

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PRİMER-SEKONDER FREKANS KONTROLÜ VE AFŞİN-
ELBİSTAN B- TERMİK SANTRALİ UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Müh. Onur Kurtuluş SEZER

Anabilim Dalı : Elektrik Mühendisliği

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Gül KURT

KOCAELİ, 2008

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PRİMER-SEKONDER FREKANS KONTROLÜ VE AFŞİN-
ELBİSTAN B-TERMİK SANTRALİ UYGULAMASI**

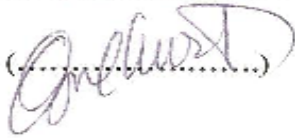
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur Kurtuluş SEZER

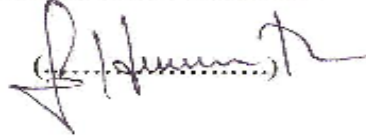
Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 23 Mayıs 2008

Tezin Savunulduğu Tarih: 24 Haziran 2008

Tez Danışmanı
Yrd.Doç.Dr. Gül KURT


(.....)

Üye
Prof.Dr. Semra ÖZTÜRK


(.....)

Üye
Yrd.Doç.Dr. Mehmet BAYRAK


(.....)

KOCAELİ, 2008

ÖNSÖZ

Elektrik enerjisinin milletlerin kalkınmasında,gelişmesinde,sanayileşmesinde öneminin çok fazla olduğu ortadadır. Ülkelerin gelişmişlik seviyelerinin tespiti yapılırken değerlendirilen ‘‘Bir yılda kişi başına kullanılan elektrik enerjisi miktarı’’ önemli bir veridir. Kullanım kolaylığı,temizliği, herhangi zararlı bir atık bırakmaması nedeniyle, diğer enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi tüketiminin genel enerji tüketimi içerisindeki payı tüm dünyada hızla artış göstermektedir. Şuan bu pay %35 civarlarında olsa bile bu oranın yakında zamanda %40-50 lere çıkması düşünülmektedir.

Enerji üretiminden tüketimine kadar geçen tüm süreçlerde politikaların belirlenmesi ve uygun teknolojilerin seçimi önemli bir problem oluşturmaktadır. Problemin çözümünün en zor yanı ise bu karar ve politikaların etkilerinin sadece enerji sektörü içerisinde kalmayıp tüm ülke ekonomisini ve çevreyi kapsamasıdır. Enerji-ekonomi-çevre etkileşimi dikkate alınarak hazırlanan senaryolar ile modellemeler yapılmakta ve çözüm önerileri hazırlanmaktadır.Önümüzdeki dönemde Türk enerji sektörü sadece Türkiye için değil, jeopolitik konumu nedeniyle Avrasya Ülkeleri ve Hazar Bölgesi için kritik sektör durumunda olacak ve bütün ekonomik gelişmeler enerji sektörüne paralel olarak gelişecektir.

Elektrik enerjisi, ekonominin ve sosyal hayatın, yaşamımızın en önemli girdisi ve vazgeçilmez bir unsurdur. Elektrik enerjisi gerek yukarıdaki önemi gereksede depo edilemeyişi nedeniyle her sektörden daha çok planlama ihtiyaç duyar. Buda etkin bir planlama ile sağlanır. Elektrik enerjisi sektöründe planlama yapılırken şu dört ana unsuru göz önünde bulundurmak şarttır. Bunlar; elektrik enerjisinin mümkün olduğu kadar ucuz olması, elektrik enerjisi üretiminin talebi karşılamada yeterli olması, elektrik enerjisi üretiminin güvenilir olması, elektrik enerjisinin kaliteli ve devamlı olmasıdır.Enerjinin kalitesini arttırmannın yolu üretim santrallerini iyileştirmekten geçmektedir. EÜAŞ’ a bağlı termik santrallerin % 7’lik kısmını oluşturan Afşin Elbistan B Termik Santrali, UCTE kriterlerine uygun bir çalışma şekli gerçekleştirdiği sürece bu iyileştirmeden nasibini almış kabul edilecek ve tezde hedeflenen amaca ulaşılmış olacaktır.

Tez çalışmam boyunca yardımlarını benden esirgemeyen kıymetli hocam Yrd.Doç.Dr.Gül Kurt Hanım’a ve değerli Afşin Elbistan B Termik Santrali yöneticilerine teşekkürlerimi sunarım.

Onur Kurtuluş SEZER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	v
SİMGELER.....	vi
ÖZET:.....	vii
İNGİLİZCE ÖZET.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR.....	7
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	9
3.1. Malzeme.....	9
3.1.1. Devir sayısı regülasyonu.....	9
3.1.1.1. Regülasyon hakkında genel bilgiler.....	9
3.1.1.2. Termik santrallerde hız regülasyonu.....	11
3.1.1.3. İzole şebeke ile enterkonnekte şebekelerde türbin hız regülasyonu.....	13
3.1.1.4. Hız regülasyonunun gerçekleşmesi ve (mw-hz) karakteristik eğrinin incelenmesi.....	15
3.1.1.4.1. Astatik (kararsız) ve statik (kararlı) hız regülasyonu.....	16
3.1.1.4.2. Daimi statik veya sürekli devir sayısı değişimi veya hız düşümü.....	17
3.1.1.4.3. Paralel çalışan türbin-generator ünitelerinin yük dağılımı.....	18
3.1.1.4.4. Sistemle paralel çalışan bir türbin-generator ünitesinin yükünün artırılması veya azaltılması.....	20
3.1.1.4.5. Sistemle paralel çalışan bir türbin-generator ünitesine ait hız regülatörünün statik (hız düşümü) ayarının değiştirilmesi.....	21
3.1.1.4.6. Sistemle paralel çalışan bir türbin-generator ünitesinin sistem frekansına iştirak etmesi.....	22
3.1.2.Güç kontrolü.....	23
3.1.2.1. Frekans kontrolü.....	25
3.1.2.1.1.Primer frekans kontrolü.....	27
3.1.2.1.1.1.Sistem frekansının düşmesi durumunda ünitenin primer frekans kontrol tepkisi.....	30

3.1.2.1.1.2.Sistem frekansının yükselmesi durumunda ünitenin primer frekans kontrol tepkisi	30
3.1.2.1.1.3.Ölü bant (dead band)	31
3.1.2.1.2.Sekonder frekans kontrolü.....	33
3.1.2.1.2.1.Kontrol alanı	33
3.1.2.1.2.2. Kontrol bloğu	34
3.1.2.1.2.3.Alan kontrol hatası (ACE).....	34
3.1.2.1.2.4. K faktörü.....	34
3.1.2.1.2.5. Sekonder kontrol rezervi	35
3.1.2.1.3. Tersiyer (üçüncül) frekans kontrolü	38
3.1.3.Afşin Elbistan B termik santralının çalışma şartları.....	40
3.2.Metod.....	42
3.2.1.Primer frekans kontrol performans testleri.....	42
3.2.1.1.Primer frekans kontrol rezerv testi	43
3.2.1.2.Primer frekans kontrol hassasiyet testi.....	46
3.2.1.3. 24 saatlik doğrulama testi.....	47
3.2.2.Sekonder frekans kontrolü performans testi.....	47
3.3.Teiaş tarafından yapılan frekans kontrolü testleri sonuçları	48
3.3.1.Primer frekans kontrolü performans test sonuçları	48
3.3.2.Sekonder frekans kontrolü performans test sonuçları	56
4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR.....	69
EKLER	711
ÖZGEÇMİŞ.....	1744

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Bir Regülasyon Devresine Ait Basit Prensiş Şeması.....	11
Şekil 3.2. İzole Bir Şebekede Çalışan Bir Buhar Türbinine Ait Hız Regülatörü İle Gerilim Regülatörü Arasındaki Blok Bağlantı Şeması.....	13
Şekil 3.3. Türbin Döndürme Momenti-Devir Sayısı (Frekans) Karakteristik Eğrileri.....	14
Şekil 3.4. Döndürme Momenti-Frekans Karakteristik Eğrisi.....	15
Şekil 3.5. Astatik Karakteristikli / Statik Karakteristikli Bir Hız Regülatörüne Ait (Mw-Hz) Karakteristik Eğrisi.....	17
Şekil.3.6. Farklı Statik Karakteristikli Hız Regülatörleri İle Regüle Edilen Ve Paralel Çalışan İki Türbin-Generatör Ünitesinin Yük Dağılımı. [5].....	19
Şekil 3.7.Sistemle Paralel Çalışan Bir Türbin Generatör Ünitesinin Yükünün, Hız Regülatörüne Ait (Mw-Hz) Karakteristik Eğrisinin Kaydırılması Suretiyle Değiştirilmesi. [5].....	20
Şekil.3.8. (Mw-Hz) Karakteristik Eğrisi [5].....	22
Şekil 3.9. Sistemle Paralel Çalışan Ve Frekans Tutmayan Bir Türbin Generatör Ünitesinin, Sistem Frekansının Nominal (Fo) Değerinde Tutulmasına İştirak Ettirilmesi. [5] ...	23
Şekil.3.10.Güç Kontrolü Basit Akış Şeması	25
Şekil.3.11.Sabit Yük-Frekans Bağlantısı	26
Şekil.3.12.Sabit Yük-Frekans Değişiminin Zamanla Gösterilmesi.....	27
Şekil.3.13.Primer Frekans Kontrolü Güç-Zaman Grafiğı	29
Şekil.3.14.Sistem Frekansının Düşmesiyle Beraber Ünitenin Verdiği Tepki	30
Şekil.3.15.Sistem Frekansının Düşmesiyle Beraber Ünitenin Verdiği Tepki	31
Şekil.3.16.Primer Frekans Kontrolüne Katılan Ünitelerin Sistemdeki Frekans Sapmalarına Göre Çıkış Aktif Güç Değişimi Grafiğı.....	32
Şekil.3.17.Kontrol Hiyerarşisi [6]	33
Şekil.3.18.Büyük Frekans Sapmaları Sırasında Sekonder Kontrolün Kalitesi.....	37
Şekil.3.19.Trumpet Eğrisi[7].....	38
Şekil.3.20.Frekans Kontrolü Blok Diyagramı.....	39
Şekil.3.21.Tüm Kontrollerin Zamana Göre Çalışması.....	39
Şekil.3.22. Primer Frekans Kontrol Rezerv Testi Simule Frekans Uygulanışı[7]	44
Şekil .3.23.F=49,8 Hz'lik Simule Frekans Uygulamasında Üniteden Beklenen Tepki [7]	45
Şekil .3.24.F=50,2 Hz'lik Simule Frekans Uygulamasında Üniteden Beklenen Tepki [7]	45
Şekil.3.25.Primer Frekans Kontrol Hassasiyet Testi Simule Frekans Uygulanışı [7].....	46
Şekil.3.26.Frekans Simülasyonu Uygulama Yöntemi Blok Şeması	50
Şekil.3.27. 342 Mw Set Değerinde +200 Mhz Simule Frekans Uygulamasında Aktif Güç-Zaman Grafiğı [Anonim-2008].....	52
Şekil.3.28. 342 Mw Set Değerinde -200 Mhz Simule Frekans Uygulamasında Aktif Güç-Zaman Grafiğı [Anonim-2008].....	52
Şekil.3.29. 234 Mw Set Değerinde +200 Mhz Simule Frekans Uygulamasında Aktif Güç-Zaman Grafiğı [Anonim-2008].....	53
Şekil.3.30. 234 Mw Set Değerinde -200 Mhz Simule Frekans Uygulamasında Aktif Güç-Zaman Grafiğı [Anonim-2008].....	54
Şekil.3.31.Primer Frekans Kontrolü Devre Dışı İken Ünite Yük Alma Hızı 12 Mw/Dk İken Ünitenin Gelen Yük Talep Sinyaline Tepkisi.....	59

TABLolar DİZİNİ

Tablo.1.1.Türkiye enterkonnekte sisteminde frekans kontrolüne katılan santrallerin isimleri ve kapasiteleri	4
Tablo.3.1.Primer frekans kontrol rezerv kapasitesine göre türbin regülatörü hız eğimi tablosu	43
Tablo.3.2.Primer frekans kontrolü performans testi için ölçüm yapılan değerler	49
Tablo.3.3.Ölçümü yapılan ve kaydedilen sinyallerin gerçek değerlerinin elde edilebilmesi için gerekli ölçekleme oranları	49
Tablo.3.4.Primer frekans kontrol performans rezerv testleri özet tablosu	56
Tablo.3.5.Primer frekans kontrol performans testleri sonuç tablosu.....	56

SİMGELER

Kısaltmalar

UCTE	: Avrupa Elektrik İletimi Koordinasyonu Birliği
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
MYTM	: Milli Yük Tevzi İşletme Müdürlüğü
GW	: Giga Watt
TWh	: Tera Watt Saat
MW	: Mega Watt
NGCCPP	: Doğalgaz Kombine Gaz Termik Santrali
TPP	: Termik Santral
HPP	: Hidrolik Santral
TÜBİTAK	: Türkiye Bilim Teknolojisi Araştırma Kurumu
LP	: Düşük Basınç
EPŞY	: Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği
ZYHA	: Zorunlu Yan Hizmetler Anlaşması
Q	: Primer Frekans Kontrol Rezerv Kapasitesi
AGC	: Otomatik Üretim Kontrolörü
ACE	: Alan Kontrol Hatası
NLDC	: National Load Dispatching Center (MYTM)
DCS	: Dağıtılmış Kontrol Sistemi
LFC	: Yük Frekans Kontrolü
LCER	: Yük Frekans Kontrolü Kontrol Hatası
LMIC	: LFC Interface Microprocessor Status
Pset	: Ünite çıkış gücünün ayarlanmış değeri
f ₀	: Ünite kontrol sisteminin frekans sapmalarına tepki vermediği frekans aralığı (Ölü bant, Hz)
Δf _G	: Ünitenin ölü banttan sonra algıladığı frekans sapma miktarı
Δf	: Sistem frekansındaki sapma miktarı
PI	: Oransal İntegral Alıcı
ISO	: İletim Sistemi Operatörü
K*Δf	: Frekans Kontrol Hatası
ΔP	: Güç Kontrol Hatası
P _{meas}	: Bağlantı hatlarında ölçülen anlık aktif güç transferlerinin toplamı
P _{prog}	: Bütün komşu kontrol alanları ile sonuçta ortaya çıkan alışveriş programı
K _{ri}	: Kontrol alanının K-faktörüdür (MW/Hz)
f _{meas}	: Gerçek frekans ölçümü
f _n	: Frekans ayar (set) değeri
R	: Sekonder kontrol rezervi için MW cinsinden öneri
L _{max}	: kontrol alanı / bloğu için MW cinsinden maksimum beklenen yük

PRİMER-SEKONDER FREKANS KONTROLÜ VE AFŞİN-ELBİSTAN B TERMİK SANTRALİ UYGULAMASI

ONUR KURTULUŞ SEZER

Anahtar Kelimeler: Yük, Primer-Sekonder Frekans Kontrolü, UCTE,

Özet: Bu çalışmada termik santrallerde yük-frekans denetimi ele alınmış ve Türkiye'nin en büyük ve modern santrali olan EÜAŞ Afşin Elbistan B termik santralının frekans kontrolüne katkısı araştırılmıştır.

Araştırma sırasında Avrupa İletim Koordinasyonlar Birliği (UCTE) kriterleri dikkate alınmış ve EÜAŞ Afşin-Elbistan B termik santralının bu kriterlere uyumu incelenmiştir.

Yapılan testler neticesinde termik santrallerin frekans kontrolüne katılmalarıyla beraber ulusal enterkonnekte şebekenin Avrupa enterkonnekte şebekesine bağlanmasının yolu açılacağı ortaya konmuştur.

PRIMARY-SECONDARY FREQUENCY CONTROL AND APPLICATION OF AFŞİN-ELBİSTAN B THERMAL POWER PLANT

ONUR KURTULUŞ SEZER

Key Words: Load, Primary-Secondary frequency control, UCTE,

Abstract: Load-frequency control in thermal power plants is studied in this research and the effect of Afşin-Elbistan B thermal power plant which is the biggest electric generation capacity and using the latest technology in Turkey , frequency control has been searched.

This research is based on UCTE (Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity) criterias and the adaptation of Afşin-Elbistan B Thermal Power Plant to these criteria has been searched.

The result of the tests that has been executed, explain us ,after the participate of thermal power plants on frequency control, national interconnection grid can be associated to European interconnection grid.

1.GİRİŞ

Bir enerji iletim şebekesinde aktif ve reaktif gücün akışı birbirinden bağımsızdır ve farklı denetim faaliyetleri ile kontrol edilirler. Aktif güç kontrolü, frekans kontrolü ile yakından ilişkilidir. Benzer olarak reaktif güç kontrolü ile gerilim kontrolü arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle aktif ve reaktif güç kontrolünde yaşanan problemlerin çözümü için değişik çalışmalar yapılır. Bu çalışmada termik santrallerde güç ve frekans kontrolü ele alınacak, reaktif güç kontrolü ile ilgilenilmeyecektir.

Bir güç sisteminin frekansı, aktif güç dengesine bağlıdır. Frekans, sistemin her noktasında etkili ve bilinen bir faktör olduğundan, bir noktada olabilecek aktif güç talep değişimi, frekansta değişikliğe yol açacak ve bu değişim, büyüklüğüne göre sistemin başka noktalarında da hissedilecektir. Enterkonnekte sistemlerde frekansı denetlemek için aktif gücün yani santralin ürettiği gücün kontrolü gereklidir. Bunu tüm sistem üzerinde yapabilmek gerekir. Yapılan kontrol öylesine güçlü olmalıdır ki, başka faktörlerden etkilenmemelidir. Daha açık bir ifadeyle sistemde yapılan müdahale büyük ve etkili olmalıdır. Böylece tüm sistemi etkileyebilecektir. Bunu büyük güçlü santraller aracılığıyla yapmak daha kolaydır. Küçük bir santralde yapılan (örneğin birkaç MW) güç artışı frekansta çok az hissedilirken, birkaç yüz MW'lık ünitelerden oluşan bir santraldeki değişimlerin etkisi daha geniş ve şiddetli olabilmektedir.

Enerji sistemlerinde güç değişimi sistem dinamiklerinin (generatör, türbin, hız regülatörü vb.) cevap verme süresine bağlı olarak dört kademede incelenebilir.

- 1- Generatördeki rotor salınmaları (İlk bir iki milisaniye ya da saniye)
- 2- Frekans düşümü (Bir kaç saniye den beş on saniyeye kadar)
- 3- Türbin hız regülatörünce gerçekleştirilen birincil (Primer) kontrol (Beş on saniye civarı)

4- Merkezi regülatörlerde ve denetleyicilerin yaptığı ikincil (Sekonder) kontrol (1 dakika civarı)

İlk iki olay daha çok hızlı dinamik analizler içerisinde incelenir ve dinamik kararlılık kavramı içerisinde izlenir. Birincil ve ikincil frekans denetimi olayı ise yük frekans kontrolü açısından önemlidir.

Birincil frekans yada hız denetimi ile santralin aktif güç dengesi sağlansa bile frekanstaki hata sifira dönüştürülemez. Daha basit bir ifade ile güç dengesi sağlanmakta yani frekanstaki değişim sona ermekte ama frekans 50 Hz'e getirilememektedir. Birincil kontrolün etkisi ile kontrol edilen bölgedeki generatörler değişen yükü kendi büyüklükleri oranında paylaşmaktadır. İkincil kontrol ise destekleyici bir denetim mekanizması olup, frekans hatasını sifira indirgeyen integral denetleyicilerden dolayı frekansın anma değerine getirilmesi mümkün olabilmektedir.

Enterkonnekte alanların frekans kontrol problemleri, tek alanlı sistemlerin birçoğundan daha önemlidir. Bugün birçok güç sistemleri enterkonnekte sistem oluşturacak şekilde komşu sistemlere bağlanırlar ve yük-frekans kontrol problemleri ortak bir sorun haline gelir. Aynı şekilde enterkonnekte sistemleri birbirine bağlayan bağlantı hatları üzerinden akan aktif gücü kontrol etme de ortak bir sorundur. Fakat alanların birbirine bağlanarak çalışmasının birçok avantajı vardır ve bu iki kelimeyle özetlenebilir; "Karşılıklı Yardımlaşma". Büyük sistemlerdeki yük değişimi, üretim kaybı gibi durumlardan sistemin yapısı çok fazla etkilenmez. Örneğin UCTE' nin kontrol ettiği ve Avrupa birliği ülkelerinin ortak enterkonnekte şebekesinde meydana gelebilecek 3000 MW ani bir yük değişimi olsa frekans değişimi 0.1 Hz den daha az olur. Oysa 1000 MW kapasiteli küçük bir sistemde, 300 MW kadar (Kapasitenin %30'na karşı düşen) üretim kaybı olsa, eğer sistem tek başına çalışıyorsa korkunç değişimler olacaktır. Frekans aşırı düşecek, geçici güç aç salınımları tüm sistem elemanlarını yıpratacak ve sonuçta sistem tam olarak çökecektir.

Aynı sistem, 100.000 MW kapasiteli bir enterkonnekte sistemin parçası olsaydı, aynı 300 MW lık üretim kaybı sadece %0.3 lük kayba karşı gelecekti. Frekans

korunabilecekti ve normal üretim yeniden sağlanana kadar arızalı alan yükünü karşılayabilmek için diğer alanlardan bağlantı hatları yolu ile güç akışı olacaktır. Sistemin büyük olması aynı zamanda kontrol alanları arasındaki rezerv güç ihtiyacını azaltacaktır.

Elektrik şebekeleri tüm dünyada hızla bir şekilde gelişip büyümektedir. Öyle ki bir ülke sadece kendi içinde enterkonnekte şebeke oluşturmakla yetinmeyip, komşu ülkelerle iletim hattı bağlantıları kurup, güç alışverişi yapmaktadır. Türkiye elektrik sistemi şu anda diğer ülkelerle senkron işletme içinde değildir. Ancak Azerbaycan, Ermenistan, Bulgaristan, Romanya, İran, Irak ve Suriye gibi birçok enterkonneksiyona sahiptir. Yunanistan, İran, Irak ve Suriye ile ilave 400 kV bağlantılar için planlar yapılmaktadır.

Ayrıca 28.09.2005 tarihinde Avrupa Elektrik İletimi Koordinasyonu Birliği UCTE ile protokol imzalanmış ve ulusal enterkonnekte sistemimiz Avrupa enterkonneksiyonu ile tahmini olarak 2007'den itibaren Yunanistan üzerinden irtibatlandırılmış olacaktır. Ancak bu henüz gerçekleşmemiştir. [6]

Amacı 23 Avrupa ülkesi iletim sistemi operatörlerinin işletme etkinliklerinin koordine edilmesi, elektrik iletim sisteminin güvenilir ve düşük maliyetli bir şekilde planlanması, işletilmesi ve tüketicilere kaliteli, yeterli ve ucuz elektrik enerjisi arz edilmesi olan UCTE, farklı güç sistemlerini senkronize bir şekilde işletmektedir. UCTE ağı üzerinden 450 milyon insana elektrik enerjisi sağlanmakta olup yıllık elektrik enerjisi tüketimi yaklaşık 2500 TWh'tir. [6]

Böyle büyük bir enterkonnekte sistemin kendine özgü kriterleri ve politikaları vardır. Bu politikaların birincisi ise yük-frekans kontrolüdür. UCTE' ye bağlanabilmek için bu kriterler sağlanmalı ve öncelikle enterkonnekte sistemin kendi içinde kararlı çalışması sağlanmalıdır. Başka bir deyişle, frekans performansı UCTE kriterlerine uygun hale getirilmelidir. Sistem işletmecisi olan TEİAŞ, bu kriterleri yerine getirmek için çeşitli projeler geliştirmekte, üretim tesislerinde çeşitli testler yapmakta, yönetmelikler hazırlamaktadır.

03.11.2004 tarihli ve 25632 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren ve 01.08.2006 tarihi itibariyle nakdi olarak uygulanmaya başlanan ‘‘Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği’’ de bunlardan biridir. Bu yönetmeliğe göre ;

- a) Toplam 100 MW ve üzerinde kurulu güce sahip bir üretim tesisi,
 - b) 50 MW ve üzerinde kurulu güce sahip ünite,
- frekans kontrolüne katılmakla yükümlüdür.

Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliğinde yapılması düşünülen bazı değişiklikler vardır. Bunlardan bir tanesi b) alt başlığında yer alan ‘‘ 50 MW ve üzerinde kurulu güce sahip ünite’’ başlığının kaldırılmasıdır. Başka bir ifadeyle; küçük ve orta büyüklükteki üretim tesisleri de, Türkiye elektrik sisteminin UCTE kriterlerine göre frekans performansının iyileştirilmesi için gücü ölçüsünde sisteme katkı sağlayacaktır.

Tablo.1.1.Türkiye Enterkonnekte Sisteminde Frekans Kontrolüne Katılan Santrallerin İsimleri ve Kapasiteleri

Natural Gas and Combined Cycle Power Plants (NGCCPP)			Thermal Power Plants (TPP)			Hydro Power Plants (HPP)		
Plant	Unit	Rating (MW)	Plant	Unit	Rating (MW)	Plant	Unit	Rating (MW)
GEBZE	Gas	4 x 260	ELBİSTAN	A	4 x 344	ATATÜRK		8 x 300
	Steam	2 x 282		B	4 x 362	KARAKAYA		6 x 300
ADAPAZARI	Gas	2 x 260	ISKENDERUN		2 x 660	BİRECİK		6 x 126
	Steam	1 x 282	SOMA		6 x 165	KEBAN	1-4	4 x 157
ALİAĞA	Gas	4 x 260		1-2	2 x 114		5-8	4 x 180
	Steam	2 x 282	AMBARLI F/O	3	1 x 114	ALTINKAYA		4 x 175
BURSA	Gas	4 x 239		4-5	2 x 150	OYMAPINAR		4 x 135
	Steam	2 x 237	ÇAYIRHAN	1-2	2 x 160	BERKE		3 x 175
AMBARLI	Gas	6 x 128		3-4	2 x 160	HASAN UĞR.		4 x 125
	Steam	3 x 173	KEMERKÖY	1&3	2 x 210			
HAMİTABAT	Gas	8 x 100		2	210			
	Steam	4 x 111	YATAĞAN		3 x 210			
TEMELLİ	Gas	2 x 262		1-2	2 x 153			
	Steam	1 x 323	SEYİTÖMER	3	1 x 160			
UNİMAR	Gas	2 x 168		4	1 x 160			
	Steam	1 x 169						

Frekans performansının iyileştirilmesinde termik santraller kilit rol oynamaktadır. Çünkü termik santrallerdeki ünitelerin devreye alınması veya devreden çıkarılması, hidrolik santrallere göre çok daha zor ve yavaş olmaktadır. Bir termik santral ünitesi ünitenin sıcaklık durumuna bağlı olarak 3-10 saat arasında değişen sürelerde devreye girebilmektedir. Ancak hidrolik santrallerde yer alan reglaj problemi termik

santrallerde çok az olduğu için sistem yükünün sabit kalmasında etkin rol oynamaktadır.

Yine aynı şekilde termik santral ünitelerinde, sistemden gelen yük alma veya yük atma talepleri governer valfleri vasıtasıyla hızlı bir şekilde yerine getirilirken, hidrolik santrallerde bu olay ayar kanatlarıyla yerine getirilmektedir. Ancak TEİAŞ ve TÜBİTAK grubunun yaptıkları son araştırmalarda hidrolik santrallerin yaptıkları bu ayar işlemi sırasında bölgesel frekans titreşimleri oluşmakta ve de sistem frekansı bozulmaktadır.

Termik santrallerde frekans kontrollü çalışmanın bazı zararları da vardır. Örneğin sistem frekansında meydana gelen değişimlere paralel olarak türbine giren buharı reglaj yapan governer valfleri sıklıkla pozisyon değiştirdikleri için ömürleri kısalmaktadır. Bu valfler pahalı valflerdir. Bunun dışında kömür kalorisindeki belirsizlik nedeniyle kazana verilen kömür miktarında bazen yaşanan sıkıntılardan dolayı ünite yükü anormal yükselebilmekte ve sistem kararsız çalışmaya gidebilmektedir. Ayrıca tüm sistem otomatikte çalıştığı için bütün valfler normalinden çok daha fazla aşınmakta ve arıza getirmektedir. Şebeke kaynaklı arızalardan dolayı, ünitelere darbeler gelebilmekte, yük alma ve yük atma limitleri zorlanarak mekanik aksamalarda hasarlar oluşabilmektedir.

Frekans kontrolüne katılımını incelediğimiz Afşin Elbistan B Termik Santralinde, 2007 yılı içerisinde meydana gelen arızalardan bazıları (frekans kontrollü çalışmadan kaynaklanan) şu şekilde sıralanabilir;

- 04.03.2007 tarihinde, saat 02:30' da Türbin LP-Bypass valfi basınç değişiminden dolayı sıklıkla açma kapama yapmış ve son olarak %37 pozisyonunda sıkışık takılı kalmıştır ve ünite devre dışı bırakılmıştır.

- 03.08.2007 tarihinde saat 06:18' de 1.Ünite tekrar kızdırıcı paketlerindeki borularda patlak olduğu düşünülmüş ve ünite devre dışı bırakılmıştır. Paketlerde yapılan incelemelerde ani basınç değişiminden kaynaklanan deformasyonlar olduğu tespit edilmiş ve 22 adet boru değiştirilmiştir.

- Çeşitli tarihlerde olmakla beraber tüm ünite reglaj valflerinde ve ana stop valflerinde normalinden çok fazla açma kapama yapıldığı için zorunlu duruşlar verilmiş ve takribi 20 gün dolaylarında bakım işlemi uygulanmıştır.Dolayısıyla 20 günlük üretimden kayıp söz konusu olmuştur.

2. GENEL KISIMLAR

Tripathy ve Bhardwaj (1995), yaptıkları çalışmada, küçük güçlü su türbinleriyle çalıştırılan generatörlerin otomatik generatör kontrolünü incelemişlerdir. Hindistan ve çevresindeki ücra tepelik bölgelerde çoğunlukla kullanılan küçük hidrolik santrallerindeki dinamikler ve kontroller generatörün iki farklı çalışma şekliyle incelenmiştir. Birincisi izole şebeke, ikincisi ise enterkonnekte şebeke. İzole şebekede, generatörün frekans ve yükü tamamen mekanik hız regülatörü ile kontrol edilmiştir. Enterkonnekte şebekede ise frekans ve yük, hız regülatörüyle, integral etkili bir kontrolcünün beraber çalışmasıyla kontrol edilmiştir. Digital simulasyon sonuçlarından, integral etkili kontrolün transient haldeki durumda daha başarılı olduğu anlaşılmıştır. [9]

Stojkovic (2003), yaptıkları çalışmada, Sırbistan-Karadağ güç sistemindeki yük frekans kontrolüne ait problemleri incelemiş ve kendine has bir yaklaşım geliştirerek çözümünü anlatmaya çalışmıştır. Yük-frekans kontrolünün tamamı, tek bir bilgisayar üzerinden yapılmaktadır. Regülasyon ünitesinin hareketi ve düzenli regülasyon gücü etkisi için geliştirilen algoritma, kompakt bir dizayna sahip birçok PI kontrolcüsünün karşılaştırılmasıyla elde edilmiştir. Bu algorithmada kullanılan yük- frekans kontrolcüleri, geri planda SCADA sisteminin yardımıyla ve enerji şirketlerinin de katkılarıyla geliştirilerek güvenilir ve etkin bir hale getirilmiştir. [8]

Eker (2003), yaptığı çalışmada, hidrolik türbinlerde hız kontrol regülatörleri için, güçlü tek giriş-çok çıkış tasarım yaklaşımını sunmuştur. Lineer olmayan türbin modelini, suyun koç darbesi etkisi, yayılan dalgalar, ve esnek olmayan cebri boruları da içine alarak geliştirmiştir. Projede, çok terimli H_{∞} optimizasyon yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, geleneksel PI ve PID tasarımlarıyla karşılaştırılıp, zaman ve frekans düzleminde sunulmuştur. Neticede, bazı düzensizlikler olsa bile, önerilen hız regülatörü, performansı önemli bir oranda iyileştirmektedir.[14]

Oysal ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada, akıllı denetim esasına dayanan bir yük frekans denetleyicisi önermişlerdir. Önerilen yeni kontrolör sinir ağları ve bulanık mantık teknolojilerinin sakıncalı taraflarının üstesinden gelmekte ve her birinin üstün taraflarını kullanmaktadır. Kendi işlem birimlerinde geciktiriciler ve integratörler gibi dinamik elemanları içeren bir dinamik bulanık ağı (DBA), bir yük frekans denetimi tasarımında kullanılmıştır. Tasarım, DBA parametrelerinin hesaplanmasına dayanır. Bu da yük frekans hata masraflarını içeren bir ölçütün en aza indirilmesi ile sağlanır. Gerekli olan ölçütün ağ parametrelerine göre gradyanları, adjoint duyarlılık analizi ile hesaplanmıştır. [16]

Kishor ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada, bir hidroelektrik santralinde cebri borulardaki suyun debisinin değişim etkisini, irrasyonel matematik fonksiyonuyla tanımlamıştır. Bu çalışmadaki fonksiyonda, düşük değerli bir H-sonsuz yaklaşım metodu kullanılmıştır. Ayar kanat açıklığı - türbin gücü - doğrusal olmayan kararlı durum karakteristiği, bu indirgenmiş yükleme fonksiyonu ile modellendirildikten sonra, zaman ve frekans düzleminde türbin güç simülasyonları oluşturulmuş ve çok iyi bilinen Padé yaklaşımı ile karşılaştırılmıştır. Dijital simülasyonlardan görülmüştür ki; hidrolik santrallerde arıza sonucu ortaya çıkan yüklenmelerde, hız regülatörü frekans kontrolü noktasında tek başına etkili değildir. Bununla beraber, hız regülatörü, izole edilmiş generatör sistemlerinde mevcut tek kontrolördür. Ayrıca, enterkonnekte şebekeye bağlantılı generatör sistemlerinde, ACE kontrolü, gerçek güç yüklenmesi meydana geldiğinde, jeneratörün frekans kontrolünü etkin bir biçimde düzenleyebilir. [15]

Demirören ve Zeynelgil (2006), yaptıkları çalışmada, integral kazançları ve bias faktörleri için genetik algoritma kullanmışlar, üç bölgeci güç sisteminin bozulması sonrası otomatik generatör kontrolüne uygulamışlardır. Geleneksel üç bölgeci AGC sistemi, dinamikleri üzerinden karşılıklı etkileri dikkate alarak düzenlemişlerdir. Bozulma sonrası AGC' lerde çift taraflı ayarlama işlemleri araştırmışlardır. Gerçek ölçümler üzerine kurulu devamlı parametreleri kullanılarak, ACE parametrelerinin kendi performans indeksi optimizasyonu sağlanmıştır. Bu yöntem, zaman-veri işlevlerinin bilgisayar tarafından kaydedilebilmesi sebebiyle seçilmiştir. [10]

3. MALZEME ve YÖNTEM

3.1. Malzeme

3.1.1. Devir sayısı regülasyonu

3.1.1.1. Regülasyon hakkında genel bilgiler

Regülasyon ve kumanda, bir ana işlemin otomatikleştirilmesine yarayan yardımcı işlemlerdir. Regülasyon tekniğinin görevi, teknik cihazlarda yahut tesislerde bir malzemenin yahut enerjinin miktarını veya basınç, devir sayısı ve yahutta gerilim gibi fiziksel büyüklüklerin durumunu önceden verilen tasarlanmış bir plan çerçevesi içinde kontrol etmek ve ayarlamaktır.

Regülasyon olayında, bir büyüklüğün önceden verilen değeri regülatörün ilgili bir organı tarafından devamlı olarak ölçülmek suretiyle kontrol edilir ve önceden verilen, yani istenen değerde herhangi bir değişme meydana geldiğinde bu değişiklik regülatör tarafından otomatik olarak düzeltilir. Kapalı bir devrede cereyan eden bu değişikliğin düzeltilmesi işi kapalı regülasyon devresini oluşturur.

Bir regülasyon olayı esnasında önceden öngörülen, yani istenen bir değer sabit kalması için regülasyonun da sabit olması gerekir. Bir regülatörün görev yapma derecesi, regülatörün, regülasyonda meydana gelen değişmelere karşı cevap verme kabiliyeti ile belirlenir. Regülasyon olayında meydana gelen değişmeler, yani regülasyon olayında meydana gelen değişiklikleri devamlı kontrol eden regülasyon devresi ölçü-karşılaştırma organının vereceği sinyaller ekseri hallerde çok küçük olur. Bu küçük sinyaller regülasyon devresine ait kumanda organlarını doğrudan doğruya harekete geçiremezler. Bu yüzden regülasyon olayında meydana gelen değişiklikleri devamlı olarak kontrol eden, yani regülasyon büyüklüğünün mevcut değeri ile istenen değerini devamlı olarak karşılaştıran organın vereceği sinyallerin

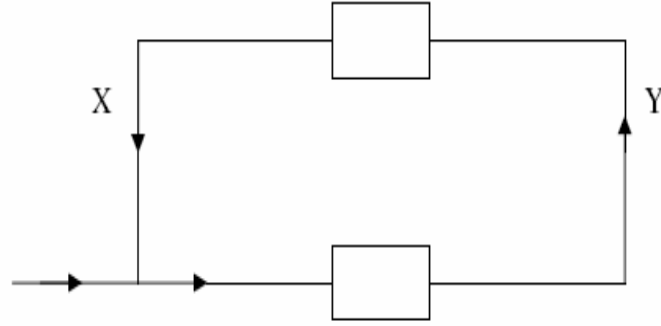
kuvvetlendirilmesi gerekir. Bu sinyallerin kuvvetlendirilmesi ile aynı zamanda regülasyon tertibatının regüle edilen teçhizat özelliklerine ve durumuna en isabetli uygunluğu da sağlanmış olur.

Bir regülatörün yerine getirdiği regülasyon olayı, genel olarak aşağıda kaydedilen değişik olayların sıra ile ve otomatik bir şekilde cereyan etmesinden meydana gelir:

- 1- Ölçme (Kontrol): Regüle edilen yani regülasyona tabi tutularak ayarlanmak istenen herhangi bir büyüklüğün mevcut (X) değerinin tespit edilmesi;
- 2- Karşılaştırma (Mukayese etme): Regülasyona tabi tutularak (X_k) değerinde olması istenen herhangi bir büyüklüğün mevcut (X) değeri ile istenen (X_k) değeri arasındaki (X_w) farkının karşılaştırılması; yani $X_w = X - X_k$ farkının saptanması;
- 3- Kuvvetlendirme ve zamansal hareket oranının teşkili; Yani kumanda ve ayar büyüklüğü olarak herhangi bir (Y) değerinin üretilmesi;
- 4- Kumanda (Ayar): Regülasyona tabi tutulan herhangi bir büyüklüğün değerinin istenen (X_k) değeri elde edilinceye yani $X_w = 0$ oluncaya kadar enerji akımının yahut kütle hareketinin değiştirilmesi.

Regülasyon hadisesinin etki seyrinin böyle bir sıra ile oluşması kapalı bir devre içinde cereyan etmektedir. Regülasyon olayı seyrinin dördüncü safhasında oluşan " Kumanda-Ayar " hareketi regülasyona tabi tutulan yani regüle edilen büyüklüğün mevcut (X) değerinin değişmesine ve yeni bir ölçü değerinin doğmasına sebep olur. Regüle edilen, yani regülasyona tabi tutulan bir teçhizat ile regülasyon tertibatlarının birbirleri ile birlikte görev görmesi bir regülasyon devresi meydana getirir. Esasen her regülasyon hadisesi kapalı bir etki devresi içinde cereyan eder. Bu kapalı devreye ait regülasyon sinyalleri bir tek yönde tesir icra ederler. Bu sebeptendir ki bir regülasyon devresine ait bütün organlar için sadece bir tek tesir yönüne sahip olma özelliği aranır. Yani, bir regülasyon devresindeki herhangi bir organa ait çıkış büyüklüğündeki bir değer değişmesinin bu organın giriş büyüklüğü değeri üzerine hiç bir geri etkiye yapmaması, yani ters etkide bulunmaması gerekir.

Regüle edilen teçhizat



X_k X_w Regülasyon tertibi

$$X_w = X - X_k$$

Şekil 3.1. Bir Regülasyon Devresine Ait Basit Prensip Şeması

X_w = Regülasyon sapması; yani regülasyona tabi tutulan herhangi bir büyüklüğün istenen (X_k) değerinde meydana gelen değişiklik;

X = Regülasyon büyüklüğünün mevcut değeri; yani regülasyona tabi tutulan (ayarlanmak istenen) herhangi bir büyüklüğün regülasyon devresi ölçü kontrol organı tarafından ölçülen değeri;

X_k = Regülasyon büyüklüğünün, yani ayarlanmak istenen büyüklüğün istenen değeri;

Y = Kumanda-Ayar büyüklüğüdür.

3.1.1.2. Termik santrallerde hız regülasyonu

Termik santrallerde kullanılan buhar türbinlerinde devir sayısı regülasyon için, ekseri hallerde, türbin-generatör şaftının devir sayısı veya bu devir sayısına uygun olan bir elektriki büyüklük, türbin hız regülatörünün giriş büyüklüğü sinyali olarak değerlendirilir. Bazı hallerde de buhar türbininin tahrik ettiği senkron generatörün frekans veya gerilimi hız regülatörünün giriş büyüklüğü sinyali olarak seçilebilmektedir.

Termik santrallarda kullanılan bir hız regülatörü, türbinin kumanda mekanizması olan governer valflerinin pozisyonunu ayarlayan servo motorlar vasıtası ile tahrik

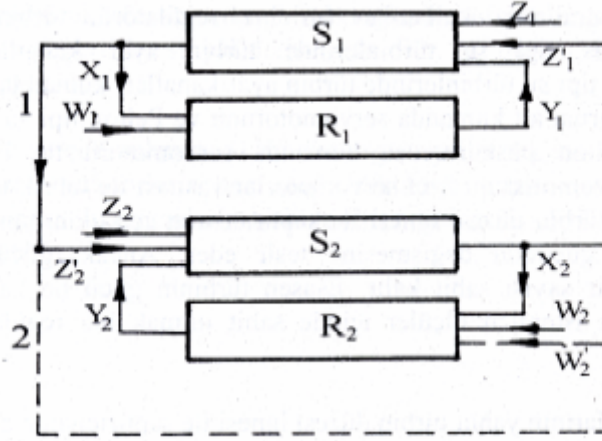
eder ve türbine giren buhar miktarını ayarlayarak türbin gücünün değişmesine tesir eder. Ancak, gücün değişmesi esnasında türbinin devir sayısı sabit kalır. Esasen türbinin gücü ne kadar değişirse değişsin, devir sayısını istenilen ölçüler içinde sabit tutmak hız regülatörünün ana görevidir. Türbin governer valflerinin açma-kapama yapabilmesi için, yani türbinin kumandası için kullanılan özel servo motorlarına (özel hidrolik silindirlere) regülasyon kuvvetlendiricileri adı verilir. Türbin-generatör ünitesinin devir sayısının (frekansının) belirli ve istenilen sınırlar içinde sabit kalması ile birlikte türbin-generatör ünitesinin gücünün değişmesi için hız regülatörünce, yani regülasyon tertibatınca, türbin governer valflerinin açıklıklarının değiştirilmesi olayına, yani türbine giren buhar debisinin ayarlanması olayına, " Regülasyon Olayı " veya " Regülasyon Hareketleri " adı verilmektedir.

Meydana gelen regülasyon hareketleri ile buhar debisinin değişmesi sonucu kazan borularında ve türbin kontrol valflerinde geçici basınç değişiklikleri (ani geçici basınç yükselmeleri ve azalmaları) meydana gelir. Bu ani geçici basınç değişiklikleri regülasyon olayı üzerine kötü etkide bulunurlar; yani regülasyon olayını bozucu büyüklükler olarak tesir ederler. Keza elektriki şebeke, yani izole veya enterkonnekte şebeke de, generatör üzerinden türbin regülasyonu üzerine bazen regülasyonu bozucu, bazen de regülasyon olayını iyileştirici etkilerde bulunabilirler.

Elektriki şebekenin türbin hız regülasyonu üzerine değişik etkilerde bulunması, türbin-generatör ünitesinin izole bir şebeke içinde veya ulusal elektrik sistemi içinde ve diğer enerji üretim tesisleri ile paralel çalışması şartlarına göre değişir.

Hız regülasyonu için dikkatten uzak tutulmaması gereken diğer bir konu da türbinin tahrik ettiği generatörün gerilim regülasyonu devresidir. Bilhassa omik yüklü izole bir şebekede çalışan bir termik santral generatörünün gerilim regülasyonu devresinin ayarı konusu, hız regülasyonu için çok büyük bir önem arz etmektedir. Çünkü türbinin ve generatörün devir sayısında meydana gelecek herhangi bir değişme, generatörün geriliminde de geçici bir değişikliğin meydana gelmesine yol açmakta; keza, generatörün aktif yükünde meydana gelecek bir değişme de, sistem durumuna göre devir sayısı regülasyon devresine büyük ölçüde tesir etmektedir. İzole bir sistemde çalışan bir buhar türbini devir sayısı regülasyon devresi ile gerilim

regülasyonu devresi, aşağıdaki şekilde verilen basit blok bağlantı semasında görüldüğü gibi, birbirleri ile bağımlı olarak çalışırlar. Bu tip regülasyona bir nevi " Çift Katlı Regülasyon " veya " İkili Regülasyon " adı verilir.



Şekil 3.2. İzole bir şebekede çalışan bir buhar türbinine ait hız regülatörü ile gerilim regülatörü arasındaki blok bağlantı şeması.

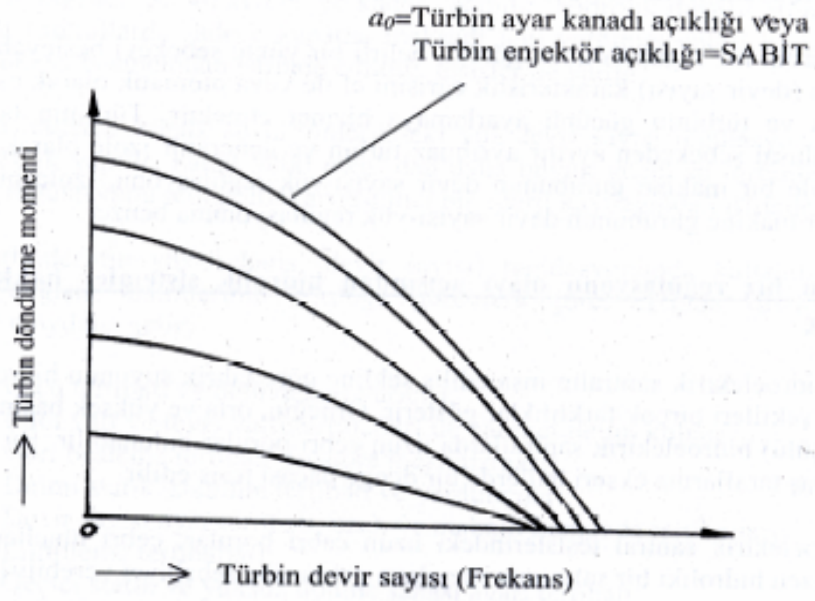
- 1) Türbin hız regülasyonu devresi,
- 2) Generatör gerilim regülasyonu devresi,

Şekil.3.2.'de kesiksiz çizgi ile gösterilen blok sema, türbin hız Regülasyonu devresini ifade etmektedir ve R₁ türbin hız regülatörünü, S₁ regüle edilen teçhizatı, yani türbin teçhizatını temsil etmektedir. Bu basit regülasyon devresi blok şeması, ancak, generatör geriliminin sabit kabul edilmesi hali için geçerli olmaktadır. Generatör gerilimi sabit kabul edilmeyecek olursa kesikli çizgi ile gösterilen gerilim regülasyonu devresinin de göz önüne alınması gerekmektedir.

3.1.1.3. İzole şebeke ile enterkonnekte şebekelerde türbin hız regülasyonu

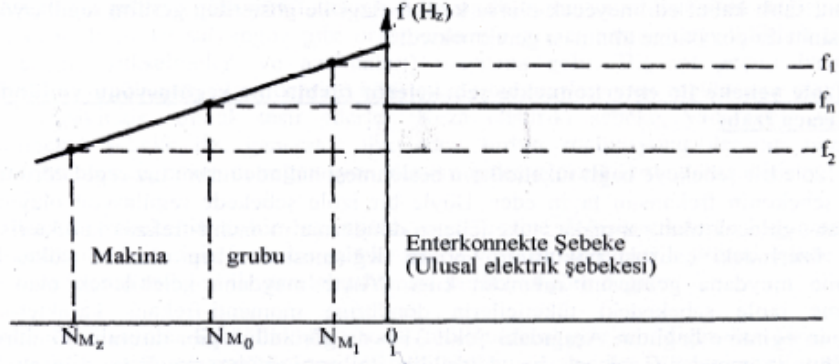
İzole bir şebekeye bağlı tüketicilerin beslenmesi halinde türbin hız regülatörü tüm izole şebekenin frekansını tayin eder. Böyle bir izole şebekede regülasyon olayında meydana gelecek olan sapmalar, tüketicilerin döndürme momenti-frekans karakteristik eğrisi üzerindeki çalışma noktasının yerinin değişmesine sebep olur ve yükte bir değişme meydana gelmesini mümkün kılar. Yükte meydana gelebilecek olan bu değişme izole şebekedeki tüketicilerin döndürme momenti-frekans

karakteristik eğrisinin eğimine bağlıdır. Aşağıdaki Şekil.3.3' de görüldüğü gibi türbinin döndürme momentinde meydana gelecek bir değişiklik ile, yani güçte meydana gelecek bir değişiklik ile frekansta da buna uygun bir değişiklik meydana gelecektir. Bu olayların oluşması, regülasyon olayı sayesinde gerçekleşir. Aynı zamanda tüketicilerin makinelerinin atalet momenti de türbinin tahrik ettiği senkron generatörün atalet momentine büyük ölçüde etkide bulunur.



Şekil 3.3. Türbin döndürme momenti-devir sayısı (Frekans) karakteristik eğrileri

Ulusal elektrik şebekesi ile paralel çalışma halinde ise buhar türbinin tahrik ettiği generatör rotoru, yani buhar türbini, şebeke frekansına uygun olan bir devir sayısı ile ve senkron döndürme momenti ile döner. Yani aşağıdaki şekilde basitçe görülebileceği gibi makine gurubunun döndürme momenti-frekans karakteristik eğrisi üzerindeki çalışma noktası ulusal elektrik şebekesinin frekansı ile belirlenir.



Şekil 3.4. Döndürme momenti-frekans karakteristik eğrisi

Bir türbin hız regülatörünün görevi, belirli bir yükte şebekeyi besleyebilmek için yük frekans (devir sayısı) karakteristik eğrisini el ile veya otomatik olarak aşağı-yukarı kaydırmaya ve türbinin gücünü ayarlamaya hizmet etmektir. Türbinin tahrik ettiği generatör ulusal şebekeden ayrılır ayrılmaz türbin ve generatör izole olarak çalışmaya başlar. Böyle bir makine gurubunun devir sayısı-yük regülasyonu, izole bir şebekeyi besleyen bir makine gurubunun devir sayısı-yük regülasyonuna benzer.

3.1.1.4. Hız regülasyonunun gerçekleşmesi ve (MW-Hz) karakteristik eğrinin incelenmesi

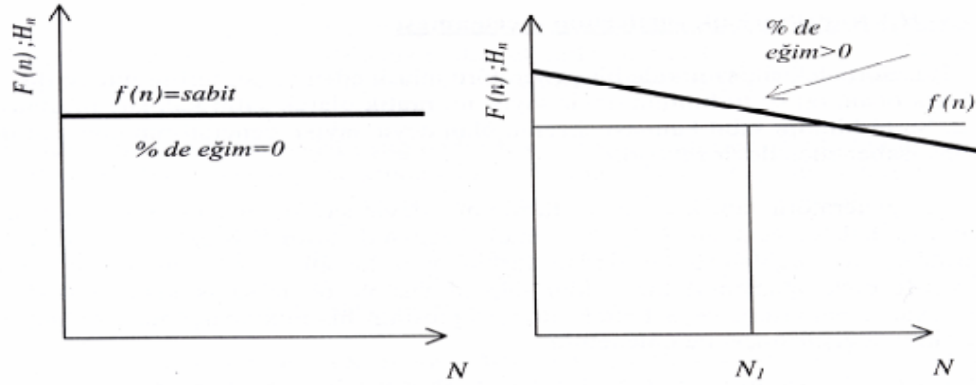
Bir Termik santralde bir generatörü tahrik eden bir buhar türbininin verdiği güç ne olursa olsun bu buhar türbininin devir sayısının pratik olarak sabit kalması mecburiyeti vardır. Buhar türbininin sabit kalması zorunlu olan devir sayısı, generatörün nominal devir sayısına isabet eden devir sayısıdır. Bir generatörü tahrik eden buhar türbininin devir sayısı, generatörün yükü arttığı zaman azalmak ve generatörün yükü azaldığı zamanda artmak ister. Devir sayısındaki bu artışlar, hız regülatörü tarafından governer valflerinin bir miktar kapatılması ve devir sayısındaki azalışlar ise governer valflerinin bir miktar açılması ve geçen buhar debisinin değiştirilmesi ile önlenir.

3.1.1.4.1. Astatik (Kararsız) ve statik (Kararlı) hız regülasyonu

İlk bakışta, aşağıdaki şekilde görülen ve bir koordinat sistemi üzerinde güce bağlı olarak yatay bir frekans (devir sayısı) eğrisine sahip olan bir hız regülatörünün türbinin devir sayısını istenilen bir değerde sabit tutabileceği düşünülebilir. Ancak, böyle hiç eğimsiz yatay bir (MW-Hz) karakteristik eğriye sahip olan hız regülatörlerine " astatik " yani kararsız hız regülatörü adı verilir ve böyle karakteristikli bir hız regülatörü ile yük frekans (Devir sayısı) regülasyonu yapmak olanağı yoktur. Zira bu tip hız regülatörleri ile çalışan iki makinede yükün makinelere ne şekilde dağılacığı bilinemez. Bu gibi hallerde makinelere yük dağılımı belirsiz olur ve örneğin, makinelerden bir tanesi bütün yükü üzerine almak isterken diğer makine yüksüz kalabilir. Keza, astatik hız regülatörleri, ani yük değişimlerinde devir sayısı ve frekans titreşim ve salınımlarına da sebebiyet verirler.

Birden fazla türbin-generatör gurubunun paralel çalışabilmelerini sağlayabilmek için yukarıda açıklanmaya çalışılan astatik karakterli durumun, yani herhangi bir devir sayısına birçok değişik güçlerin isabet edişi keyfiyetinin önüne geçmek gerekmektedir. Bunun için de belirli bir devir sayısına ve belirli bir frekansa belirli bir gücün isabet etmesini temin etmek zorunlu olmaktadır. Bu iş ise, ancak, statik (MW-Hz) karakteristik eğrili bir hız regülatörü ile temin edinilebilmektedir. Statik karakteristikli bir hız regülatörüne ait (MW-Hz) karakteristik eğrisi, bir koordinat sistemi üzerinde hafifçe meyilli bir eğri şeklinde olmaktadır.

Aşağıdaki şekilde statik karakteristikli bir hız regülatörüne ait (MW-Hz) karakteristik eğrisi gösterilmiş bulunmaktadır. Bu şekilde görülen hafifçe meyilli eğriye " statik" veya " statik karakteristik " adı verilmektedir.



Şekil 3.5. Astatik karakteristikli / statik karakteristikli bir hız regülatörüne ait (MW-Hz) karakteristik eğrisi

3.1.1.4.2. Daimi statik veya sürekli devir sayısı değişimi veya hız düşümü

Statik karakteristikli bir hız regülatörüne sahip bir buhar türbini-generatör ünitesinin frekans ve devir sayısının, ünitenin üzerindeki yük arttıkça düştüğü veya ünitenin üzerindeki yük azaldıkça da arttığı yukarıdaki şeklin tetkikinden kolayca anlaşılacaktır. Türbin generatör ünitesinin yükündeki artış esnasında bir an için devir sayısı ve frekansta meydana gelen azalma, % d ile gösterilen " statik " veya " sürekli devir sayısı değişimi " veya " hız düşümü = speed droop " olarak ifade edilmektedir. % d statik veya hız düşümü (speed droop), türbin-generator ünitesi yüksüz dönme vaziyetinden nominal yükü ile dönme vaziyetine geçtiği zaman devir sayısında veya frekansta meydana gelen değişimin % olarak miktarını vermektedir.

Bir hidrolik türbin-generatör ünitesinin yüksüz dönme esnasında ki devir sayısı (n_0) ve nominal yükteki devir sayısı ise (n) olsun, yani ünite yüklendiğinde devir sayısı (n_0-n) kadar azalmış olsun. Bu durumda ünitenin % d statik'i yani % d devir sayısı değişimi aşağıdaki eşitlikteki gibi olacaktır;

$$\% d = \frac{n_0 - n}{n_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.1)$$

Bu ifadeye göre, örneğin, 3000 dev/dak ile boşa dönmekte olan bir buhar türbini-generatör ünitesi nominal yükü ile yüklendiğinde 2910 dev/dak ile dönmüş olsa bu

üniteye ait hız regülatörünün statik ayarı, yani hız düşümü (speed-droop) ayarı, aşağıdaki işlemin sonucunda görüldüğü gibi % 3'dür demektir.

$$\% d = \frac{n_0 - n}{n_0} \cdot 100 = \frac{3000 - 2910}{3000} \cdot 100 = \frac{9000}{3000} = 3 \% \quad (3.2)$$

Yukarıdaki ifade de generatörü tahrik eden türbinin devir sayısı yerine generatörün frekansının göz önüne alınması daha uygun olacaktır. Devir sayısı ile frekans arasındaki bağıntı $[f = (P/60).n]$ olduğuna göre ve generatörün çift kutup adedi olan (P) ile $1 \text{ dak} = 60 \text{ sn}$ değerleri de sabit olduğuna göre $(P/60 = k)$ diyecek olursak aşağıdaki ifadeleri kaydedebiliriz.

$$f = k . n ; d = \frac{\Delta f}{f} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.3)$$

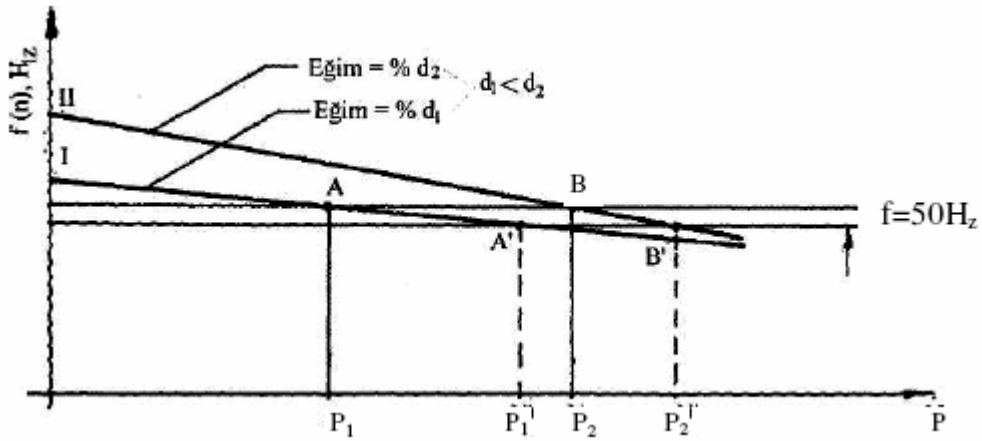
3.1.1.4.3. Paralel çalışan türbin-generatör ünitelerinin yük dağılımı

Birbirleri ile paralel çalışan iki türbin-generatör ünitesi ele alalım; aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi bu ünitelerden bir tanesine ait hız regülatörünün (MW-Hz) karakteristik eğrisi (I) ve diğerine ait hız regülatörünün (MW-Hz) karakteristik eğrisi ise (II) olsun. Bu türbin-generatör ünitelerinin besledikleri sistemin frekansı $f = 50 \text{ Hz}$ olduğuna göre (I) numaralı ünite (P_1) yükü ile ve (II) numaralı ünite ise (P_2) yükü ile çalışarak sisteme toplam olarak ($\sum P = P_1 + P_2$) değerinde bir güç vermektedirler. Sistemin frekans durumu veya sistemin ünitelerden çekmekte olduğu güç değişmedikçe veya ünitelerin hız regülatörlerinin (MW-Hz) karakteristik eğrilerinin eğimleri değiştirilmedikçe bu durum değişmeyecektir. Çünkü sistemin $f = 0 \text{ Hz}$ olan frekansına uygun olan noktalar (A) ve (B) noktalarıdır ve üniteler bu noktalar da çalışmaya zorlanmaktadırlar.

Şimdi ünitelerin bir an için farklı frekanslarla çalıştıklarını düşünelim; yüksek frekansla çalışan ünite diğerinden yük alarak yavaşlamaya ve düşük frekansla çalışan ünite ise yüksek frekansla çalışan üniteye yük vererek hızlanmaya çalışacaktır. Bu yük alışverişi her iki ünite aynı frekansa sahip oluncaya kadar devam edecek ve en sonunda mutlaka denge durumu meydana gelecektir. Eğer sistemin yükü artar,

örneğin ($\sum P'$) değerine çıkacak olursa üniteler de bu yeni yüke uygun olarak ($\sum P'=P'1+ P'2$) olacak şekilde yükleneceklerdir. Bu yeni durumda sistemin frekansı bir an için bir miktar düşecek ve ($P'1+P'2$) yüküne uygun bir değer alacaktır.

Daha önceki 3.1.1.4.2. maddesinde kaydedilen % statik veya % hız düşümü veya % frekans değişimi ifadesine göre; örneğin hız düşümü (speed droop) ayarı ($d = \% 0,1$)'e ayarlanmış olan bir hız regülatörü ile yük-frekans regülasyonu yapılan bir sistemin frekansında meydana gelecek düşme $\Delta f = \% d \cdot f / 100 = 0,1 \cdot 50/100 = 0,05$ Hz olacaktır. Yani sistemin frekansı $f = 49,95$ Hz olarak ayarlanacaktır.



Şekil.3.6. Farklı statik karakteristikli hız regülatörleri ile regüle edilen ve paralel çalışan iki türbin-generatör ünitesinin yük dağılımı. [5]

Burada belirli bir yük değişimi için (II) numaralı ünitenin hız regülatörüne nazaran daha düşük bir daimi statik değerine ayarlanmış bulunan, yani, daha az meyilli (daha küçük hız düşümlü = daha küçük speed droop'lu) bir (MW-Hz) karakteristik eğrili hız regülatörüne sahip olan ünitenin daha fazla yük aldığına dikkat edilmelidir. Gerçekten küçük statikli yani az meyilli bir (MW-Hz) karakteristik eğriye sahip hız regülatörleri ile regüle edilen türbin-generatör üniteleri yük değişimlerine karşı hassastırlar; yani, böyle üniteler yük değişmelerine daha çabuk duyarlılık gösterirler.

Şekil.3.7.'deki;

Frekans $f = 50$ Hz için toplam yük $\sum P = (P1+ P2)$

Frekans $f' = f - \Delta f$ için toplam yük $\sum P' = (P'1 + P'2)$

Frekansın Δf kadar düşmesi halinde;

I. Ünitenin yükündeki artış = $(P'1 - P1)$

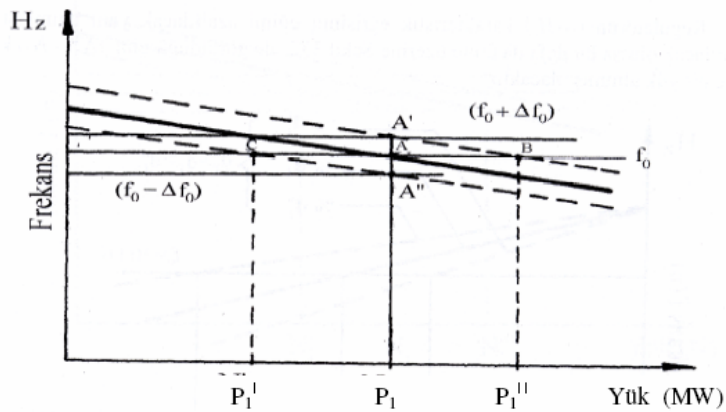
II. Ünitenin yükündeki artış = $(P'2 - P2)$

Karşılaştırma: $(P'1 - P1) > (P'2 - P2)$ ve $\sum P' > \sum P$ dir.

Frekansın bir miktar yükselmesi halinde de bu durumun tersi geçerlidir.

3.1.1.4.4. Sistemle paralel çalışan bir türbin-generatör ünitesinin yükünün artırılması veya azaltılması

Frekansı sabit ve (f_0) Hz değerinde olan bir sistemi $(P1)$ yükü ile beslemekte olan bir türbin-generatörün yükü artırılmak istenirse, yani üniteden daha fazla bir yük alınmak istenirse bu türbin-generatör ünitesinin yük-frekans regülasyonunu yapmakta olan hız regülatörüne ait $(MW-Hz)$ karakteristik eğrisinin paralel olarak yukarı doğru kaydırılması gerekir. Keza, ünitenin yükü azaltılmak istenirse bu defa da hız regülatörüne ait $(MW-Hz)$ karakteristik eğrisinin aşağı doğru kaydırılması gerekir. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi $(MW-Hz)$ karakteristik eğrisinin, yukarı veya aşağı doğru kaydırılması esnasında statik ayarı, yani hız düşümü ayarı değişmez.



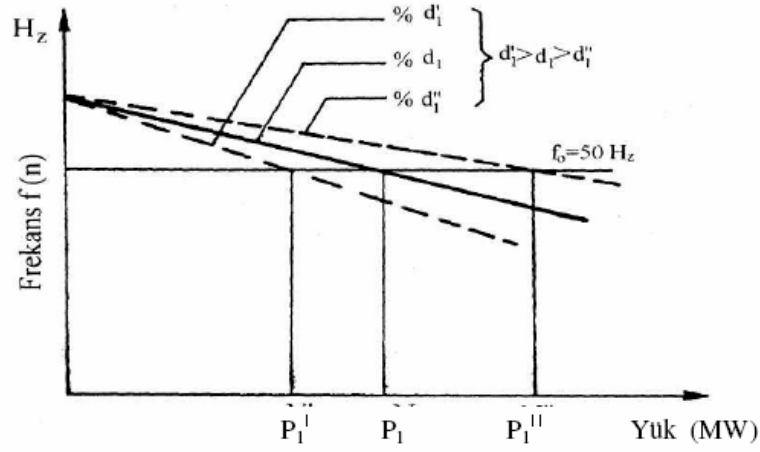
Şekil 3.7. Sistemle paralel çalışan bir türbin-generatör ünitesinin yükünün, hız regülatörüne ait $(MW-Hz)$ karakteristik eğrisinin kaydırılması suretiyle değiştirilmesi. [5]

Şekil 3.8.' da görülen $(MW-Hz)$ karakteristik eğrisinin, el ile veya hız motoruna kumanda vermek suretiyle, yukarı doğru kaydırılması esnasında üniteye hızlanma yönünde kumanda verilmiş olunur ki, bu sırada (A) noktasına tekabül eden devir

sayısı bir an için (A') noktasına tekabül eden daha yüksek bir devir sayısı değerine yükselir. (A') noktasının frekansı sistemin (fo) frekansından (Δf_o) kadar daha yüksek olduğu için generatör sistemden yük çekerek yavaşlamaya baslar ve neticede (Δt) kadar bir zaman içinde (fo) sistem frekansına ve (P1') yüküne tekabül eden (B) noktasında denge meydana gelir. Bu esnada da türbin-generatör ünitesinin yükü (P1' – P1) kadar artmış olur. Yukarıda izah edilen hadisenin aksine ünite üzerinden yük bırakılırken, yani (MW-Hz) karakteristik eğrisi aşağı doğru kaydırılırken de (C) noktasında denge hasıl olur ve ünitenin yükü (P1-P1") kadar azalmış olur.

3.1.1.4.5. Sistemle paralel çalışan bir türbin-generatör ünitesine ait hız regülatörünün statik (hız düşümü) ayarının değiştirilmesi

Frekansı sabit bir (fo) Hz değerinde olan bir sisteme (P1) yükü ile iştirak etmekte olan bir türbin-generatör ünitesine ait hız regülatörünün daimi statik ayarı, yani hız düşümü ayarı, daha doğrusu (MW-Hz) karakteristik eğrisinin eğimi değiştirilecek olursa türbin generatör ünitesinin yükünde de bir değişme meydana gelir. Örneğin, (MW-Hz) karakteristik eğrisinin eğimi artırılacak olursa bu taktirde aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi ünite üzerinden yük atılmış olacaktır. Bu durumda yükteki azalma miktarı (P1 - P1') kadardır. Regülatörün (MW-Hz) karakteristik eğrisinin eğimi azaltılacak yani daimi statığı azaltılacak olursa bu defa da ünite üzerine Şekil.3.9'da görüldüğü gibi (P1"- P1) kadar ilave bir yük alınmış olacaktır.

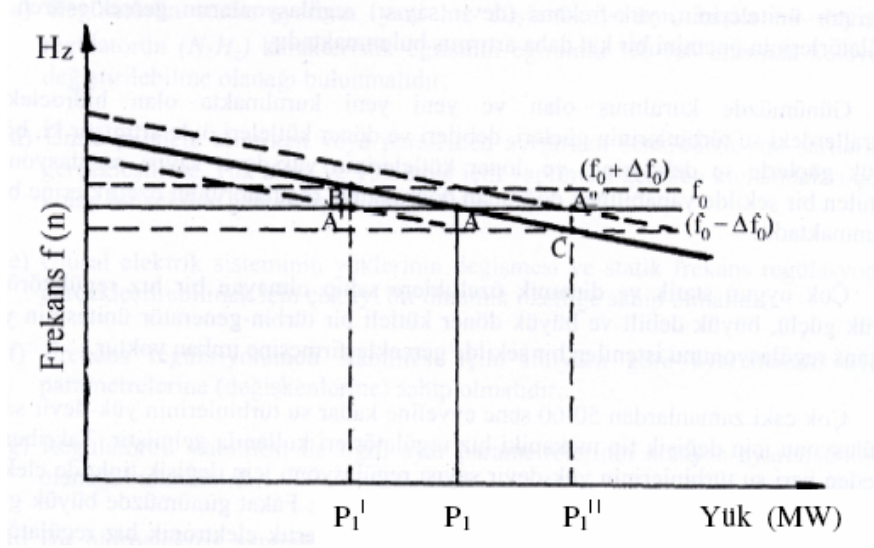


Şekil.3.8. (MW-Hz) Karakteristik eğrisi. [5]

3.1.1.4.6. Sistemle paralel çalışan bir türbin-generatör ünitesinin sistem frekansına iştirak etmesi

Bir şebekenin sabit (f_0) Hz değerinde olan frekansının herhangi bir sebeple (Δf_0) kadar arttığını veya (Δf_0) kadar azaldığını düşünelim. Sistem frekansı (Δf_0) kadar arttığı veya (Δf_0) kadar azaldığında, bu sistemle paralel olarak çalışan ve frekans kontrolü yaptırılmayan bir türbin-generatör ünitesine ait hız regülatörünün (MW-Hz) karakteristik eğrisinde herhangi bir değişiklik olmaz. Yani bu karakteristik eğri aşağı veya yukarı doğru kaymadığı gibi regülatörün statik ayarı da bozulmaz. Sistem frekansının (Δf_0) kadar artması veya (Δf_0) kadar azalması halinde ünitenin yükü, hız regülatörünün statik ayarına, yani hız düşümü ayarına bağlı olarak, belirli sınırlar dahilinde değişir ve ünite ($f_0 + \Delta f_0$) veya ($f_0 - \Delta f_0$) frekansı ile dönmeye başlar.

Bu durumda sistem frekansını normal (f_0) değerini ayarlayabilmek için sistemin frekans tutmayan ünitelerinden, frekansın yükselmesi halinde yük bırakmak ve frekansın düşmesi halinde ise frekans tutmayan ünitelerin hız regülatörlerine hızlanma yönünde kumanda vererek (MW-Hz) karakteristik eğrilerini yukarı doğru kaydırmak ve ünitelere yük almak gerekmektedir.



Şekil 3.9. Sistemle paralel çalışan ve frekans tutmayan bir türbin generatör ünitesinin, sistem frekansının nominal (f_0) değerinde tutulmasına iştirak ettirilmesi. [5]

Yukarıdaki şekil incelendiğinde görülebileceği gibi, frekansı (f_0) olan şebekede (A) noktasına isabet eden (P_1) yükü ile çalışan bir ünitenin frekansı (Δf_0) kadar arttığında, ünite (B) noktasına isabet eden (P_1') yükü ile dönmeye baslar. Bu durumda sistemin frekans tutan ünitesine yardım etmek için (MW-Hz) karakteristik eğrisinin aşağı doğru kaydırılıp ünitenin (A') noktasına isabet eden (P_1') yükü ile çalıştırılması gerekir.

Frekansın (Δf_0) kadar düşmesi halinde de ünite, (A) noktasına isabet eden (P_1) yükü yerine (C) noktasına isabet eden (P_1'') yükü ile dönmeye baslar. Bu durumda da hız regülatörü hız motoruna artırma yönünde kumanda verilerek (MW-Hz) karakteristik eğrisinin yukarı doğru kaldırılması ve frekans kontrolü yapmayan bu ünitenin (A'') noktasına isabet eden (P_1'') yükü ile çalıştırılması gerekmektedir.

3.1.2.Güç kontrolü

Elektrik güç sisteminin fonksiyonu, kullanılabilir doğal enerji formunu elektrik enerjisine dönüştürüp bunu tüketicilere iletmektir. Enerji nadiren elektrik enerjisi olarak tüketilir ama diğer formlara dönüşerek ısı, ışık, mekanik vb. enerjisi olarak kullanılır. Elektrik enerjisi diğer formlara nispeten daha kolay iletilmesi ve kontrol

edilebilmesi açısından rahattır. Güç sistemleri aşağıda özellikleri sağlayacak şekilde dizayn edilmeli ve işletilmelidirler.

- Sistem ani aktif ve reaktif yük taleplerine süreklilikle cevap verebilmelidir. Birbirine benzemeyen diğer tip enerjiler gibi statik elektrik uygun olarak yeteri miktarlarda depolanamaz. Bu sebepten dolayı istenildiği zaman kullanılacak enerjiyi diğer formlarda rezervde tutarak sağlayabilmelidir.

- Sistem elektrik enerjisini minimum maliyetle sağlamalı ve ekolojik dengeye en az zararı vermelidir.

