



FACTS Sistemleri için Hata İzleme Analiz Sistemi

Kenan Ahmet Mumcu^{1*}, Alper Çetin², Canan Şişman Korkmaz³

¹Endoks Enerji A.Ş., <https://orcid.org/0000-0001-8291-6730>, e-mail: ahmet.mumcu@endoks.com

²Endoks Enerji A.Ş., <https://orcid.org/0009-0009-7860-2400>, e-mail: alper.cetin@endoks.com

³Endoks Enerji A.Ş., <https://orcid.org/0000-0001-6394-2319>, e-mail: canan.korkmaz@endoks.com

* Kenan Ahmet Mumcu; ahmet.mumcu@endoks.com

Received 20 October 2024

Received in revised form 02 December 2024

In final form 21 December 2024

4th International Conference on Design, Research and Development
(RDCONF 2024)
December 19 - 20, 2024

Reference: Mumcu, K. A., Çetin, A., & Şişman Korkmaz, C. (2024). Fault monitoring and analysis system for FACTS systems. Orclever Proceedings of Research and Development, 5(1), 377-399.

Özet

Bu çalışma, Esnek Alternatif Akım İletim Sistemleri (FACTS) için özel olarak geliştirilen bir hata izleme ve analiz sistemi geliştirilmesi ile ilgilidir. Sistem, analog ve dijital verileri yüksek çözünürlükte ve yüksek frekansta kaydederek, bu verilerin grafiksel analizine olanak sağlar. Farklı endüstriyel alanlar için tasarlanan bu sistem, özellikle dağıtım şebekelerinde kullanılan indirici merkezler, üretim tesisleri ve fabrikalarda meydana gelebilecek gerilim ve akım anormalliklerini tespit etmek ve izlemek amacıyla kullanılmaktadır. Sistem, kaydedilen verilerin detaylı bir şekilde incelenmesini sağlayan, kullanıcı dostu bir arayüzle donatılmıştır.

Anahtar: Esnek Alternatif Akım İletim Sistemleri, Hata İzleme, Analiz Sistemi, Gerilim ve Akım Takibi



Conference Article

Fault Monitoring and Analysis System for FACTS Systems

Abstract

This study focuses on the development of a fault monitoring and analysis system specifically designed for Flexible AC Transmission Systems (FACTS). The system records analog and digital data at high resolution and frequency, enabling graphical analysis of these data. Designed for various industrial applications, this system is particularly used in distribution networks, substations, generation facilities, and factories to detect and monitor voltage and current anomalies. The system is equipped with a user-friendly interface that allows detailed examination of the recorded data.

Keywords: Flexible Alternating Current Transmission Systems (FACTS), Analysis System, Voltage and Current Monitoring



1. Giriş

Esnek Alternatif Akım İletim Sistemleri (FACTS), enerji iletim hatlarında gerilim, akım ve güç akışının dinamik olarak yönetilmesini sağlayarak sistem stabilitesinin, kapasitesinin ve verimliliğinin artırılmasında kritik bir rol oynamaktadır. FACTS teknolojilerinin performansının sürdürülebilirliği ve güvenilirliği açısından, Hata İzleme ve Analiz Sistemleri (HİAS) temel bir bileşen olarak öne çıkmaktadır. HİAS, enerji iletim hatlarında meydana gelebilecek anomalileri gerçek zamanlı olarak tespit edebilmekte, arıza kök nedenlerini analiz edebilmekte ve sistemin optimum düzeyde çalışmasını destekleyen geri bildirim mekanizmaları sunmaktadır. Bu sistemler, yalnızca güç kalitesinin iyileştirilmesi ve kesinti sürelerinin azaltılması açısından değil, aynı zamanda FACTS cihazlarının yaşam döngüsünü uzatarak uzun vadeli operasyonel maliyetlerin düşürülmesi bakımından da stratejik bir öneme sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekelere entegrasyonunun artmasıyla birlikte, FACTS ve HİAS'ın kombinasyonu, enerji iletim altyapılarının esnekliği ve sürdürülebilirliği için vazgeçilmez bir çözüm sunmaktadır.

Bu çalışmada firmamız tarafından geliştirilen Esnek Alternatif Akım İletim Sistemleri (FACTS) için Hata İzleme ve Analiz Sistemi (HİAS) ile ilgili bilgi paylaşılması amaçlanmıştır. FACTS sistemlerinde meydana gelebilecek gerilim ve akım hatalarının yüksek frekans ve çözünürlükte izlenebilmesi amacıyla geliştirilen bu sistem, analog ve dijital verilerin kaydedilerek grafiksel analizler yapılmasına olanak tanımaktadır.

FACTS Sistemleri için Hata İzleme ve Analiz Sistemi, indirici merkezler, sanayi tesisleri ve üretim yapan fabrikalarda elektriksel parametrelerin anlık olarak izlenmesi ve değerlendirilmesi için kullanılabilmektedir. Toplanan veriler, sistemin sağladığı arayüz programı aracılığıyla grafiksel olarak detaylı bir şekilde analiz edilebilmektedir.

Sistemin modüler yapısı, farklı uygulama ve ihtiyaçlara göre kanal konfigürasyonunun özelleştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, sistem kapsamındaki çeşitli işlevleri yerine getiren modüller aşağıda listelenmiştir:

Güç Modülü

Ana Kontrol Modülü

Analog Akım Modülü

Analog Gerilim Modülü

Dijital Giriş Modülü

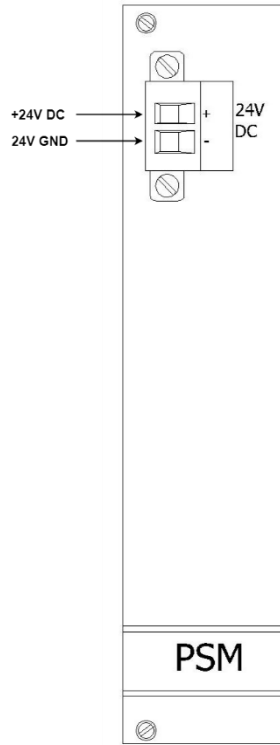
Bu modüllerin entegrasyonu sayesinde FACTS sistemleri, yüksek doğrulukta veri toplama ve hataları tespit etme kabiliyetine sahip, ölçeklenebilir bir izleme platformuna dönüştürülmektedir.

2. Modüller

2.1. Güç Modülü (PSM)

FACTS Sistemleri için Hata İzleme ve Analiz Sisteminde yer alan modüllerin enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla tasarlanan güç modülü, nominal giriş gerilimi olarak 24 VDC kullanmaktadır. Bu modül, sistemdeki diğer modüllerin gereksinim duyduğu ± 5 VDC çıkış gerilimlerini sağlamaktadır. Güç modülünün temel teknik özellikleri aşağıda sunulmaktadır ve Şekil 1’de güç modülü bağlantıları görülmektedir.

