



**ENTT ENERJİ TAAHHÜT ve TİCARET A.Ş.**



**için hazırlanmıştır.**

**OG ŞEBEKELERİNDE SYNCROPHASOR KULLANARAK  
ŞEBEKE DAYANIKLILIĞININ ARTIRIMI PROJESİ**

**Pilot Öneri Raporu**

**Ankara**

**31 Ocak 2020**



ENTT Enerji Taahhüt ve Ticaret A.Ş

OG ŞEBEKELERİNDE SYNCROPHASOR KULLANARAK  
ŞEBEKE DAYANIKLILIĞININ ARTIRIMI PROJESİ

İş Paketi 1

Pilot Öneri Raporu

İSİM	ÜNVAN	İMZA
Doç. Dr. Murat GÖL	ORTADOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü	
Pertev CİNALIOĞLU	ENTT Enerji Taahhüt ve Ticaret A.Ş. Yönetim Kurulu Üyesi	

## İçindekiler

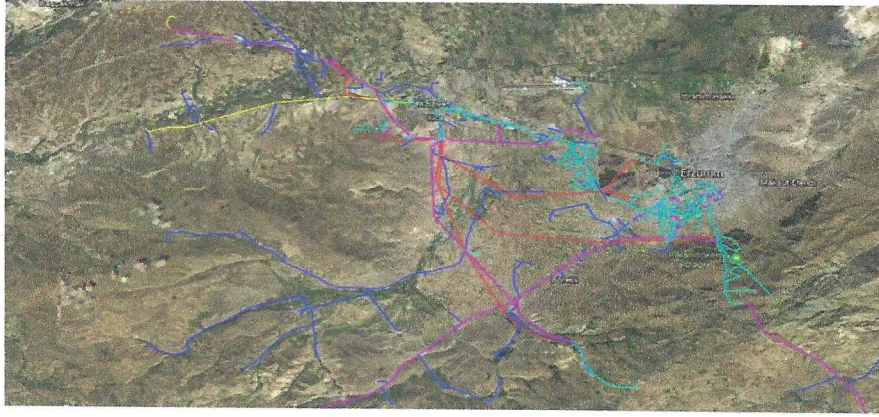
1. Giriş.....	2
2. Konum Seçimi.....	2
3. ARAS EDAŞ Erzurum Dağıtım Şebekesi Kısmi Modelleme Çalışması.....	3
4. Analiz, Simülasyon ve Test Çalışması .....	6
5. Sonuç.....	19
6. Ekler.....	19

ch

## 1. Giriş

Bu rapor kapsamında; OG şebekelerinde synchrophasor kullanarak şebeke dayanıklılığının artırımının sağlanması için geleneksel yöntemlere (SCADA, RTU) göre yüksek hassasiyetli ve eş zaman etiketli akım ve gerilim fazörlerinin ölçümlerinin yapılması gereken konular, Aras EDAŞ'tan alınan şebeke verileri de kullanılarak, Aras EDAŞ Erzurum bölgesi dağıtım şebekesi özelinde tespit edilmiştir.

İlk olarak, uygun FÖB konumlarının tespiti için dikkate alınması gereken durumlar belirlenmiş ve sonrasında PSS SINCAL ortamında ARAS EDAŞ'tan alınan şebeke verileri de kullanılarak Aras EDAŞ Erzurum Bölgesi özelinde OG dağıtım şebekesi sistemi kısmi olarak modellenmiş ve sistemin davranışı analiz edilmiştir.



*Erzurum Bölgesi OG Dağıtım Hatları.*

## 2. Konum Seçimi

Elektrik dağıtım şebekelerinin barındırdıkları özellikler açısından, elektrik iletim şebekelerine göre daha dinamik bir yapıya sahip olduğu bu proje kapsamında hazırlanan Literatür Taraması ve Benzer Ürün Doküman İncelemesi Raporu'nda detaylı olarak açıklanmıştır.

Bu dinamik yapının yüksek seviyeli gözlemlenebilirliğini ve şebeke dayanıklılığının artırımını sağlayabilmek için; FÖB (Phasor Measurement Unit) cihazlarının, geleneksel yöntemlere (SCADA, RTU) göre yüksek hassasiyetli ve eş zaman etiketli akım ve gerilim fazörü ölçümleri yapacağı konumların doğru belirlenmesi önemlidir.

Konum belirleme çalışmalarında Aras EDAŞ Erzurum Bölgesi özelinde aşağıdaki hususlara ayrıca dikkat edilmiştir:

➤ **Dağıtım Şebekesine Bağlantısı Doğrudan Bağlı Olan Güneş Enerjisi Tesisleri:**

Bu tesislerin önem arz etmesindeki en büyük neden sisteme olan etkilerinin ani olabilmesidir. Bu ani etkiler nedeniyle olan değişimler anlık olarak sistemin dengesini ve güvenilirliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Ek olarak, bu tesislerin sağladığı enerji sistemdeki yük dengesinin ayarlanmasında da rol almaktadır.

➤ **Yük Miktarının Yüksek Olduğu Fiderler:**

Bu bölgelerin incelenmesinin amacı olarak sistemin dengesinin sağlanmasına yöneliktir. Büyük yüklerin sistemden bir arıza nedeni ile çıkması tüm sistemi etkileyecek

boyutta sorunlara yol açabilir. Bu sebepten ötürü bu bölgelerin mercek altına alınması gereklidir.

➤ **Ani Yük Değişikliklerinin Olduğu Fiderler:**

Bu bölgeler sistemin güvenilirliği açısından önemlidir.

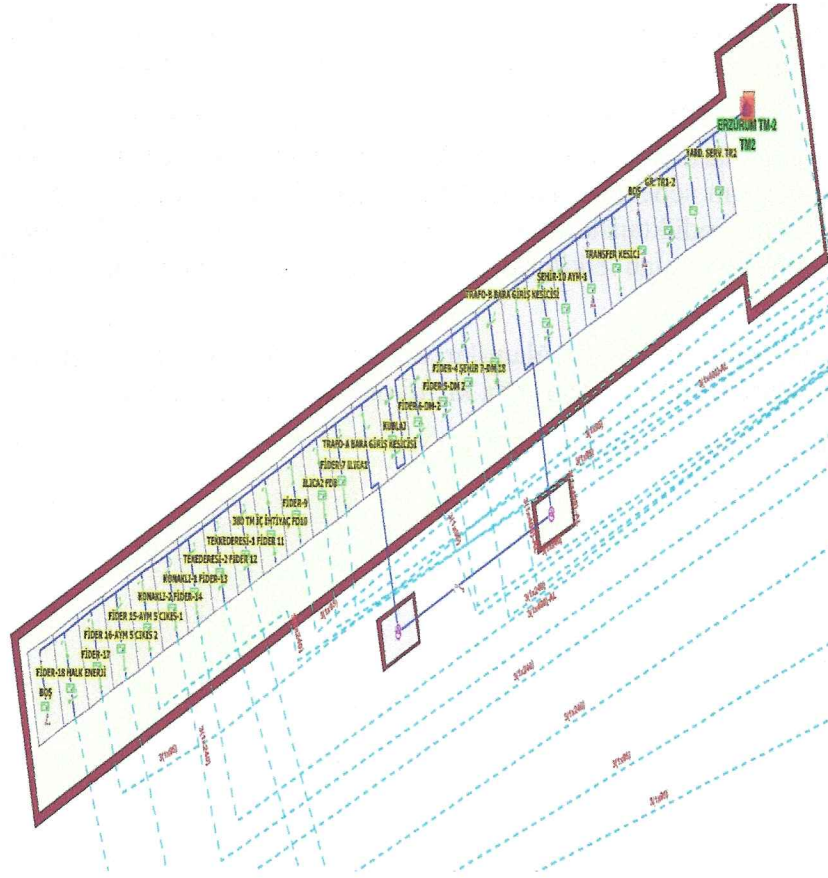
Bu bölgelerin tespitinin yapılabilmesi için Aras EDAŞ'tan temin edilen şebeke verileri kullanılmıştır.

### 3. ARAS EDAŞ Erzurum Dağıtım Şebekesi Kısmi Modelleme Çalışması

Aras EDAŞ Erzurum dağıtım şebekesi kısmi modelleme çalışması PSS SINCAL yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Bu yazılımda oluşturulan sistem için Aras EDAŞ'tan alınan şemalar kullanılmıştır. Bu şemalar Şekil 1 ve 2'deki gibidir.

Şekil 1'de, Erzurum ziyaretimizde incelenmiş olan TM-2 adlı indirici güç merkezi ve içerdiği fider bağlantıları mevcuttur.

Şekil 2'de ise TM-2 ile bağlantılı olan Mezarlık Dağıtım Merkezi (DM) görülmektedir.



Şekil 1: Erzurum TM-2 şeması.

149



Şekil 2: Erzurum Mezarlık-DM şeması.

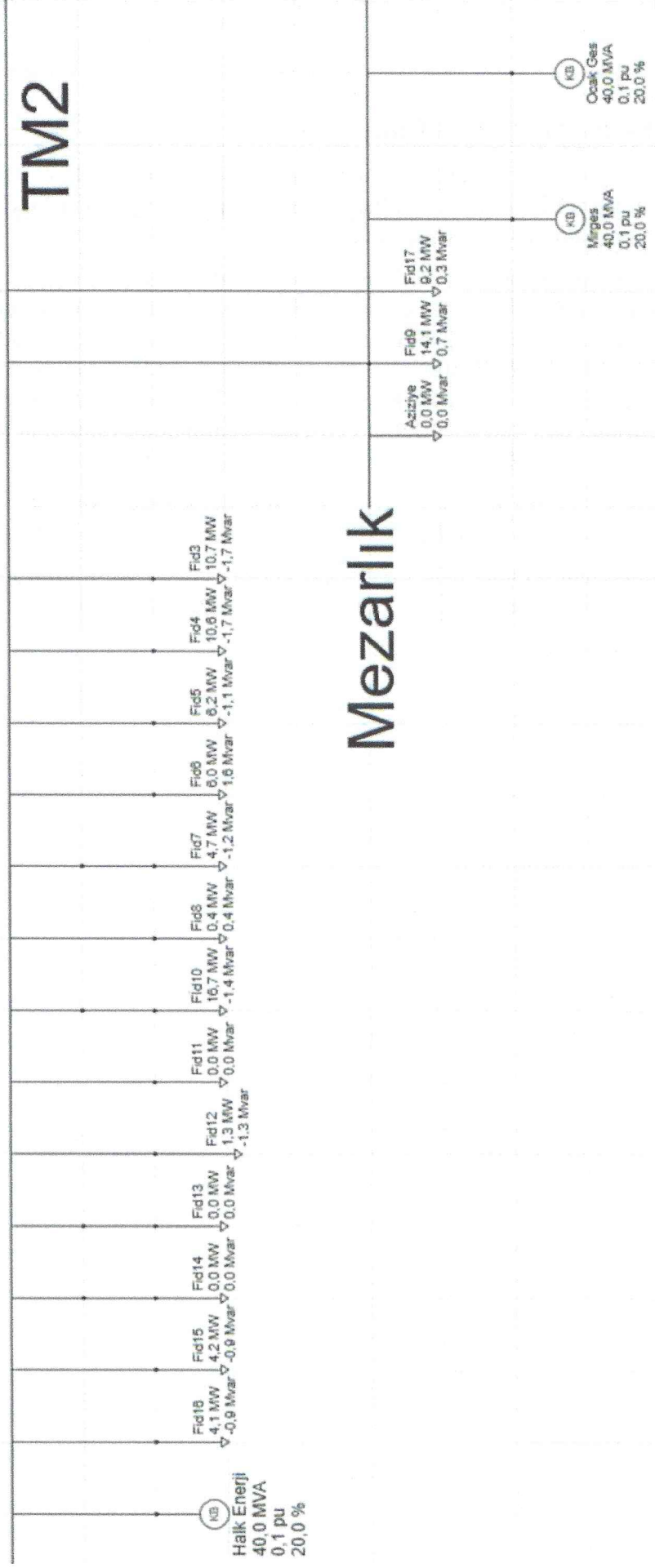
Bu iki şemanın incelenmesi sonucunda karşımıza üç önemli nokta çıkmıştır. Bunlar; bölgede bulunan üç farklı güneş enerjisi tesisleridir. Bu tesislerin adları Halk Enerji, MİRGES ve OCAK-GES'dir ve kurulu güçleri sırasıyla 17, 10,8 ve 10 MW'dır.