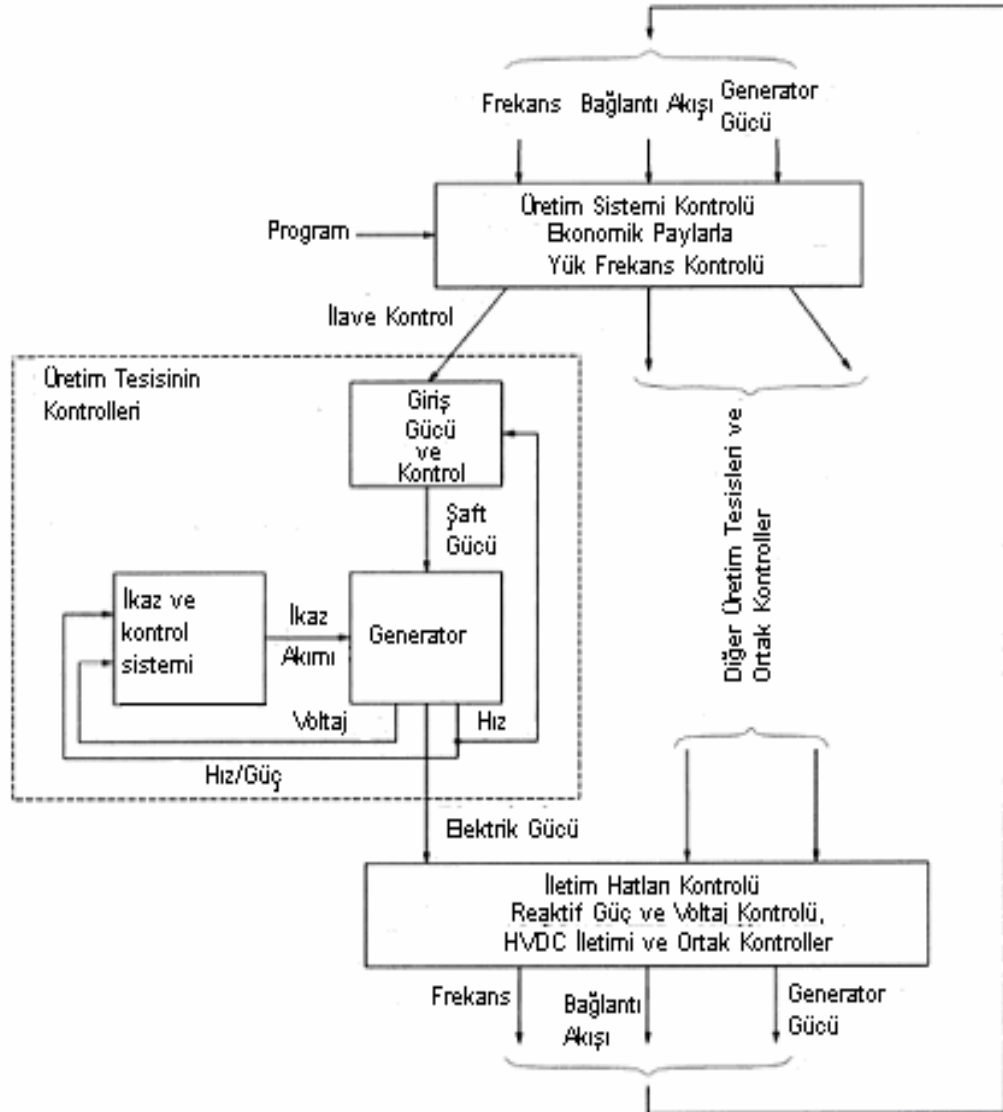
- Güç kaynağının kalitesi aşağıdaki kriterleri minimum standartlarında sağlayabilmelidir.

- Frekansın sabitliği

- Gerilimin sabitliği

- Güvenilirlik seviyesi

Yukarıdaki ihtiyaçları karşılayabilmek için çeşitli seviyelerdeki kontrollerde kompleks düzendeki araçlar kullanılmaktadır. Güç sistemleri ve ilişkili kontrollerinin yer aldığı farklı alt sistemler şekilde gösterilmektedir.



Şekil.3.10. Güç kontrolü basit akış şeması

3.1.2.1. Frekans kontrolü

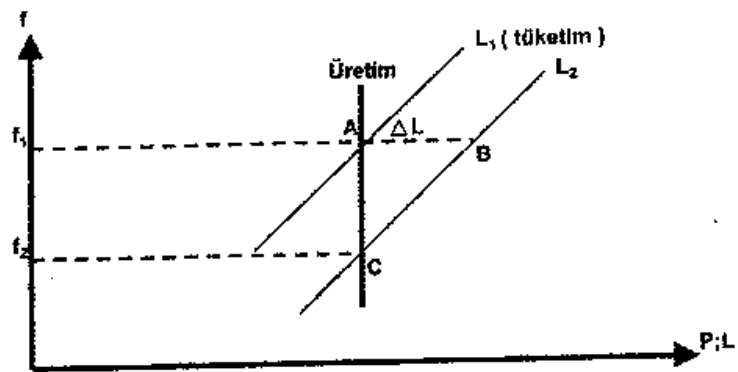
Senkron generatör rotorlarının dönüş hızlarının elektriksel ifadesine FREKANS denir. Bir güç sisteminin kararlı çalışabilmesi için frekans sabit kalmalıdır. Sabit frekansta çalışabilme güç dengesi durumunda mümkündür. Bir elektrik şebekesinin davranışı bir motor ve motora bağlı yükün oluşturduğu bir makine davranışı ile karşılaştırılabilir.

Motor bir güç üretir ve motora bağlı olan yük bu gücü harcar. Eğer üretilen güç harcanan güce eşitse sistem dengededir ve motorun hızı sabit kalır. Motorun ürettiği

güç yükten fazla ise motorun hızı artar; motorun ürettiği güç az ise yavaşlar. Enterkonnekte şebekede toplam üretim kayıplar da dahil olmak üzere toplam tüketime eşitse, şebekeye bağlı generatörlerin hızları değişmeyip sabit kalır. Bir şebekede hız yerine frekans kullanılır. Frekans hızla orantılı olup, hız düşmesi frekans düşmesiyle aynı anlama gelir.

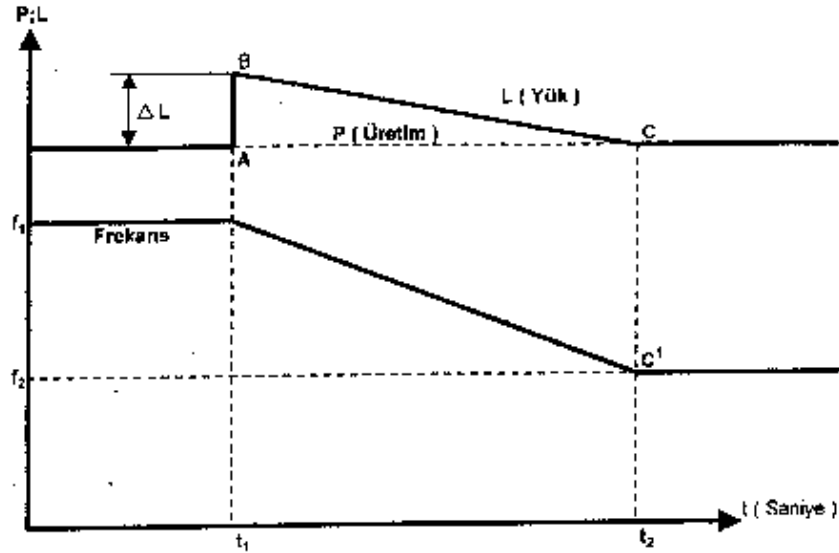
Herhangi bir nedenle harcanan yük (tüketim) ani artarsa veya üretilen güç aniden azalır (örneğin bir ünite aniden servisi harici olursa) frekans düşmeye başlar. Bu sistemde frekans tutan santral yok ise, frekans düşümü çok olur. Her ne kadar frekans düşmesiyle beraber sistemdeki motorların yavaşlaması nedeniyle, tüketimde de bir miktar azalma olsa da sistemin tekrar dengeye gelmesi çok zordur. Genelde türbinlerin 47,5 Hz in altında çalışmayacakları düşünülürse, sistemin dengede kalabilmesi için frekansın en azından bu seviyede kalması gerekir.

Şekil.3.11.' de görüldüğü üzere üretim frekansa bağlı olmayıp sabittir. Sistemde frekans tutan santral yoktur. A noktasında üretim ve tüketim birbirine eşit olup frekans F_1 dir. Sisteme ani olarak ΔL kadar bir yük geldiğini düşünürsek yeni yük doğrultusu L_2 olacaktır. B noktasında üretim ve tüketim dengesi olmadığı için, tüketim üretimden büyüktür. Bu nedenle sistemde frekans düşmeye başlar ve denge ancak C noktasında sağlanabilir. C noktasında frekans F_2 değerine düşmüştür. Bu değerler türbinlerin çalışabileceği minimum frekans değerinden düşükse sistem çöker.



Şekil.3.11.Sabit yük-frekans bağıntısı

Şekil.3.12.' de bu çalışma durumunun zamana bağlı değişimini göstermektedir. P (üretim) sabittir. t1 anında yük ΔL kadar artar ise B noktasında dengesizlik oluşur ve frekans düşmeye başlar. Frekansla birlikte doğal olarak yükte azalmaya başlar ve t2 anında C noktasında üretim-tüketim dengesi oluşabilir. Daha önce bahsedildiği gibi bu değer 47,5 Hz den büyük olmalıdır.



Şekil.3.12.Sabit yük-frekans değişiminin zamanla gösterilmesi

Frekans kontrolü, bir elektrik sisteminin üretim-tüketim dengesinin kontrolüdür ve üç seviyede ele alınır.

3.1.2.1.1.Primer frekans kontrolü

Elektrik enerjisi üretim ve tüketiminin eşit olmaması durumunda saptmaya uğrayan sistem frekansını, sabit bir değerde dengeleyip frekans değişimini durdurmak için ünite rezerv kapasitesinin, türbin hız regülatörünün ayarlanan hız eğim (speed-droop) oranında, frekans saptması süresince merkezi müdahale olmaksızın, otomatik olarak sağlanması suretiyle katkıda bulunmasıdır.

Pratik olarak eğer bir dalgalanma durumunda kinetik enerjilerini kaybetmeye başlayan üretim sistemlerine ilave bir enerji verilmezse (vanaları açma - kapama veya yakıt ilavesi veya azaltılarak kaybedilen dönel enerjinin idame edilmesi)

frekansı ya sıfırlayacak ya da aşırı artarak sisteme bağlı üretim sistemlerinin durmasına (trip) neden olacaktır. Teker teker santrallerin trip etmesi neticesinde tüm elektrik sistemi çökecektir (Black out). Sistemde bu olayın oluşmasını önlemek için şebekeye bağlı bazı santrallerin primer frekans kontrolü yapma zorunluluğu vardır. Primer frekans kontrolü yapacak santraller kabiliyetleri ölçüsünde belirlenen oranlarda primer frekans kontrolüne katılmalıdır. Şu an için bu katılım santrallerin kurulu güçlerinin % sine göre, hidroelektrik santraller için %10, kömür yakıtlı termik santraller için % 5 ve doğal gaz yakıtlı termik santraller için ise % 2,5 'dur.

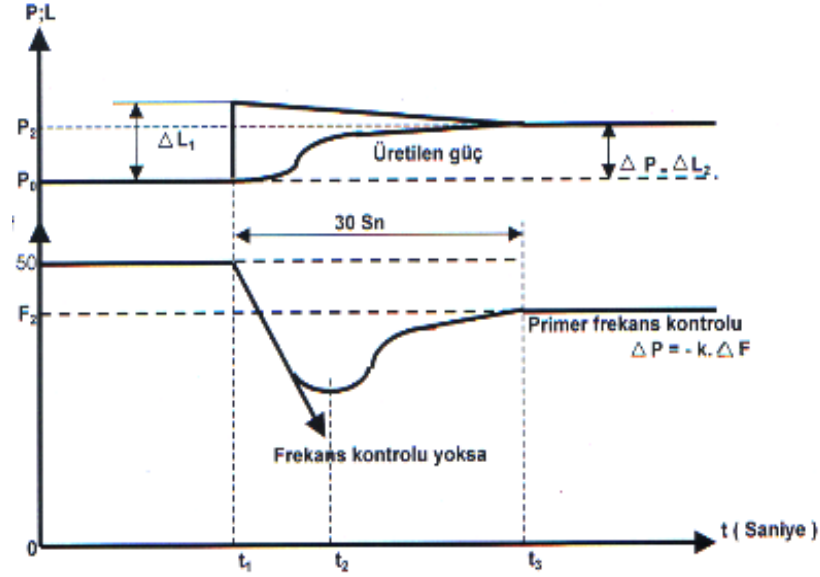
Eğer frekans sapması ölü bant yok ise genellikle ± 20 mHz' i geçerse primer frekans kontrol aktive olur. Primer kontrol yapan üniteler frekanstaki sapmayı takip ederek maksimum 15 saniye içerisinde primer rezerv yükünün % 50'sini, 30 saniye içerisinde de tamamını aktive edebilmelidir.

UCTE kriterlerine göre minimum anlık frekans -800 mHz (49.2 Hz) in altına düşmemeli, maksimum anlık frekans $+800$ mHz (50.8 Hz)'in üzerine çıkmamalıdır. Frekansın 49.00 Hz' in altına düşmesi durumunda yük atma röleleri otomatik olarak çalışır. [6]

Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliğine (EPŞY) göre; üretici, primer frekans kontrolü hizmeti kapsamında, primer frekans kontrol rezerv miktarını, sistem frekansında meydana gelen sapmalar doğrultusunda, primer frekans kontrol tepkisi olarak sürekli sağlayacaktır. [7]

Primer frekans kontrolüne katılan üniteler, sistem frekansının ünite için ayarlanan ölü bant limitlerinin dışına çıkması ile hemen tepki vermeye başlayacak ve çıkış gücünü, frekans değişimine göre arttıracak ya da azaltacaktır. Primer frekans kontrolüne katılan her bir ünite için, sistem frekansında ± 200 mHz' lik frekans sapması oluşması durumunda etkinleştirmesi gereken rezerv miktarı, Primer Frekans Kontrol Rezerv Kapasitesi (Q) olarak, imzalanacak olan Zorunlu Yan Hizmetler Anlaşmasında (ZYHA) belirtilecektir. Ünitelerin primer frekans kontrol performansı, sistem frekansında ± 200 mHz'lik sapma olması durumunda Primer Frekans Kontrol Rezerv Kapasitesini (Q) hız eğim değeri (speed-droop) oranında, rezerv kapasitesinin

%50'sini 15 saniye içinde ve tüm rezerv kapasitesini en fazla 30 saniye içinde lineer olarak etkinleştirebilecek ve eriştiği bu çıkış gücünü en az 15 dakika sürdürebilecek yeterlilikte olacaktır.

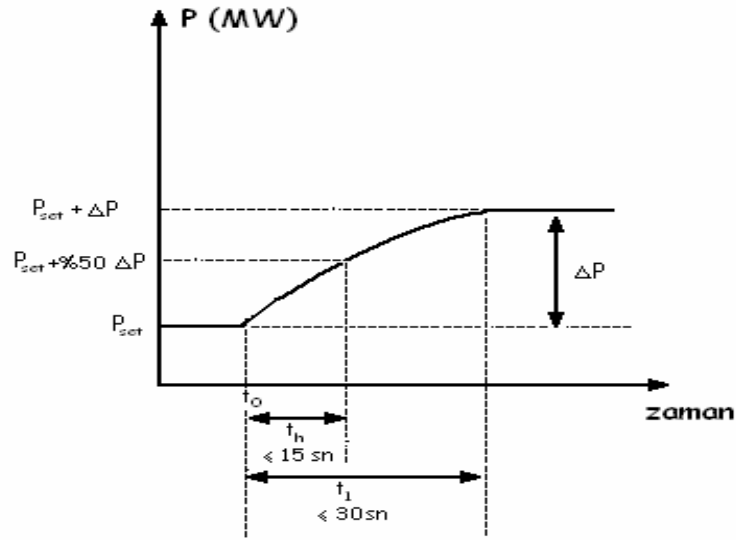


Şekil.3.13. Primer frekans kontrolü güç-zaman grafiği

Şekil.3.13.' de görüldüğü gibi sistemden ani olarak yük talebi gelmiş ve bununla beraber şebeke frekansı hızla düşmeye başlamıştır. Eğer ki primer frekans kontrolü olmasa idi sistem frekansı düşmeye devam edecek ve türbinlerin minimum çalışma frekansının altına indikten sonra sistem çökecekti . Yük değişimiyle beraber sistemdeki tüm üniteler eş zamanlı olarak t1 zamanında primer frekans kontrol rezerv kapasitelerini (Q) aktif edip bu rezervin %50 sini t2 süresine kadar (15 sn) lineer olarak üzerlerine almışlardır. Kalan 15 sn ye içindedeki primer frekans rezervinin (Q) %50 si daha aktif olarak frekans F2 değerinde sabitlenmiştir. Primer frekans kontrolü sayesinde frekans düşümü sınırlandırılmış ve frekans belli bir değerde sabitlenmiştir. Bu primer frekans kontrolü rezervinin (Q) aktif olma süresi t3 3 değerinde tamamlanmıştır. Bu süre toplamda 30 saniyedir. Tüm primer frekans kontrolü rezervleri aktif olduktan sonra kontrole katılan tüm üniteler bu yük değerlerini 15 dk boyunca stabil olarak sağlamalıdır.

3.1.2.1.1.1.Sistem frekansının düşmesi durumunda ünitenin primer frekans kontrol tepkisi

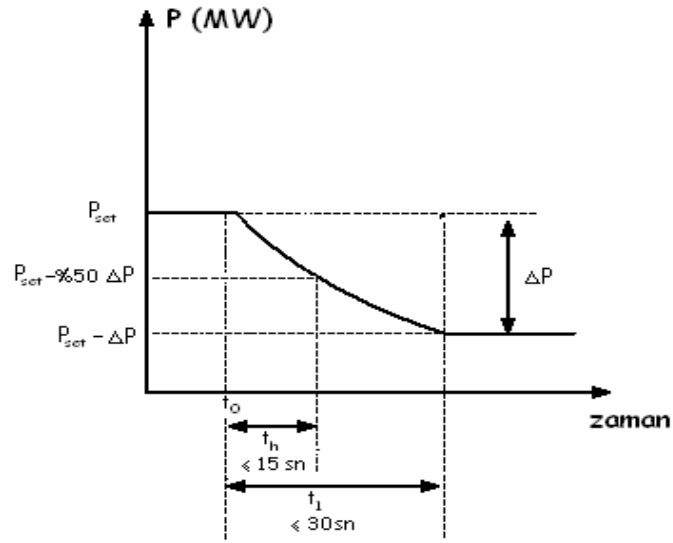
Şekil.3.14.' de görüldüğü gibi sistem frekansının düşmesiyle beraber ünite otomatik olarak üzerine yük almaya başlamıştır. 15 saniye içinde Primer frekans kontrol rezerv kapasitesinin (Q) % 50 sini aktif ederek yeni yük set değeri olan P2 değerine ulaşmıştır. Ünite primer frekans kontrole devam ederek kalan %50 rezerv yükünüde 15 saniyede üzerine alarak 30 saniye içinde P3 set değerine ulaşmıştır. Ünite artık bu set değerini 15 dakika boyunca koruyacaktır.



Şekil.3.14.Sistem frekansının düşmesiyle beraber ünitenin verdiği tepki

3.1.2.1.1.2.Sistem frekansının yükselmesi durumunda ünitenin primer frekans kontrol tepkisi

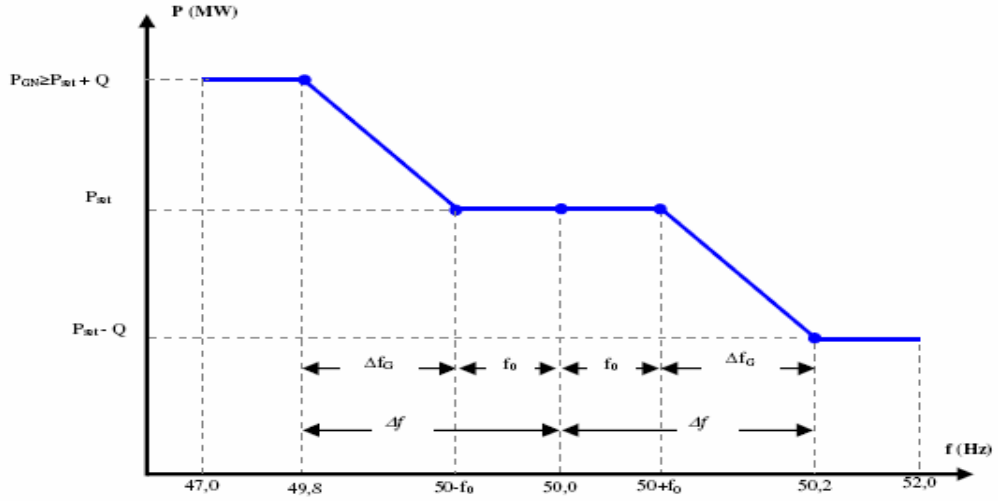
Şekil.3.15.' da görüldüğü gibi sistem frekansının düşmesiyle beraber ünite otomatik olarak üzerinden yük atmaya başlamıştır. 15 saniye içinde Primer frekans kontrol rezerv kapasitesinin (Q) % 50 sini aktif ederek yeni yük set değeri olan P2 değerine ulaşmıştır. Ünite primer frekans kontrole devam ederek kalan %50 rezerv yükünüde 15 saniyede üzerinden atarak 30 saniye içinde P3 set değerine ulaşmıştır. Ünite bu set değerini 15 dakika boyunca koruyacaktır



Şekil.3.15.Sistem frekansının düşmesiyle beraber ünitenin verdiği tepki

3.1.2.1.1.3.Ölü Bant (Dead Band)

Ölü bant belli frekans limit değişimine kadar üretim sistemi primer kontrol sisteminin cevap vermemesidir (çıkış yükünün sabit kalması). Bu uygulama sadece primer kontrol sistemine uygulanır. Ölü bant aralığı uygulaması, şebeke frekansı stabilitesi için istenmeyen bir durum olmasına rağmen üretim sistemi (türbin generatör) ömrü açısından faydalıdır. UCTE bağlantısı sonrasında tüm ünitelerin ölü bantları 0 (sıfır) olarak ayarlanacaktır. [7]



Şekil.3.16.Primer frekans kontrolüne katılan ünitelerin sistemdeki frekans sapmalarına göre çıkış aktif güç değişimi grafiği

P_{set} : Ünite çıkış gücünün ayarlanmış değeri

f_0 : Ünite kontrol sisteminin frekans sapmalarına tepki vermediği frekans aralığı (Ölü bant,Hz)

Q : Primer Frekans Kontrol Rezerv Kapasitesi

Δf_G : Ünitenin ölü banttan sonra algıladığı frekans sapma miktarı

Δf : Sistem frekansındaki sapma miktarı

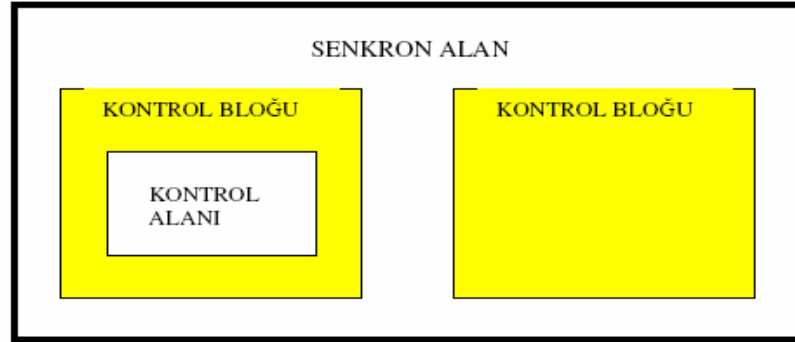
EPŞY' ye göre; ünitelerin hız eğim ve ölü bant değerleri, sistemin ihtiyacına göre TEİAŞ tarafından belirlenir. Ünitelerin hız eğim değeri ve ölü bant değeri ayarlanabilir yapıda olmalıdır. Ünitenin hız eğimi, Primer Frekans Kontrol Rezerv Kapasitesi (Q) miktarına karşılık gelen değere ayarlanmalıdır. Ancak, TEİAŞ tarafından hız eğiminin farklı bir değerde olması istenmesi halinde, yük alma ve yük atma yönünde sınırlayıcı veya benzeri bir fonksiyonla üretici bunu sağlamalıdır.[7]

Ünitelerin primer frekans kontrol sisteminin duyarsızlık aralığı mümkün olduğu kadar küçük olmalı ve ± 10 mHz'i aşmamalıdır. Primer Frekans Kontrol Rezervi, hiç bir kesintiye maruz kalmadan her zaman, emre amade olmalıdır.

3.1.2.1.2.Sekonder frekans kontrolü

Sekonder kontrol, sekonder kontrol rezervlerini kullanarak aşağıdakileri sağlamak amacıyla bir kontrol alanındaki üretimi regüle eden merkezi otomatik bir fonksiyondur:

- Diğer bütün kontrol alanları ile güç alışverişini programlanan değerde tutmak.
- Kontrol alanından kaynaklanan bir frekans sapması durumunda, frekansı ayar değerine geri getirmek.
- Primer kontrol tarafından kullanılan kapasitenin serbest bırakılmasını sağlamak.
- Bu fonksiyonları yerine getirmek için, sekonder kontrol programı (Automatic Generation Control - AGC), periyodik olarak Alan Kontrol Hatasını (ACE) hesaplar ve kontrolü altındaki santrallere ayar değerleri (set-point) gönderir.
- Sekonder kontrol, PI (proportional integral) tipinde bir kontrol özelliğine sahiptir.
- Sekonder kontrol, dakikalar mertebesinde yapılan bir kontroldür (maksimum süre15 dakika).



Şekil.3.17.Kontrol hiyerarşisi. [6].

3.1.2.1.2.1.Kontrol alanı

Bir kontrol alanı, enterkonnekte sistemin, tek bir İletim Sistemi Operatörü (ISO) tarafından işletilen, içinde fiziksel yükler ve kontrol edilebilir üretimleri olan bir parçasıdır. Genellikle bir şirket bölgesi, bir ülke veya bir coğrafi bölge.

örnek:

Ülke: İspanya (Fransa bloğu içinde kontrol alanı)

Şirket: E.ON (Almanya bloğu içinde kontrol alanı)

3.1.2.1.2.2. Kontrol bloğu

Bir kontrol bloğu, senkron alanının diğer kontrol bloklarına göre, sekonder kontrol fonksiyonu konusunda birlikte çalışan bir ya da daha çok kontrol alanını içerir. Blok operatoru, enterkonnekte komşular / bloklar yonunden bütün kontrol bloğunun Sekonder kontrolünden, blok içindeki tüm kontrol alanlarının muhasebe işlemlerinden, blok içindeki sekonder kontrolün organizasyonundan sorumlu olan ve bloğun genel kontrolünü sağlayan tek bir ISO' dur.

örnek:

Fransa Bloğu: Fransa, İşpanya ve Portekiz.

Almanya Bloğu: Almanya'daki İletim şirketleri (E.ON, EnBW, RWE,

İtalya tek basına bir bloktur.

3.1.2.1.2.3. Alan kontrol hatası (ACE)

Her bir kontrol alanı / bloğunda, tek tek alan kontrol hatası G'nin (Area Control Error, ACE) sıfır olacak şekilde sürekli olarak kontrol edilmesi gerekir. ACE, güç kontrol hatası ile frekans kontrol hatasının toplamı olarak hesaplanır:

$$G = \Delta P + K * \Delta f \quad (3.4)$$

ΔP : Güç Kontrol Hatası

$K * \Delta f$: Frekans Kontrol Hatası

3.1.2.1.2.4. K faktoru

Sekonder kontrol için frekans bias' ıdır. (MW/Hz)

K-Faktoru Hesaplanması: Sekonder kontrol için bir kontrol alanı / bloğunun K Faktoru K_n , frekans kontrolü kazancı 1.1, o alanın katkı katsayısı ve toplam şebeke güç frekans karakteristiğinin çarpımı yolu ile hesaplanır.

Sekonder Kontrol için Toplam K-Faktoru: Birinci senkron bölge için toplam K Faktoru; 2004 yılı için 19801 MW/Hz idi. İkinici senkron bölge için toplam K-Faktoru, 2004 yılı için 3301 MW/Hz idi.

ACE' yi sıfıra getirmek amacıyla, sekonder kontrol, ilgili kontrol merkezinde, online ve kapalı döngü şeklinde işletilmesi gereken tek bir otomatik sekonder kontrol edici tarafından yerine getirilmelidir. Kontrol hatası kalmaması için, Kontrol edicinin PI (Proportional Integral) tipinde olması gerekir. Online ve kapalı döngü olarak işletilen otomatik sekonder kontrol edici, yüksek bir emre amadeliğe sahip olmalıdır. Kontrol edici döngü zamanı 1 saniye ile 5 saniye arasındadır.

Her bir kontrol alanı / bloğu, alan kontrol hatası (ACE) G' yi gerçek zamanda en aza indirmek için bir sekonder kontrol ile donatılmıştır.

$$G = P_{meas} - P_{prog} + K_{ri} (f_{meas} - f_n) \quad (3.5)$$

P_{meas} : Bağlantı hatlarında ölçülen anlık aktif güç transferlerinin toplamı

P_{prog} : Bütün komşu kontrol alanları ile sonuçta ortaya çıkan alışveriş programı

K_{ri} : Kontrol alanının K-faktörüdür (MW/Hz).

f_{meas} : Gerçek frekans ölçümü

f_n : Frekans ayar (set) değeri

3.1.2.1.2.5. Sekonder kontrol rezervi

Sekonder kontrol aralığı içinde, sekonder kontrol edicinin otomatik olarak, ilgili zamanda, her iki yönde (pozitif ve negatif), sekonder kontrol gücünün çalışma noktasından yola çıkarak işleyebildiği, sekonder kontrol gücünün ayar aralığıdır.

Sekonder kontrol rezervi, sekonder kontrol aralığının çalışma noktası ile maksimum değer arasındaki pozitif bölümdür. Sekonder kontrol aralığının çalışma noktasında halihazırda aktive edilmiş olan bölümü, sekonder kontrol gücüdür.

Her zaman, beklenen talep dalgalanmalarını ve bir üretim biriminin kaybını karşılamak üzere, yeterli bir sekonder kontrol rezervi mevcut olmalıdır. Eğer en büyük üretim biriminin kaybı sekonder kontrol rezervi tarafından karşılanmamışsa,

açığı kısa bir sürede dengelemek için, ek üçüncül kontrol rezervine {15 dakikalık rezerv} ihtiyaç duyulur.

Yeterli sekonder kontrol, üretim şirketleri tarafından ISO'nun hizmetine sunulan üretim kaynaklarına bağlıdır. Santraller kapasitelerinin %10 civarında sekonder kontrol aralığına sahip olmalıdır. Yük alma/ yük atma hızları sekonder frekans kontrolünün uygun tepki vermesine imkan sağlayacak şekilde olmalıdır. Sekonder kontrol rezervinin büyüklüğü, tipik yük değişmelerinin büyüklüğüne, program değişikliklerine ve üretim birimlerine bağlıdır. Yük değişimleri ile ilgili olarak önerilen minimum rezerv aşağıdaki şekilde verilmiştir.

Önerilen ikincil kontrol rezervi; değişik boyutlardaki kontrol alanları / blokları içindeki değişik büyüklükteki yük değişimleri, yaklaşık 15 dakika içinde düzeltilmelidir. Bu noktaya gelmek için, bir kontrol alanı / bloğu için aşağıdaki sekonder kontrol rezervi minimum değeri (aşağıdaki şekilde gösterilen ampirik eğriden çıkartılmıştır) önerilir.

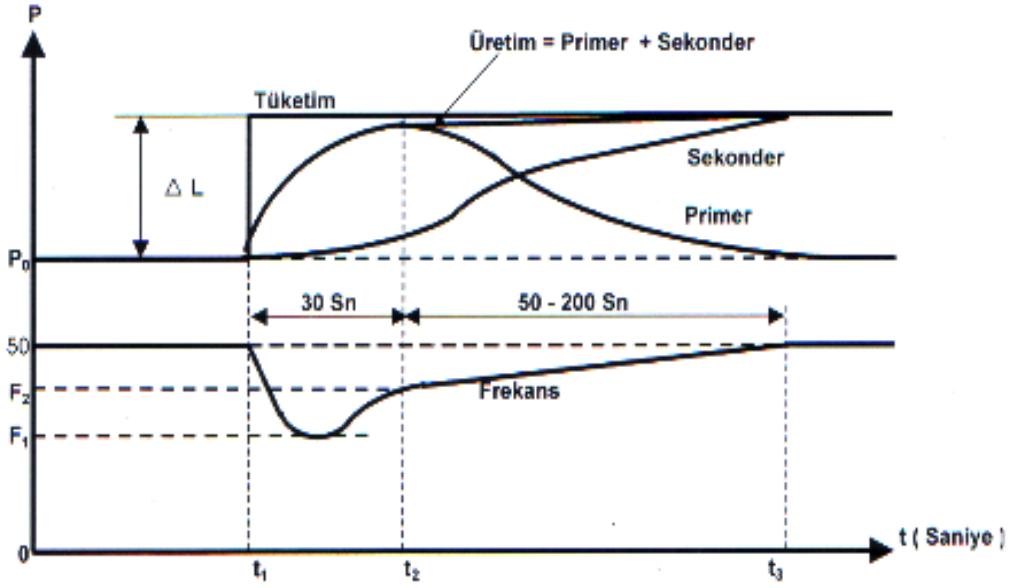
$$R = (aL_{max} + b^2 - b) \quad (3.6)$$

R = sekonder kontrol rezervi için MW cinsinden öneri

L_{max} = kontrol alanı / bloğu için MW cinsinden maksimum beklenen yük

UCTE için ampirik olarak aşağıdaki a ve b parametreleri belirlenmiştir:

$$a = 10 \text{ MW ve } b = 150 \text{ MW}$$



Şekil.3.18. Büyük frekans sapmaları sırasında sekonder kontrolün kalitesi

Kontrol alanları / blokları içindeki sekonder kontrolün kalitesini değerlendirmek için,

$$H(t) = f_0 \pm A \cdot e^{-t/T} \quad (3.7)$$

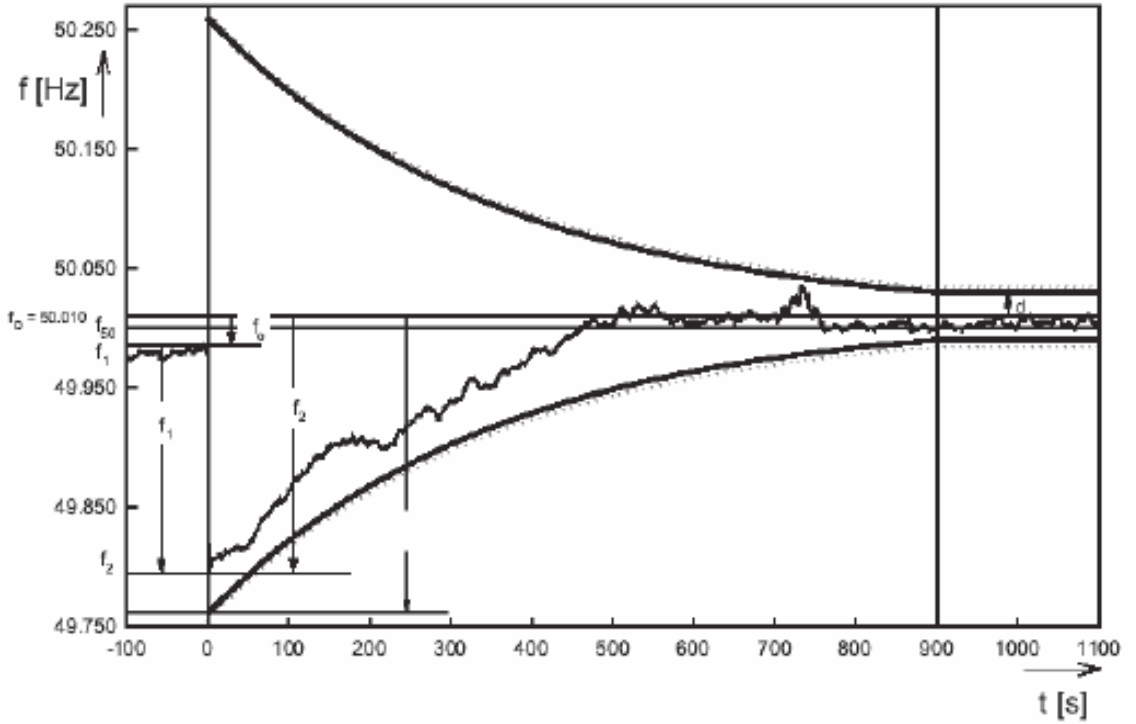
tipindeki trampet biçimli eğriler, yıllara yayılan deneyimler temelinde tanımlanmıştır. Sistem frekansı, sekonder kontrol işlemi sırasında trampet içinde kalmışsa, sekonder kontrol teknik kontrol bakımından tatmin edici olarak kabul edilir. Bir olay için trampet eğrisi, aşağıdaki değerler kullanılarak çizilir:

f_0 : Nominal frekans

f_1 : Olaydan önce gerçek frekans

f_2 : Olaydan sonra maksimum frekans sapması

P_a : Olaydan sorumlu üretim kapasitesi kaybı



Şekil.3.19. Trumpet eğrisi [7]

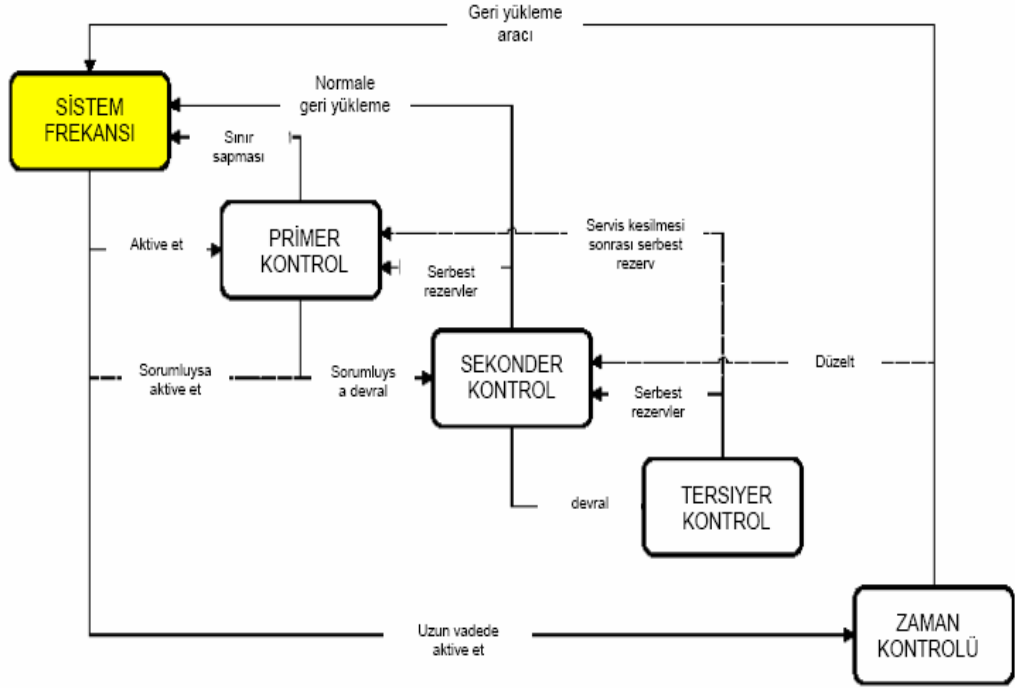
3.1.2.1.3. Tersiyer (Üçüncül) frekans kontrolü

Üçüncül kontrol, gerektiğinde yeterli bir sekonder rezervine sahip olmak için, generatörlerin çalışma noktalarında yapılan (otomatik ya da elle) herhangi bir değişimdir. (Temel olarak yeniden programlama yolu ile)

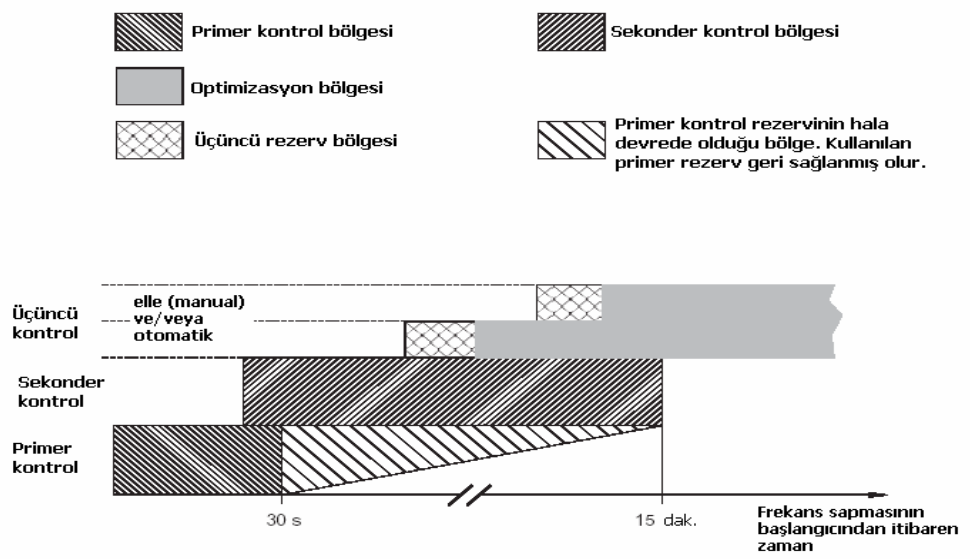
Değişimler şu şekillerde yapılabilir:

- Gücün bağlanması ve tetiklenmesiyle (devreye sokma) (gaz tribünleri, rezervuar ve pompa santralleri, hizmetteki generatörlerin çıkışlarını artırarak ya da azaltarak)
- Sekonder kontrole katılan generatörlerin çıkışlarını yeniden dağıtarak;
- Enterkonnekte taahhütler arasındaki güç iç değişim programını değiştirerek;
- Yük kontrolüyle (örneğin merkezileştirilmiş uzaktan kontrol ya da kontrollü yük atma).

Tipik olarak, tersiyer kontrolünün işletimi (sekonder kontrolün ardından ya da onu tamamlamak için), programlamanın zaman çerçevesine bağlıdır, fakat ilke olarak, enterkonnekte işletme üzerinde sekonder kontrol ile aynı etkiye sahiptir. Frekans kontrolünü blok ve zaman diyagramları aşağıdaki Şekil.3.20. ve Şekil.3.21. da gösterildiği gibidir.



Şekil.3.20. Frekans kontrolü blok diyagramı



Şekil.3.21. Tüm kontrollerin zamana göre çalışması

3.1.3.Afşin Elbistan b termik santralinin çalışma şartları

Termik santrallerde temel olarak önce ısı enerjisi buhar enerjisine çevrilir, buhar enerjisi türbin kanatlarına çarparak enerjisini kinetik enerjiye çevirir ve daha sonra bu kinetik enerji generatörler vasıtasıyla elektrik enerjisine çevrilir. Termik santrallerin kazanları genel olarak üretilen buhar miktarına ve yakılacak olan kömür kalorisine bağlı olarak dizayn edilirler.

Kazana ilk olarak ısı enerjisinden buhar enerjisini sağlayacağı su verilir. Bu su da direkt olarak ortam sıcaklığında verilmez. Yardımcı buhar ön ısıtıcıları vasıtasıyla su belli bir sıcaklık değerine gelir. Buda takribi olarak 100 derece civarlarındadır. Kazana verilen su çevrimine başlar ve bu suyun bir kısmı buhar fazına geçer. Kalan kısım su fazında döngüsünü devam ettirir. Daha sonra kazan içine sıvı yakıt verilerek ateşlenir. Kazan yanma odasının sıcaklığı artmaya başlar. Su kazan içi borularından geçerek buhar fazına geçer ve basınçlanmaya başlar. Yaklaşık olarak 540 derece ve 80 bar sıcaklık ve basınca ulaşan buhar türbinin yüksek basınç bölümüne verilir. Türbinin metal sıcaklığına göre 500 rpm/dakika -1900 rpm/dakika ve 3000 rpm/dakika devir sayılarında belirli sürelerde beklenilir. İstenilen devire ulaşılnca (bu generatör kutup sayısı ile alakalıdır ve Afşin Elbistan B termik santralinde yer alan generatörler 2 kutuplu oldukları için 3000 rpm/dakika 'ya çıkılması gerekmektedir) senkron olma prosedürü başlar.

Generatöre ilk ikaz verilir ve senkron şartları oluşunca ana kesiciler kapanır ve enterkonnekte şebeke ile paralel çalışma başlar. Daha sonra sıvı yakıtlar devrede iken değirmen alınır. Değirmenler kazana gönderilecek olan kömürün iyice ufalandığı ve kazan kömür yakıcılarına kömürü savurma işlemini yapan ekipmanlardır. Değirmenler devreye alındıkça sıvı yakıtlar devre dışı bırakılır. Yük alma işlemi kademeli olarak devam eder. Son olarak maksimum yüke gelinip bu yükte stabil çalışmayı sağlayabilmek için sistem otomatige atılır ve tüm alt sistemler (kömür, hava, su vb) birbirlerinde oluşan değişimlere göre kendilerini arttırıp veya azaltarak stabil işletim sağlanır.

Türbin tarafına ilk buhar yüksek basınç türbininden 540 C° ve 70 bar değerle girer ve burada enerjisinin bir kısmını türbin kanatçıklarına bırakır. Bu olayın ardından buhar yüksek basınç türbinini terk ederler. Çıkan bu buhar üzerinde hala enerji barındığı için tekrar kazana gönderilir. Kazanda sıcaklığı yükseltile buharın basıncı yüksek basınç türbinine girdiği andaki basınç değerinden çok düşmüştür. Yaklaşık olarak 40 bar dolaylarındadır. Bu buhar türbinin orta basınç türbinine giriş yapar ve yine enerjisini orta basınç türbininin kanatçıklarına bırakır, kalan son enerjisini ise orta basınç türbinini terk ederek alçak basınç türbinine geçip buradaki alçak basınç türbin kanatçıklarına bırakarak türbini terk eder.

Sistem kapalı döngü olduğu için türbinden ayrılan çürük buhar bu haliyle tekrar kazana gönderilemez. İlk neden buharı pompalamak mümkün değildir. 2. neden ise buharın yapısındaki kimyasalların değişime uğraması ve bu haliyle kazan borularını deforme etme durumudur. Bu nedenle bu buharın yoğunlaştırılması ve tekrar su fazına geçirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla alçak basınç türbinin çıkışından başlayarak kondenser denilen yoğunlaştırıcı ekipman devreye girer. Bu ekipmanın içerisinde kılcal damarlar gibi borular mevcuttur. Bu boruların içinden normal su geçmektedir. Bu borulara çarpan çürük buhar sıcaklık farkından dolayı yoğunlaşarak su fazına geçer ve kondenser pompaları vasıtasıyla kazan besleme suyu pompalarına transfer edilir. Kondenserin boruları içinden geçen suyun sıcaklığı bir miktar artmıştır ve bunun tekrar soğutulması ve sisteme geri dönmesi gerekmektedir. Bu yüzden bu su soğutma kulesine pompalanır ve cebri yada doğal olarak soğutulur. Su-buhar çevrimi bu şekilde devam eder. Sistemdeki kaçaklar oranında kazana saf su ilavesi yapılır. Afşin Elbistan B Termik Santralinde kullanılan kazan Benson tipindedir. Türbin olarak Tandem-Compound Single Reheat türbin tipi kullanılmaktadır. Generatör 403 MVA gücünde yuvarlak kutuplu, 2 kutuplu senkron genaratör tipindedir.

3.2. Metod

3.2.1. Primer frekans kontrol performans testleri

Primer Frekans Kontrol Performans Testleri, ünitelerin UCTE kriterlerine uygunluğunun tespit edilmesi amacıyla üç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar,

- Primer Frekans Kontrol Rezerv Testi
- Primer Frekans Kontrol Hassasiyet Testi
- 24 Saatlik Doğrulama Testi

Primer Frekans Kontrolüne katılacak santrallerin tümünde bu testler gerçekleştirilir. Testler sırasında talep edilen dokümanların yanında, primer frekans kontrol fonksiyonlarının gösterimi amacıyla ünite kontrol sistemlerinin, özellikle de türbin hız regülatörü ile kazan kontrol sistemi arasındaki işleyişin, basitleştirilmiş blok şemaları santral personeli tarafından test ekibine sağlanmalıdır. Primer Frekans Kontrol Performans Testleri sırasında ünite tipine göre aşağıdaki değerlerin ölçümü yapılarak kayıtları alınır;

- Aktif Çıkış Gücü (MW)
- Frekans
- Vana Pozisyonları
- Buhar Basıncı
- Buhar Sıcaklığı

Primer Frekans Kontrol Performans Testleri sırasında ölçümü yapılan her bir değer için örnekleme oranı saniyede en az 10 veri olmalıdır (100 milisaniye’de veya daha kısa sürede bir veri). Test düzeneği, kaydı alınan grafik ve kaynak verilerinin(ASCII / Text formatında) bilgisayar ortamına aktarılmasını sağlayacak yapıda olmalıdır.

3.2.1.1. Primer frekans kontrol rezerv testi

Primer Frekans Kontrol Rezerv Testi gerçekleştirilirken ünite üzerinde aşağıdaki işlemler yapılır;

- Ünite, primer frekans kontrol işlevini sağlayacak konuma alınır.
- Ölü bant (dead band) 0 (sıfır) mHz olarak ayarlanır.
- Hız eğimi (speed-droop), “ 200 mHz’lik frekans sapması durumunda primer frekans kontrol rezervinin tamamı etkinleştirilmelidir ” gerekliliğine göre, aşağıdaki tabloda gösterildiği şekilde ayarlanmalıdır:

Tablo.3.1. Primer frekans kontrol rezerv kapasitesine göre türbin regülatörü hız eğimi tablosu

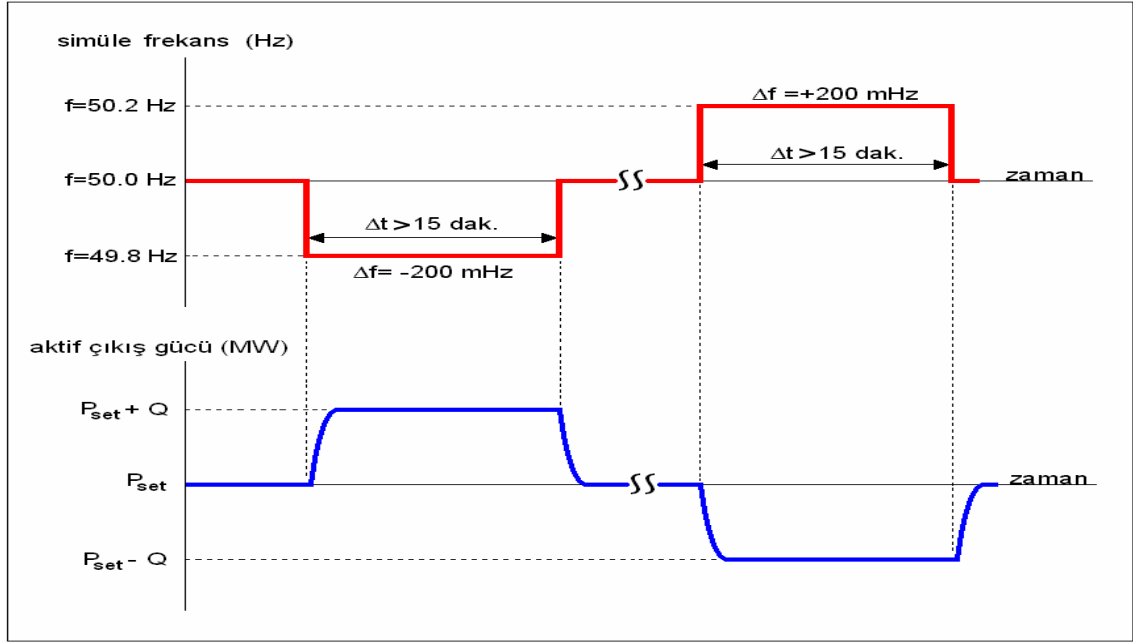
Primer Frekans Kontrol Rezerv Kapasitesi (Q), %	2,5	3	4	5	10
Türbin regülatörü hız eğimi (speed-droop), (S _g), %	16	13,3	10	8	4

Maksimum seviyedeki test için ünitenin hız eğimi (speed-droop), primer frekans kontrol rezerv kapasitesi (Q) miktarına karşılık gelen değere ayarlanır ve çıkış gücü, ünitenin nominal çıkış gücünün Q miktarı kadar aşağısında bir P_{set} değerine ayarlanır.

Minimum seviyedeki test için ünitenin hız eğimi (speed-droop), primer frekans kontrol rezerv kapasitesi (Q) miktarına karşılık gelen değere ayarlanır ve çıkış gücü, ünitenin kararlı ve güvenli çalışabileceği minimum çıkış gücünün Q miktarı kadar yukarısında bir P_{set} değerine ayarlanır.

Türbin hız regülatörü girişine, şebekeden hız bilgisi almayacak veya sistem frekansı üzerine eklenecek şekilde $\Delta f = -200$ mHz’lik frekans sapması olarak $f = 49,8$ Hz’lik

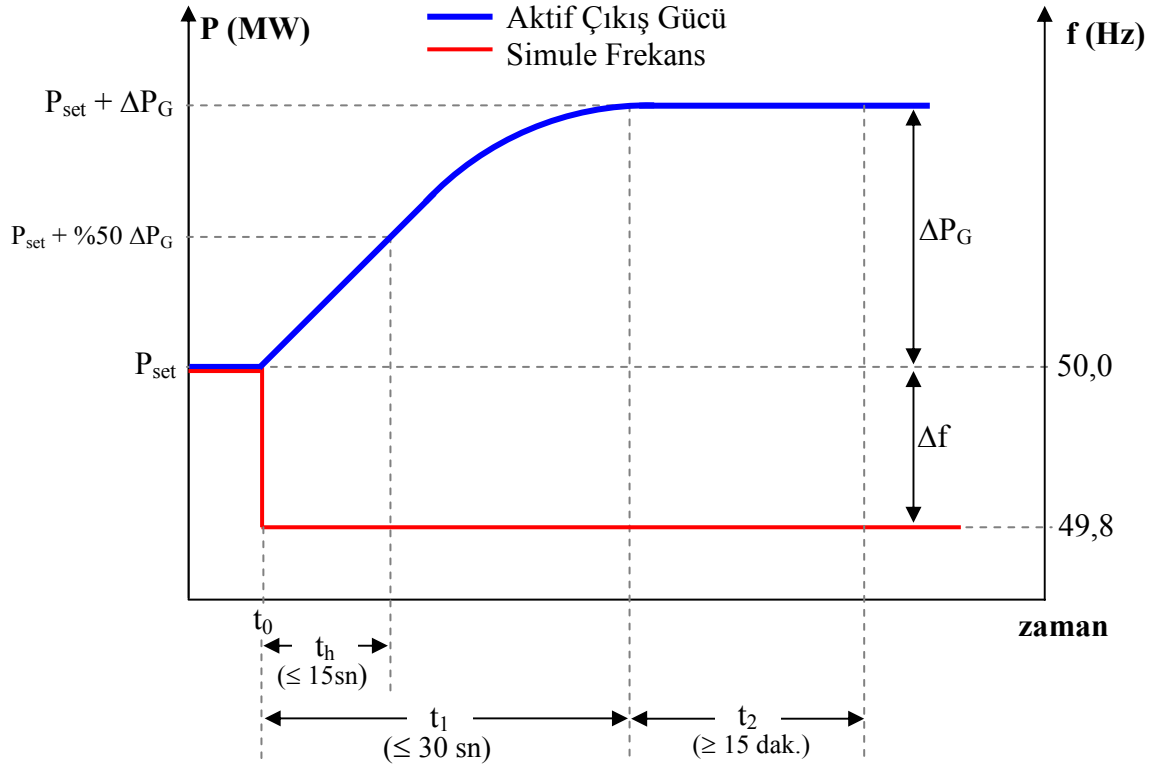
simüle frekans değeri aşağıda Şekil.6'ta görüldüğü gibi basamak (*step*) değişiklik halinde uygulanır ve bu değerde en az 15 dakika muhafaza edilir. Bu süre sonunda nominal frekans değeri 50 Hz'e dönülür ve ünitenin de aynı P_{set} değerinde kararlı hale gelmesi beklenerek bu sefer de $\Delta f = +200$ mHz'lik frekans sapması olarak $f = 50,2$ Hz'lik simüle frekans değeri için aynı işlem tekrarlanır.



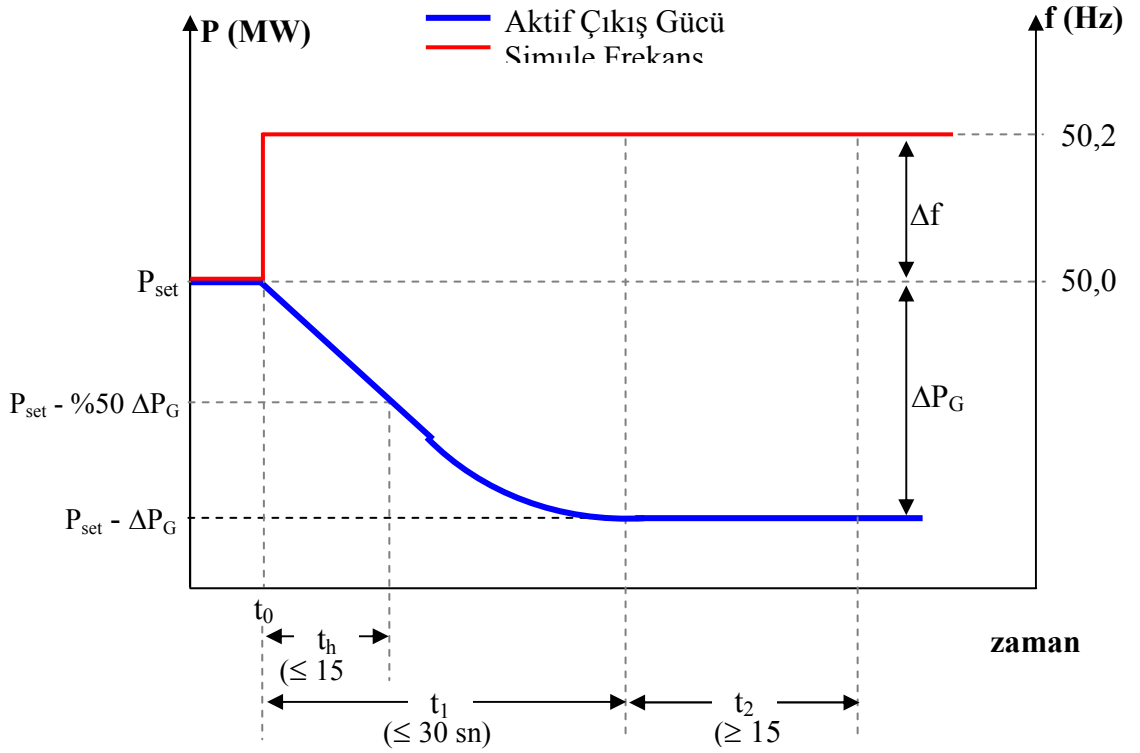
Şekil.3.22. Primer frekans kontrol rezerv testi simüle frekans uygulaması [7]

Primer frekans kontrol rezerv testleri, minimum ve maksimum çıkış gücü seviyelerinde iki aşamalı olarak gerçekleştirilir. Primer frekans kontrol rezerv testinin değerlendirilmesi aşağıdaki kriterlere göre yapılır;

- Primer frekans kontrol rezerv kapasitesinin %50'si en fazla 15 saniye içinde, tamamı ise 30 saniyelik süre içinde lineer olarak etkinleştirilebilmeli,
- Primer frekans kontrol rezerv kapasitesi en az 15 dakika boyunca sağlanabilmelidir.
- Primer frekans kontrol rezerv testlerinde ünitelerden beklenen tepki aşağıda Şekil.3.23. ve Şekil.3.24.'de gösterilen grafiklerdeki gibi olmalıdır.



Şekil .3.23.f=49,8 Hz'lik Simule Frekans Uygulamasında Ünitiden Beklenen Tepki [7]

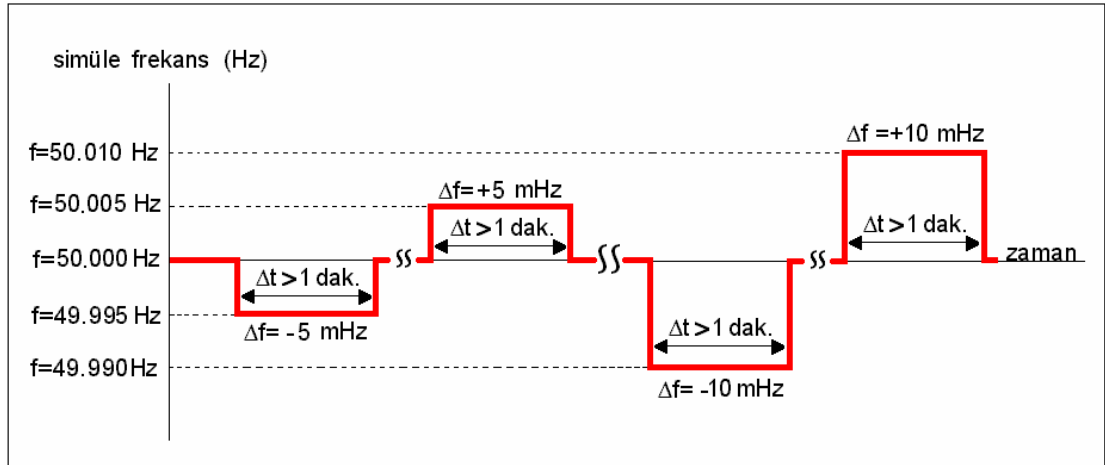


Şekil .3.24.f=50,2 Hz'lik simule frekans uygulamasında ünitiden beklenen tepki.[7]

3.2.1.2.Primer frekans kontrol hassasiyet testi

Primer frekans kontrol rezerv testleri sırasında ünite üzerinde yapılan ayarlamalar değiştirilmeden ünitenin kararlı hale gelmesi beklenir ve hassasiyet testine başlanarak aşağıdaki işlemler yapılır;

Ünite hassasiyetinin tespit edilmesi için, türbin hız regülatörü girişine, şebekeden hız bilgisi almayacak veya sistem frekansı üzerine eklenecek şekilde $\Delta f=-5$ mHz'den başlayarak ünite tepkisi gözleninceye kadar frekans sapma miktarı artı ve eksi yönde 5 mHz'lik kademeler halinde arttırılarak uygulanır. Ünite tepkisi için vana hareketi kriter olarak kabul edilir. $\Delta f=-5$ mHz'lik frekans sapması olarak $f=49,995$ Hz'lik simule frekans değeri aşağıda Şekil.3.25.'da görüldüğü gibi basamak (step) değişiklik halinde uygulanır ve bu değerde en az bir dakika muhafaza edilir. Bu süre sonunda nominal frekans değeri 50 Hz'e dönülür ve ünitenin de aynı P_{set} değerinde kararlı hale gelmesi beklenerek bu sefer de $\Delta f=+5$ mHz'lik frekans sapması olarak $f=50,005$ Hz'lik simule frekans değeri aynı şekilde uygulanır. Eğer ünite ± 5 mHz'lik frekans sapmalarına tepki vermez ise, aynı işlemler ± 10 mHz'lik frekans sapmaları için tekrar edilir.



Şekil.3.25.Primer frekans kontrol hassasiyet testi simule frekans uygulaması.[7]

Primer frekans kontrol hassasiyet testleri, minimum ve maksimum çıkış gücü seviyelerinde iki aşamalı olarak gerçekleştirilir.

Primer frekans kontrol hassasiyet testinin değerlendirilmesi aşağıdaki kriterlere göre yapılır;

- Primer frekans kontrol hassasiyet testlerinde frekans sapmasının uygulandığı anda vana pozisyonunda değişiklik gözlenmeli,
- Ünite duyarsızlığı ± 10 mHz'i geçmemelidir.

3.2.1.3. 24 Saatlik doğrulama testi

Primer Frekans Kontrol Rezerv ve Hassasiyet testlerinin başarılı olarak tamamlanmasından sonra türbin hız regülatörünün hız bilgisini şebekeden alacağı şekilde bağlantıları yapılarak 24 saat boyunca gerçek frekans ile normal çalışmasının kesintisiz olarak kaydı yapılır. Bu testin sonucu, ünitenin Primer Frekans Kontrol fonksiyonunun şebeke şartları altında sürekli çalışabileceğini doğrular nitelikte olmalıdır.

3.2.2. Sekonder frekans kontrolü performans testi

Sekonder Frekans Kontrolü için bir kalite kriteri, bir kontrol sapmasını sıfır değerinde döndürmek için gereken zamandır, örneğin sistem frekansını nominal değerine geri döndürmek ve güç değişimlerini kendi ayar noktası (programlanmış) değerlerine geri göndermek için. Pratikte, primer kontrol işlemi bir frekans sapmasının birkaç saniyesi içinde başlar ve 30 saniyeden daha geç olmamak üzere tam etkisini yürütmeye başlar. Frekans ve güç alışverişleri, Sekonder kontrolün bir sonucu olarak, düzeltme süreci 15 dakika sonra makul bir rampa oranı ile ve hedefi aşmaksızın tamamlanarak, 30 saniye sonra ayar noktası değerlerine dönmeye başlamalıdır. [6]

İşletme yedeğinin, frekans kontrolü amacı ile kullanılan primer kontrol yedeğinin serbest kalması, frekansın nominal değerine geri dönebilmesi ve komşu elektrik şebekeleriyle olan toplam elektrik enerjisi alışverişinin programlanan düzeyde tutulabilmesinin sağlanması için, sekonder kontrol sistemi vasıtasıyla kullanılan ve bu işlem için yeterli olacak şekilde seçilen kısımdır. Ünitenin çıkışındaki değişimin

başlaması için maksimum tepki süresi 30 saniye olmalı ve frekans sapması maksimum 15 dakika içinde dengelenmelidir. [7]

3.3.TEİAŞ tarafından yapılan frekans kontrolü testleri sonuçları

3.3.1.Primer frekans kontrolü performans test sonuçları

EÜAŞ Afşin-Elbistan B termik santrali ” Buhar türbinlerinden ünite-1’de, primer frekans kontrol performans testlerinin gerçekleştirilmesi için 31.10.2006-02.11.2006 tarihleri arasında, TEİAŞ test ekibi tarafından gerçekleştirilen çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Testler, “ UCTE Primer Frekans Kontrol Performans Testleri ” prosedürüne göre gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler, TEİAŞ test ekibi tarafından getirilen aşağıdaki araçlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir:

- Veri Kayıt Cihazı (DigSilent DAQ Unit)
- Diz üstü Bilgisayar
- Veri Kayıt Yazılımı

Primer Frekans Kontrol Performans Testleri için “ Simule Frekans ”, “ Aktif Güç ”, “ Regülatör Vana-1 ”, “ Regülatör Vana-2 ”, “ Regülatör Vana-3 ”, “ Regülatör Vana-4 ”, “ Buhar Basıncı ”, “ Buhar Sıcaklığı ” ve “ Türbin Toplam Talep ” sinyallerinin ölçümü yapılmıştır. Ölçümü yapılan sinyallerin tipi ve bağlantı noktalarına ait bilgiler aşağıdaki tabloda yer almaktadır:

Tablo.3.2.Primer frekans kontrolü performans testi için ölçüm yapılan değerler

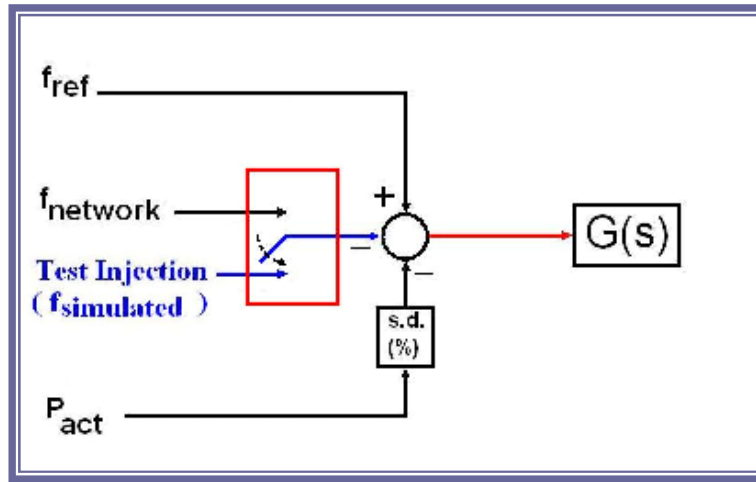
SİNYAL ADI (Kabin: 01CJB01GH001 MT-DEH)	PI D N O	BAĞLANTI NOKTASI	ÖLÇME ARALIĞI	SİNYAL TİPİ
Simule Frekans	AO-4	1CA5 1TB-33 6.7	[47,5 , 52,5]	[4 , 20] mA
Aktif Güç	AO-7	1CA5 1TB-33	[0 , 400] MW	[4 , 20] mA
Regülatör Vana-1	AI-29	1CA5 1TB-31 8.9	[0 , 100] %	[1 , 5] Volt
Regülatör Vana-2	AI-26	1CA5 1TB-31 2.3	[0 , 100] %	[1 , 5] Volt
Regülatör Vana-3	AI-30	1CA5 1TB-31	[0 , 100] %	[1 , 5] Volt
Regülatör Vana-4	AI-27	1CA5 1TB-31 4.5	[0 , 100] %	[1 , 5] Volt
Buhar Basıncı	AO-5	1CA5 1TB-33 8.9	[0 , 200] bar	[4 , 20] mA
Buhar Sıcaklığı	AO-6	1CA5 1TB-33	[0 , 600] °C	[4 , 20] mA
Türbin Toplam	AO-7	1CA5 1TB-33	[0 , 120] %	[4 , 20] mA

Veri Kayıt Yazılımında, ölçümü yapılan ve kaydedilen sinyallerin gerçek değerlerinin elde edilebilmesi için gerekli ölçekleme oranları (scaling factors) aşağıdaki tabloda yer aldığı şekilde düzenlenmiştir.

Tablo.3.3.Ölçümü yapılan ve kaydedilen sinyallerin gerçek değerlerinin elde edilebilmesi için gerekli ölçekleme oranları

$y = mx + b$	m	b
Simule Frekans	0,625	46,25
Aktif Güç	50	-100
Regülatör Vana-1	25	-25
Regülatör Vana-2	25	-25
Regülatör Vana-3	25	-25
Regülatör Vana-4	25	-25
Buhar Basıncı	25	-50
Buhar Sıcaklığı	75	-150
Türbin Toplam Talep	15	-30

Yapılan testler sırasında, ölçümü yapılan sinyaller 100 milisaniyelik örnekleme oranı (saniyede 10 veri) ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Yetkili santral personeli ile test ekibi arasında, primer frekans kontrol testlerinin nasıl yapılabileceği konularında karşılıklı bilgi alışverişinde bulunulmuştur. Yetkili santral personeli tarafından primer frekans kontrol testlerinin şebeke frekansının simülasyonu yoluyla yapılabileceği ifade edilmiş ve ünite kontrol sisteminin şebeke frekansını algılamayacağı şekilde, kontrol sistemi bilgisayarındaki yazılım aracılığıyla frekans simülasyonu aşağıdaki şekilde görülen prensiple gerçekleştirilmiştir.



Şekil.3.26.Frekans simülasyonu uygulama yöntemi blok şeması

Buhar türbininin ve generatörünün markasının Mitsubishi olduğu ve 360 MW nominal güce sahip olduğu görülmüştür. Santral yetkili personeli tarafından, ünitenin frekans kontrolüne “ Governor Control ” işletme modunda katılacağı ifade edildiğinden testler bu işletme modu aktif hale getirilerek yapılmıştır.

Termik santralların primer frekans katılımı için uygulaması gereken rezerv miktarı ünite nominal gücünün $\pm 5\%$ ’i (± 18 MW) olduğu için, maksimum çıkış gücü seviyesindeki testler 95% çıkış gücü seviyesi olan 342 MW P_{set} değerinde, minimum çıkış gücü seviyesindeki testler ise yetkili santral personelinin ifadesi doğrultusunda 65% çıkış gücü seviyesi olan 234 MW P_{set} değerinde gerçekleştirilmiştir. Yetkili santral personeli tarafından, hız eğim (speed-droop) değerinin 0% ile 10% arasında 0,1’lik kademeler halinde ayarlanabildiği ifade

edilmiştir. Testler, ünitenin hız eğim değeri (speed-droop), % 5 rezerv miktarına aşağıdaki formüle göre karşılık gelen % 8 değerine ayarlanarak gerçekleştirilmiştir.

$$\text{s.d.(\%)} = \frac{\Delta f / f_{nom}}{\Delta P / P_{nom}} \times 100 \quad (3.8)$$

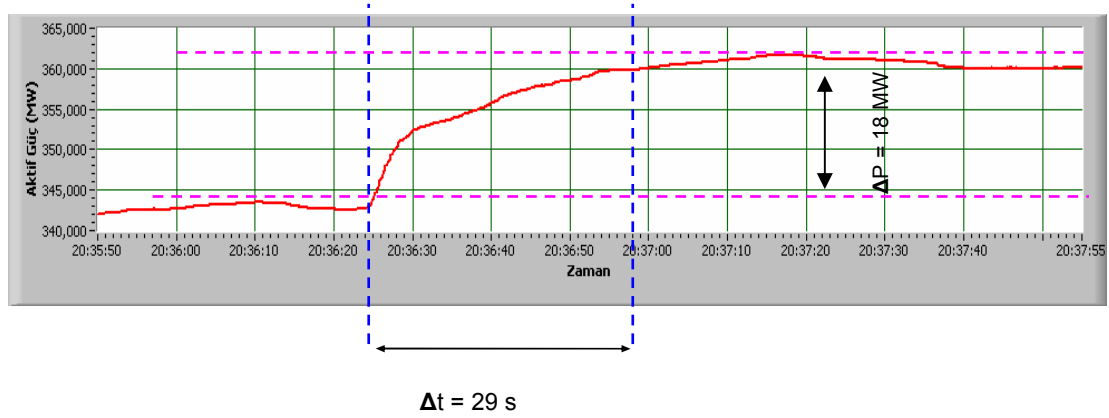
Yetkili santral personeli tarafından, ünitenin ölü bant (dead band) değerinin istenilen herhangi bir değere ayarlanabileceği ifade edilmiş ve testler ölü bant (dead band) değeri 0 mHz'e ayarlanarak gerçekleştirilmiştir. Daha önceki testler sırasında, yetkili santral personeli tarafından sıfır mHz'den başka herhangi bir değere ayarlanmadığı ifade edilen ölü bant değerinin gerekli çalışmaların yapılarak üretici firma tarafından istenilen herhangi bir değere ayarlanabilir hale getirildiği ve böylelikle de bu konuda daha önce tespit edilen eksikliğin giderildiği görülmüştür.

Testler sırasında uygulanan frekans sapmaları basamak değişiklik (step change) halinde uygulanmıştır. Rezerv testlerinde; $\Delta f = -200$ mHz'lik frekans sapması olarak doğrudan $f=49,8$ Hz'lik Simüle Frekans, $\Delta f = +200$ mHz'lik frekans sapması olarak ise doğrudan $f=50,2$ Hz'lik Simüle Frekans sinyali uygulanmıştır. Hassasiyet testlerinde; ilk aşamada $\Delta f = -5$ mHz'lik frekans sapması olarak doğrudan $f=49,995$ Hz'lik Simüle Frekans, $\Delta f = +5$ mHz'lik frekans sapması olarak ise doğrudan $f=50,005$ Hz'lik Simüle Frekans sinyali uygulanmış, ikinci aşamada ise $\Delta f = -10$ mHz'lik frekans sapması olarak doğrudan $f=49,990$ Hz'lik Simüle Frekans, $\Delta f = +10$ mHz'lik frekans sapması olarak ise doğrudan $f=50,010$ Hz'lik Simüle Frekans sinyali uygulanmıştır.

