 0.093
50	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 16	: 0.127
51	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 17	: 0.097
52	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 18	: 0.138
53	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	: 0.027
54	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 20	: 0.010
55	S SIG	Kreuzungsrate 1	: 2081.000
56	S SIG	Kreuzungsrate 2	: 1722.000
57	S SIG	Kreuzungsrate 3	: 1635.000
58	S SIG	Mittelwert	: 3.652e-006
59	S SIG	Effektivwert	: 0.008

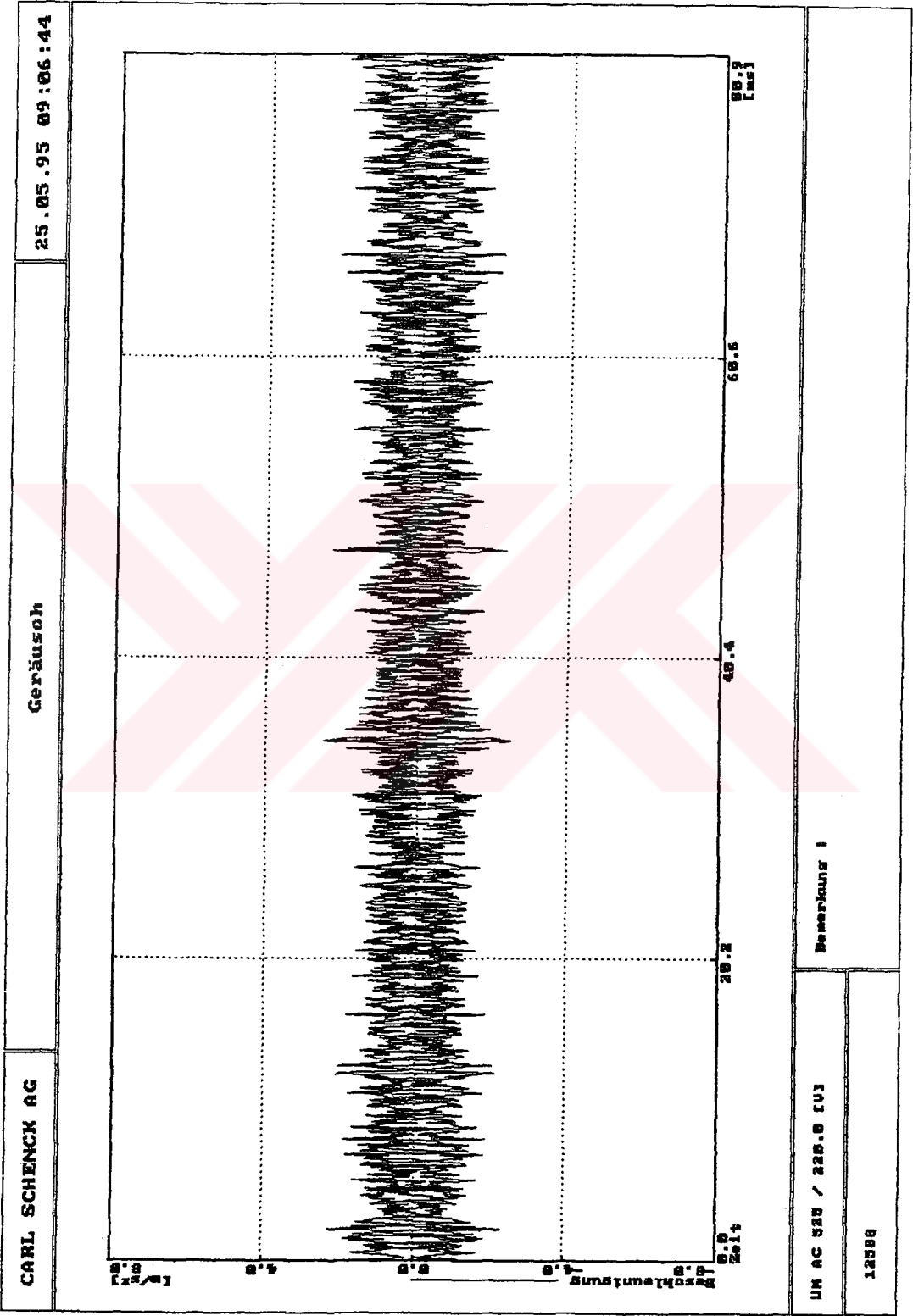
60	S	SIG	Symmetrie-Faktor	:	0.059
61	S	SIG	Kurtosis-Faktor	:	3.184
62	S	FFT_SIG	Spektralmoment 1	:	401.099
63	S	FFT_SIG	Spektralmoment 2	:	483.883
64	S	FFT_SIG	Spektralmoment 3	:	0.299
65	S	FFT_SIG	Spektralmoment 4	:	1.941
66	S	FFT_SIG	Fenster RMS 1	:	6.829e-005
67	S	FFT_SIG	Fenster RMS 2	:	0.003
68	S	FFT_SIG	Fenster RMS 3	:	0.002
69	S	FFT_SIG	Fenster RMS 4	:	0.001
70	S	FFT_SIG	Fenster RMS 5	:	9.188e-004
71	S	FFT_SIG	Fenster RMS 6	:	7.476e-004
72	S	FFT_SIG	Fenster RMS 7	:	5.555e-004
73	S	FFT_SIG	Fenster RMS 8	:	0.002
74	S	FFT_SIG	Fenster RMS 9	:	5.569e-004
75	S	FFT_SIG	Fenster RMS 10	:	3.460e-004
76	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 1	:	0.000
77	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 2	:	9.247e-005
78	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 3	:	0.002
79	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 4	:	0.002
80	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 5	:	0.001
81	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 6	:	0.001
82	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 7	:	8.308e-004
83	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 8	:	0.001
84	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 9	:	3.963e-004
85	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 10	:	7.512e-004
86	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 11	:	5.164e-004
87	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 12	:	3.903e-004
88	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 13	:	5.034e-004
89	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 14	:	4.355e-004
90	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 15	:	2.703e-004
91	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 16	:	3.287e-004
92	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 17	:	3.843e-004
93	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 18	:	0.002
94	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	:	0.004
95	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 20	:	1.932e-004
96	VIB	SIG	Kreuzungsrate 1	:	949.000
97	VIB	SIG	Kreuzungsrate 2	:	835.000
98	VIB	SIG	Kreuzungsrate 3	:	837.000
99	VIB	SIG	Mittelwert	:	0.035
100	VIB	SIG	Effektivwert	:	3.484
101	VIB	SIG	Symmetrie-Faktor	:	0.022
102	VIB	SIG	Kurtosis-Faktor	:	2.947
103	VIB	FFT_SIG	Spektralmoment 1	:	566.802
104	VIB	FFT_SIG	Spektralmoment 2	:	597.597
105	VIB	FFT_SIG	Spektralmoment 3	:	-0.352
106	VIB	FFT_SIG	Spektralmoment 4	:	3.033
107	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 1	:	0.175
108	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 2	:	0.386
109	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 3	:	0.057
110	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 4	:	0.120
111	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 5	:	0.071
112	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 6	:	0.059
113	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 7	:	0.388
114	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 8	:	1.678
115	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 9	:	0.674
116	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 10	:	0.959
117	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 1	:	0.050
118	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 2	:	0.076
119	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 3	:	0.112
120	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 4	:	0.131
121	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 5	:	0.028
122	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 6	:	0.044