Sistemin PSS SINCAL ortamında modellenmesi sırasında bağlantıların doğru yapılmasına ve kabloların özelliklerinin doğru işlenmesine ayrıca dikkat edilmiştir. Bunun nedeni; elektrik dağıtım şebekelerinde kullanılan kabloların dirençlerinden dolayı oluşan güç kayıpları, kabloların endüktanslarının yarattığı faz değişimleri ve kabloların yük taşıma kapasitelerinin şebekeye olan etkileridir. Sistemde bulunan kabloların özellikleri Ek 1'de belirtilmiştir.

Kabloların özellikleri ve bağlantılar dikkate alındıktan sonra Aras EDAŞ Erzurum dağıtım şebekesi PSS SINCAL ortamında kısmi olarak modellenmiştir.

Sistem modeli Şekil 3'teki gibidir.

*em*



Şekil 3: SINCAL ortamında tasarlanan sistem şeması.

64

#### 4. Analiz, Simülasyon ve Test Çalışması

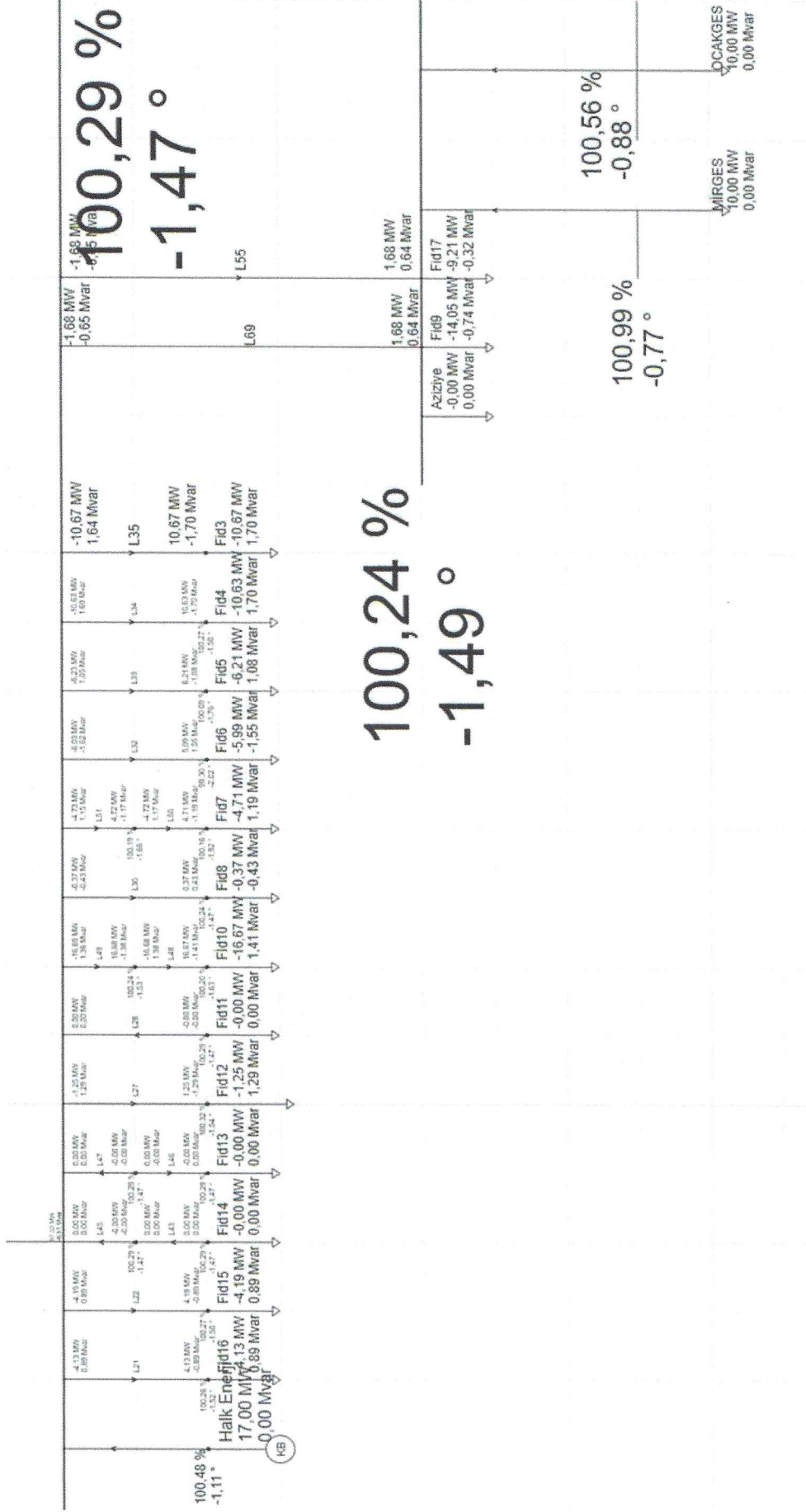
Aras EDAŞ Erzurum dağıtım şebekesi sisteminin kısmi olarak modellenmesi sonrasında bu sistem analiz edilmiştir. Sistem analiz çalışmalarında yapılan uygulama farklı operasyon koşullarındaki sistem durumunun gözlemlenmesidir.

İlk adımda sistemin her bir elemanı normal koşullarda çalışırken oluşan yük akışları incelenmiştir. Sistemde yer alan fiderlerin oluşturdukları yüklerin belirlenmesi önemlidir. Bu yük değerlerinin belirlenmesi için halihazırda kullanılan ölçüm sisteminin topladığı ve Aras EDAŞ'tan temin edilen veriler kullanılmıştır. Bu veriler içerisinde mevsimsel olarak yük değerleri gösterilmiştir. Sistemin güvenilirliği söz konusu olduğundan oluşabilecek en kötü senaryoları değerlendirmek için yük değerlerinin en yüksek olduğu mevsim olan yaz mevsimi seçilmiştir. Elde edilen yük değerleri Ek 2'deki tabloda gösterilmiştir.

Sistemin, verilen bilgiler doğrultusunda tam yük durumunda yapılan simülasyonu sonucu ve hesaplanan toplam yük akışı değerleri Şekil 4'te ve Şekil 5'te gösterilmiştir.

İlgili şemada bulunan iki adet bara üzerindeki gerilim değeri ve salınım barasına göre faz açısı değeri bilahare gösterilmiştir. (Gerilim için nominal değer 100 %'dür.)





Şekil 4: Tam yük (yaz) durumundaki simülasyon sonucu.

th

Load Flow Power Data Results ? X

**Results**

Result Type: Load Flow  
Phase: L123

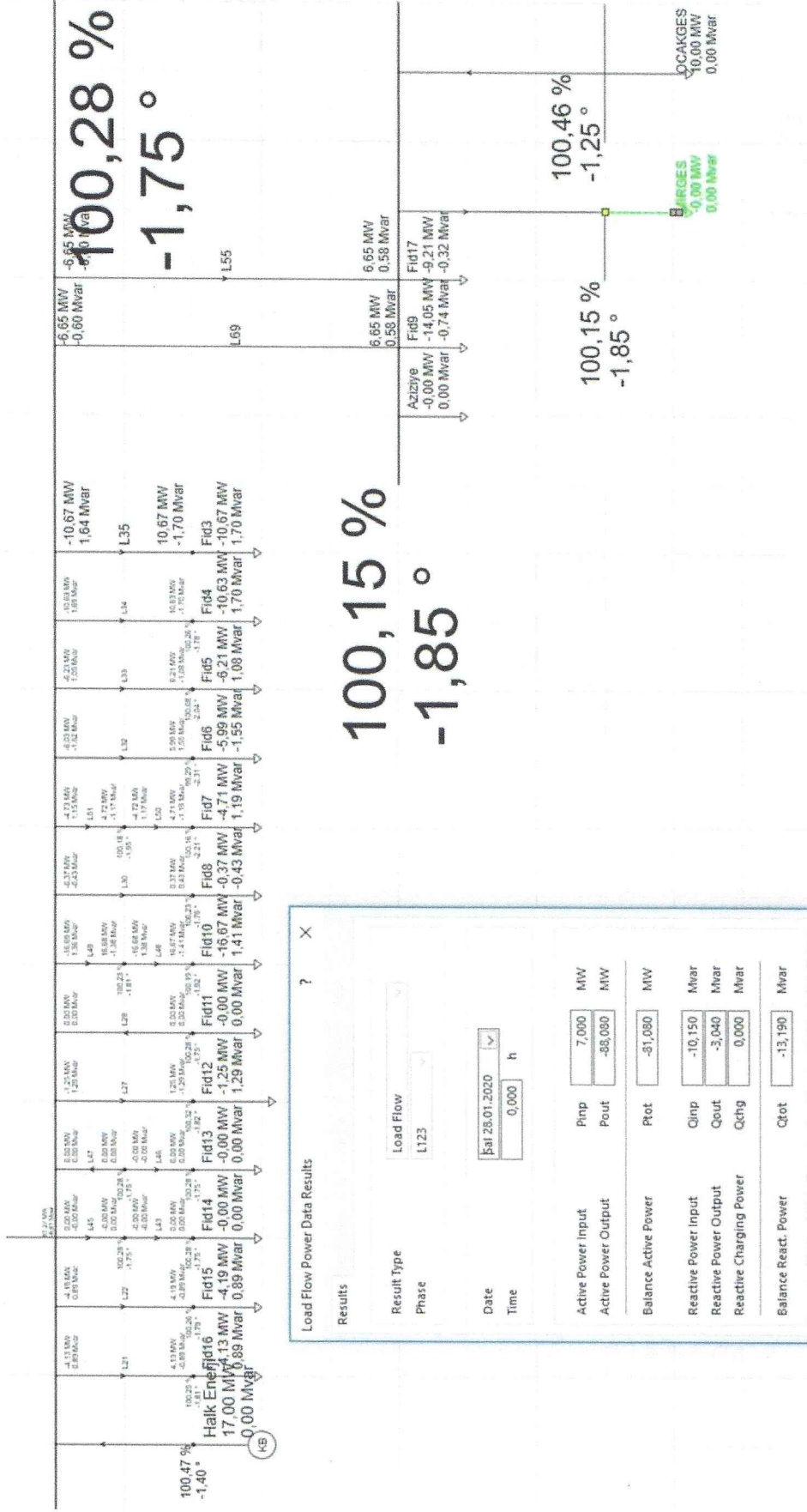
Date: Paz 26.01.2020  
Time: 0,000 h

Active Power Input	Pinp	37,800	MW
Active Power Output	Pout	-88,080	MW
Balance Active Power	Ptot	-50,280	MW
Reactive Power Input	Qinp	-10,150	Mvar
Reactive Power Output	Qout	-3,040	Mvar
Reactive Charging Power	Qchg	0,000	Mvar
Balance React. Power	Qtot	-13,190	Mvar