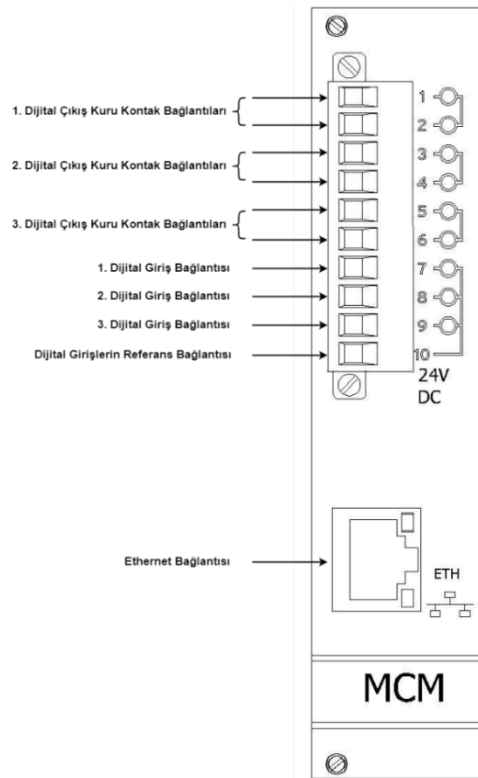
- 18VDC-36VDC giriş gerilimi
- ± 5 VDC Çıkış
- 3U Rack Yapısına uygun tasarım
- -40 / +85 oC çalışma sıcaklık aralığı



Şekil 1 Güç Modülü Bağlantıları

2.2. Ana Kontrol Modülü (MCM)

MCM modülü, sistemde bulunan diğer modüllerden yüksek frekans ve yüksek çözünürlükte veri alımı yaparak bu verileri kaydetme yeteneğine sahiptir. Bu modül, sistemin veri kaydı, hesaplama süreçleri ve iletişim işlevlerini yöneten bir bileşen olarak işlev görmektedir. Modül bağlantıları Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2 MCM Modülü Bağlantıları

2.2.1. Kayıt Özellikleri

Ölçüm modüllerinden elde edilen veriler, arayüz yazılımında tanımlanan kayıt parametrelerine göre kaydedilmekte ve bu veriler, arayüz yazılımının kurulu olduğu bilgisayarda arşivlenebilmektedir. Kayıt süresi, örnekleme frekansına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin, 25 kHz örnekleme frekansında tek bir kayıt için maksimum süre 8 saniye iken, 1 kHz örnekleme frekansında bu süre maksimum 200 saniyeye kadar çıkmaktadır.



MCM modülünde bulunan üç adet dijital giriş kanalından alınan veriler, 25 kHz örnekleme frekansında kayıt altına alınabilmektedir. Ayrıca, bu dijital giriş kanallarından sağlanan sinyaller, kayıt işlemi için tetikleme sinyali olarak da kullanılabilir.

Kayıt kapasitesi, kullanılan SD kartın hafızası ile sınırlıdır. Kaydedilen veriler SD kart üzerinde depolanmakta ve gerektiğinde arayüz yazılımı aracılığıyla SD karttan çekilerek bilgisayarın sabit diskine aktarılabilir.

MCM modülünün temel özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- Üç izole dijital giriş kanalı
- Üç izole dijital çıkış kanalı
- 1 kHz ile 25 kHz arasında ayarlanabilir örnekleme frekansı
- -40°C ile +85°C arasında çalışma sıcaklık aralığı

2.2.2. 3,7 kV RMS izolasyon seviyesi

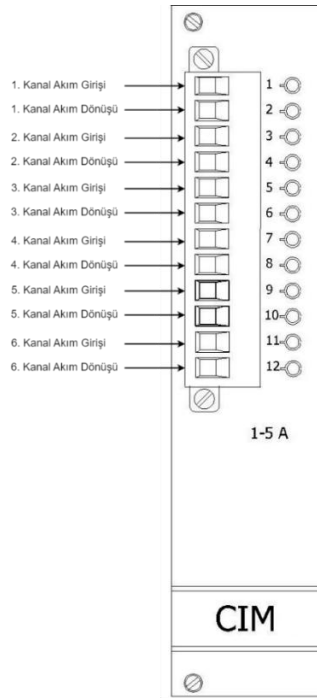
2.3. Analog Akım Modülü (CIM Modülü)

CIM modülü, yüksek çözünürlük ve yüksek örnekleme frekansı ile analog akım verilerinin ölçülmesi ve kaydedilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Bu modül, 0-15A AC/DC aralığındaki akım değerlerini ölçme kapasitesine sahiptir. FACTS Sistemleri için Hata İzleme ve Analiz Sistemi kapsamında, akım sinyallerine ait hem anlık ham veri kayıtları hem de hesaplanmış RMS değerleri, arayüz yazılımında yüksek çözünürlükle grafiksel olarak incelenebilmektedir.

Ayrıca, ölçülen akım sinyallerine dayalı olarak kayıt tetikleme fonksiyonları oluşturulabilmektedir. Bu tetikleme fonksiyonları, belirlenen sınır değerlerin altında ya da üzerinde aktif hale gelecek şekilde yapılandırılabilir.

2.3.1. Analog Akım Modülü Bağlantıları

CIM modülü, toplamda 6 akım kanalı barındırmaktadır. Bu modüle ait kart kapağında yer alan 12'li klemens üzerinden, her bir akım kanalı için 1. klemens giriş, 2. klemens dönüş olacak şekilde bağlantılar yapılabilir. Bu yapı, 6 adet akım bilgisinin modüle iletilmesine olanak tanır. Akım bağlantılarında, sistem performansı ve güvenilirliği açısından 4 mm² kesitinde kablo kullanılması önerilmektedir. CIM modülünün bağlantı detayları, Şekil 3'te görsel olarak sunulmuştur.



Şekil 3 CIM Modülü Bağlantıları

2.3.2. Analog Akım Modülü Özellikleri

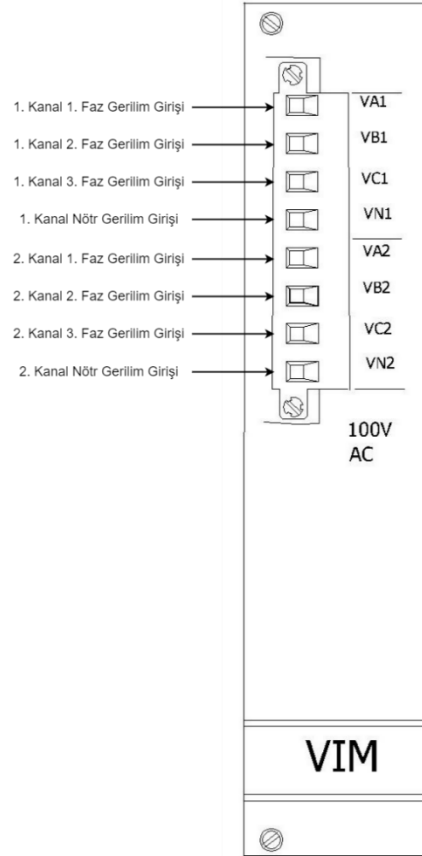
- 6 izole analog akım kanalı
- 0-5A AC/DC sürekli akım okuyabilme
- 0-15A AC/DC anlık akım okuyabilme
- 16 bit ADC çözünürlüğü
- 1kHz-25kHz örnekleme frekansı
- -40 / +85 oC çalışma sıcaklık aralığı
- İzolasyon 5kV RMS 1dk

2.4. Analog Gerilim Modülü (VIM Modülü)

VIM modülü, yüksek çözünürlük ve yüksek örnekleme frekansı ile analog gerilim verilerinin ölçülmesi ve kaydedilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Bu modül, gerilim sinyallerini 230VAC Faz-Nötr, 400VAC Faz-Faz ve 310VDC seviyelerine kadar ölçebilme kapasitesine sahiptir. FACTS Sistemleri için Hata İzleme ve Analiz Sistemi çerçevesinde, gerilim sinyallerine ait anlık ham kayıt verileri ve hesaplanan RMS değerleri, arayüz yazılımı üzerinden yüksek çözünürlükle grafiksel olarak incelenebilmektedir. Buna ek olarak, ölçülen gerilim sinyallerine dayalı olarak kayıt tetikleme fonksiyonları

tanımlanabilmektedir. Bu fonksiyonlar, belirlenen sınır değerlerin altında ya da üstünde çalışacak şekilde özelleştirilebilmektedir.