123	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 7	:	0.077
124	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 8	:	0.052
125	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 9	:	0.081
126	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 10	:	0.019
127	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 11	:	0.059
128	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 12	:	0.042
129	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 13	:	0.050
130	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 14	:	0.064
131	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 15	:	0.081
132	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 16	:	0.374
133	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 17	:	0.130
134	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 18	:	1.602
135	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	:	0.558
136	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 20	:	0.046
137	E2	ERGEBNIS	Leerlaufdrehzahl 2	:	19638.963
138	E2	ERGEBNIS	Leerlaufstrom 2	:	1.327
139	E2	ERGEBNIS	Leistung 2	:	291.420
140	E2	ERGEBNIS	Leistungsfaktor 2	:	0.998
141	E2	ERGEBNIS	Stromgrundwelle 2	:	1.876
142	E2	ERGEBNIS	2. Stromharmonisch	:	0.007
143	E2	ERGEBNIS	3. Stromharmonisch	:	0.039
144	E2	ERGEBNIS	4. Stromharmonisch	:	0.009
145	E2	ERGEBNIS	5. Stromharmonisch	:	0.013
146	E2	ERGEBNIS	6. Stromharmonisch	:	0.001
147	E2	ERGEBNIS	7. Stromharmonisch	:	0.003
148	E2	ERGEBNIS	8. Stromharmonisch	:	0.003
149	E2	ERGEBNIS	9. Stromharmonisch	:	0.005