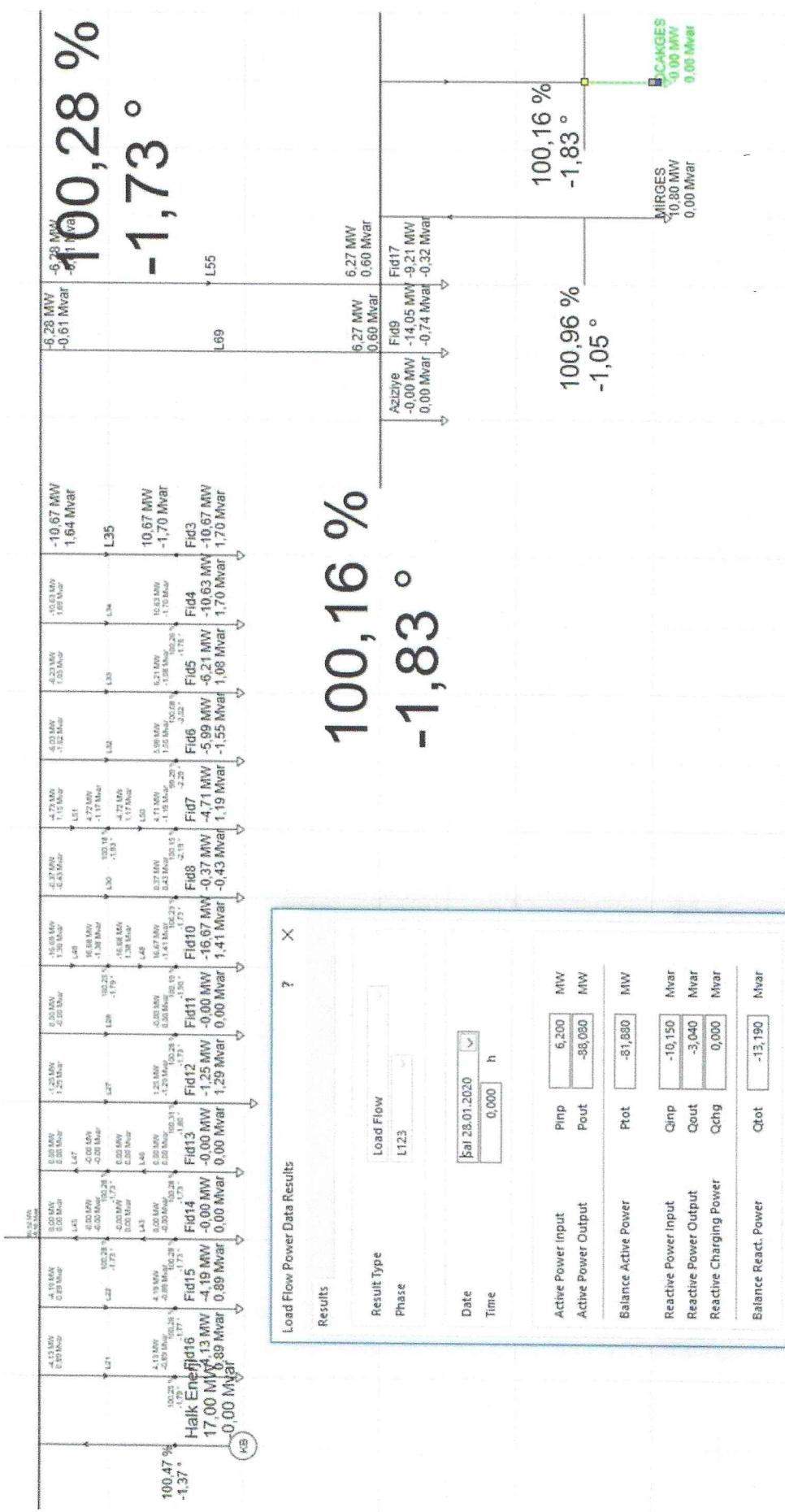
Şekil 5: Tam yük durumunda yük akışı analizi sonuçları.

Bir sonraki aşamada sistemdeki güneş enerjisi tesislerinin olası kayıplarında meydana gelen durumlar incelenmiştir. Güneş enerjisi tesisleri hızlı değişimler oluşturduğu için bu gibi durumlarda sistemde oluşturdukları etki önemlidir.

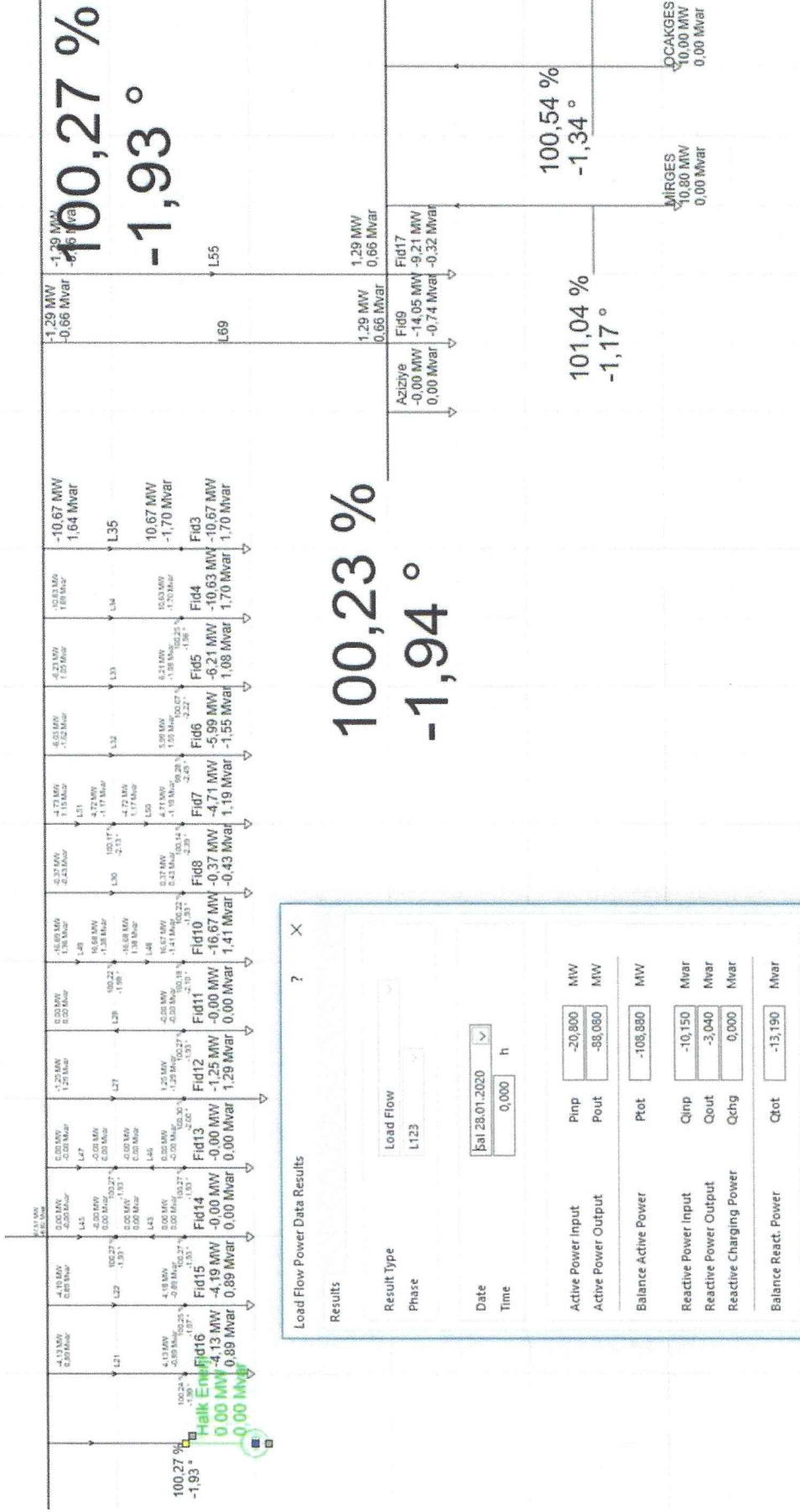
Bu aşamada sistemdeki güneş enerjisi tesislerinin farklı kombinasyonlarla sistemden çıktığı senaryoların incelenmesi yapılmıştır. Bu incelemelerin sonuçları aşağıdaki şekillerde sıralanmıştır.



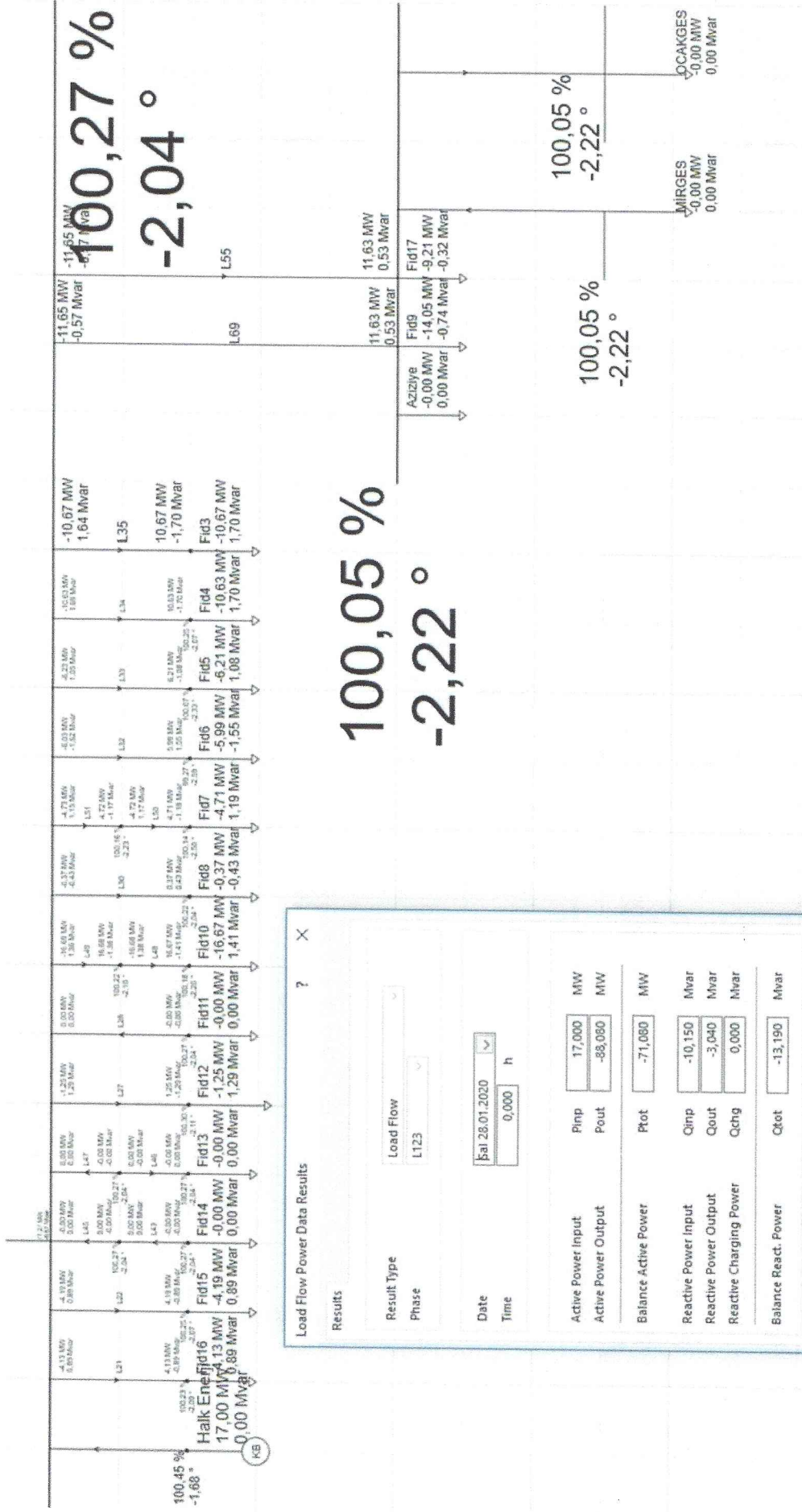
Şekil 6: MİRGES tesisinin sistemden çıktığı koşuldaki sistem durumu ve yük akışı analizi sonuçları.