2.4.1. Analog Gerilim Modülü Bağlantıları



Şekil 4 VIM Modül Bağlantıları

VIM modülü, gerilim ölçümlerini "Nötr" girişlerini referans alarak gerçekleştirmektedir. Modül, aynı anda iki adet üç fazlı gerilim bağlantısını destekleyebilmektedir. Farklı gerilim değerlerinin ölçülmesi gerektiğinde, referansların ortak olması koşuluyla her bir kanala üç farklı gerilim bağlanabilmektedir. Gerilim bağlantıları için önerilen maksimum kablo kesiti 6 mm²'dir. VIM modülüne ilişkin bağlantı detayları Şekil 4'te sunulmuştur.

2.4.2. Analog Gerilim Modülü Özellikleri



- 2x3 izole gerilim kanalı
- 220V AC Faz-Nötr
- 380V AC Faz-Faz
- 310V DC
- 16 bit ADC çözünürlüğü
- 1kHz-25kHz örnekleme frekansı
- -40 / +85 oC çalışma sıcaklık aralığı
- İzolasyon 5kV RMS 1dk

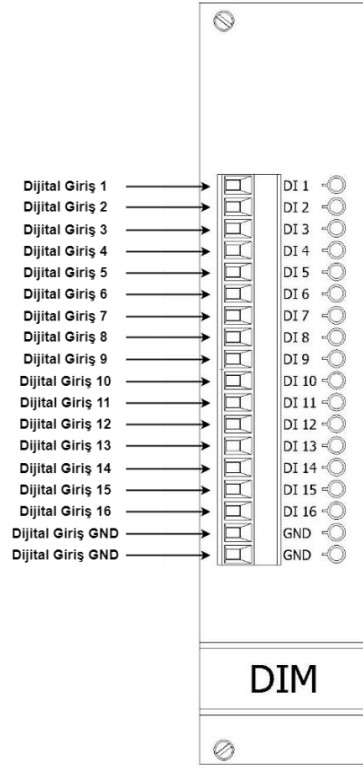
2.5. Dijital Giriş Modülü

DIM, yüksek örnekleme frekansında dijital sinyalleri kaydetmek amacıyla tasarlanmış bir sistemdir. 24V DC seviyesinde 16 dijital sinyali algılayabilme kapasitesine sahiptir. Dijital sinyaller, anlık veri veya kayıt verisi olarak yüksek çözünürlüklü bir arayüz programı üzerinden grafiksel olarak incelenebilir.

Modül, tüm dijital giriş kanallarından hata kaydı başlatılmasını sağlayan bir tetikleme fonksiyonuna sahiptir. Bu tetikleme fonksiyonu, kullanıcının ihtiyacına göre "yüselen kenar" veya "düşen kenar" şeklinde ayarlanabilmektedir. Bu sayede, sinyal değişimlerinin anlık takibi ve olay kayıtlarının başlatılması mümkün hale gelmektedir.

2.5.1. Dijital Giriş Modülü Bağlantıları

DIM modülünün kanalları, Şekil-5'te belirtildiği şekilde, 1-16 numaralı klemenslere 24VDC dijital sinyalleri bağlanacak şekilde yapılandırılmalıdır. Ayrıca, 17 ve 18 numaralı klemenslere 24V GND bağlantısının yapılması gerekmektedir. Dijital sinyal bağlantıları için önerilen maksimum kablo kesiti ise 2.5 mm²'dir.



Şekil 5 DIM Modülü Bağlantıları

2.5.2. Dijital Giriş Modülü Özellikleri

- 3U Rack yapısına uygun
- 16 kanal 24VDC giriş
- 1kHz-25 kHz örnekleme frekansı aralığı
- -40 / +85 oC çalışma sıcaklık aralığı
- 2.5kV izolasyon

3. Arayüz Programı

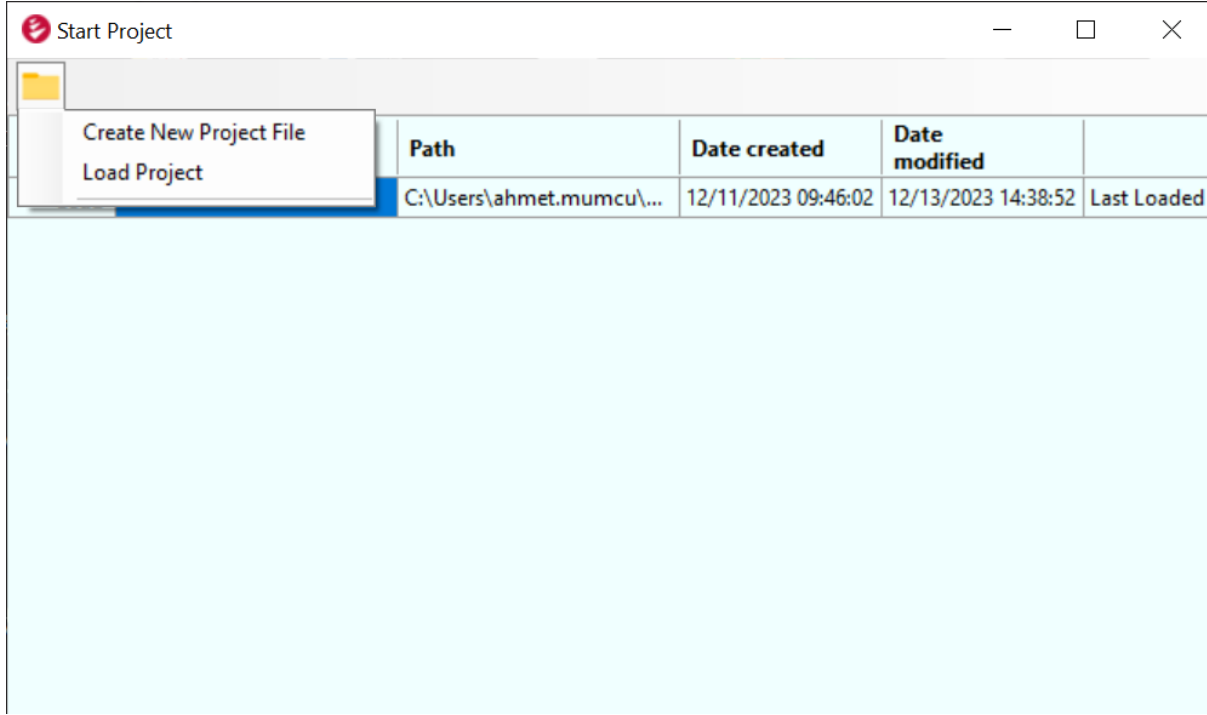
Arayüz programından FACTS Sistemleri için Hata İzleme Analiz Sisteminde tüm ayarları yapılabilmekte, kayıt verileri bilgisayara indirilebilmekte ve grafik üzerinden incelenebilmektedir.