Şekil A.5 Akım Sinyali ve Zarf Eğrisi





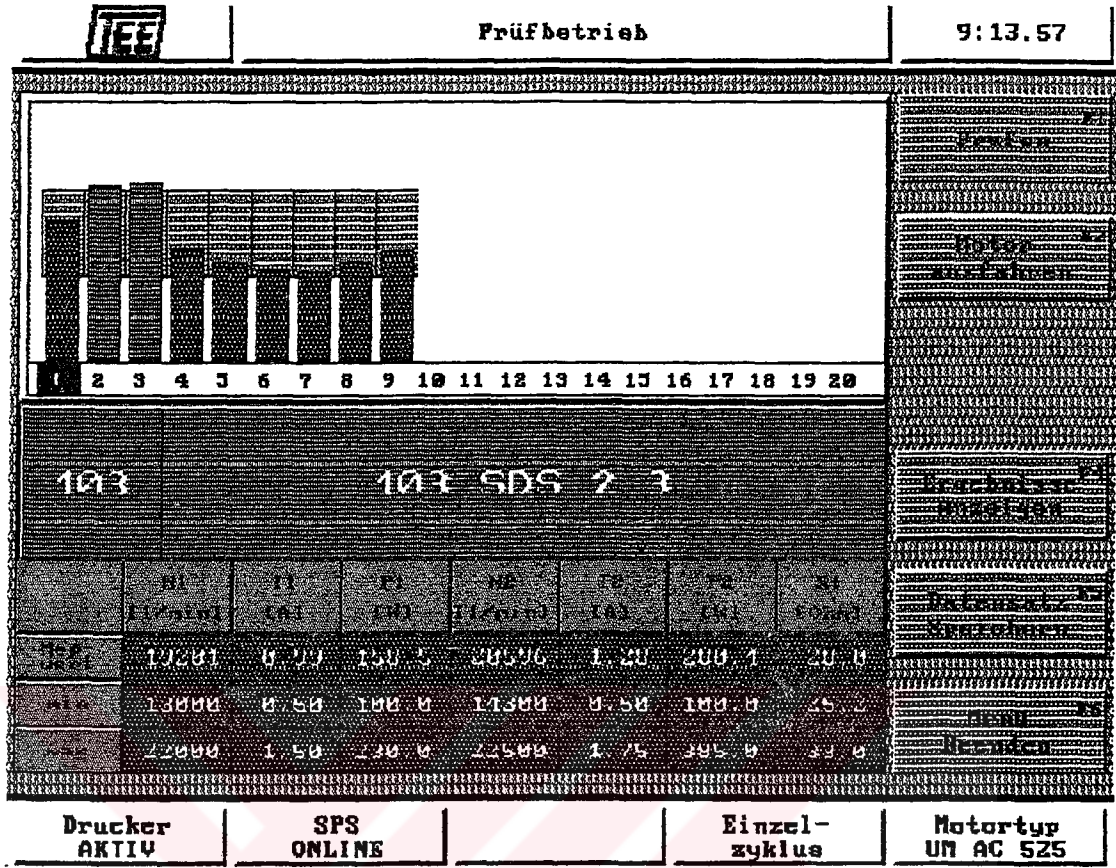
Şekil A.7 Ses Sinyali

CARL SCHENCK AG, 6100 DARMSTADT, GERMANY

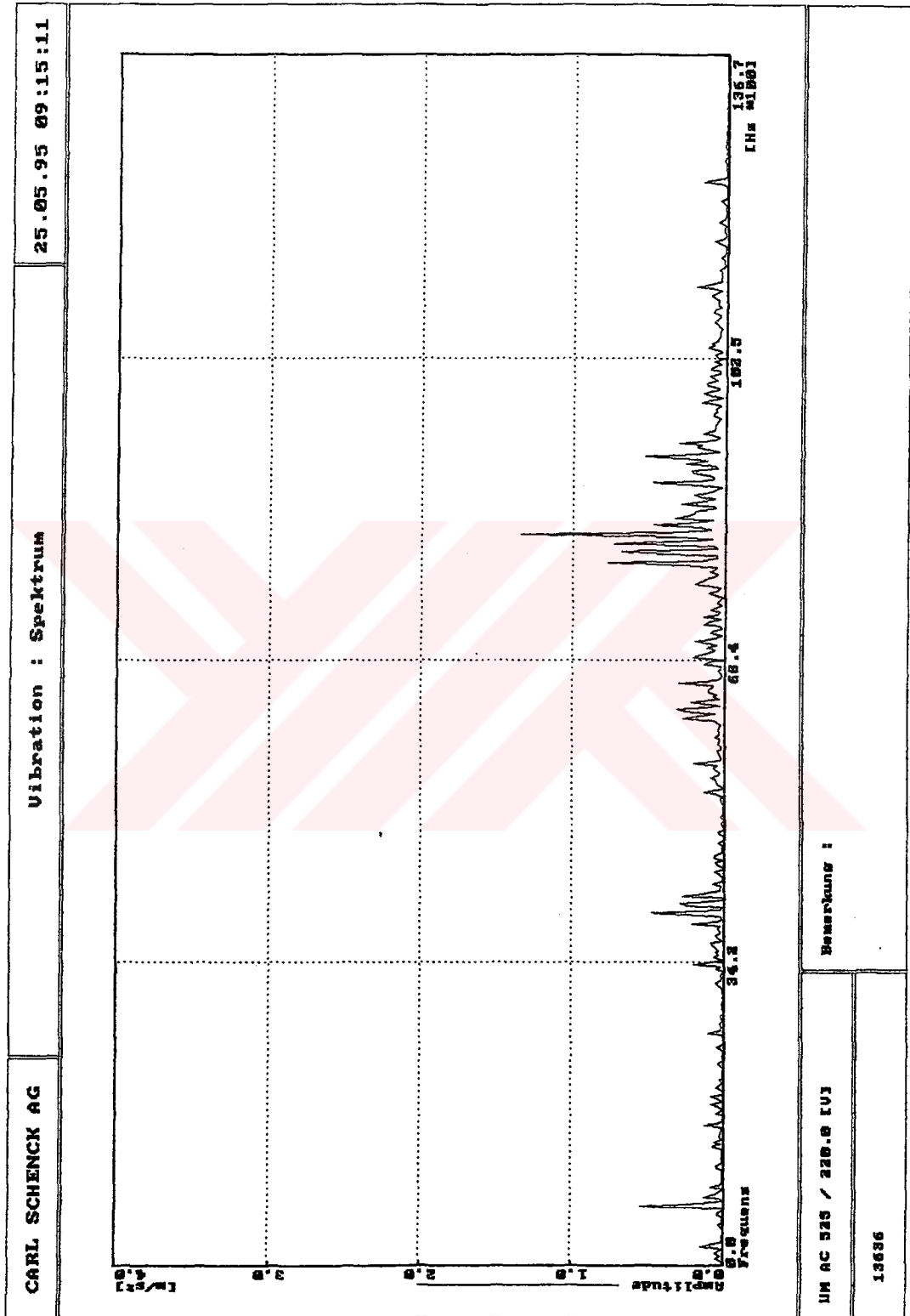
Datum : 25-05-95
Uhrzeit : 09:07.20

Ergebnis-Liste

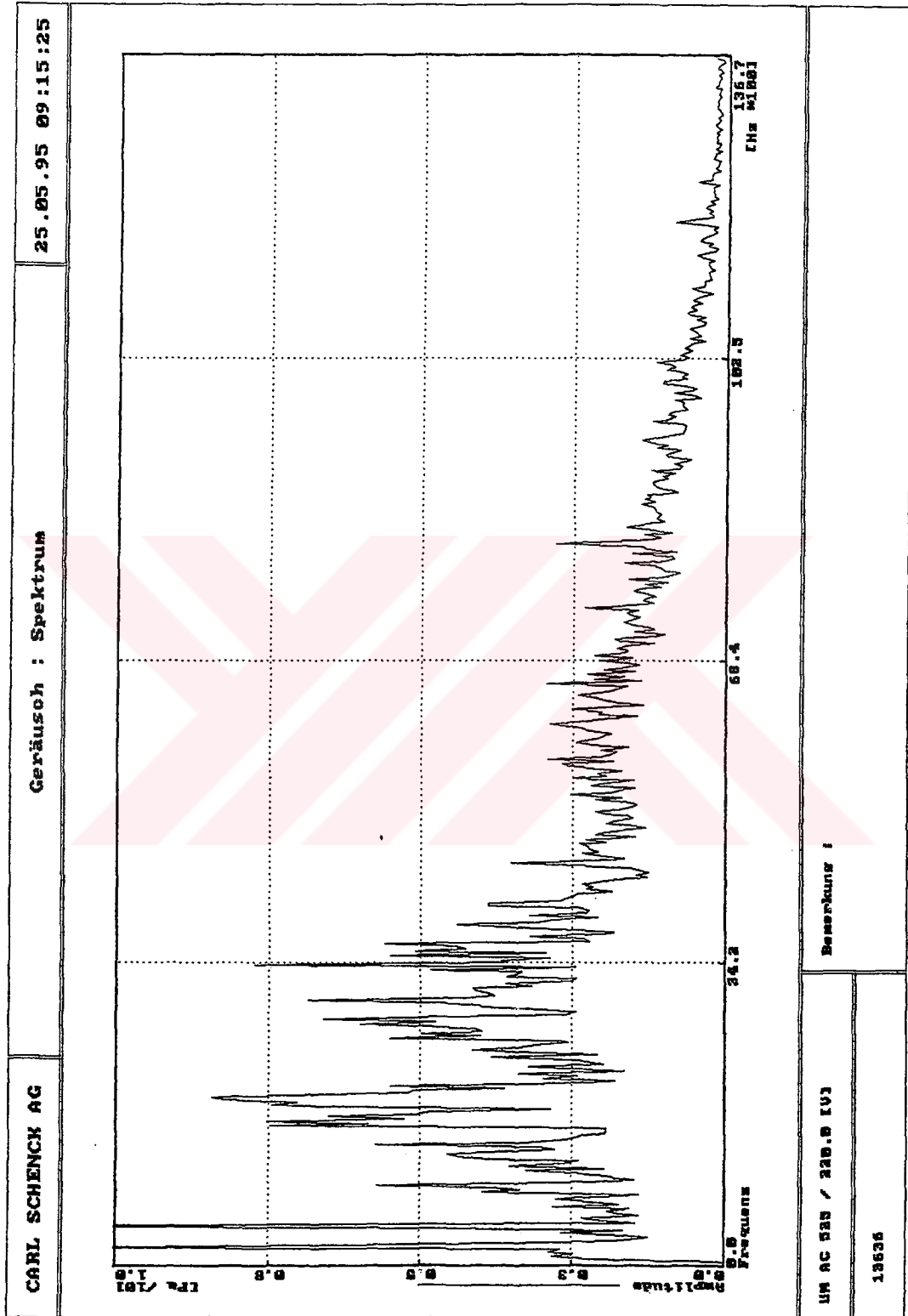
Motortyp	:	UM AC 525
Prüfdatum	:	25-05-95
Prüfzeit	:	08:42.54
Diagnosenummer	:	0
Nennspannung	:	220.000 V
Prüfspannung 1	:	160.000 V