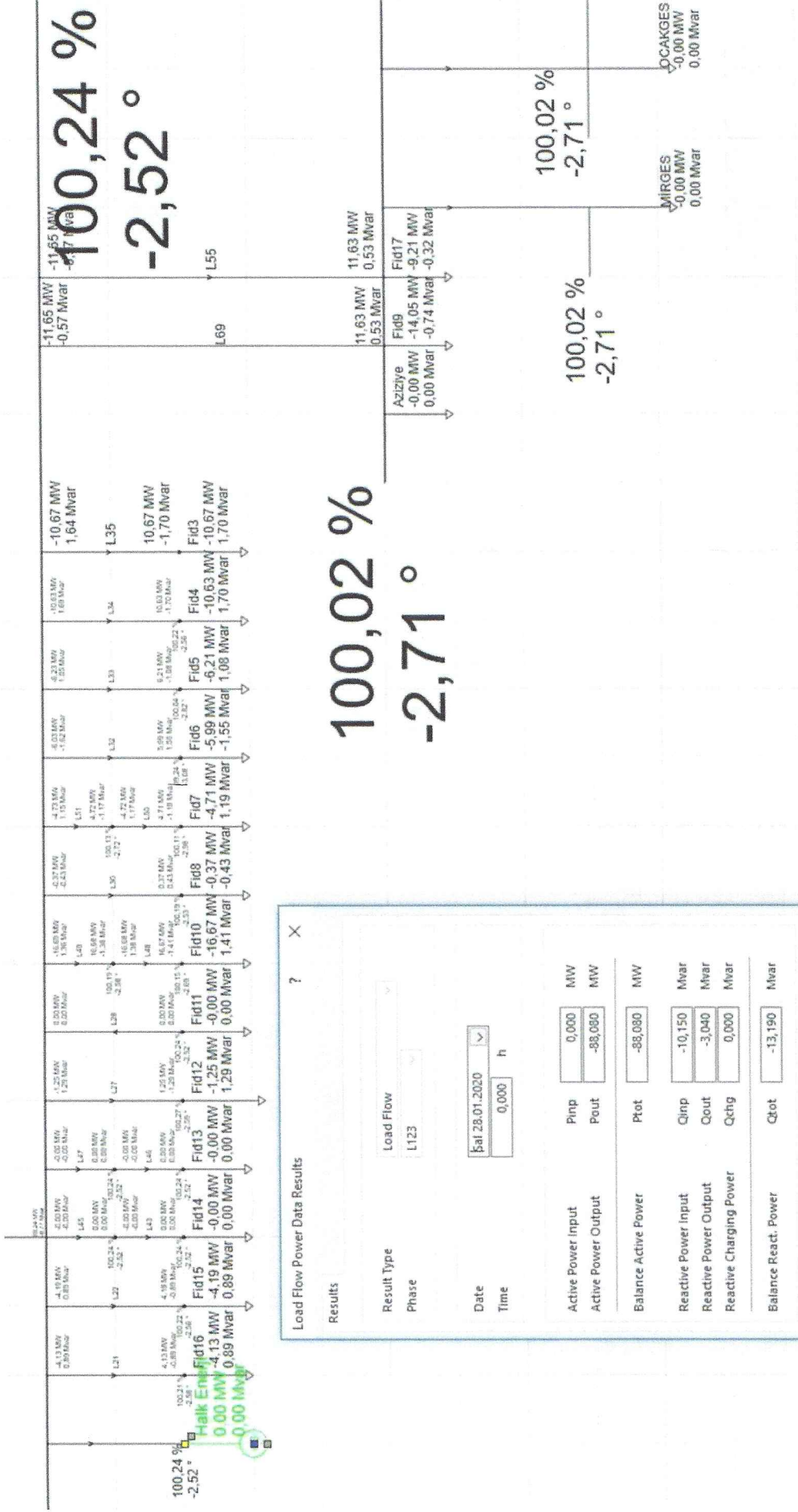
Şekil 7: OCAK-GES tesisinin sistemden çıktığı koşuldaki sistem durumu ve yük akışı analizi sonuçları.



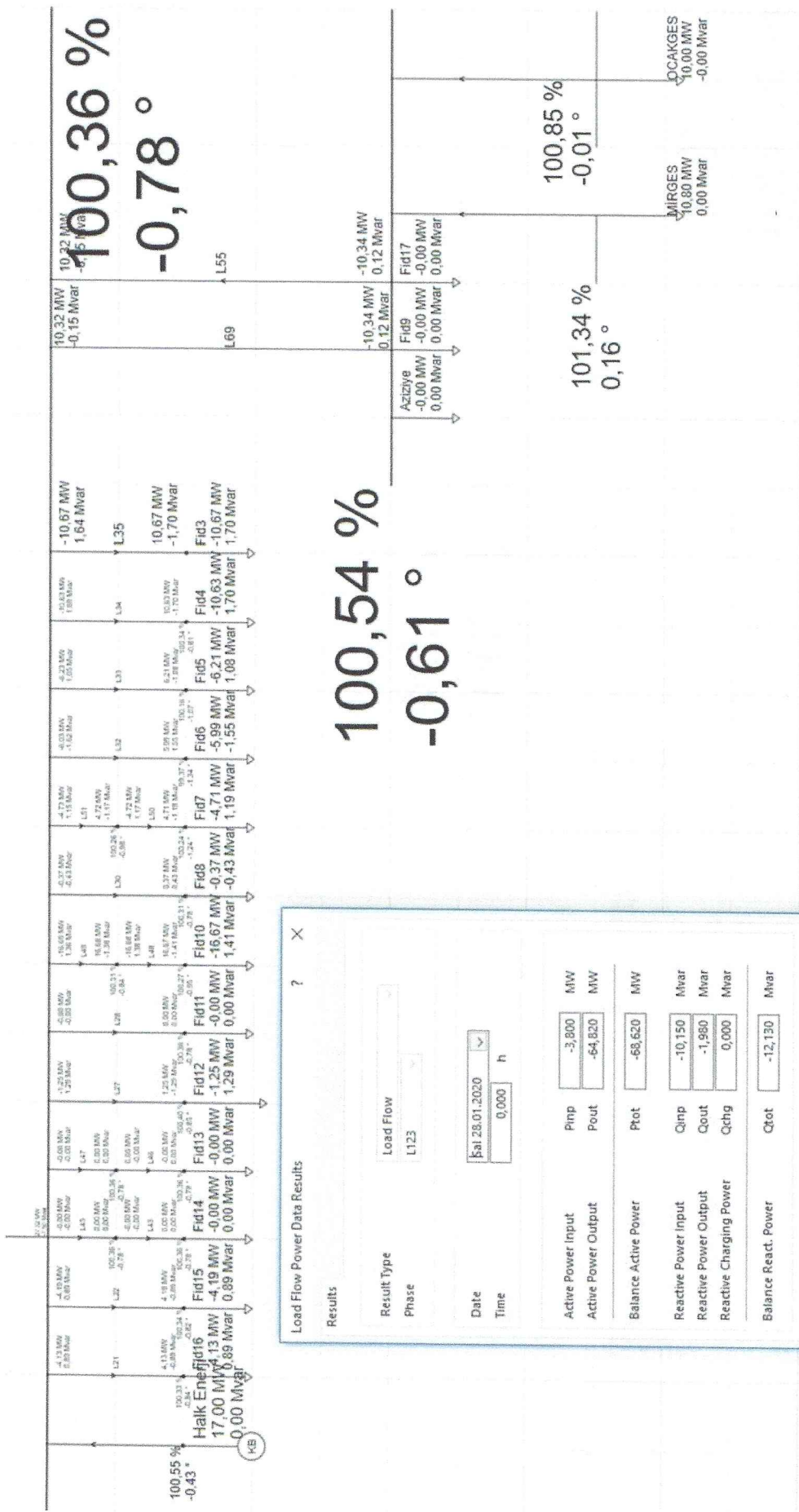
Şekil 8: Halk-Enerji tesisinin sistemden çıktığı koşuldaki sistem durumu ve yük akışı analizi sonuçları.



Şekil 9: OCAK-GES ve MIRGES tesislerinin sistemden çıktığı koşullarda sistem durumu ve yük akışı analizi sonuçları.

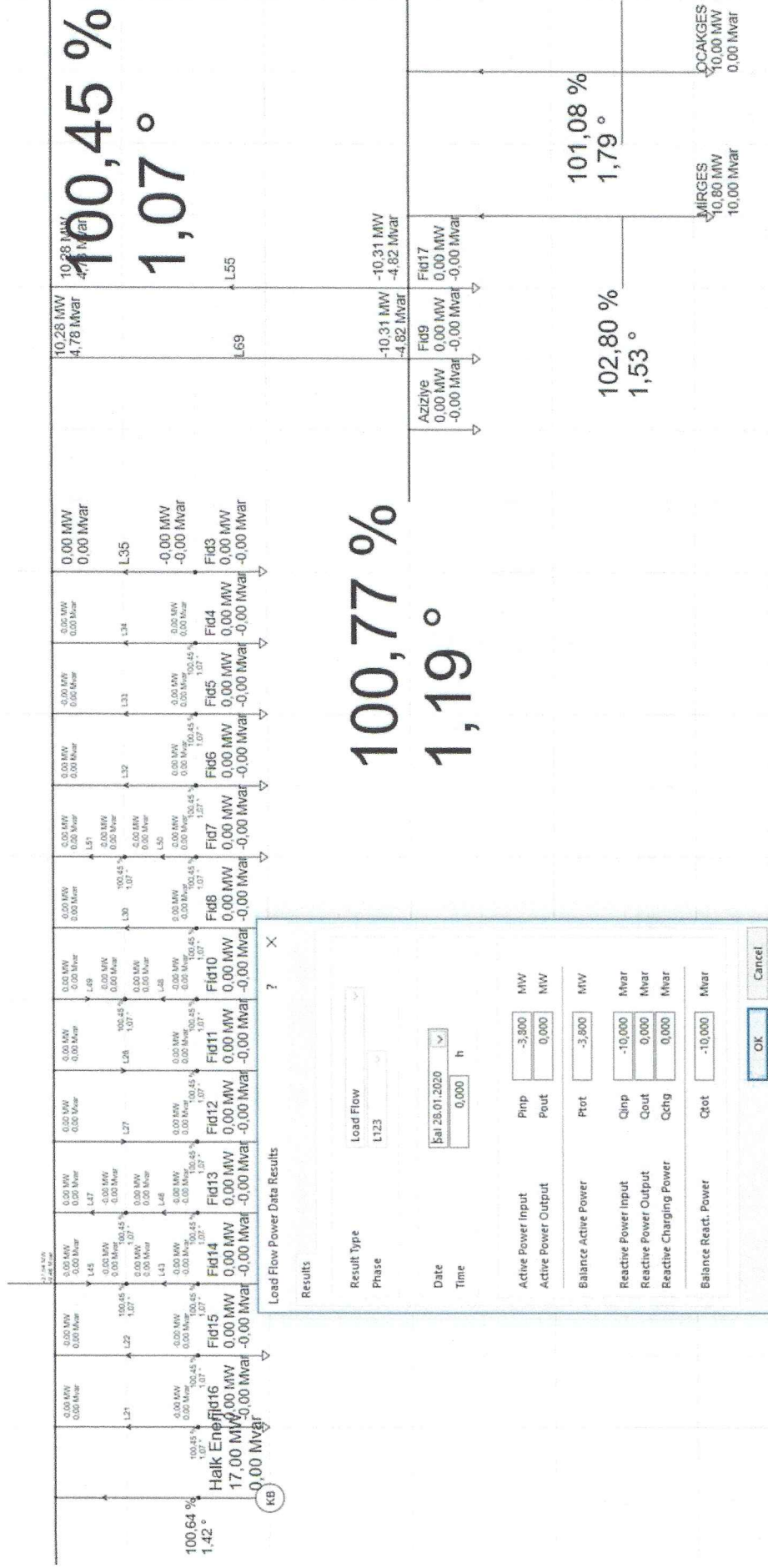


Şekil 10: Üç güneş enerjisi tesisinin sistemin denetimden çıktığı koşullarda sistem durumu ve yük akışı analizi sonuçları.