3.1. Proje Ayarları

EN-MARVIN hata kayıt sisteminin arayüzü açıldığında, Şekil-6'da gösterilen Proje seçim ekranı görüntülenmektedir. Bu ekran üzerinden daha önce kaydedilmiş bir proje açılabilir. Yeni bir proje oluşturulmak istendiğinde ise, aynı ekran üzerinden proje adı ve



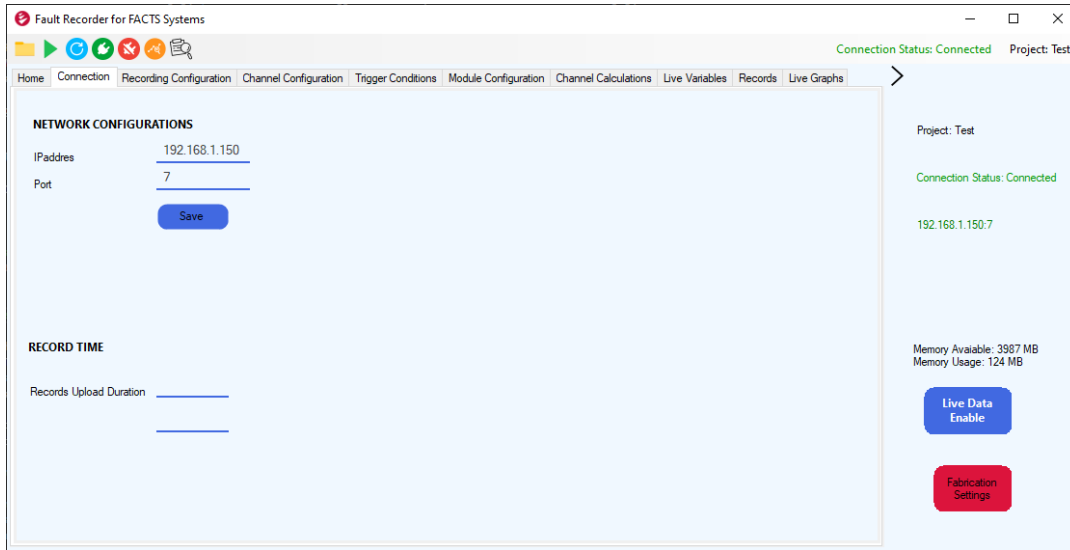
dosya yolu belirlenerek yeni bir proje tanımlanabilir. Belirtilen dosya yolunda, projenin konfigürasyon ayarları, kayıt ayarları ve modüllerle tanımlanan kanal ayarları gibi bilgiler saklanmaktadır.



Şekil 6 Proje Seçim Sayfası

3.2. Haberleşme Ayarları (Connection)

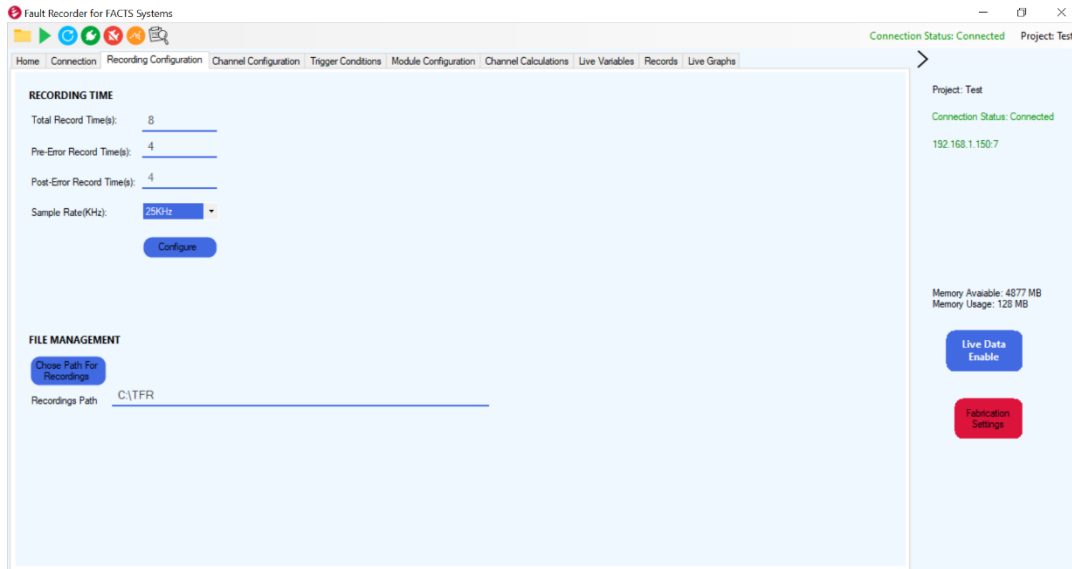
EN-MARVIN hata kayıt sistemi, arayüz programı ile 192.168.1.150 varsayılan IP adresi ile iletişim kurabilir. Sistemin IP adresi Connection sekmesinden seçilebilir. Haberleşme (Connection) Sayfası Şekil 7’de gösterilmektedir.



Şekil 7 Haberleşme (Connection) Sayfası

3.3. Kayıt Ayarları (Recording Configuration)

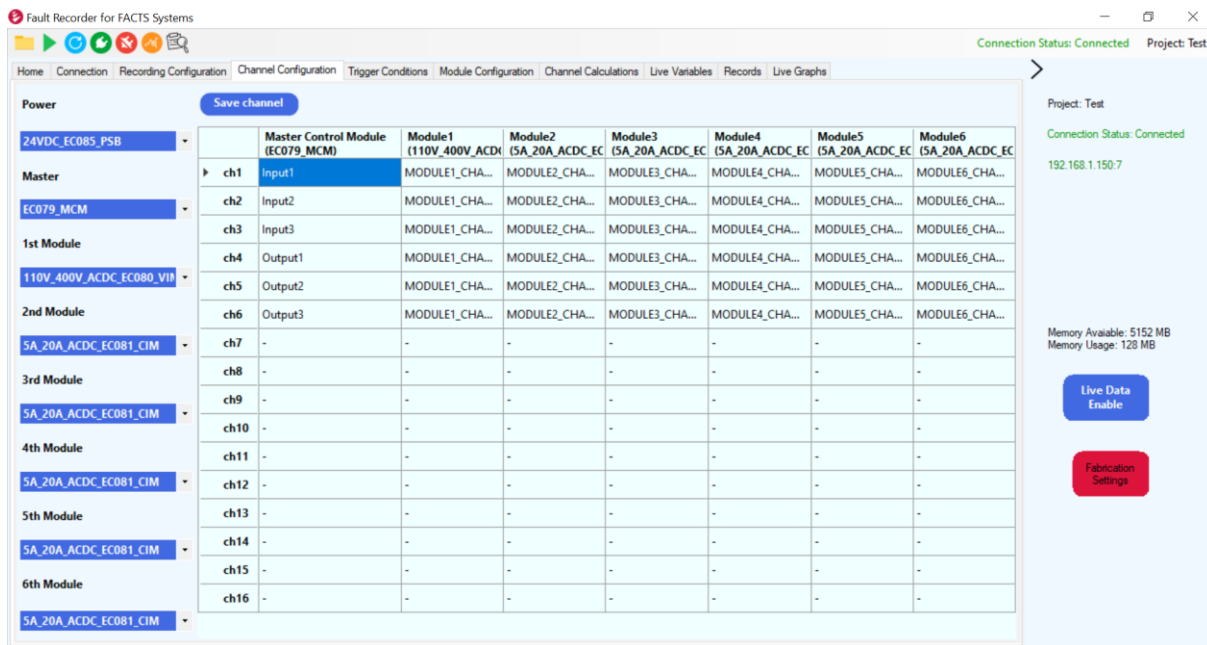
Ayarlar sayfası üzerinden, alınması gereken kayıt verisinin toplam süresi, hata anından önceki ve sonraki süreler ile örnekleme frekansı gibi parametreler yapılandırılabilir. Bunun yanı sıra, kayıt verilerinin depolanacağı dosya yolu da yine bu sayfa aracılığıyla belirlenebilir. Kayıt Ayarları (Recording Configuration) sayfası, Şekil 8'de sunulmaktadır.



Şekil 8 Kayıt Ayarları (Recording Configuration) Sayfası

3.4. Kanal Ayarları (Channel Configuration)

Kanal ayarları sayfası üzerinden, EN-MARVIN hata kayıt sistemine bağlı modüllerin konfigürasyonları yapılabilmektedir. Sayfanın sol kısmında, sisteme entegre edilen modüller doğru sırayla seçilmelidir. Modül bilgileri doğru bir şekilde girildikten sonra, sayfanın orta bölümünde modüllere ait kanallar görüntülenecektir. Bu kanalların isimleri, aynı sayfa üzerinden değiştirilebilir. Kayıt verileri, burada yapılan modül isim değişikliklerine göre kaydedilecektir. Kanal Ayarları (Channel Configuration) sayfası, Şekil 9'da sunulmaktadır.