Leerlaufstrom 1	:	1.035 A
Leerlaufdrehzahl 1	:	18449.355 1/min
Leistung 1	:	165.087 W
Leistungsfaktor 1	:	0.997
Tachowiderstand	:	30.131 Ω
Prüfspannung 2	:	220.000 A
Leerlaufstrom 2	:	1.327 A
Leerlaufdrehzahl 2	:	19638.963 1/min
Leistung 2	:	291.420 W
Leistungsfaktor 2	:	0.998
Drehzahl VAD-Messung	:	12587.551 1/min



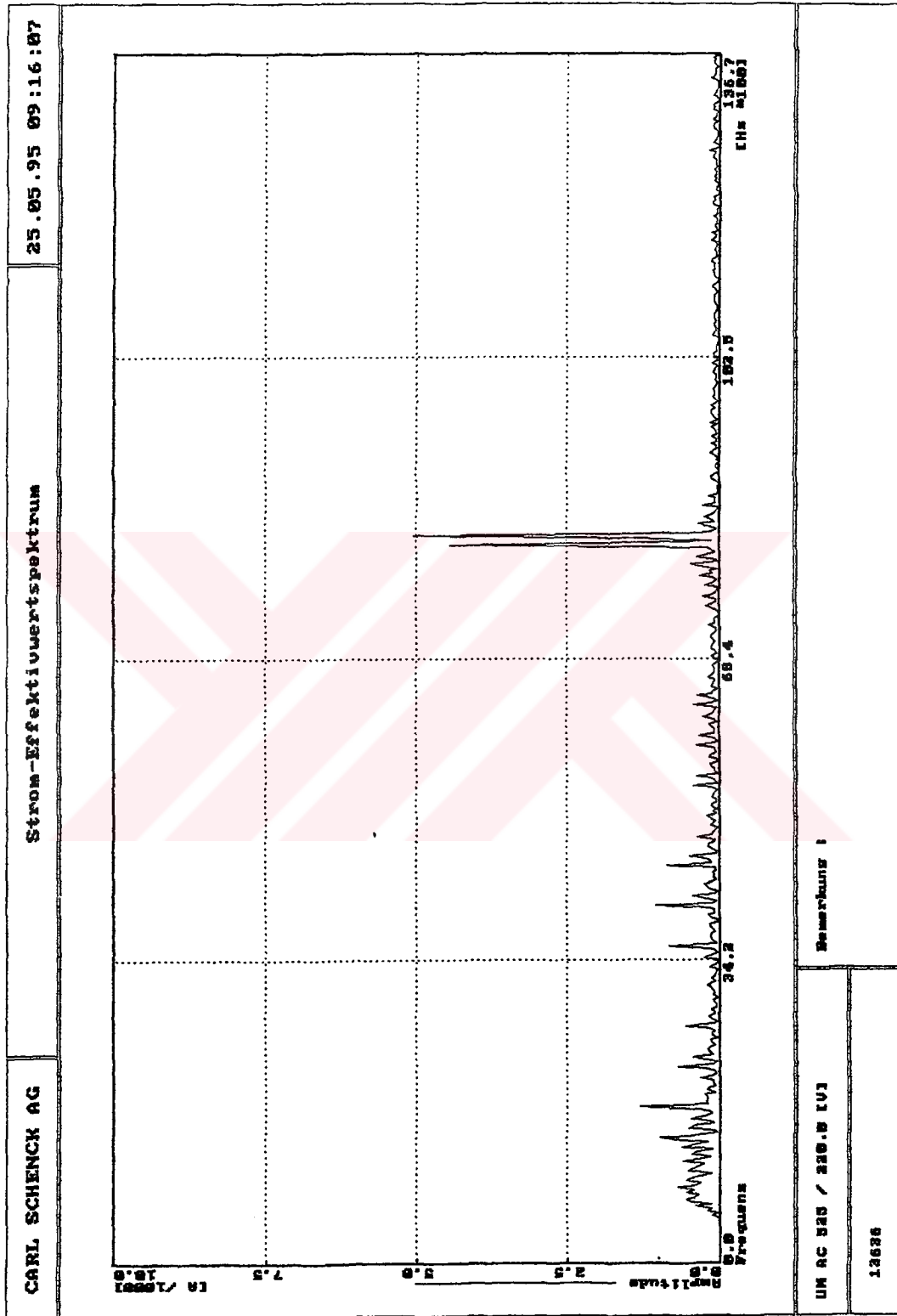
Şekil A.8 Rulman Hatalı Motora İlişkin Ekran