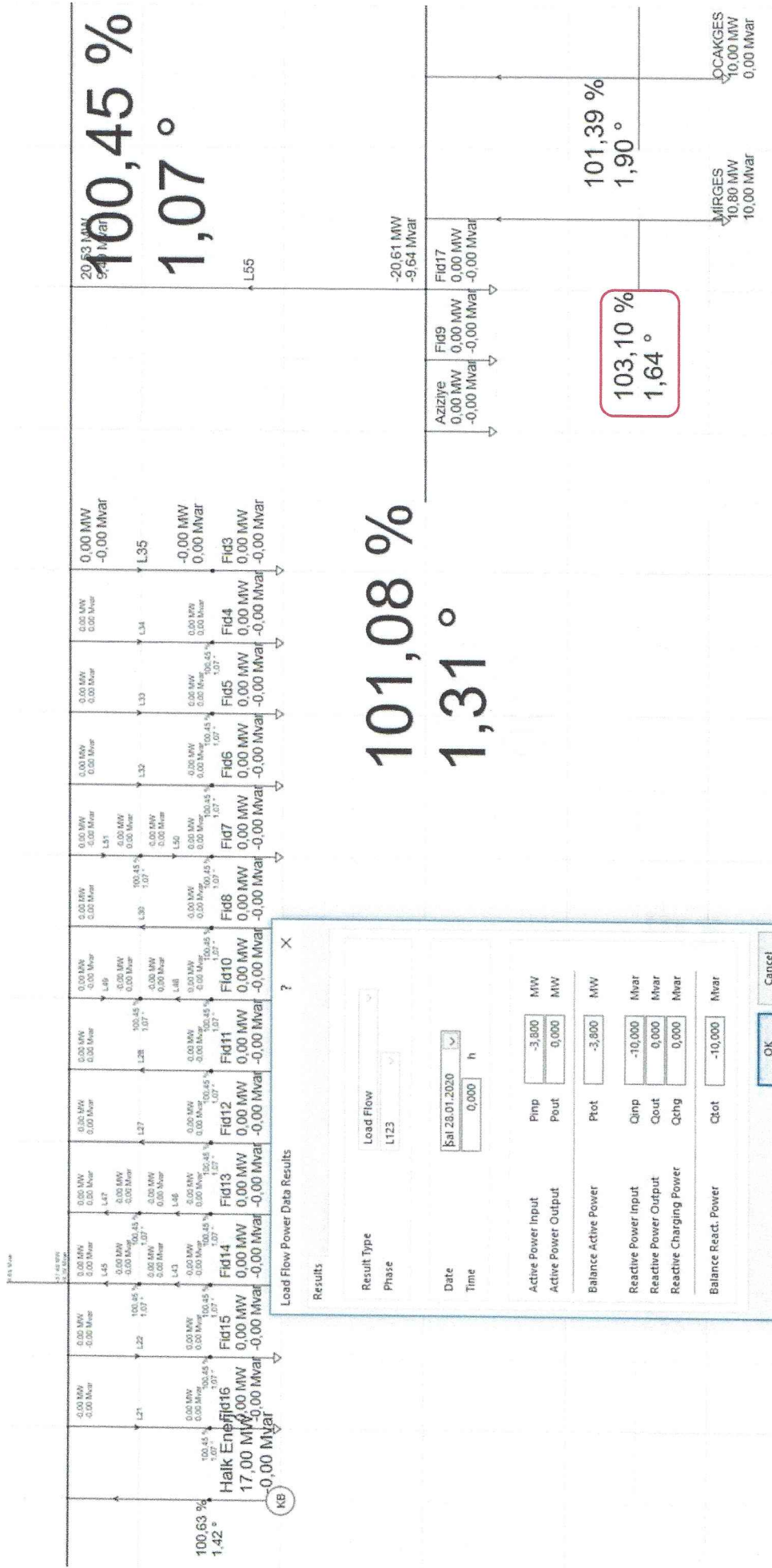


Şekil 11: Mezarlık DM'deki yüklerin sistemden çıktığı koşuldaki sistem durumu ve yük akışı analizi sonuçları.

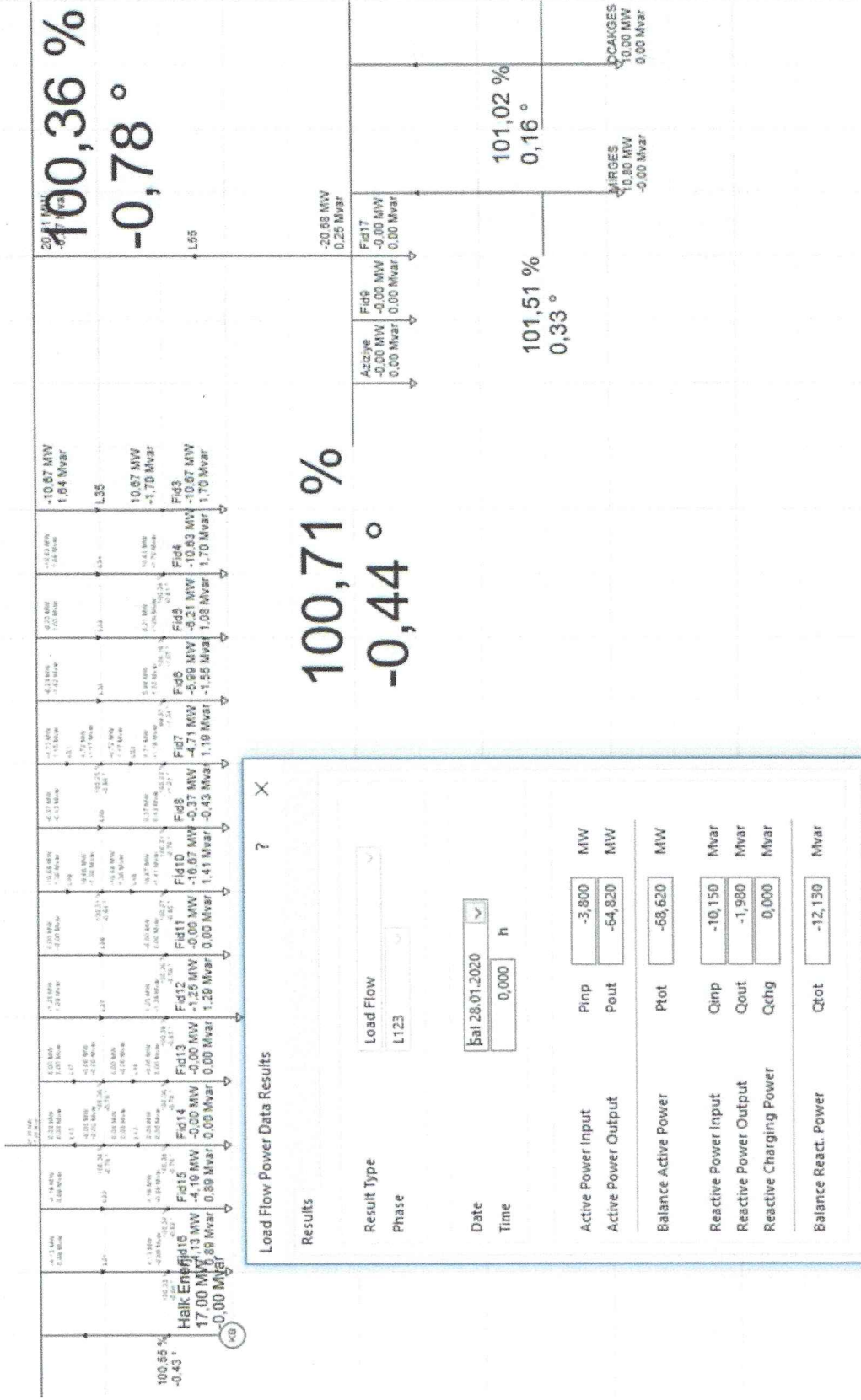




Şekil 12: Sistemdeki tüm yüklerin devreden çıktığı durumdaki sistem durumu ve yük akışı analizi sonuçları.



Şekil 13: Sistemdeki tüm yüklerin devreden devreden birinin devreden çıktığı durumdaki sistem durumu ve yük akışı analizi sonuçları.



Şekil 14: Sistemde bağı unsurlar tam yükte çalışırken TM-DM arası hatlardan birinin devreden çıkması durumundaki sistem koşulları ve yük analizi sonuçları.

Aşağıdaki tabloda simülasyon ortamında oluşturulan senaryoların sonuçlarının bir listesi yapılmıştır. Bu listede bulunan ihlal noktası olarak belirtilen yerler sistem davranışlarının gözlemlenmesi gereken yerler olarak nitelendirilmiştir.

Tablo 1: Senaryo sonuçları özet tablosu

ŞEKİL NO	TOPLAM YÜK (MW)	TOPLAM ÜRETİM (MW)	İHLAL NOKTASI
6	88	27	-
7	88	27	MİRGES
8	88	20	MİRGES-OCAKGES
9	88	17	TM-2 DM Bağlantısı
10	88	0	TM-2 Girişi
11	64	37	MİRGES-OCAKGES ve TM2-DM Bağlantısı
12	0	37	Üretim Tesisi Baraları ve TM2 Girişi
13	0	37	Üretim Tesisi Baraları, TM2-DM Bağlantısı ve TM2 Girişi
14	64	37	MİRGES, OCAKGES ve TM2-DM Bağlantısı



## 5. Sonuçlar

Yapılan simülasyon ve analiz çalışmaları sonucunda sistemdeki güneş enerjisi tesislerinin sistemdeki yük akışı üzerinde büyük bir etkisi olduğunu görülmüştür. Buna ek olarak sistemdeki yüksek güçte olan yüklerin sistemden çıkmasının da aynı etkileri yarattığı belirlenmiştir.

Dikkat edilmesi gereken durum güneş enerjisi tesislerinin bulunduğu baralardaki gerilim seviyelerinin değişimi ve bu baralara bağlı olan kabloların üzerindeki yük akışıdır.

Yüksek güçlü bir yükün sistemden ayrılması veya üretimden çıkan bir güneş enerjisi tesisinin etkileri, kablolardaki yük akış yönünü ve miktarını değiştirebilmektedir. Sistemde incelenen ve en kötü olarak nitelendirilen durum, güneş enerjisi üretiminin maksimum olduğu, diğer tüm yüklerin devreden çıkarak sistemin tüm yük akışının tersine döndüğü ve Şekil 13'te gösterildiği üzere TM-DM arası hatlardan birinin devreden çıktığı durumdur. Bu durum için yapılan simülasyonlarda sistemde %3'lük bir gerilim artışı gözlemlenmiştir. Bu durum sistemin dayanıklılığını tehdit etmektedir. Bunun yanında güneş enerjisi tesislerinin gerilim yükselmesi sonucu devreden çıkması karşılaşılan bir durumdur. Bu sebepten dolayı yerleştirilecek olan fazör ölçüm birimleri ile bu sorunların kaynağında, geleneksel yöntemlere göre yüksek hassasiyetli ve eş zaman etiketli akım ve gerilim fazör ölçümleri yapılması ve sonrasında bu ölçüm verilerinin analiz edilmesi ile şebeke dayanıklılığının artırımını sağlayacak çıktıların elde edileceği düşünülmektedir.

Yürütülmekte olan projede 4 adet fazör ölçüm birimi kullanılacaktır. Bu ölçüm birimlerinin ölçüm özellikleri dikkate alınarak konumlandırılmaları yapılacaktır. Simülasyon sonuçları ve dağıtım şirketinin sağladığı bilgiler ışığında konumlandırılma yapılması teklif edilen yerler aşağıdaki gibidir:

1. TM-2: Trafo merkezine gelen toplam yük ve merkezden çıkan en yüksek yük değerine sahip olan fiderler.
2. TM-2: Halk-Enerji üretim tesisi bağlantı noktası.
3. Mezarlık DM: Bağlı olan güneş enerjisi tesisleri. (MİRGES ve OCAKGES)
4. Mezarlık DM: Dağıtım merkezine gelen toplam yük ve merkezden çıkan en yüksek yük değerine sahip fiderler.

Belirtilen konumlarda, akım ve gerilim fazörlerinin yüksek hassasiyetli ve eş zaman etiketli olarak ölçülmesine karar verilmiştir.