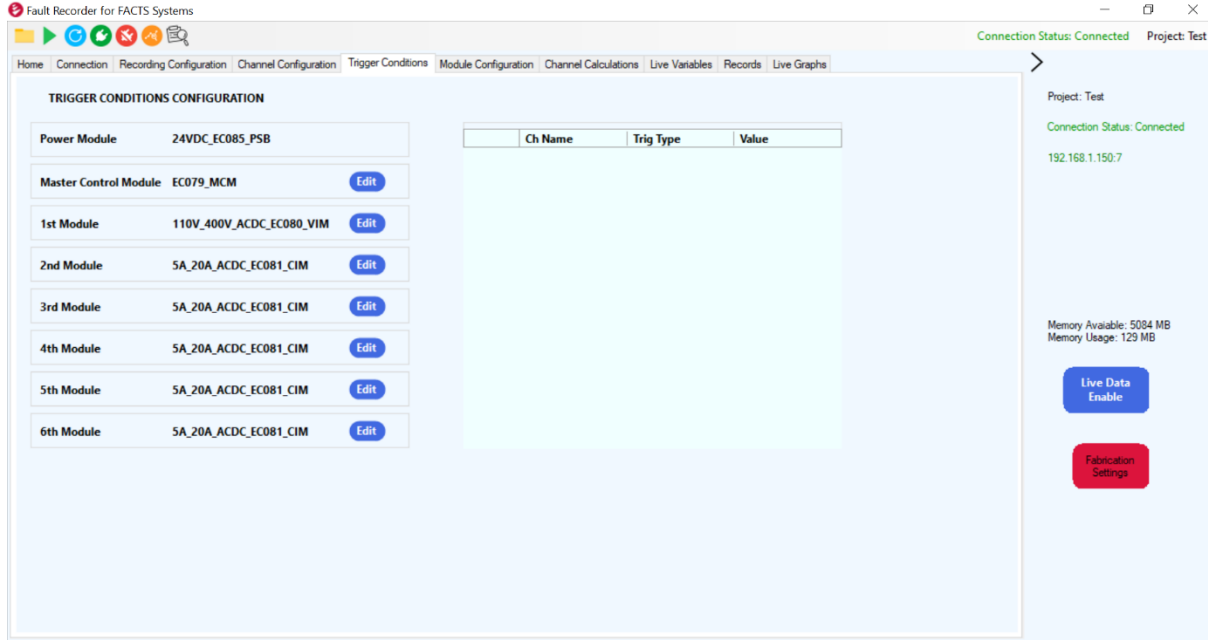
Şekil 9 Kanal Ayarları (Channel Configuration) Sayfası

3.5. Kayıt Tetikleme Ayarları

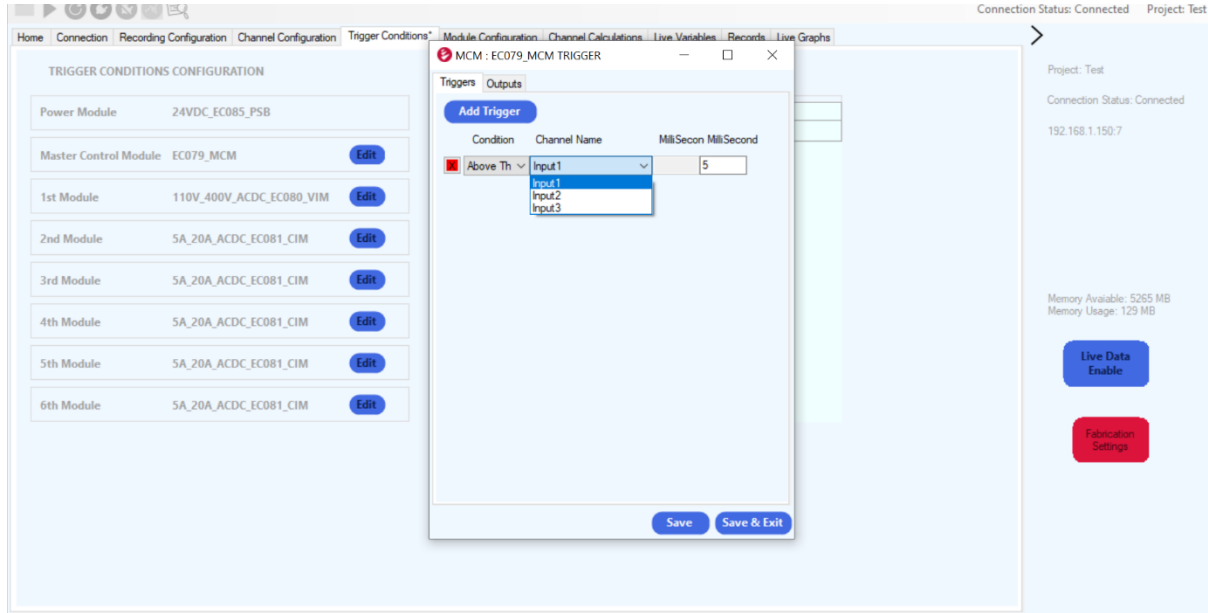
Kayıt Tetikleme Ayarları sayfası, hangi modülün hangi kanalında kaydın başlatılacağını yapılandırılmasına olanak tanımaktadır. Şekil 10'da gösterilen "Trigger Conditions" sayfasının sağ bölümünde yer alan modül seçeneklerinden, tetikleme ayarı yapılacak modülün yanındaki "Edit" butonuna tıklandığında, Şekil 11'de gösterilen ilgili modülün ayar sayfası açılacaktır. Bu sayfa üzerinden, kaydı başlatacak olay, istenilen kanal ayarlarına göre tanımlanabilir. Kayıt tetikleme parametreleri, MCM modülünün dijital giriş kanallarından, analog modüllerin (akım/gerilim) kanallarından ve dijital giriş



modülünün kanallarından, belirli bir değere ve koşula (düşen kenar/yükselen kenar) göre ayarlanabilir.



Şekil 10 Kayıt Başlatma (Trigger Conditions) Sayfası



Şekil 11 Kayıt Başlatma Parametreleri (MCM Modülü)



3.6. Modül Ayarları (Module Configuration)

Şekil 12’de gösterilen modül ayarları (Module Configuration) sayfasında analog modüllerin trafo tur oranları düzenlenebilmektedir.

TRANSFORMER RATIO CONFIGURATION

Module	Channel	Ratio
Module 1	Channel 1-3 V.T. Ratio	34500 / 100
	Channel 4-6 V.T. Ratio	1 / 1
Module 2	Channel 1-3 C.T. Ratio	1 / 1
	Channel 4-6 C.T. Ratio	1 / 1
Module 3	Channel 1-3 C.T. Ratio	1 / 1
	Channel 4-6 C.T. Ratio	1 / 1
Module 4	Channel 1-3 C.T. Ratio	1 / 1
	Channel 4-6 C.T. Ratio	1 / 1
Module 5	Channel 1-3 C.T. Ratio	1 / 1
	Channel 4-6 C.T. Ratio	1 / 1
Module 6	Channel 1-3 C.T. Ratio	1 / 1
	Channel 4-6 C.T. Ratio	1 / 1

Saved:

- Module 1 Channel 1 - 3 T.Ratio: 345
- Module 2 Channel 1 - 3 T.Ratio: 1
- Module 3 Channel 1 - 3 T.Ratio: 1
- Module 4 Channel 1 - 3 T.Ratio: 1
- Module 5 Channel 1 - 3 T.Ratio: 1
- Module 6 Channel 1 - 3 T.Ratio: 1