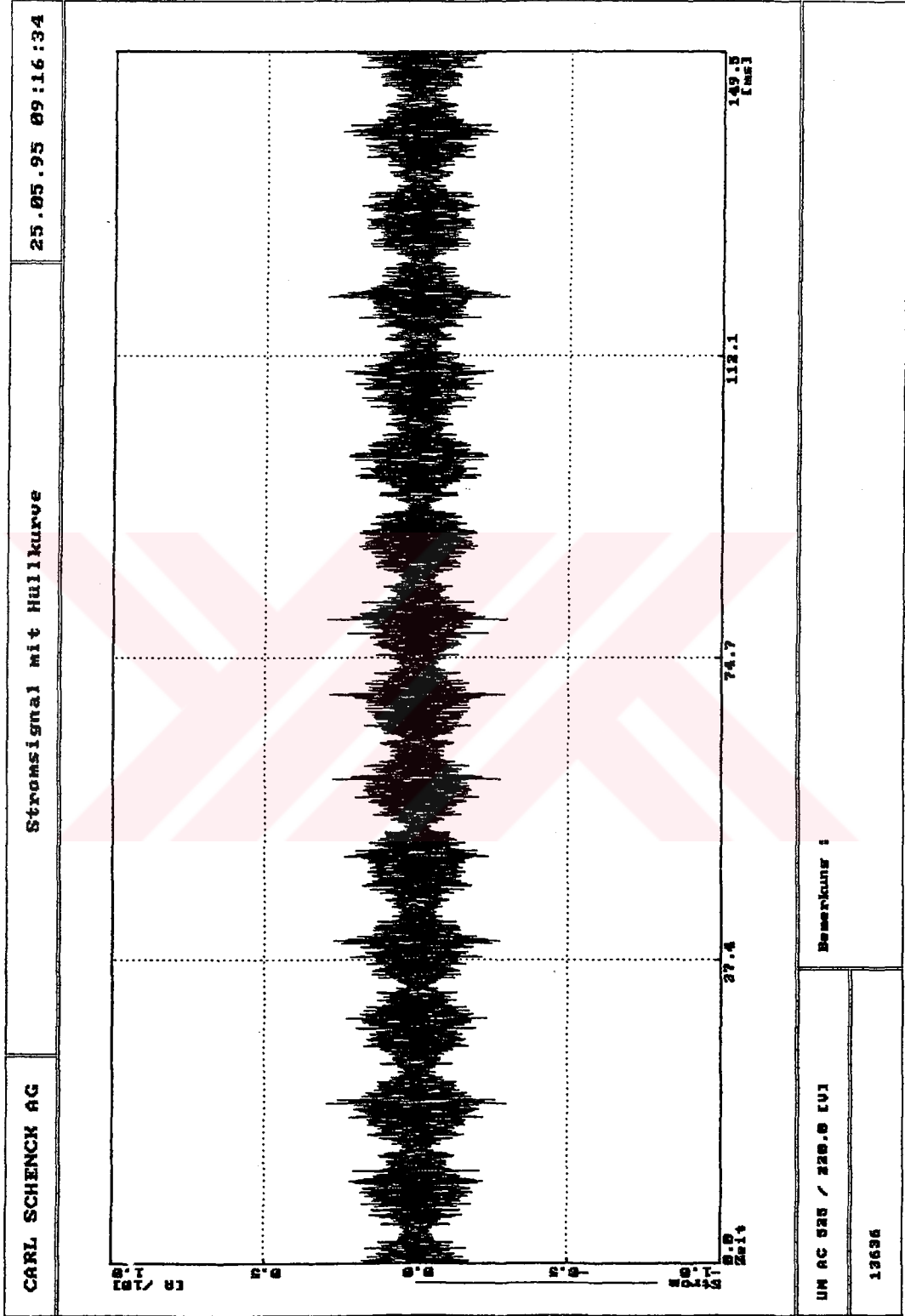
Şekil A.9 Vibrasyon Spektrumu



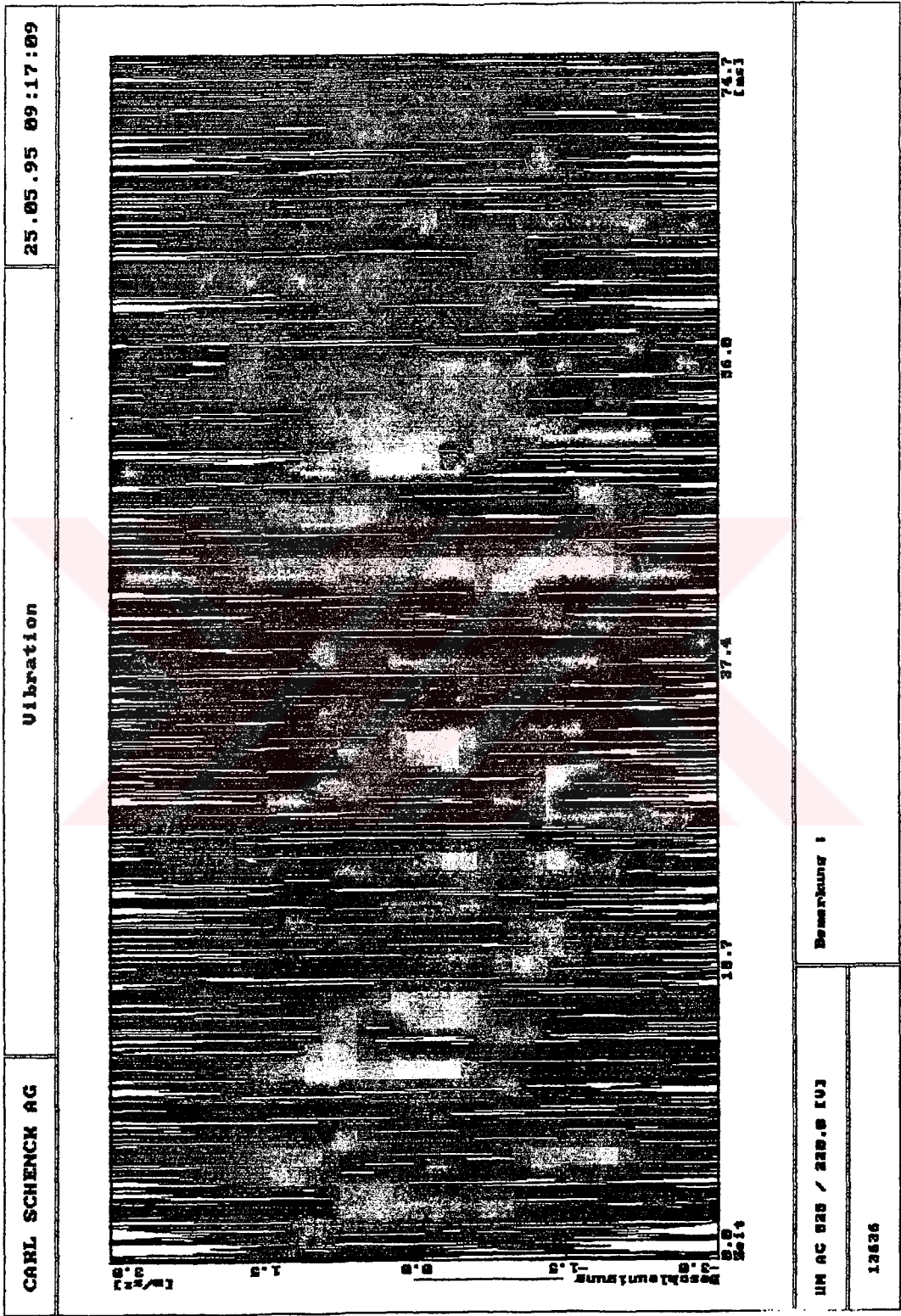
Şekil A.10 Ses Spektrumu



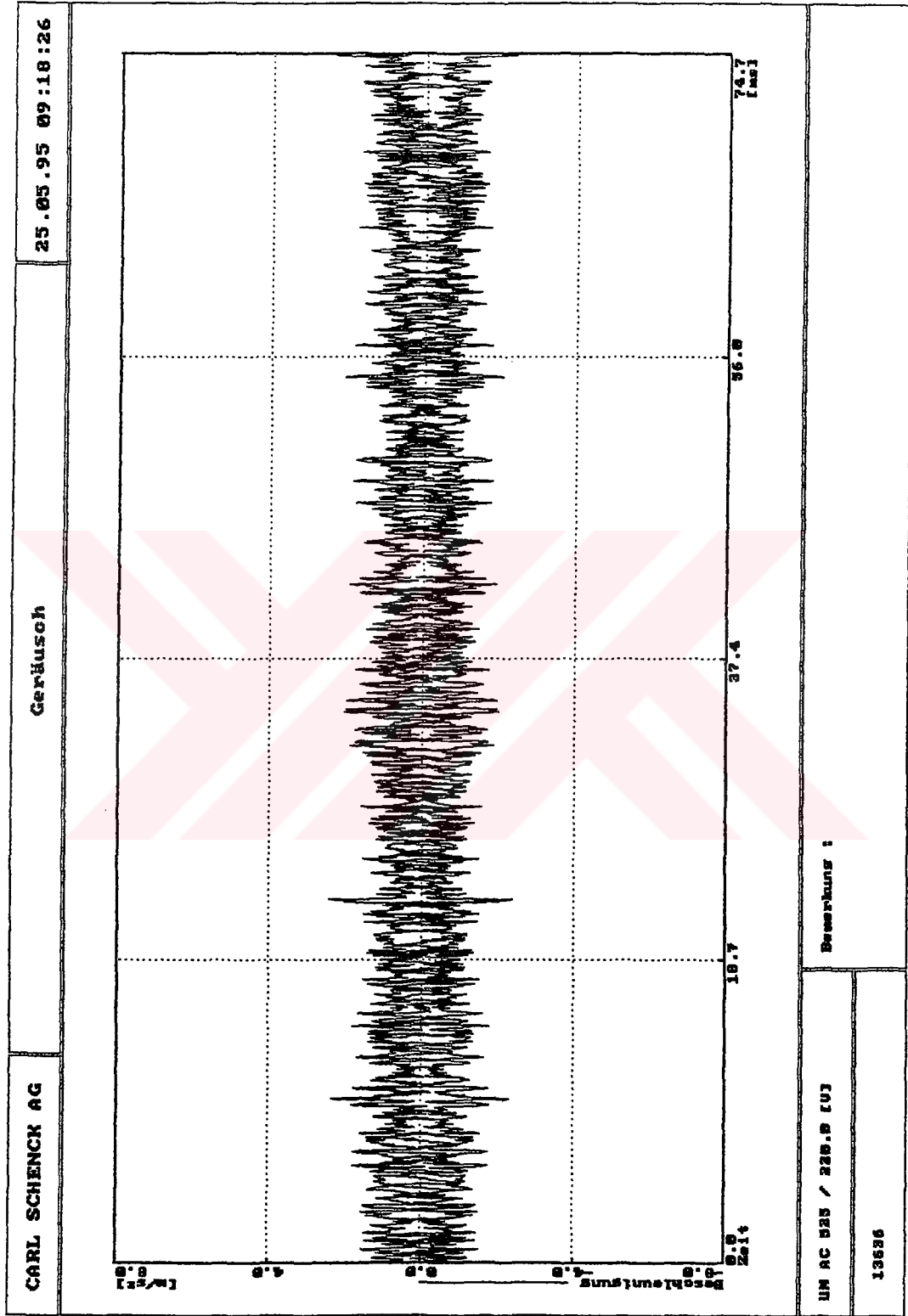
Şekil A.11 Akım Etkin Değer Spektrumu



Şekil A.12 Akım Sinyali ve Zarf Eğrisi



Şekil A.13 Vibrasyon Sinyali

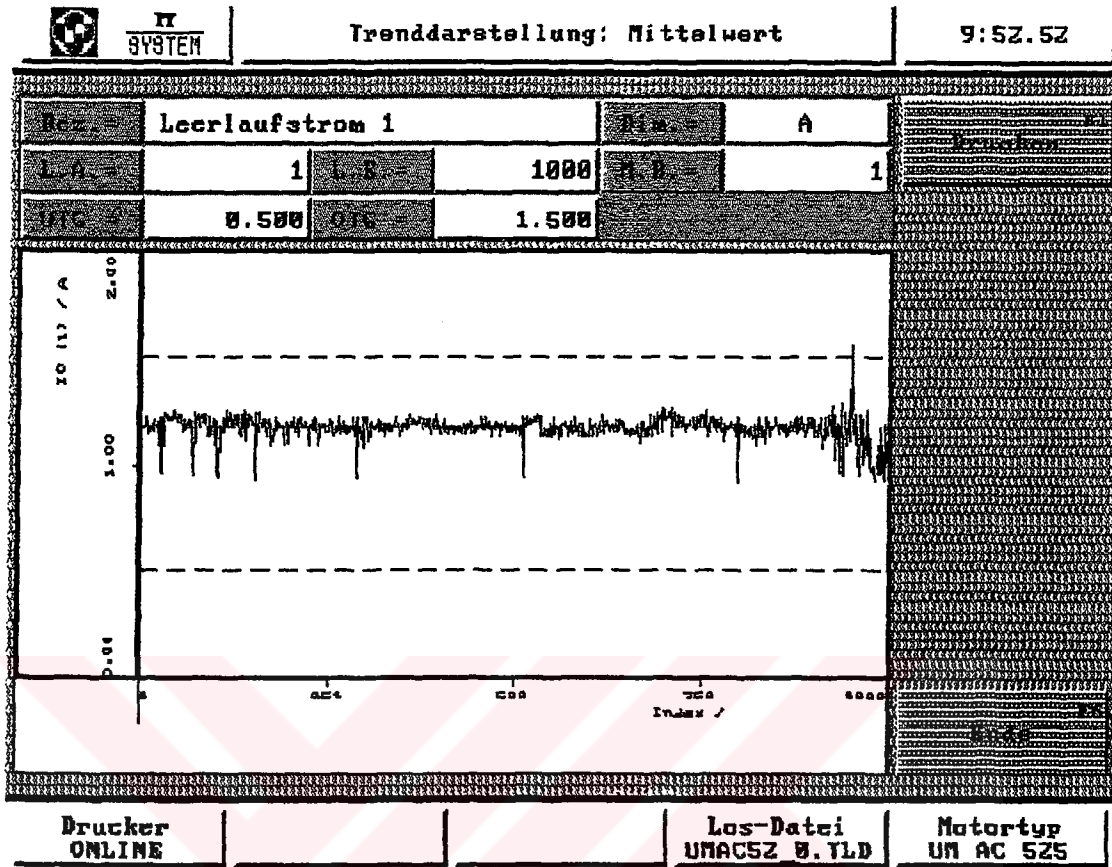


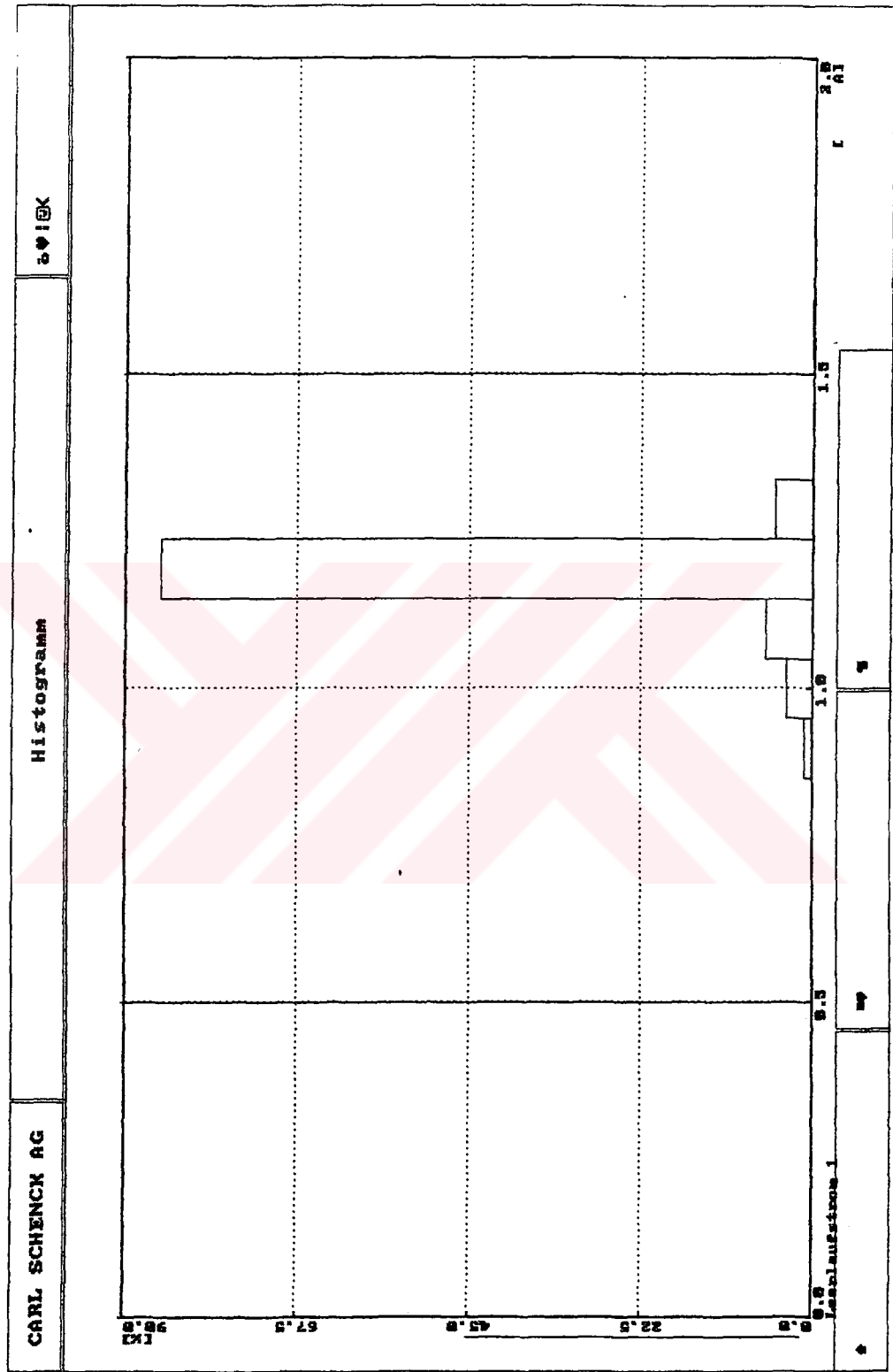
Şekil A.14 Ses Sinyali

r.	Daten-Kanal	Merkmal-Bezeichnung	Wert
1	E1	ERGEBNIS Leerlaufdrehzahl 1	: 19201.121
2	E1	ERGEBNIS Leerlaufstrom 1	: 0.993
3	E1	ERGEBNIS Leistung 1	: 158.542
4	E1	ERGEBNIS Leistungsfaktor 1	: 0.998
5	E1	ERGEBNIS Stromgrundwelle 1	: 1.398
6	E1	ERGEBNIS 2. Stromharmonisch	: 0.016
7	E1	ERGEBNIS 3. Stromharmonisch	: 0.005
8	E1	ERGEBNIS 4. Stromharmonisch	: 0.007
9	E1	ERGEBNIS 5. Stromharmonisch	: 0.006
10	E1	ERGEBNIS 6. Stromharmonisch	: 0.006
11	E1	ERGEBNIS 7. Stromharmonisch	: 0.003
12	E1	ERGEBNIS 8. Stromharmonisch	: 0.002
13	E1	ERGEBNIS 9. Stromharmonisch	: 0.005
14	GER SIG	Kreuzungsrate 1	: 395.000
15	GER SIG	Kreuzungsrate 2	: 353.000
16	GER SIG	Kreuzungsrate 3	: 367.000
17	GER SIG	Mittelwert	: 0.005
18	GER SIG	Effektivwert	: 0.632
19	GER SIG	Symmetrie-Faktor	: 0.154
20	GER SIG	Kurtosis-Faktor	: 2.817
21	GER FFT_SIG	Spektralmoment 1	: 317.012
22	GER FFT_SIG	Spektralmoment 2	: 387.572
23	GER FFT_SIG	Spektralmoment 3	: 0.805
24	GER FFT_SIG	Spektralmoment 4	: 2.930
25	GER FFT_SIG	Fenster RMS 1	: 0.167
26	GER FFT_SIG	Fenster RMS 2	: 0.096
27	GER FFT_SIG	Fenster RMS 3	: 0.115
28	GER FFT_SIG	Fenster RMS 4	: 0.211
29	GER FFT_SIG	Fenster RMS 5	: 0.109
30	GER FFT_SIG	Fenster RMS 6	: 0.153
31	GER FFT_SIG	Fenster RMS 7	: 0.145
32	GER FFT_SIG	Fenster RMS 8	: 0.127
33	GER FFT_SIG	Fenster RMS 9	: 0.064
34	GER FFT_SIG	Fenster RMS 10	: 0.044
35	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 1	: 0.109
36	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 2	: 0.127
37	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 3	: 0.051
38	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 4	: 0.078
39	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 5	: 0.074
40	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 6	: 0.086
41	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 7	: 0.124
42	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 8	: 0.158
43	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 9	: 0.096
44	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 10	: 0.065
45	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 11	: 0.086
46	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 12	: 0.118
47	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 13	: 0.100
48	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 14	: 0.083
49	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 15	: 0.106
50	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 16	: 0.092
51	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 17	: 0.072
52	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 18	: 0.068
53	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	: 0.038
54	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 20	: 0.007
55	S SIG	Kreuzungsrate 1	: 2106.000
56	S SIG	Kreuzungsrate 2	: 1786.000
57	S SIG	Kreuzungsrate 3	: 1800.000
58	S SIG	Mittelwert	: 7.537e-007
59	S SIG	Effektivwert	: 0.007