Belirtilen FÖB konumları Şekil 15'te gösterilmiştir. Proje kapsamında kullanılacak olan her birimin iki farklı noktadan ölçüm alabilmesi temel alınarak konumlar belirlenmiştir. Şekilde kullanılacak birimlerin ölçüm alacağı konumlar farklı renkler ile gösterilmiştir

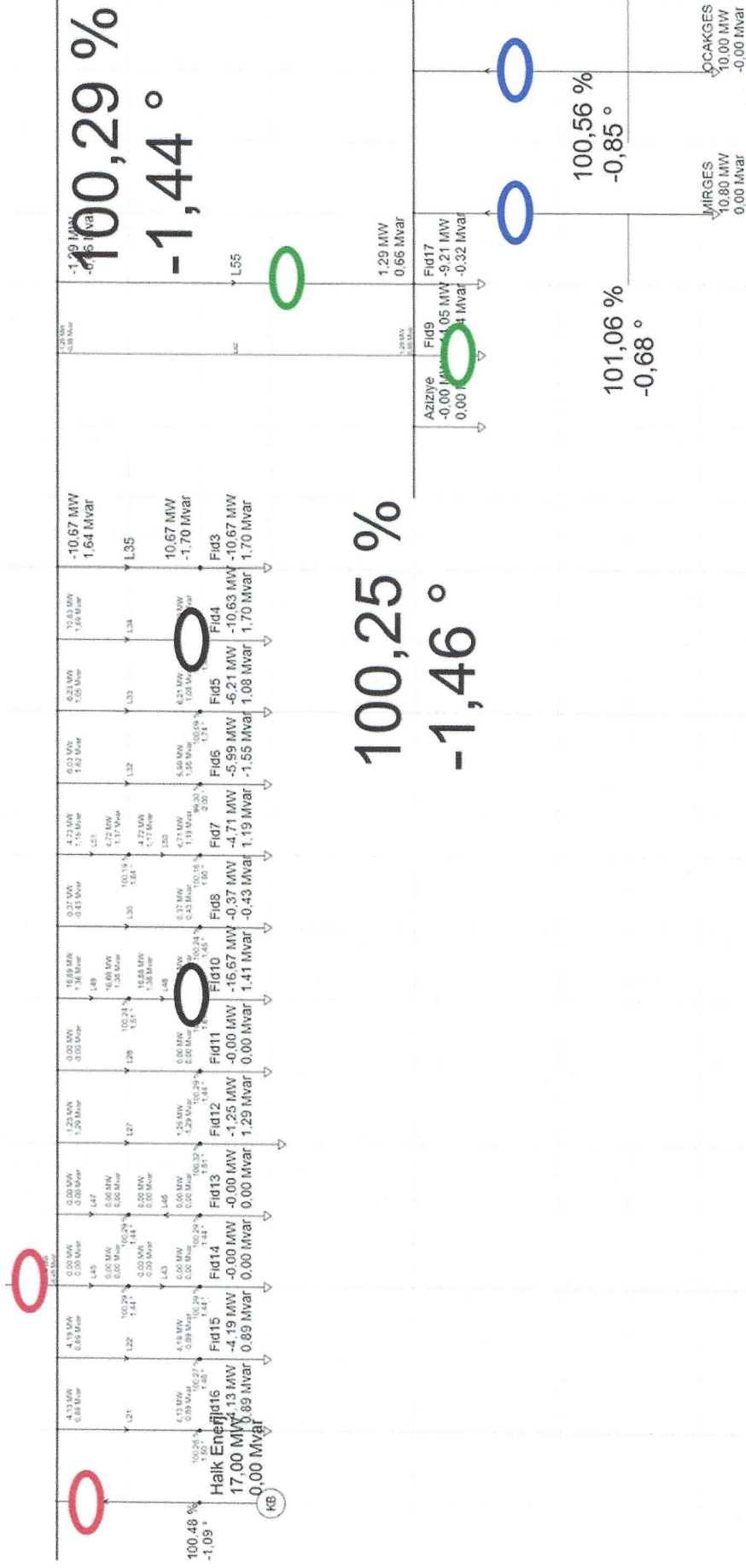
## 6. Ekler

**Ek-1:** Aras EDAŞ'tan Alınan Kablo Özellikleri Tablosu

**Ek-2:** Aras EDAŞ'tan Alınan Fider Yük Değerleri Tablosu

**Ek-3:** Fazör Ölçü Birimi Veri Tablosu

**Ek-4:** Kavramsal Tasarım Gereksinimleri Dokümanı İlk Sürümü



Şekil 15: Önerilen FÖB konumları şeması.

**Ek-1: Aras EDAŞ'tan Alınan Kablo Özellikleri Tablosu**

Tablo 2

FİDER ADI	FİDEDE Kİ OG HAVAI HAT UZUNLUĞU (KM)	FİDERD EKİ OG YERAL TI KABLO UZUNLUĞU (KM)	HAT TİPİ (HAVAI) (mm <sup>2</sup> )	HAT TİPİ (YERALTI) (mm <sup>2</sup> )
FİDER-7 ILICA1	9,87	2,16	3x477 (mcm)	3(1x95)
ILICA2 FD8	0	2,78	3x477(mcm)	3(1x95)
FİDER 6-DM-2	6,33	0,18	3x3/0	3(1x95)
FİDER-17	4,46	0,83	3x3/0	3(1x95)
TEKEDERESİ-2 FİDER 12	1,27	0,77	3x3/0	3(1x95)
TEKKEDERESİ-1 FİDER 11	1,27	0,91	3x3/0	3(1x95)
FİDER-9	6,3	2,92	3x477(mcm)	3(1x95)
KONAKLI-1 FİDER-13	1,63	1,12	3x477(mcm)	3(1x240)
KONAKLI-2 FİDER-14	1,63	1,12	3x477(mcm)	3(1x240)
FİDER 15-AYM 5 ÇIKIS-1	0	1,20	YOK	3(1x240)
FİDER 5-DM 2	6,33	0,19	3x3/0	3(1x240)
FİDER 16-AYM 5 ÇIKIS 2	0	1,19	YOK	3(1x240)
FİDER-3 ŞEHİR 8-DM 18	9,87	0,70	YOK	3(1x400)-AL
ŞEHİR-10 AYM-1	1,18	0,87	3x477(mcm)	3(1x400)-AL
ŞEHİR-9 AYM-1	1,18	0,88	3x477(mcm)	3(1x400)-AL
FİDER-4 ŞEHİR 7-DM 18	0	0,70	YOK	3(1x400)-AL

**Ek-2: Aras EDAŞ'tan Alınan Fider Yük Değerleri Tablosu**

Tablo 3

FİDER ADI	FİDERİN PİK (PEAK) AKTİF GÜCÜ (YAZ) MW	FİDERİN PİK (PEAK) REAKTİF GÜCÜ (YAZ) MVAR	FİDERİN ORTALAMA AKTİF GÜCÜ (YAZ) MW	FİDERİN ORTALAMA REAKTİF GÜCÜ (YAZ) MVAR
FİDER-7 ILICA1	4,71	-1,19	2,63	-0,78
ILICA2 FD8	0,37	0,43	0,21	0,32
FİDER 6-DM-2	5,99	1,55	2,74	0,01
FİDER-17	-9,21	-0,32	-2,49	-0,13
TEKEDERESİ-2 FİDER 12	1,25	-1,29	0,21	-0,98
TEKKEDERESİ-1 FİDER 11	-1,96	2,49	-0,65	0,38
FİDER-9	-14,05	-0,74	-4,02	-0,33
KONAKLI-1 FİDER-13	0,00	0,00	0,00	0,00
KONAKLI-2 FİDER-14	0,00	0,00	0,00	0,00
FİDER 15-AYM 5 ÇIKIS-1	4,19	-0,89	1,26	-0,49
FİDER 5-DM 2	6,21	-1,08	2,47	-0,55
FİDER 16-AYM 5 ÇIKIS 2	4,13	-0,89	1,25	-0,49
FİDER-3 ŞEHİR 8-DM 18	10,67	-1,7	3,57	-1,08
ŞEHİR-10 AYM-1	16,67	-1,41	5,76	-0,82
ŞEHİR-9 AYM-1	13,89	-1,51	5,93	-0,84
FİDER-4 ŞEHİR 7-DM 18	10,63	-1,7	3,55	-1,1



**Ek-3: Fazör Ölçü Birimi Veri Tablosu**

# microPMU



## FEATURES

- Ultra-accurate phasor measurements: TVE 0.01%
- Simultaneous recording and streaming of synchrophasors
- Fast recording / streaming rate: 100/sec at 50Hz and 120/sec at 60Hz
- Voltage and current phasors, frequency, active / reactive powers, power factor
- Compliant with IEEE C37.118.1-2011 and C37.118.2-2011
- Fully compatible with OpenPDC, and with PSL microPMU plotting application software
- 30 days of micro-synchrophasor measurement stored in internal memory
- Recordings can be downloaded via FTP
- Configuration / firmware update via FTP or Web pages (HTTP)
- Ultra precise mode (for grid stability analysis) or low latency mode (for control applications)
- Easy installation (can be installed in electrical panels, on distribution poles, pad mount transformers..)
- Supports connections via PTs and CTs
- Fully isolated GPS receiver / antenna with cable delay auto-compensation

## OVERVIEW

Measure and understand the complex and dynamic power flows in distribution grids and microgrids with the microPMU.

The microPMU is like a microscope that has micro-second resolution and ultra-precise accuracy needed for distribution grid applications.

The microPMU is ideal for projects that need ultra-precise synchrophasor measurements for investigating stability and impedance questions. The microPMU can also be used for real-time control applications using the IEEE C37.118.2-2011 protocol.

## APPLICATIONS

- Monitor and understand stability of microgrids or distribution grids, and backup power systems
- Event identification and characterization
- Topology change detection (open/closed state of switches)
- Detection of cyber attacks rehearsals at substations



MAINS VOLTAGE INPUT CHANNELS	
Connection	L1, L2, L3, N PQube 3 screw terminals (max torque 5 inch-pounds (0,6Nm))
Voltage Measurement Range	0 VAC ~ 750VAC L-E (0 VAC ~ 1300 VAC L-L)
Voltage Measurement Channels	Line-to-Earth, Neutral-to-Earth
Mains Configuration	3-phase delta, 3-phase wye/star, single-phase, split-single-phase,
Frequency Range	Nominal 50 Hz, 60 Hz
Sampling Rate	25,600 samples/s @ 50Hz and 30,720 samples/s @ 60Hz
Isolation	PQube 3 tested up to 5100VAC isolation to Earth UL/IEC 61010 tested, approval pending
Installation Category	CAT IV UL/IEC 61010 for voltages up to 300 VAC L-N (equivalent to 480 VAC L-L), CAT III for voltages up to 600VAC L-N, Pollution degree 2. UL/IEC 61010 test pending
TVE (Total Vector Error)	Typical TVE   $\pm 0,01\%$ Typical short-term TVE stability for differential measurements: $\pm 0,002\%$
Amplitude Resolution	0,0002%FS (2 PPM)
Amplitude Accuracy ( $\pm\%$ rdg $\pm\%$ FS)	$\pm 0,050\%$ (10VAC ~ 750VAC L-E). Typical: $\pm 0,010\%$ (120VAC ~ 600VAC L-E)
Angle Resolution	0,001'   (noise floor - useful for short-term difference measurements)
Angle Accuracy ( $\pm\%$ rdg $\pm\%$ FS)	$\pm 0,010^\circ$ 1 Standard Deviation Typical: $\pm 0,003^\circ$
CURRENT INPUT CHANNELS	
Measurement Channels	8 inputs . differential voltage inputs (range 0,333Vrms or 10Vpk, input impedance 33,3 k $\Omega$ , crest factor 3.5) <i>Note: 3 phase current channels streamed via IEEE C37.118-2 communication protocol</i>
Current range	0-6000A with split-core CT's (call us for ranges >6000A)
Sampling Rate	25,600 samples/s @ 50Hz and 30,720 samples/s @ 60Hz
Wire Connection	Screw terminal (Max torque 2 inch-pounds (0,25Nm)). Min. 28AWG (0,8 mm <sup>2</sup> ), Max. 16AWG (1,31mm <sup>2</sup> ). 600V UL- recognized insulation required
POWER MEASUREMENTS	
DEFINITIONS	
Watts (power)	Sum of per-phase active fundamental power
Volt-Amps (apparent power)	Sum of per-phase product of RMS voltage and RMS current, taken over the measurement interval
Power Factor	Fundamental power factor—ratio of Watts to Volt-Amps
VARs (volt-amps reactive)	Fundamental VARs
MODES OF OPERATION	
ULTRA PRECISE MODE	Recordings to Internal Memory Streaming according to C37.118.2-2011 (both simultaneously)
Parameters	3 voltage and 3 current phasor angle and magnitude, frequency, R <sub>COF</sub> Active / reactive powers, power factor (recorded only)
LOW LATENCY MODE	Using P-Filter* (streaming IEEE C37.118.2 only) Using M-Filter* (streaming IEEE C37.118.2 only)
Parameters	Latency: 50 ms typical 4 voltage and 8 current phasors, frequency, 4 analog channels
TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Dimensions (L x W x H)	4.33 in X 2.89 in X 3.08 in (metric: 11.0 cm X 7.34 cm X 7.82 cm), 35 mm DIN rail mountable
Operating Environment (temp., hum., alt.)	-20 ~ 65 °C (55 °C with PM2 AUX load), 5 ~ 95% RH (inside use), <2000 m above sea level (for EMC immunity, overvoltage, and other conditions, see full specs)
Power Supply (AC)	24 VAC $\pm 10\%$ at 50/60/400 Hz, 1.5A max (PSL's PM1 and PM2 modules supply microPMU compatible power at 100~240 VAC 50/60 Hz, and 120~370 VDC)
(DC)	$\pm 24 \sim 48$ VDC $\pm 10\%$ (polarity independent), 1A max. Power over Ethernet (PoE) compatible
Internal memory	32 GB up to 30 days of synchrophasor data
Data backup	16 GB (up to 128GB) micro SD card or USB 2.0 thumb drive
Clock Synchronization	GPS receiver and antenna provided with the microPMU
Communication	Ethernet port RJ-45, 10/100 (optional wireless and cell modem)
Communication protocols	FTP or HTTP (secure FTPS and HTTPS), IEEE C37.118-2,2011