Saved:

- Module 1 Channel 4 - 6 T.Ratio: 1
- Module 2 Channel 4 - 6 T.Ratio: 1
- Module 3 Channel 4 - 6 T.Ratio: 1
- Module 4 Channel 4 - 6 T.Ratio: 1
- Module 5 Channel 4 - 6 T.Ratio: 1
- Module 6 Channel 4 - 6 T.Ratio: 1

Save

Connection Status: Connected Project: Test

Project: Test

Connection Status: Connected

192.168.1.150:7

Memory Available: 5346 MB
Memory Usage: 130 MB

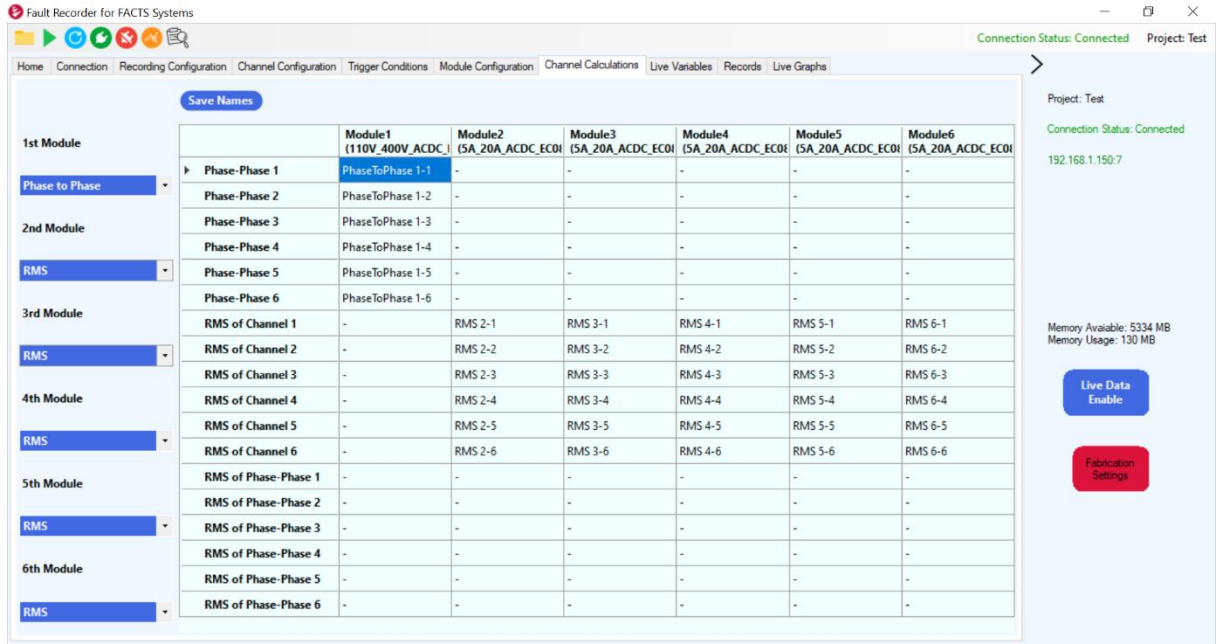
Live Data Enable

Fabrication Settings

Şekil 12 Modül Ayarları (Module Configurations) Sayfası

3.7. Kanal Hesaplamaları (Channel Calculations)

Şekil 13'te sunulan Kanal Hesaplamaları (Channel Calculations) sayfası üzerinden, analog modül kanallarına ait gerilimler için hem faz-nötr RMS hem de faz-faz RMS hesaplamaları yapılabilen; akımlar için ise RMS hesaplamaları gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 13 Kanal Hesaplamaları (Channel Calculations) Sayfası

3.8. Canlı Veriler (Live Variables)

Şekil 14'te gösterilen Canlı Veriler (Live Variables) sayfasında analog modüllerin okuduğu değerler anlık olarak görülebilmektedir.



Fault Recorder for FACTS Systems

Connection Status: Connected Project: Test

Home Connection Recording Configuration Channel Configuration Trigger Conditions Module Configuration Channel Calculations Live Variables Records Live Graphs

	Module1 (110V_400V_ACD_C_EC081_CII)	Module2 (5A_20A_ACD_C_EC081_CII)	Module3 (5A_20A_ACD_C_EC081_CII)	Module4 (5A_20A_ACD_C_EC081_CII)	Module5 (5A_20A_ACD_C_EC081_CII)	Module6 (5A_20A_ACD_C_EC081_CII)
RMS 1	134.064	0.099	0.053	0.317	0.187	0.105
RMS 2	273.064	0.111	0.060	0.296	0.198	0.164
RMS 3	480.615	0.204	0.095	0.307	0.252	0.222
RMS 4	1.298	0.084	0.057	0.213	0.213	0.133
RMS 5	1.133	0.104	0.043	0.247	0.198	0.137
RMS 6	1.112	0.150	0.091	0.348	0.255	0.231
Phase to Phase 1	-	-	-	-	-	-
Phase to Phase 2	1	-	-	-	-	-
Phase to Phase 3	-	-	-	-	-	-
Phase to Phase 4	-	-	-	-	-	-
Phase to Phase 5	-	-	-	-	-	-
Phase to Phase 6	-	-	-	-	-	-

Project: Test
Connection Status: Connected
192.168.1.150:7

Memory Available: 5117 MB
Memory Usage: 125 MB

Live Data Disable

Fabrication Settings

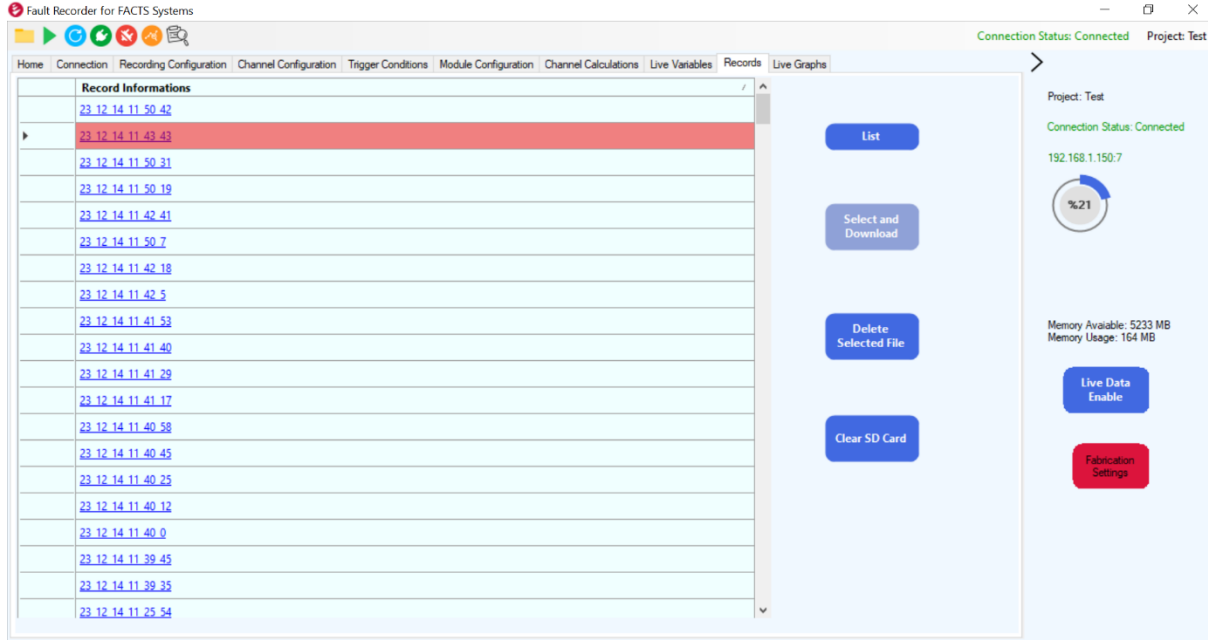
Şekil 14 Canlı Veriler (Live Variables) Sayfası