60	S	SIG	Symmetrie-Faktor	:	0.031
61	S	SIG	Kurtosis-Faktor	:	3.024
62	S	FFT_SIG	Spektralmoment 1	:	420.826
63	S	FFT_SIG	Spektralmoment 2	:	498.151
64	S	FFT_SIG	Spektralmoment 3	:	0.261
65	S	FFT_SIG	Spektralmoment 4	:	2.003
66	S	FFT_SIG	Fenster RMS 1	:	0.000
67	S	FFT_SIG	Fenster RMS 2	:	0.001
68	S	FFT_SIG	Fenster RMS 3	:	0.002
69	S	FFT_SIG	Fenster RMS 4	:	0.001
70	S	FFT_SIG	Fenster RMS 5	:	8.411e-004
71	S	FFT_SIG	Fenster RMS 6	:	5.687e-004
72	S	FFT_SIG	Fenster RMS 7	:	4.079e-004
73	S	FFT_SIG	Fenster RMS 8	:	7.747e-004
74	S	FFT_SIG	Fenster RMS 9	:	0.006
75	S	FFT_SIG	Fenster RMS 10	:	4.069e-004
76	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 1	:	0.000
77	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 2	:	9.247e-005
78	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 3	:	8.133e-004
79	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 4	:	0.001
80	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 5	:	9.276e-004
81	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 6	:	0.001
82	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 7	:	7.136e-004
83	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 8	:	0.001
84	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 9	:	3.751e-004
85	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 10	:	7.392e-004
86	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 11	:	3.041e-004
87	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 12	:	5.103e-004
88	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 13	:	1.891e-004
89	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 14	:	2.816e-004
90	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 15	:	2.774e-004
91	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 16	:	7.211e-004
92	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 17	:	2.760e-004
93	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 18	:	9.626e-004
94	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	:	0.006
95	S	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 20	:	1.247e-004
96	VIB	SIG	Kreuzungsrate 1	:	1163.000
97	VIB	SIG	Kreuzungsrate 2	:	995.000
98	VIB	SIG	Kreuzungsrate 3	:	1026.000
99	VIB	SIG	Mittelwert	:	0.032
100	VIB	SIG	Effektivwert	:	2.642
101	VIB	SIG	Symmetrie-Faktor	:	-0.003
102	VIB	SIG	Kurtosis-Faktor	:	2.606
103	VIB	FFT_SIG	Spektralmoment 1	:	552.588
104	VIB	FFT_SIG	Spektralmoment 2	:	590.469
105	VIB	FFT_SIG	Spektralmoment 3	:	-0.794
106	VIB	FFT_SIG	Spektralmoment 4	:	3.251
107	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 1	:	0.504
108	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 2	:	0.192
109	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 3	:	0.097
110	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 4	:	0.149
111	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 5	:	0.072
112	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 6	:	0.089
113	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 7	:	0.181
114	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 8	:	0.418
115	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 9	:	1.766
116	VIB	FFT_SIG	Fenster RMS 10	:	0.756
117	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 1	:	0.139
118	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 2	:	0.024
119	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 3	:	0.496
120	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 4	:	0.083
121	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 5	:	0.051
122	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 6	:	0.081

123	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 7	:	0.104
124	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 8	:	0.108
125	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 9	:	0.049
126	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 10	:	0.033
127	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 11	:	0.042
128	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 12	:	0.088
129	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 13	:	0.013
130	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 14	:	0.059
131	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 15	:	0.180
132	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 16	:	0.123
133	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 17	:	0.222
134	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 18	:	0.549
135	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	:	1.476
136	VIB	FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 20	:	0.139
137	E2	ERGEBNIS	Leerlaufdrehzahl 2	:	20596.139
138	E2	ERGEBNIS	Leerlaufstrom 2	:	1.276
139	E2	ERGEBNIS	Leistung 2	:	280.352
140	E2	ERGEBNIS	Leistungsfaktor 2	:	0.999
141	E2	ERGEBNIS	Stromgrundwelle 2	:	1.802
142	E2	ERGEBNIS	2. Stromharmonisch	:	0.011
143	E2	ERGEBNIS	3. Stromharmonisch	:	0.031
144	E2	ERGEBNIS	4. Stromharmonisch	:	0.009
145	E2	ERGEBNIS	5. Stromharmonisch	:	0.011
146	E2	ERGEBNIS	6. Stromharmonisch	:	0.003
147	E2	ERGEBNIS	7. Stromharmonisch	:	0.004
148	E2	ERGEBNIS	8. Stromharmonisch	:	0.003
149	E2	ERGEBNIS	9. Stromharmonisch	:	0.004

Şekil A.15 $\bar{X}$ - Diyagramı



Şekil A.16 Histogram

TEE

127

Datum : 25-05-95

Uhrzeit : 09:46.45

Los-Datei : k:\run\result\UMAC52_0.TLD

Motor-Typ : UM AC 525

Losanfang = 1

Losende = 1000

Los-Text = (null)

Gesamt Anzahl Datensätze = 1000

Bezeichnung	r	s	cp	cpk
Unenn	220.000	0.000		
U1	160.000	0.000		
I0 (1)	1.180	0.054	3.090	1.980
N0 (1)	15743.407	895.361		
P1	186.957	8.194		
cos 1	0.991	0.004		
Rt	29.933	0.580		
U2	220.000	0.000		
I0 (2)	1.463	0.053	3.160	0.231
N0 (2)	17836.203	685.078		
P2	320.076	11.183		
cos 2	0.994	0.003		

Türk Elektrik Endüstrisi

Datum : 25-05-95

Uhrzeit : 09:34.10

Typ-Bezeichnung: UM AC 525

Merkmal-Liste MIT Parametern

Seite: 1

Daten-Kanal: PI-PRÜFERGEBNISSE 1

Daten-Kanal: GERÄUSCH

18	GER SIG	Effektivwert	SDS
41	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 7	SDS
42	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 8	SDS
53	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	SDS

Daten-Kanal: STROM

Daten-Kanal: VIBRATION

107	VIB FFT_SIG	Fenster RMS 1	SDS
		f unten	: 600.000
		f oben	: 1200.000
108	VIB FFT_SIG	Fenster RMS 2	SDS
		f unten	: 3200.000
		f oben	: 3600.000
117	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 1	SDS
134	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 18	SDS
135	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	SDS

Daten-Kanal: PI-PRÜFERGEBNISSE 2

Türk Elektrik Endüstrisi

Datum : 25-05-95

Uhrzeit : 09:32.52

Typ-Bezeichnung: UM AC 525

Nr.	Daten-Kanal	Merkmal-Bezeichnung	TG	UTG	OTG
1	GER SIG	Effektivwert	V	0.000	1.000
2	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 7	V	0.000	0.120
3	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 8	V	0.000	0.150
4	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	V	0.000	0.130
5	VIB FFT_SIG	Fenster RMS 1	V	0.000	3.500
6	VIB FFT_SIG	Fenster RMS 2	V	0.000	3.000
7	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 1	V	0.000	3.500
8	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 18	V	0.000	3.500
9	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	V	0.000	5.500