\*Amplitude &amp; angle accuracies are dependent when using the low latency mode

## Ek-4: Kavramsal Tasarım Gereksinimleri Dokümanı İlk Sürümü





ENTT Enerji Taahhüt ve Ticaret A.Ş.

OG Şebekelerinde Synchrophasor Kullanarak Şebeke Dayanıklılığının Artırımı Projesi


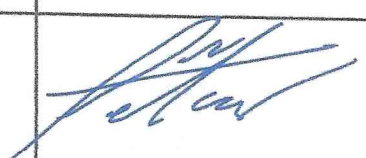
Phasor Measurement Unit (PMU) ve Phasor Data Concentrator (PDC) Kavramsal Tasarım Gereklilikleri Dokümanı

Ankara

YAYIM TARİHİ ve REVİZYON

Revizyon No	Yayın Tarihi	Güncelleme	Güncellenen Sayfalar
00	25 Ocak 2020	İlk sürüm	-

İMZA

Hazırlayan	Ünvan	İmza
Canberk ÇUHADAR	ENTT Enerji Taahhüt ve Ticaret A.Ş. Güç Sistem Mühendisi	 ENTT ENERJİ TAAHHÜT VE TİCARET A.Ş. Mustafa Kemal Mah. Dumlupınar Bulvarı 27417 E-Blok No: 24 Kat: 10 / Ankara Maltepe V.D. 336 600 0000 / S. Sicil No: 140611 Tic. Sicil No: 9-3330-0973-1300015
Koordine	Ünvan	İmza
Murat GÖL	Doç. Dr.	

em

## Kapsam

- 1.1 Bu doküman elektrik dağıtım şebekelerinde yüksek hassasiyetli senkronize fazör ölçümleri yapacak bir cihazın (Fazor Ölçüm Birimi - PMU) ve bir Fazör Veri Yoğunlaştırıcı (FVY- PDC) cihazının tasarlanması için gereksinimler sunulmaktadır. Süreç içinde ilk tasarım çalışmalarının belirli bir seviyeye ulaşmasıyla gereksinimlerde güncelleme yapılabilecektir. Dokümanda belirli bir çerçeve çizilmeye çalışılmakla birlikte, tasarımcının geliştirilecek cihaz ile rakip cihazlar arasında fark yaratacak öneri ve değerlendirmelere açıktır.
- 1.2 Bu doküman tasarım çalışmalarının seyrine göre tekrar değerlendirilip eksiklikleri tamamlanacak ve/veya belirlenen hususlar dahil edilecektir.
- 1.3 **Sistem Genel Bakış** Daha sonra eklenecektir.

## 2. Tanımlamalar ve Kısaltmalar

### 2.1 Tanımlamalar

### 2.2 Kısaltmalar

Kısaltma	Açıklama
DIN	: Deutsches Institut für Normung
ESD	: Electro-static Discharge
FIFO	: First in First Out
HTML	: Hyper Text Markup Language
LIFO	: Last in First Out
MTBF	: Mean Time Between Failure
PDC	: Phasor Data Concentrator
PMU	: Phasor Measurement Unit
RJ-45	: Registered Jag 45
DSB	: Daha Sonra Belirlenecek
USB	: Universal Serial Bus

## 3. Uygulanabilir Dokümanlar

Bu bölümde tasarım için uygulanması/kılavuz olarak kullanılması gereken ve/veya tavsiye edilen dokümanlar sıralanmaktadır.

### 3.1 Standartlar

#### 3.1.1 İzolasyon Standartları

##### 3.1.1.1 IEC Safety Standard for Electrical and Electronic Test, Measuring, Controlling, and Related Equipment IEC-1010

3.1.1.2 IPC, Acceptability of Electronic Assaemblies IPC-A-610D

3.1.1.3 IEC 61000-22-5

3.1.1.4 EIC-60255-22-5

3.1.2 EMI/EMC Standartları (EU Uygunluk)

3.1.2.1 IEC 61000-4-6

3.1.2.2 IEC 60068-2-6

3.1.2.3 IEC 60068-2-2

3.1.3 Synchrophasor Standartları

3.1.3.1 IEEE Standard for Synchrophasor Data Transfer for Power Systems," in IEEE Std C37.118.2-2011

3.1.3.2 IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems -- Amendment 1: Modification of Selected Performance Requirements," in IEEE Std C37.118.1a-2014

### 3.2 Diğer Dokümanlar

3.2.1 ENTT Taahhüt ve Ticaret A.Ş. ile EARSİS arasında imzalanan sözleşme.

### 3.3 Doküman Öncelikleri

3.3.1 İlgili dokümanlarda bir çelişki gözleendiği takdirde ENTT A.Ş.'ye sorulacaktır.

#### 4. PMU ve PDC İşlevsel ve Teknik Gereksinimler

##### 4.1 PMU ve PDC Yapısı, Donanımı ve Yazılımı

###### 4.1.1 PMU Yapısı

4.1.1.1 PMU hem iç mekan hem dış mekan kullanımına uygun olarak tasarlanacaktır.

4.1.1.2 PMU modüler olacaktır.

###### 4.1.2 PMU Donanımı

4.1.2.1 PMU dış kasası metal ve/veya plastik olacaktır. İlgili diğer detaylar, yapılacak önerilere göre sonuçlandırılacaktır.

4.1.2.2 İşlem modülü olup olmayacağı DSB olacaktır..

###### 4.1.3 PMU Yazılımı

4.1.3.1 Yazılım dili DSB olacaktır.

4.1.3.2 Yazılım RTOS DSB olacaktır.

4.1.3.3 Yazılım endüstriyel cihazlardaki standartlara uygun olacaktır. Gerekli ve yeterli sayıda yorum satırı bulunacaktır.

4.1.3.4 Algoritmalar dahil tüm yazılım dokümantasyonunda gerekli yazılım kalite süreçleri işletilecektir.

###### 4.1.4 PDC Yazılımı

4.1.4.1 PDC cihazı bir yazılım olarak tasarlanacaktır.

4.1.4.2 Yazılım dili DSB olacaktır.

4.1.4.3 Yazılım, eş zamanlı olarak en az 32 PMU ile haberleşecektir.

4.1.4.4 Yazılım, Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10, Linux dağıtımları ve MACOS'da çalışacaktır.

4.1.4.5 Yazılım MY SQL ve MS SQL'i destekleyecektir.

4.1.4.6 Yazılım asgari sistem gereksinimlerine göre tasarlanacaktır.

4.1.4.7 Yazılım endüstriyel cihazlardaki standartlara uygun olacaktır. Gerekli ve yeterli sayıda yorum satırı bulunacaktır.

4.1.4.8 Yazılım, hafıza yönetimi yapabilecektir.

4.1.4.9 Yazılım hafıza yönetim metodu, LIFO ya da FIFO olacaktır. Seçilebilir olacaktır.

4.1.4.10 Yazılım, PMU tarafından yapılan tüm ölçümleri çıktı olarak verebilecektir.

4.1.4.11 Çıktı formatı .csv olacaktır.

4.1.4.12 Veri periyodu seçilebilir ya da elle girilebilir olacaktır.

4.1.4.13 Algoritmalar dahil tüm yazılım dokümantasyonunda gerekli yazılım kalite süreçleri işletilecektir.

4.1.4.14

##### 4.2 Teknik Gereksinimler

###### 4.2.1 PMU Sistemi



- 4.2.1.1 PMU modüller bir sistemdir, her ünite bir adet güç modülü, bir adet GPS alıcı modülü ve bir adet PMU merkezi biriminden oluşacaktır.
- 4.2.1.2 Modüller, çekmeli veya takmalı olacaktır.
- 4.2.2 Ölçüm Kanalları
- 4.2.2.1 Gerilim Ölçüm Kanalı
- 4.2.2.1.1 Gerilim Ölçüm Termin Sayısı: En az 5 adet. L1, L2, L3, N, PE.
- 4.2.2.1.2 Gerilim Ölçüm Kanalı Sayısı: En az 4 adet. L1-N, L2-N, L3-N, N-PE.
- 4.2.2.1.3 İşletme Frekansı: 50/60 Hz, seçilebilir ya da otomatik algılanacaktır.
- 4.2.2.1.4 Ölçüm Türleri: Line-to-Neutral ve Neutral-to-Earth.
- 4.2.2.1.5 Doğrudan Ölçüm Aralığı: 0 V AC<sub>RMS</sub> – 750 V AC<sub>RMS</sub> L-N, 0 V AC<sub>RMS</sub> – 1300 V AC<sub>RMS</sub> L-L.
- 4.2.2.1.6 Ölçüm Frekans Aralığı: 45 Hz – 65 Hz
- 4.2.2.1.7 Ölçüm Trafosu Çevrim Oranları: 1:1'den 50000:1'e kadar
- 4.2.2.2 Akım Ölçüm Kanalları
- 4.2.2.2.1 Akım Ölçüm Terminali Sayısı: En az 8 adet akım trafosu bağlanacaktır. (16 giriş terminali, 8+8, CT diferansiyel dönüşü dahil.)
- 4.2.2.2.2 Akım Ölçüm Terminal Tipi: Harici akım trafosu bağlanacaktır.
- 4.2.2.2.3 1A, 5A ve gerilim çıkışlı (333mV) akım trafosu desteği opsiyonel olacaktır.
- 4.2.2.2.4 Akım Ölçüm Kanalı Sayısı: En az 4 adet. Hat akımları, Ia, Ib, Ic ve IN.
- 4.2.2.2.5 Ölçüm Türleri: Hat akımları.
- 4.2.2.2.6 Giriş Empedansı: 33.3 k Ohm. Ölçüm Trafosu Çevrim Oranı: 1:1'den 50000:1'e kadar (kullanıcı tarafından seçilebilir),
- 4.2.2.2.7 Ölçüm Girişi Sürekli Akım Dayanımı: Akım Ölçüm Sensörü DSB olacaktır
- 4.2.2.3 Çözünürlük, Tutarlılık, Hata Payları ve Örnekleme Sıklığı
- 4.2.2.3.1 Total Vector Error: En fazla 0.01%
- 4.2.2.3.2 Genlik Çözünürlüğü: En fazla 0.0002%
- 4.2.2.3.3 Genlik Tutarlılığı: En fazla ±0.050%
- 4.2.2.3.4 Açık Çözünürlüğü: En fazla 0.001°
- 4.2.2.3.5 Açık Tutarlılığı: En fazla ±0.010°
- 4.2.2.3.6 Örnekleme Sıklığı: En az 25600 örnek/saniye
- 4.2.3 Cihaz Beslemesi
- 4.2.4 Cihaz; 100 VAC RMS - 240 VAC RMS, 50/60Hz, mono faz veya DC (DSB Volt) elektrik enerjisi ile beslenecektir.
- 4.2.5 Cihaz besleme gerilimi frekans aralığı 45-65 Hz olacaktır.
- 4.2.6 Besleme girişi, uygun değerli cam ya da seramik sigorta ile korunacaktır.
- 4.2.6.1 Bu sigorta cihazın içi açılmadan değiştirilebilir olacaktır.
- 4.2.6.2 Sigortanın durumu bir led indikatör ile dışarıdan görülecektir.