Yetkili santral personeli tarafından, Buhar Türbin ve Generatörünün 50 Hz nominal frekansa karşılık gelen devir sayısının 3000 rpm olduğu ifade edilmiştir. Primer Frekans Kontrol Testleri kapsamında gerçekleştirilen Rezerv ve Hassasiyet testleri sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

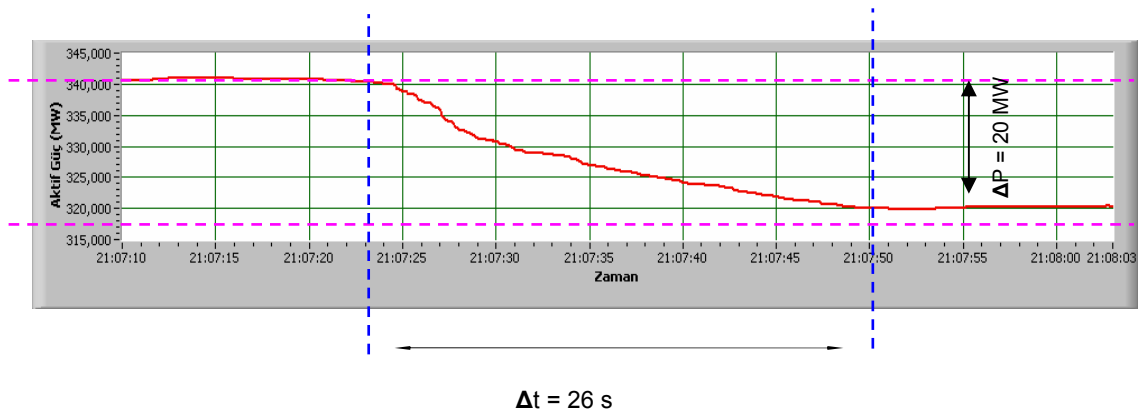
Ünite-1'de maksimum çıkış gücü seviyesinde ($P_{set} = 342$ MW) yapılan rezerv testi güç arttırma kısmında, $\Delta f = -200$ mHz'lik frekans sapması için uygulanan $f=49,8$ Hz'lik simüle frekans sonucunda; Ünitenin 342 MW'lık çıkış gücü seviyesinden

İtibaren yaklaşık 18 MW güç artışı yaptığı, eriştiği ortalama 360 MW'lık çıkış gücü seviyesini 15 dakika boyunca sürdürebildiği, güç artırma işlemi lineer olarak gerçekleştirdiği ve rezerv güç miktarını 30 saniyenin altında etkinleştirdiği gözlenmiştir. Ancak, Ünite tepkisinde yaklaşık 3 MW'lık aşma olduğu görülmüştür.



Şekil.3.27. 342 MW Set değerinde +200 mHz simüle frekans uygulamasında aktif güç-zaman grafiği [Anonim-2008]

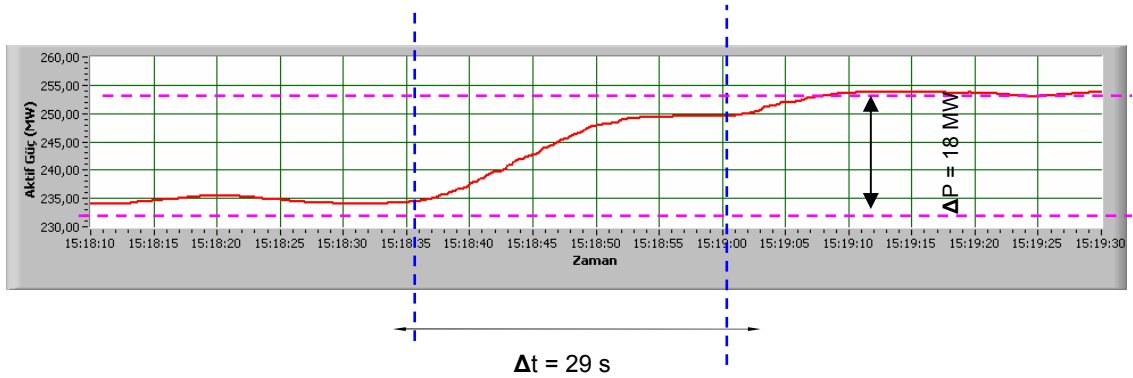
Ünite-1'de maksimum çıkış gücü seviyesinde ($P_{\text{set}} = 342 \text{ MW}$) yapılan rezerv testi güç azaltma kısmında, $\Delta f = +200 \text{ mHz}$ 'lik frekans sapması için uygulanan $f = 50,2 \text{ Hz}$ 'lik simüle frekans sonucunda; Ünitenin 342 MW'lık çıkış gücü seviyesinden itibaren yaklaşık 20 MW güç azaltışı yaptığı, eriştiği ortalama 322 MW'lık çıkış gücünü 15 dakika boyunca sürdürebildiği, güç azaltma işlemi lineer olarak gerçekleştirdiği ve rezerv güç miktarını 30 saniyenin altında etkinleştirdiği gözlenmiştir.



Şekil.3.28. 342 MW Set değerinde -200 mHz simüle frekans uygulamasında aktif güç-zaman grafiği [Anonim-2008]

Ünite-1’de maksimum çıkış gücü seviyesinde yapılan rezerv testinin tamamlanmasının ardından yine maksimum çıkış gücü seviyesinde hassasiyet testi ile çalışmalara devam edilmiştir. Ünite 342 MW P_{set} değerinde kararlı halde belli bir süre çalıştıktan sonra -5 mHz ve +5 mHz’lik frekans sapması ($f=49,995$ Hz ve $f=50,005$ Hz) simule frekans sinyali uygulanmıştır. Ünite, primer frekans kontrolüne Ek-2’deki hassasiyet grafiklerinde görüldüğü şekilde regülatör vanaları pozisyonunu değiştirerek uygun tepkiyi vermiştir. Ünitenin ± 5 mHz’lik frekans sapmalarına karşı hassas olduğu gözlenmiş ve tepkisinin daha net görülmesi için ± 10 mHz’lik frekans sapmaları ($f=49,990$ Hz ve $f=50,010$ Hz) simule frekans sinyalleri de uygulanmıştır. Ünite-1’in, ± 5 mHz’lik frekans sapmalarına tepki verdiği tespit edilerek yeterince hassas olduğu gözlenmiştir.

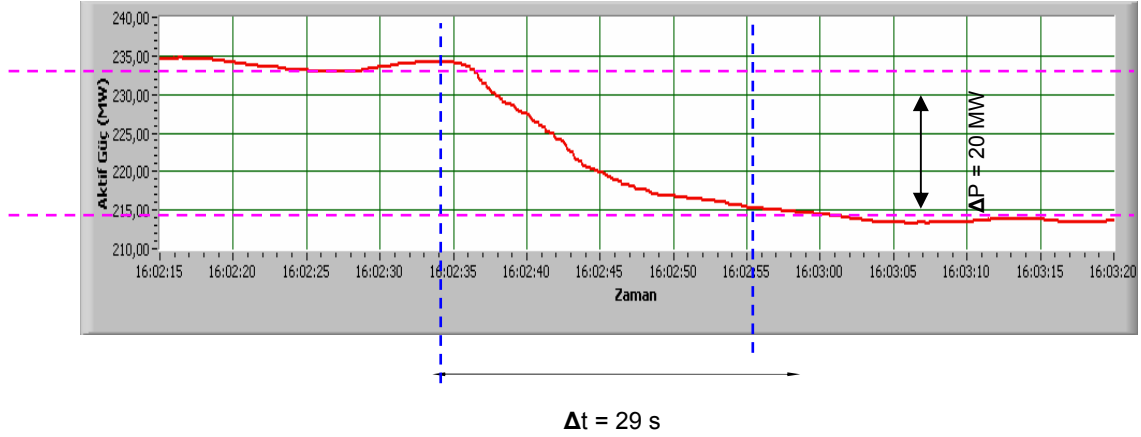
Ünite-1’de minimum çıkış gücü seviyesinde ($P_{set} = 234$ MW) yapılan rezerv testi güç artırma kısmında, $\Delta f = -200$ mHz’lik frekans sapması için uygulanan $f=49,8$ Hz’lik simüle frekans sonucunda; Ünitenin 234 MW’lık çıkış gücü seviyesinden itibaren yaklaşık 18 MW güç artışı yaptığı, eriştiği ortalama 252 MW’lık çıkış gücü seviyesini 15 dakika boyunca sürdürebildiği, güç artırma işlemi lineer olarak gerçekleştirdiği ve rezerv güç miktarını 30 saniyenin altında etkinleştirdiği gözlenmiştir.



Şekil.3.29. 234 MW Set değerinde +200 mHz simule frekans uygulamasında aktif güç-zaman grafiği [Anonim-2008]

Ünite-1’de minimum çıkış gücü seviyesinde ($P_{set} = 234$ MW) yapılan rezerv testi güç azaltma kısmında, $\Delta f=+200$ mHz’lik frekans sapması için uygulanan $f=50,2$ Hz’lik simüle frekans sonucunda; Ünitenin 234 MW’lık çıkış gücü seviyesinden itibaren yaklaşık 20 MW güç azaltışı yaptığı, eriştiği ortalama 214 MW’lık çıkış

gücünü 15 dakika boyunca sürdürebildiği, güç azaltma işlemini lineer olarak gerçekleştirdiği ve rezerv güç miktarını 30 saniyenin altında etkinleştirdiği gözlenmiştir.



Şekil.3.30. 234 MW Set değerinde -200 mHz simüle frekans uygulamasında aktif güç-zaman grafiği [Anonim-2008]

Ünite-1'de minimum çıkış gücü seviyesinde yapılan rezerv testinin tamamlanmasının ardından yine minimum çıkış gücü seviyesinde hassasiyet testi ile çalışmalara devam edilmiştir. Ünite 234 MW P_{set} değerinde kararlı halde belli bir süre çalıştıktan sonra -5 mHz ve +5 mHz'lik frekans sapması ($f=49,995$ Hz ve $f=50,005$ Hz) simüle frekans sinyali uygulanmıştır. Ünite, primer frekans kontrolüne Ek.A3'deki hassasiyet grafiklerinde görüldüğü şekilde regülatör vanaları pozisyonunu değiştirerek uygun tepkiyi vermiştir. Ünitenin ± 5 mHz'lik frekans sapmalarına karşı hassas olduğu gözlenmiş ve tepkisinin daha net görülmesi için ± 10 mHz'lik frekans sapmaları ($f=49,990$ Hz ve $f=50,010$ Hz) simüle frekans sinyalleri de uygulanmıştır. Ünite-1'in, ± 5 mHz'lik frekans sapmalarına tepki verdiği tespit edilerek yeterince hassas olduğu gözlenmiştir.

Ünite-1'de rezerv ve hassasiyet testlerinin tamamlanmasının ardından, ünitenin ayarları değiştirilmeden simüle frekans yerine gerçek şebeke frekansıyla çalışacak şekilde 24 saatlik doğrulama testine 31 Ekim 2006 tarihinde saat 17:47'de başlanmış ve 24 saat boyunca kayıt alınmıştır. Ünitenin çıkış gücü, kömür klarisinin düşük olması nedeniyle % 90'lık çıkış gücü seviyesi olan 324 MW P_{set} değerine ayarlanmıştır. Gerek test sırasında gerek test sonrasında alınan kayıtların

incelenmesi sonucunda, ünite tepkisinin rezerv ve hassasiyet test sonuçlarını doğrular nitelikte olduğu, ünitenin şebeke frekansını takip edecek şekilde tepki verdiği ve kararlı şekilde çalışmasını sürdürdüğü gözlenmiştir. Ancak, kömür kalorisinin düşük olduğu durumlarda ünitenin zaman zaman primer frekans kontrolünü tam olarak gerçekleştiremediği gözlenmiştir. 24 saatlik kayıt sırasında, 01 Kasım 2006 tarihinde 08:25-10:20 saatleri arasında iki değirmenin (mill#10 ve mill#60) trip etmesi nedeniyle ünite frekans kontrol modundan çıkarılmış ve çıkış gücü 270 MW'a kadar düşmüştür. Arızanın giderilmesi sonucunda ünite 10:20'de tekrar frekans kontrol moduna alınmıştır. 24 saatlik test sırasında oluşan bu sorunların test sonucunu olumsuz olarak etkilemediği değerlendirilmiştir.

Ünite-1'de rezerv, hassasiyet ve 24-saatlik doğrulama testlerinin tamamlanmasının ardından, normal işletme şartları için, ünitenin ölü bant değeri ± 50 mHz'e, hız eğim değeri de % 6 değerine ayarlatılmış ve simülasyon yöntemiyle ölü bant tespit testi gerçekleştirilmiştir. Bu test sırasında, ünitenin $\Delta f = \pm 50$ mHz'lik basamak değişiklik biçiminde uygulanan frekans sapmasına tepki vermediği ve $\Delta f = \pm 60$ mHz'lik basamak değişiklik biçiminde uygulanan frekans sapmasına ise tepki verdiği gözlenmiştir. Böylece, Ünite-1'in ölü bant fonksiyonunun da gereken şekilde çalıştığı görülmüştür.

Testler sırasında beklenmedik şekilde oluşan çıkış gücündeki salınımların kömür kalorisindeki ve basınçtaki aşırı ani değişikliklerden kaynaklandığı santral yetkililerince ifade edilmiştir. Salınımlar sonucunda Ünite hedef çıkış gücü seviyesine geri geldiği için bu tür salınımlar testin sonucu üzerinde olumsuz bir etki olarak değerlendirilmemiştir.

Primer frekans kontrol testleri kapsamında yapılan rezerv testlerine ilişkin test sonuçları aşağıdaki Tablo.3.4.'de özetlenmiştir.

Tablo.3.4. Primer frekans kontrol performans rezerv testleri özet tablosu

Ünite No		P_{nom} (MW)	P_{set} (MW)	ΔP (MW)	Tepki Süresi (saniye)	Sürdürme Süresi (dakika)	Ölü Bant (mHz)	Hız Eğimi (%)
Maksimum Seviye Testleri ($P_{set}=342$ MW)								
Ünite-1	-200 mHz	360	342	18	29	> 15	0	8,00
	+200 mHz	360	342	20	26	> 15	0	7,20
Minimum Seviye Testleri ($P_{set}=234$ MW)								
Ünite-1	-200 mHz	360	234	18	29	> 15	0	8,00
	+200 mHz	360	234	20	29	> 15	0	7,20

Yapılan tüm bu çalışmalar neticesinde, EÜAŞ Afşin-Elbistan B Termik Santralındaki buhar türbinlerinden Ünite-1'in Primer Frekans Kontrol yeteneğinin olduğu ve UCTE kriterleri doğrultusunda uygun tepki verdiği gözlenmiştir.

EÜAŞ Afşin-Elbistan B termik santralında yapılan primer frekans kontrol performans testleri kapsamındaki rezerv, hassasiyet ve 24-Saatlik doğrulama testlerine ait sonuçlar Tablo.3.5.'de aşağıda özet olarak sunulmuştur.

Tablo.3.5 Primer frekans kontrol performans testleri sonuç tablosu

EÜAŞ Afşin- Elbistan B Termik Santrali	Rezerv Yük Miktarı	Tepki Süresi (≤ 30 saniye)	Lineerlik	Sürdürme Süresi (≥ 15 dakika)	Hassasiyet		24-Saatlik Doğrulama	Ölü Bant
					(± 5 mHz)	(± 10 mHz)		
Ünite-1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ : Olumlu ✗ : Olumsuz

3.3.2.Sekonder frekans kontrolü performans test sonuçları

EÜAŞ Afşin-Elbistan B termik santrali 2. ünitesi için 22/06/2006 tarihinde yapılan sekonder frekans kontrolü testleri; Milli Yük Tevzi İşletme Müdürlüğü (MYTM) koordinasyonunda gerçekleştirilmiştir.

Testler, Milli Yük Tevzi İşletme Müdürlüğü yetkililerince sadece gözlemlenmiş olup değerlendirmeler ilgili makamlar tarafından yapılacaktır.

Testlere başlamadan önce; Ünite – 1 ve 2 ‘ye ait (Ünite – 3 ve 4 yüklenicinin programı gereği servis harici idi.) speed droop değerleri % 4 ‘e; devrede olan ünite – 1 primer frekans modundan manuel işletme moduna, manuel işletme modunda olan ünite – 1; 342 MW sabit yük değerine, testlerin yapılabilmesi için ünite – 2; otomatik işletme moduna, ünite – 2 ‘ye ait minimum kapasite değeri yüklenici mutabakatıyla 288 MW ‘a (Dolayısıyla Santral Minimum Kapasite [MİNC] değeri $288+342=630$ MW ‘a) ünite – 2 ‘ye ait maksimum kapasite değeri yüklenici mutabakatıyla 360 MW ‘a (Dolayısıyla Santral Maksimum Kapasite [MAXC] değeri $360+342=702$ MW ‘a) ayarlandı.

Ünite – 2 ‘ye ait Sekonder Frekans Kontrolü Testlerinin yapılabilmesi için son olarak, santral, NLDC (National Load Dispatching Center) moduna alınarak MYTM ‘deki AGC programına SCADA sistemi üzerinden bağlanmıştır.

Yapılan testler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Birinci test; Ünite – 2 ‘ye ait yük alma/atma hızı % 3,3 MW/dakika (12 MW/dakika) olarak ünite primer frekans modunda değil iken,

İkinci test; Ünite – 2 ‘ye ait yük alma/atma hızı % 3,3 MW/dakika (12 MW/dakika) olarak ünite primer frekans modunda iken,

Son iki test yüklenicinin daha önceden kabul etmiş olduğu “ Afşin Elbistan – B Thermal Power Plant Test Procedure for Primary and Secondary Frequency Control Tests (Afşin Elbistan – B Termik Santrali Primer ve Sekonder Frekans Kontrolü Testleri için Test Prosedürü)” dokümanında belirtilen yük alma/atma hızı % 5 MW/dakika (18 MW/dakika) için yapılmıştır. Fakat yüklenicinin yük alma/atma hızı % 5 MW/dakika (18 MW/dakika) için sekonder yük alma ve atma rezervinin 36 MW ‘ın üzerinde olamayacağını beyan etmesi üzerine testler bu rezerv değerinde yapılmıştır.

Üçüncü test; Ünite – 2 ‘ye ait yük alma/atma hızı % 5 MW/dakika (18 MW/dakika) olarak ünite primer frekans modunda değil iken,

Dördüncü test; Ünite – 2 ‘ye ait yük alma/atma hızı % 5 MW/dakika (18 MW/dakika) olarak ünite primer frekans modunda iken yapılmıştır.

Yapılan testlerdeki ayarlar, gözlemler ve grafikler santralın dijital işletme sistemi olan DCS sistemi vasıtasıyla sağlanmıştır.

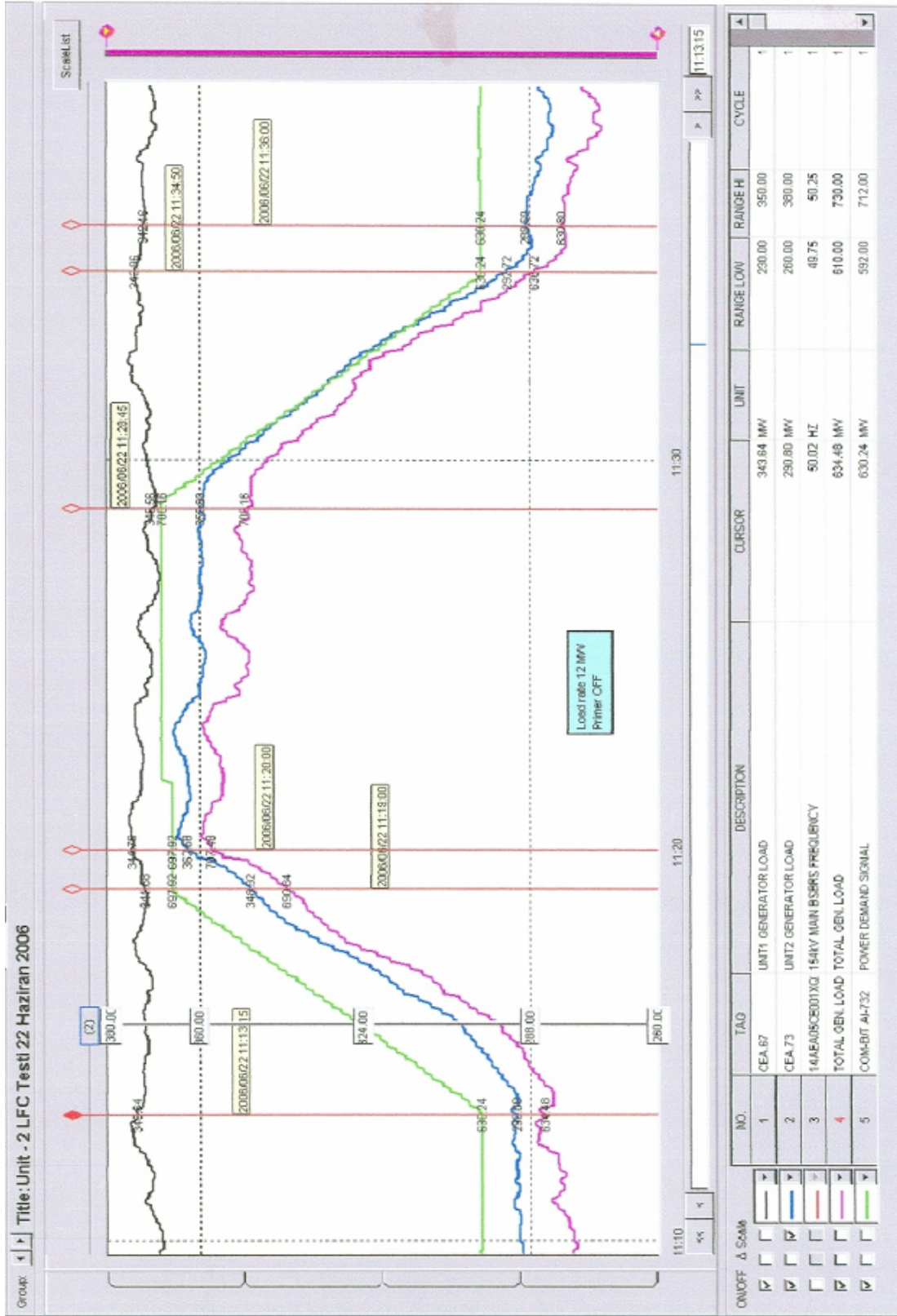
Testler esnasında;

Ünitenin yük alma ve yük atma talimatlarına tepki verirken; belirli bir değere kadar nispeten hızlı bir şekilde ulaştığı fakat talimatın geriye kalan önemli bir yük değeri için ise yavaş bir şekilde tepki verdiği tespit edilmiştir.

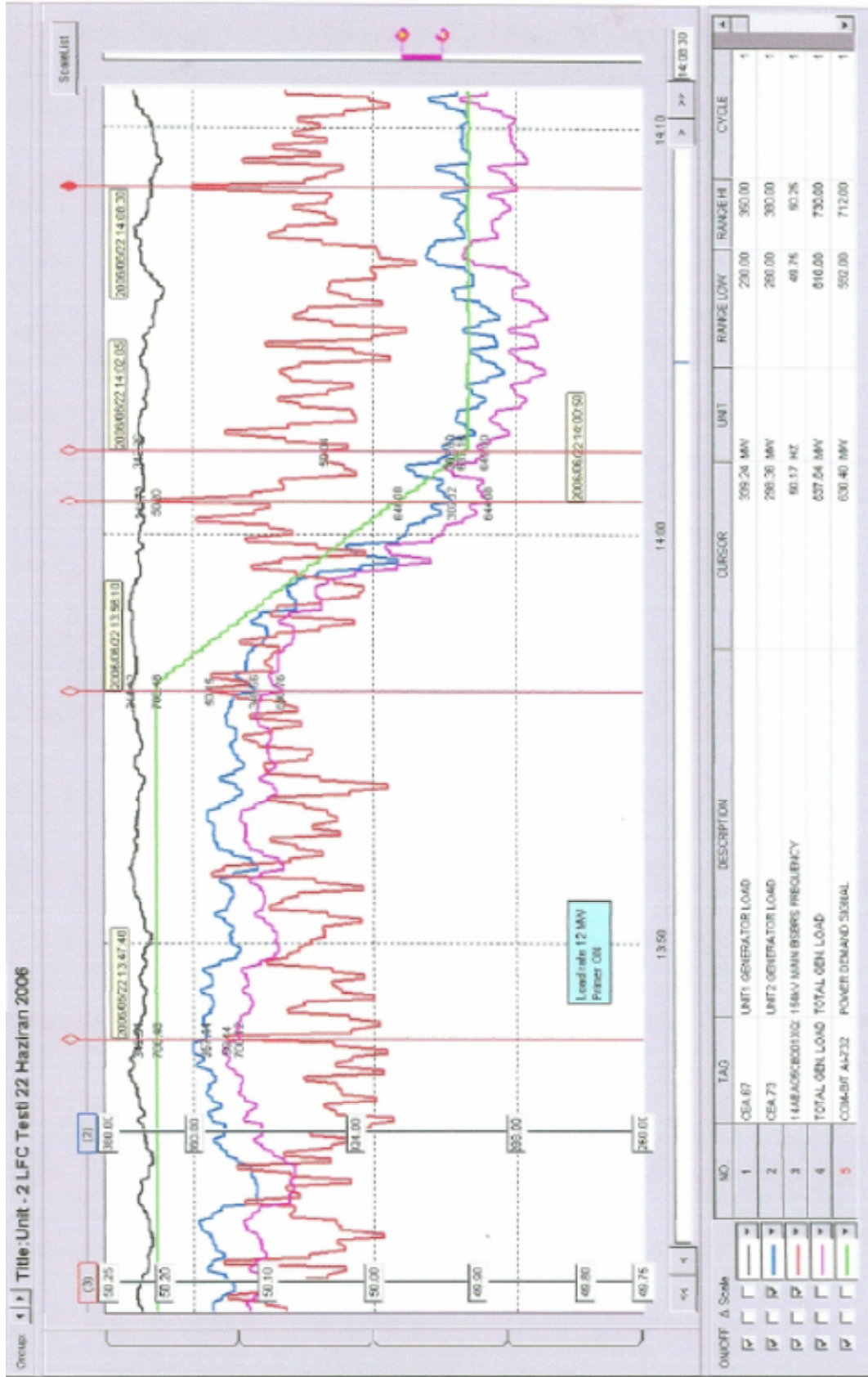
Ünite primer frekans kontrol modunda iken; ünitenin sekonder frekans kontrol rezervini belirlemek amacıyla kullanılan üniteye ait maksimum ve minimum kapasite (upper ve lower limit) değerlerinin primer rezervi sınırladığı tespit edilmiştir.

LFC Control Error Alarm (LCER) sinyali yüklenici tarafından simulasyon yolu ile test edilmiş ve sinyal doğru olarak MYTM ‘de doğru olarak görülmüştür. Fakat bu sinyalin fonksiyonel olarak testi, santralın kontrol sisteminde nasıl tanımladığı hakkında yükleniciden net bir bilgi alınmadığı için yapılamamıştır. Sinyalin kontrol sisteminde doğru olarak tanımlanıp tanımlanmadığı tespit edilememiştir.

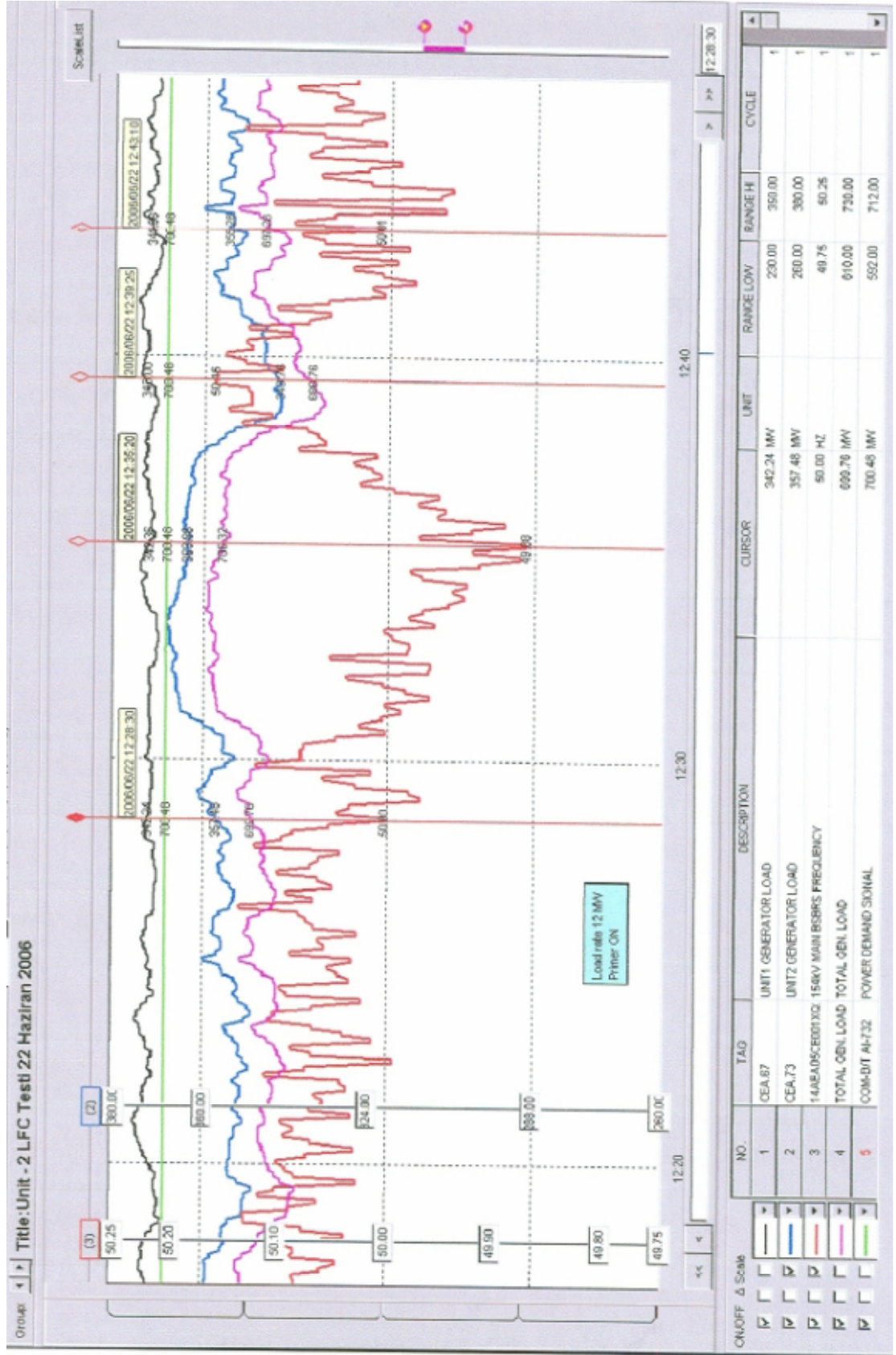
LFC Interface Microprocessor Status (LMIC) sinyali yüklenici tarafından simulasyon yolu ile test edilmiştir.



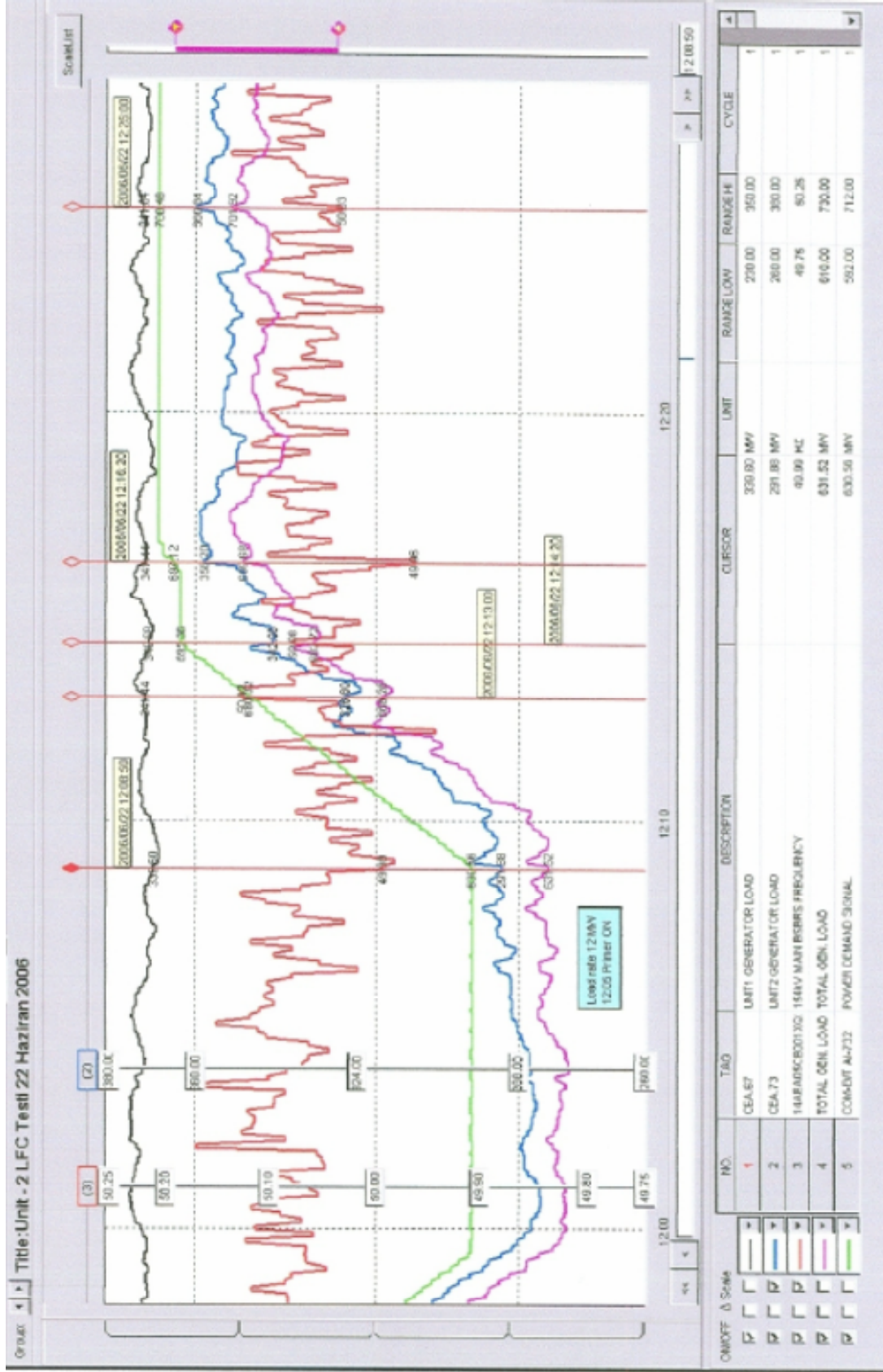
Şekil.3.31.Primer frekans kontrolü devre dışı iken ünite yük alma hızı 12 MW/dk iken ünitenin gelen yük talep sinyaline tepkisi



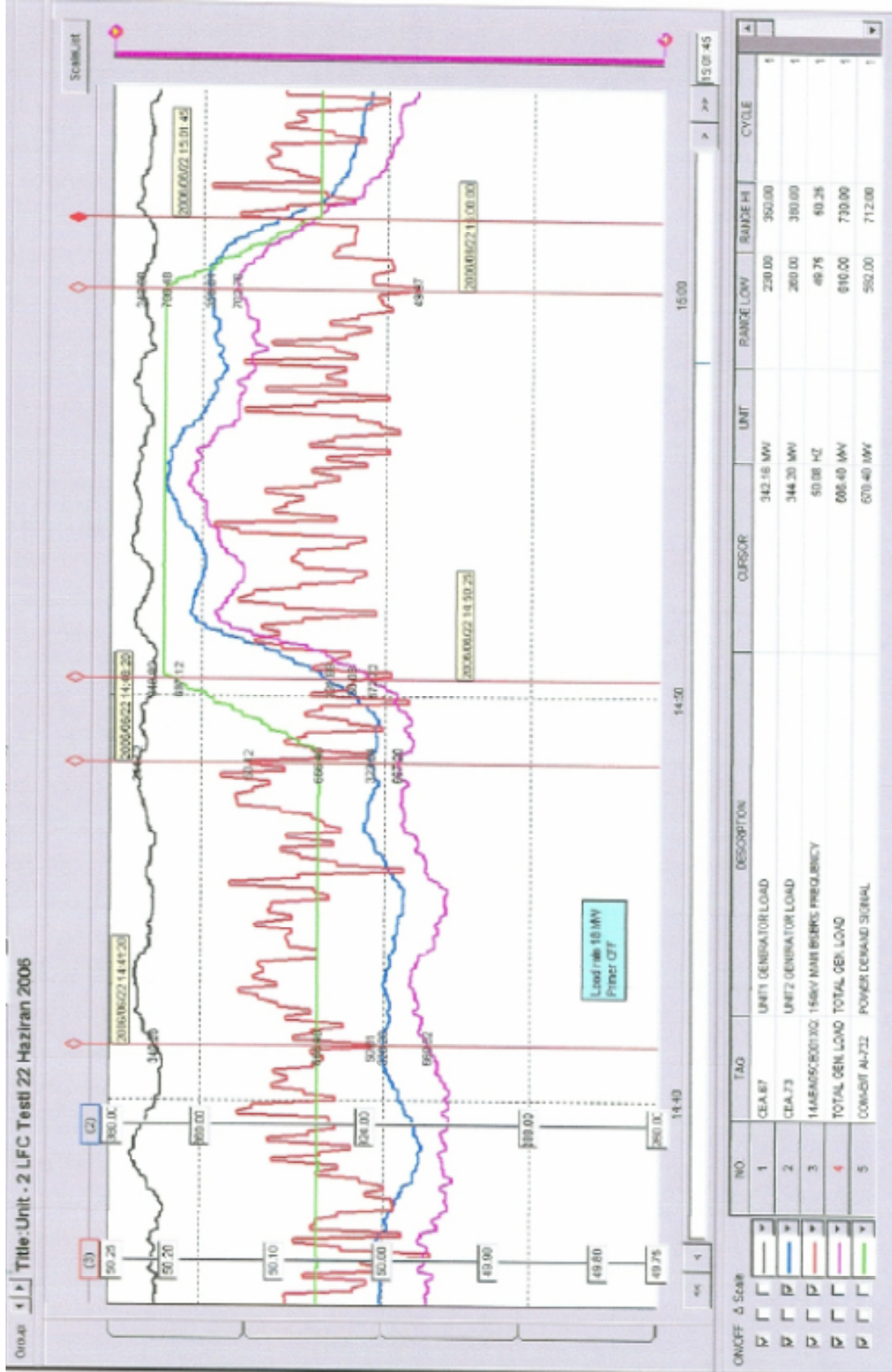
Şekil.3.32. Primer frekans kontrolü aktif iken, ünite yük atma hızı 12 MW/dk ayarlandığında ünitenin gelen yük talep sinyaline tepkisi



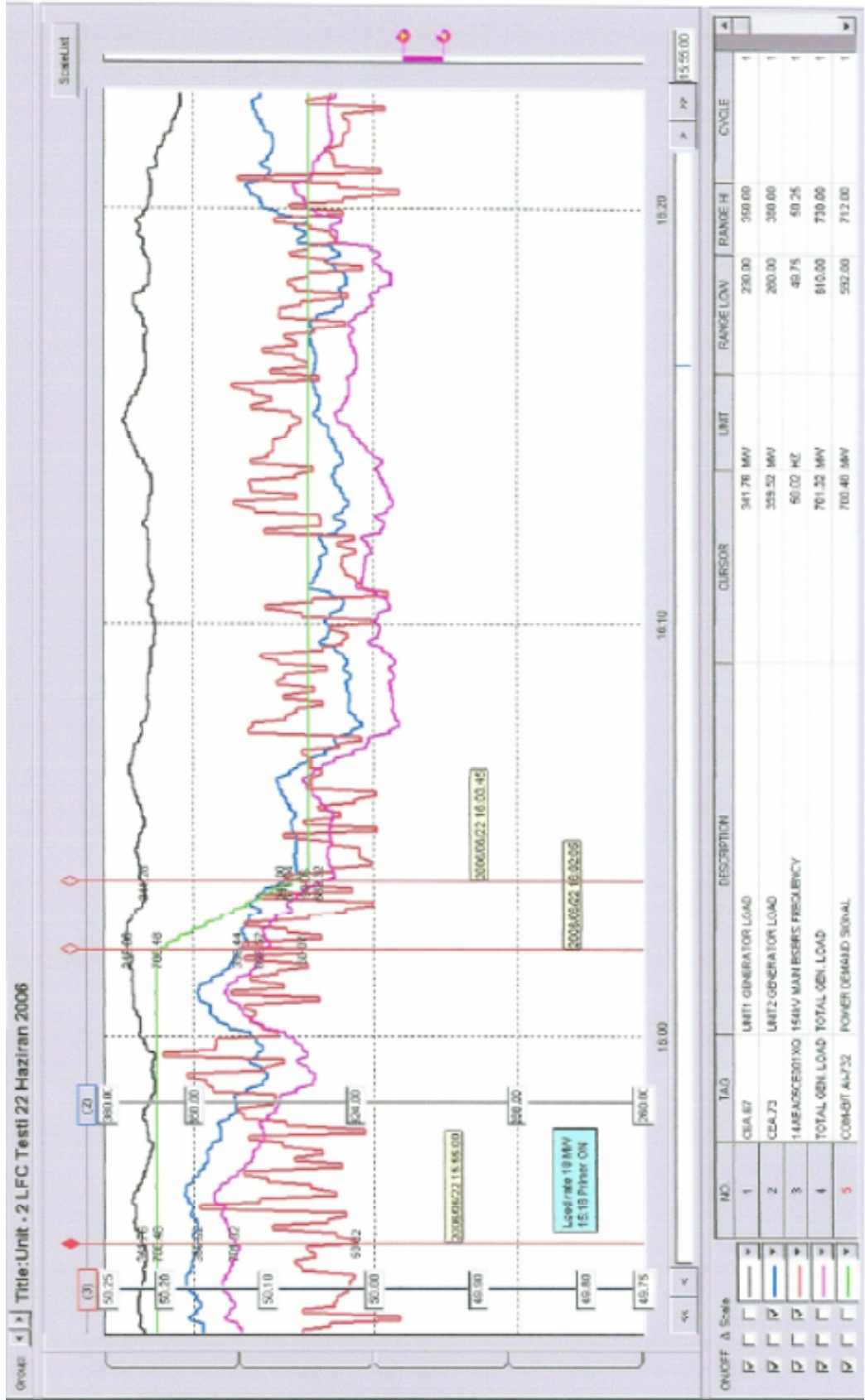
Şekil.3.33. Primer frekans kontrolü aktif iken, ünite yük alma hızı 12 MW/dk ayarlandığında ünitenin gelen yük talep sinyaline tepkisi



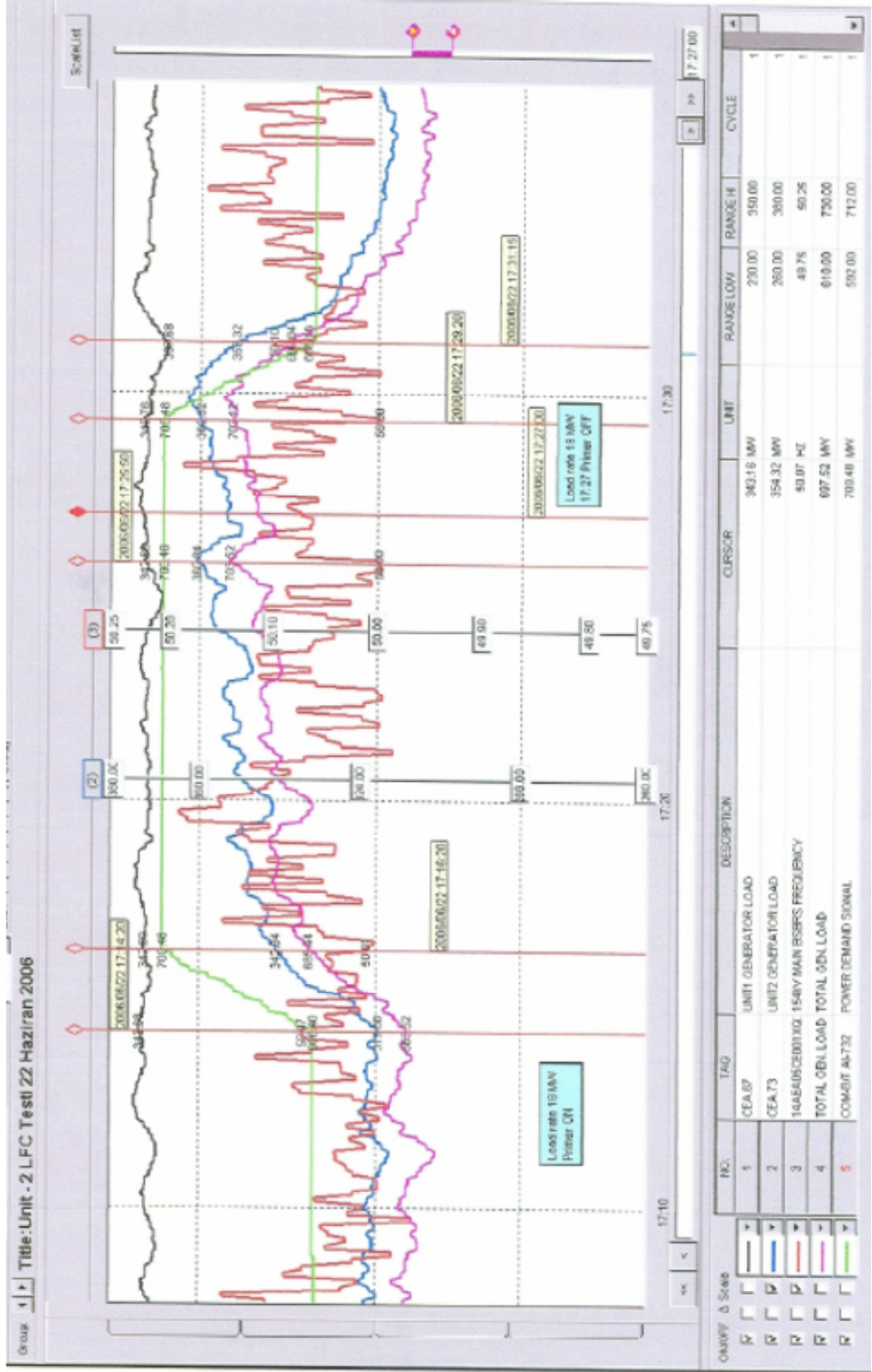
Şekil.3.34. Primer frekans kontrolü aktif iken, ünite yük alma hızı 12 MW/dk ayarlandığında ünitenin gelen yük talep sinyaline tepkisi



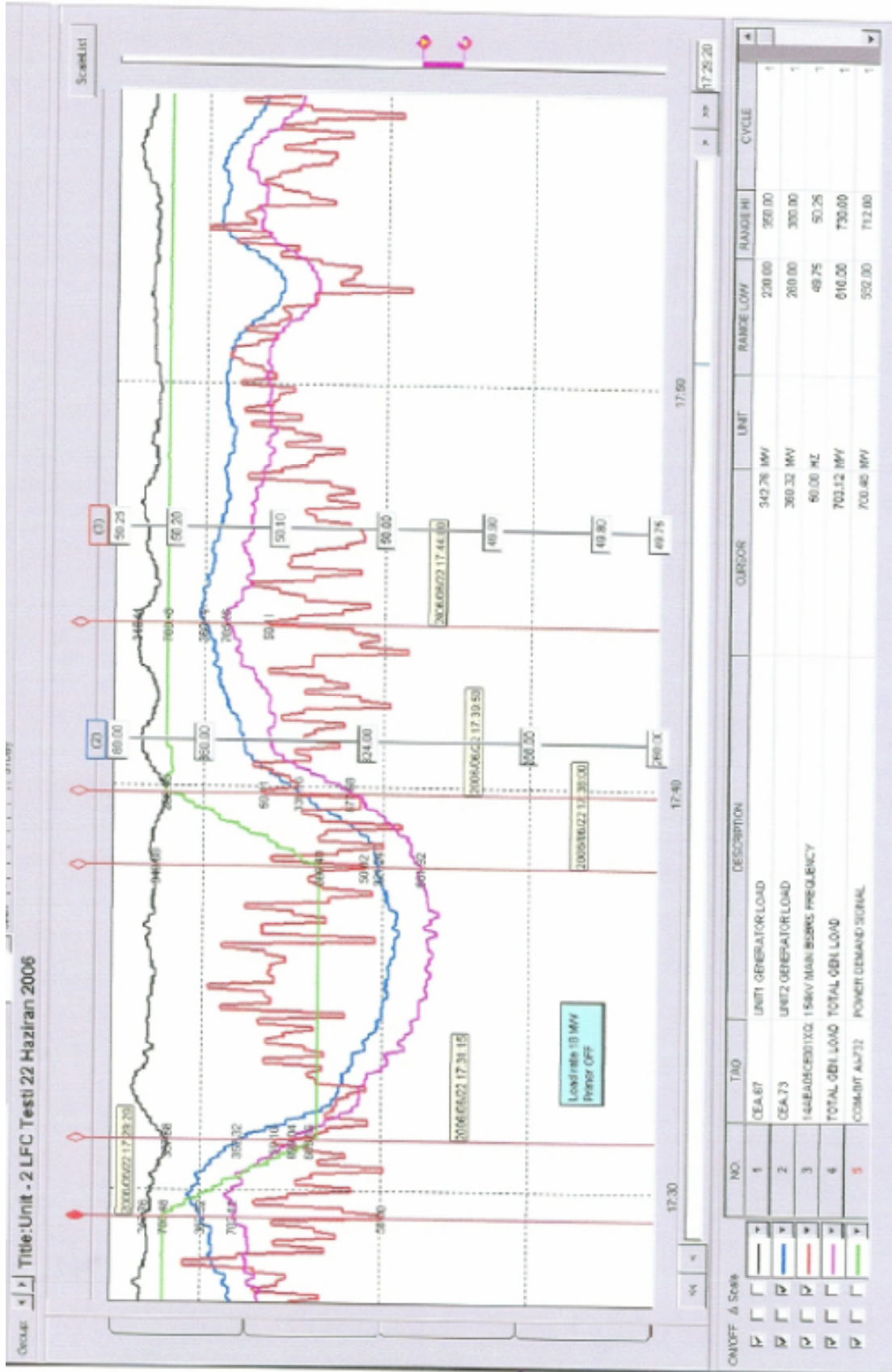
Şekil.3.35.Primer frekans kontrolü devre dışı iken, ünite yük alma hızı 18 MW/dk ayarlandığında ünitenin gelen yük talep sinyaline tepkisi



Şekil.3.36.Primer frekans kontrolü aktif iken, ünite yük atma hızı 18 MW/dk ayarlandığında ünitenin gelen yük talep sinyaline tepkisi



Şekil.3.37.Primer frekans kontrolü devre dışı iken, ünite yük alma hızı 18 MW/dk ayarlandığında ünitenin gelen yük talep sinyaline tepkisi



Şekil.3.38.Primer frekans kontrolü devre dışı iken, ünite yük alma /atma hızı 18 MW/dk ayarlandığında ünitenin gelen yük talep sinyaline tepkisi

4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye, elektrik üretiminin % 43 ünü EÜAŞ' ait olan santrallerden sağlamaktadır. Bununda ortalama % 50 sini termik santraller oluşturmaktadır.Bu santrallerin bir çoğu 25-30 yıllık kullanım ömrüne ulaşmış ve teknolojileride bir okadar eski kalmıştır.Türkiye elektrik şebekesinin en büyük kalite problemlerinden biri frekansın istenen değerler arasında kalmamasıdır. Bunun en büyük nedeni santrallerin stabil üretim yapamamalarıdır.Üretimde meydana gelebilecek en ufak bir yük dalgalanması sistemde istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. Bundan 10 sene öncesine kadar sistem frekansını büyük hidroelektrik santralleri (Atatürk, Keban, Karakaya vb.) tutmaktaydı. Kurulum maliyeti düşük olan doğalgaz santrallerinin yapılması , yeni kömür rezervlerinin tesbit edilmesiyle beraber bu yakıtların yeni nesil kömür santralleri ile harcanması politikası sistem frekansına katı yakıtlı santrallerinin de dahil olmasına neden olmuştur. Bu yeni nesil santrallerin kontrol sistemleri sistem frekansını sürekli takip ederek santralin primer-sekonder rezerv kapasitelerini aktif ederek frekans değişimi oranında santralin yükünün değişmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Kömür santrallerinin en büyük problemi stabil kömür kalorisinin mevcut olmamasıdır. Kömür kalorisinin değişmesi ile santralden beklenen ölçüde yük alınıp atılmayabilir. .Bu sorunun önüne geçebilmek için kömür stok sahalarının düzenli bir şekilde kalorifik olarak istiflenip ortalama bi kömür kalorisini elde edilmekle olabilir.

Teknolojisi eski kalmış olan termik santraller nisbi ölçülerde revize edilerek az da olsa sistem frekansına katkı sağlamalıdır. Bu revizyon işlemi büyük maliyet içerdiği için kademeli olarak santraller yenilenebilmektedir.Dolayısıyla Avrupa enterkonnekte şebekesine bağlantı frekans kriterleri sağlanamadığı için şuan gerçekleşmemiştir.Sistemdeki tüm santrallerin frekans denetimine geçmesiyle beraber UCTE frekans kriterleri sağlanacak ve Yunanistan-Bulgaristan üzerinden

Avrupa enterkonneksiyonuna bağlanılacaktır. Bu Türkiye' nin geleceği açısından çok büyük bir önem arz etmektedir. Türkiyenin şuan ki ortalama Puant yük değeri 28.000 MW/saat dolaylarındadır. Avrupa enterkonnekte şebekesine bağlanmasıyla beraber yaklaşık puantı 300 GW/saat olan bir havuza dahil olunacaktır. Buda müşteriler için kesintisiz kaliteli ucuz enerji anlamına gelmektedir.

Türkiye olarak UCTE kriterlerini baz alıp bu kriterlerin sağlanması için her türlü fedakarlık gösterilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] KUNDUR, P., "Power System Stability and Control", **Mc Graw Hill-IEEE**, 68-94, (1994).
- [2] ANDERSON, P.M., "Power System Control and Stability", **IEEE Revised Edition**, 42-55, (1993).
- [3] PADIYAR, K.R., "Power System Dynamics, Stability and Control", **Wiley and Sons**, 143-169, (1996).
- [4] DEMİRÖREN, A., ZEYNELGİL, L., "Elektrik Enerji Sistemlerinin Kararlılığı, Kontrolü ve Çalışması", **Birsen Yayınevi**, 178-194, (2004).
- [5] BAŞEŞME, H., "Hidroelektrik Santraller ve Hidroelektrik Santral Tesisleri", **EÜAŞ Yayınları**, 23-49, (2003).
- [6] TEİAŞ, "UCTE İşletme El kitabı", **TEİAŞ Yayınları**, 65-68, (2004-2005) .
- [7] TEİAŞ, "Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenirliği ve Kalitesi Yönetmeliği", **25632 sayılı Resmi Gazete**, (2006).
- [8] STOJKOVIC, B., "An Original Approach For Load-Frequency Control, The Winning Solution In The Second UCTE Synchronous Zone", **UCTE Yayınları**, 4-6, (2003)
- [9] TRIPATHY, S.C., BHARDWAJ, V. "Automatic Generation Control Of A Small Hydro-Turbine Driven Generator", **IEEE**, 4-8, (1995).
- [10] DEMİRÖREN, A., ZEYNELGİL, L., " GA Application To Optimization Of AGC In Three-Area Power System After Deregulation", **ScienceDirect**, 2-7, (2006)
- [11] O.Yılmaz, "Participation of Combined Cycle Power Plants To Power System Frequency Control: Modeling and Application", Yüksek Lisans Tezi, **Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 15-145, (2006).
- [12] Energy Market Regulatory Authority of Turkey, <http://www.epdk.org.tr/mevzuat/yonetmelik/elektrik/sebeke/sebeke.pdf>, Ocak, (2008).
- [13] "Complementary Studies for the Synchronization of the Turkish Power System with the UCTE Power System", **UCTE Yayınları** , 23-78, (2007).

[14] CEBECİ, M. E. , ‘‘The Effects Of Hydro Power Plants Governor Settings On The Turkish Power System Frequency’’, Yüksek Lisans Tezi, **Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 22-163, (2008).







[15] KISHOR, N., SINGH, S.P., RAGHUVANSHI, A.S.,’’Dynamic Simulations Of Hydro Turbine And Its State Estimation Based LQ Control’’. **IEEE**, 2-6, (2005).

[16] OYSAL, Y., YILMAZ, S., KÖKLÜKAYA,E., ’’Elektrik Güç Sistemlerinde Dinamik Bulanık Ağ Tabanlı Bir Yük Frekans Denetleyici Tasarımı’’, **ScienceDirect**, 33-68, (2004)

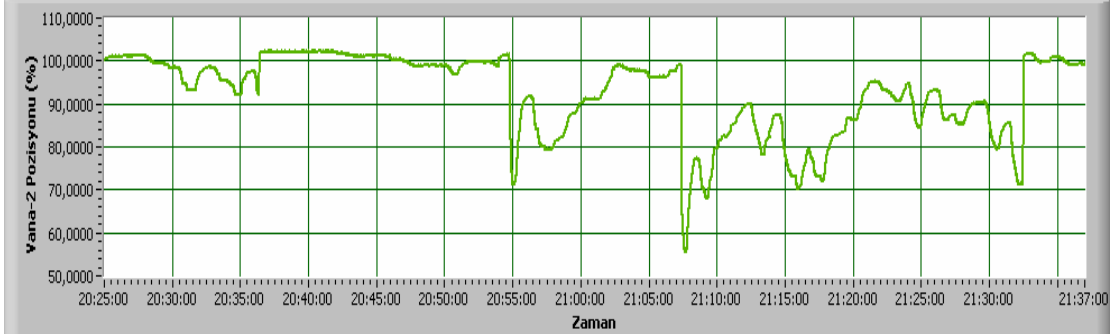
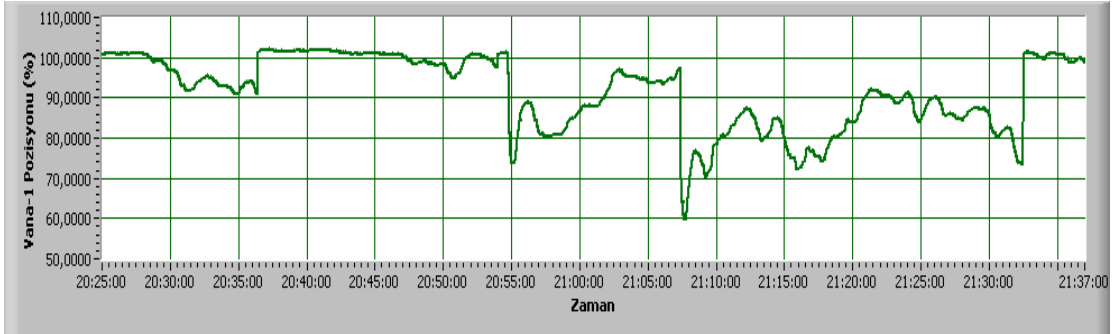
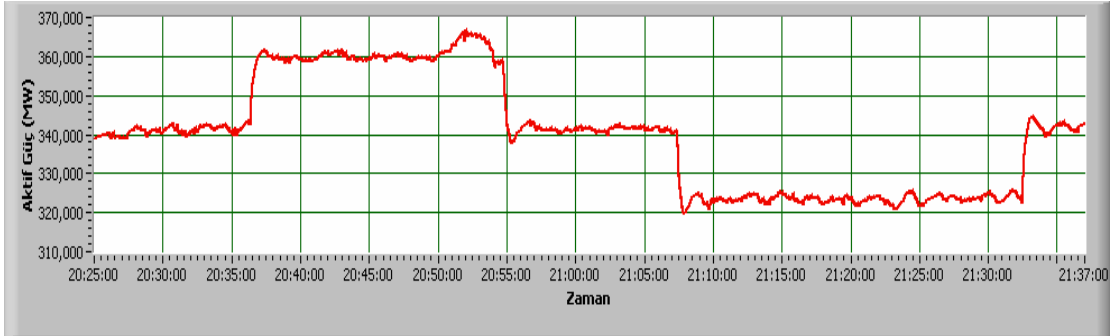
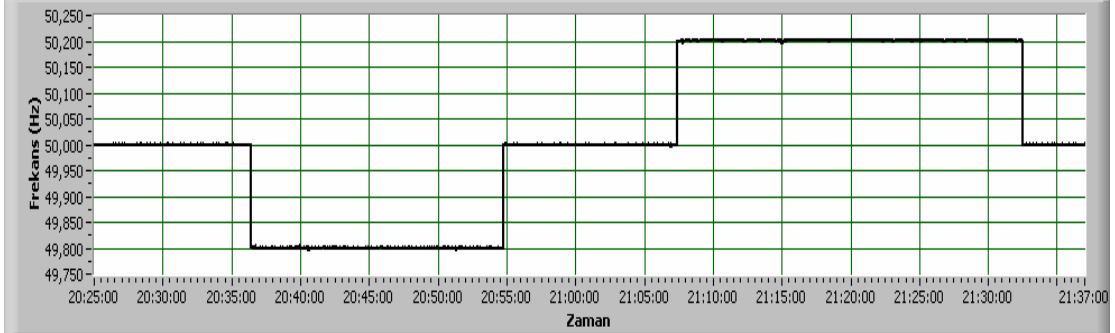
EKLER

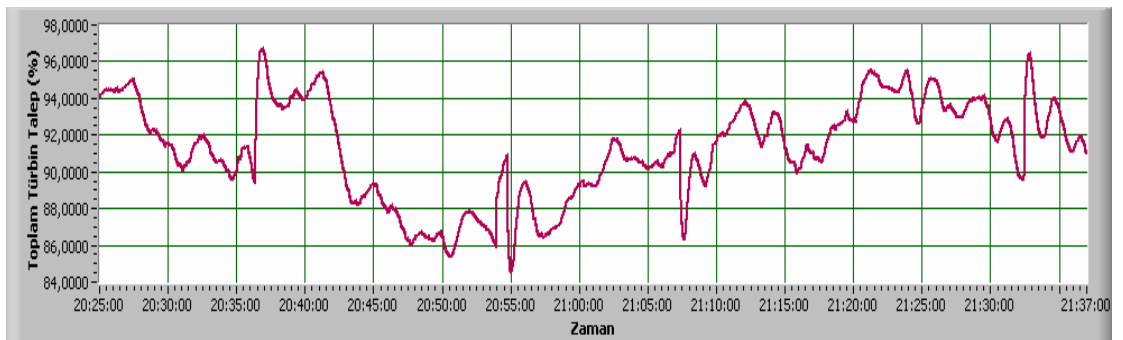
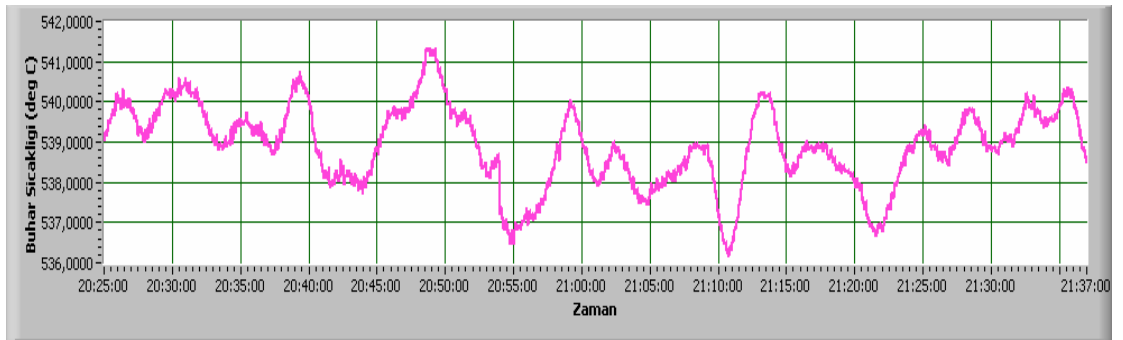
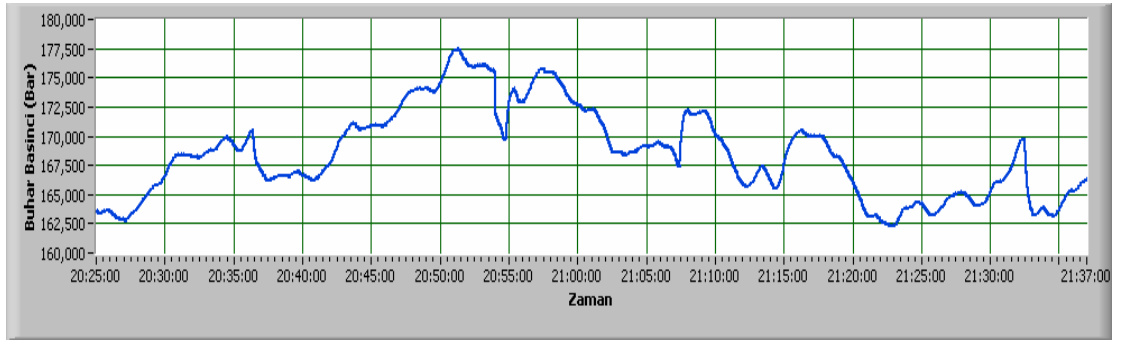
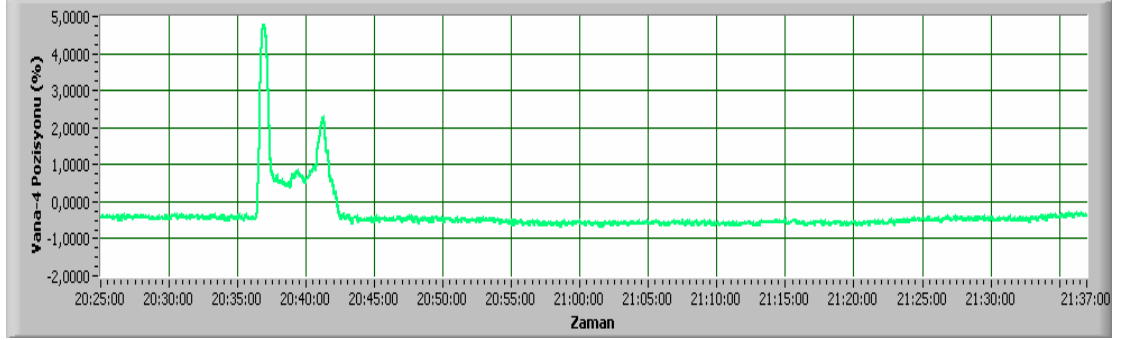
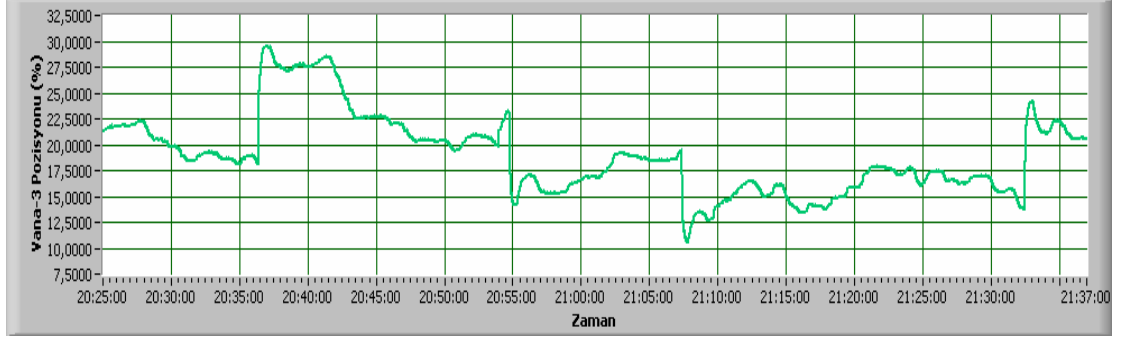
EK-A: Afşin-Elbistan B termik santrali ünite-1 primer frekans kontrolü performans testleri

GRAFİK SEMBOLLERİ

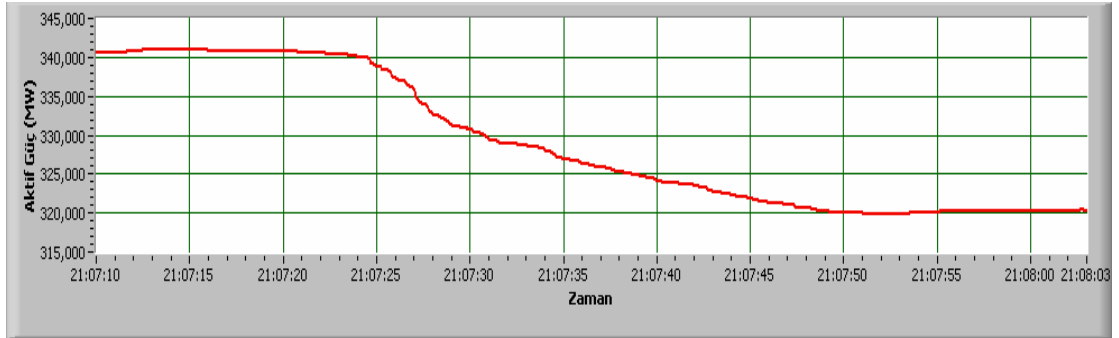
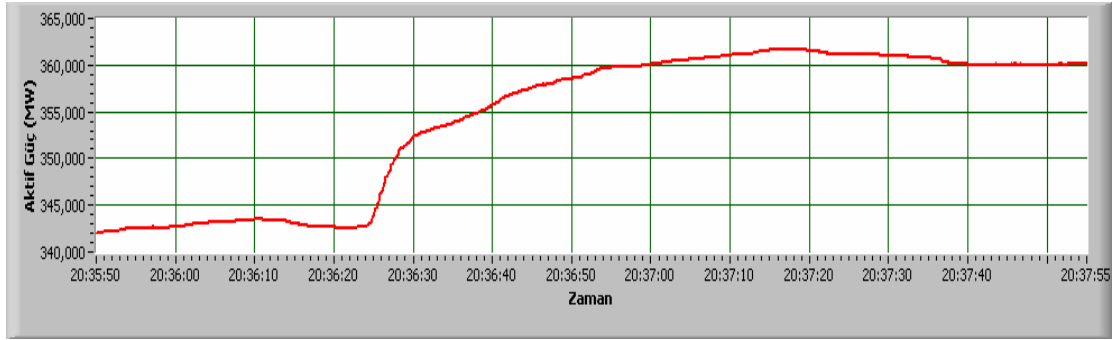
	1 : Output_Channel_6	: Frekans (Hz)
	2 : Output_Channel_7	: Aktif Güç (MW)
	3 : Output_Channel_8	: Regulator Vana-1 Pozisyonu (%)
	4 : Output_Channel_9	: Regulator Vana-2 Pozisyonu (%)
	5 : Output_Channel_10	: Regulator Vana-3 Pozisyonu (%)
	6 : Output_Channel_11	: Regulator Vana-4 Pozisyonu (%)
	7 : Output_Channel_12	: Buhar Basinci (bar)
	8 : Output_Channel_13	: Buhar Sicakligi (°C)
	9 : Output_Channel_14	: Toplam Ialep (%)

EK-A.1 : Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi ($p_{set} = 342 \text{ mw}$)

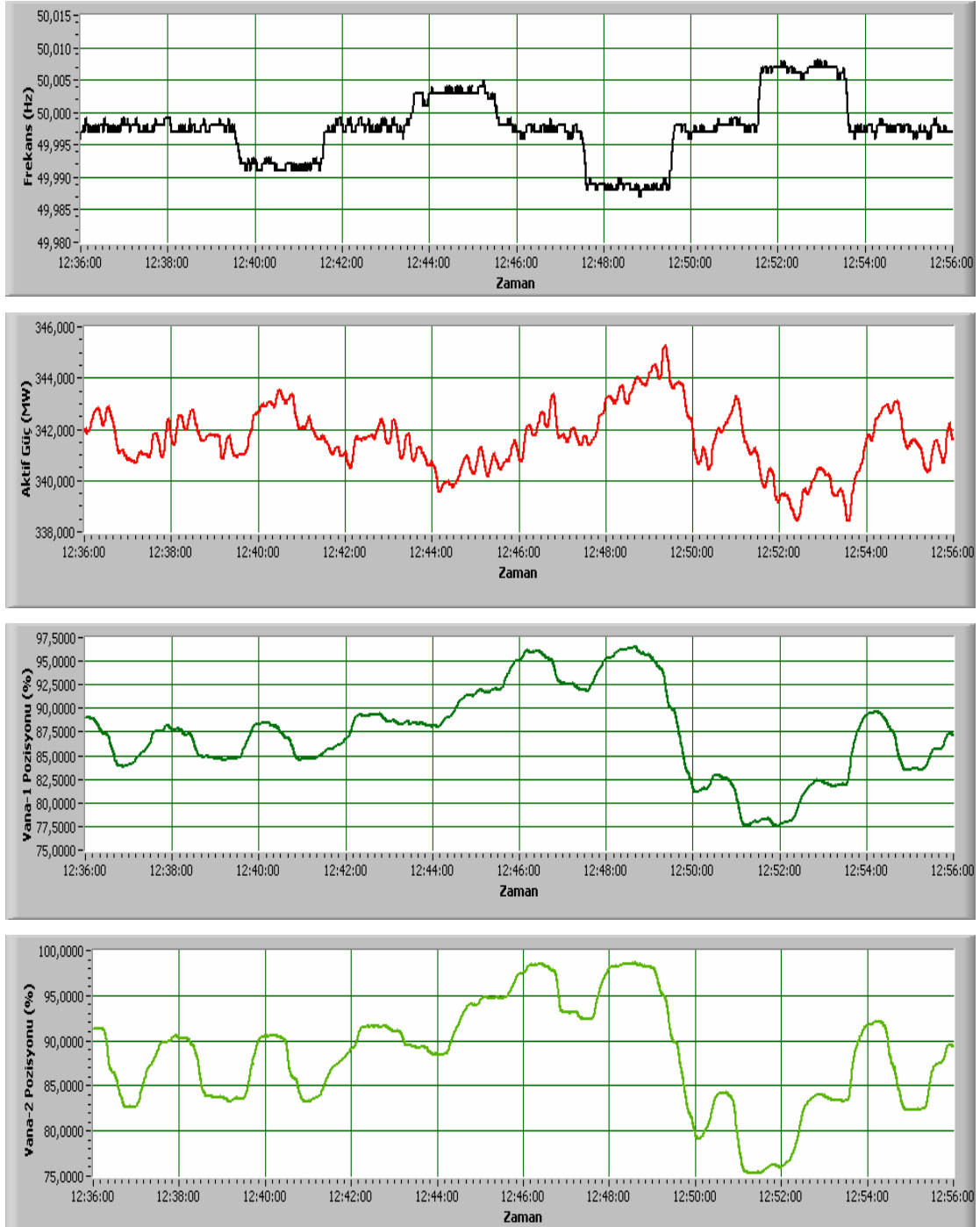


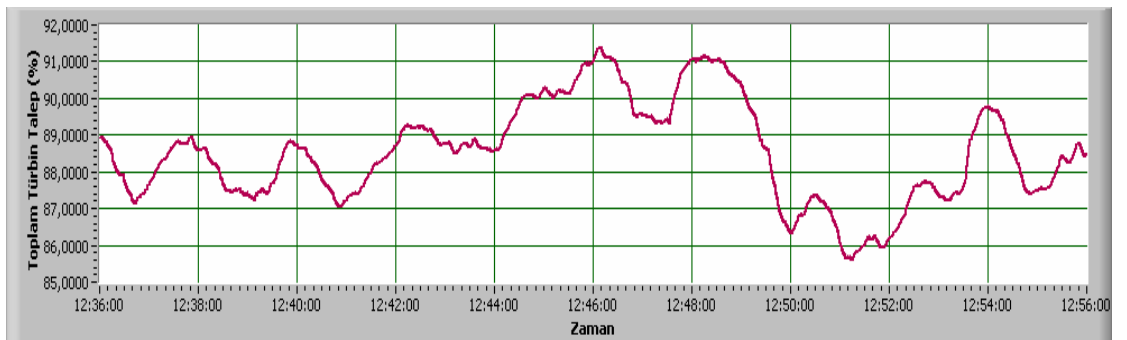
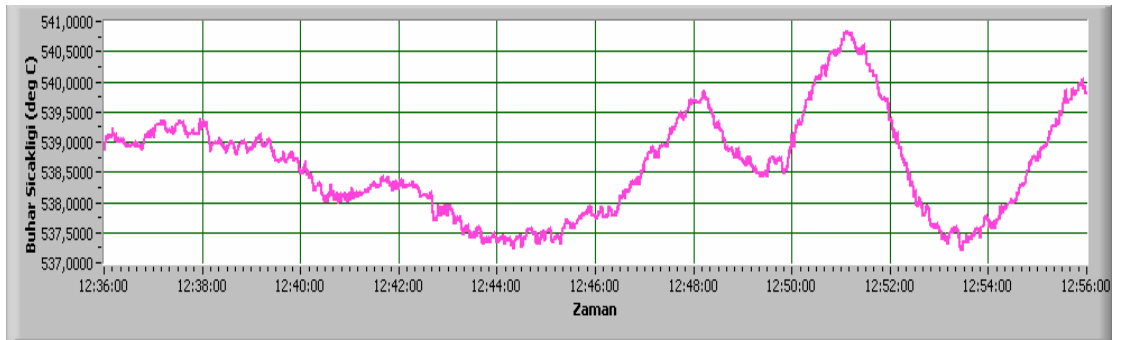
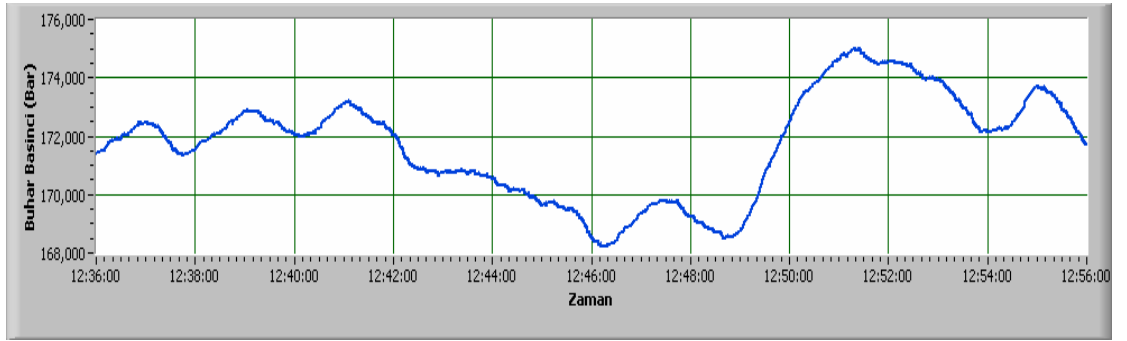
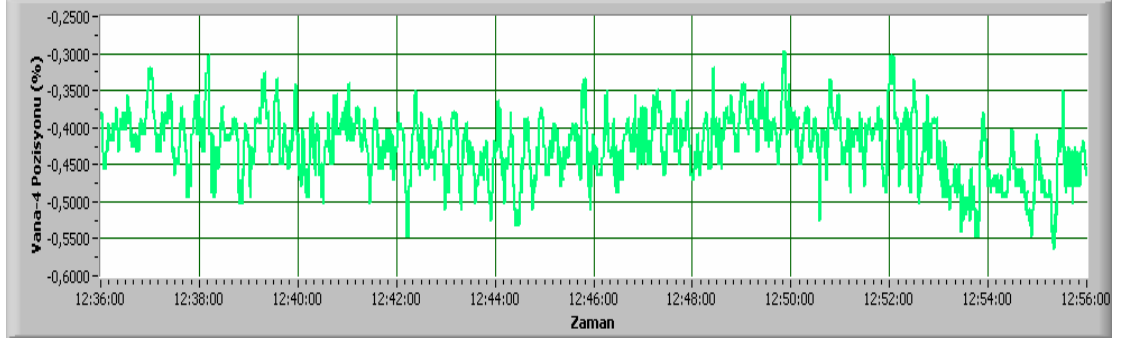
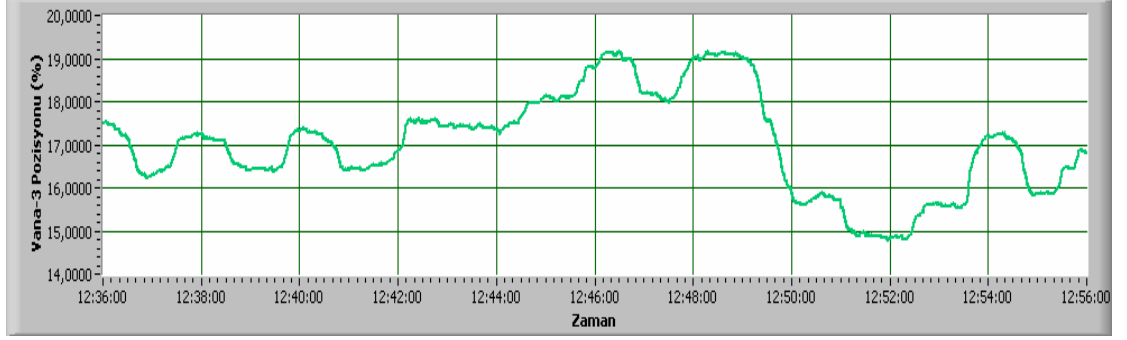