Nr.	Daten-Kanal	Merkmale-Bezeichnung	Wert
18	GER SIG	Effektivwert	: 0.632
41	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 7	: 0.124
42	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 8	: 0.158
53	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	: 0.038
107	VIB FFT_SIG	Fenster RMS 1	: 0.504
108	VIB FFT_SIG	Fenster RMS 2	: 0.192
117	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 1	: 0.139
134	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 18	: 0.549
135	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	: 1.476

Nr.	Daten-Kanal	Merkmale-Bezeichnung	Wert
18	GER SIG	Effektivwert	: 0.632
41	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 7	: 0.124
42	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 8	: 0.158
53	GER FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	: 0.038
107	VIB FFT_SIG	Fenster RMS 1	: 0.504
108	VIB FFT_SIG	Fenster RMS 2	: 0.192
117	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 1	: 0.139
134	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 18	: 0.549
135	VIB FFT_SIG	RMS-SB-Fenster 19	: 1.476

 TEE

Datum : 25-05-95

Uhrzeit : 09:34.32

Los-Datei : k:\run\result\UMAC52_0.TLD

Motor-Typ : UM AC 525

Fehlerjournal für 25. 5.1995

% A = Prozentualer Anteil an den geprüften Motoren

% B = Prozentualer Anteil an den n.i.O. Motoren

Nr.	Diagnose	Anz.	% A	% B
	Geprüfte Motoren	54		
	n.i.O. Motoren	3	5.6	
-1	Neue Fehlerart	0	0.0	0.0
0	Fehlerfrei	51	94.4	
1	Fehlerart: 1	0	0.0	0.0
2	Fehlerart: 2	0	0.0	0.0
3	Fehlerart: 3	0	0.0	0.0
4	Fehlerart: 4	0	0.0	0.0
5	Fehlerart: 5	0	0.0	0.0
6	Fehlerart: 6	0	0.0	0.0
7	Fehlerart: 7	0	0.0	0.0
8	Fehlerart: 8	0	0.0	0.0
9	Fehlerart: 9	0	0.0	0.0
10	Fehlerart: 10	0	0.0	0.0
11	Fehlerart: 11	0	0.0	0.0
12	Fehlerart: 12	0	0.0	0.0
13	Fehlerart: 13	0	0.0	0.0
14	Fehlerart: 14	0	0.0	0.0
15	Fehlerart: 15	0	0.0	0.0
16	Fehlerart: 16	0	0.0	0.0
17	Fehlerart: 17	0	0.0	0.0
18	Fehlerart: 18	0	0.0	0.0
19	Fehlerart: 19	0	0.0	0.0
20	Fehlerart: 20	0	0.0	0.0
21	Fehlerart: 21	0	0.0	0.0
22	Fehlerart: 22	0	0.0	0.0
23	Fehlerart: 23	0	0.0	0.0
24	Fehlerart: 24	0	0.0	0.0
25	Fehlerart: 25	0	0.0	0.0
26	Fehlerart: 26	0	0.0	0.0
27	Fehlerart: 27	0	0.0	0.0
28	Fehlerart: 28	0	0.0	0.0
29	Fehlerart: 29	0	0.0	0.0
100	100 Nicht geprüft	0	0.0	0.0
101	101 SDS-Fehler 1	0	0.0	0.0
102	102 SDS-Fehler 2	2	3.7	66.7
103	103 SDS-Fehler 3	0	0.0	0.0
104	104 SDS-Fehler 4	0	0.0	0.0
105	105 SDS-Fehler 5	0	0.0	0.0
106	106 SDS-Fehler 6	0	0.0	0.0
107	107 SDS-Fehler 7	0	0.0	0.0
108	108 SDS-Fehler 8	0	0.0	0.0
109	109 SDS-Fehler 9	0	0.0	0.0
110	110 SDS-Fehler 10	0	0.0	0.0
111	111 SDS-Fehler 11	0	0.0	0.0
112	112 SDS-Fehler 12	0	0.0	0.0
113	113 SDS-Fehler 13	0	0.0	0.0

114	114	SDS-Fehler 14	0	0.0	0.0
115	115	SDS-Fehler 15	0	0.0	0.0
116	116	SDS-Fehler 16	0	0.0	0.0
117	117	SDS-Fehler 17	0	0.0	0.0
118	118	SDS-Fehler 18	0	0.0	0.0
119	119	SDS-Fehler 19	0	0.0	0.0
120	120	SDS-Fehler 20	0	0.0	0.0
121	121		0	0.0	0.0
122	122	Drehzahl 1 zu niedrig	0	0.0	0.0
123	123	Drehzahl 1 zu hoch	0	0.0	0.0
124	124	Strom 1 zu niedrig	0	0.0	0.0
125	125	Strom 1 zu hoch	0	0.0	0.0
126	126	Leistung 1 zu niedrig	0	0.0	0.0
127	127	Leistung 1 zu hoch	0	0.0	0.0
128	128	Drehzahl 2 zu niedrig	0	0.0	0.0
129	129	Drehzahl 2 zu hoch	0	0.0	0.0
130	130	Strom 2 zu niedrig	0	0.0	0.0
131	131	Strom 2 zu hoch	0	0.0	0.0
132	132	Leistung 2 zu niedrig	0	0.0	0.0
133	133	Leistung2 zu hoch	0	0.0	0.0
134	134	Spulenwiderstand zu niedrig	0	0.0	0.0
135	135	Spulenwiderstand zu hoch	0	0.0	0.0
300		Kein Stromsignal	1	1.9	33.3
301		Kein Spannungssignal	0	0.0	0.0
302		Tacho defekt	0	0.0	0.0
303		Station 1	0	0.0	0.0
304		Station 3	0	0.0	0.0
305		Station 5 Kraft zu groß	0	0.0	0.0
306		Station 5 Kraft zu klein	0	0.0	0.0
307		Station 6	0	0.0	0.0
308		Station 7 Hochspannungsfehler	0	0.0	0.0
309		Station 7 Fehler Durchgangskontrolle	0	0.0	0.0
310		Station 8 Strom zu hoch	0	0.0	0.0
311		Station 8 Strom zu niedrig	0	0.0	0.0
312		Station 9 Tachosp. zu groß	0	0.0	0.0
313		Station 9 Tachosp. zu niedrig	0	0.0	0.0
314		Station 11 Geräusch NIO	0	0.0	0.0
315		Station 11 Durchgang	0	0.0	0.0
316		Station 12	0	0.0	0.0
317		Reserve	0	0.0	0.0
318		Moment Schrauber 1 A04	0	0.0	0.0
319		Moment Schrauber 2 A04	0	0.0	0.0
320		Moment Schrauber 3 A04	0	0.0	0.0
321		Moment Schrauber 4 A04	0	0.0	0.0
322		Tiefe Schrauber 1 A04	0	0.0	0.0
323		Tiefe Schrauber 2 A04	0	0.0	0.0
324		Tiefe Schrauber 3 A04	0	0.0	0.0
325		Tiefe Schrauber 4 A04	0	0.0	0.0
326		Moment Schrauber 1 A02	0	0.0	0.0
327		Moment Schrauber 2 A02	0	0.0	0.0
328		Moment Schrauber 3 A02	0	0.0	0.0
329		Moment Schrauber 4 A02	0	0.0	0.0
330		Tiefe Schrauber 1 A02	0	0.0	0.0
331		Tiefe Schrauber 2 A02	0	0.0	0.0
332		Tiefe Schrauber 3 A02	0	0.0	0.0
333		Tiefe Schrauber 4 A02	0	0.0	0.0
		Weitere Fehler	0	0.0	0.0