3.9. Kayıtlar (Records)

Şekil 15'te sunulan Kayıtlar (Records) sayfası üzerinden, EN-MARVIN Kayıt Sistemi'nin dahili hafızasında depolanan kayıtlara erişim sağlanabilir. Bu sayfada yer alan "List" butonuna tıklanarak mevcut kayıtlar listelenir. İncelenmek istenen kayıt dosyasının bilgisayara indirilebilmesi için, öncelikle ilgili kayıt listeden seçilmeli ve ardından "Select and Download" butonuna tıklanarak indirme işlemi gerçekleştirilmelidir. Sistemin dahili hafızasında yer alan bir kaydın silinmesi için, silinmek istenen kayıt seçildikten sonra



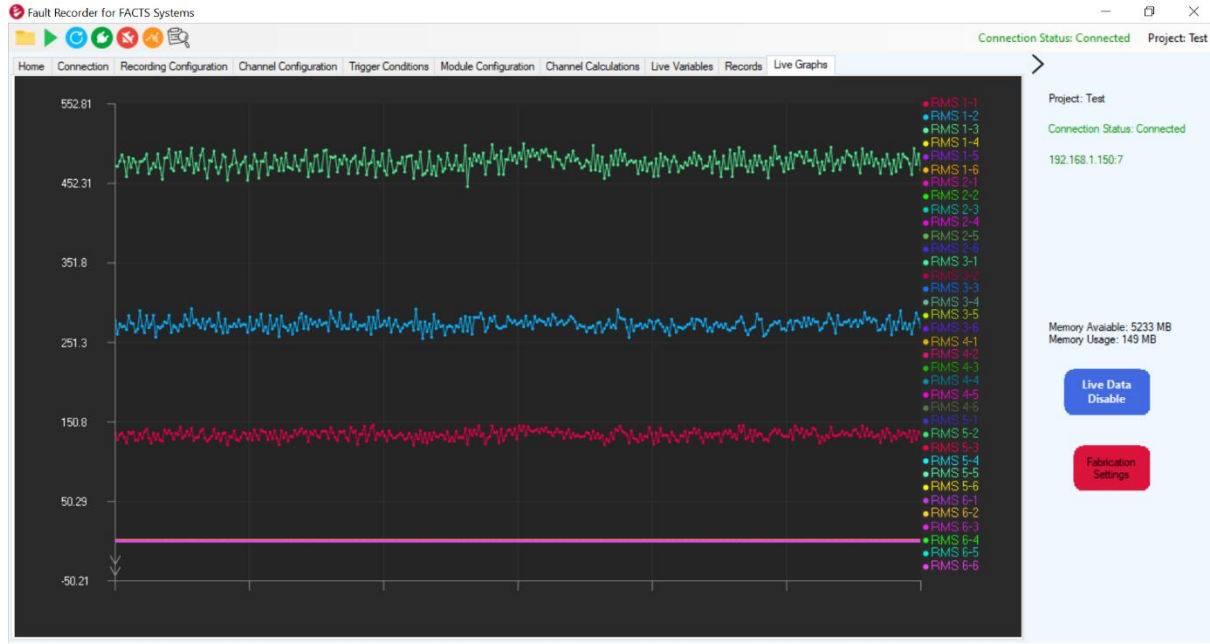
“Delete Selected File” butonuna tıklanması gerekmektedir. Tüm kayıtları silmek için ise “Clear SD Card” butonuna tıklanarak işlem tamamlanabilir.



Şekil 15 Kayıtlar (Records) Sayfası

3.10. Canlı Grafik (Live Graphs)

Şekil 16’da gösterilen Canlı Grafikler (Live Graphs) sayfasında modüllerdeki tüm verilerin RMS değerleri grafik üzerinde canlı olarak görülebilmektedir.



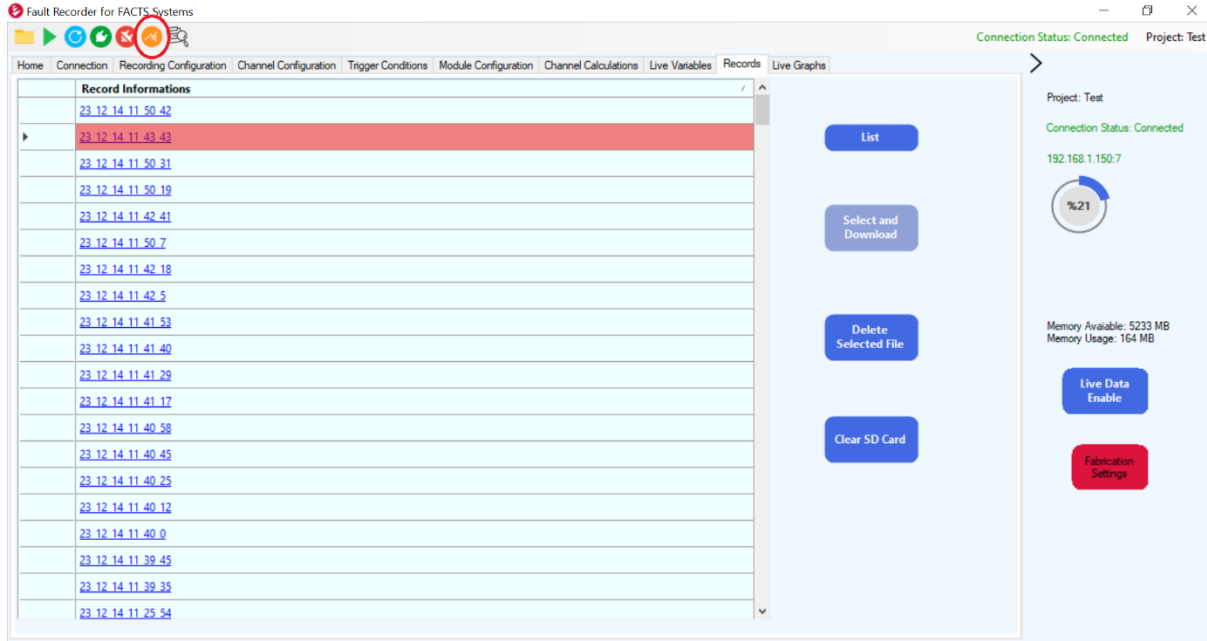
Şekil 16 Canlı Grafik (Live Graphs) Sayfası