EK-A.2 : Maksimum çıkış gücü seviyesi için tepki süreleri testi ($P_{set} = 342$ MW)

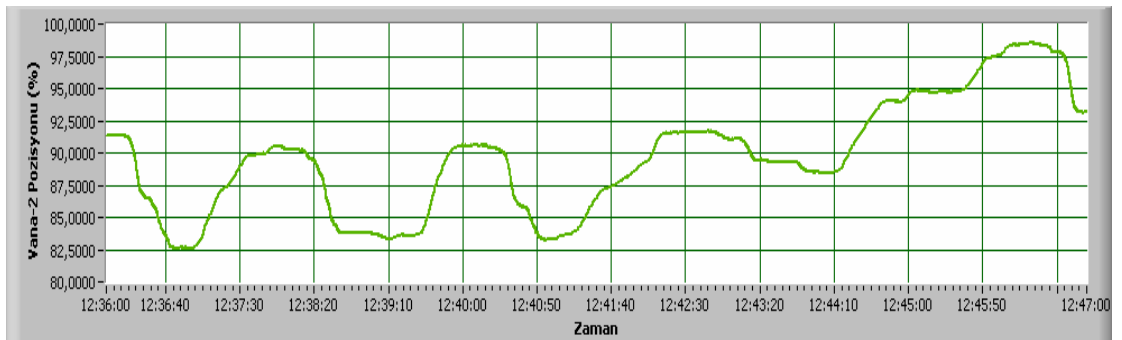
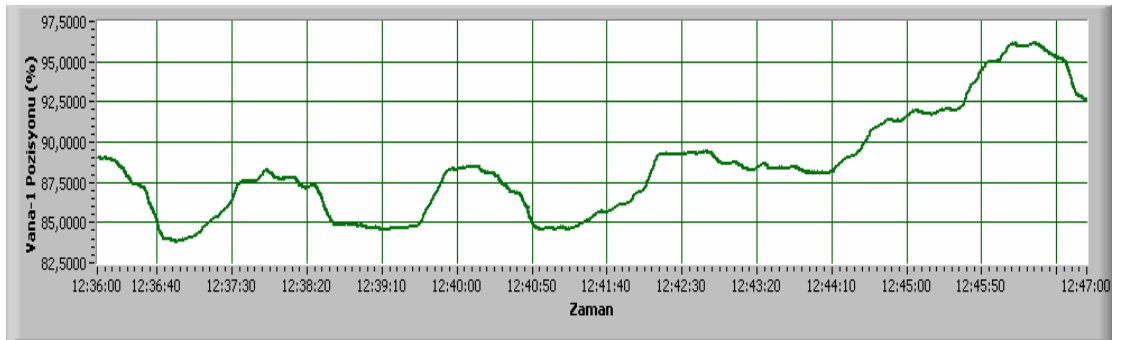
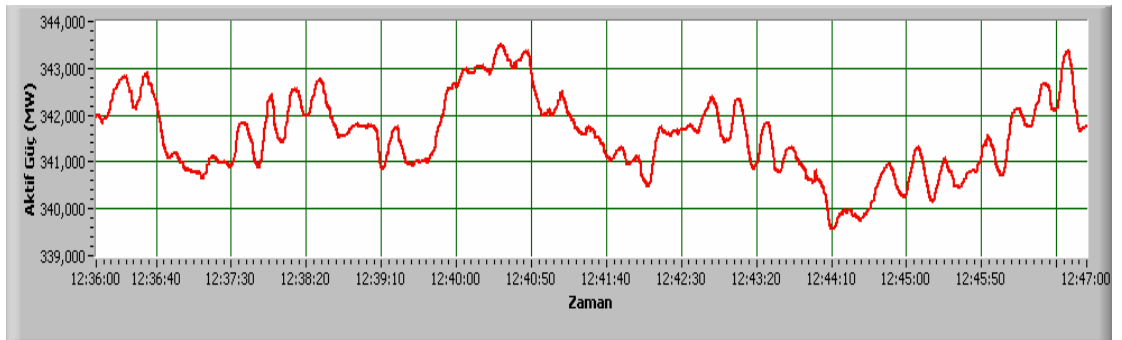
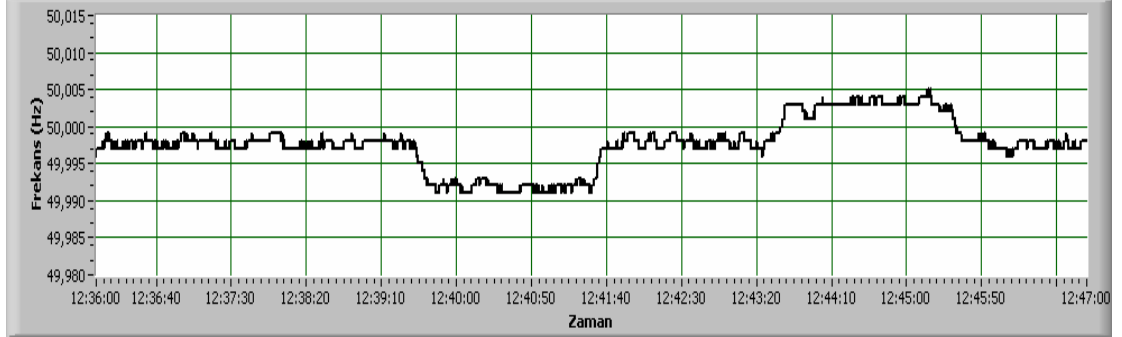


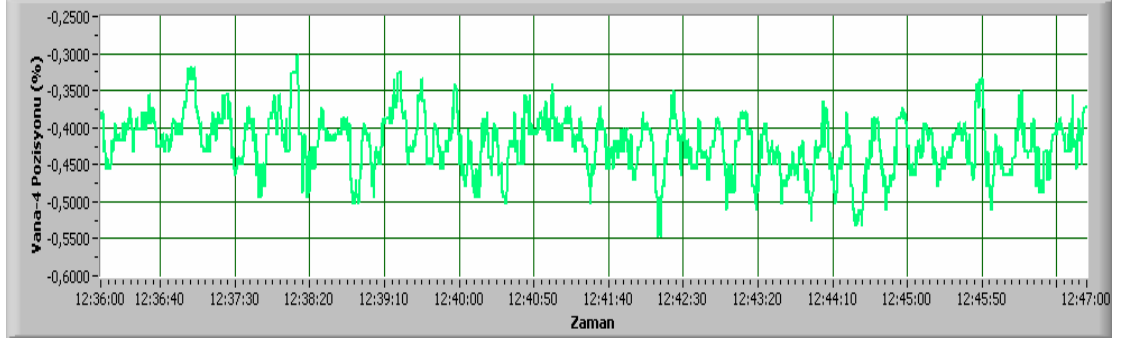
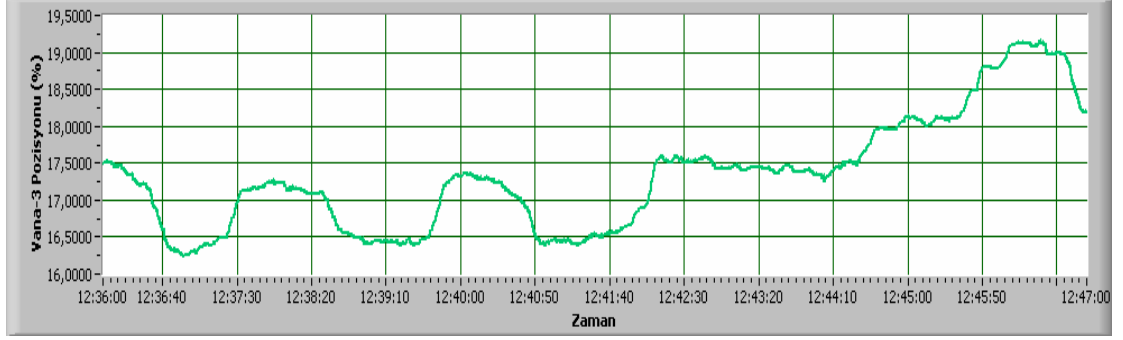
EK-A.3 : Maksimum çıkış gücü seviyesi hassasiyet testi ($P_{set} = 342 \text{ MW}$)



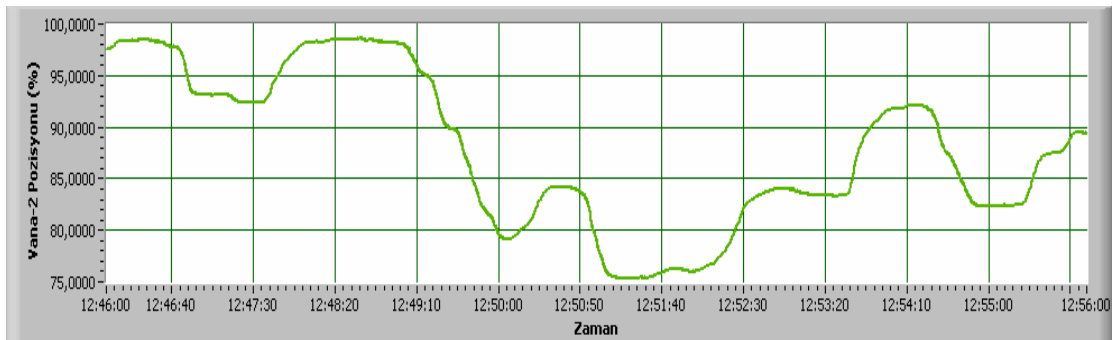
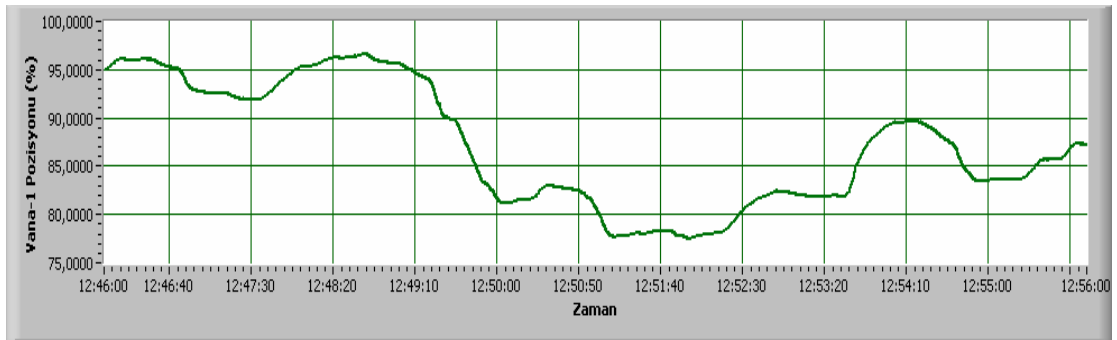
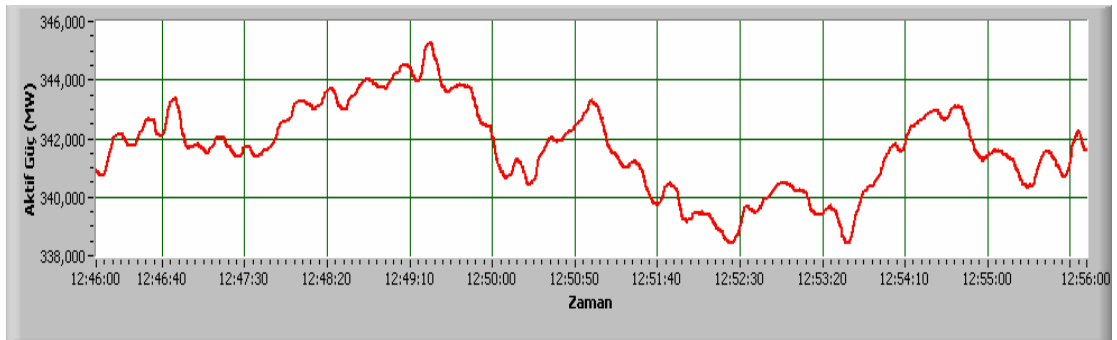
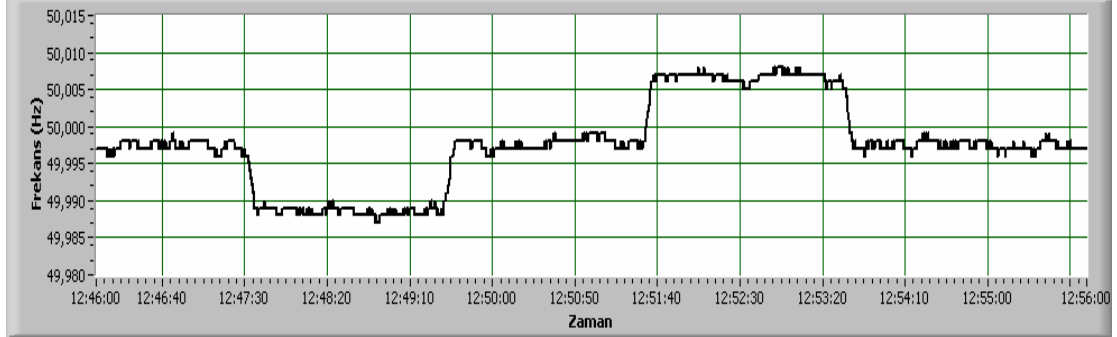


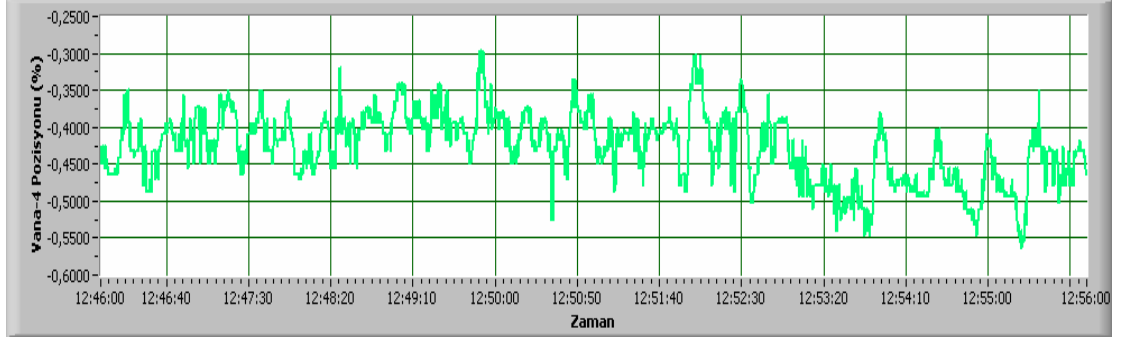
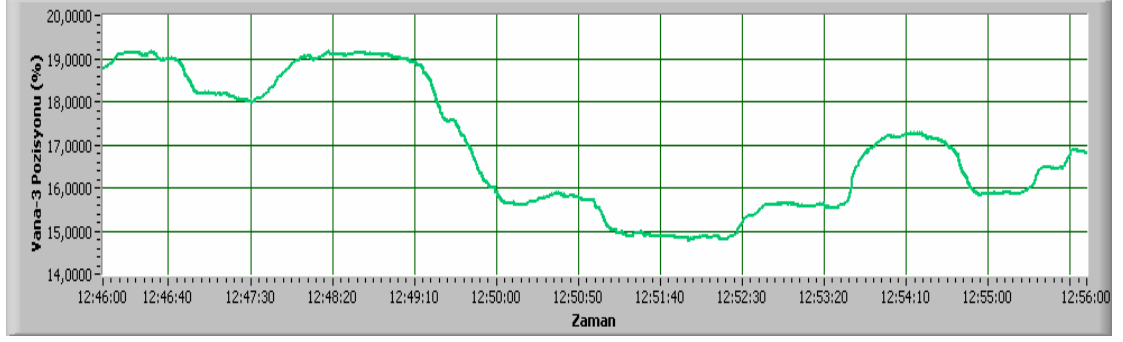
EK-A.4 : Maksimum çıkış gücü seviyesi ± 5 mHz hassasiyet testi ($P_{set} = 342$ MW)



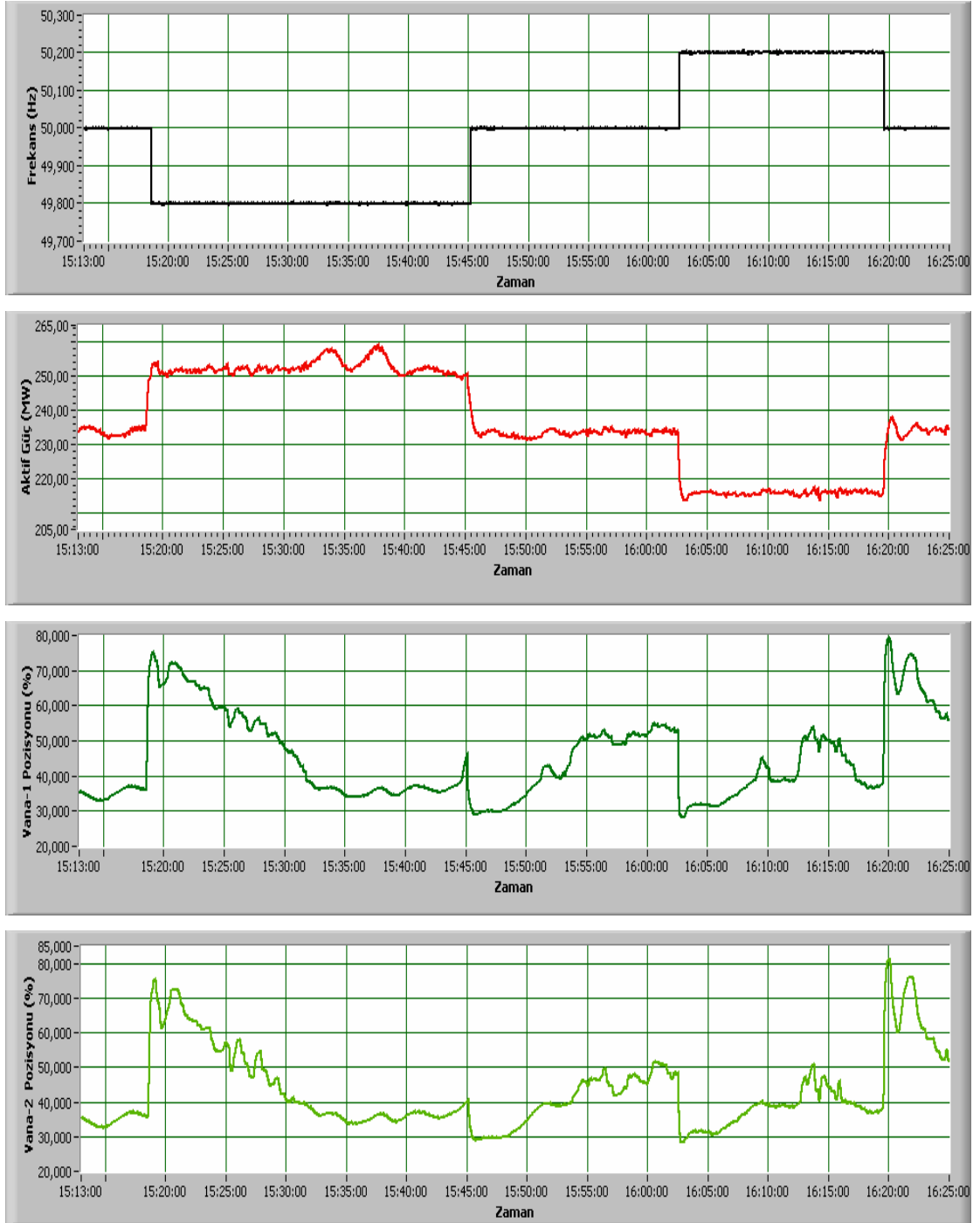


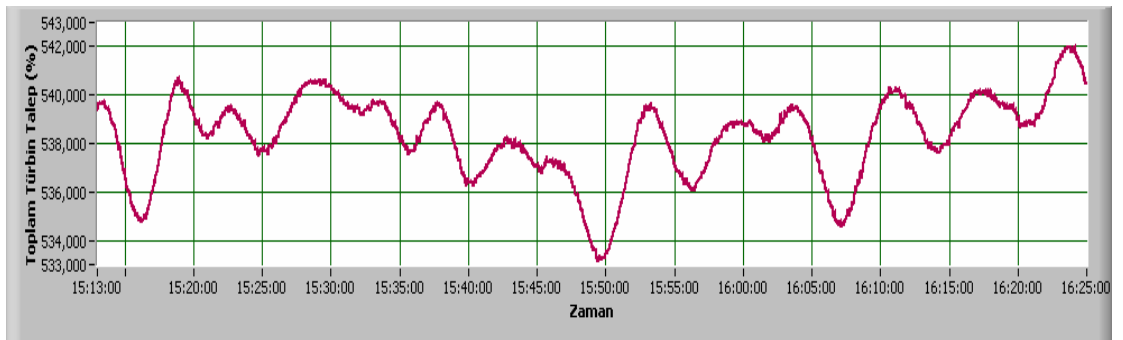
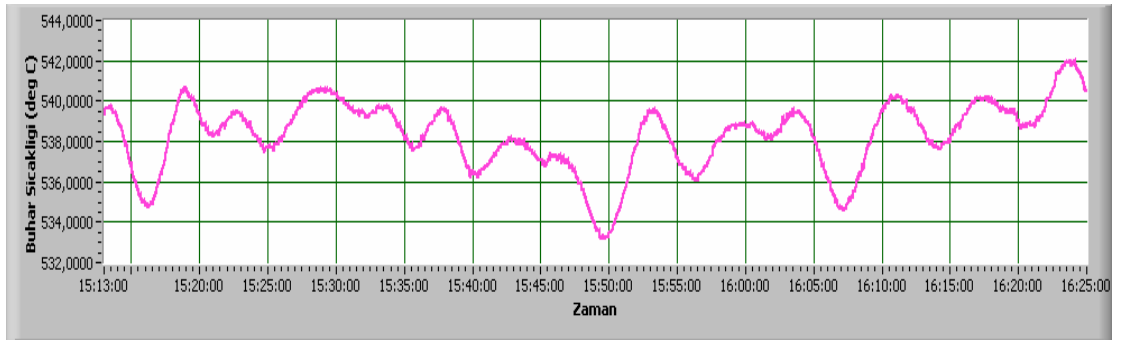
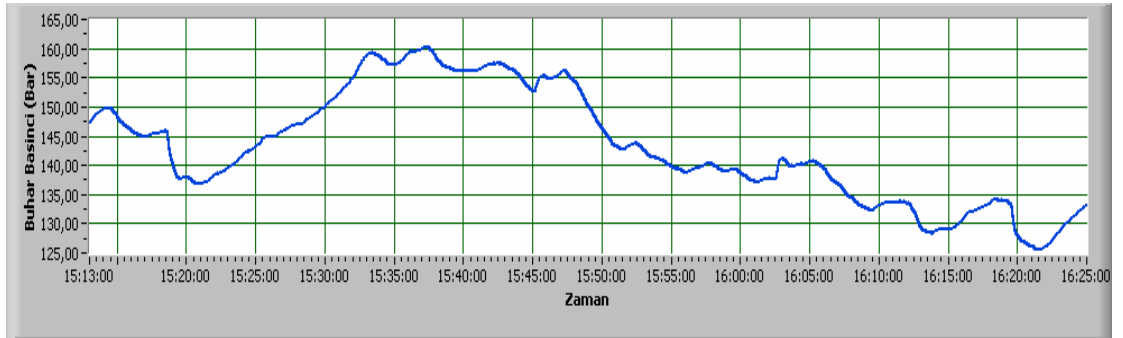
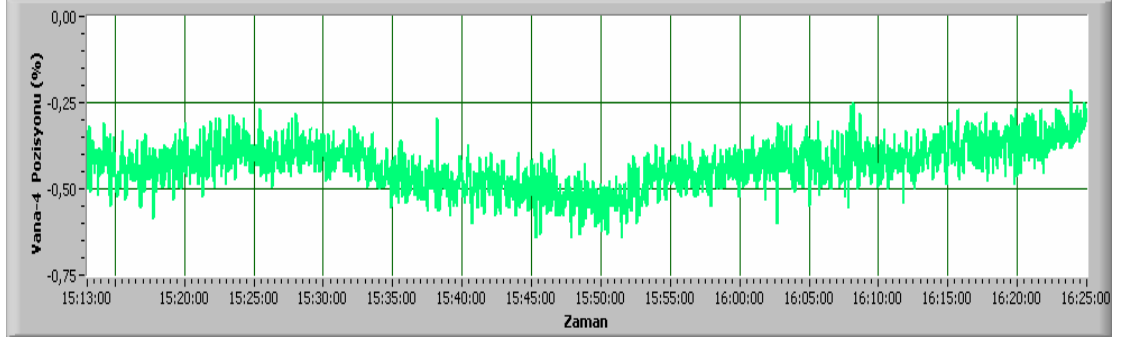
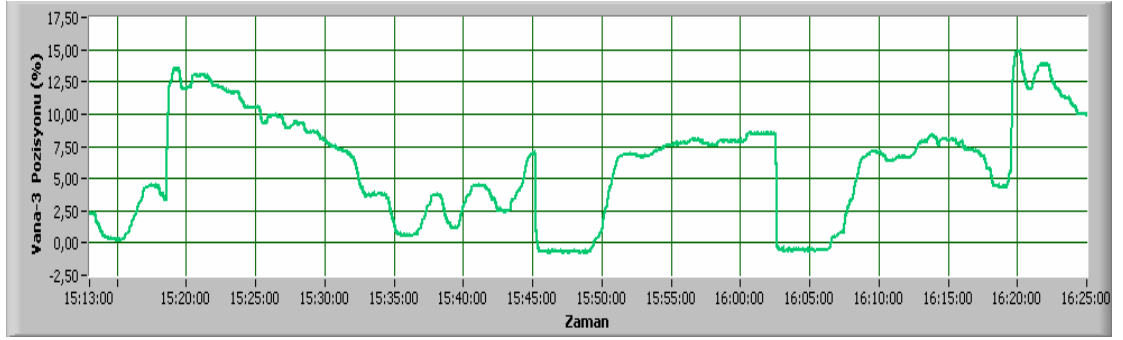
EK-A.5 :Maksimum çıkış gücü seviyesi ± 10 mHz hassasiyet testi ($P_{set} = 342$ MW)



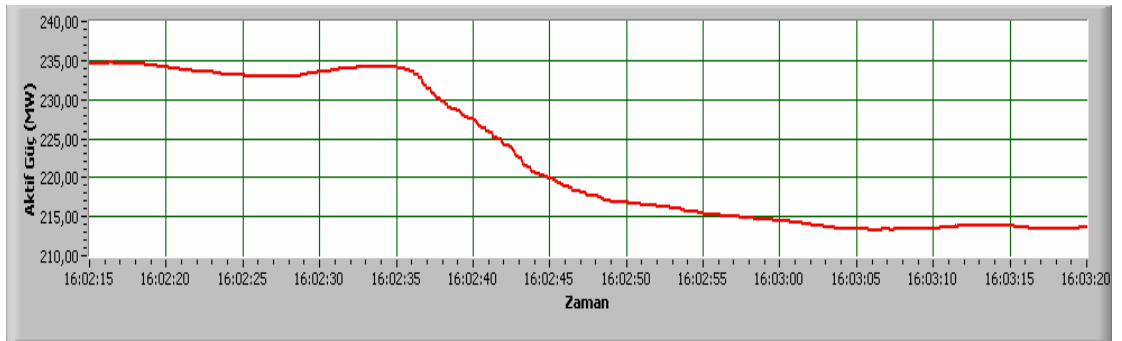
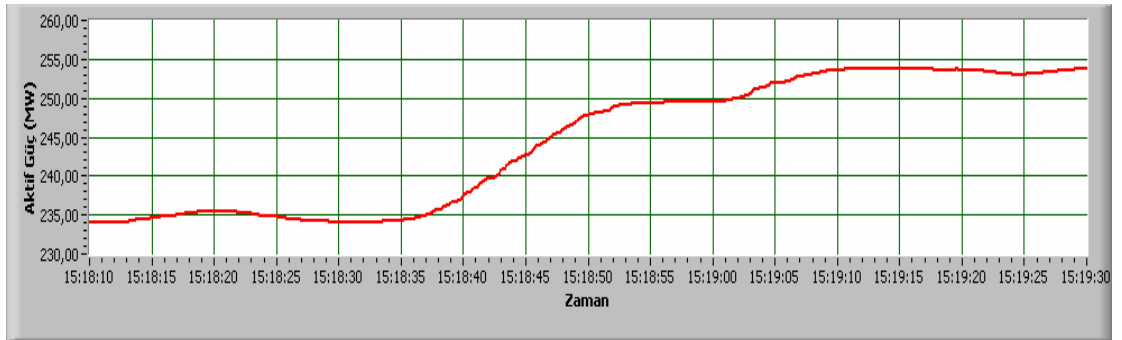


EK-A.6 : Minimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi ($P_{set} = 234$ MW)

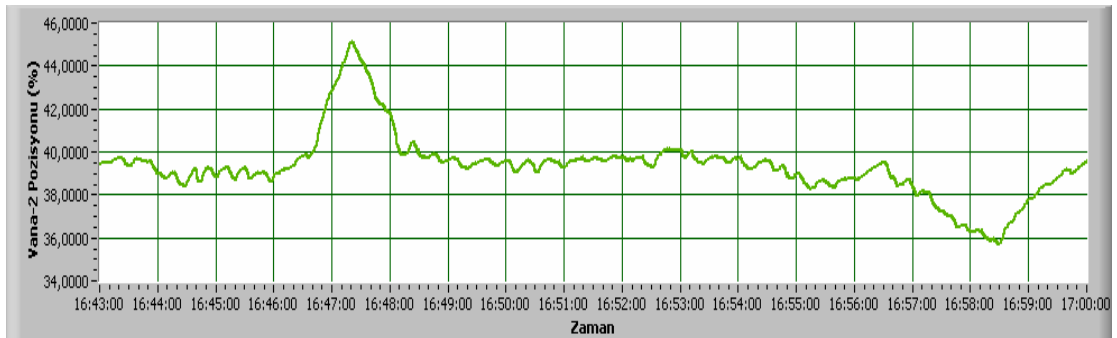
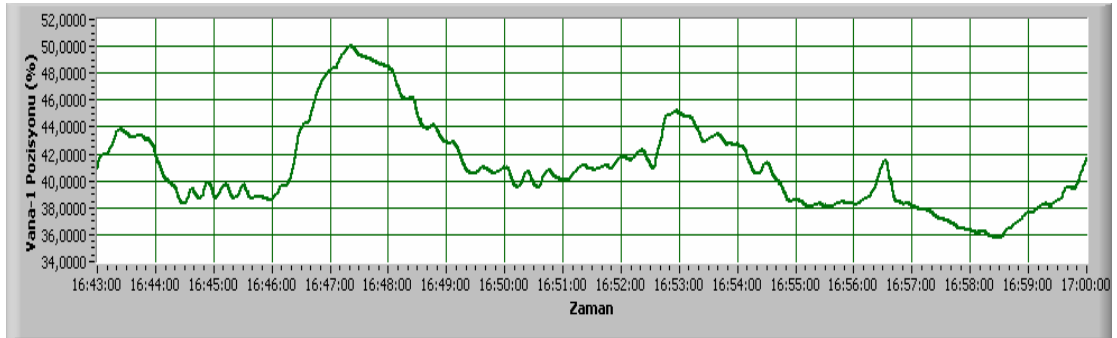
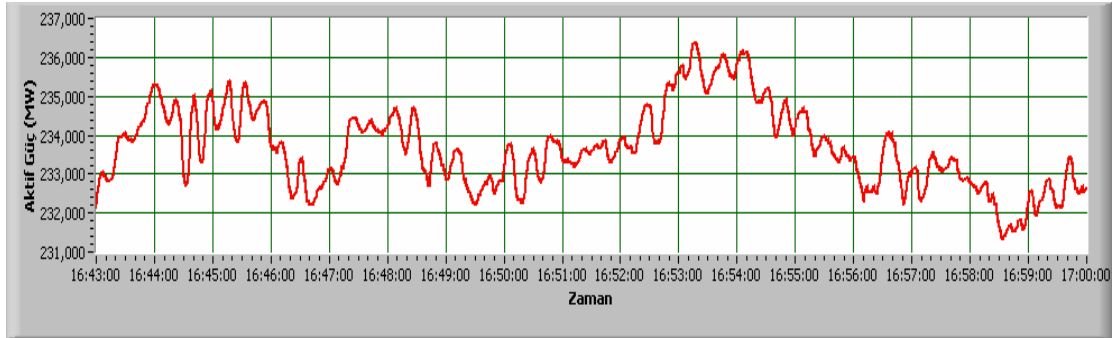
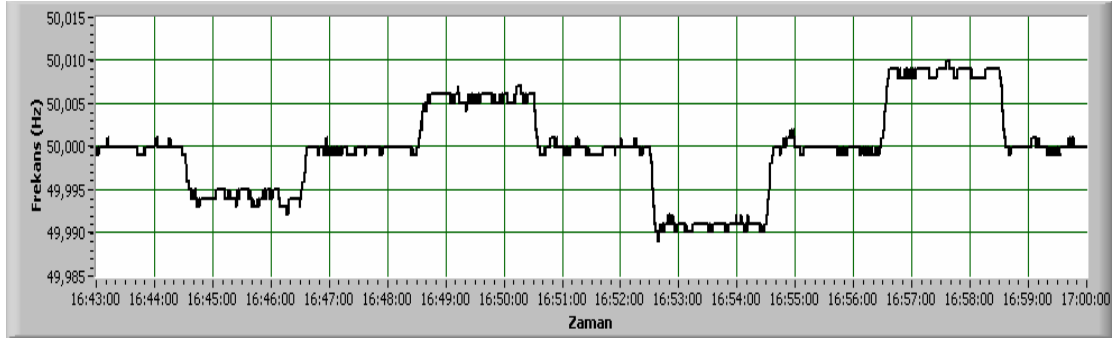


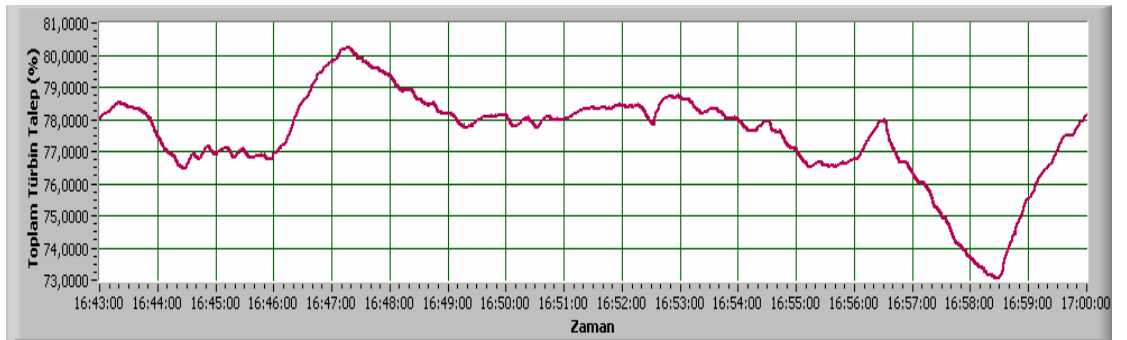
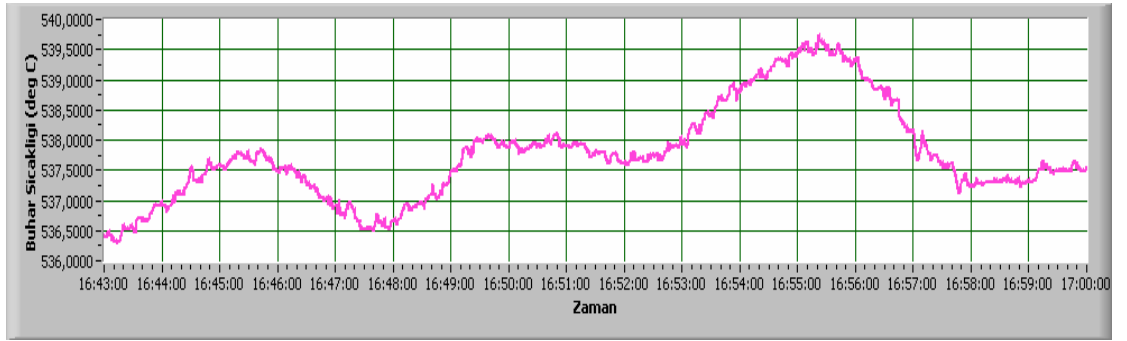
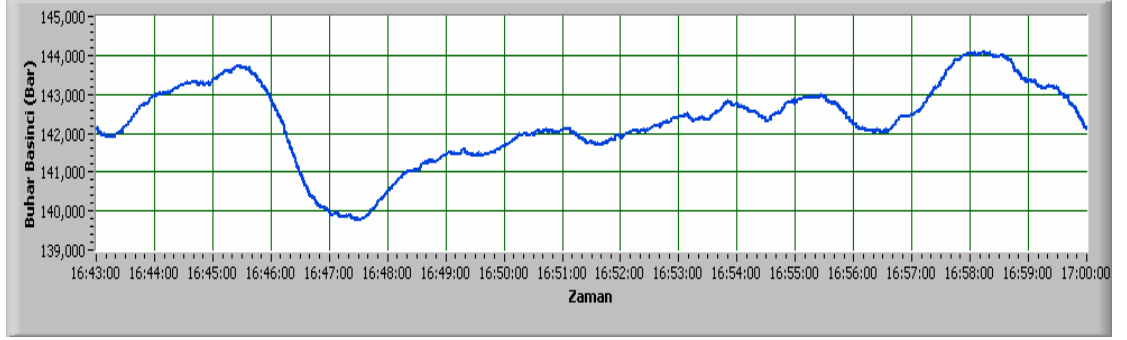
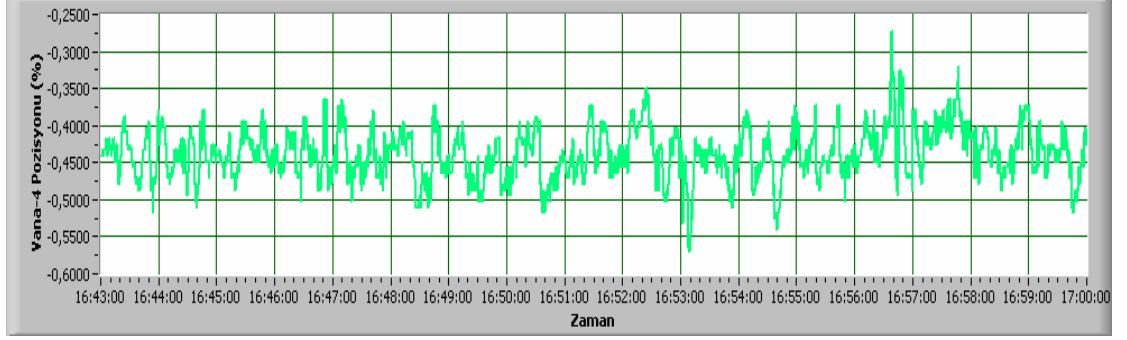
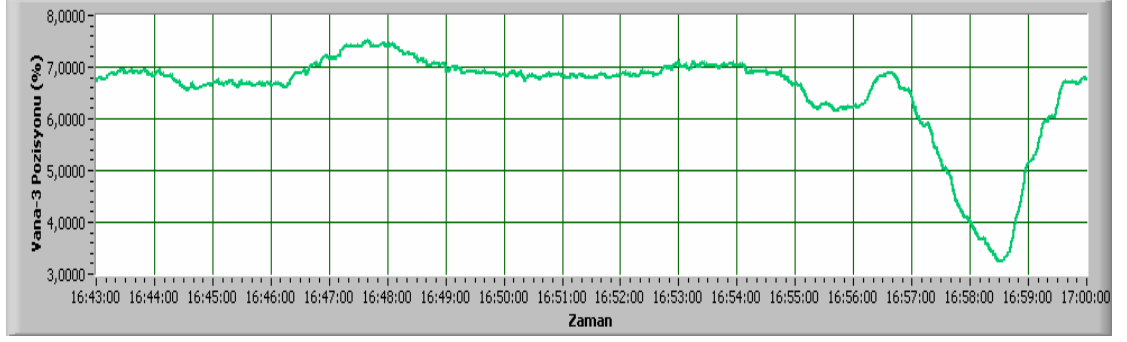


EK-A.7 : Minimum çıkış gücü seviyesi için tepki süreleri testi ($P_{set} = 234 \text{ MW}$)

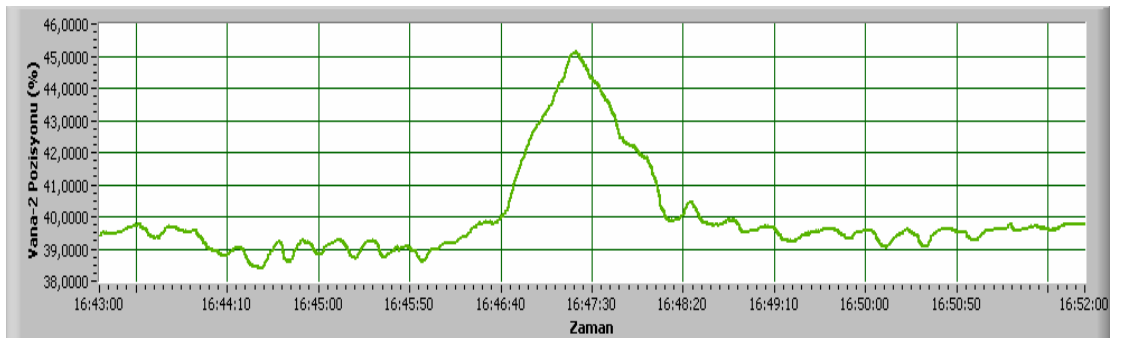
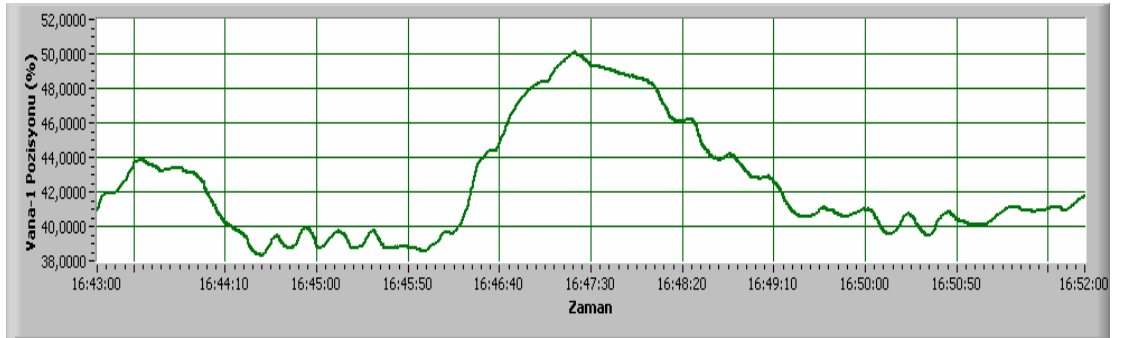
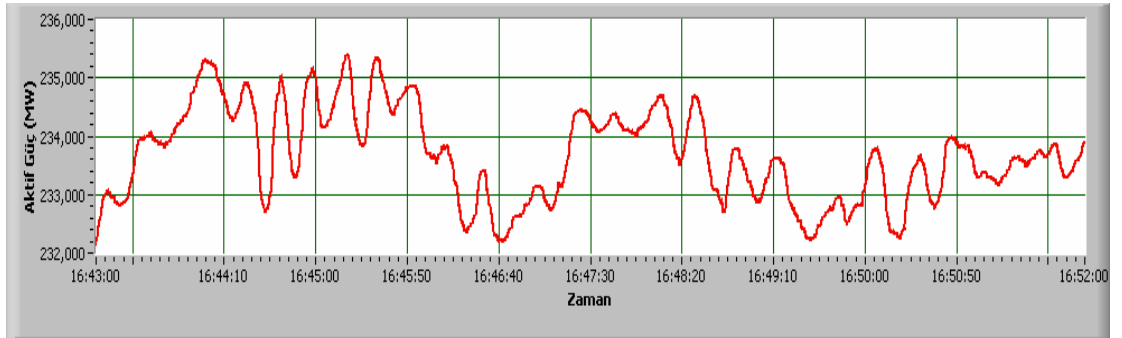
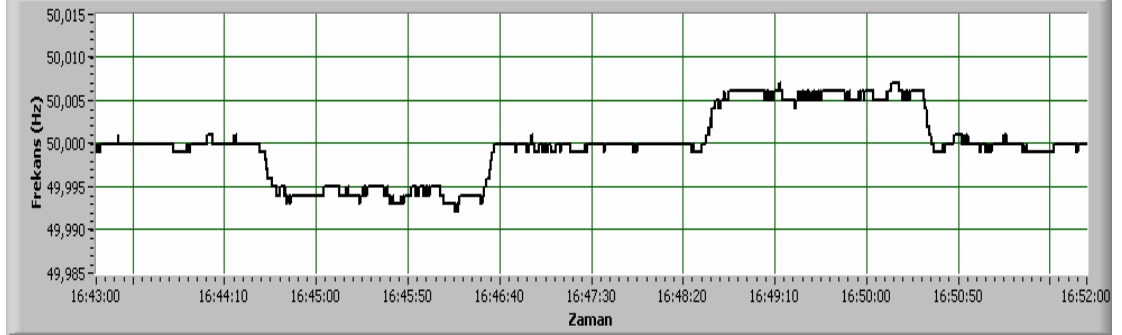


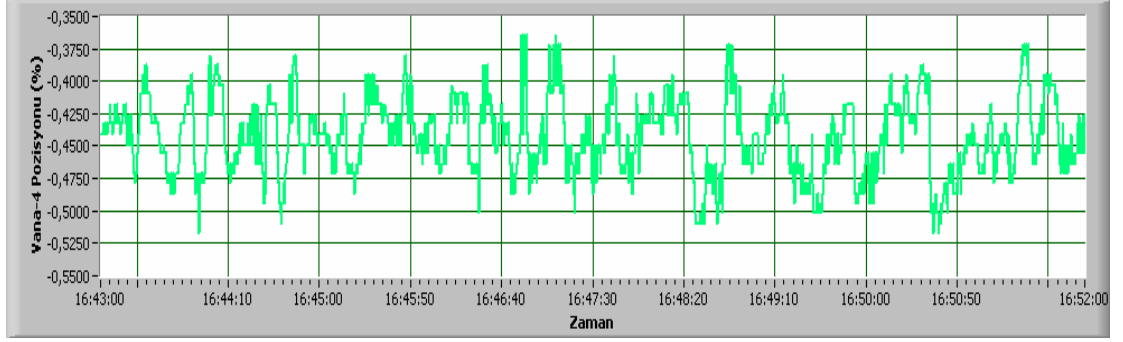
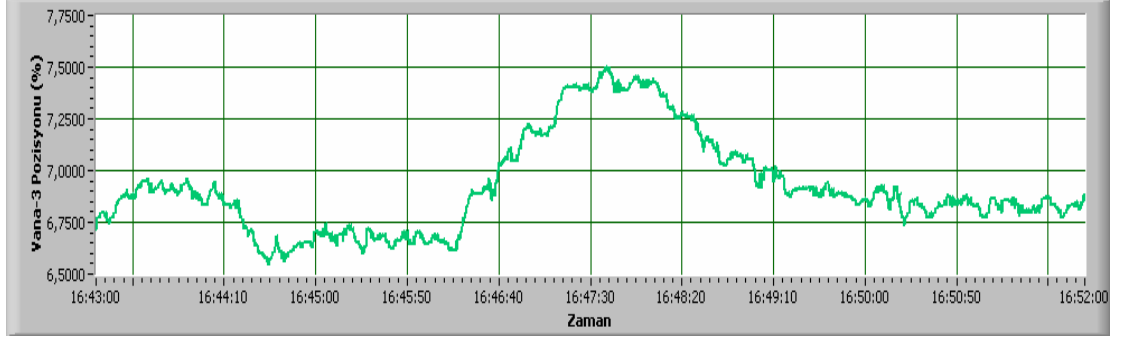
EK-A.8 : Minimum çıkış gücü seviyesi hassasiyet testi ($P_{set} = 234 \text{ MW}$)



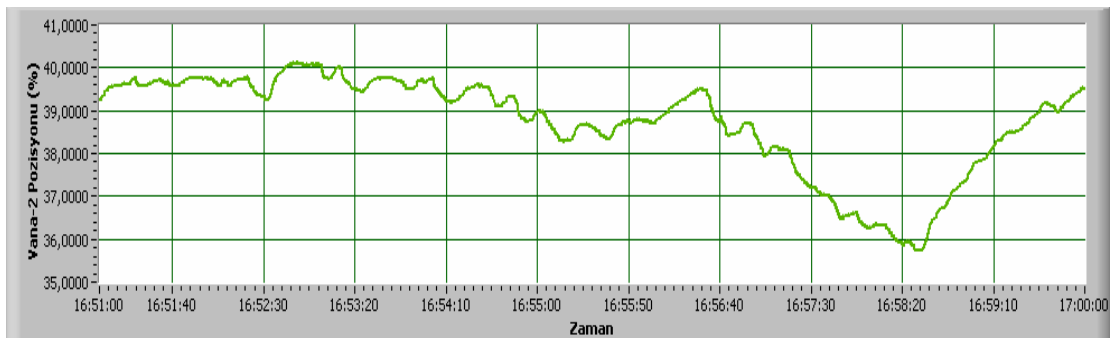
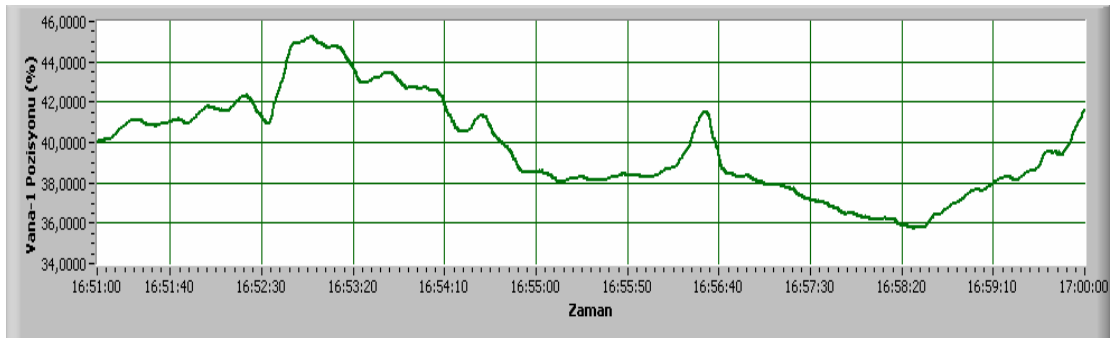
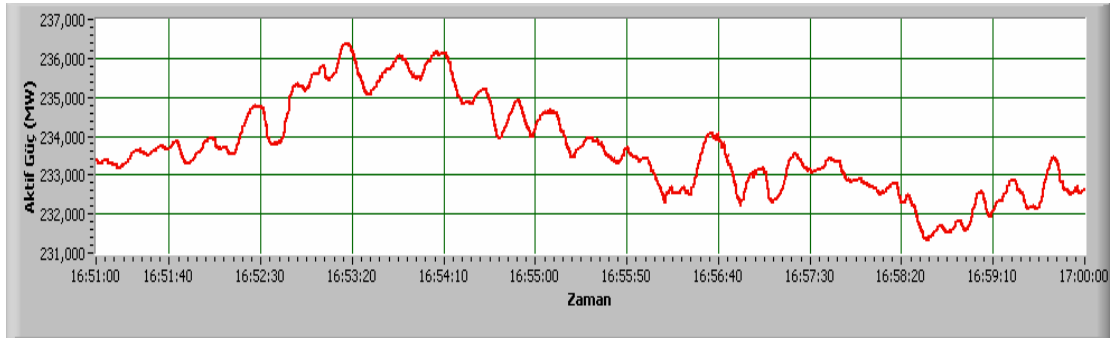
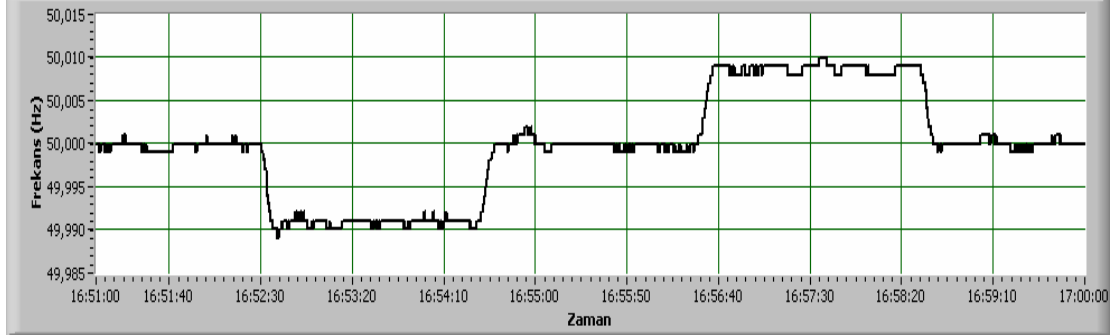


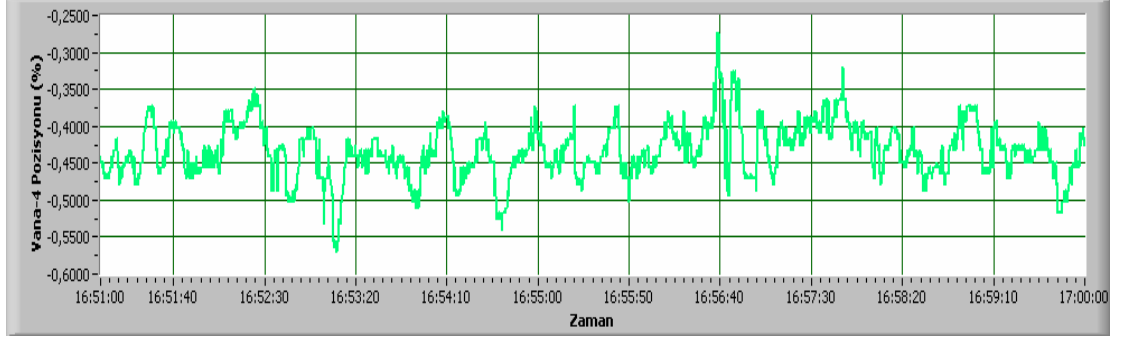
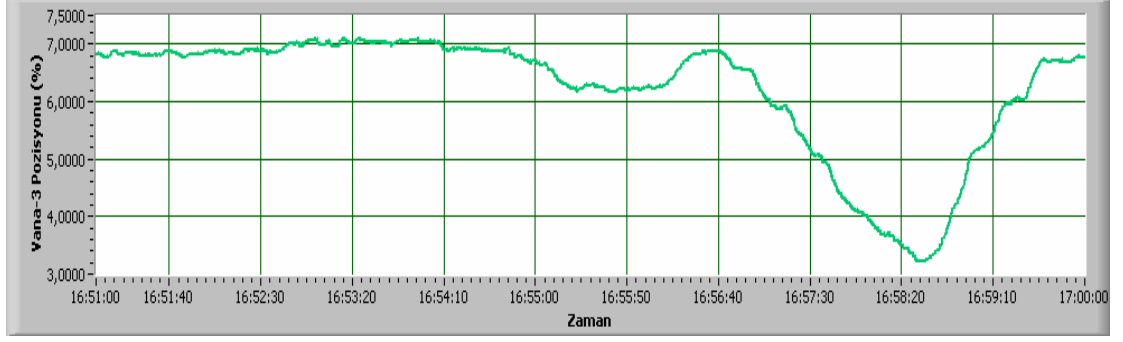
EK-A.9 : Minimum çıkış gücü seviyesi \pm 5 mHz hassasiyet testi
($P_{set} = 234$ MW)



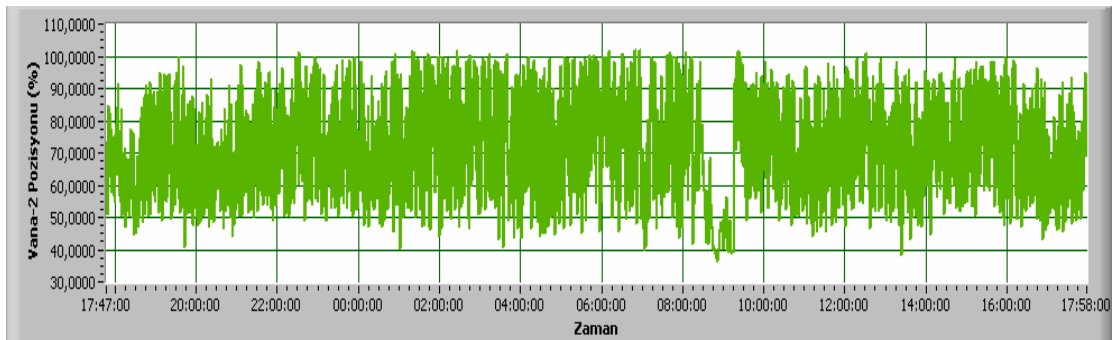
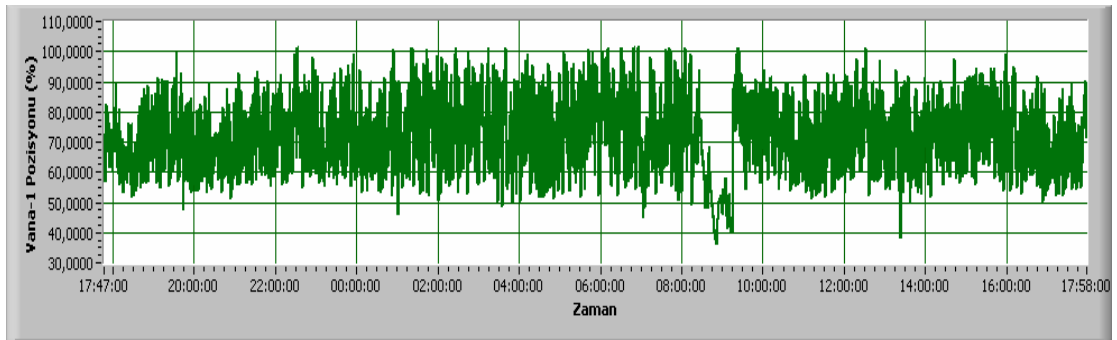
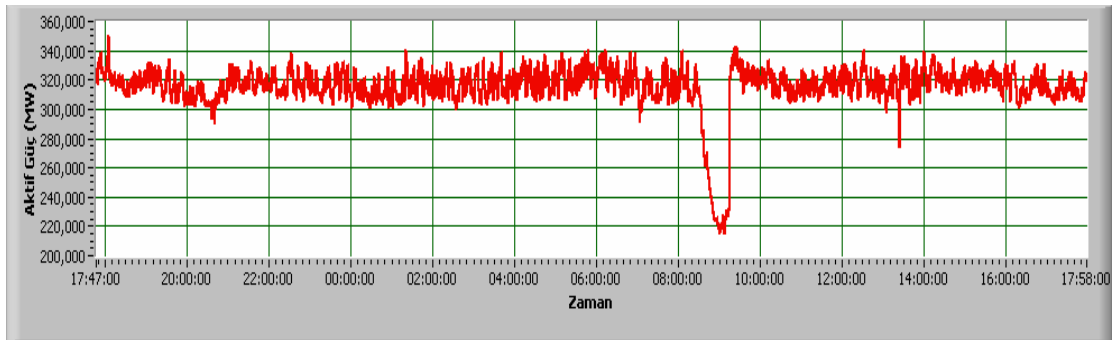
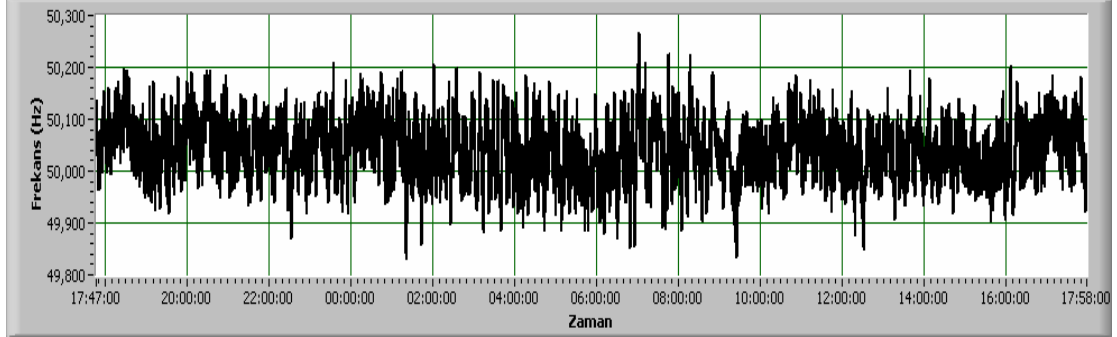


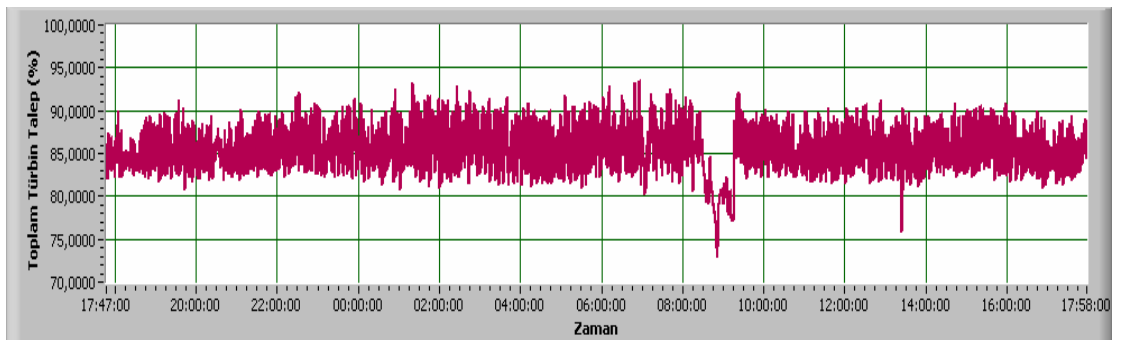
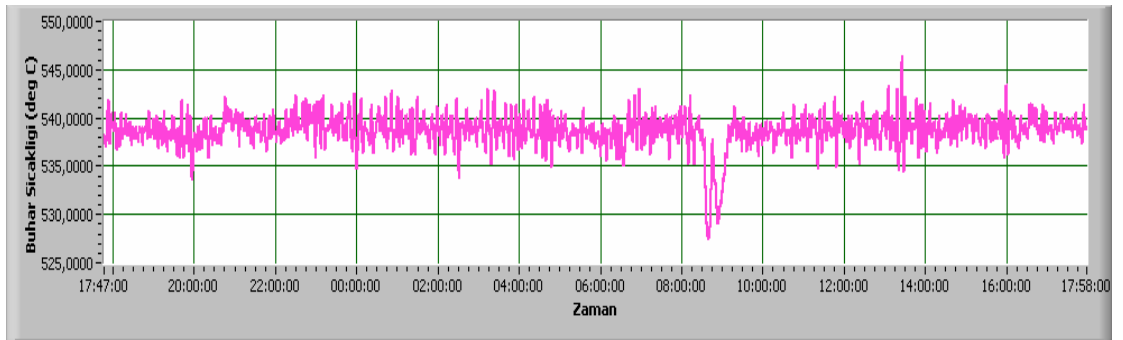
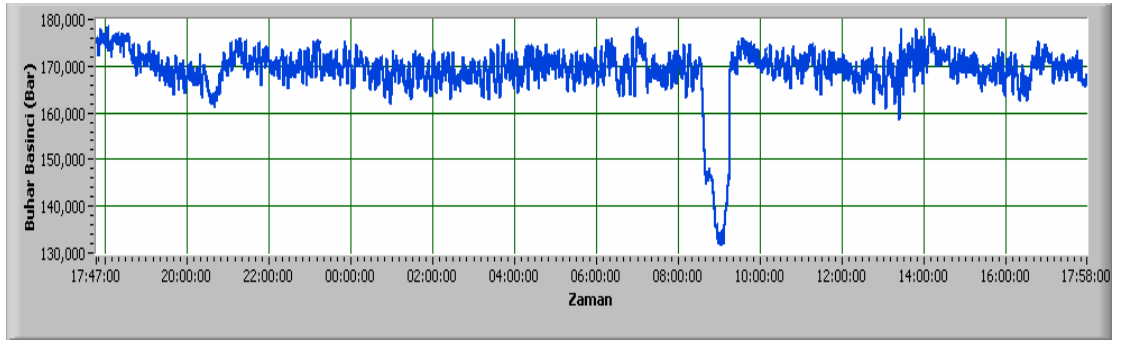
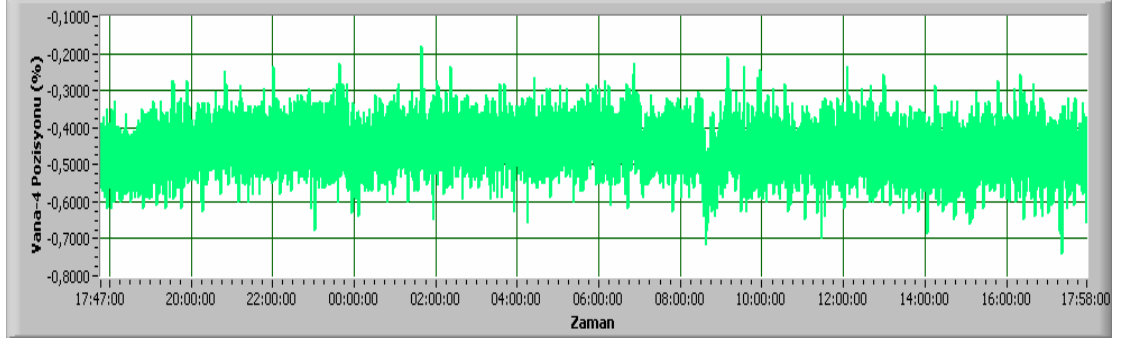
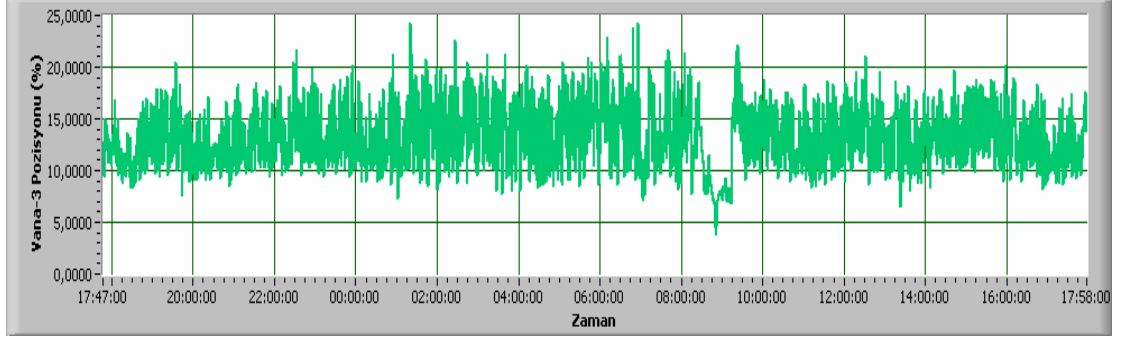
**EK-A.10 : Minimum çıkış gücü seviyesi ± 10 mHz hassasiyet testi (P_{set}
= 234 MW)**



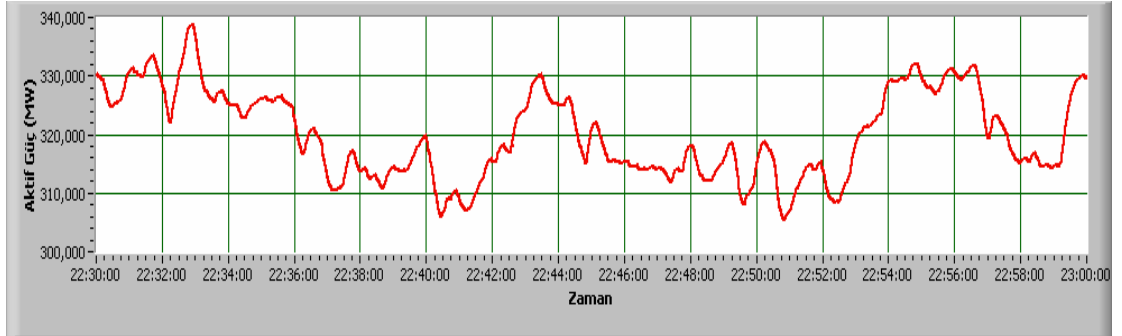
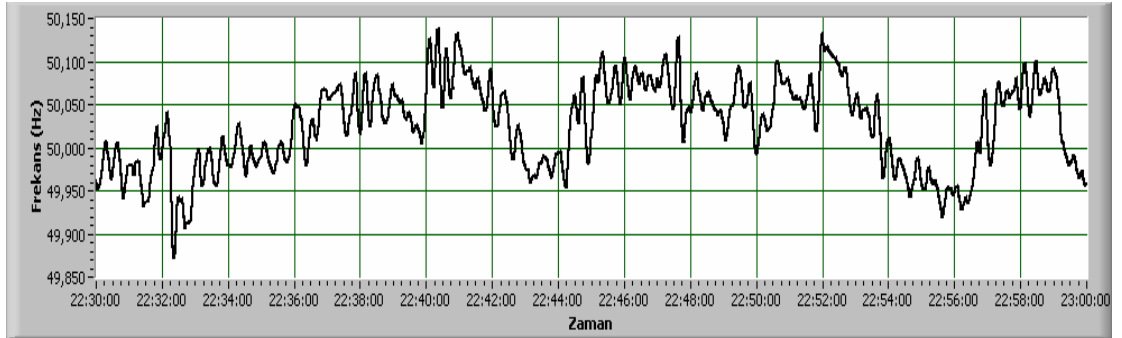
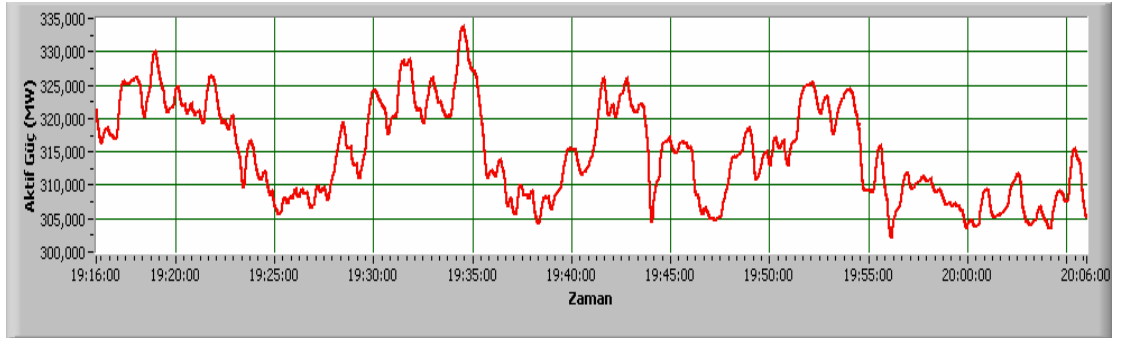
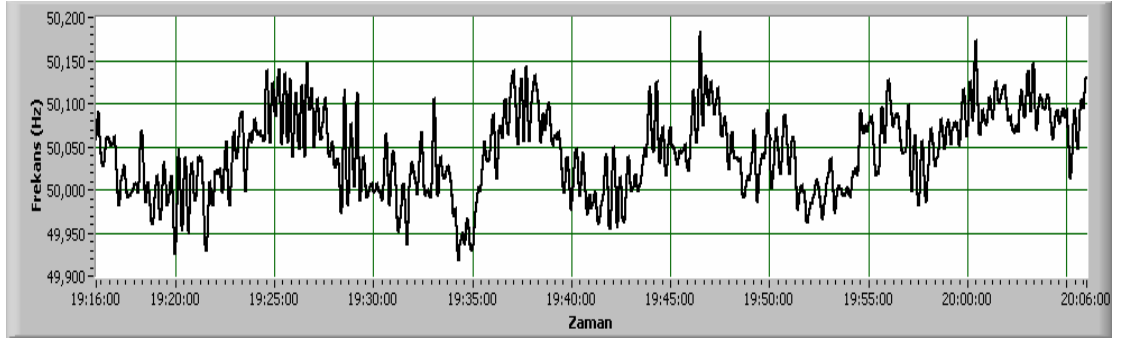


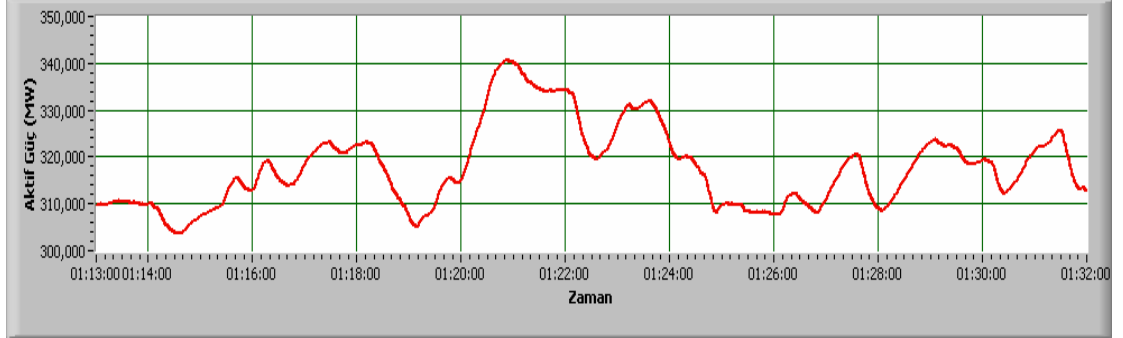
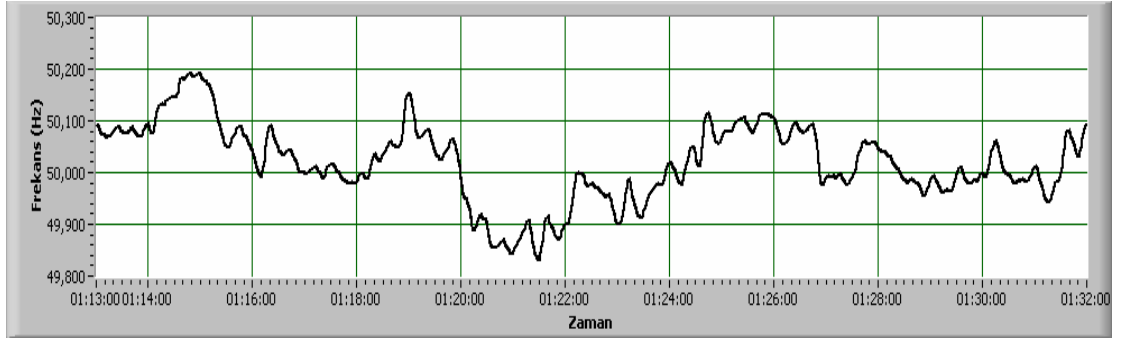
EK-A.11 : Maksimum çıkış gücü seviyesi 24 saatlik doğrulama testi
($P_{set} = 324 \text{ MW}$)



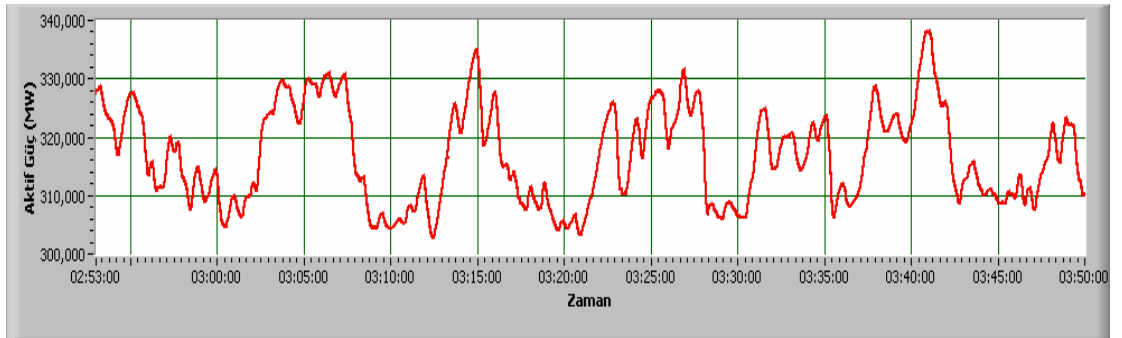
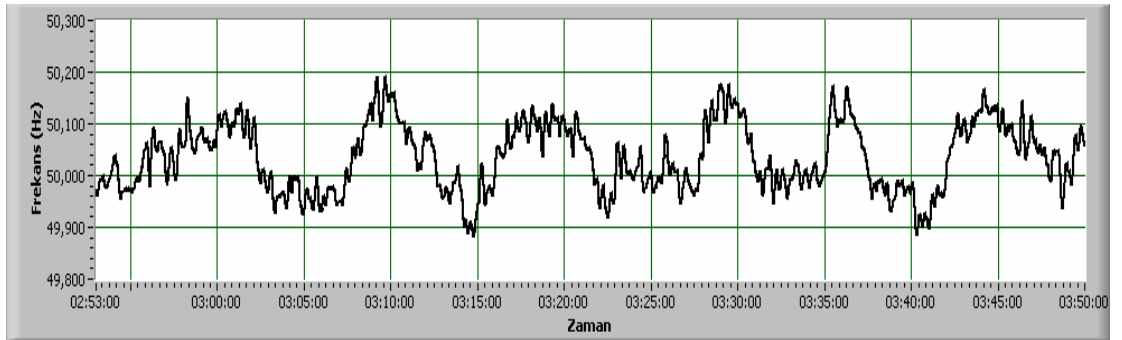
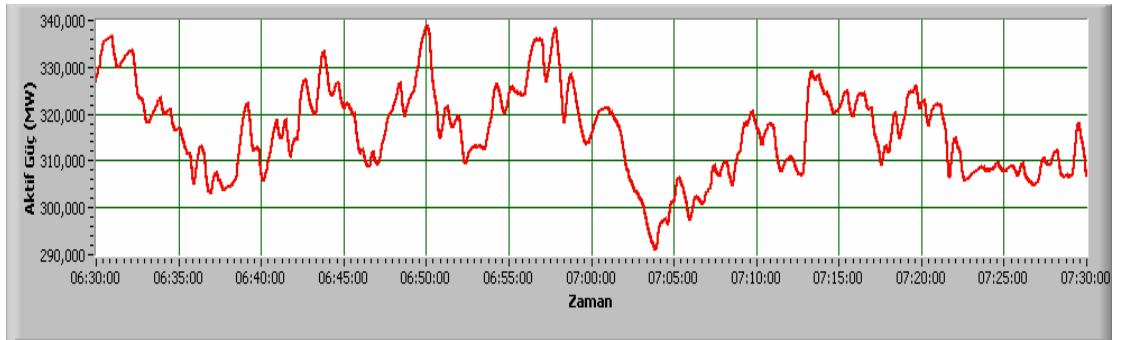
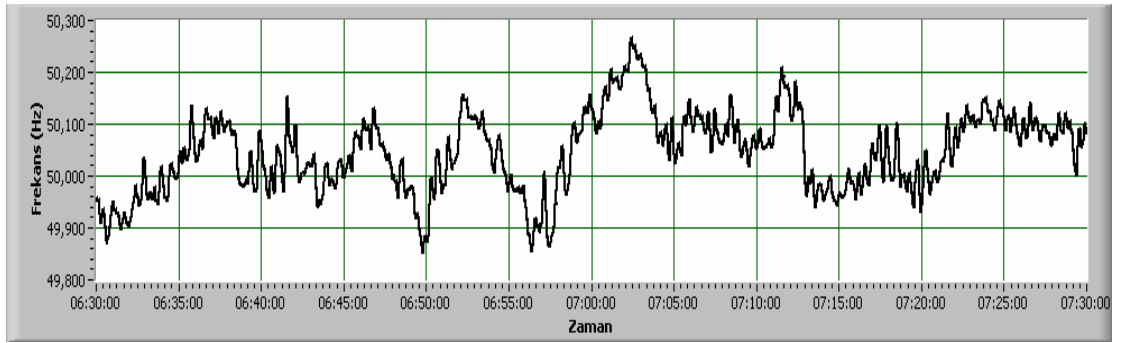


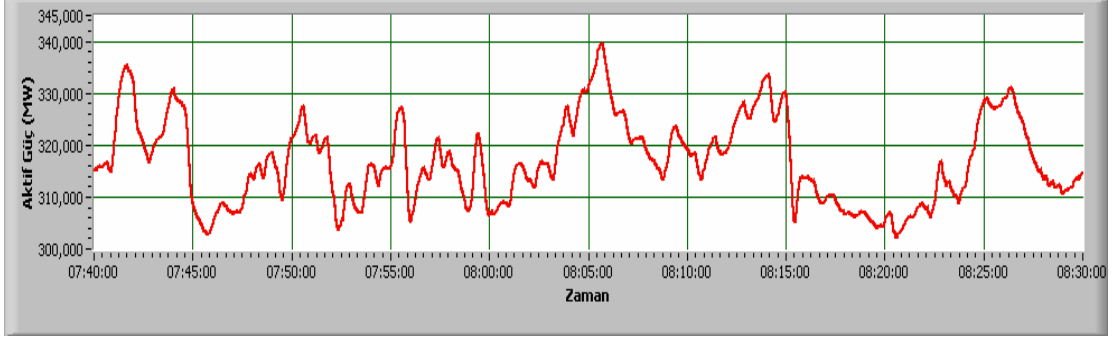
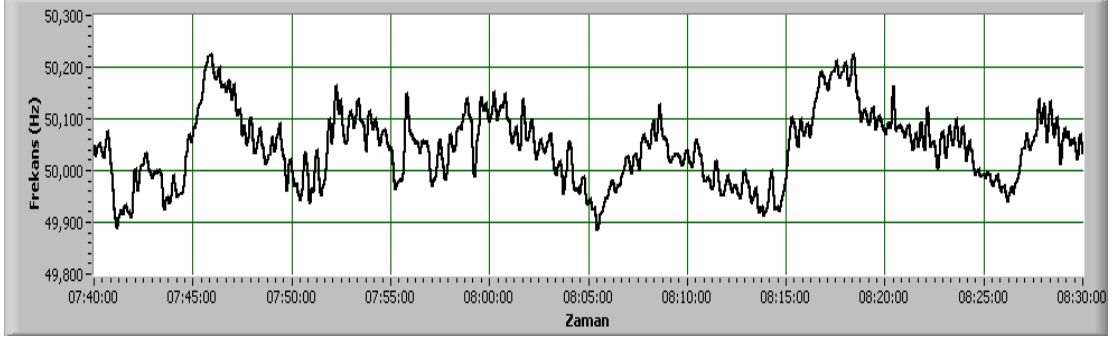
EK-A.12 : Örnek kayıtlar



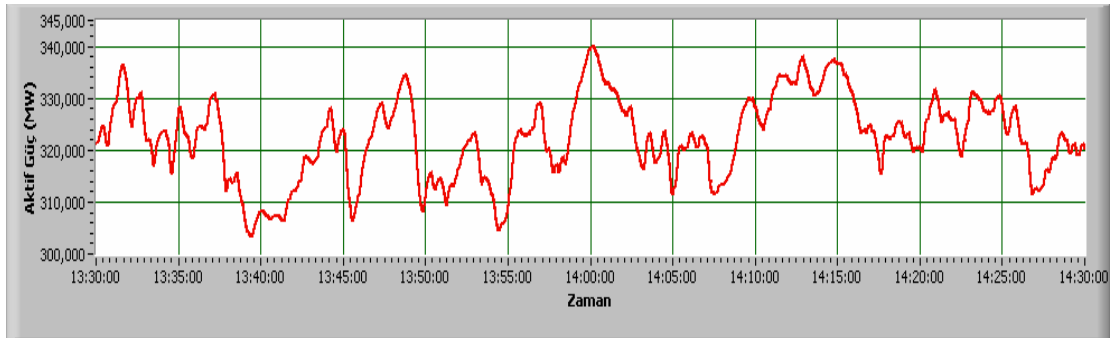
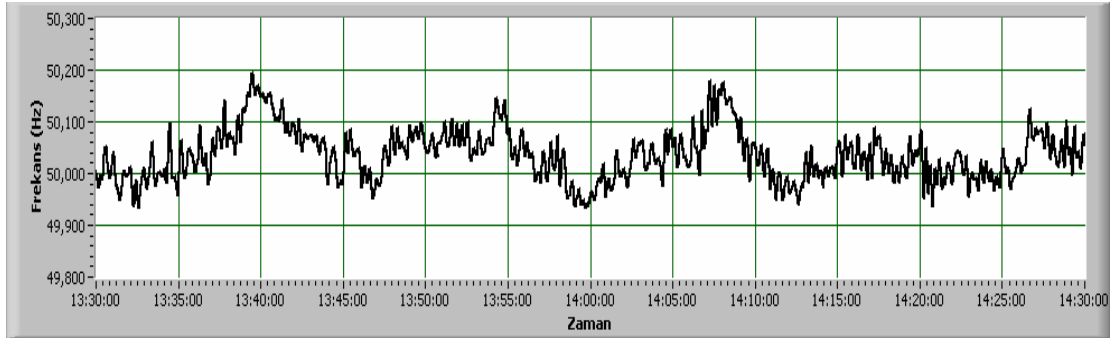
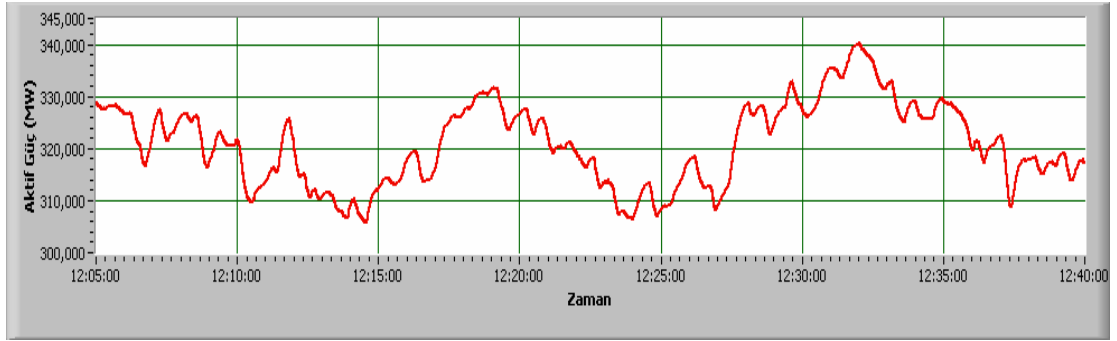
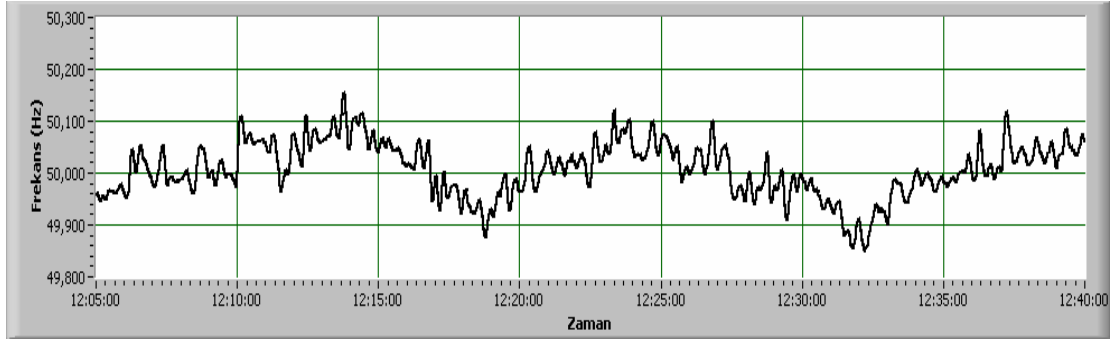


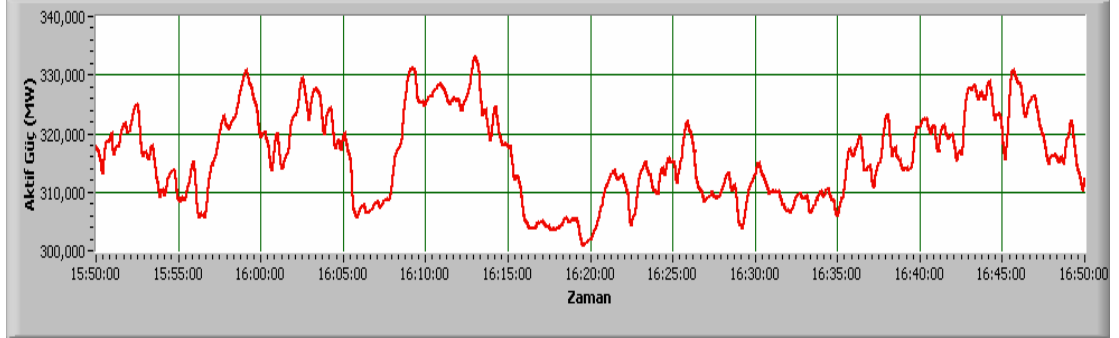
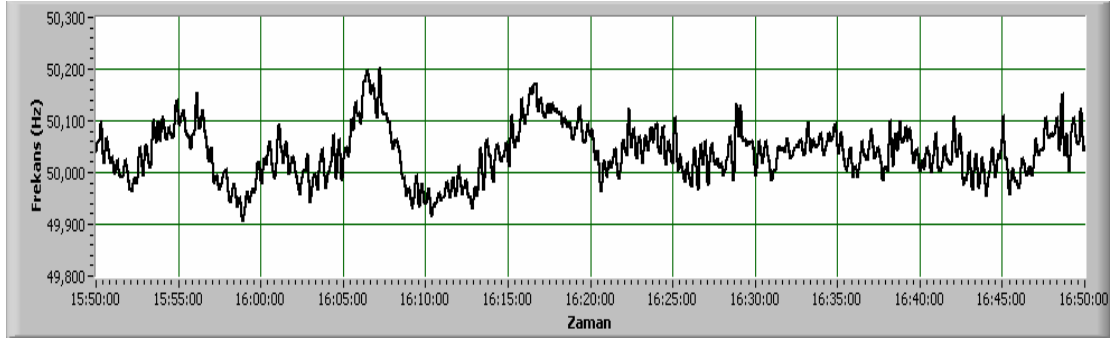
EK-A.13 : Örnek kayıtlar



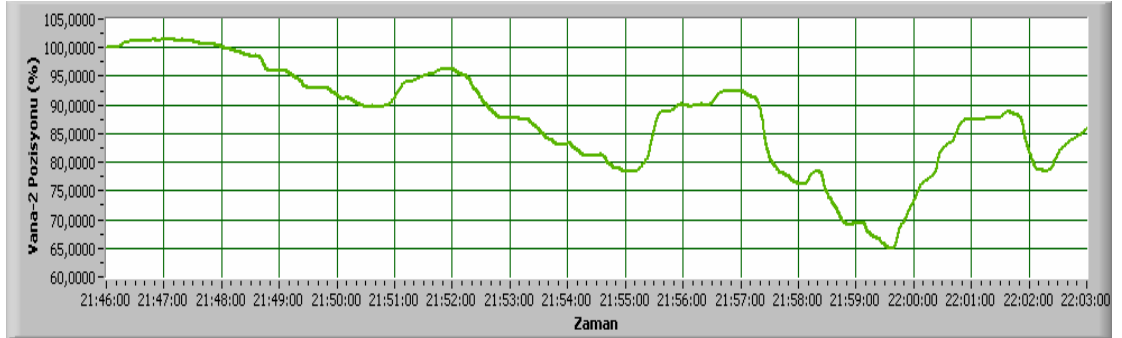
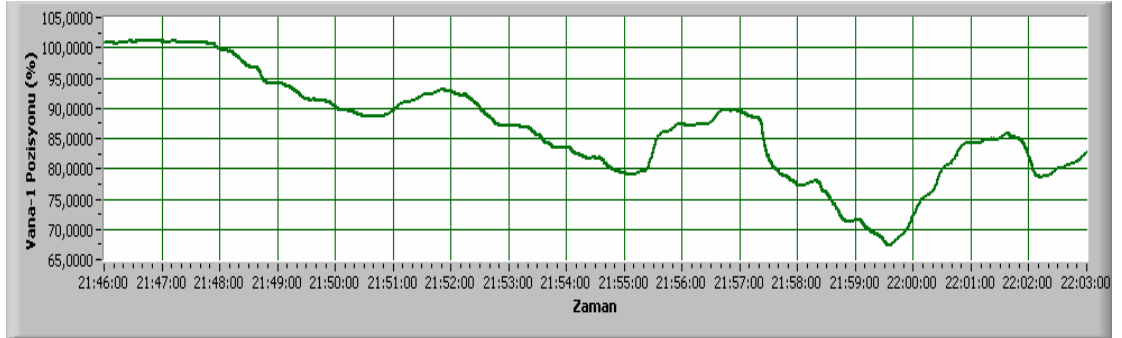
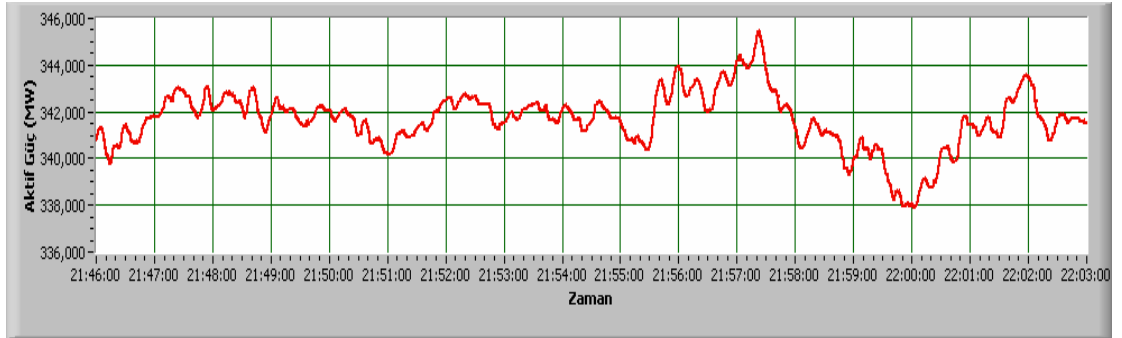
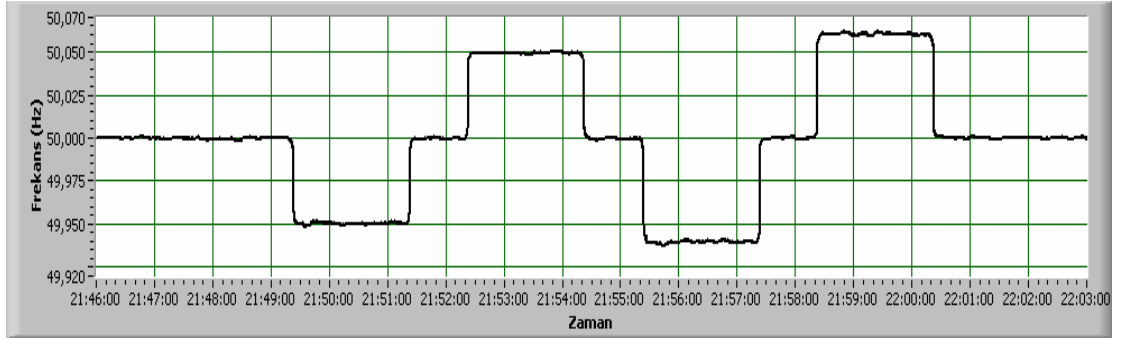


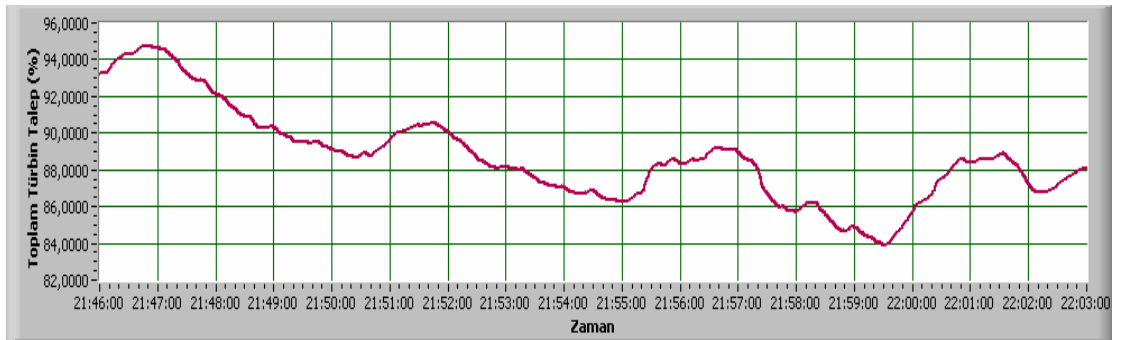
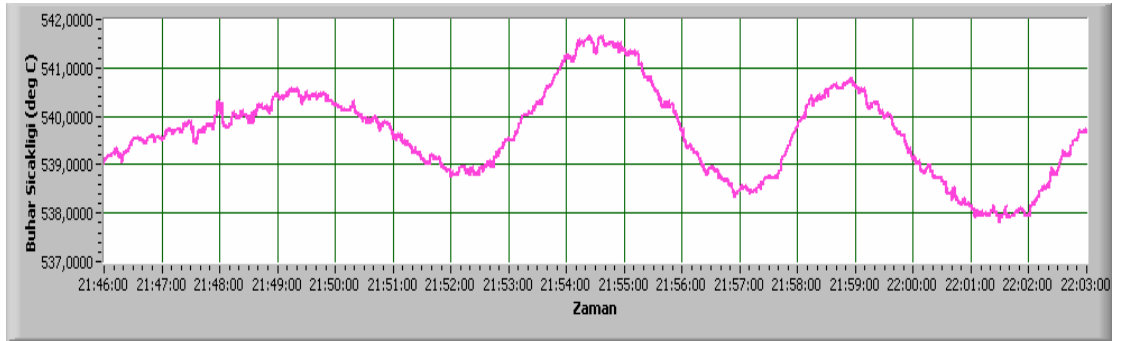
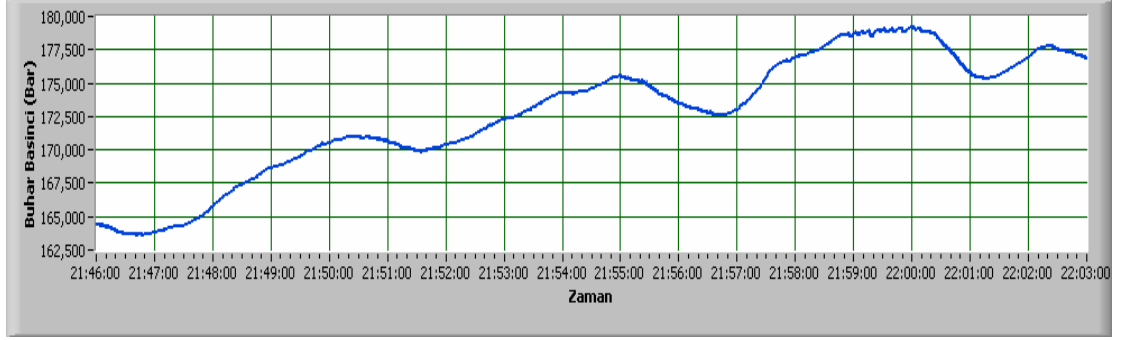
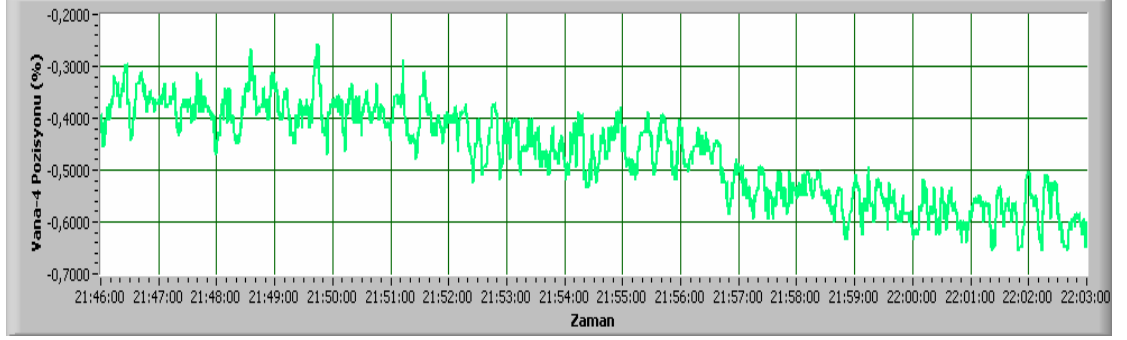
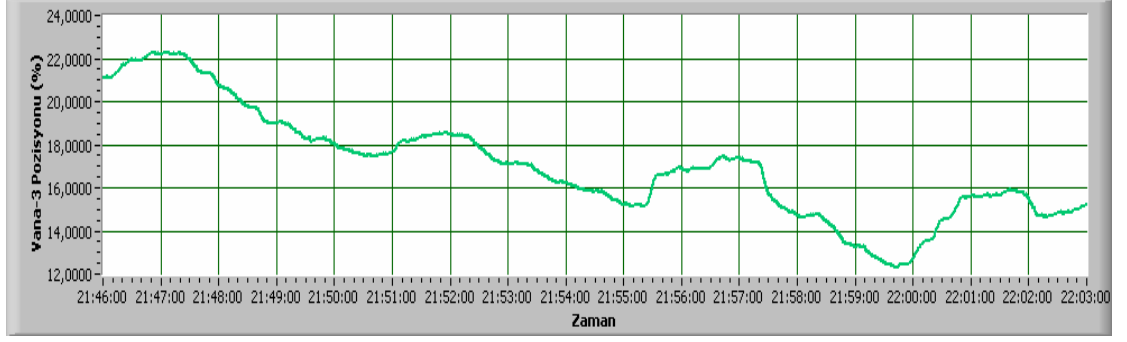
EK-A.14 : Örnek kayıtlar





EK-A.15 : Ölü bant tespit testi (Pset = 342 MW)



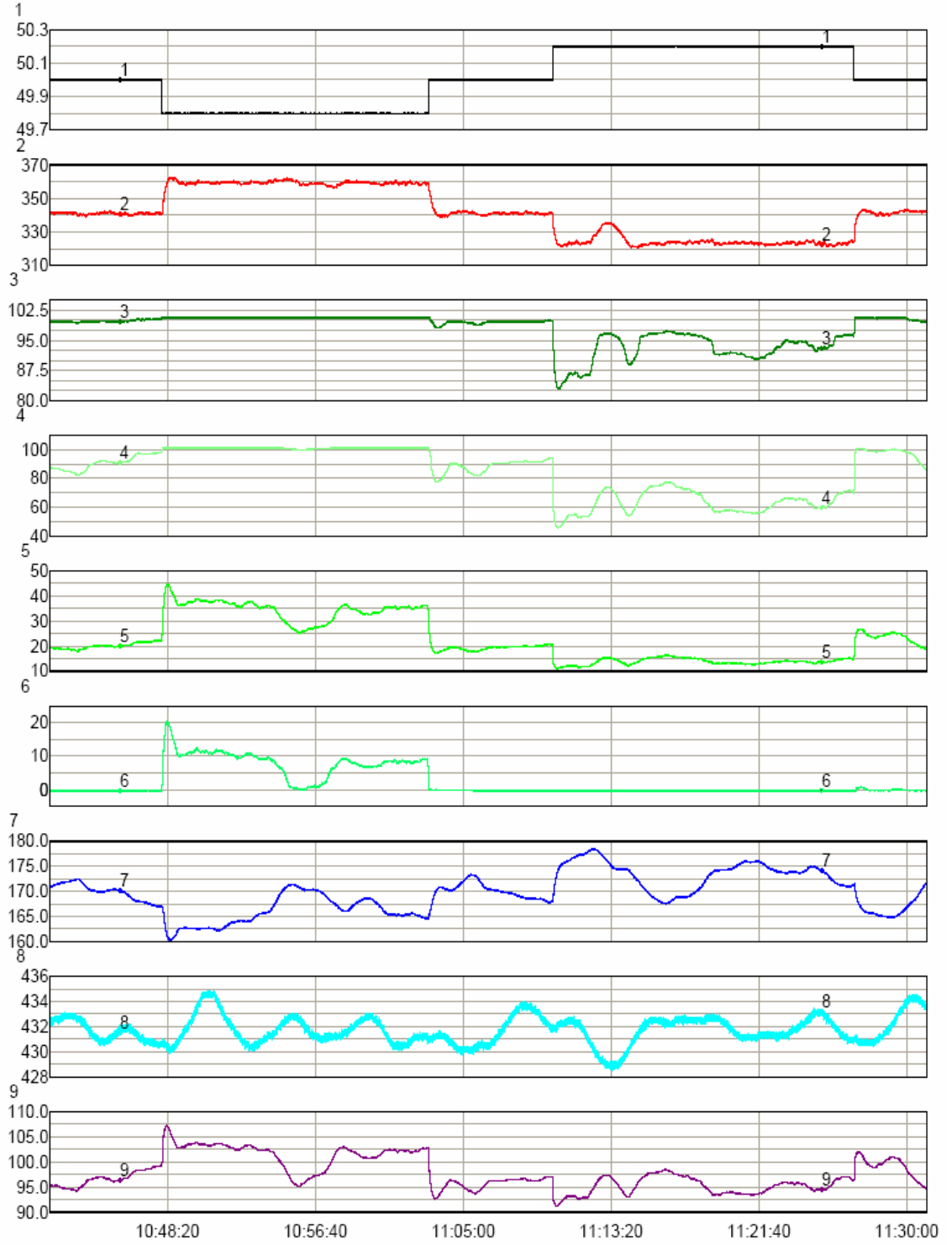


EK-B: Afşin-Elbistan B termik santralı ünite-2 primer frekans kontrolü performans testleri

GRAFİK SEMBOLLERİ

■	1 : Output_Channel_6	: Frekans (Hz)
■	2 : Output_Channel_7	: Aktif Güç (MW)
■	3 : Output_Channel_8	: Regulator Vana-1 Pozisyonu (%)
■	4 : Output_Channel_9	: Regulator Vana-2 Pozisyonu (%)
■	5 : Output_Channel_10	: Regulator Vana-3 Pozisyonu (%)
■	6 : Output_Channel_11	: Regulator Vana-4 Pozisyonu (%)
■	7 : Output_Channel_12	: Buhar Basinci (bar)
■	8 : Output_Channel_13	: Buhar Sicakligi (°C)
■	9 : Output_Channel_14	: Toplam Ialep (%)

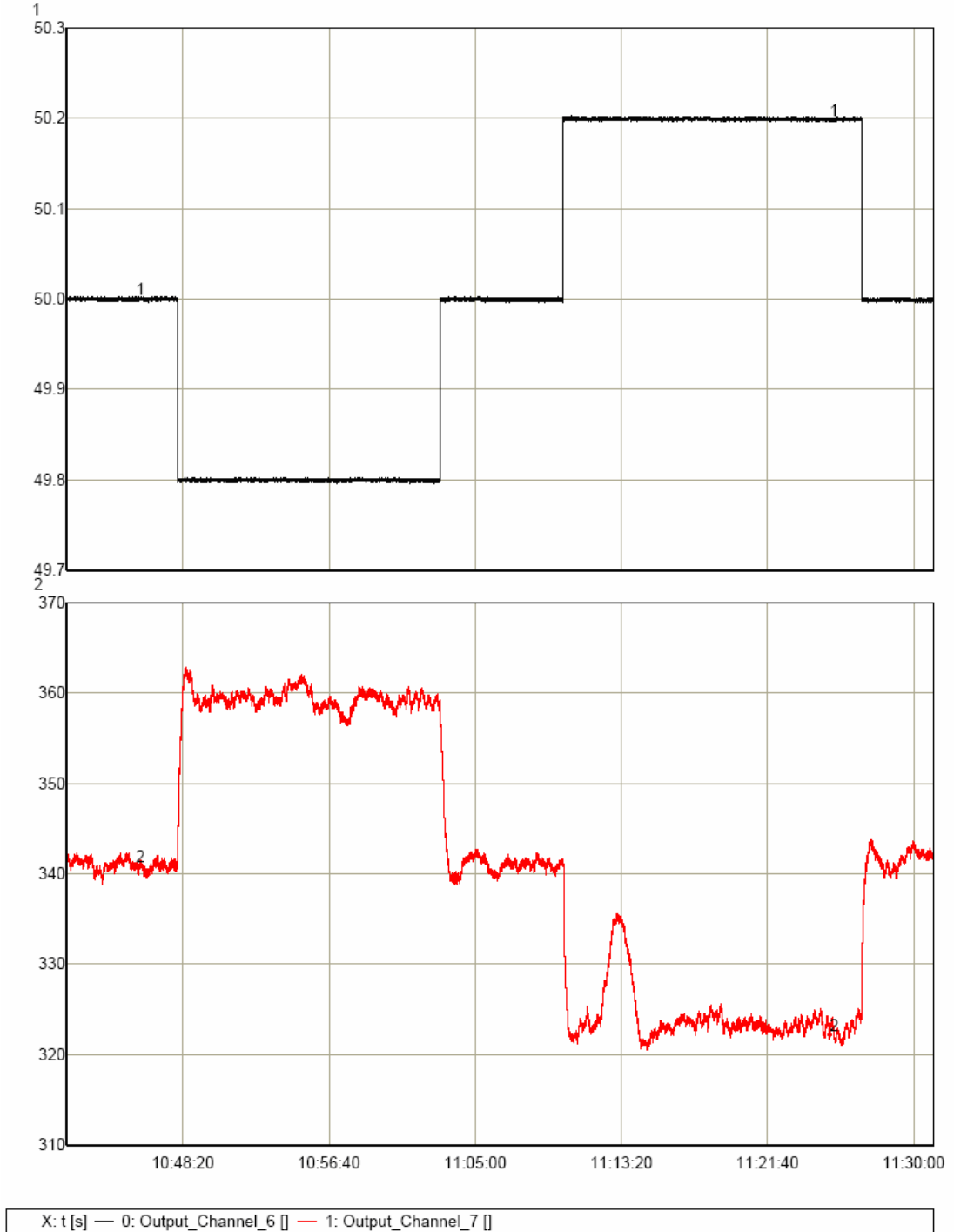
EK-B.1 : Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi ($P_{set} = 342 \text{ MW}$)



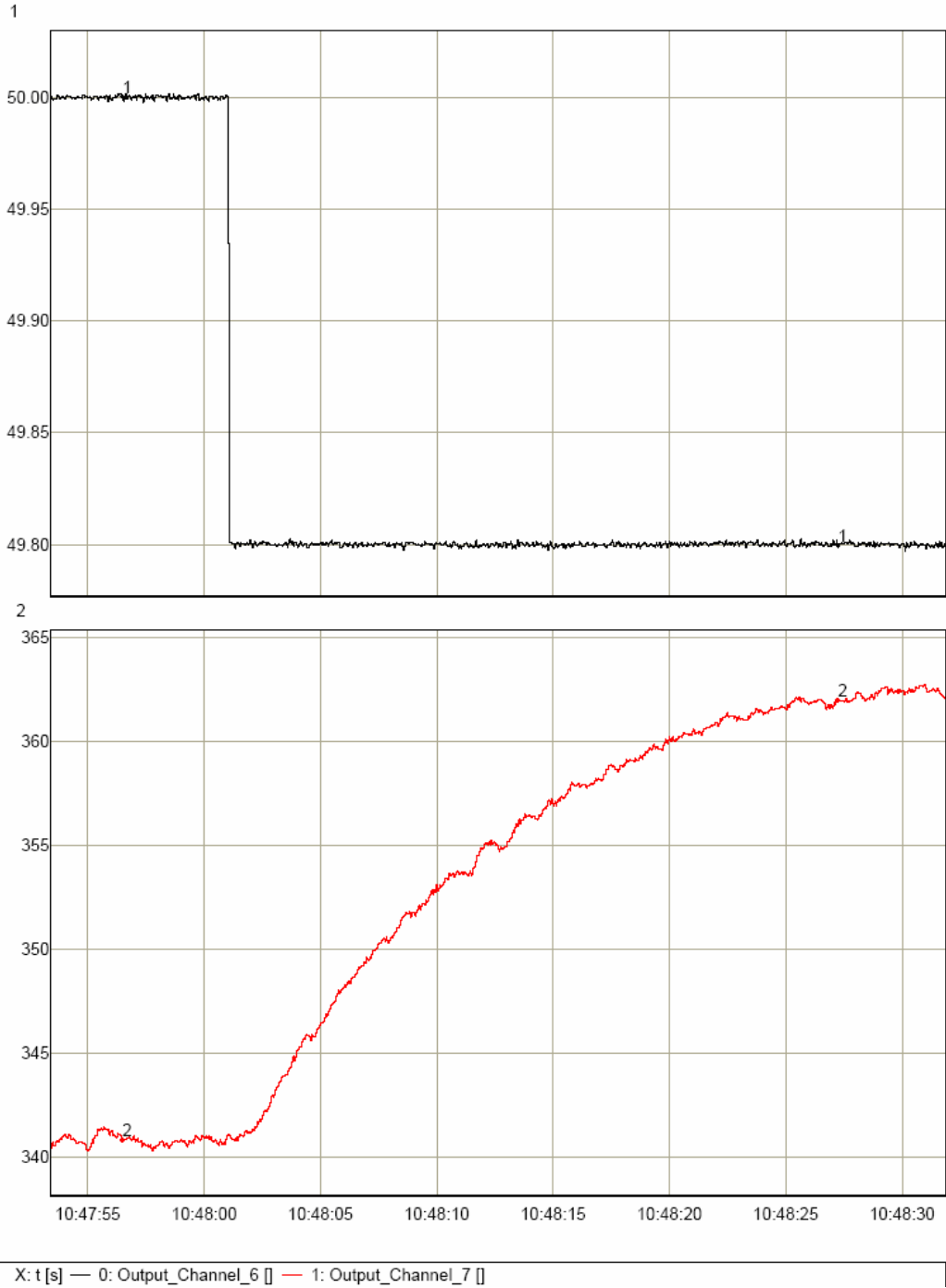
X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
 — 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []
 — 8: Output_Channel_14 []

EK-B.2 : Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük alıp - yük atma)

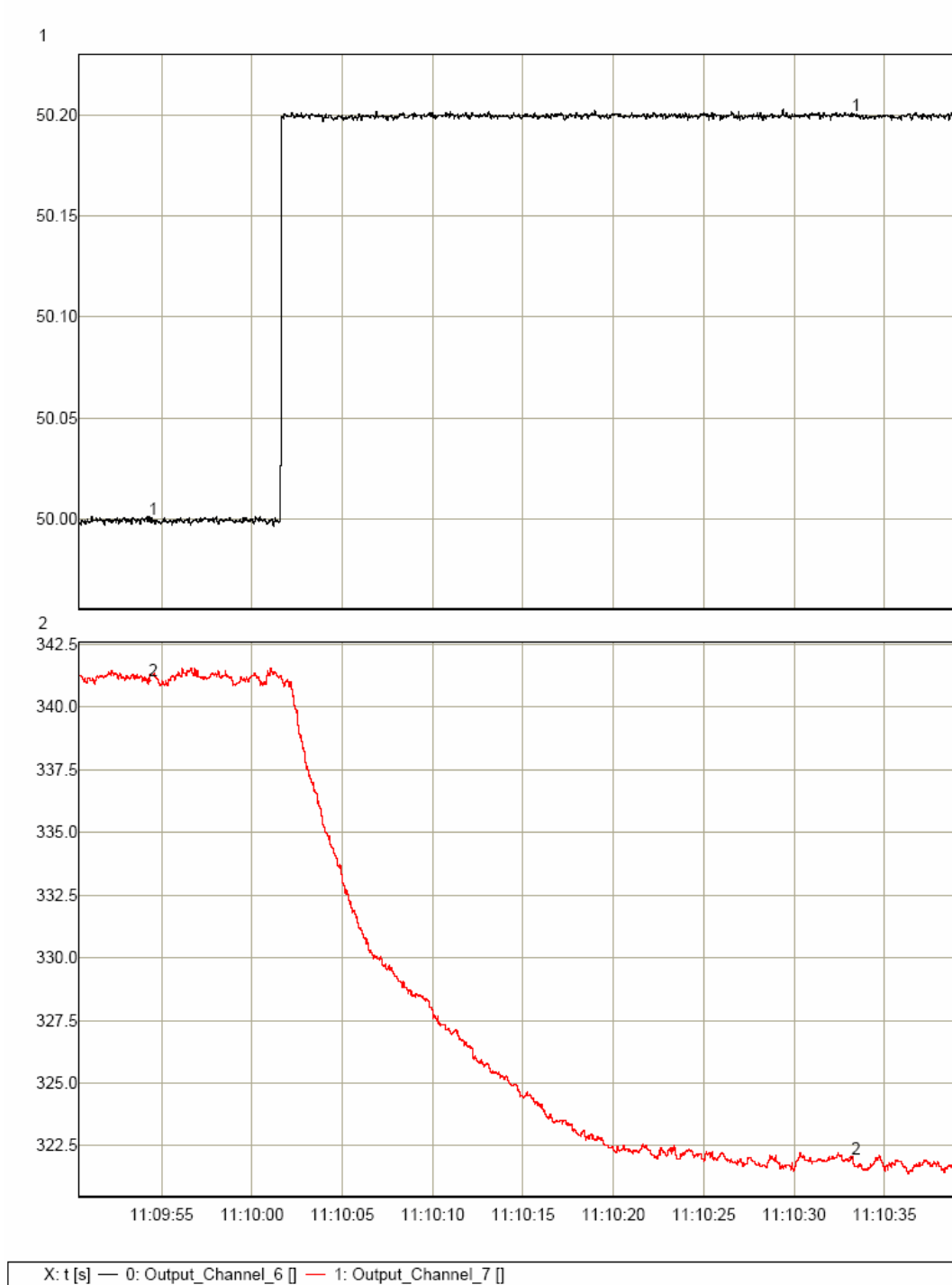
$P_{set} = 342 \text{ MW}$



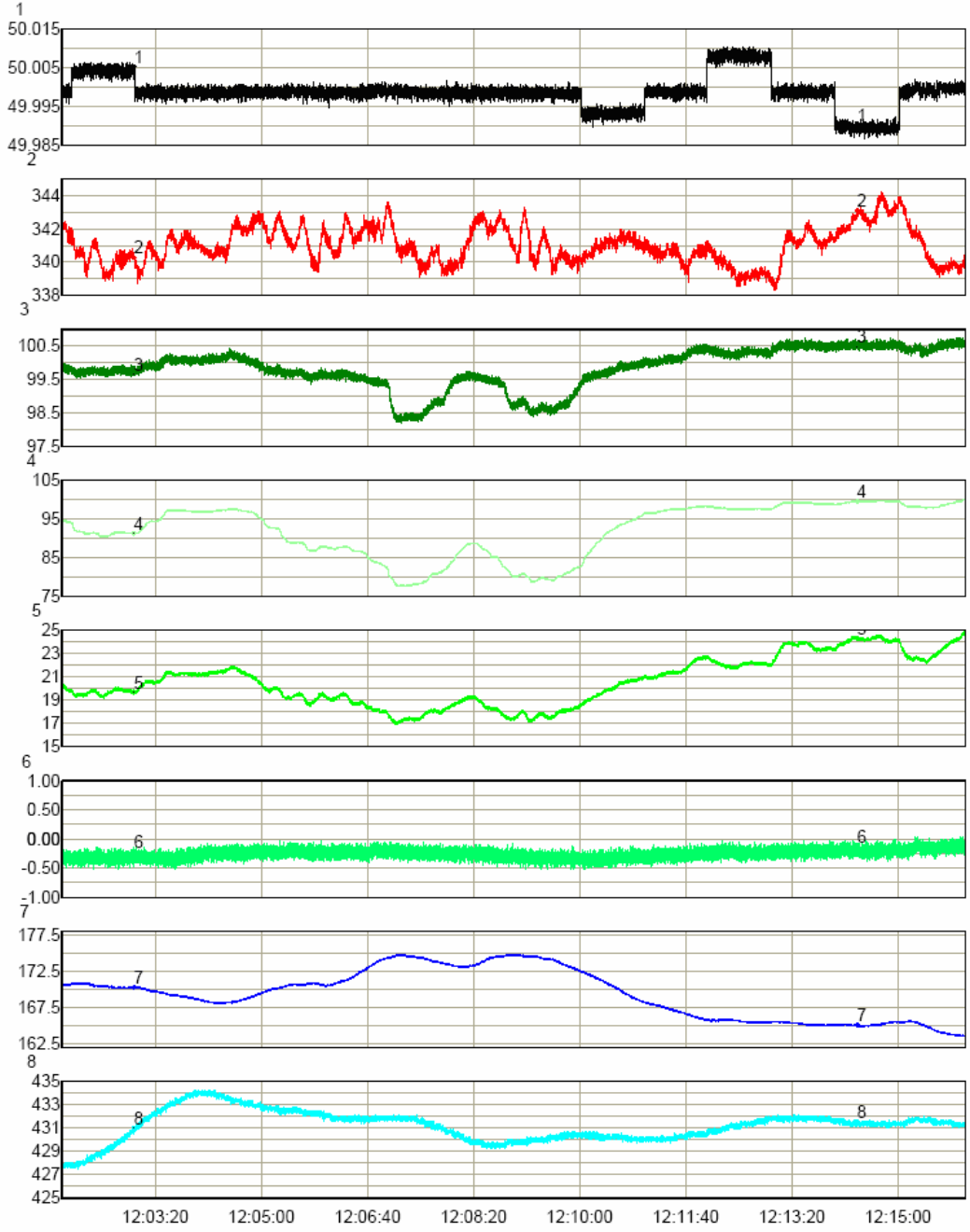
EK-B.3 : Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük alma)
($P_{set} = 342 \text{ MW}$)



EK-B.4 : Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük atma)
($P_{set} = 342 \text{ MW}$)



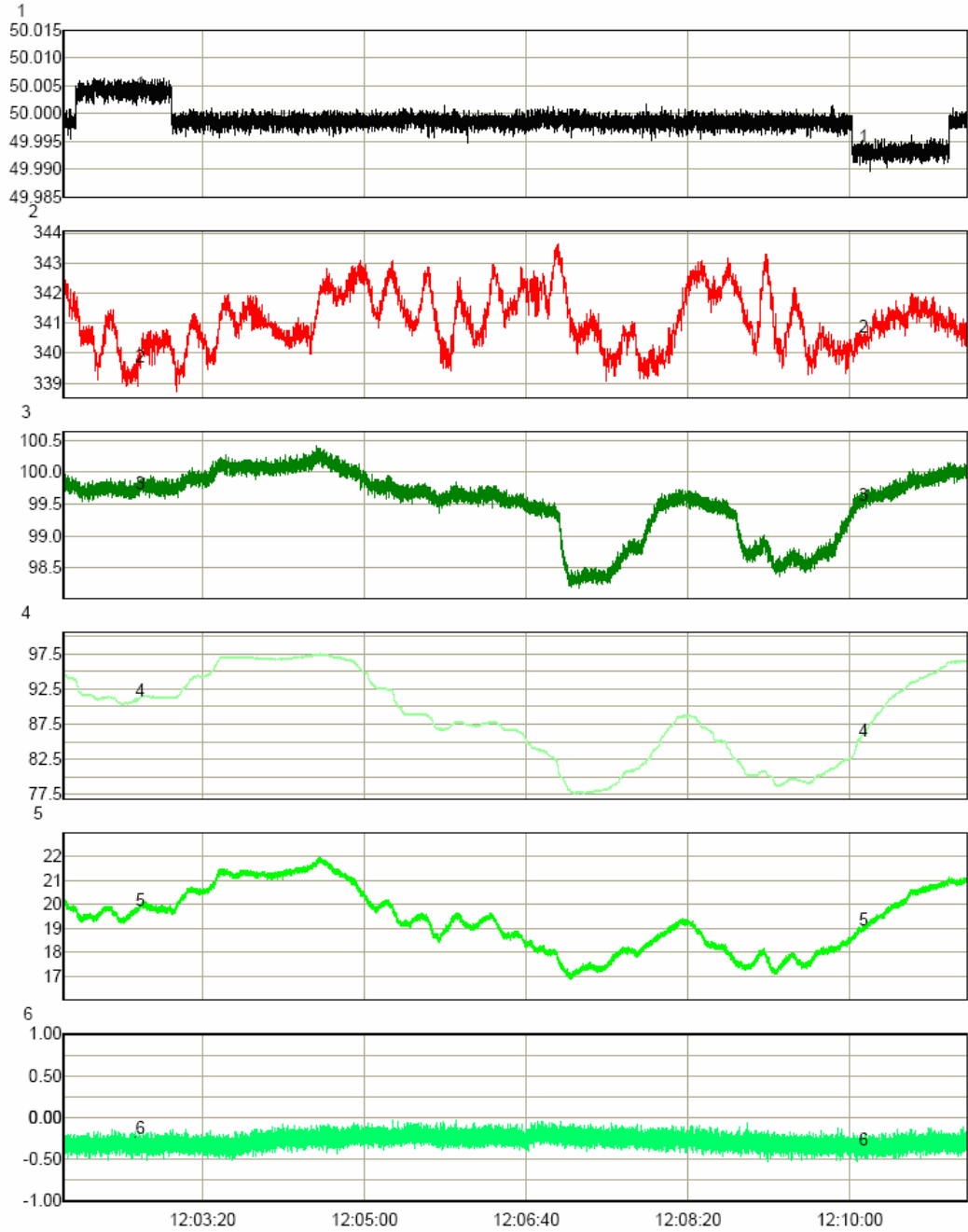
EK-B.5 : Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi ($P_{set} = 342$ MW)



X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
 — 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []

EK-B.6: Maksimum çıkış gücü seviyesi hassasiyet ± 5 mHz testi

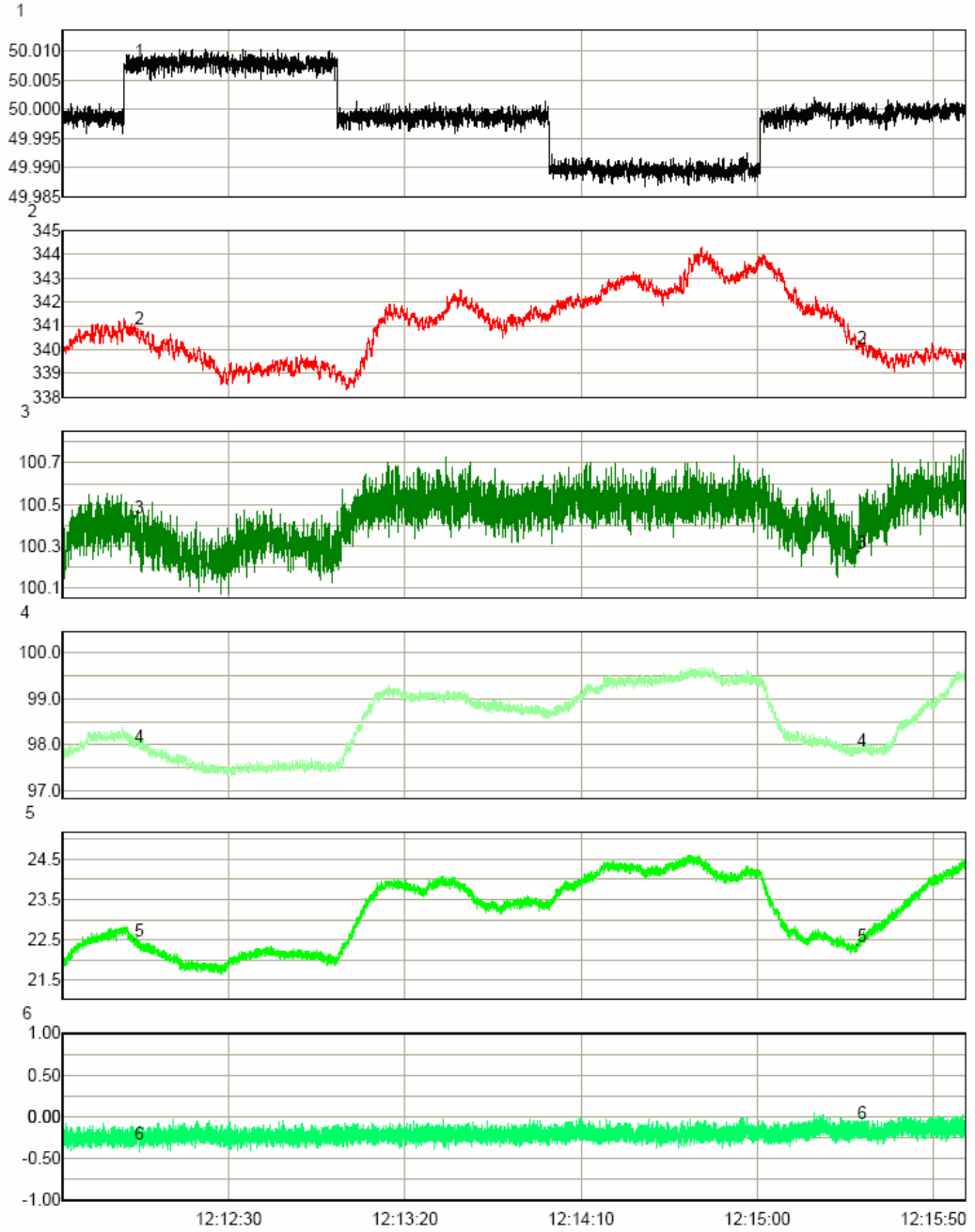
($P_{set} = 342$ MW)



X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 []

EK-B.7: Maksimum çıkış gücü seviyesi hassasiyet ± 10 mHz testi

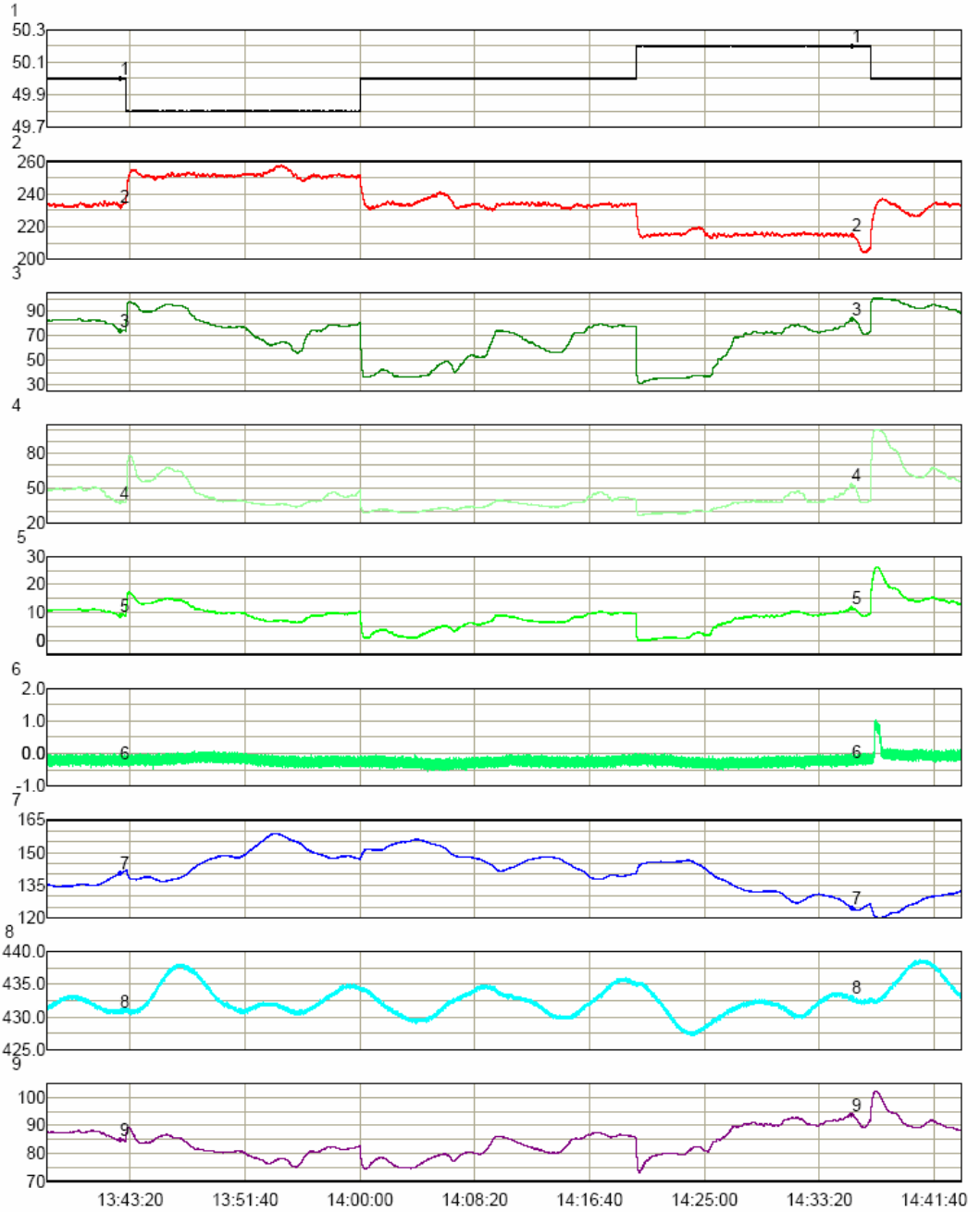
($P_{set} = 342$ MW)



X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 []

EK-B.8: Minimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi

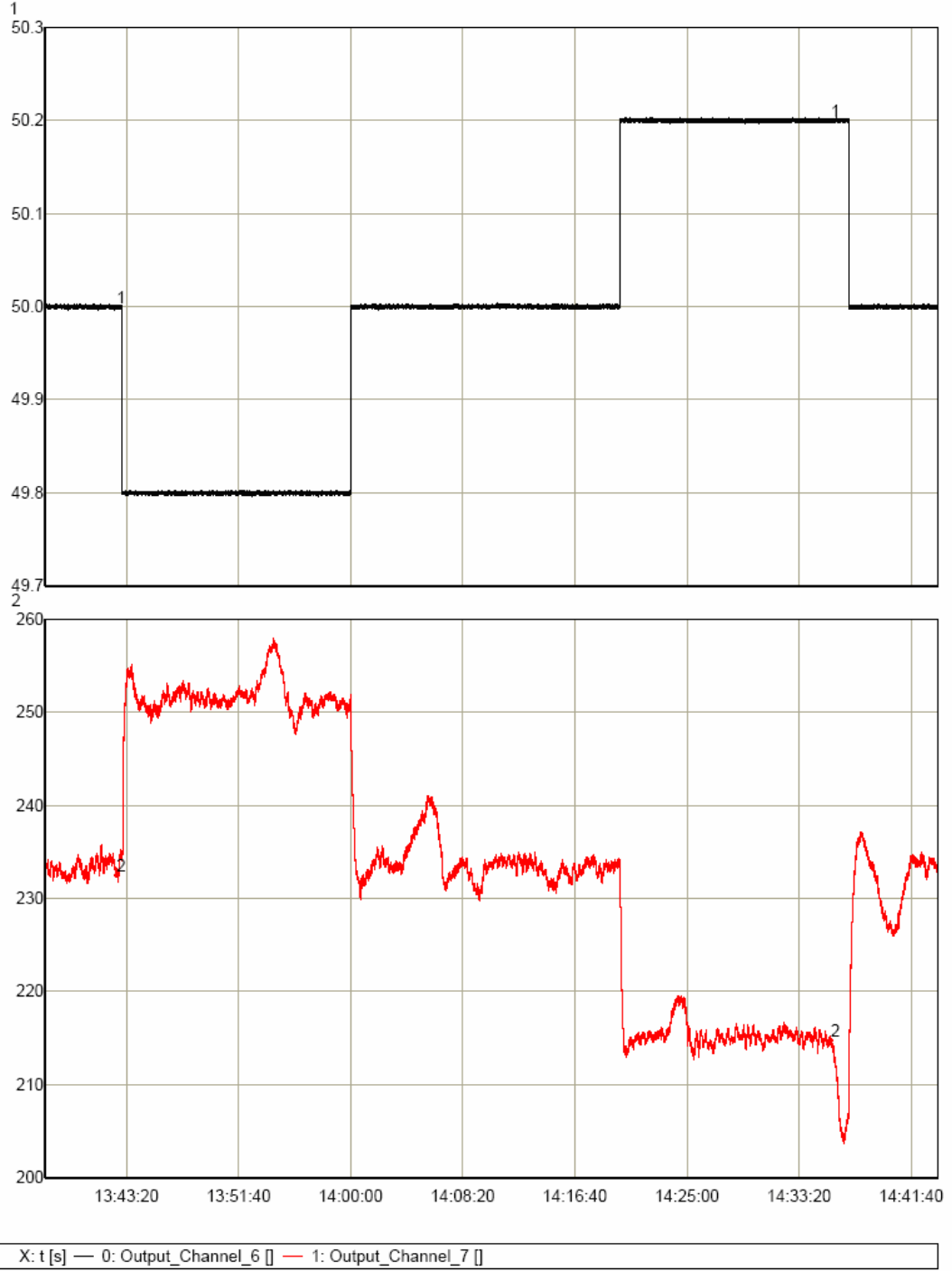
($P_{set} = 234 \text{ MW}$)



X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []
— 8: Output_Channel_14 []

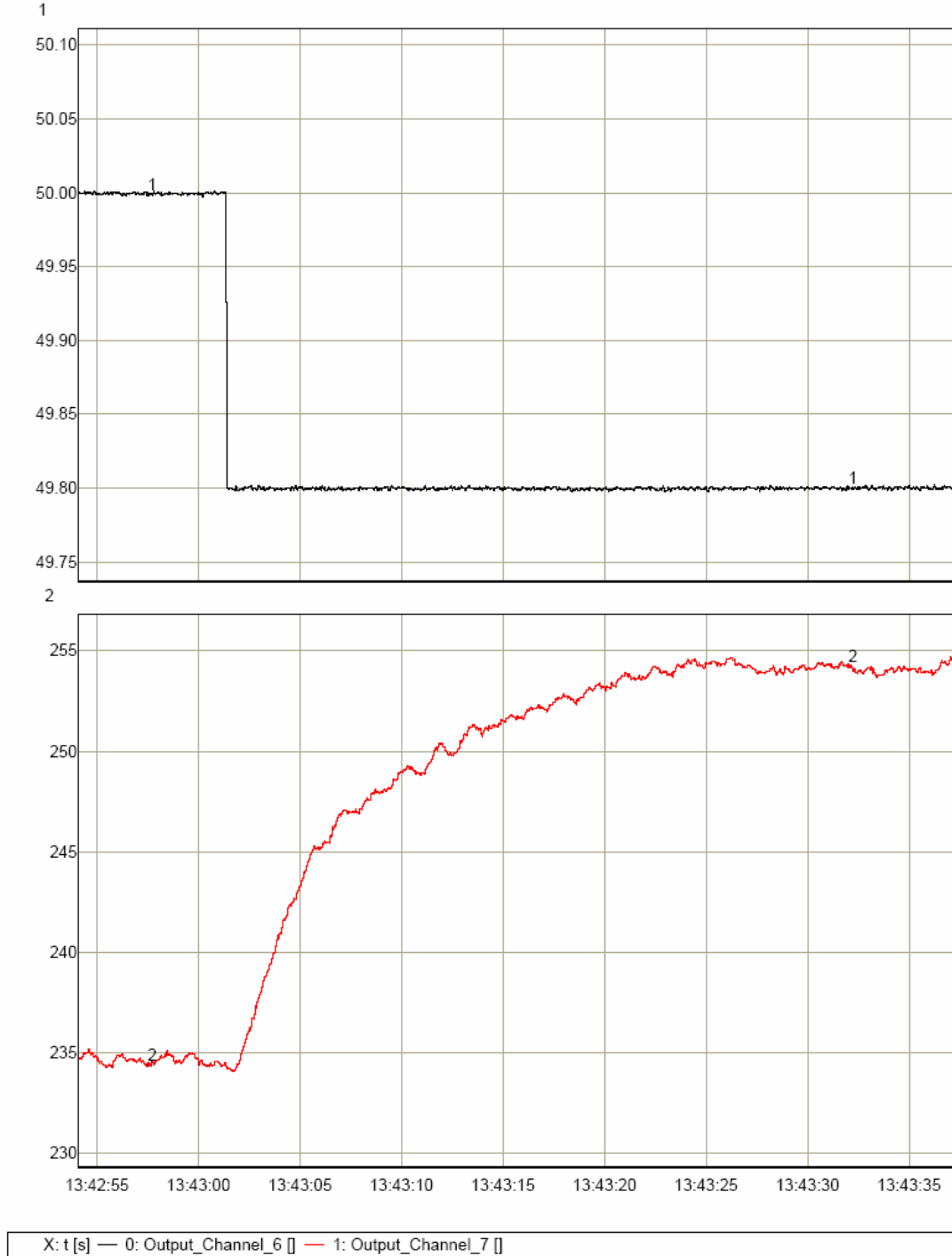
EK-B.9: Minimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük alma ve yük atma)

($P_{set} = 234 \text{ MW}$)



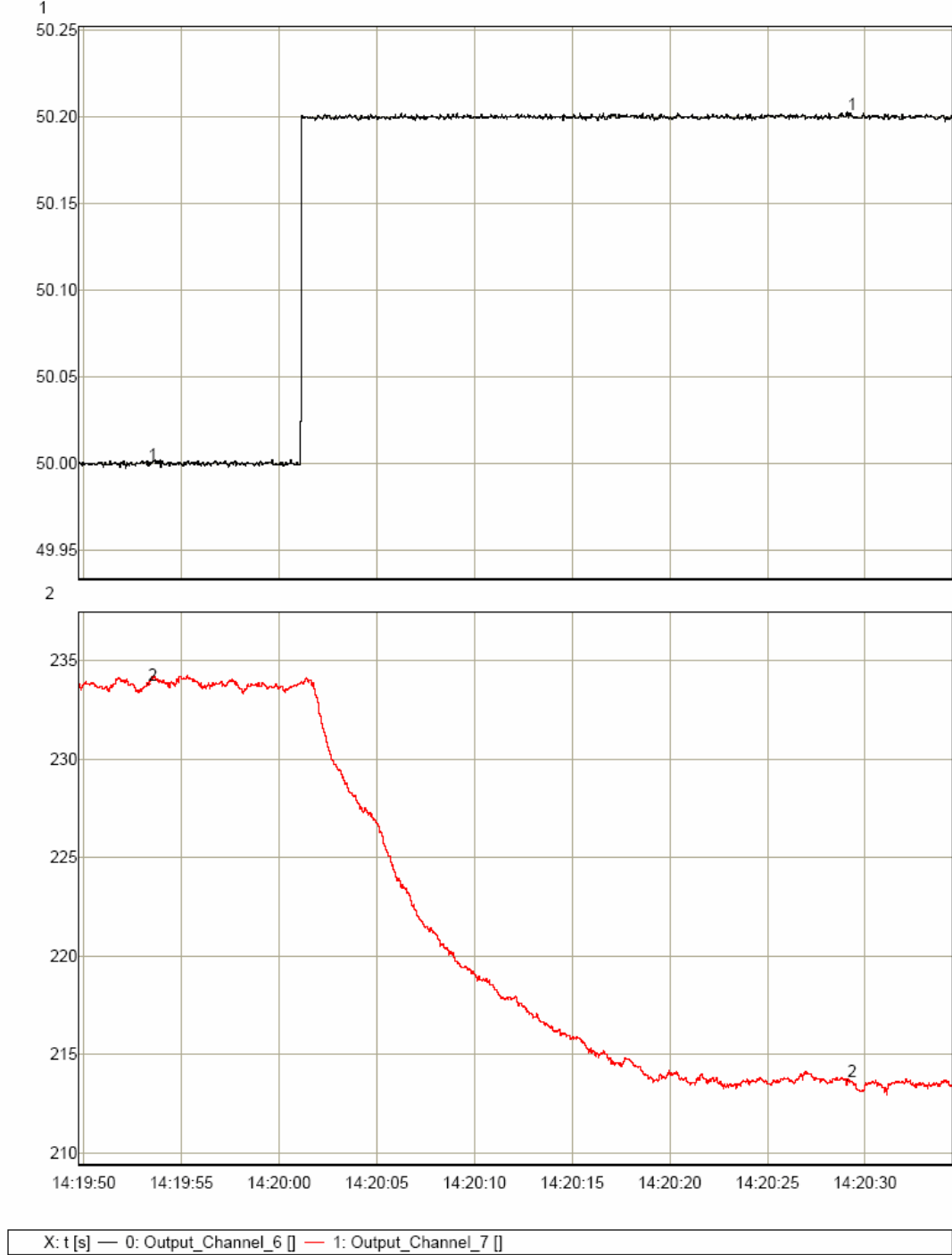
EK-B.10: Minimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük alma)

($P_{set} = 234 \text{ MW}$)



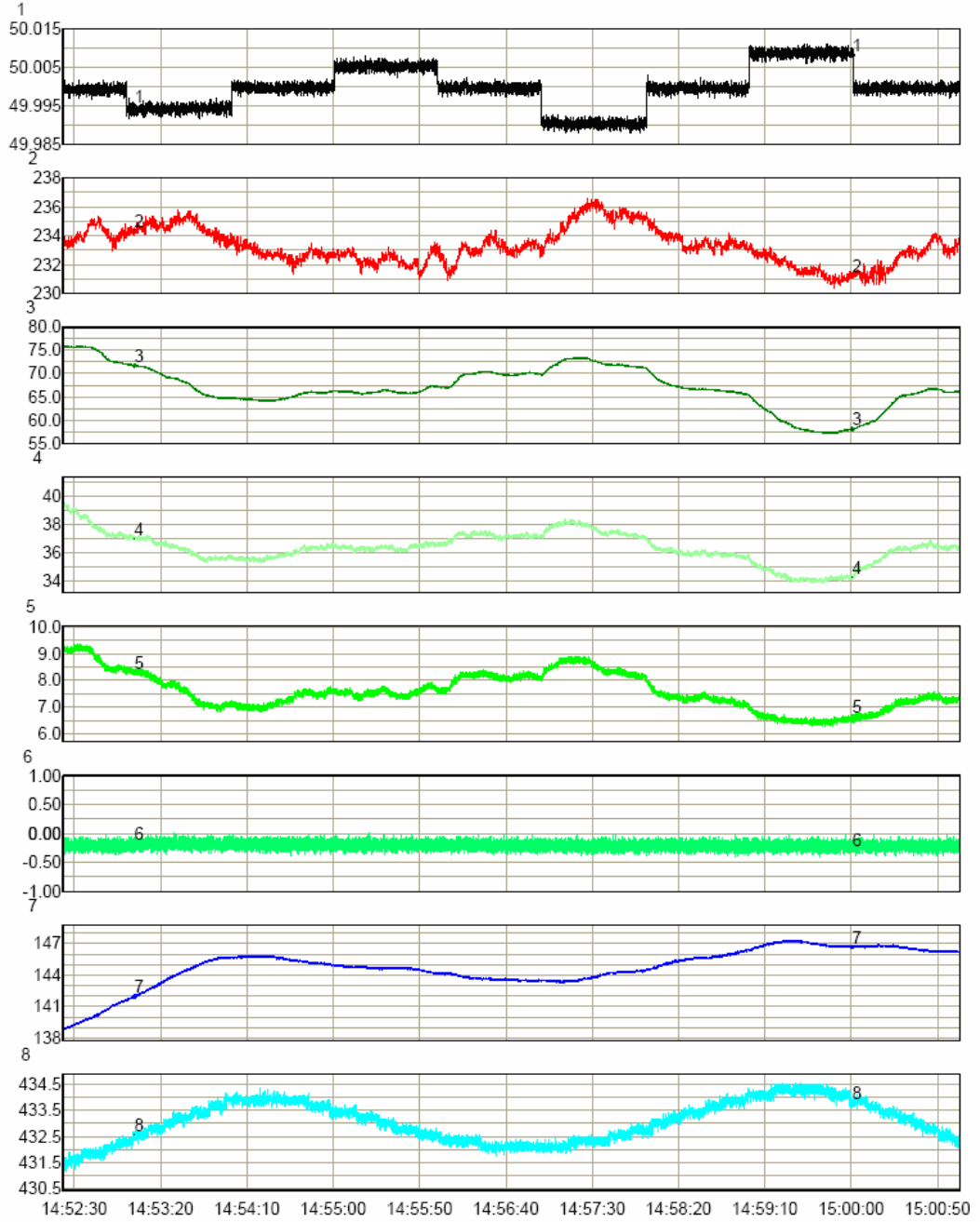
EK-B.11: Minimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük atma)