3.11. Veri Görselleştirme (Data Visualization)

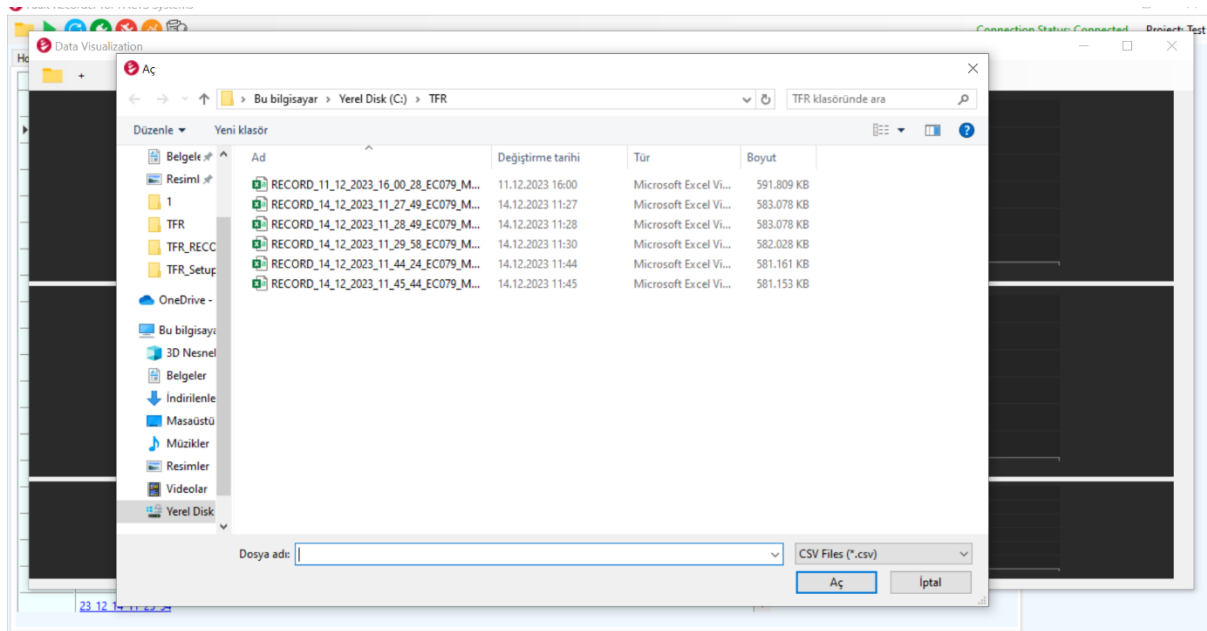
Veri Görselleştirme (Data Visualization) sayfası, Şekil 17'de işaretlenen butona tıklanarak açılmaktadır. Bu sayfada, arayüzün çalıştığı bilgisayara indirilen kayıt verileri grafiksel olarak incelenebilir. Veri görselleştirme sayfasının sol üst kısmında yer alan dosya simgesi, kayıt dosyalarının seçileceği dosya yolunun açılmasını sağlar. Buradan istenilen



kayıt dosyası seçilerek, grafik ekranında görüntülenebilir. Kayıt dosyalarının görseli ve grafik ekranının örnekleri sırasıyla Şekil 18 ve Şekil 19'da sunulmaktadır.



Şekil 17 Veri Görselleştirme Sayfası Butonu



Şekil 18 Kayıt Dosyaları



Şekil 19 Kayıt Verisinin Grafik Örneği

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Esnek Alternatif Akım İletim Sistemleri (FACTS) Sistemleri için geliştirilen Hata İzleme ve Analiz Sistemleri'nin (HİAS) yapısı, özellikleri ve kullanım alanları detaylı bir şekilde incelenmiştir. FACTS sistemlerinde meydana gelebilecek gerilim ve akım hatalarının yüksek frekansta ve çözünürlükte izlenmesini sağlayan HİAS, analog ve dijital verilerin entegre bir platformda kaydedilerek grafiksel analiz yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu özellik, sistem arızalarının erken teşhisi, analiz edilmesi ve düzeltici önlemlerin alınması açısından kritik bir fayda sağlamaktadır.

HİAS, indirici merkezler, sanayi tesisleri ve üretim yapan fabrikalar gibi elektriksel parametrelerin sürekli olarak izlenmesi gereken ortamlarda güvenilir bir analiz aracı olarak kullanılabilir. Modüler yapısı sayesinde, sistemin farklı uygulama alanlarına kolayca adapte edilmesi ve kanal konfigürasyonlarının ihtiyaçlara göre özelleştirilmesi mümkün olmaktadır. Güç Modülü, Ana Kontrol Modülü, Analog Akım ve Gerilim Modülleri ile Dijital Giriş Modülü'nün entegre kullanımı, yüksek doğrulukta veri toplama ve analiz süreçlerini desteklemektedir.

Sonuç olarak, FACTS sistemleri için geliştirilen HİAS, enerji sistemlerinde operasyonel verimliliği artıran, bakım ve onarım maliyetlerini düşüren ve enerji kalitesini iyileştiren yenilikçi bir izleme platformu sunmaktadır. Bu sistem, elektrik şebekelerinin



dijitalleşmesine ve akıllı şebeke (smart grid) konseptine uyum sağlama sürecine de katkı sunmaktadır. Gelecekte, bu tür hata izleme sistemlerinin yapay zeka tabanlı analiz teknikleri ile desteklenmesi, arıza tespiti ve tahmini bakım süreçlerinin daha da iyileştirilmesine olanak tanıyacaktır. Bu bağlamda, HİAS'ın endüstri ve enerji sektöründeki önemi giderek artmaktadır.

5. Tartışma

FACTS Sistemleri için Hata İzleme ve Analiz Sistemi (HİAS), enerji sistemlerinde arıza tespiti, önleyici bakım ve performans iyileştirme açısından önemli yenilikler sunmaktadır. Yüksek frekans ve çözünürlükte veri toplama yeteneği, bu sistemin geleneksel izleme ve analiz yöntemlerine göre daha hassas ve güvenilir sonuçlar elde etmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda, HİAS'ın, enerji iletim sistemlerindeki gerilim ve akım hatalarının anlık olarak izlenmesi ve analiz edilmesiyle, arıza tespit süresini kısaltarak bakım maliyetlerini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Özellikle indirici merkezler, sanayi tesisleri ve üretim tesislerinde kullanılabilirliği, sistemin endüstriyel uygulamalar açısından geniş bir etki alanına sahip olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, sistemin modüler yapısı, esneklik ve ölçeklenebilirlik açısından avantaj sağlamaktadır. Farklı ihtiyaçlara göre yapılandırılabilen bu modüler sistem, yalnızca izleme değil, aynı zamanda çok boyutlu veri analitiği sunarak operatörlerin karar verme süreçlerine katkı sunmaktadır. Ancak, bu yapının entegrasyonu ve sahadaki mevcut sistemlerle uyumlu çalışması, veri iletişim protokolleri ve standardizasyon gibi zorlukları beraberinde getirebilmektedir. Bu tür entegrasyon problemlerinin, ileri düzey haberleşme protokolleri ve veri senkronizasyonu için ek maliyetler doğurabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Diğer bir tartışma noktası, HİAS'ın büyük veri (big data) yönetimi ve veri analitiği ile entegrasyonu konusundadır. Özellikle çok sayıda analog ve dijital sinyalin gerçek zamanlı toplanması, büyük hacimli veri üretimine neden olmaktadır. Bu nedenle, veri sıkıştırma, veritabanı yönetimi ve yapay zeka (AI) tabanlı analiz algoritmalarının sisteme entegre edilmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım, yalnızca arızaların tespitiyle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda arıza tahmini (predictive maintenance) ve arıza türü sınıflandırması gibi ileri seviye analizlerin yapılmasını sağlayabilir.

Son olarak, sistemin maliyeti ve uygulanabilirliği, büyük ölçekli projeler için önemli bir değerlendirme kriteridir. Özellikle, HİAS'ın mevcut iletim ve dağıtım sistemlerine



entegrasyonu, başlangıç yatırım maliyetini artırsa da, uzun vadede bakım maliyetlerini düşürmesi ve kesinti sürelerini kısaltması sayesinde bu maliyetlerin telafi edilebileceği değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, HİAS'ın, enerji sektörü için stratejik bir yatırım olduğu ve akıllı şebeke (smart grid) dönüşüm süreçlerine katkı sunduğu ifade edilebilir. Gelecekte, yapay zeka ve makine öğrenmesi tabanlı hata tespit algoritmalarının entegre edilmesiyle, sistemin proaktif bakım süreçlerinde daha da etkili bir rol oynayacağı öngörülmektedir.

6. Teşekkür

Bu proje çalışmalarının bir kısmı TÜBİTAK TEYDEB tarafından desteklenmiştir. Endoks firmasına da değerli çalışma katkıları için teşekkür ederiz.