($P_{set} = 234 \text{ MW}$)



EK-B.12: Minimum çıkış gücü seviyesi hassasiyet testi

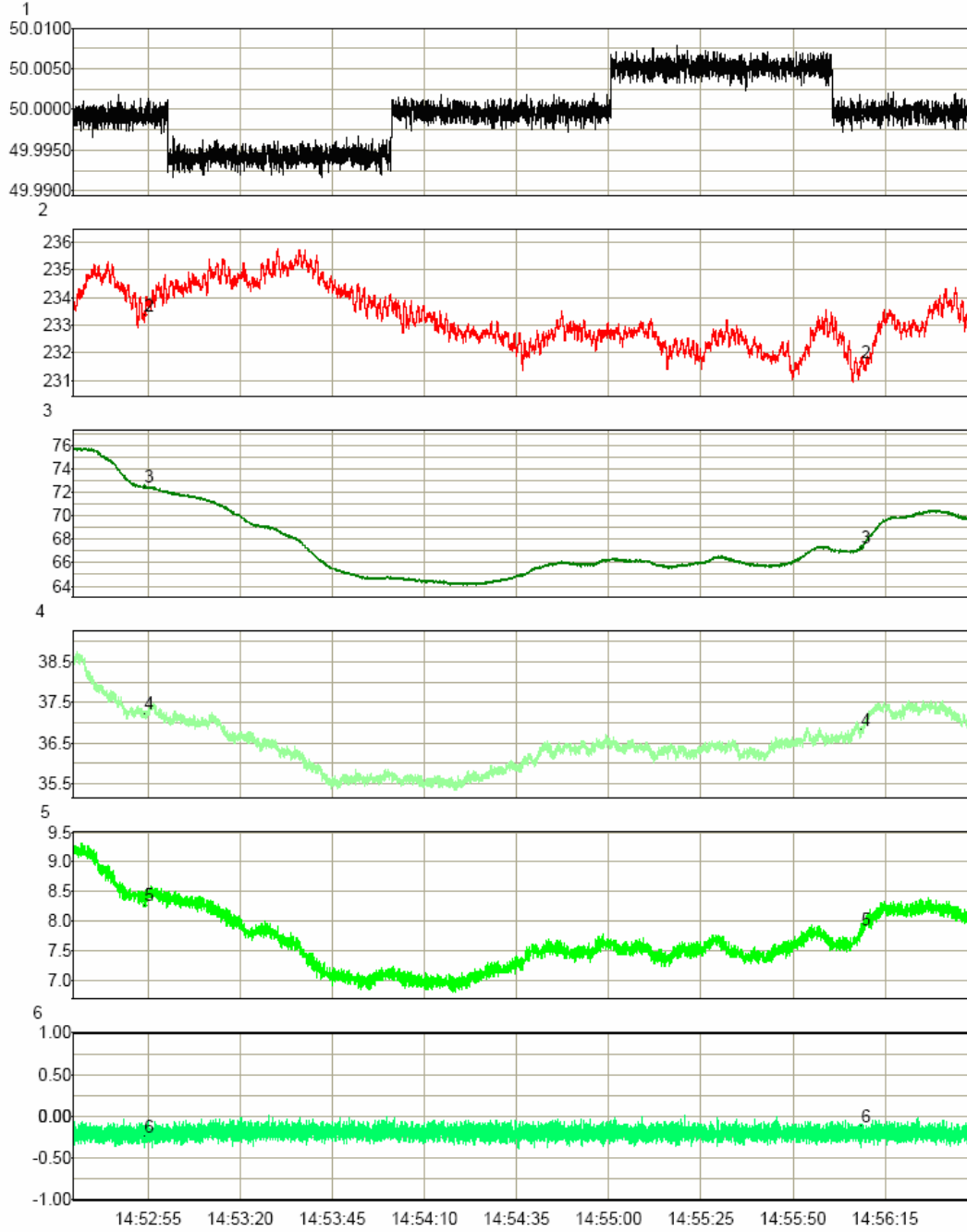
($P_{set} = 234 \text{ MW}$)



X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []

EK-B.13: Minimum çıkış gücü seviyesi ± 5 mHz hassasiyet testi

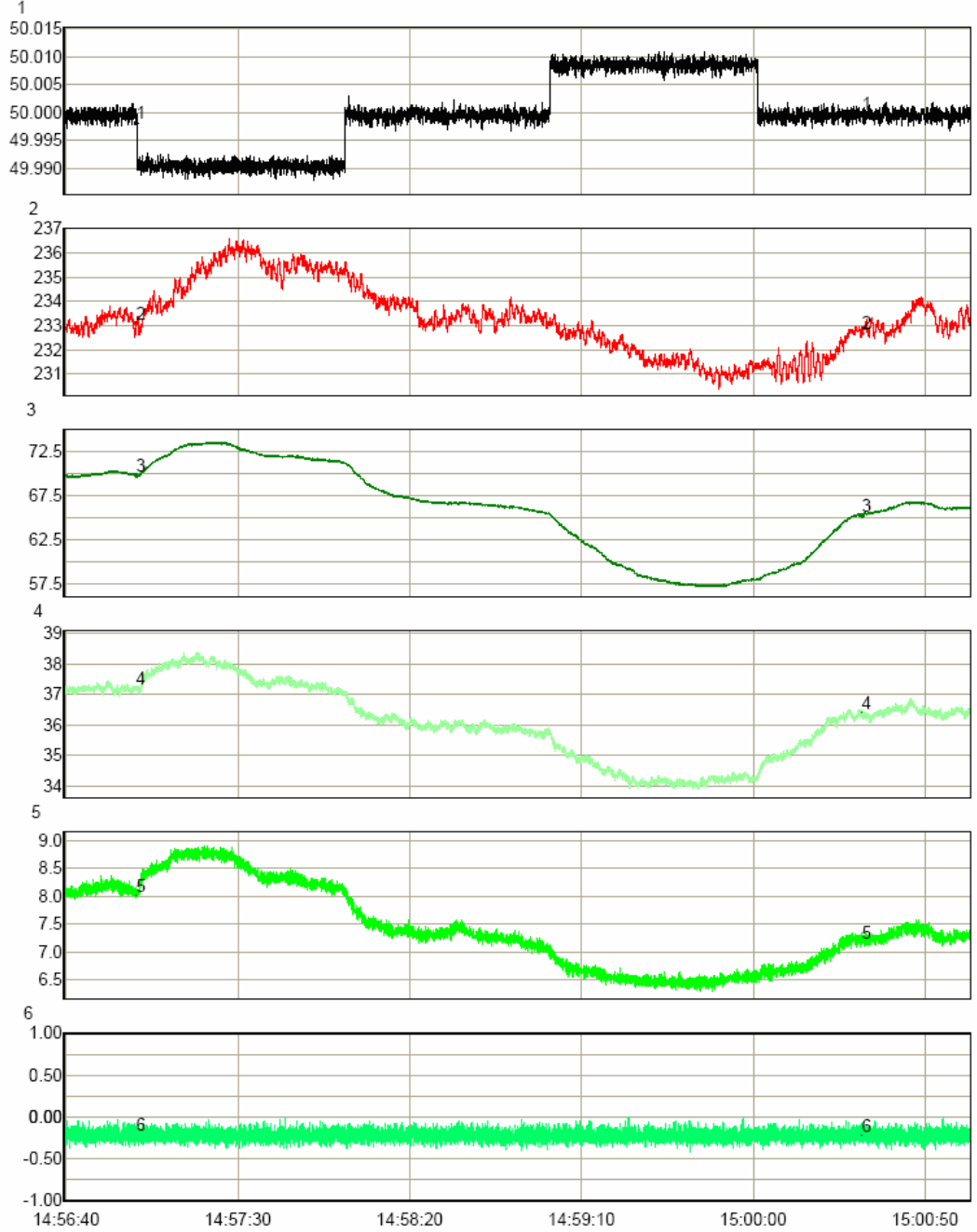
($P_{set} = 234$ MW)



X: t[s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 []

EK-B.14: Minimum çıkış gücü seviyesi ± 10 mHz hassasiyeti testi

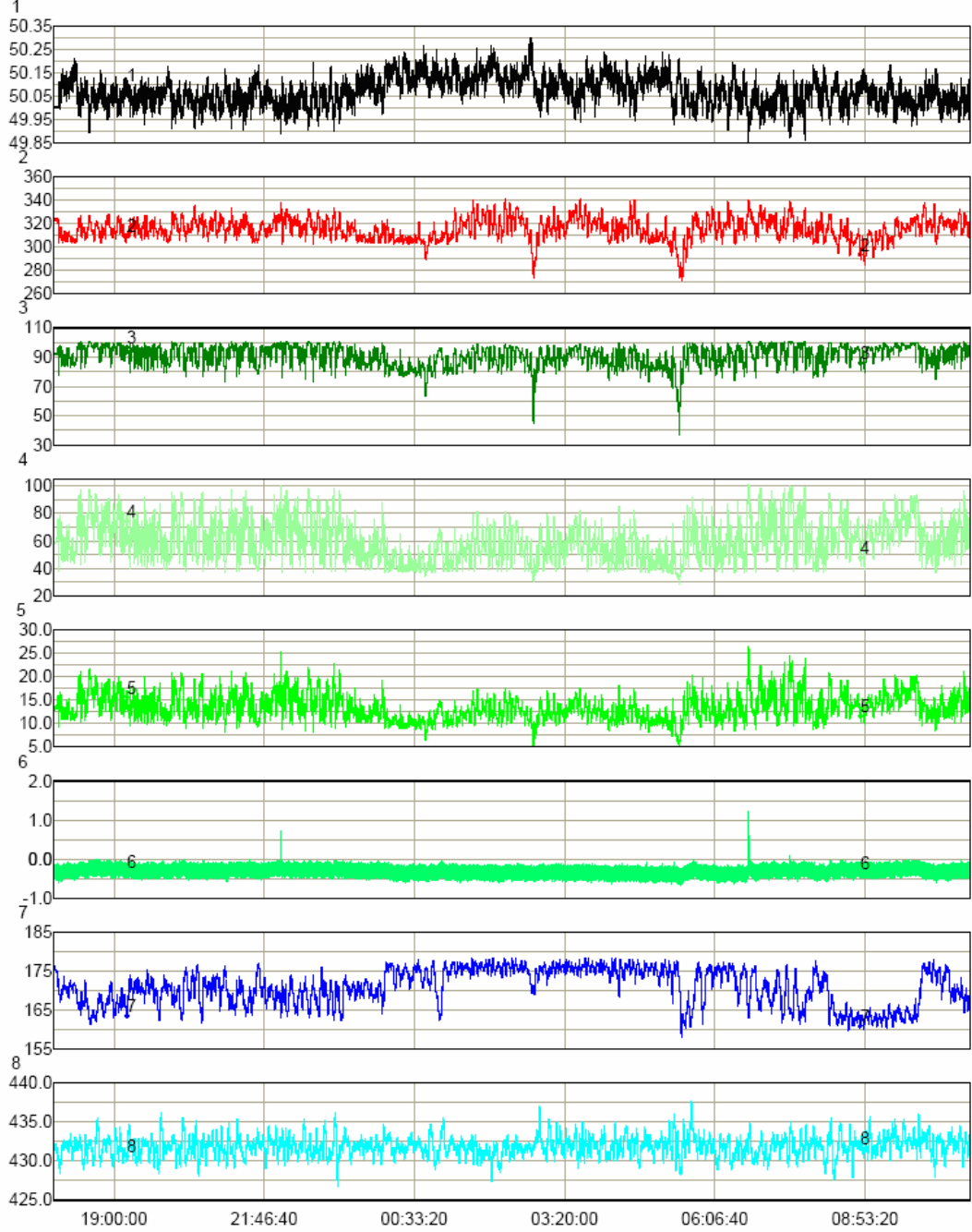
($P_{set} = 234$ MW)



X: t[s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 []

EK-B.15: 24 saatlik doğrulama testi –ilk bölüm

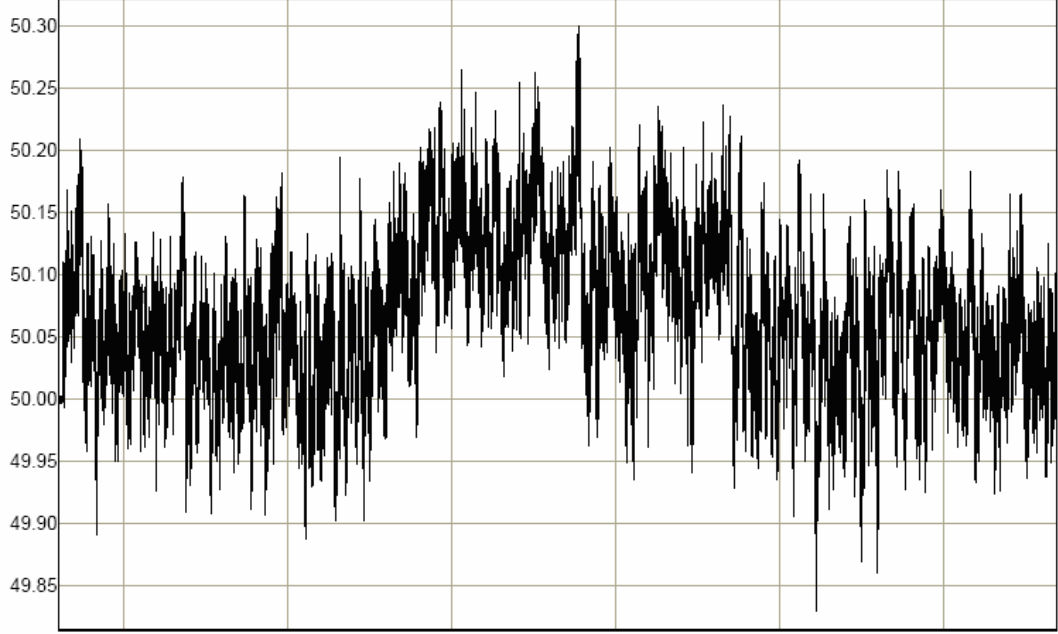
($P_{\text{set}} = 324 \text{ MW}$)



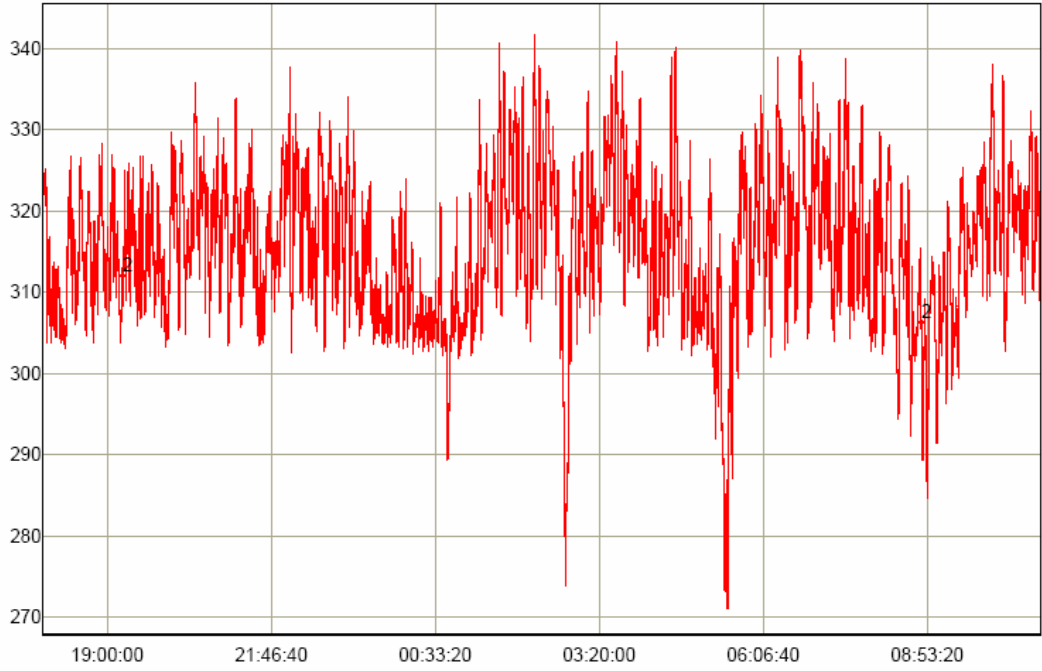
X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []

EK-B.16: 24 saatlik doğrulama testi –ilk bۆlüm (frekans-aktif g¼c)

1

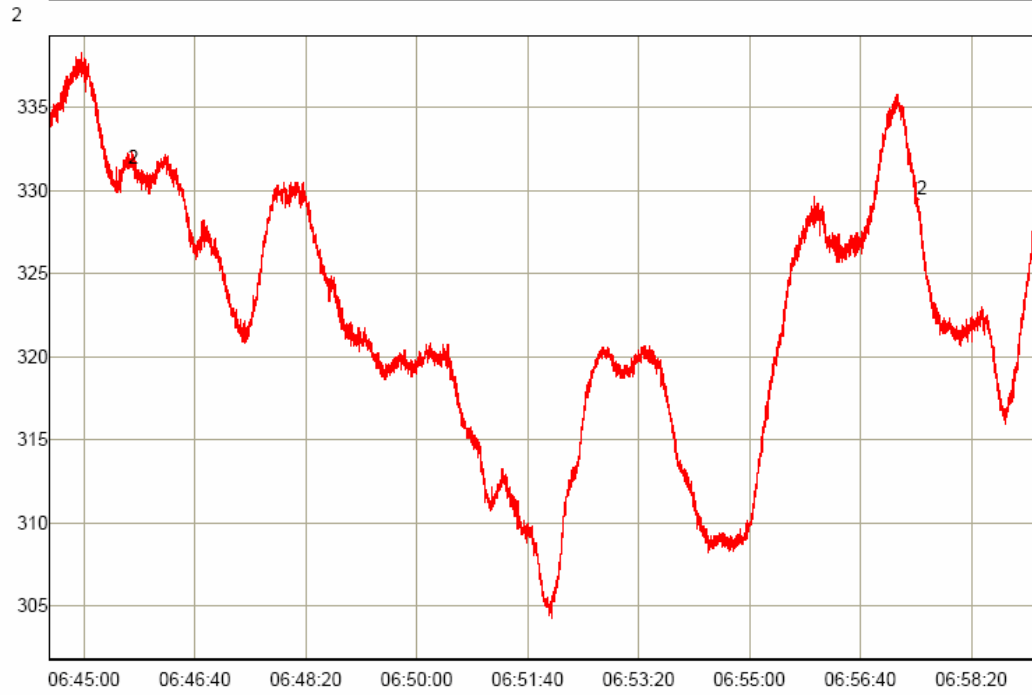
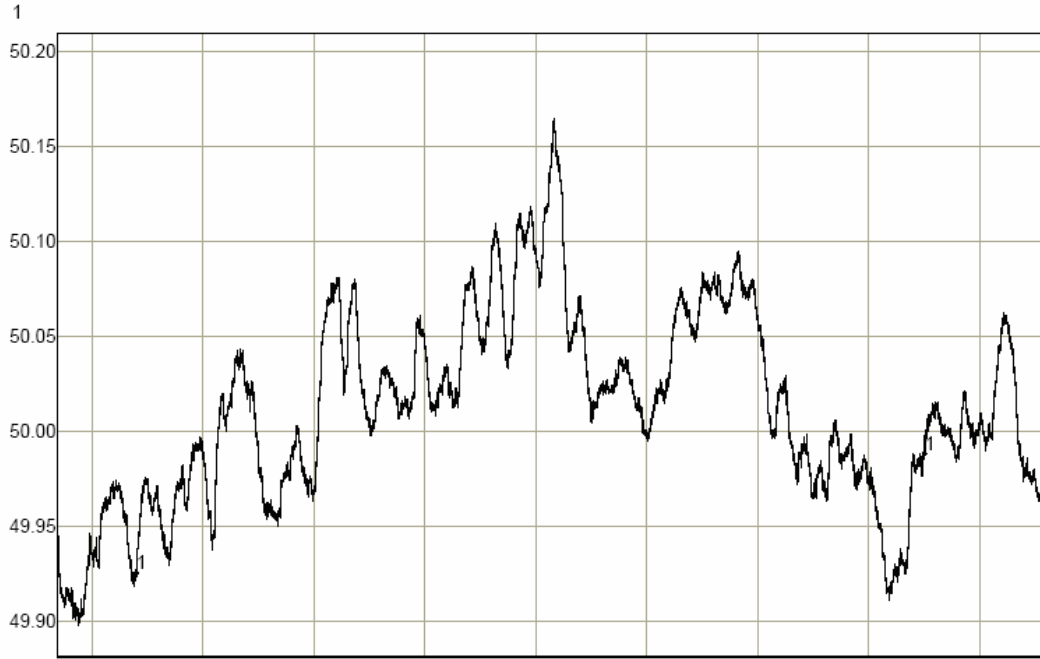


2



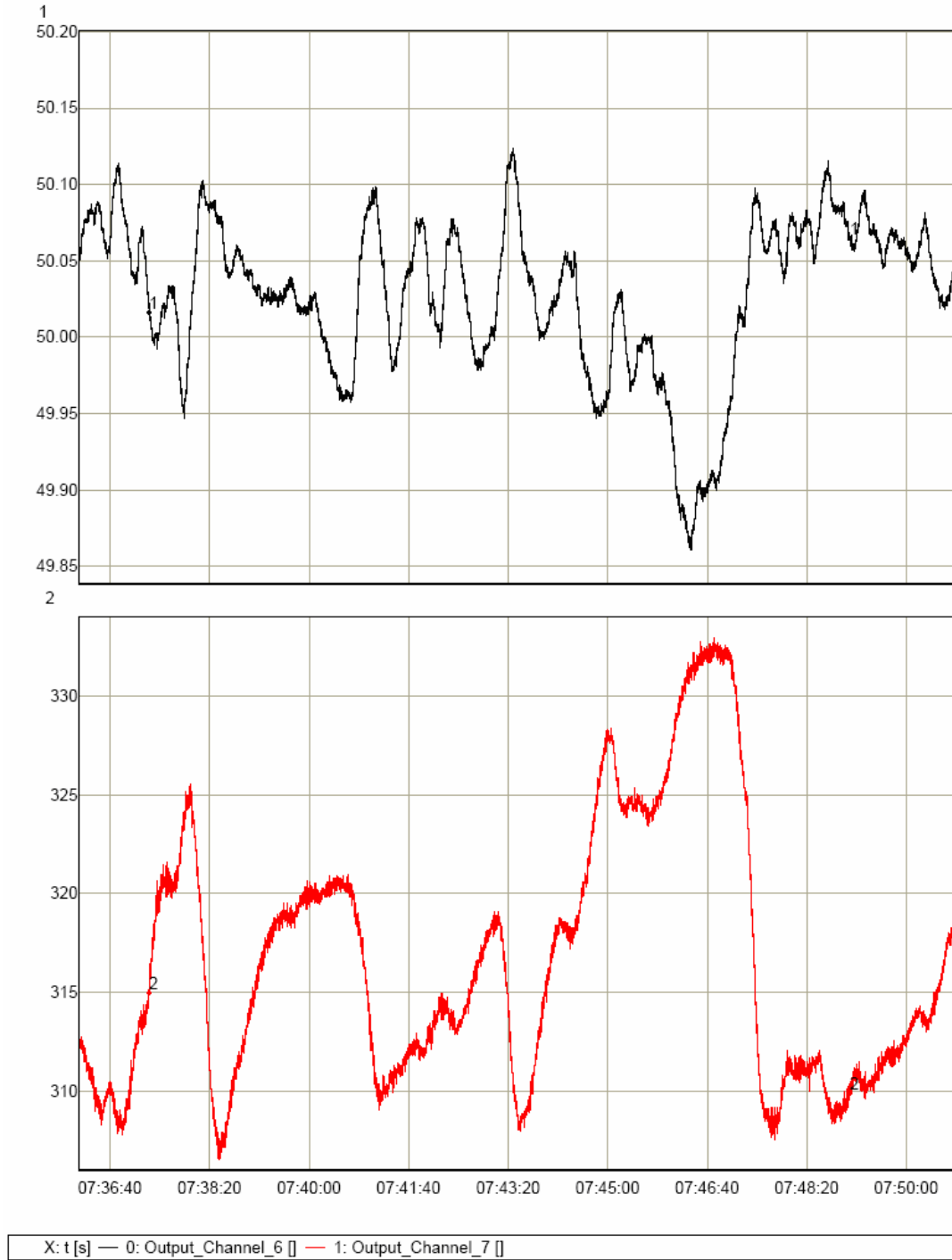
X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 []

EK-B.17: 24 saatlik doğrulama testi –(ilk bölüm)- örnek kayıt 1

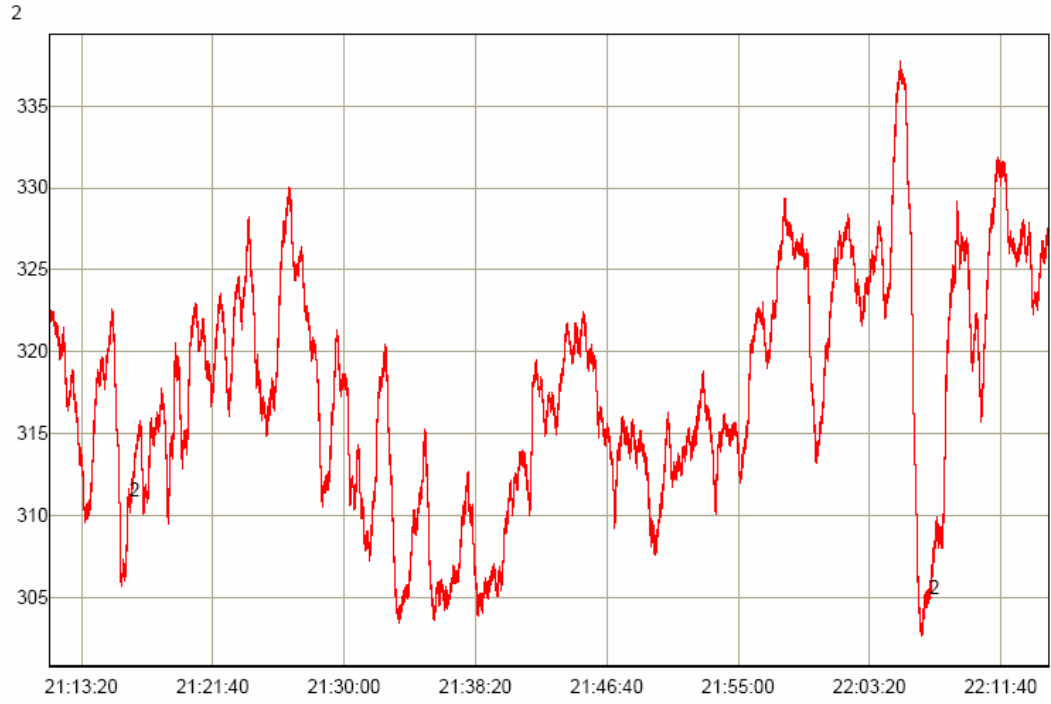
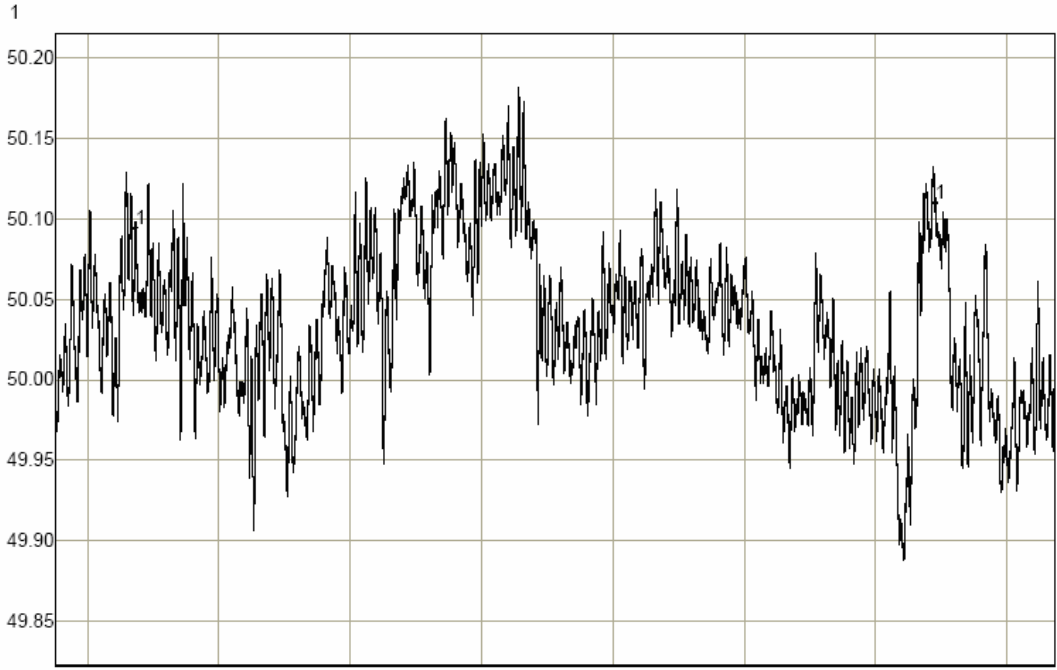


X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 []

EK-B.18: 24 saatlik doğrulama testi –(ilk bölüm)- örnek kayıt 2



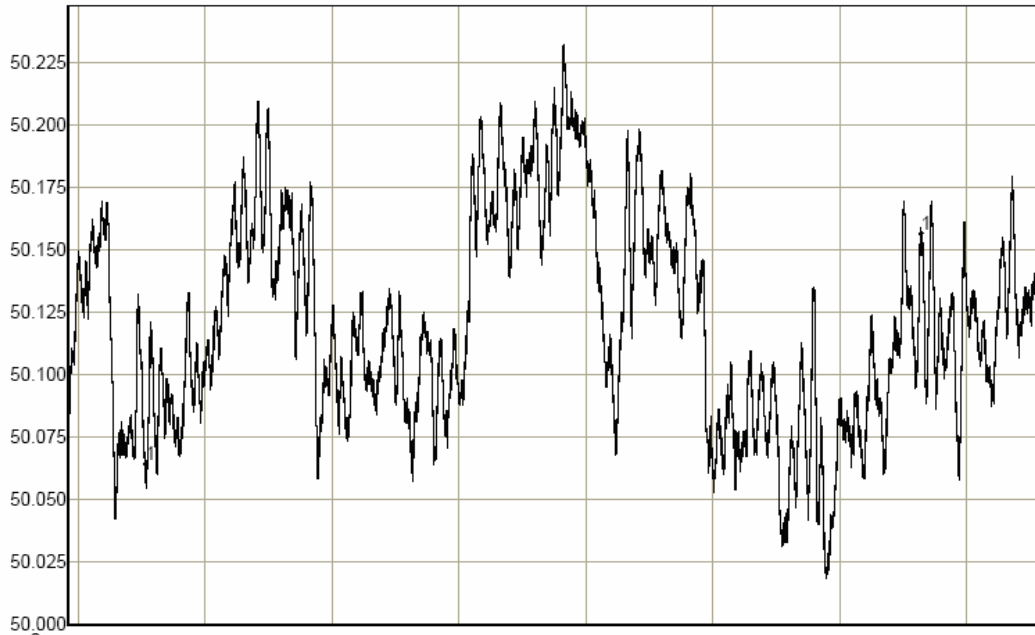
EK-B.19: 24 saatlik doğrulama testi –(ilk bölüm)- örnek kayıt 3



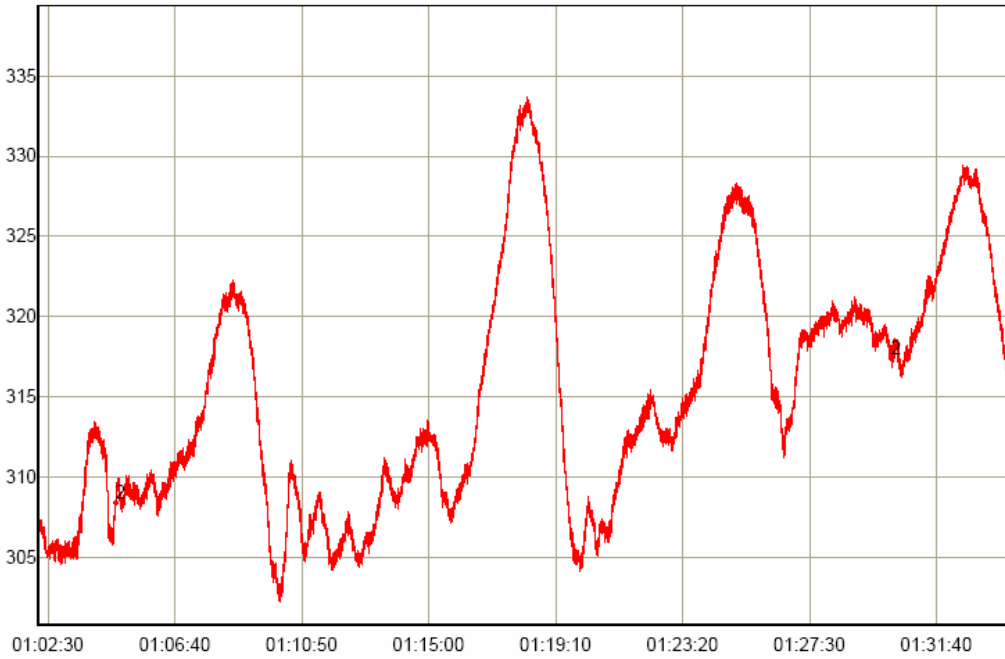
X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 []

EK-B.20: 24 saatlik doğrulama testi –(ilk bölüm)- örnek kayıt 4

1

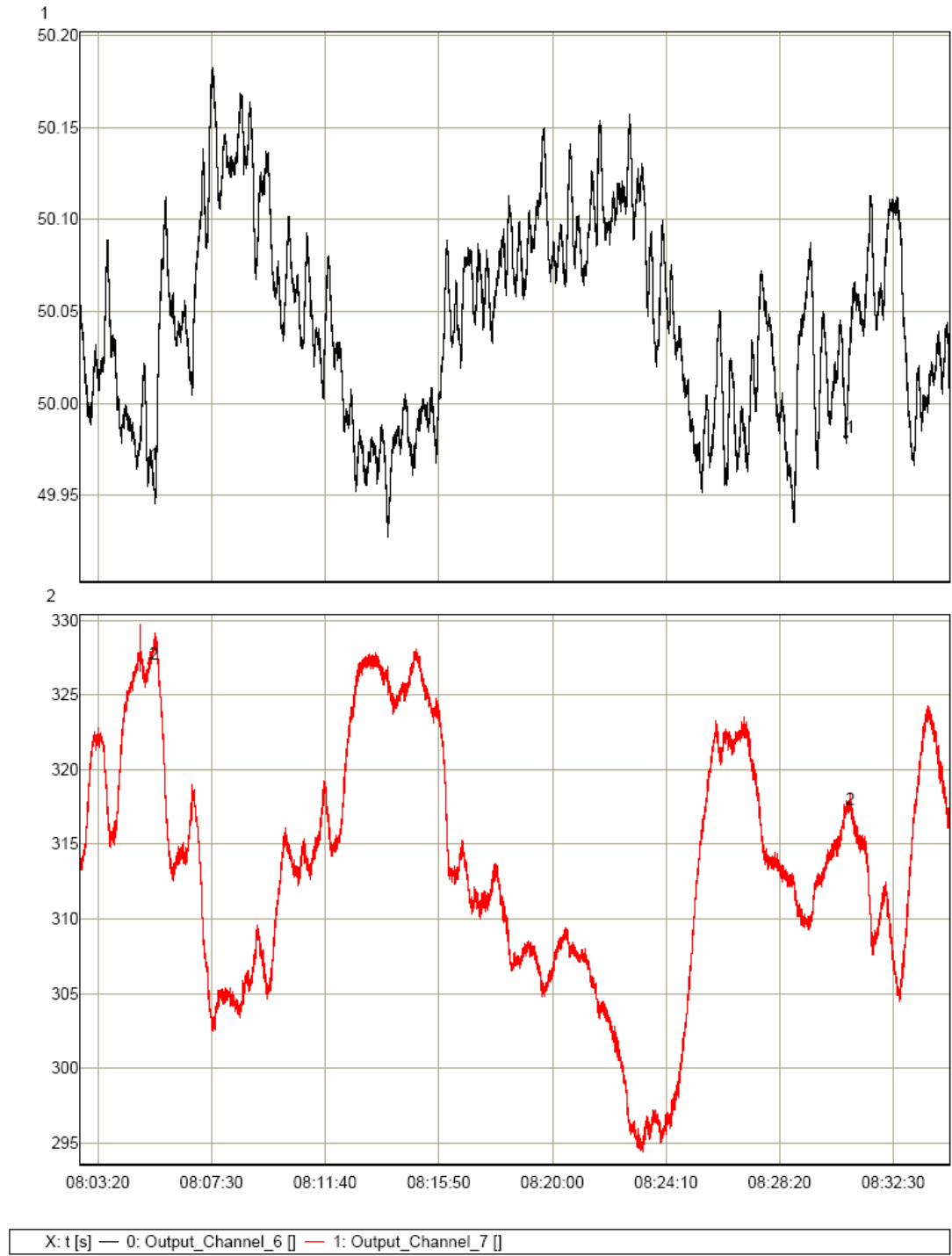


2

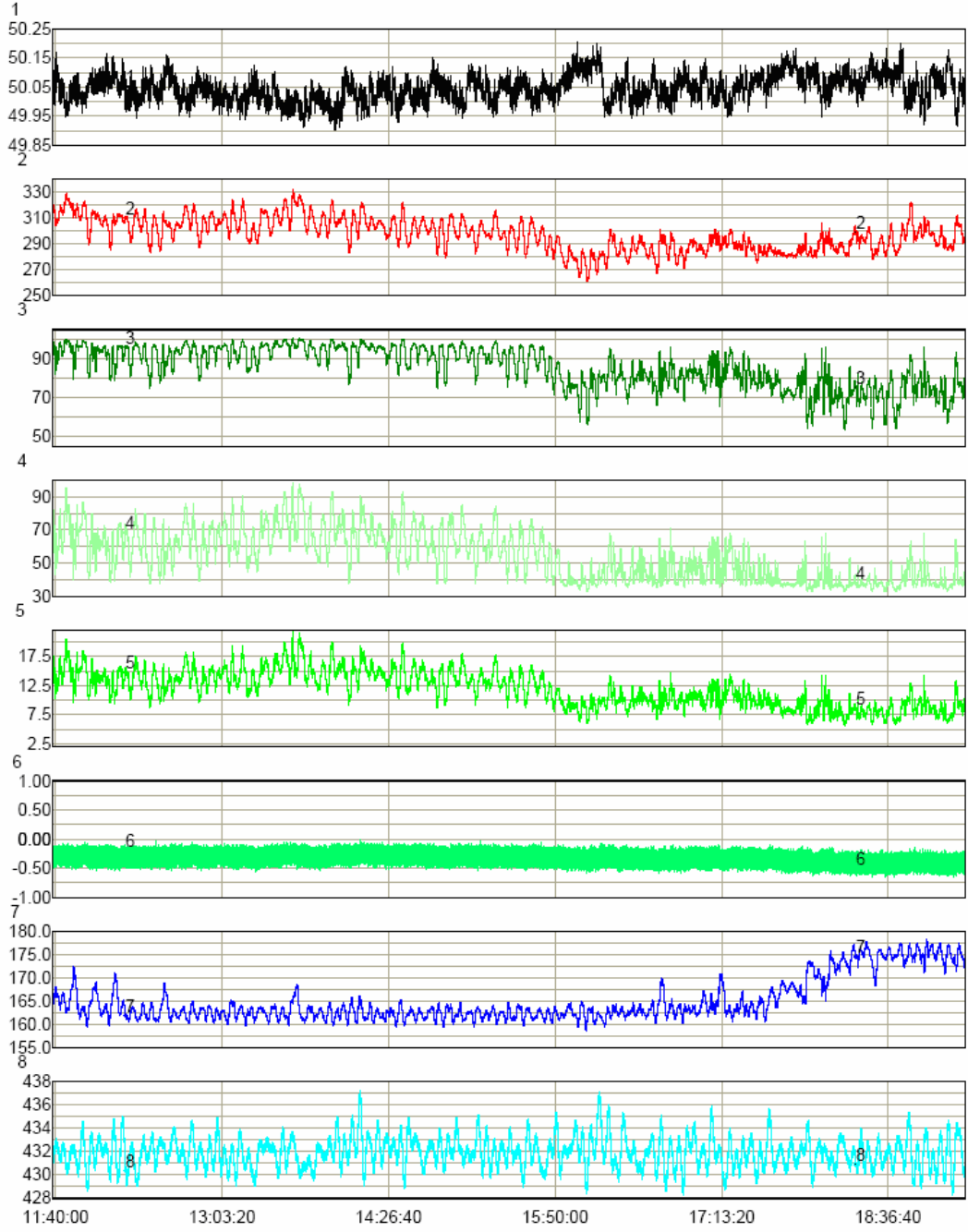


X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 []

EK-B.21: 24 saatlik doğrulama testi –(ilk bölüm)- örnek kayıt 5

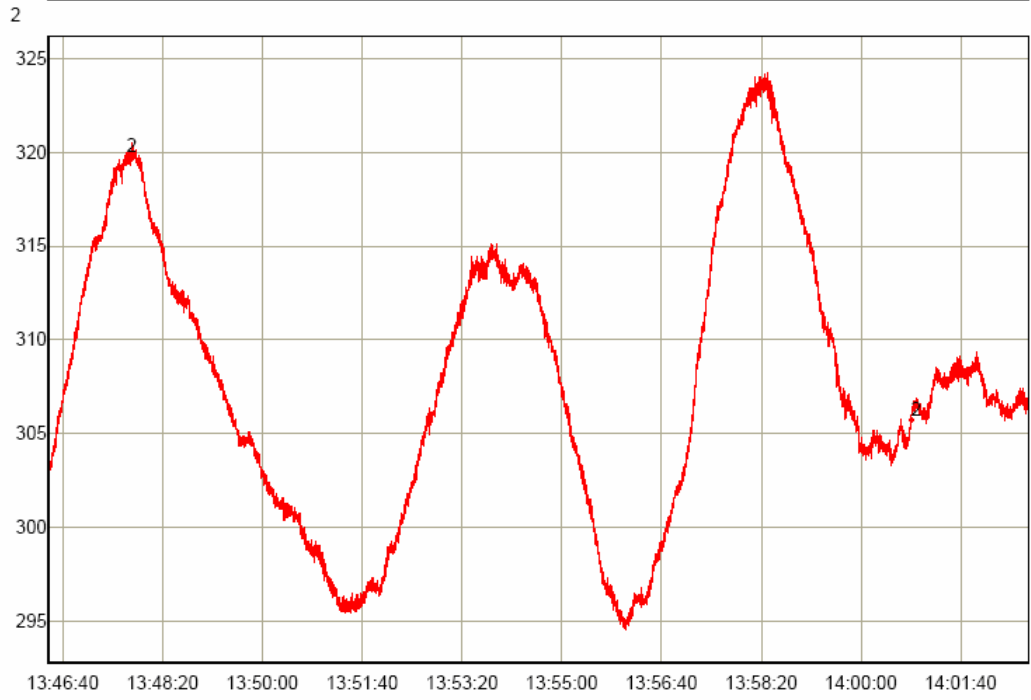
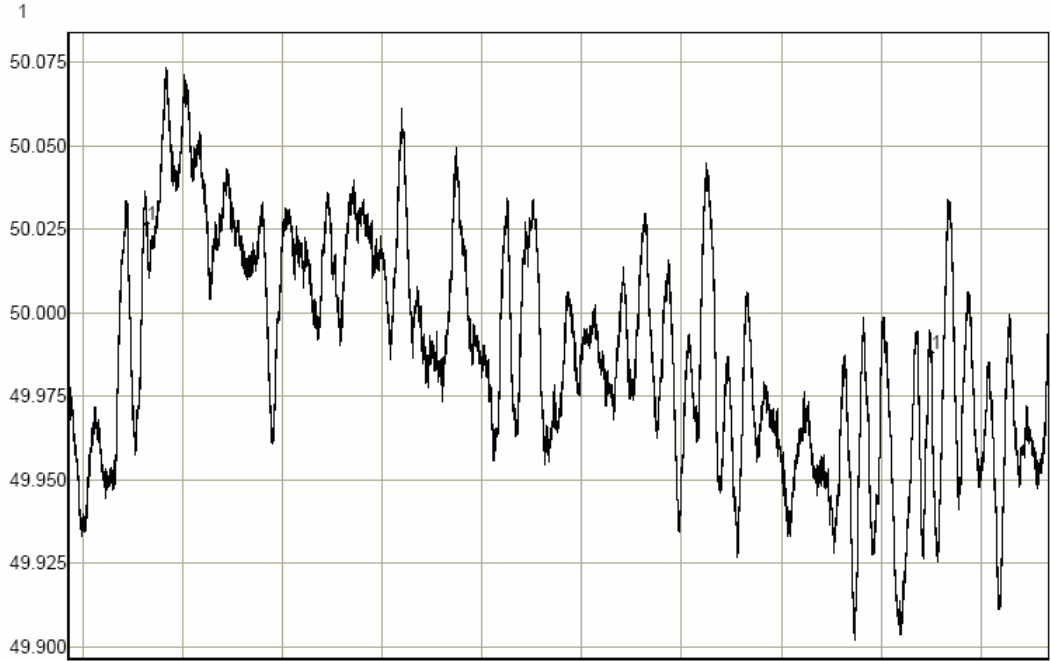


**EK-B.22 : Maksimum çıkış gücü seviyesi 24 saatlik doğrulama testi
(son bölüm)**



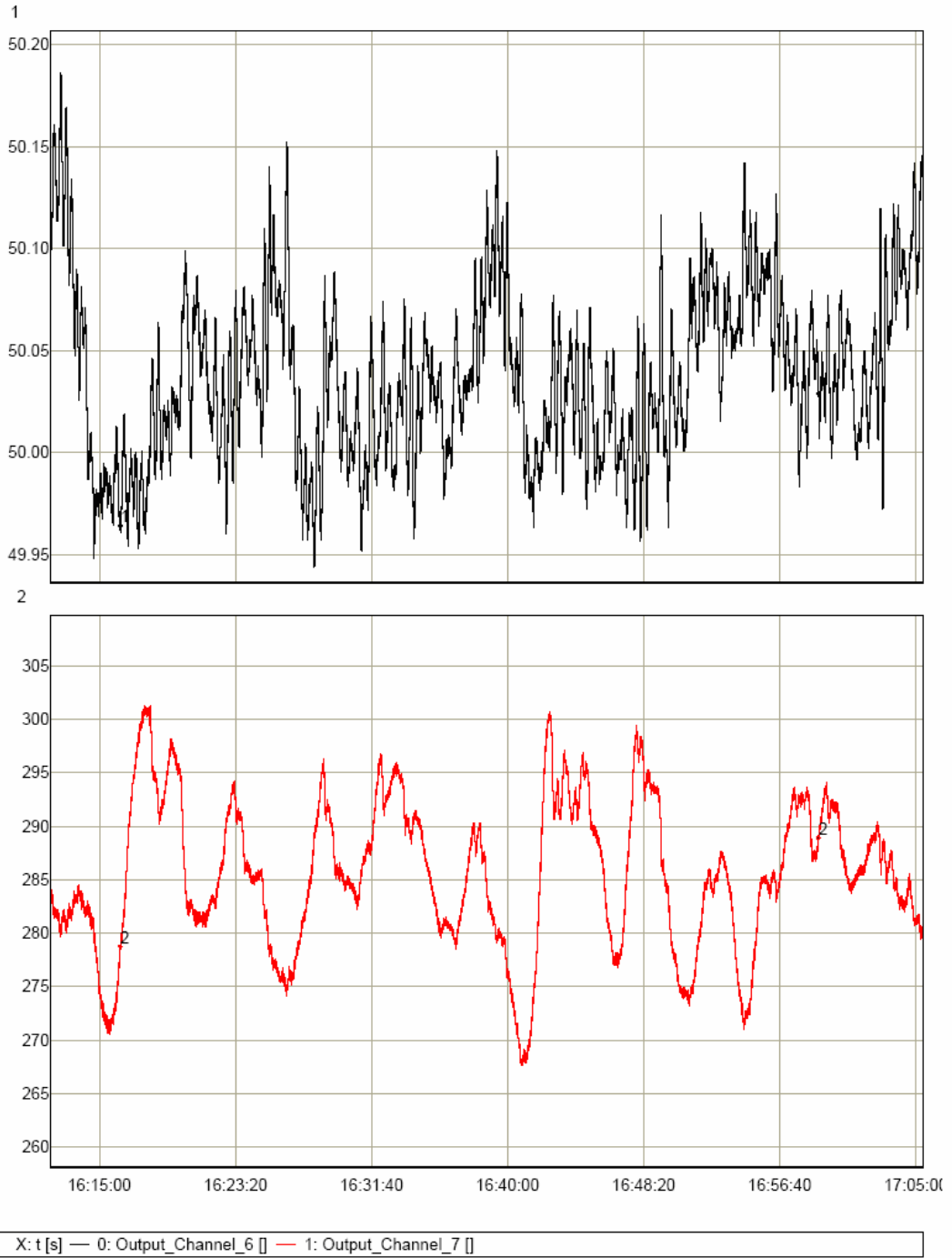
X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []

EK-B.23: 24 saatlik doğrulama testi –(son bölüm) örnek kayıt-1

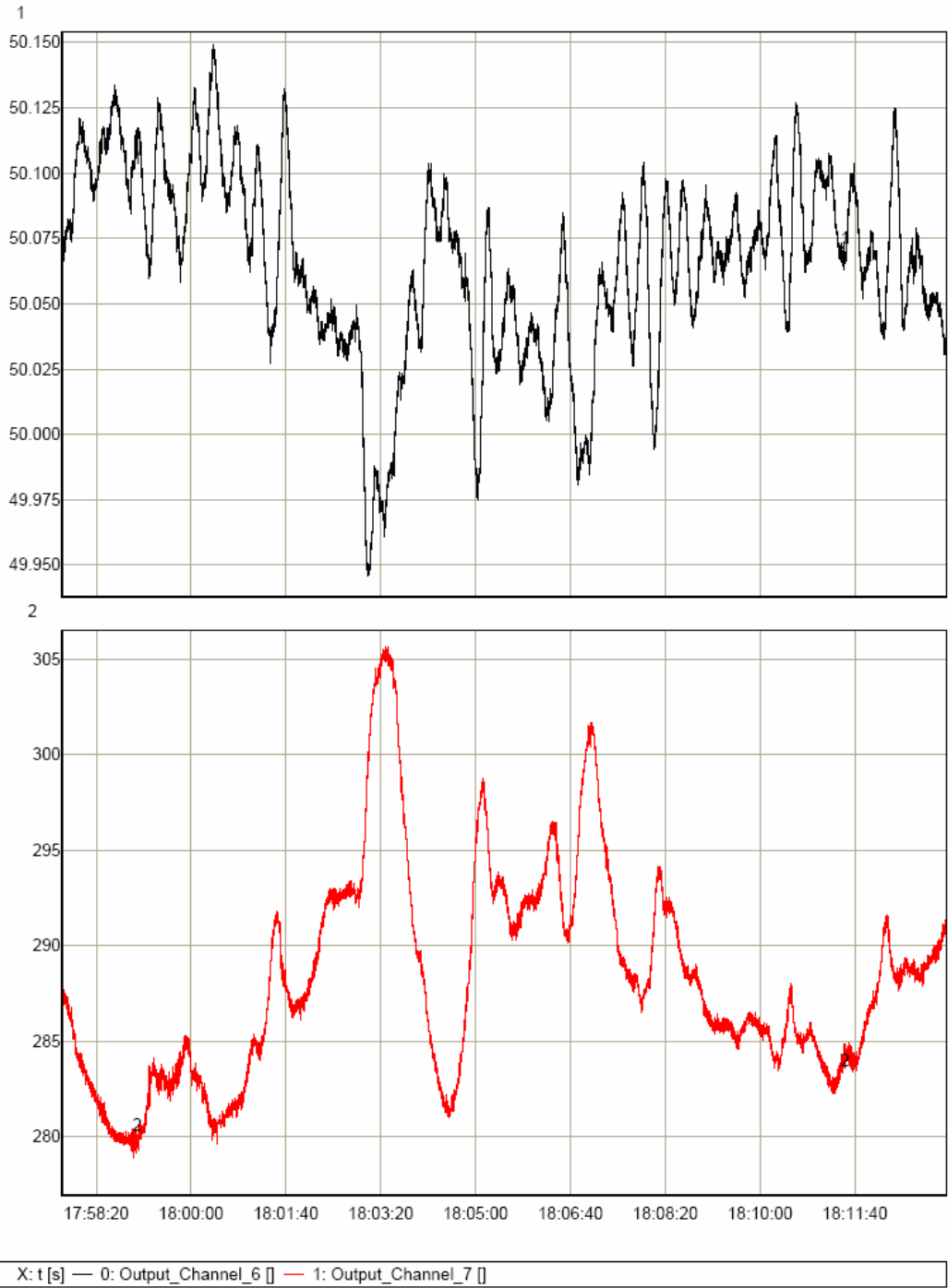


X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 []

EK-B.24: 24 saatlik doğrulama testi –(son bölüm) örnek kayıt-2

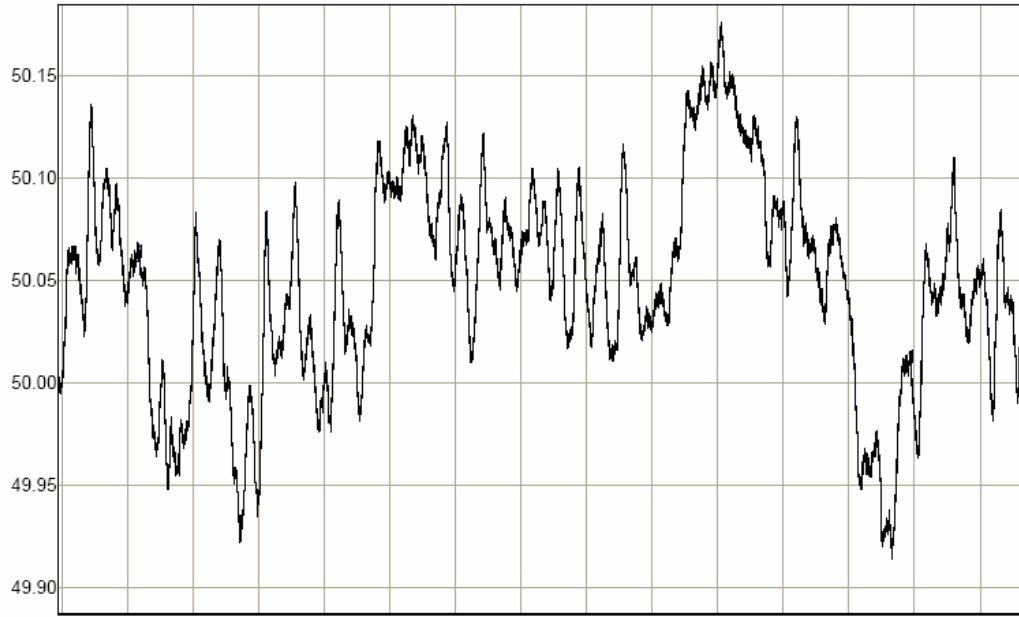


EK-B.25: 24 saatlik doğrulama testi –(son b6l6m) 6rnek kayıt-3

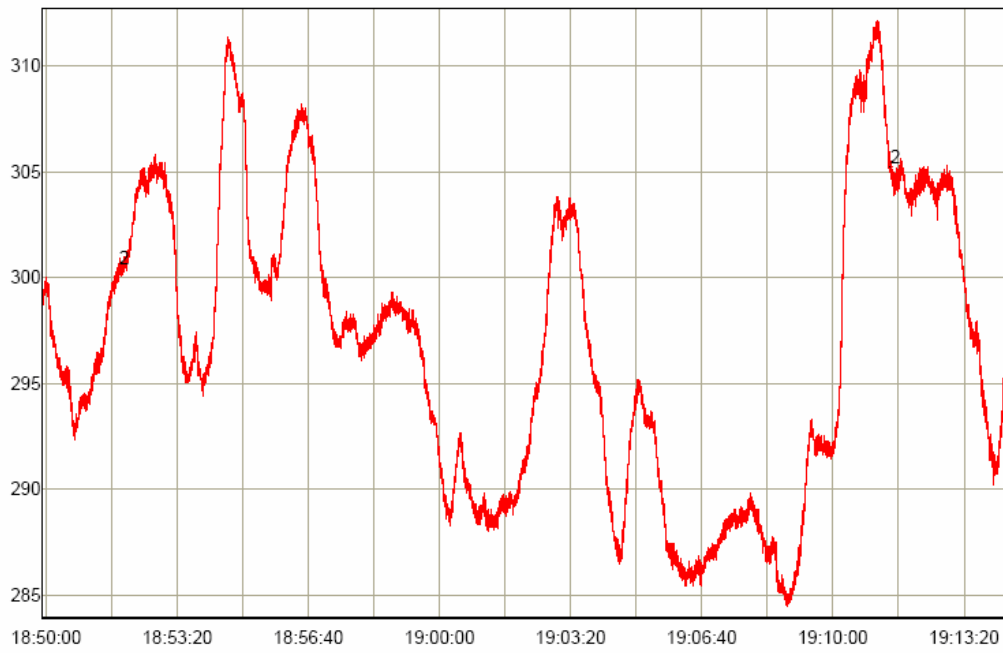


EK-B.26: 24 saatlik doğrulama testi –(son bölüm) örnek kayıt-4

1

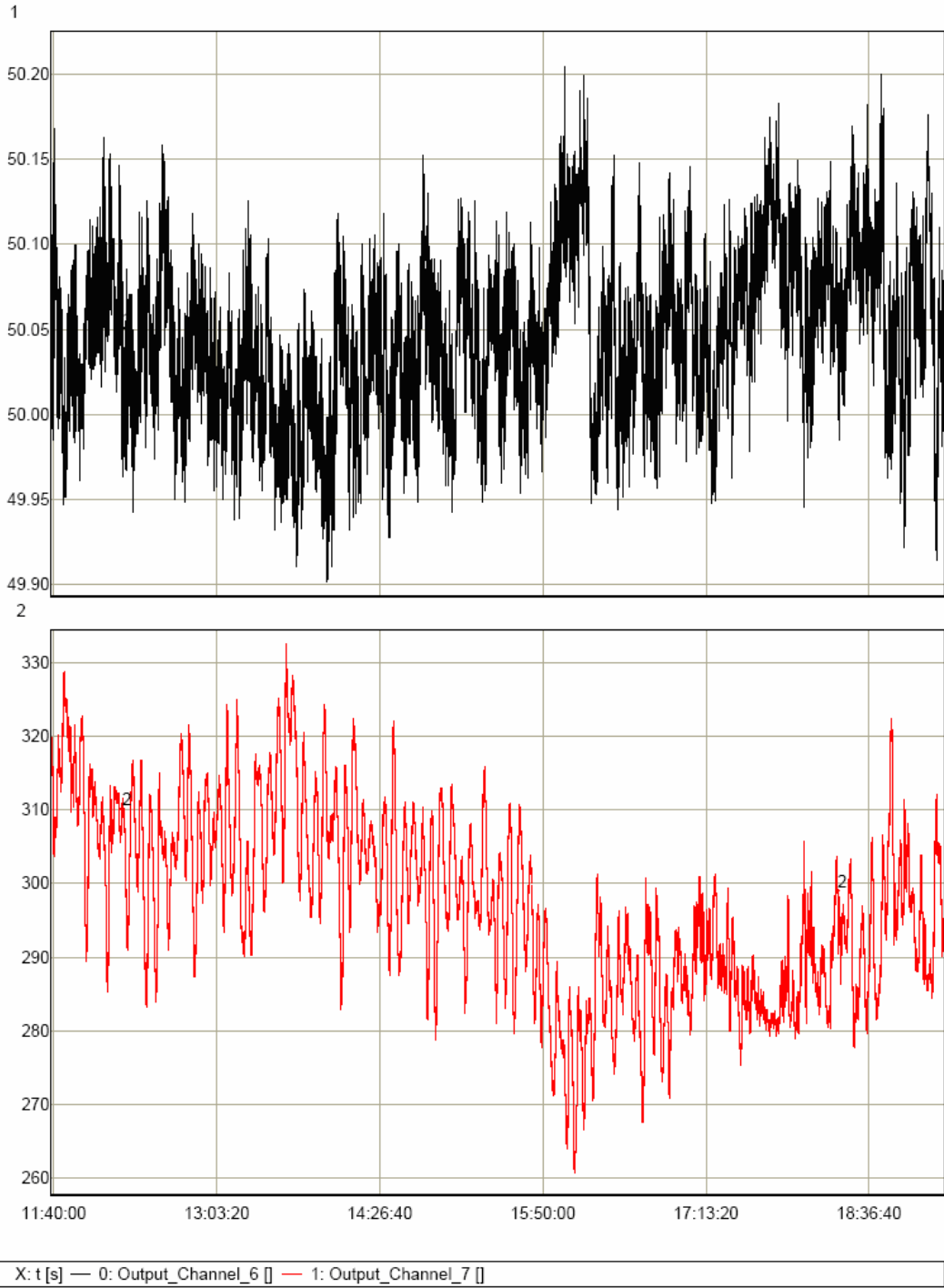


2

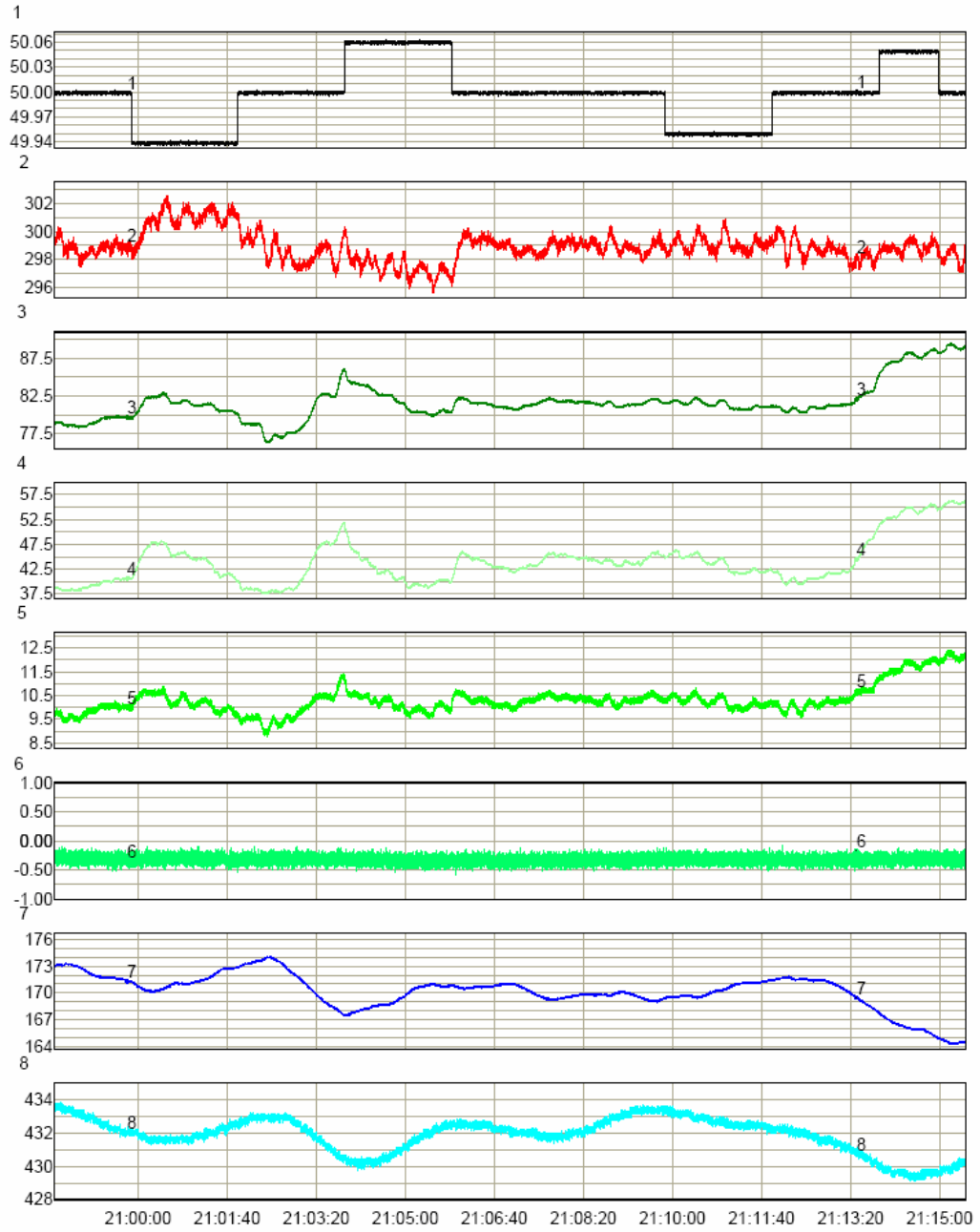


X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 []

EK-B.27: 24 saatlik doğrulama testi –(frekans-aktif güç)

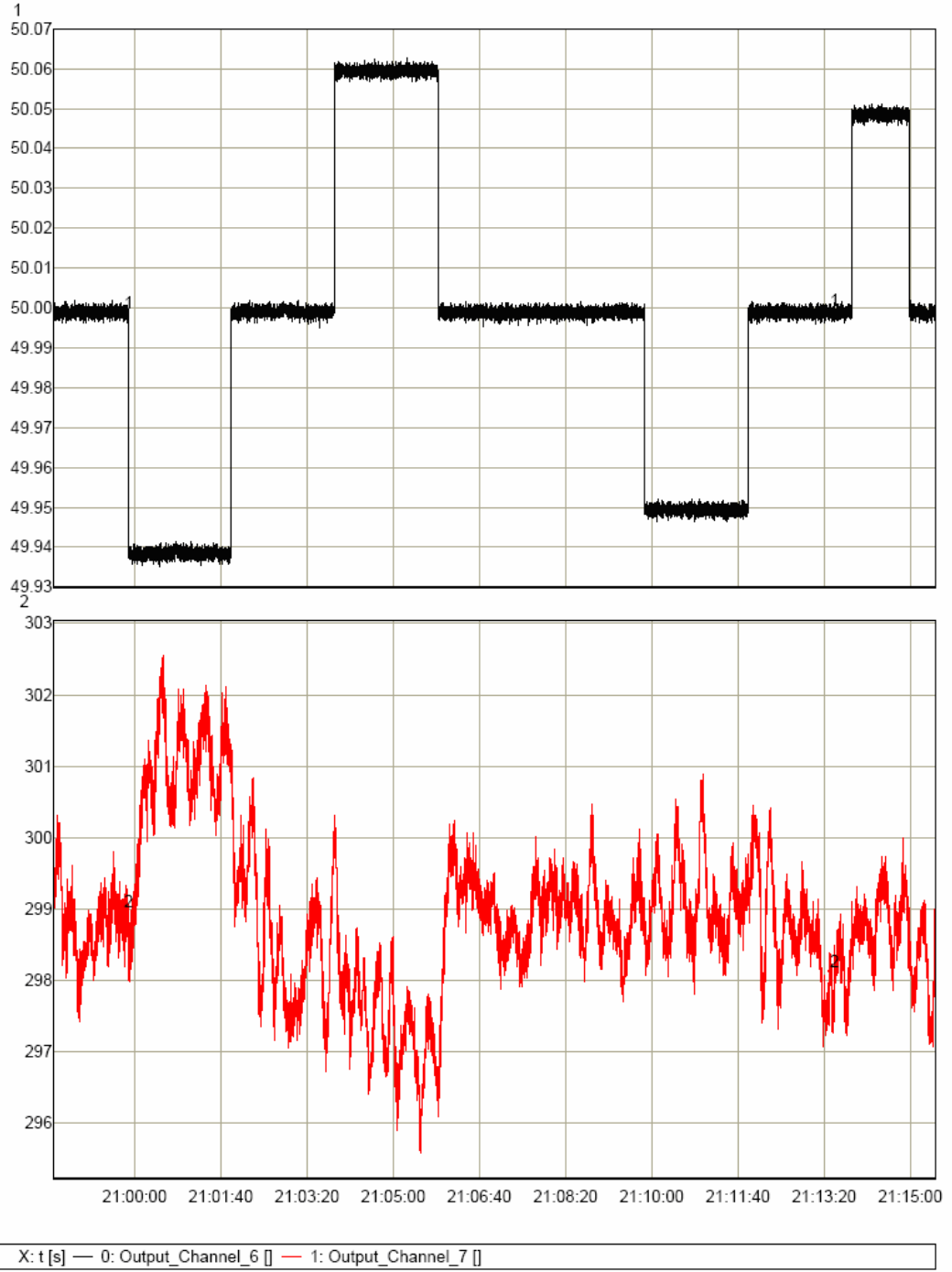


EK-B.28: Ölü bant tespit testi












X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []

EK-B.29: Ölü bant tespit testi (yük alma yük atma)



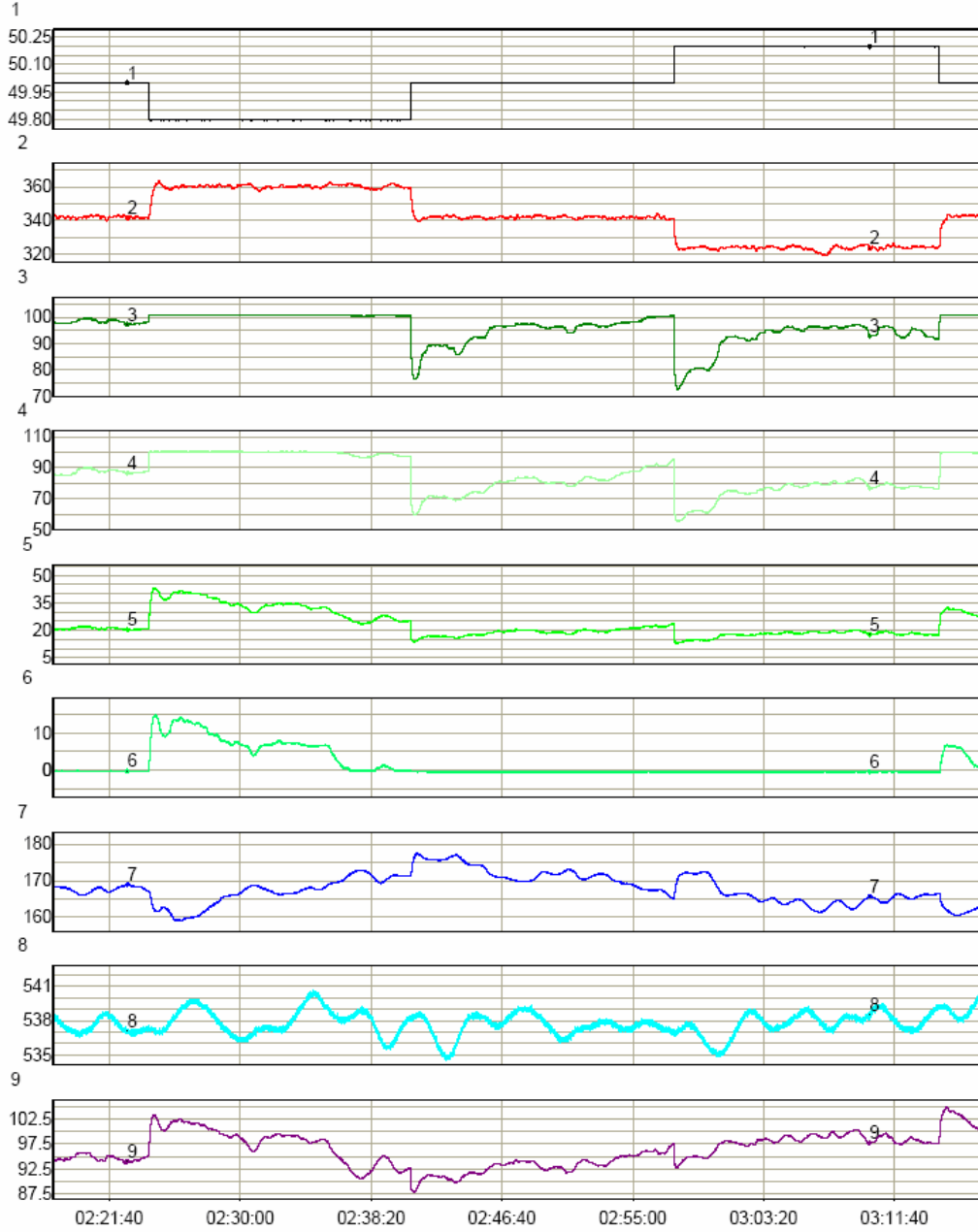
EK-C: Afşin-Elbistan B termik santralı ünite-3 primer frekans kontrolü performans testleri

GRAFİK SEMBOLLERİ

	1 : Output_Channel_6	: Frekans (Hz)
	2 : Output_Channel_7	: Aktif Güç (MW)
	3 : Output_Channel_8	: Regulator Vana-1 Pozisyonu (%)
	4 : Output_Channel_9	: Regulator Vana-2 Pozisyonu (%)
	5 : Output_Channel_10	: Regulator Vana-3 Pozisyonu (%)
	6 : Output_Channel_11	: Regulator Vana-4 Pozisyonu (%)
	7 : Output_Channel_12	: Buhar Basinci (bar)
	8 : Output_Channel_13	: Buhar Sicakligi (°C)
	9 : Output_Channel_14	: Toplam Talep (%)

EK-C.1: Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi

($P_{set} = 342 \text{ MW}$)

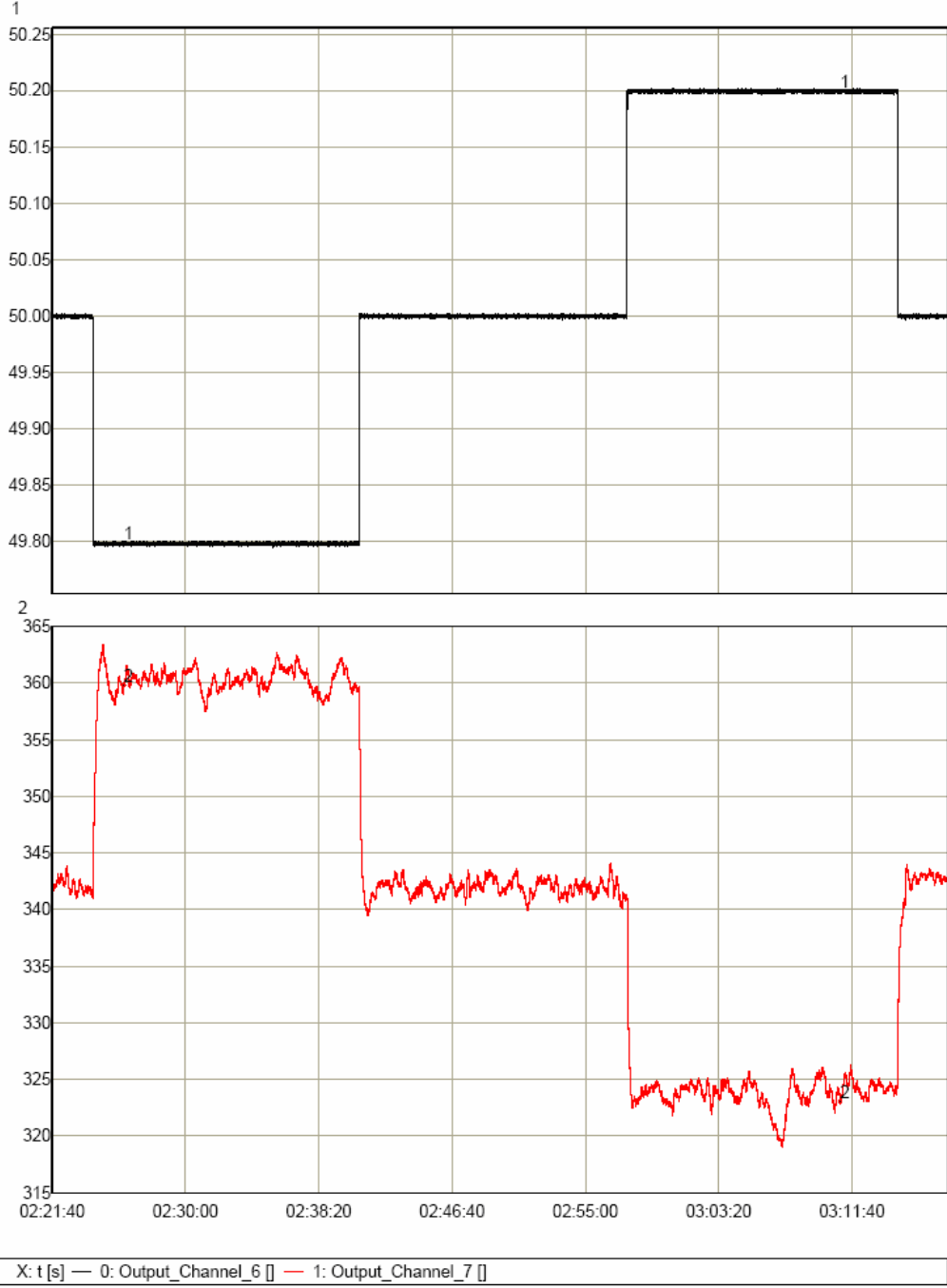


X: t[s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []
— 8: Output_Channel_14 []

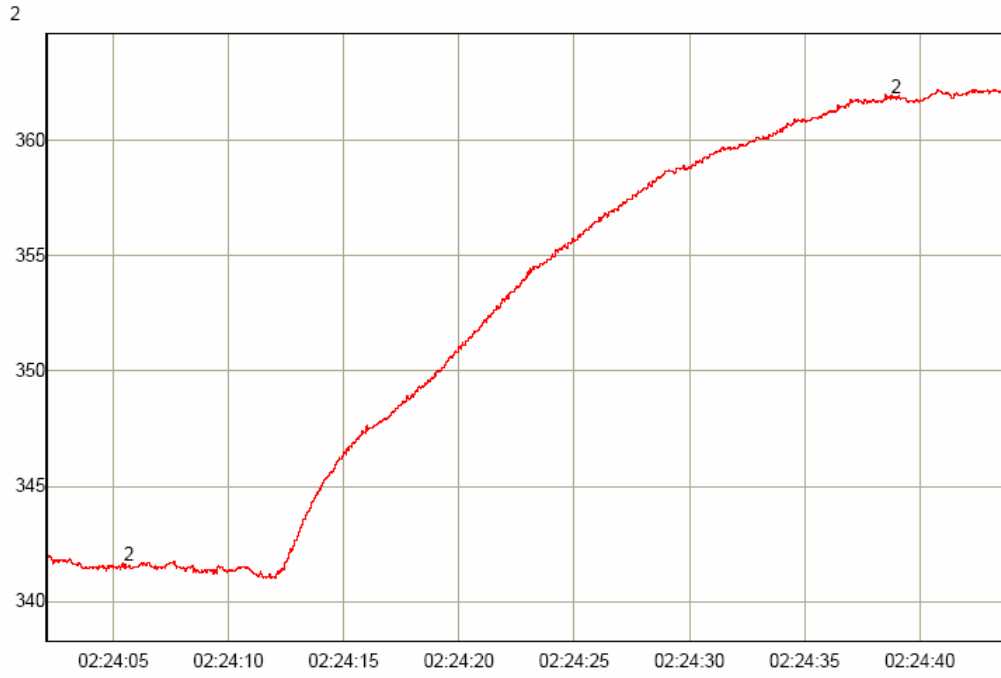
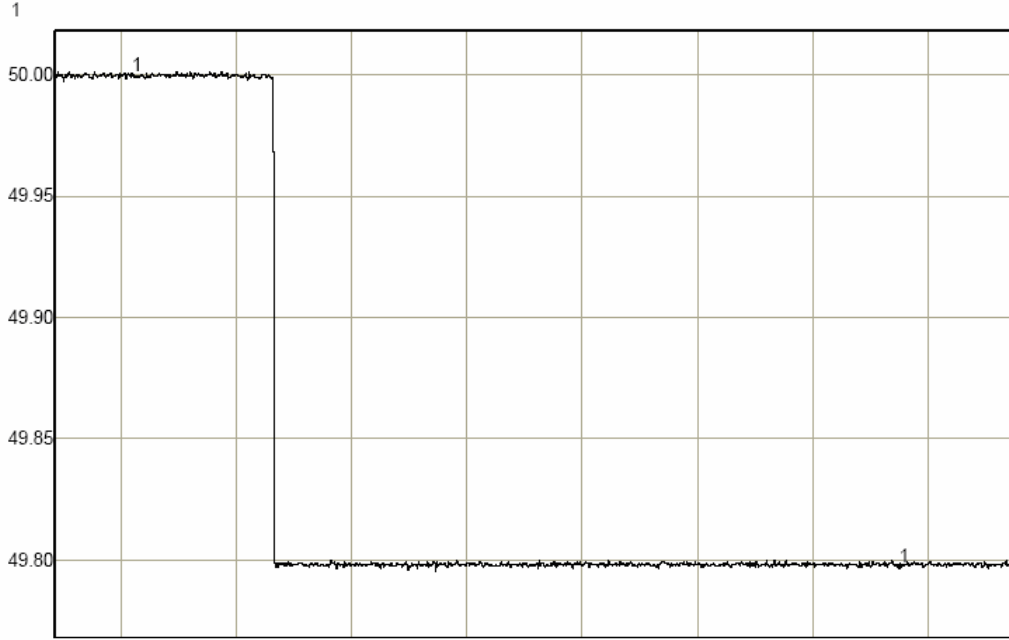
X: t[s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 []

EK-C.2: Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük alıp - yük atma)

($P_{set} = 342 \text{ MW}$)

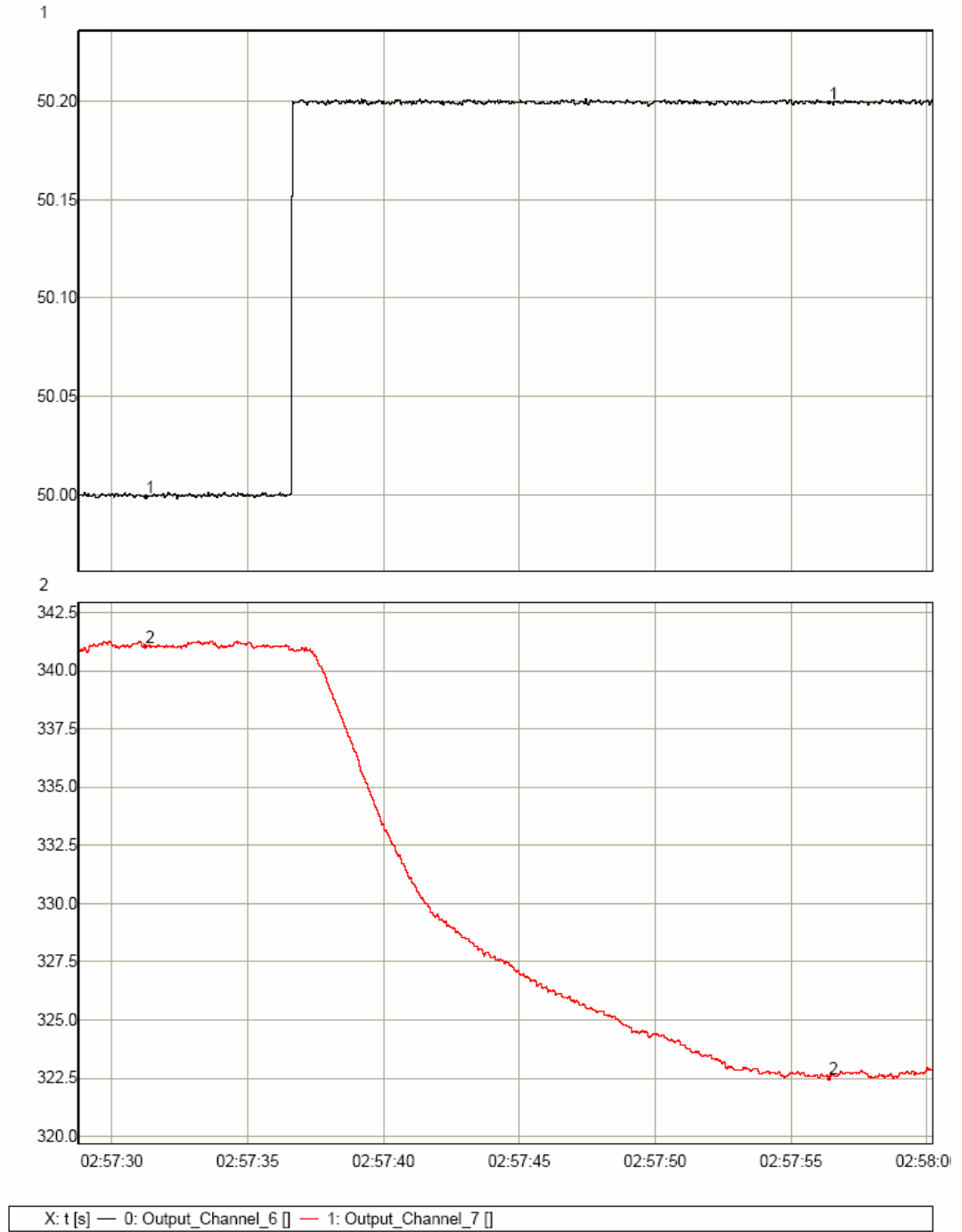


EK-C.3: maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük alma)
($P_{set} = 342$ MW)



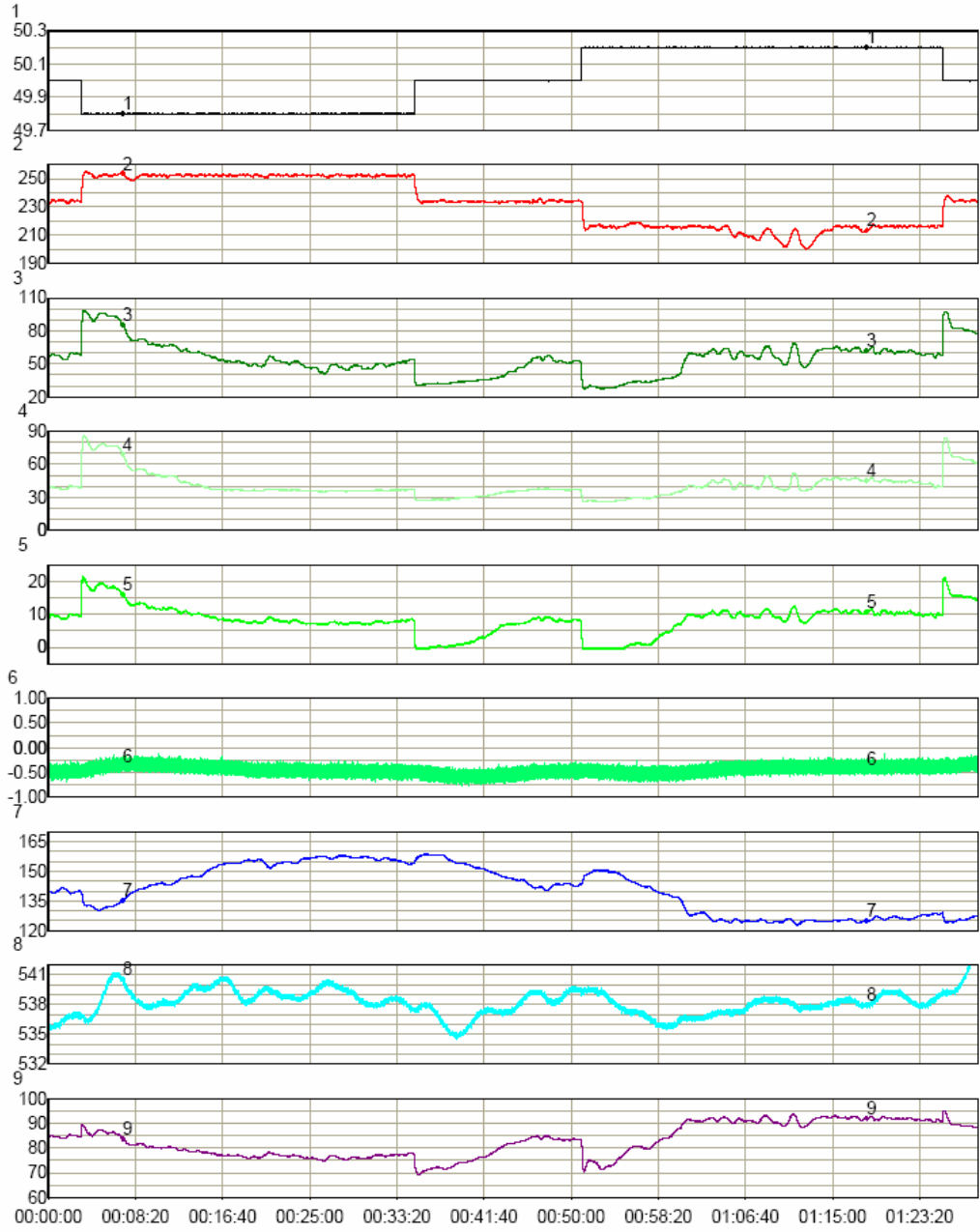
X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 []

EK-C.3: Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük atma)
($P_{set} = 342$ MW)



EK-C.4: Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük atma)

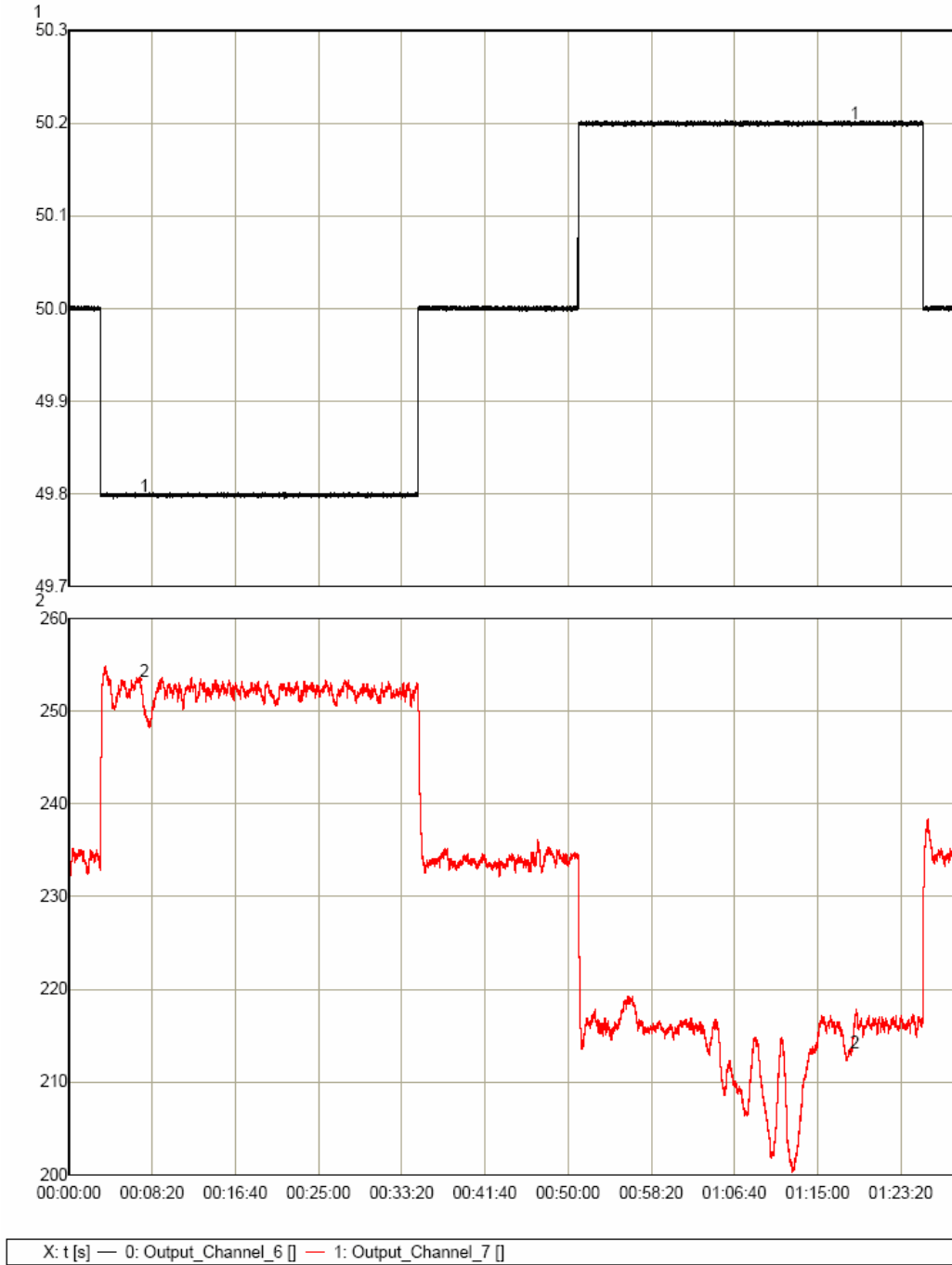
($P_{set} = 342 \text{ MW}$)



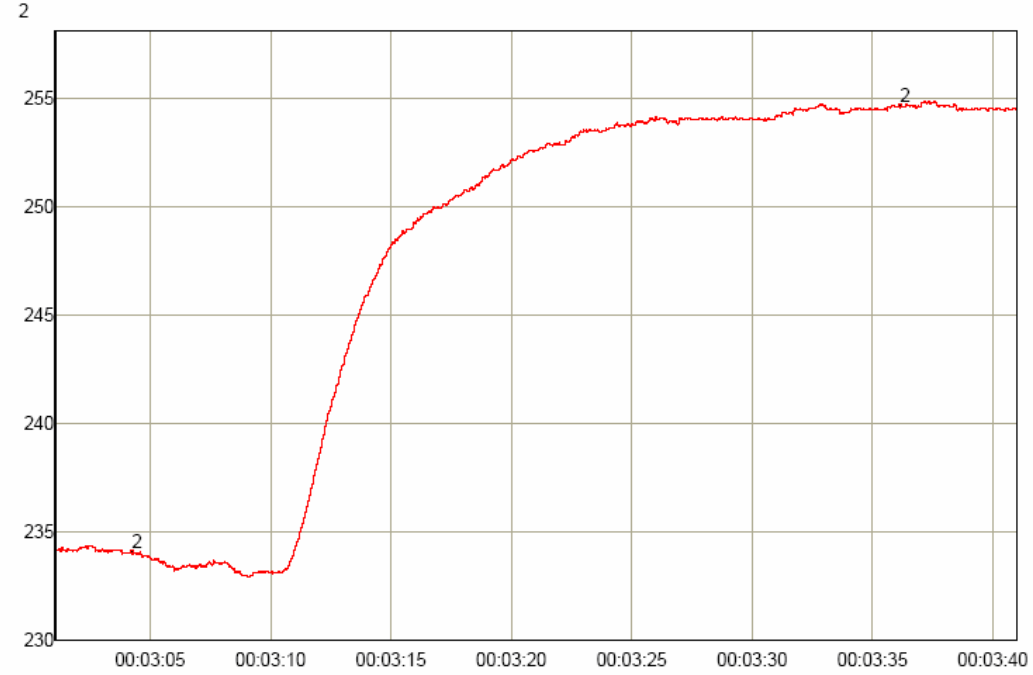
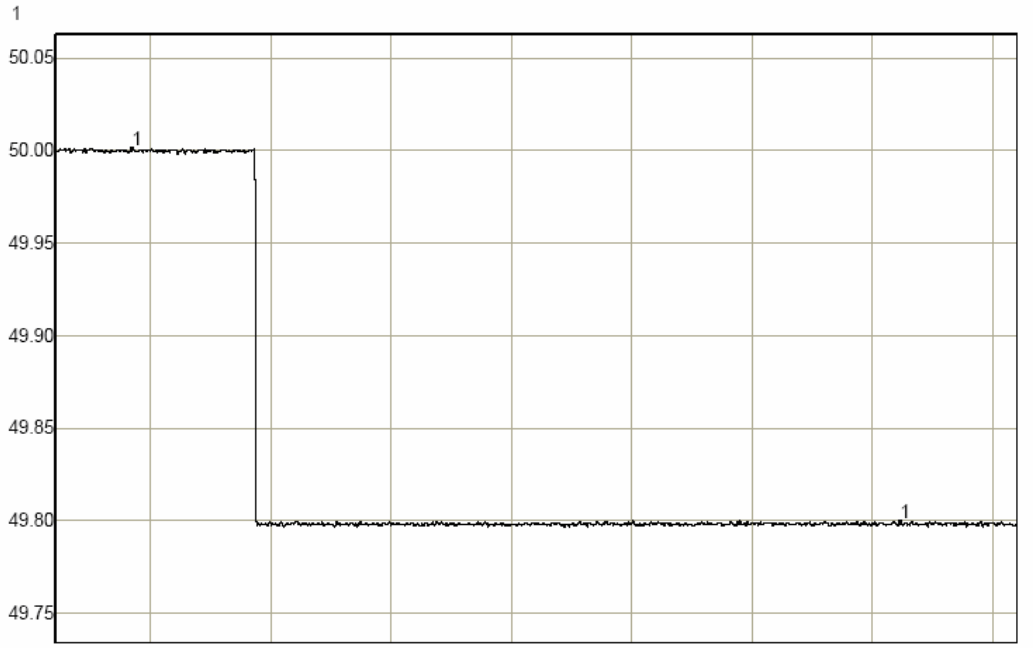
X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []
— 8: Output_Channel_14 []

X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 []

EK-C.5: Minimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük alıp - yük atma)
($P_{set} = 234 \text{ MW}$)

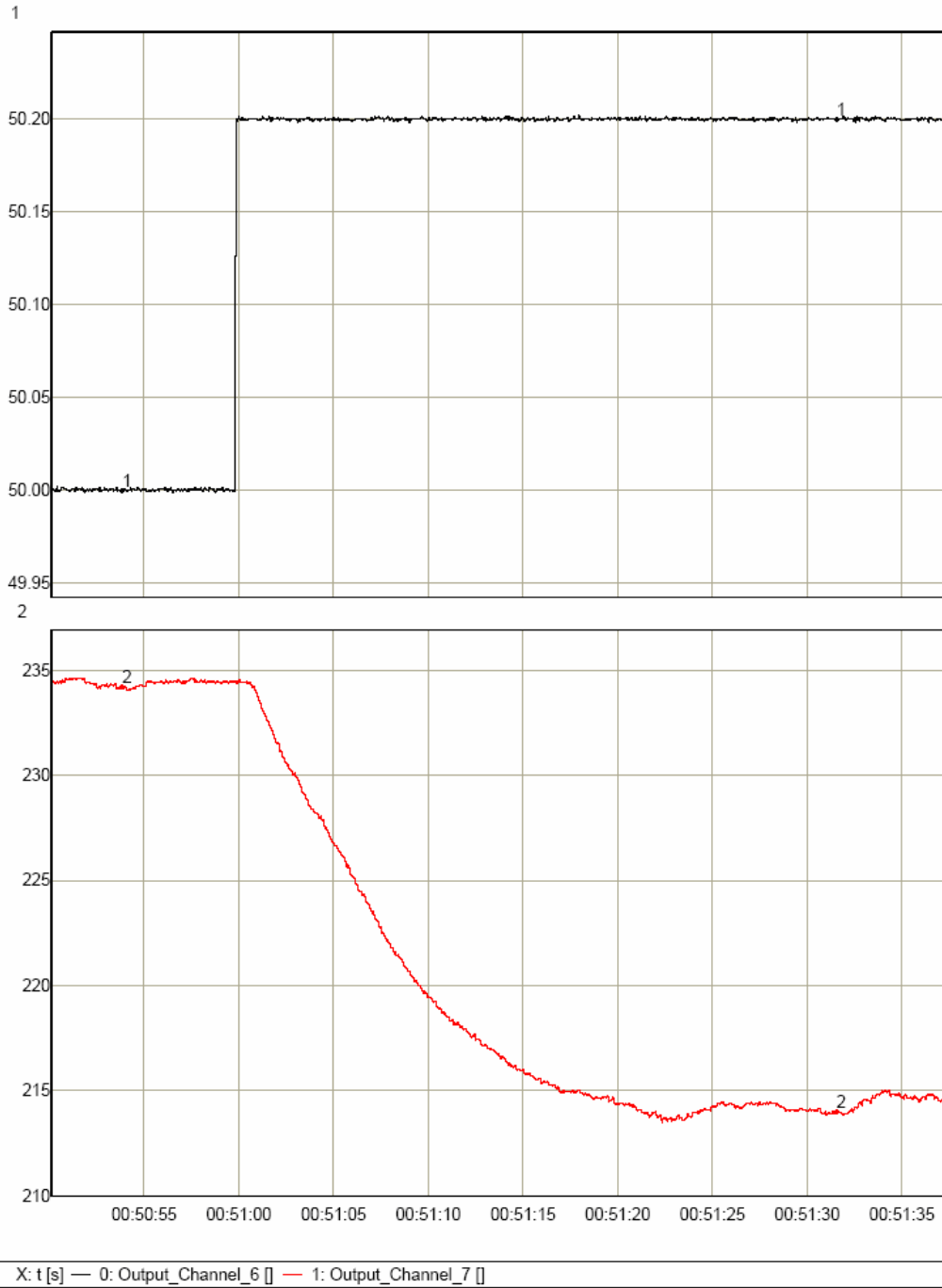


EK-C.6: Minimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük alma)
($P_{set} = 234$ MW)



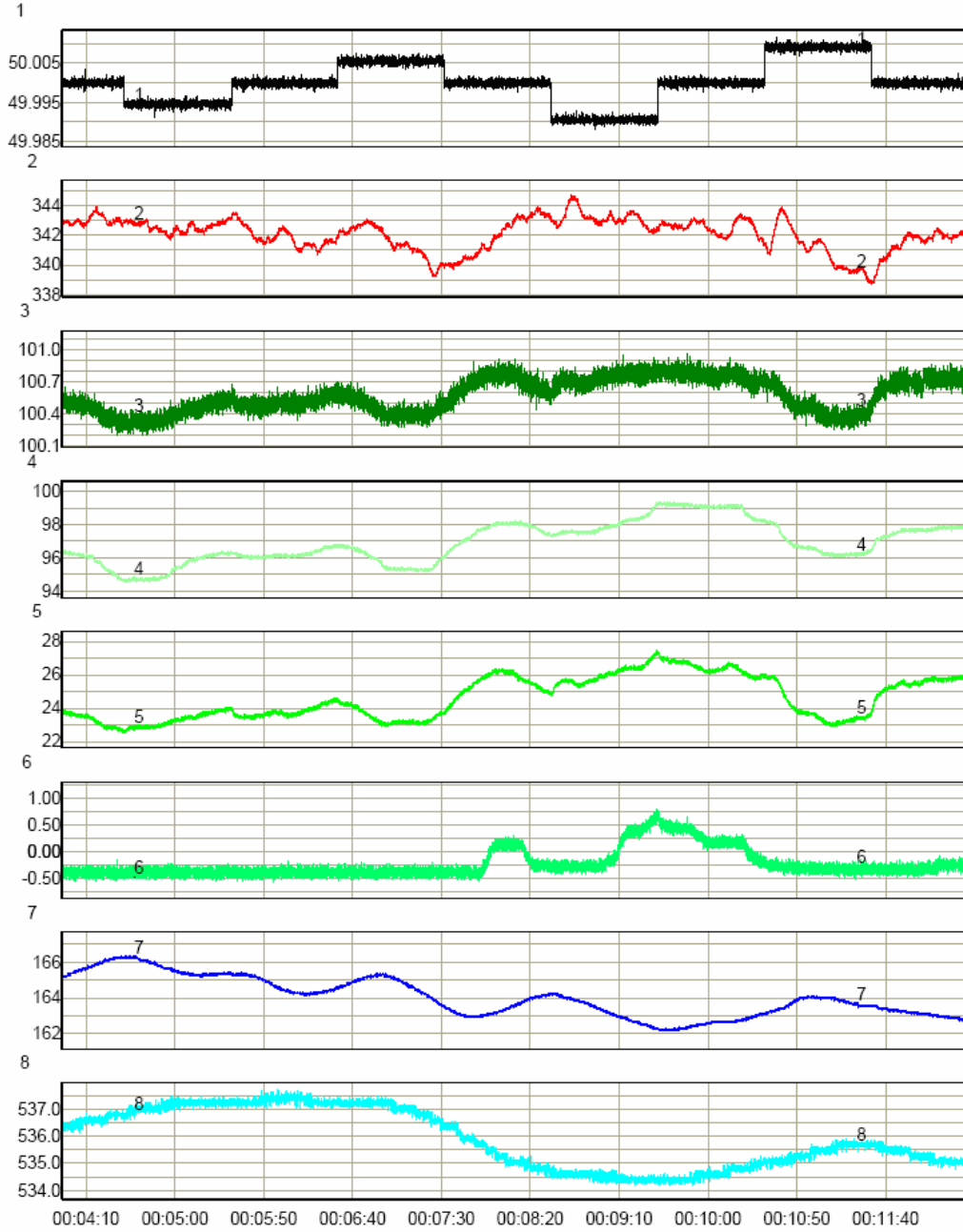
X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 []

EK-C.7: Minimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük atma)
(Pset = 234 MW)



EK-C.8: Maksimum çıkış gücü seviyesi hassasiyet testi

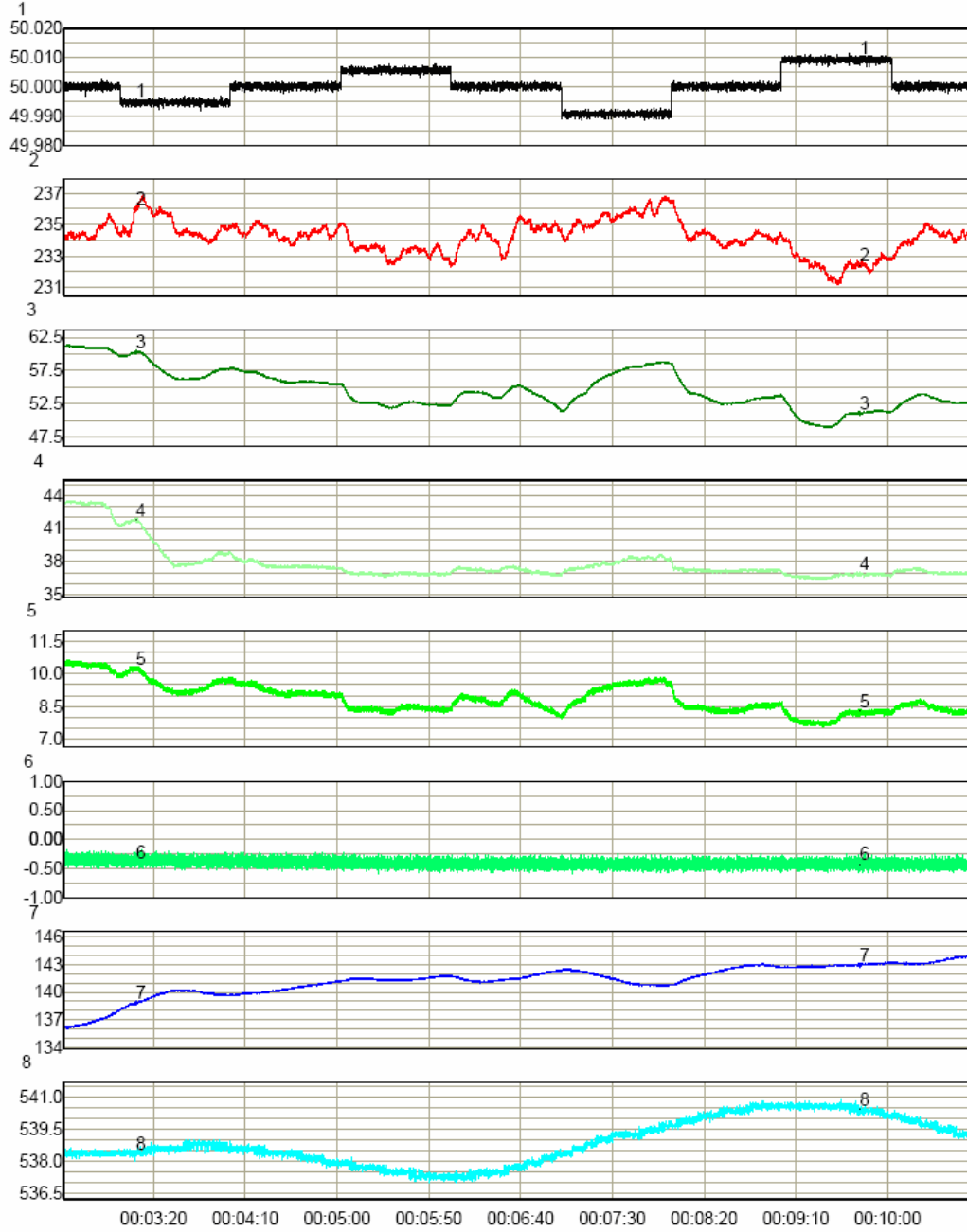
($P_{set} = 342 \text{ MW}$)



X: t[s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []

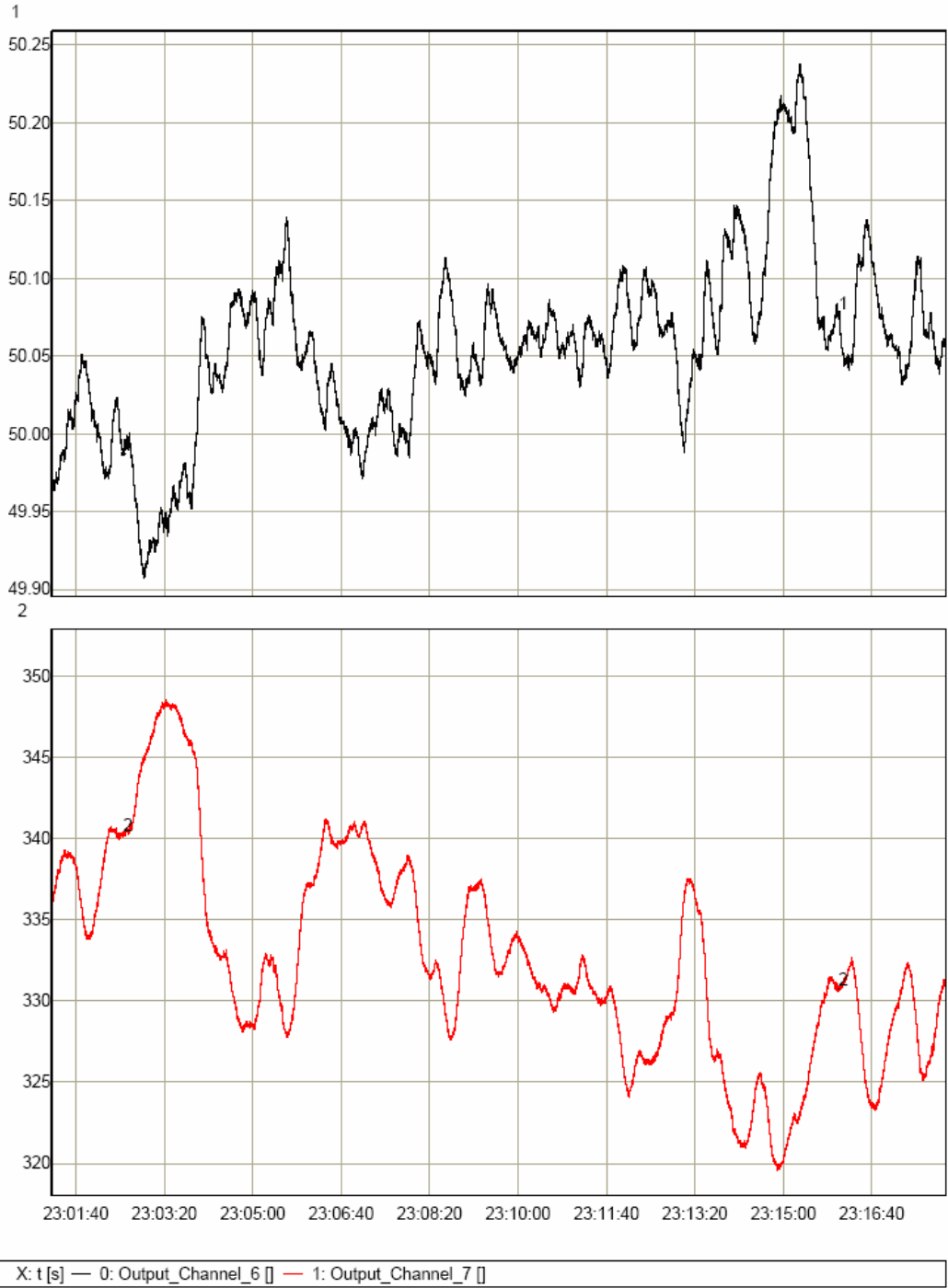
EK-C.9: Minimum çıkış gücü seviyesi hassasiyet testi

($P_{set} = 234 \text{ MW}$)

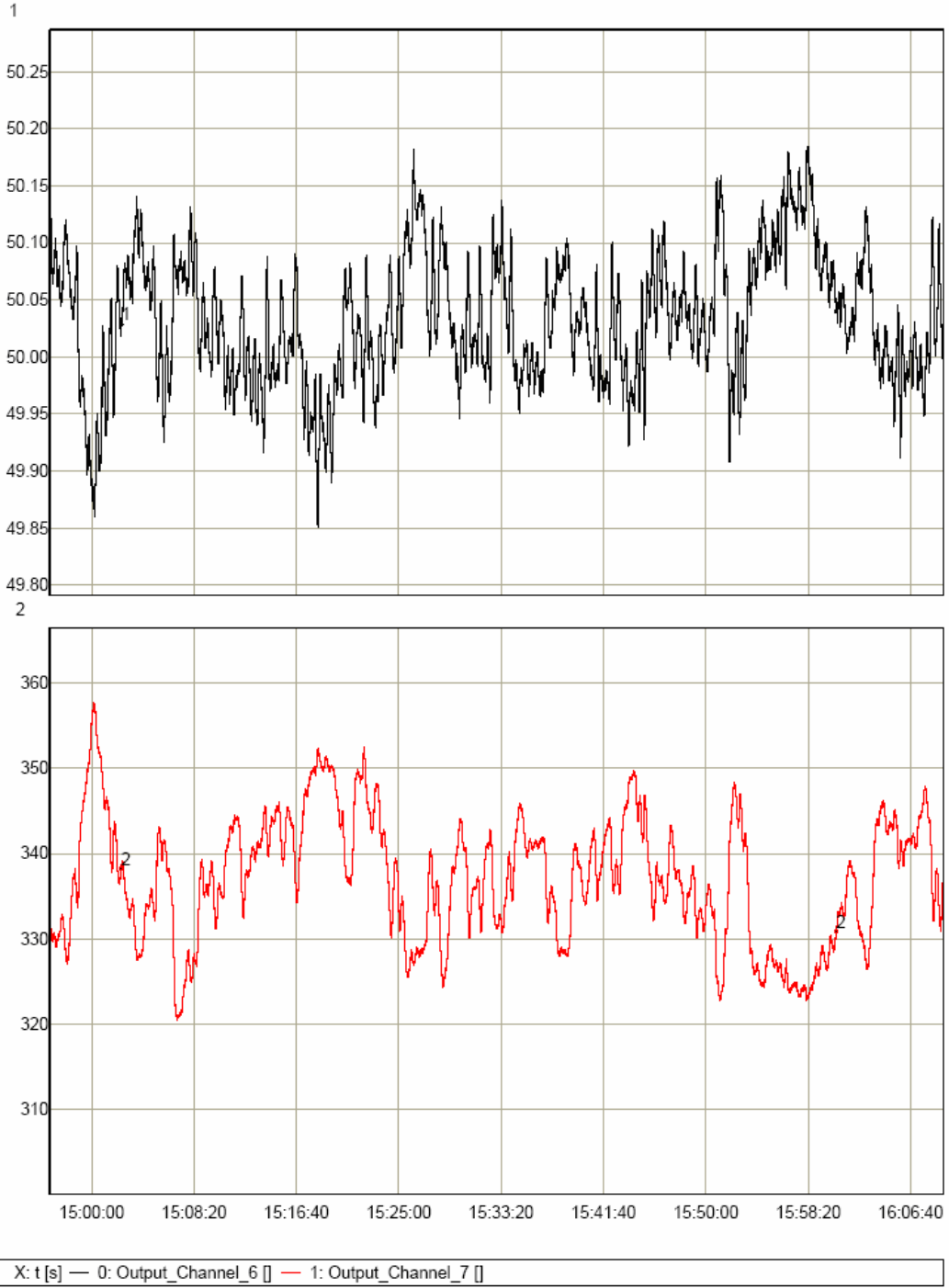


X: t[s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []

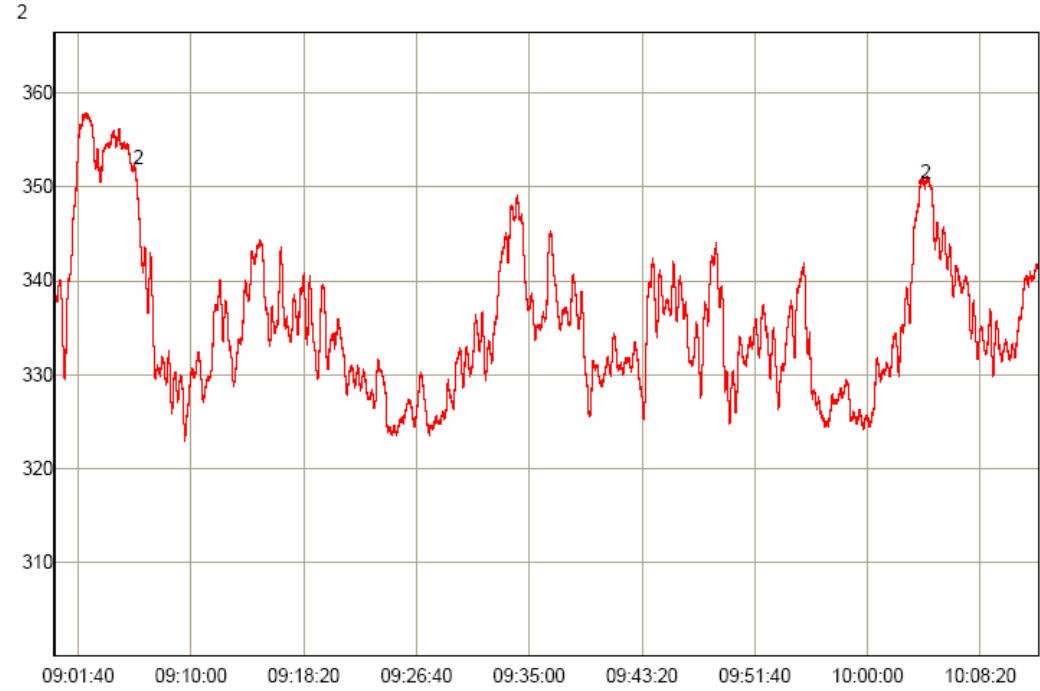
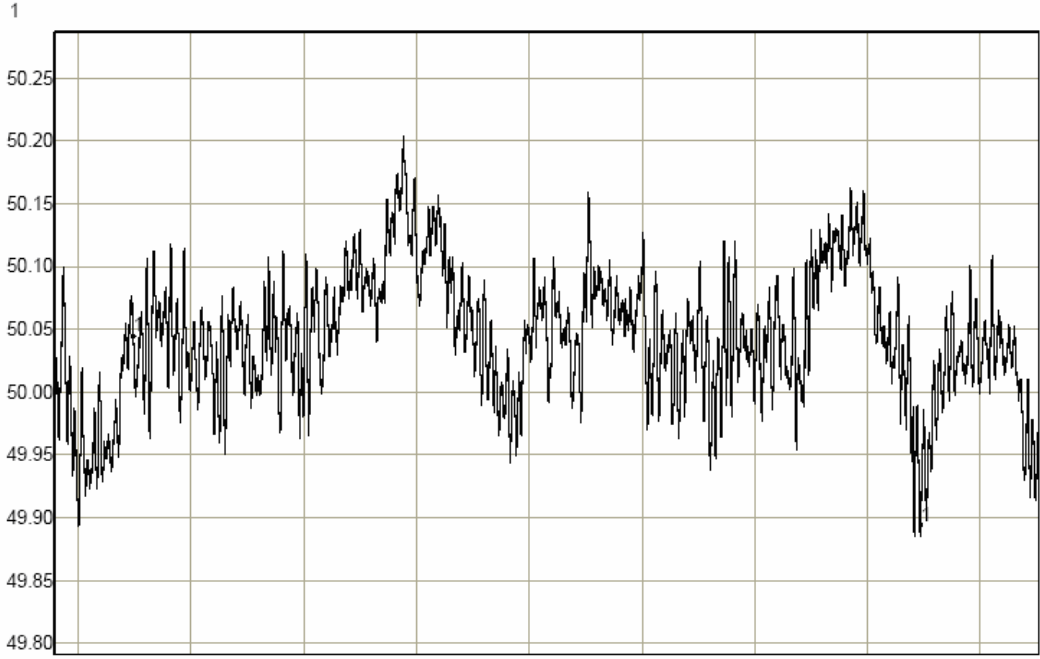
**EK-C.10 : Maksimum çıkış gücü seviyesi 24 saatlik doğrulama testi
(örnek kayıt)**



**EK-C.11 : maksimum çıkış gücü seviyesi 24 saatlik doğrulama testi
(örnek kayıt 2)**

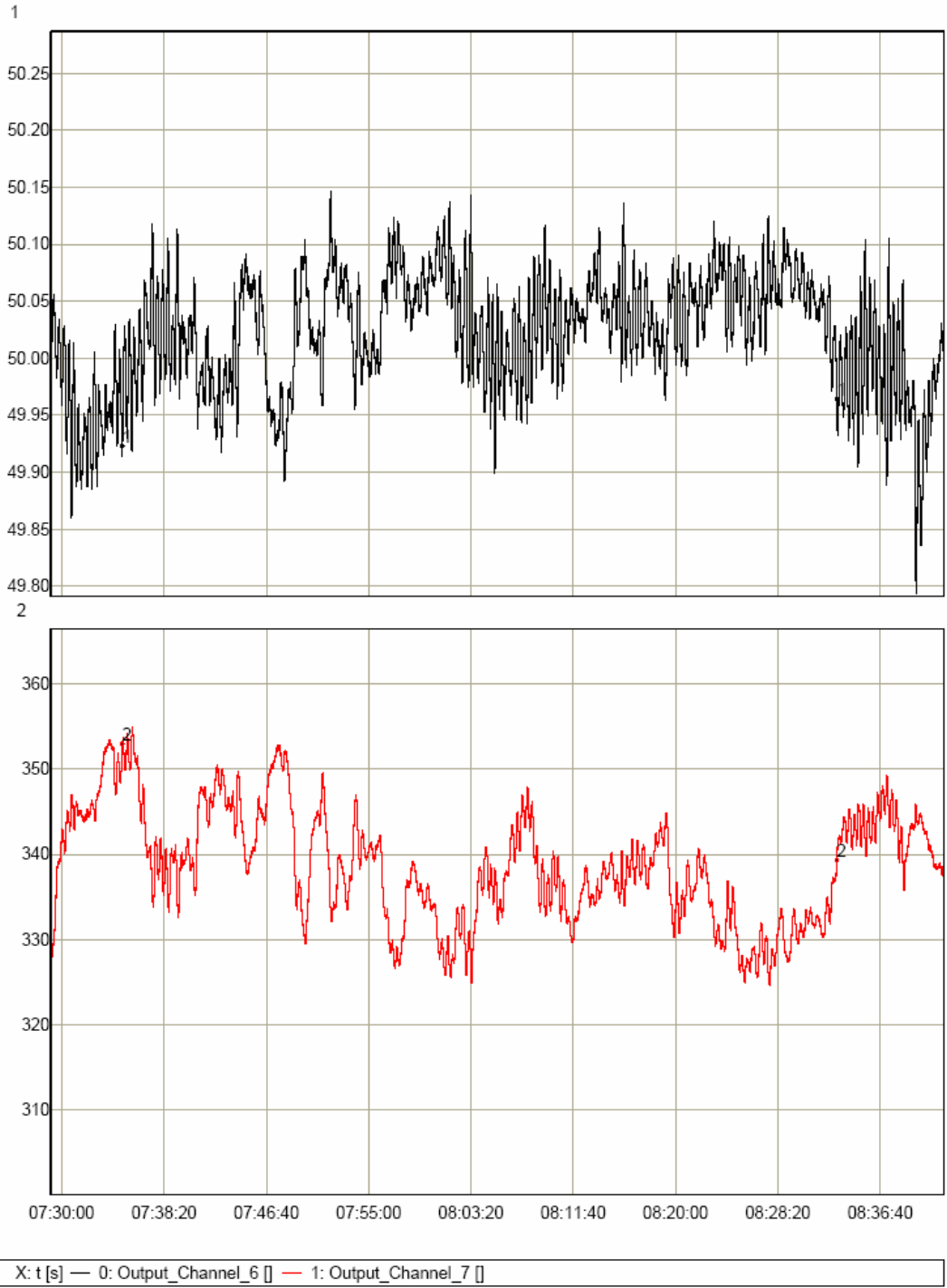


**EK-C.12 : Maksimum çıkış gücü seviyesi 24 saatlik doğrulama testi
(örnek kayıt 3)**

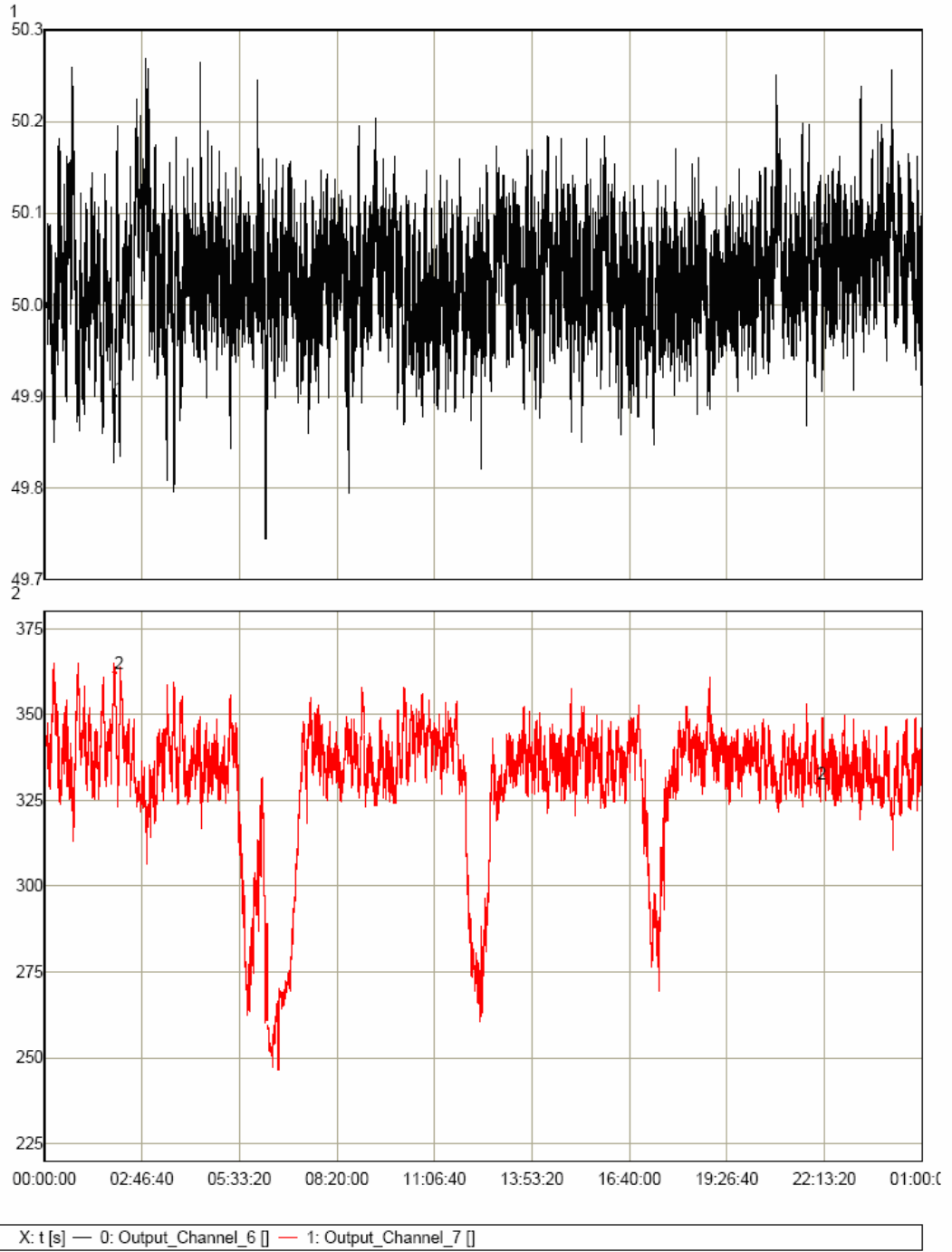


X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 []

**EK-C.13 : Maksimum çıkış gücü seviyesi 24 saatlik doğrulama testi
(örnek kayıt 4)**












EK-C.14 : Maksimum çıkış gücü seviyesi 24 saatlik doğrulama testi



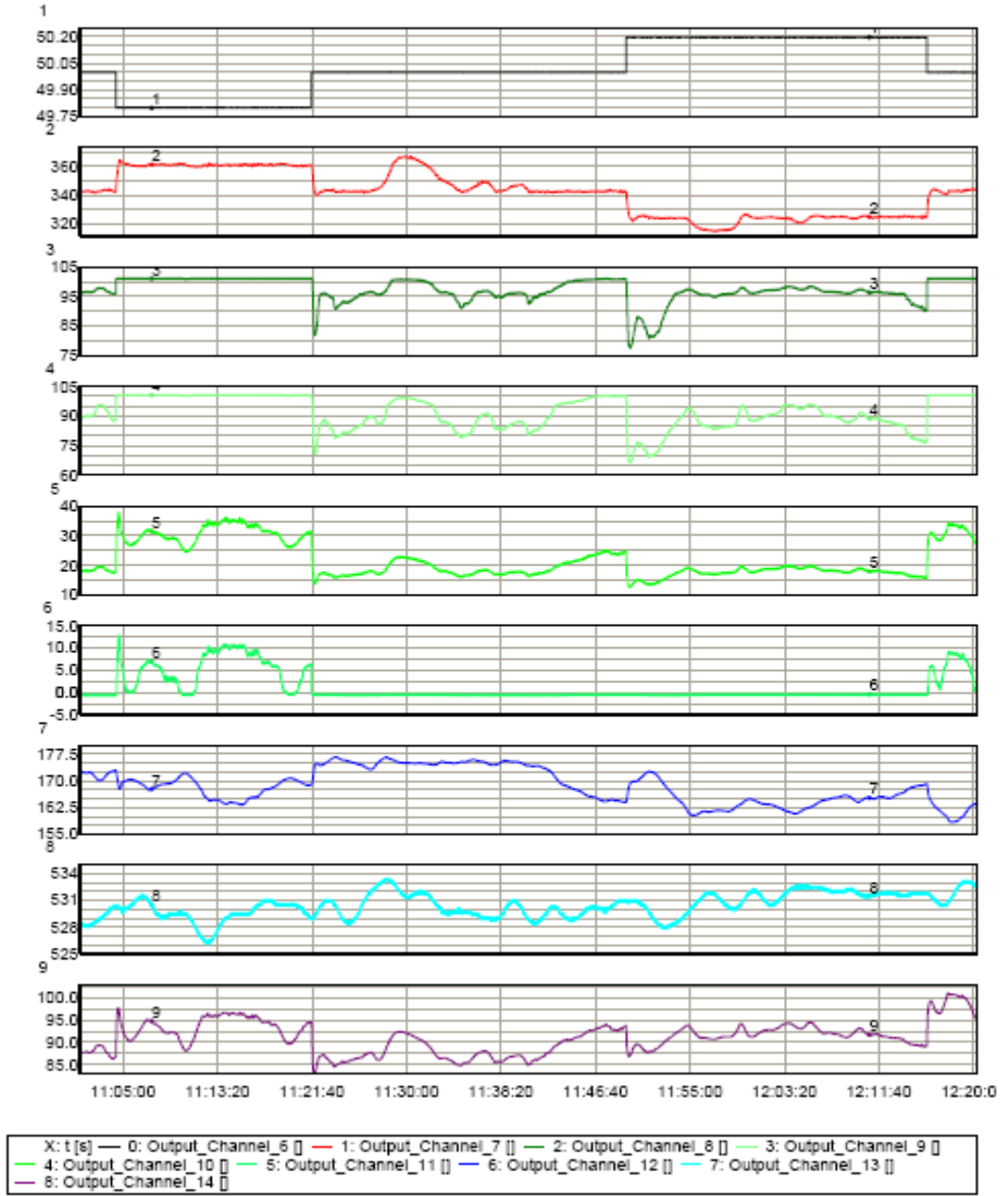
EK-D : Afşin-Elbistan B termik santralı ünite-4 primer frekans kontrolü performans testleri

GRAFİK SEMBOLLERİ

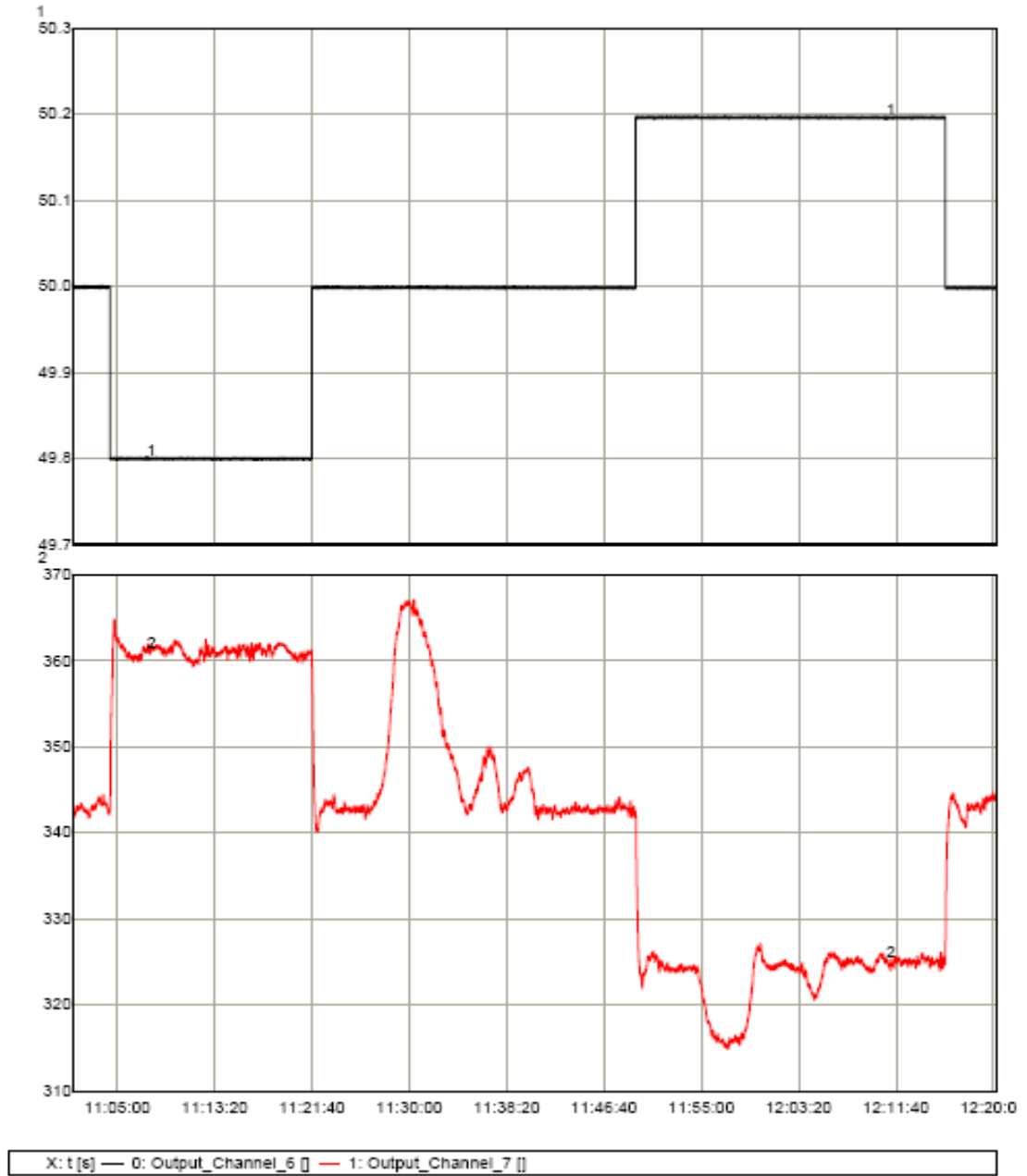
	1 : Output_Channel_6	: Frekans (Hz)
	2 : Output_Channel_7	: Aktif Güç (MW)
	3 : Output_Channel_8	: Regulator Vana-1 Pozisyonu (%)
	4 : Output_Channel_9	: Regulator Vana-2 Pozisyonu (%)
	5 : Output_Channel_10	: Regulator Vana-3 Pozisyonu (%)
	6 : Output_Channel_11	: Regulator Vana-4 Pozisyonu (%)
	7 : Output_Channel_12	: Buhar Basinci (bar)
	8 : Output_Channel_13	: Buhar Sicakligi (°C)
	9 : Output_Channel_14	: Toplam Talep (%)

EK-D.1: Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi

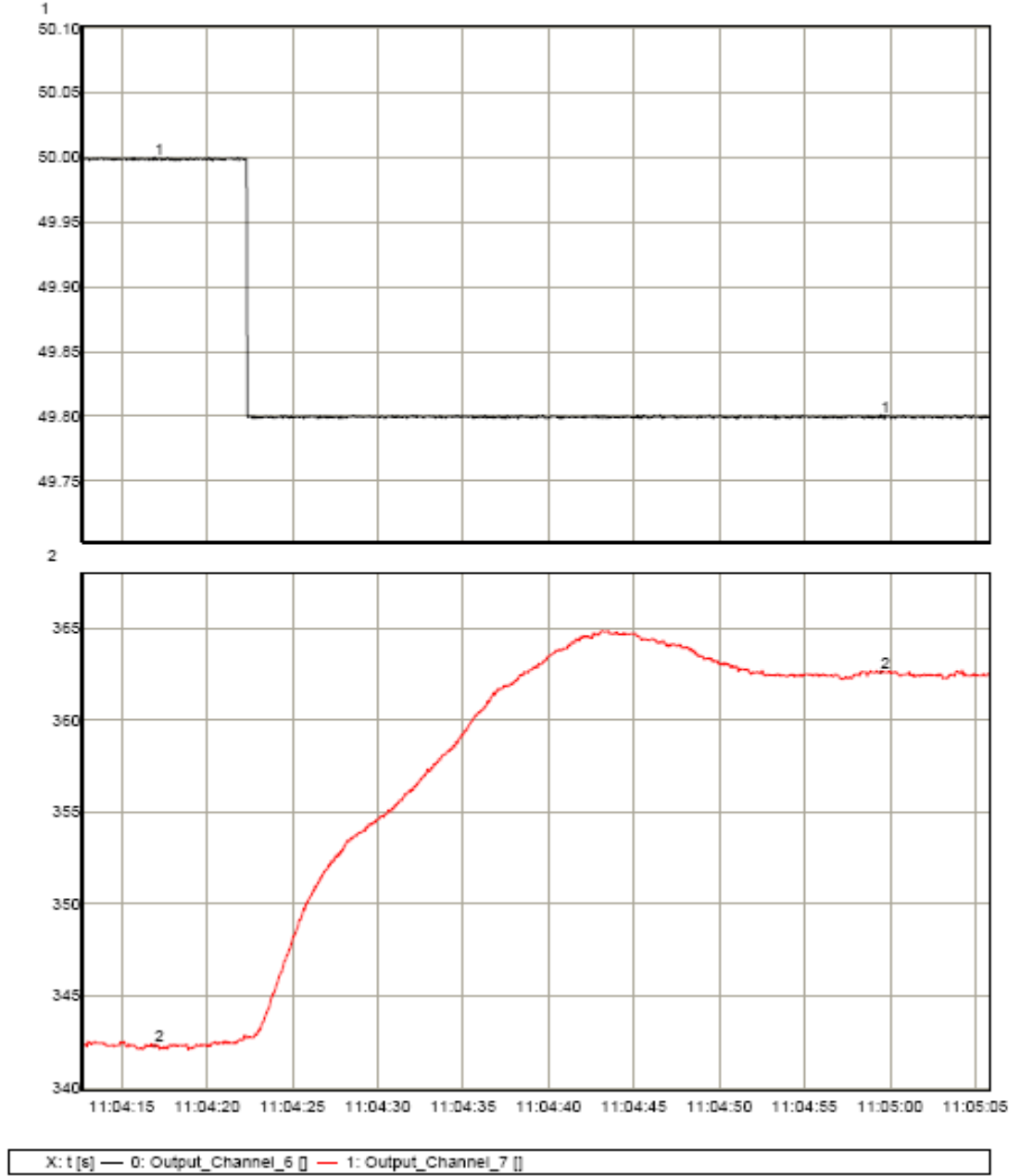
($P_{set} = 342 \text{ MW}$)



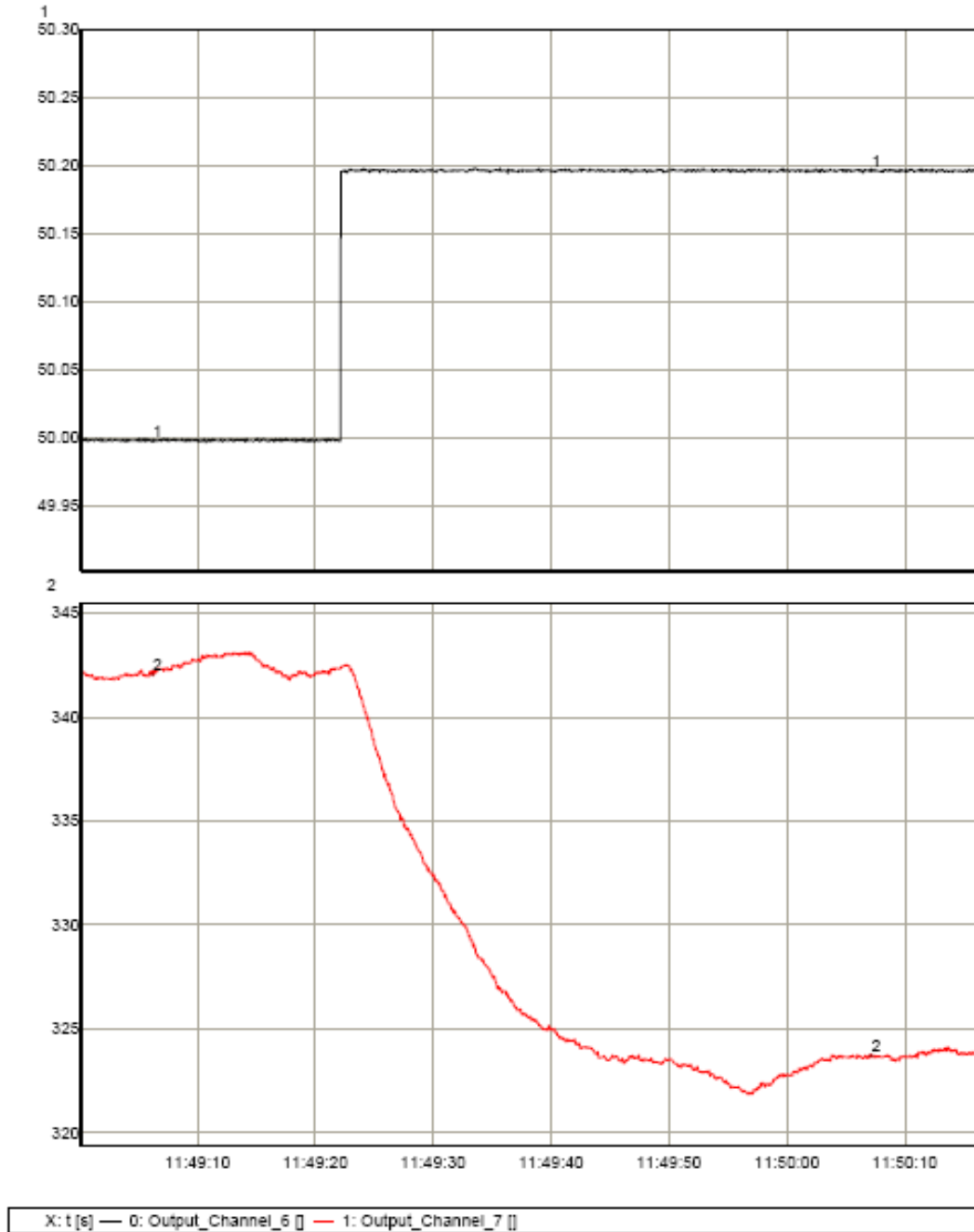
EK-D.2: Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük alıp - yük atma)
($P_{set} = 342 \text{ MW}$)



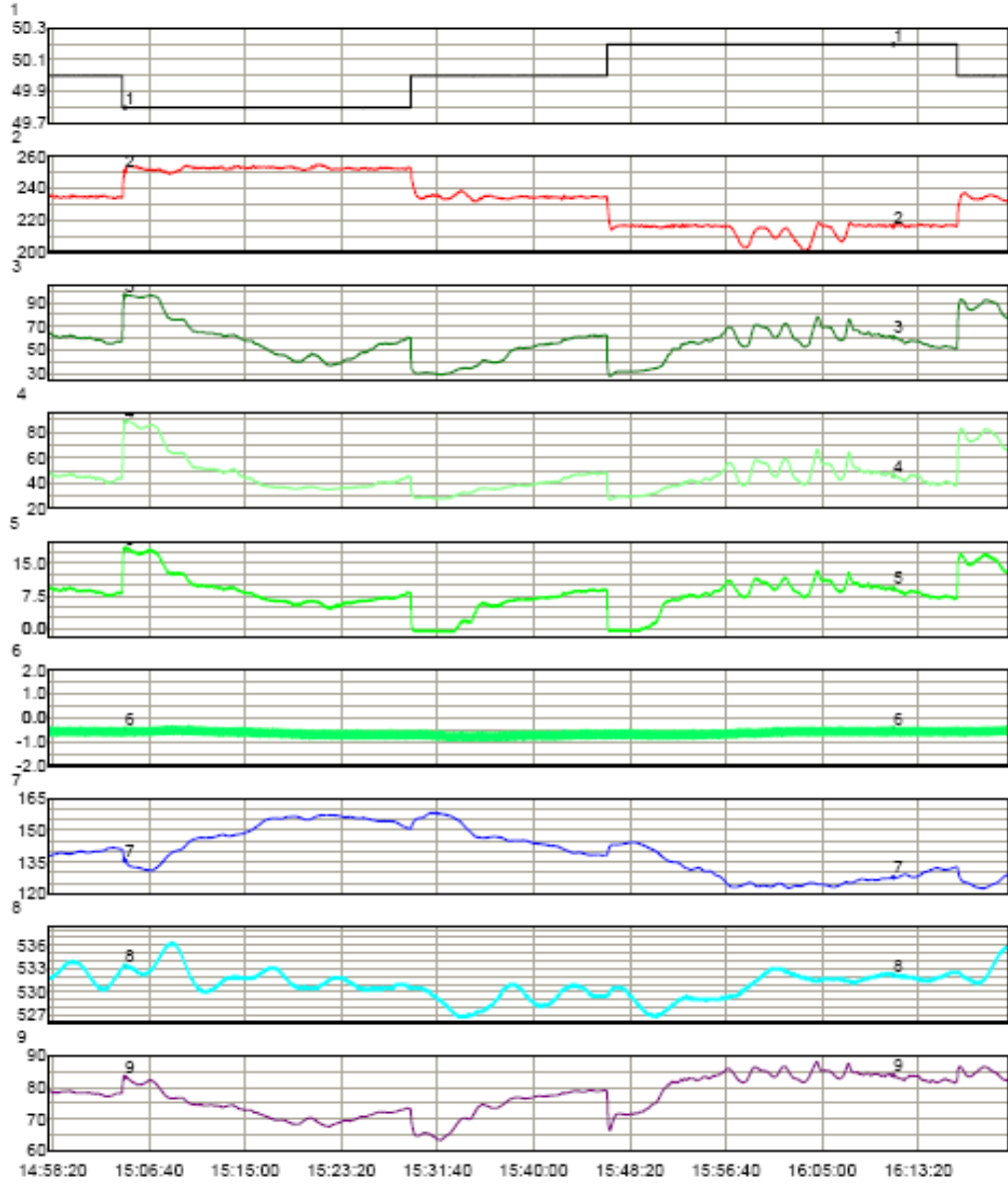
EK-D.3: Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük alma)
($P_{set} = 342 \text{ MW}$)



EK-D.4: Maksimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük atma)
($P_{set} = 342$ MW)

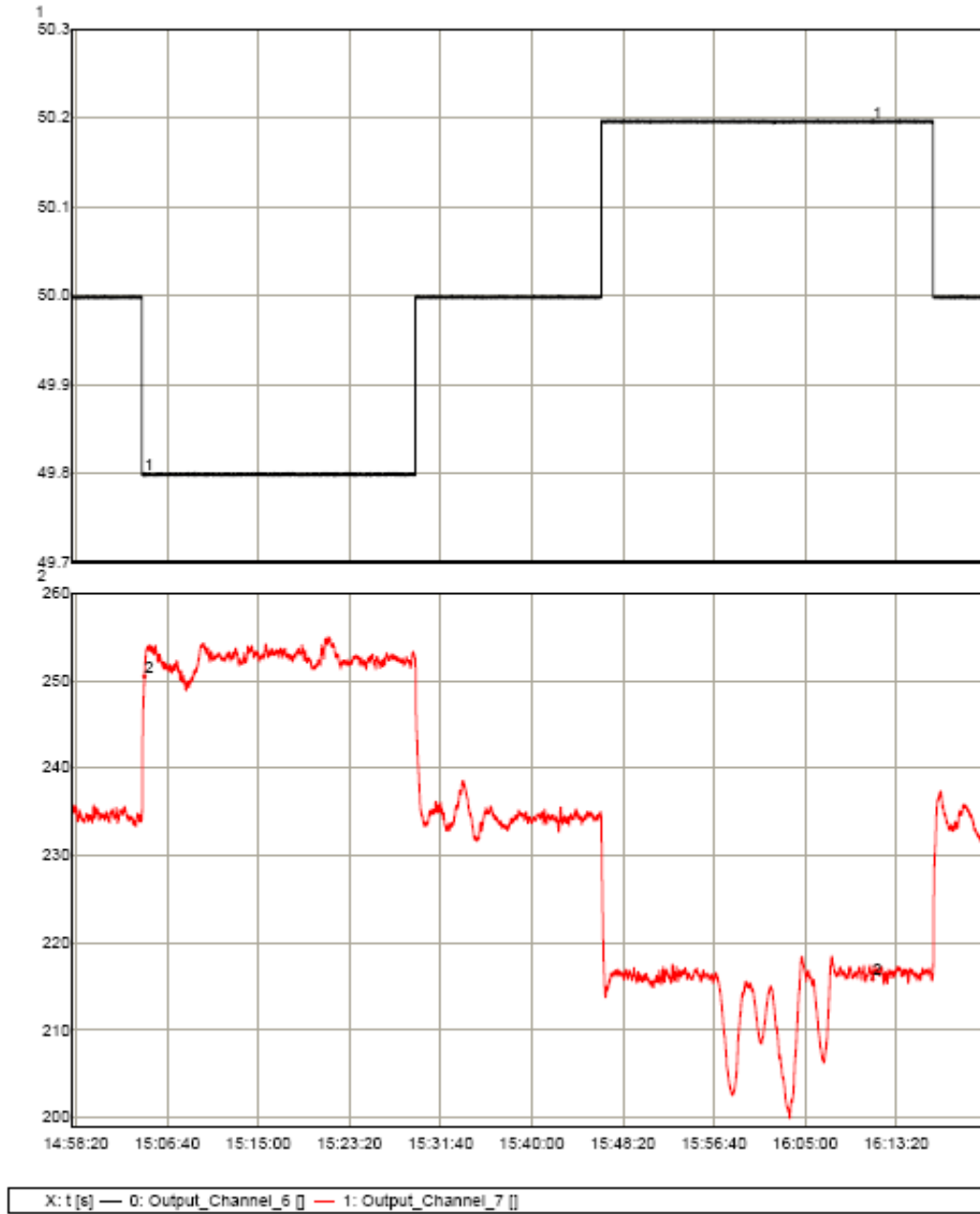


EK-D.5: Minimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi
($P_{set} = 234 \text{ MW}$)

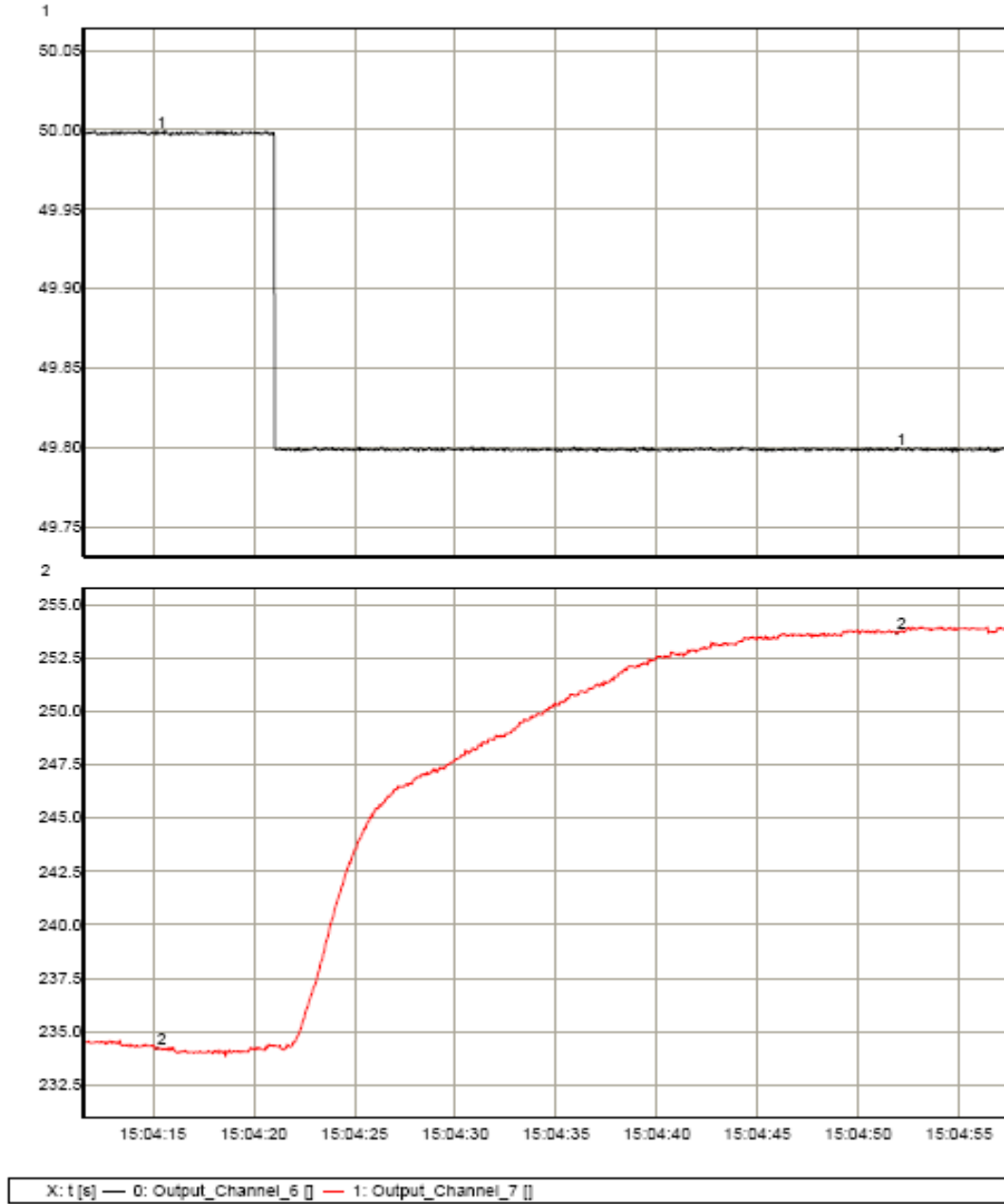


X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
 — 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []
 — 8: Output_Channel_14 []

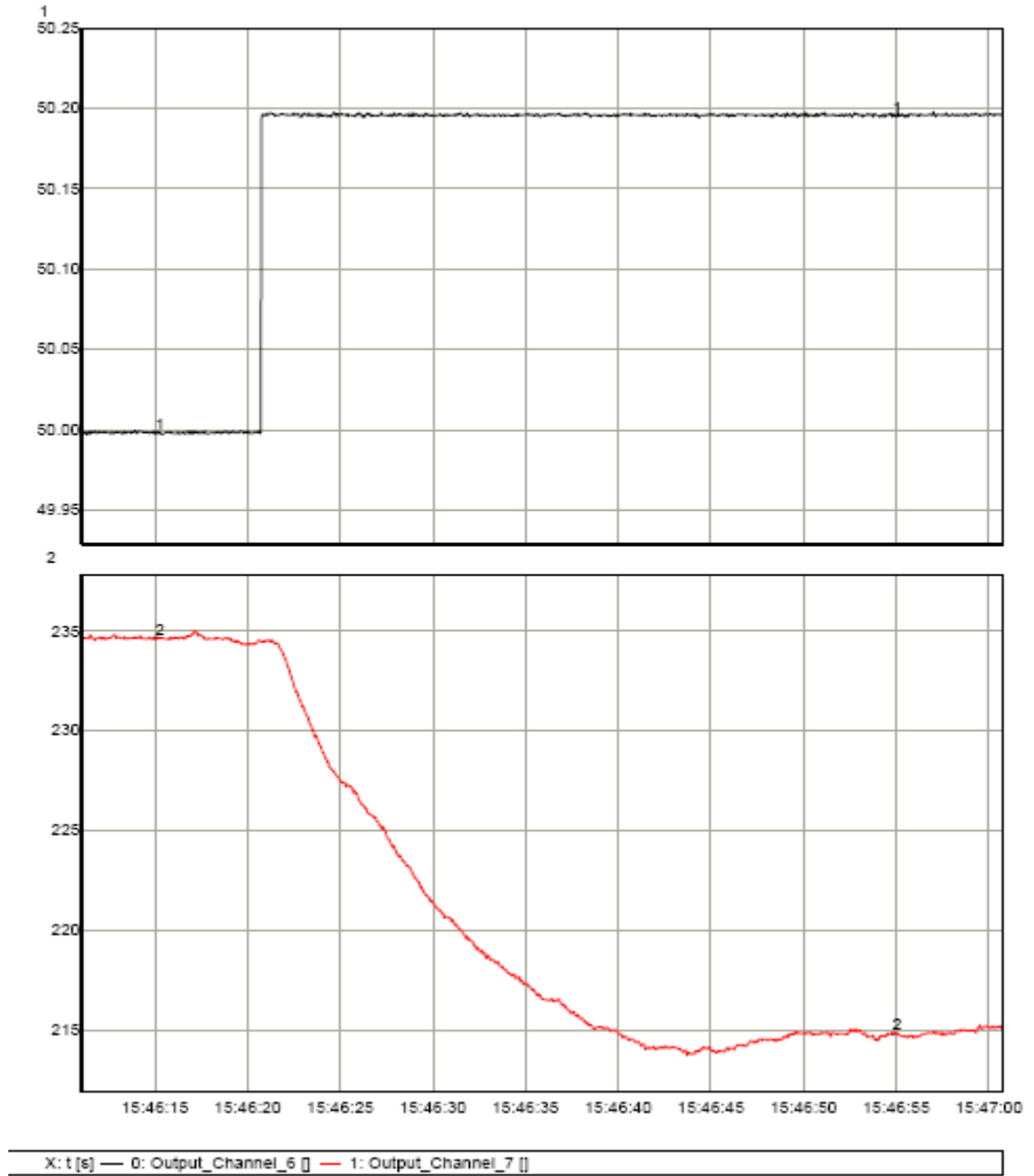
EK-D.6: Minimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük alıp - yük atma)
($P_{set} = 234 \text{ MW}$)



EK-D.7: Minimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük alma)
($P_{set} = 234$ MW)

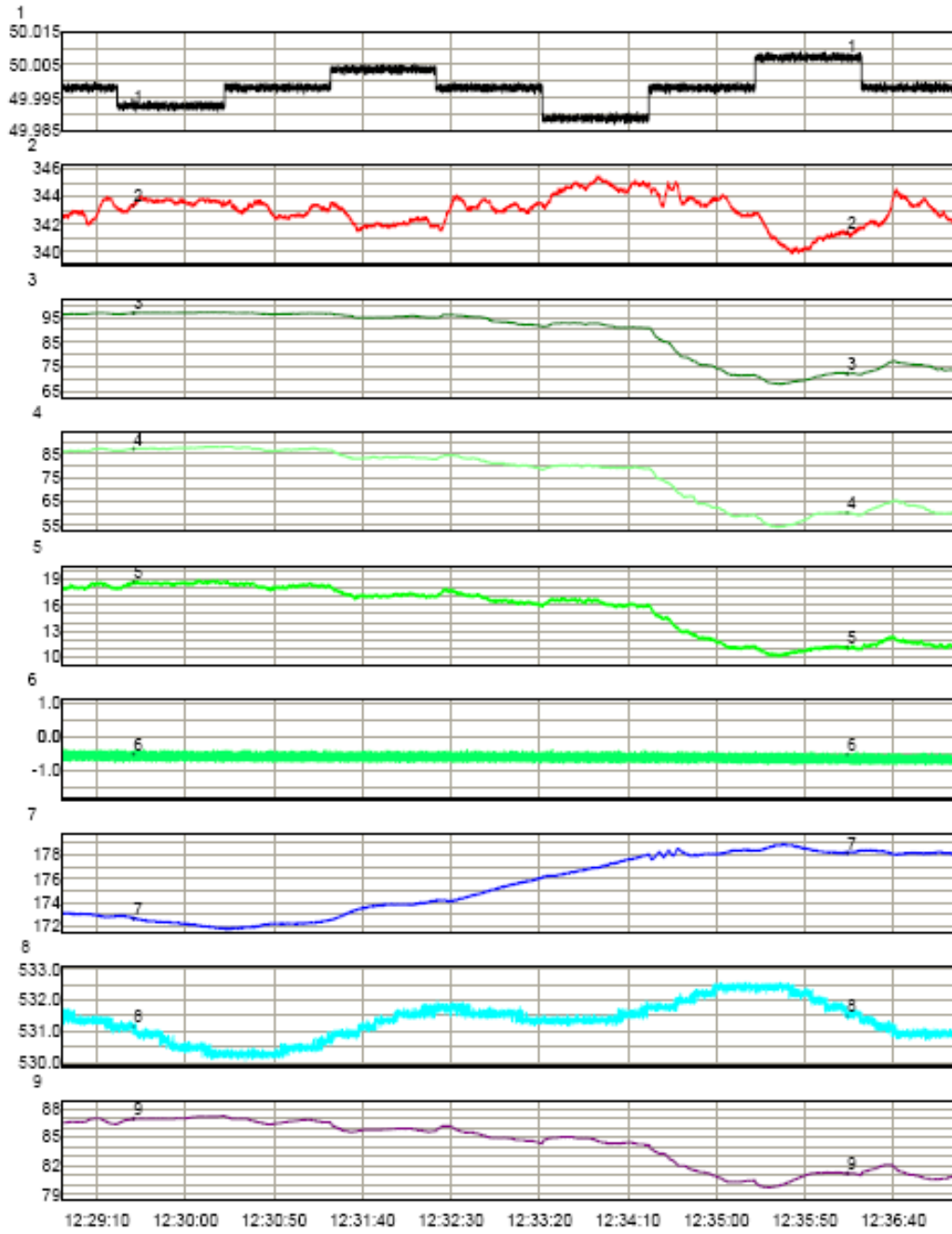


EK-D.8: Minimum çıkış gücü seviyesi rezerv testi (yük atma)
(Pset = 234 MW)



EK-D.9: Maksimum çıkış gücü seviyesi hassasiyet testi

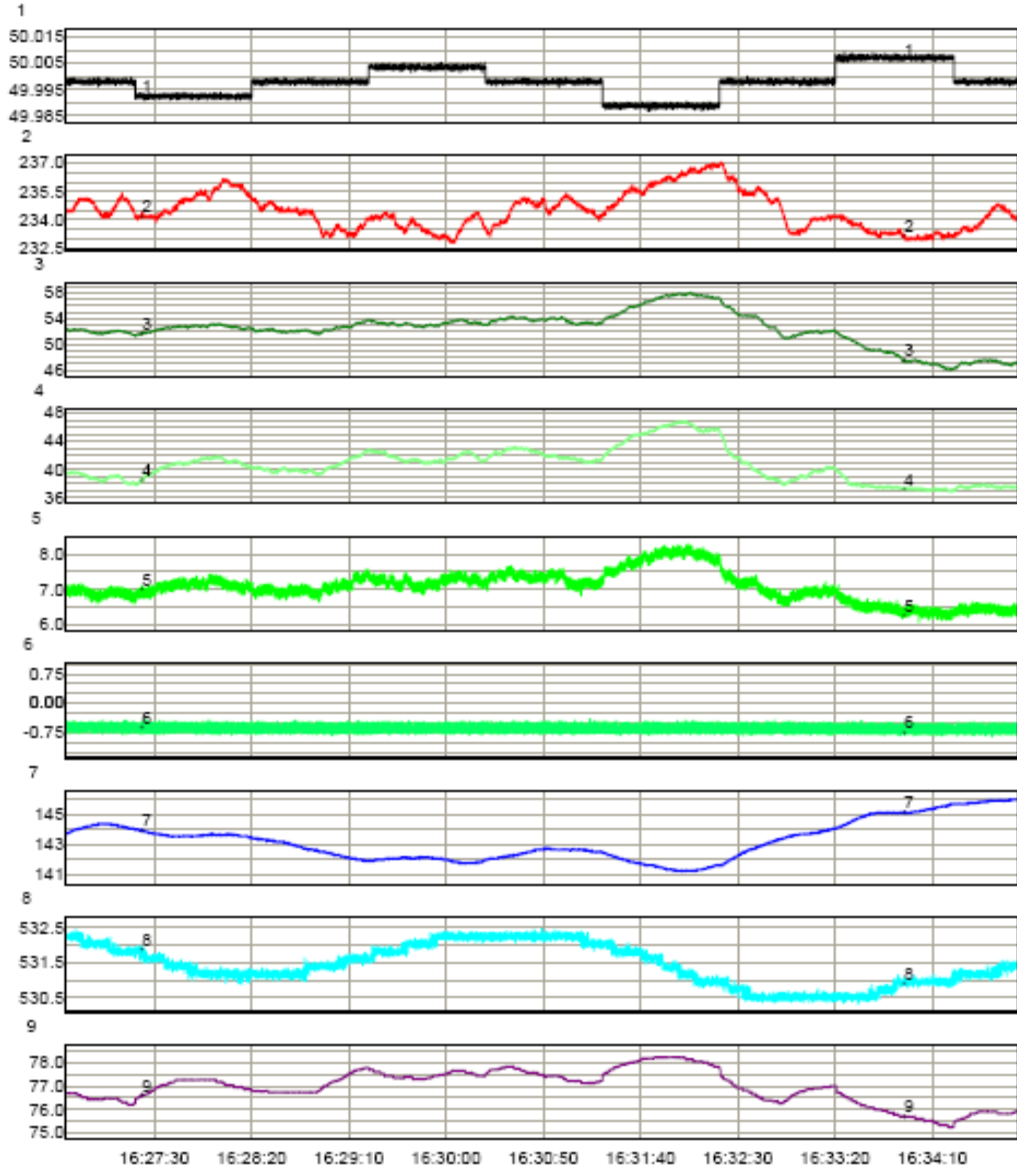
($P_{set} = 342 \text{ MW}$)



X: t[s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
 — 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []
 — 8: Output_Channel_14 []

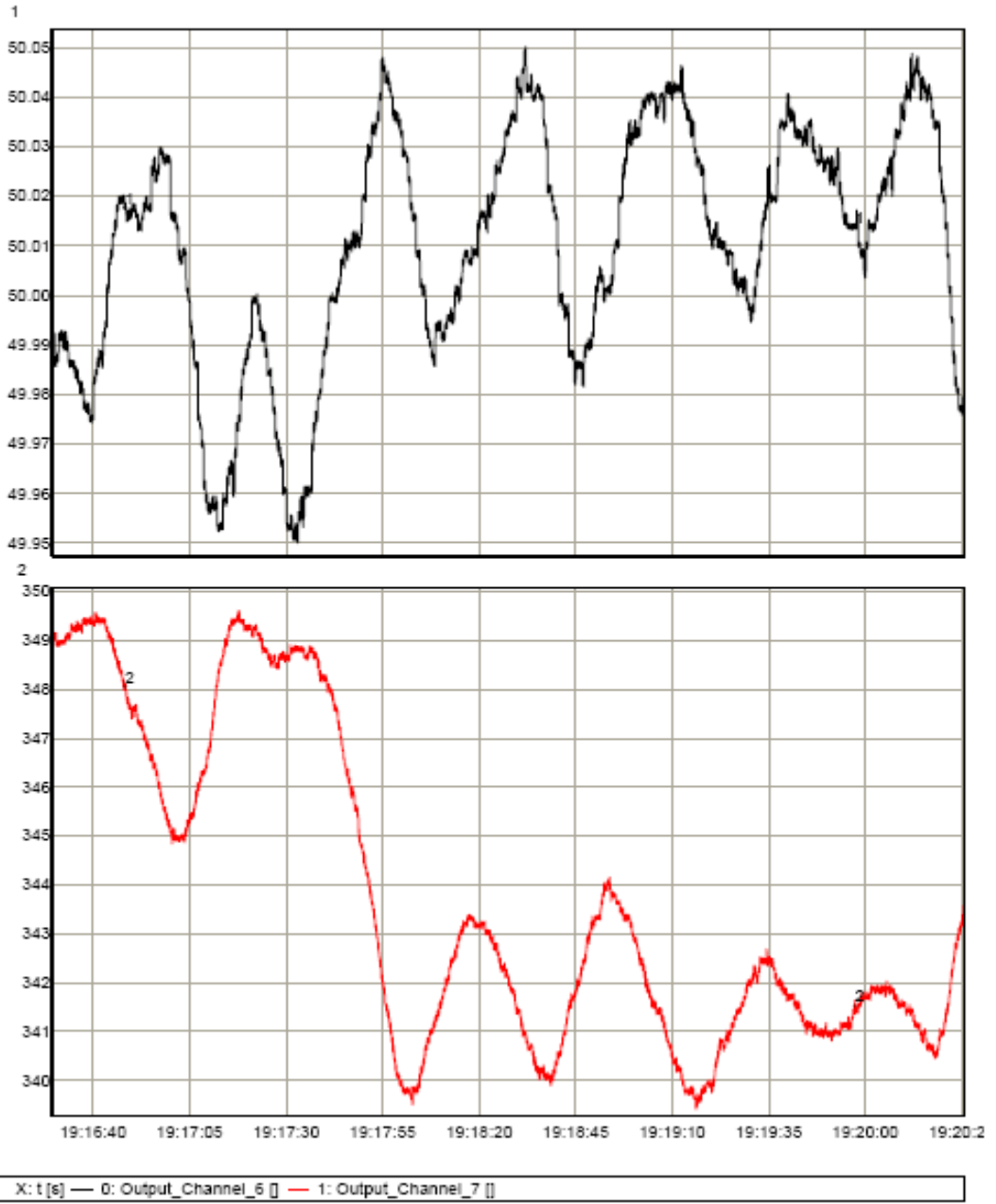
EK-D.10: Minimum çıkış gücü seviyesi hassasiyet testi

($P_{set} = 234 \text{ MW}$)

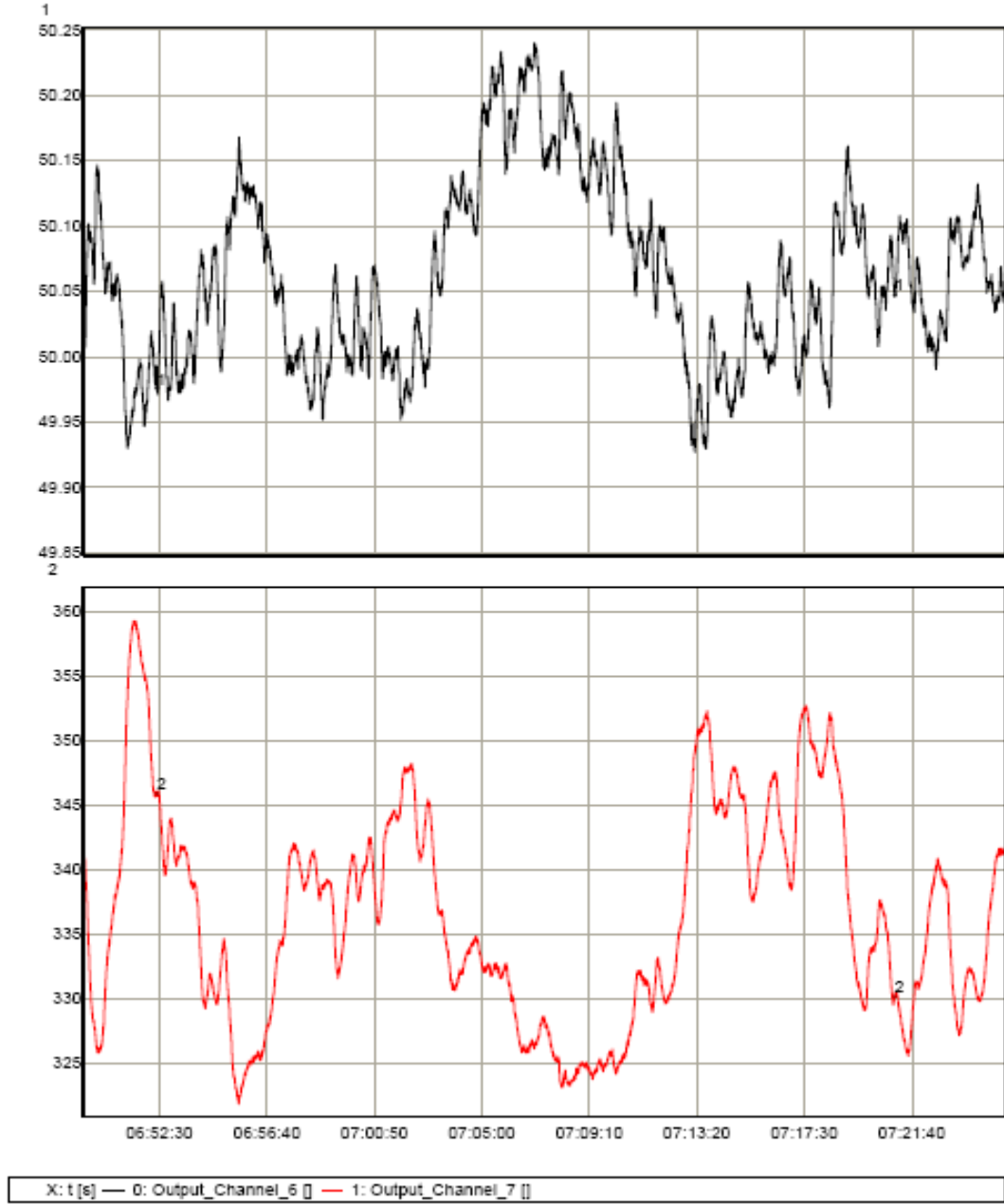


X: t [s] — 0: Output_Channel_6 [] — 1: Output_Channel_7 [] — 2: Output_Channel_8 [] — 3: Output_Channel_9 []
— 4: Output_Channel_10 [] — 5: Output_Channel_11 [] — 6: Output_Channel_12 [] — 7: Output_Channel_13 []
— 8: Output_Channel_14 []

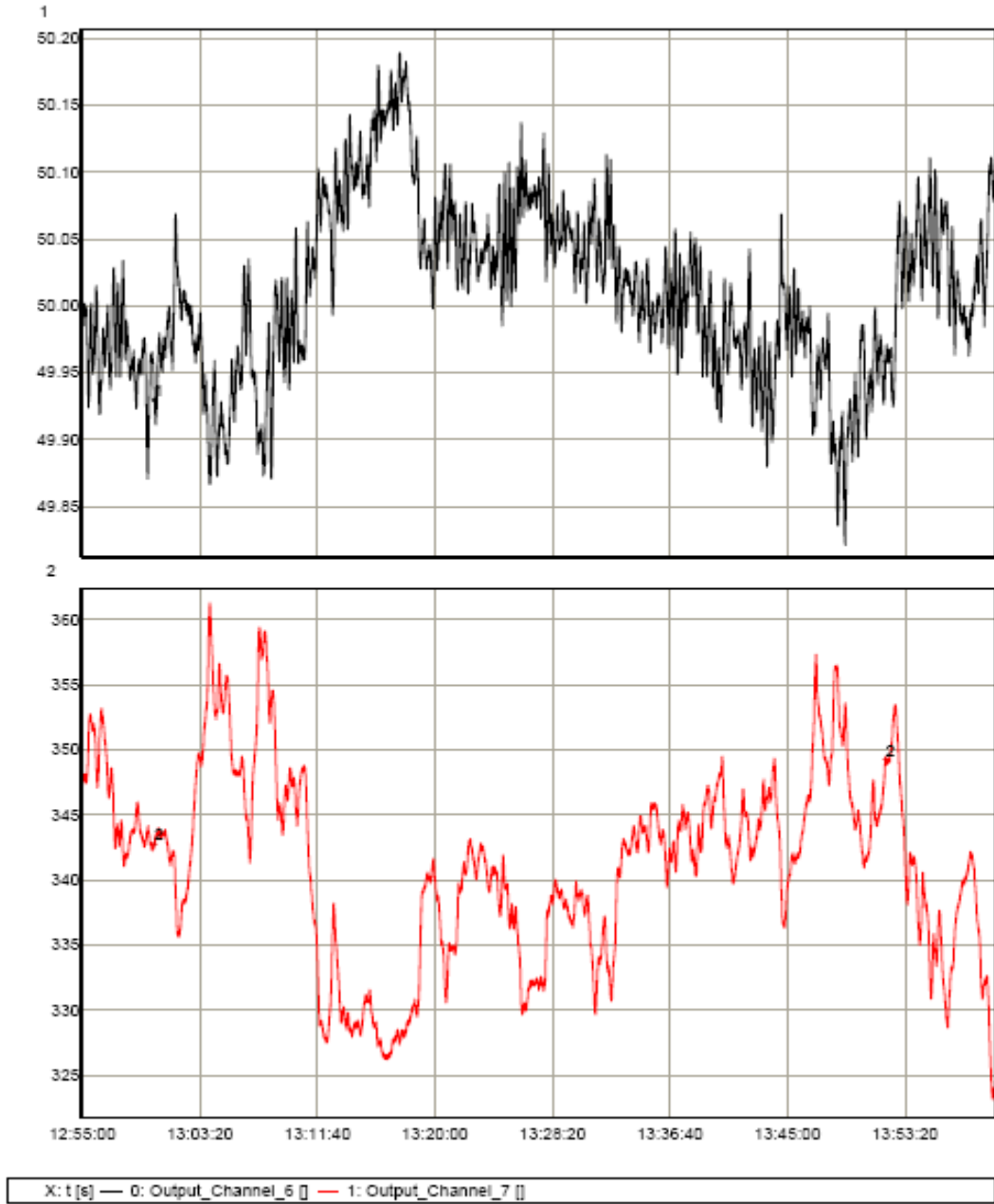
**EK-D.11 : Maksimum çıkış gücü seviyesi 24 saatlik doğrulama testi
(örnek kayıt-1)**



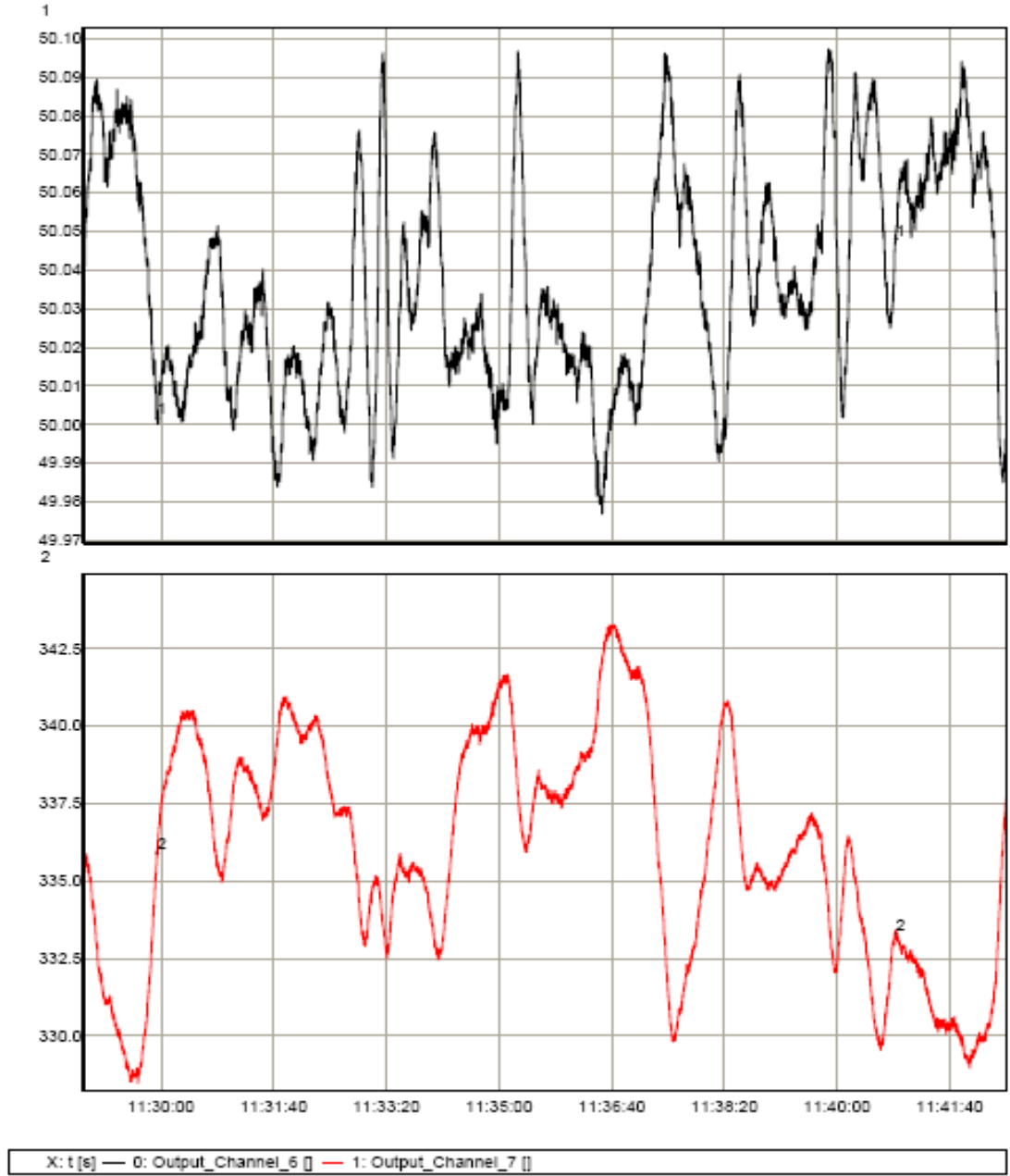
**EK-D.12 : Maksimum çıkış gücü seviyesi 24 saatlik doğrulama testi
(örnek kayıt -2)**



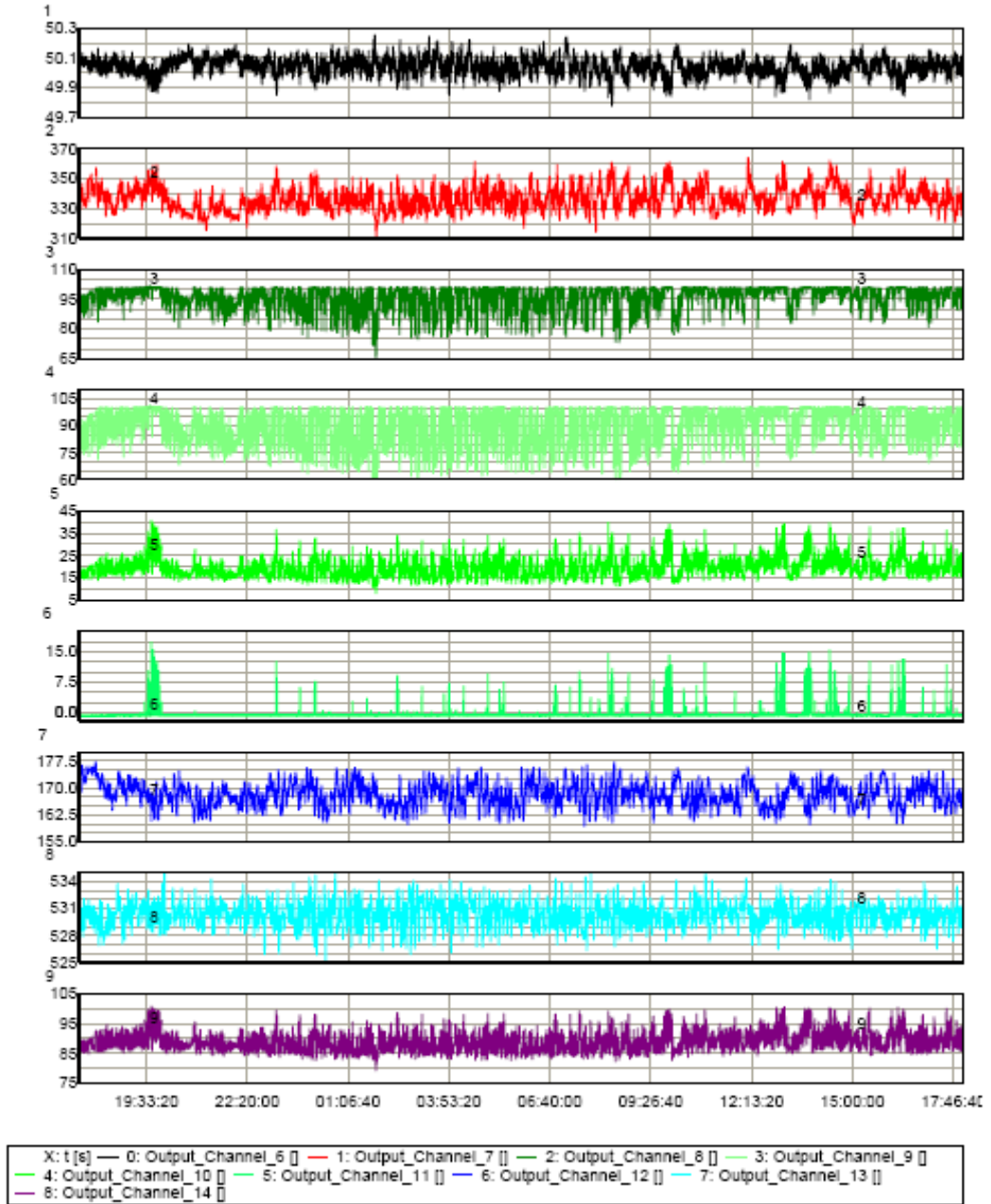
**EK-D.13 : Maksimum çıkış gücü seviyesi 24 saatlik doğrulama testi
(örnek kayıt -3)**



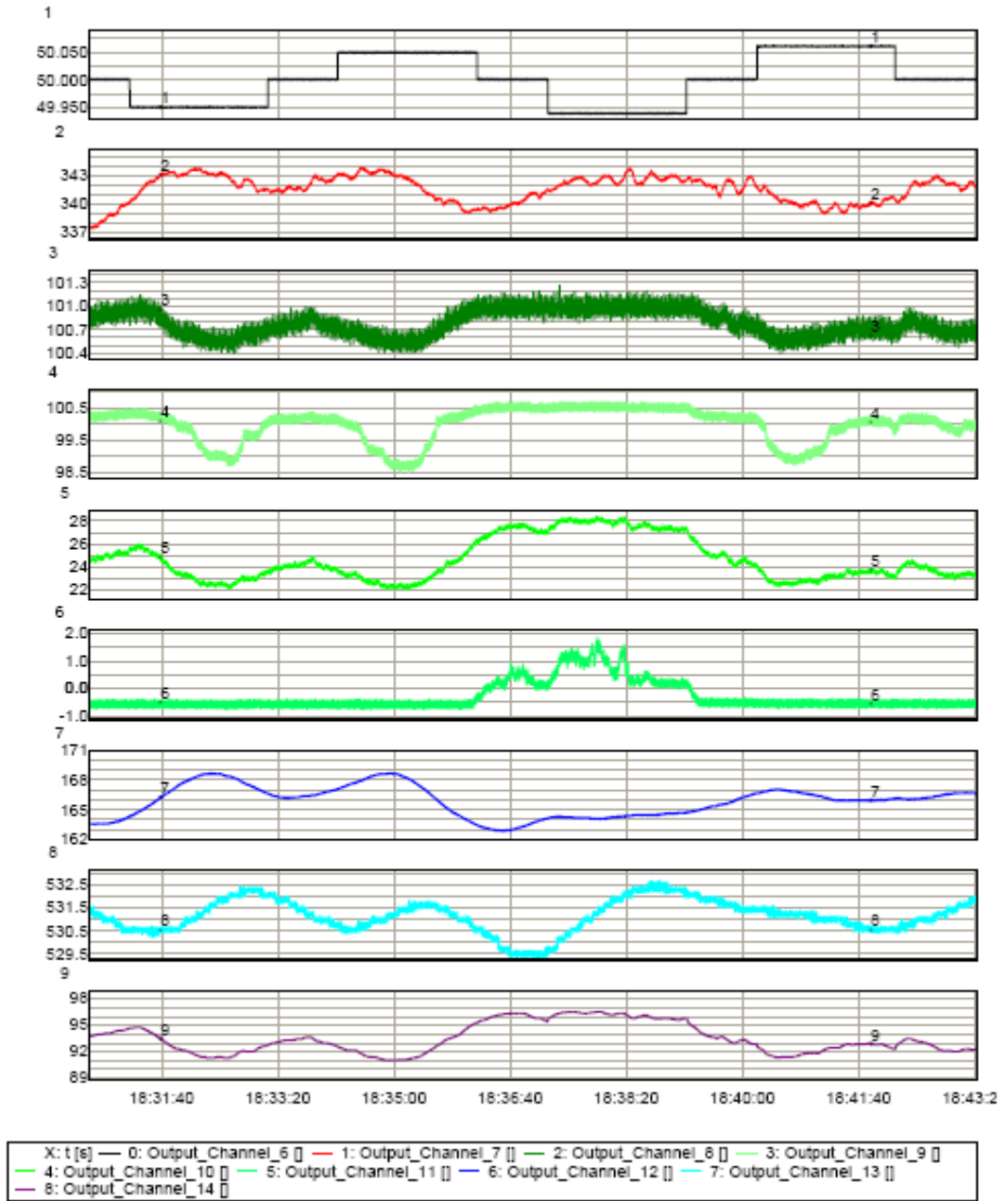
EK-D.14 : Maksimum çıkış gücü seviyesi 24 saatlik doğrulama testi
(örnek kayıt -4)



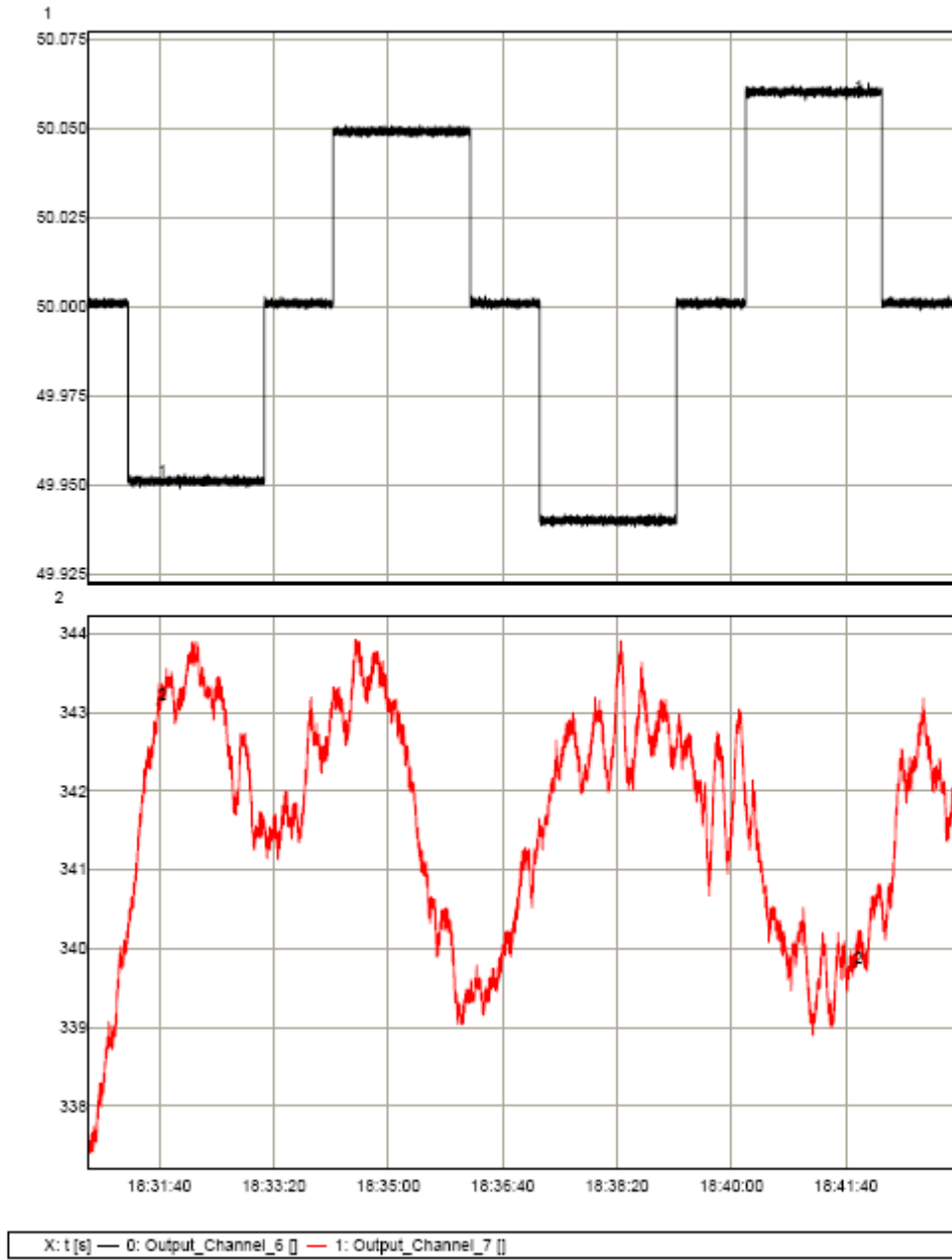
EK-D.15 : Maksimum çıkış gücü seviyesi 24 saatlik doğrulama testi



EK-D.16: Ölü bant tespit testi

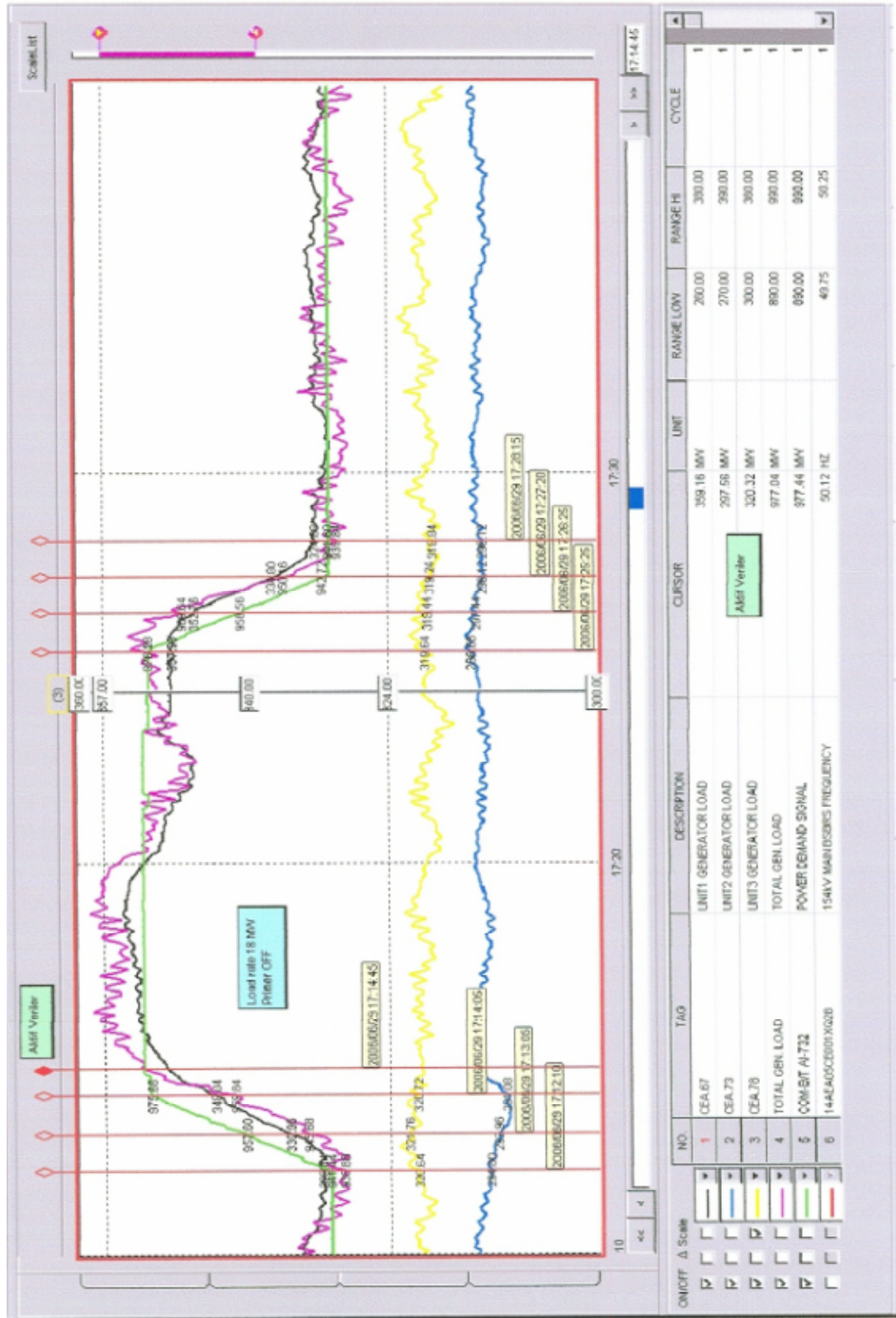


EK-D.17: Ölü bant tespit testi (yük alma yük atma)



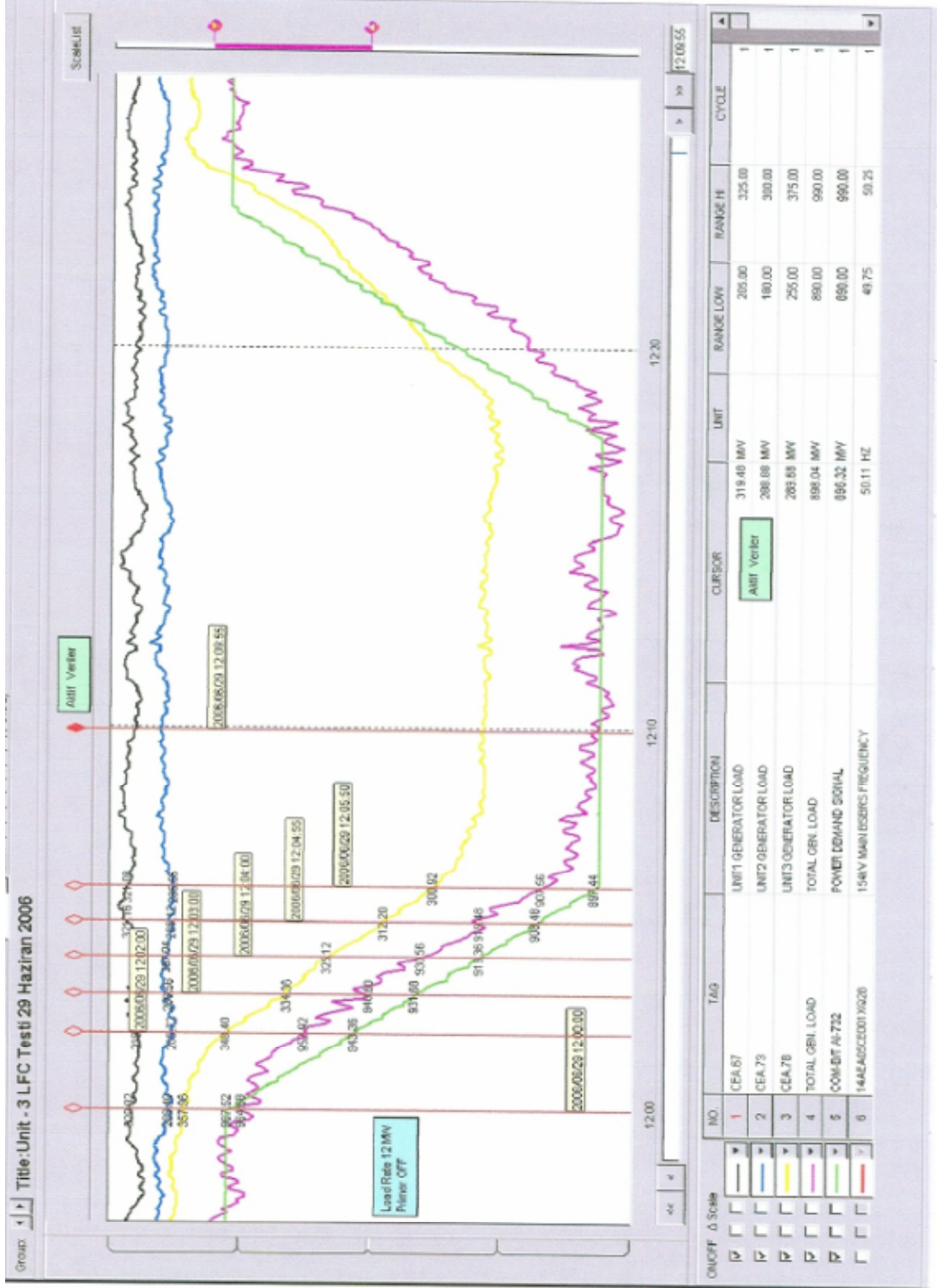
EK-E: : Afşin-Elbistan B termik santralı ünite-1 sekonder frekans kontrolü performans testleri

EK-E.1: : Load rate oranı 18 MW/dk ve primer frekans kontrolü devre dışı iken sekonder frekans kontrolü testi

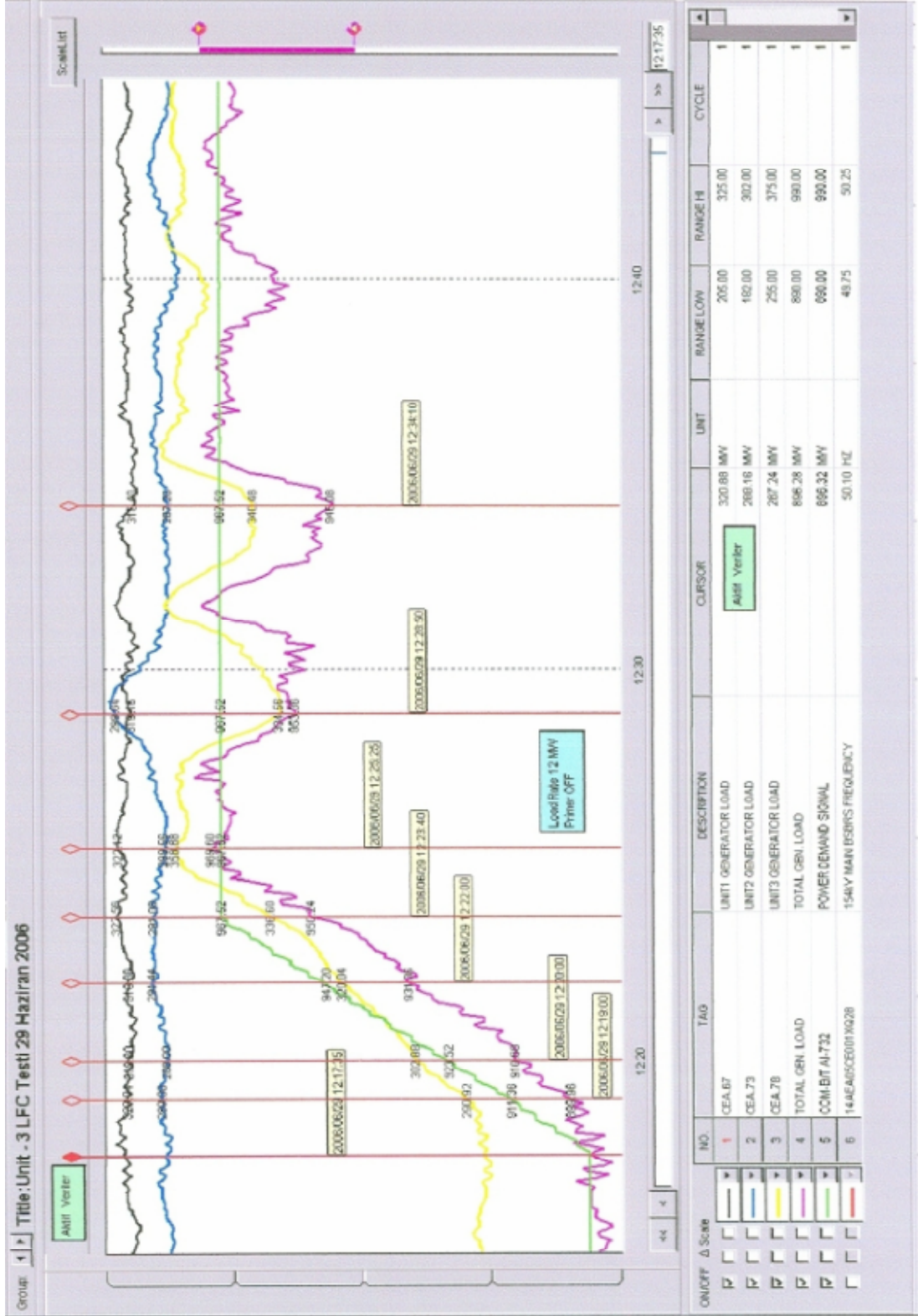


EK-F: : Afşin-Elbistan B termik santralı ünite-3 sekonder frekans kontrolü performans testleri

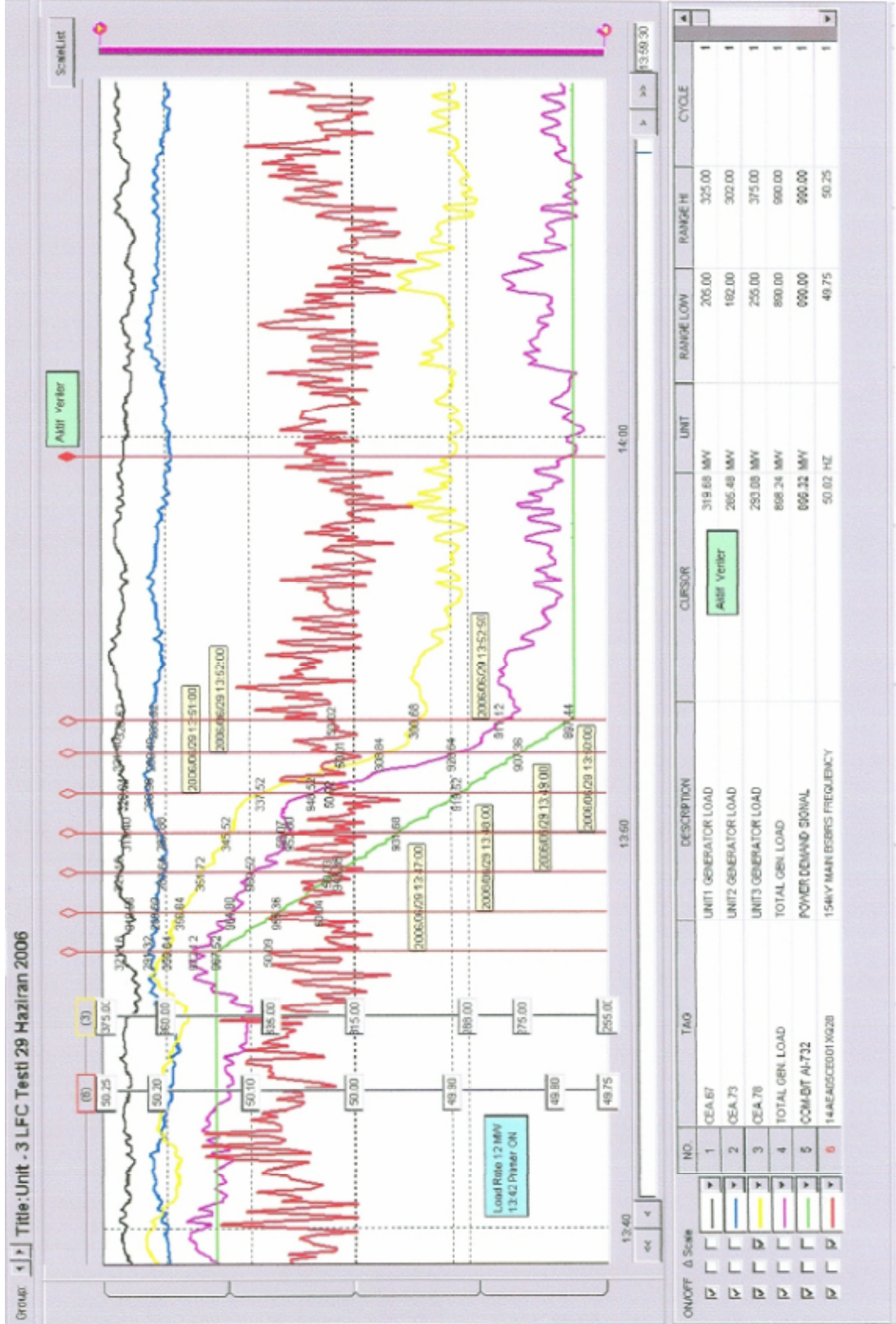
EK-F.1: : Load rate oranı 12 MW/dk ve primer frekans kontrolü devre dışı iken sekonder frekans kontrolü testi



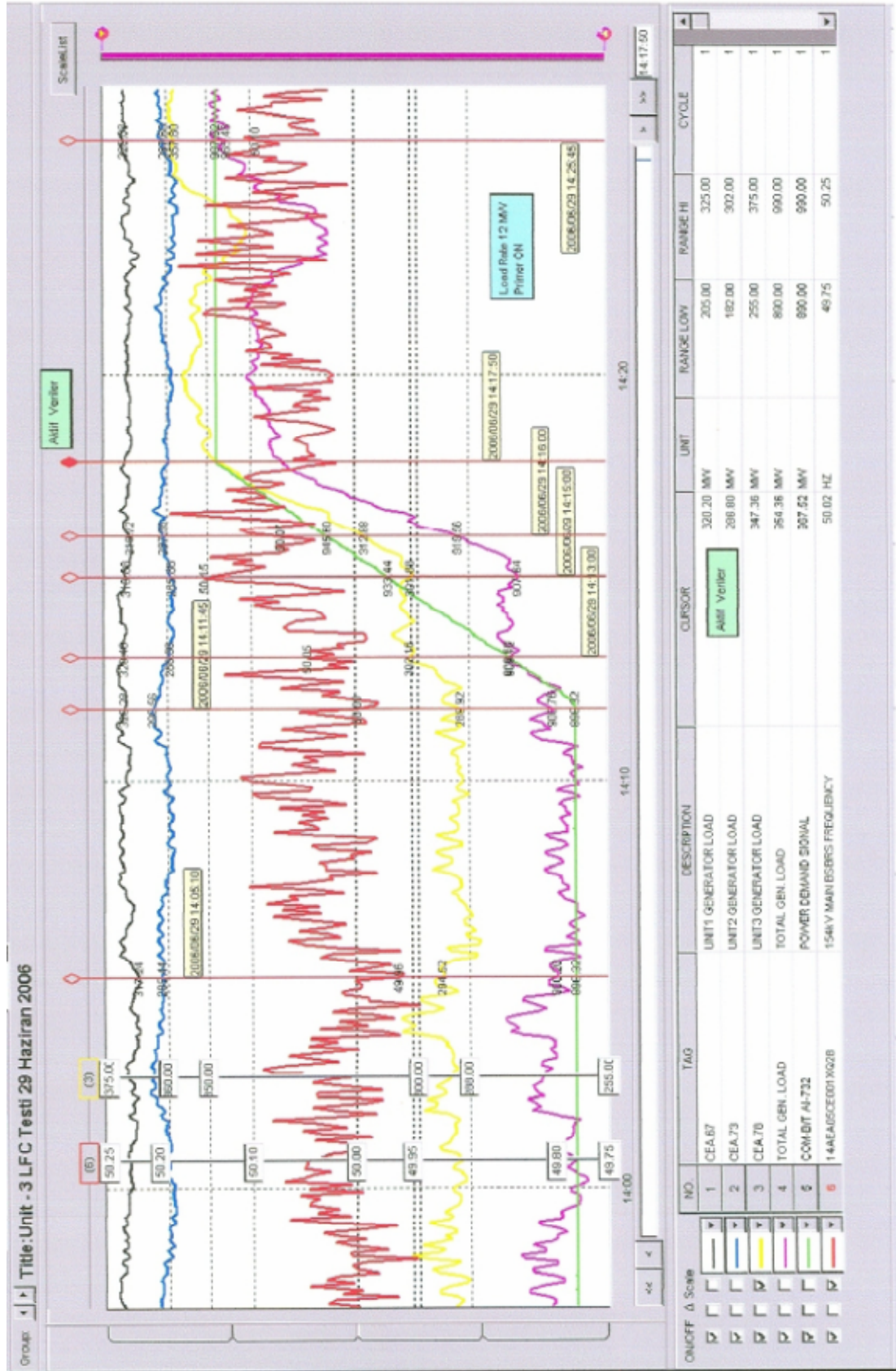
EK-F.2 : Load rate oranı 12 MW/dk ve primer frekans kontrolü devre iken sekonder frekans kontrolü testi



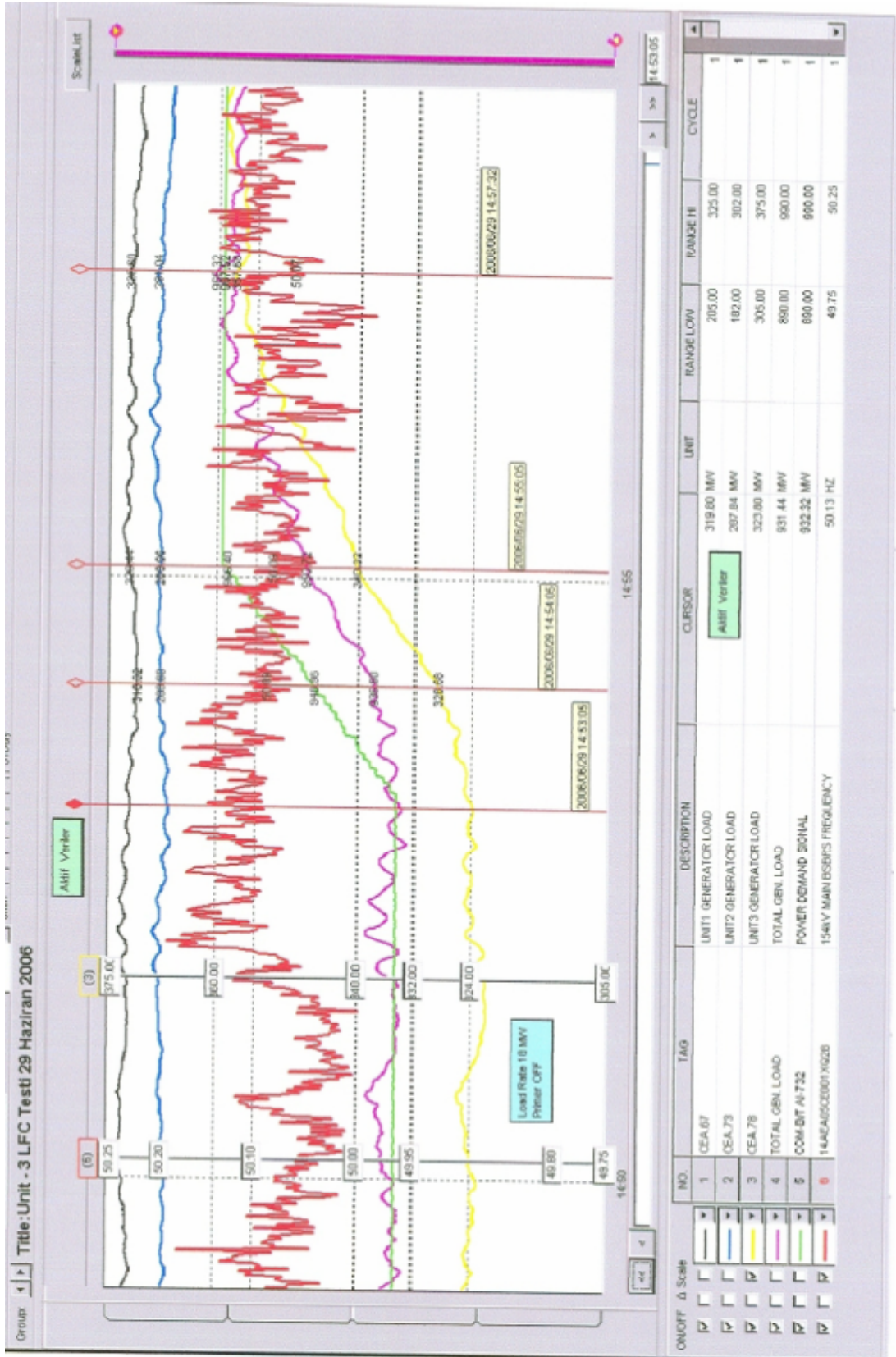
EK-F.3 : Load rate oranı 12 MW/dk ve primer frekans kontrolü devre iken sekonder frekans kontrolü testi



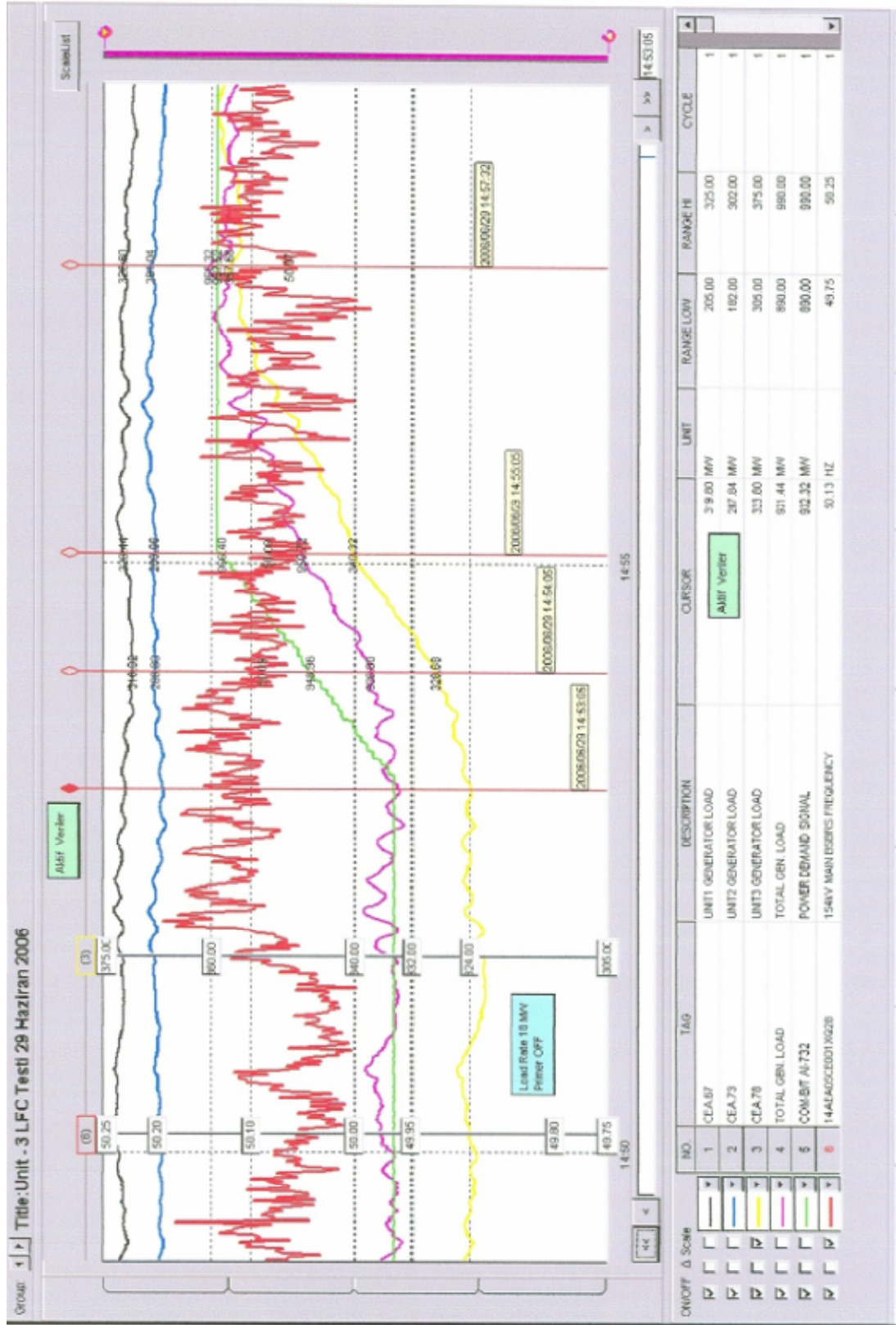
EK-F.4 : Load rate oranı 12 MW/dk ve primer frekans kontrolü devre iken sekonder frekans kontrolü testi



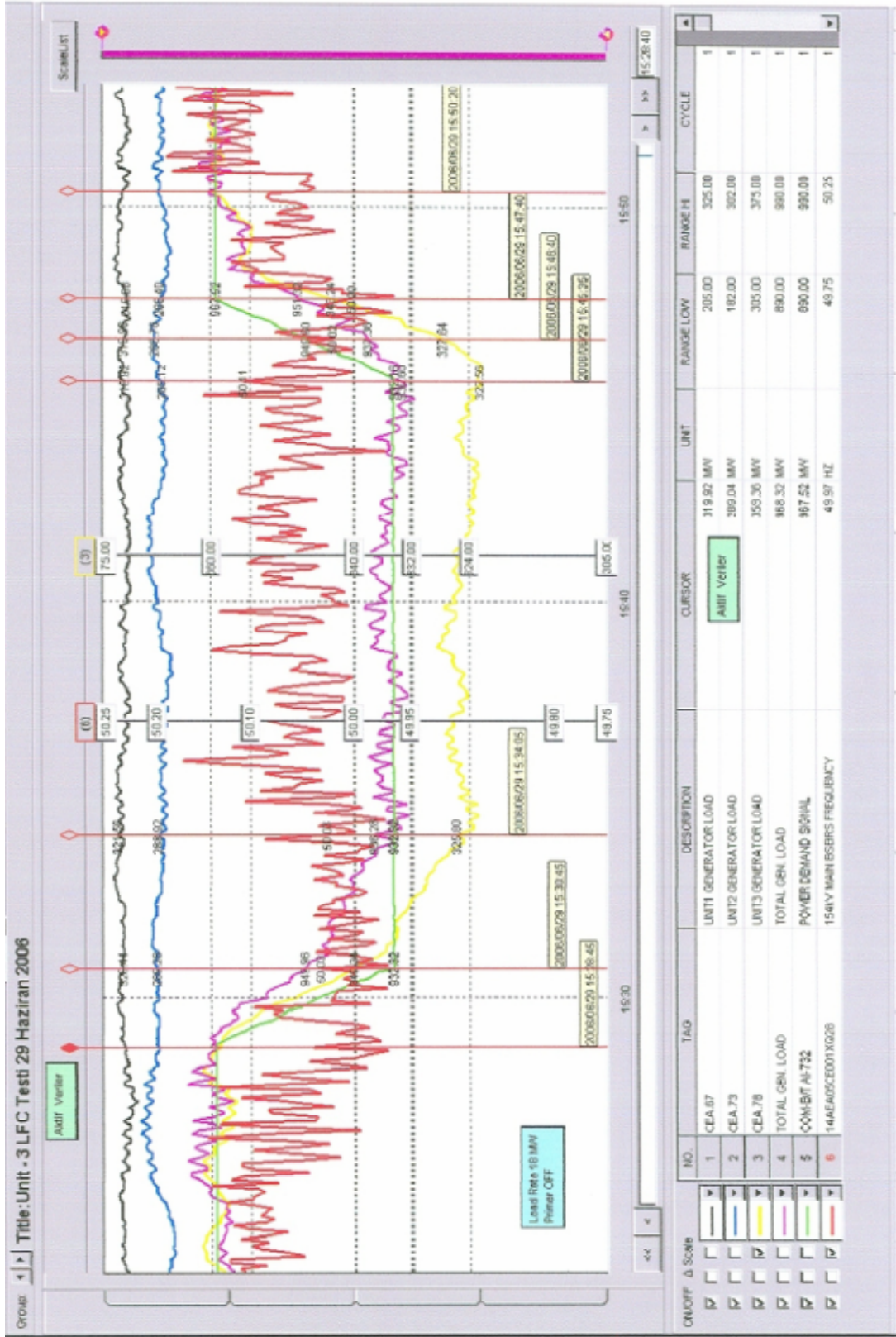
EK-F.5 : Load rate oranı 18 MW/dk ve primer frekans kontrolü devre dışı iken sekonder frekans kontrolü testi



EK-F.6 : Load rate oranı 18 MW/dk ve primer frekans kontrolü devre dışı iken sekonder frekans kontrolü testi



EK-F.7 : Load rate oranı 18 MW/dk ve primer frekans kontrolü devre dışı iken sekonder frekans kontrolü testi



ÖZGEÇMİŞ

12.12.1980 tarihinde Kastamonu ilinin Pınarbaşı ilçesinde doğdu. İlköğretimini Bursa da tamamladı. Ortaöğretimini Bursa Süleyman Çelebi Lisesi ve lise öğrenimini de Bursa Erkek Lisesi'nde sürdürdü. 2000 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümünden 2004 yılında mezun oldu. 2004 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. İş hayatını EÜAŞ Afşin Elbistan B Termik Santralinde Elektrik Mühendisi olarak sürdürmektedir.