- 4.2.6.3 Cihazın hata, devrede ve enerjili bilgilerinin açıkca görülebileceği led indikatörler kullanılacaktır.
- 4.2.6.4 Cihaz besleme gerilimi, 100 VAC RMS değerinin %50 altına düştüğünde cihaz en az DSB saniye daha enerjili kalmaya devam edecektir. Bu işlem için kullanılacak kapasitörlerin dolu/boş durumu bir led indikatör ile gösterilecektir.
- 4.2.7 **Built-in Test ve Kalibrasyon**
- 4.2.7.1 Cihazda çeşitli iç gözlem ve yazılım algoritmalarıyla DSB fonksiyonları kontrol edilecek ve arıza durumu rapor edilecektir.
- 4.2.7.2 Cihaz, şebekeye bağlandıktan sonra periyodik kalibrasyon ihtiyacı olmayacaktır.
- 4.2.8 **Zaman Senkronizasyonu**
- 4.2.8.1 Cihaz, ölçüm verilerini GPS'den aldığı zaman sinyalleri ile etiketleyecek/damgalayacaktır.
- 4.2.8.2 Cihaz zaman hassasiyeti GPS zaman hassasiyetinden DSB kötü olmayacaktır.
- 4.2.8.3 GPS sinyalleri, GPS Alıcı Modülü tarafından işlenecektir.
- 4.2.8.4 GPS anteni harici olarak bağlanacaktır. En az 50 metre anten-GPS alıcı modülü arası kablo mesafesi desteklenecektir.
- 4.2.8.5 Cihazın GPS alıcı modülü olmaksızın, başka GPS alıcıları ile cihaz çalışabilecektir. Bu amaç için cihaz üzerinde IRIG-B girişi olacaktır.
- 4.2.8.6 GPS anten kablosu kaynaklı gecikmeler, yazılımsal olarak düzeltilenecektir.
- 4.2.9 **PMU ve PDC Haberleşme**
- 4.2.9.1.1 TCP/IP
- 4.2.9.1.1.1 HTTP sunucusunu çalıştıracaktır.
- 4.2.9.1.1.2 SNMP (RTOS açısından avantaj ve dezavantajlarına göre karar verilecek)
- 4.2.9.1.1.3 FTP Cihaz FTP sunucusu çalıştıracaktır.
- 4.2.9.1.2 Ethernet/IP
- 4.2.9.1.3 UDP
- 4.2.9.1.4 Mesaj gönderim sıklığı seçilebilir olacaktır, 60 Hz için; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30, 60, 120, 240 frame/second, 50 Hz için; 1, 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 olacaktır.
- 4.2.9.1.5 FTP protokolü kullanımı için kullanıcı adı-şifre kombinasyonları parametrik olarak ayarlanabilir olacaktır.
- 4.2.9.1.6 C37.118-2005, C37.118-2011 ve C37.118-2014a standartlarına göre PDC'ler ile haberleşmek üzere streaming yapılabilecektir. Stream standardı PMU içerisinde seçilebilir olacaktır.
- 4.2.10 **PDC Gerçek ya da Yakın Gerçek Zamanlı İletişim DSB (gerekli metrik konacak)**
- 4.2.11 **Bilgi Depolama (gerçek zamanlı lması durumu)**
- 4.2.11.1 Cihaz, dahili hafıza barındıracaktır.
- 4.2.11.2 Cihaz, harici hafıza destekleyecektir.
- 4.2.11.3 Cihaz dahili hafızası, en az 32 GB olacaktır.

4.2.11.4 Cihaz harici hafızası, 128 GB'a kadar; USB 2.0 Thumb Drive destekleyecektir. Bağlantı USB TYPE A dişi konnektör ile sağlanacaktır.

#### 4.2.12 Elektrik Kesintisinde Çalışma Şekli, Batarya Gereksinimleri

4.2.13 Cihaz bataryası dahili veya modül olarak bulunacaktır.

4.2.14 Batarya teknolojisi Li-Ion olacaktır.

4.2.15 Batarya alev alması durumuna karşı alev geçirmeyen koruyucu donanım içerisinde muhafaza edilecektir.

4.2.16 Şebeke enerjisi olduğu sürece cihaz şebeke enerjisini kullanacaktır.

4.2.17 Şebeke enerjisi kesilmesi durumunda batarya devreye girecektir. Bu geçiş sırasında cihazın enerjisi kesilmeyecektir.

4.2.18 Cihazın tam kapasiteli çalışması şartlarında; batarya, tipik 35 dk cihazın ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlayacaktır.

4.2.19 Şarj işlemi güç modülü tarafından yapılacaktır.

### 4.3 Arayüz Gereksinimleri

4.3.1 Cihaz; ayarlar, izleme, kontrol ve veri indirme/yükleme işlemlerinin yapılabileceği bir arayüzü web server olarak bulunduracaktır.

4.3.2 Bu arayüz, cihazın IPV4 veya IPV6 adresi ya da MAC adresi kullanılarak, HTTP protokolü ile herhangi bir web browser üzerinden erişilebilir olacaktır.

4.3.3 Arayüz kodlaması HTML5 kullanılarak yapılacaktır.

4.3.4 Arayüz yenileme periyodu en çok 100 ms olacaktır.

4.3.5 Arayüz farklı ekran çözünürlüklerine uyum sağlayacaktır.

4.3.6 Arayüzde kullanılacak tüm görseller "vector" olacaktır.

4.3.7 Arayüzde kullanılacak tüm renkler RGB renk kodları ile ifade edilecektir.

4.3.8 Arayüz katmanlı olacaktır. Kullanıcı seviyesine göre erişim seviyeleri konfigüre edilebilir olacaktır.

### 4.4 Çevre Koşulları

4.4.1 Cihaz, -40 °C ile +70 °C sıcaklıkları arasında çalışabiliyor olacaktır.

4.4.2 Cihaz, 5-95% bağıl nemli ortamlarda çalışabiliyor olacaktır.

4.4.3 Cihaz, deniz seviyesinden en az 3500 m'ye kadar olan yükseklikte çalışabiliyor olacaktır.

### 4.5 Form Faktör, Ölçüler ve Ağırlık

4.5.1 Cihaz form faktörü;

4.5.1.1 Cihaz, TS 35 DIN raylara monte edilebilir olacaktır.

4.5.2 Cihaz ve modülleri, düzgün olmayan dikdörtgen prizma şeklinde olacaktır.

4.5.3 Cihaz, en fazla 200 mm uzunluğunda, en fazla 100 mm yüksekliğinde ve en fazla 100 mm derinliğinde olacaktır.

4.5.4 Cihazın ağırlığı için en düşük ağırlık hedef alınacaktır. Cihaz, en fazla 800 gr ağırlığında olacaktır.

#### 4.6 Paketleme

- 4.6.1 Cihaz, en fazla 300 mm uzunluğunda, en fazla 200 mm yüksekliğinde ve en fazla 200 mm derinliğinde, tek parça karton kutu içerisinde koyularak paketleneyecektir.
- 4.6.2 Cihaz kutuları açılma noktalarında güvenlik etiketi olacaktır. Etiket, bir kez yapıştırıldıktan sonra sökülürse, söküldüğü anlaşılabilir formatta olacaktır.
- 4.6.3 Cihaz kutulama işleminin ardından; kutu, ince tabakalı şeffaf jelatin ile sarılacaktır.
- 4.6.4 Cihaz kutu içeriğinde; PMU cihazı, montaj aksesuarları, terminaller, konnektörler, yedek batarya, yedek cam/seramik sigorta, kullanım kılavuzları ve cihaz konnektörleri ile uyumlu bir adet tornavida bulunacaktır.
- 4.6.5 Cihaza ait tüm elektronik bileşenler antistatik (ESD) torbalar içerisinde kutuya yerleştirilecektir.
- 4.6.6 Kutu içerisi slotlu yapıda olacaktır. Cihaz ve bileşenleri kutuya yerleştirildikten sonra hareketsiz kalacaktır.

#### 4.7 Muhafaza ve Elleçleme

- 4.7.1 Üretilen her cihaz, harf ve rakamlardan oluşan bir seri numarasına sahip olacaktır.
- 4.7.2 Cihaz seri numarası cihaz üzerine nokta vuruşu metodu ya da kazıma metodu ile yazılacaktır.
- 4.7.3 Üretilen her cihaz eşsiz bir QR kare koda sahip olacaktır. Bu kare kod, cihazın üretim tarihini, seri numarasını ve firmware versiyonunu içerecektir. Bu QR kod cihaz üzerine silinmez yüksek kaliteli RAL 9005 renkli, fırınlamalı bir boya ile uygulanacaktır.
- 4.7.4 Cihaz kutuları üst üste istiflenebilir yapıda olacaktır. Bir kutu üzerine en az 10 kutu dizilecektir.
- 4.7.5 Cihaz kutu ölçüleri euro paletler ile uyumlu olacaktır.
- 4.7.6 Cihaz kutuları toza ve neme dayanıklı olacaktır.

4.8 ESD Kontrol Cihazda ESD duyarlı malzemeler varsa belirtilecek ve kullanım sırasında ESD önlemi alınacağı belirtilecektir.

#### 4.9 Bileşen özellikleri

##### 4.9.1 Baskılı devre kartları

4.9.1.1 DSB (uyulan standartlar belirtilecek)

##### 4.9.2 Ömür sınırı olan parçalar

4.9.2.1 Belirtilecektir. Elektrolitik kapasitör kullanılmayacaktır.

##### 4.9.3 Standart olmayan parçalar

4.9.3.1 Belirtilecektir.

##### 4.9.4 Malzeme Sağlayıcılar

4.9.4.1 Mümkün olduğu ölçüde yerli kaynak kullanılacaktır, yurtdışı menşeli malzeme için tek kaynak tanımlamalardan kaçınılacaktır- bu kategoriye giren malzeme varsa belirtilecektir.

##### 4.9.5 Konektörler ve Dış Bağlantılar

##### 4.9.5.1 Kablo Terminalleri

- 4.9.5.1.1 Terminal tipi vidalı olacaktır.
- 4.9.5.1.2 Terminal RosH uyumlu olacaktır.
- 4.9.5.1.3 Terminal materyeli alev almayan materyalden olacaktır.
- 4.9.5.1.4 Terminal materyali en az 150 °C sıcaklığa kadar form faktörünü koruyacaktır.
- 4.9.5.1.5 Terminal izolasyon materyali PA (polyamid) olacaktır.
- 4.9.5.1.6 Terminal izolasyon seviyesi IEC standartlarında belirtildiği üzere CAT IV mertebesinde olacaktır. (IEC-1010, Safety Standard for Electrical and Electronic Test, Measuring, Controlling, and Related Equipment)
- 4.9.5.1.7 Her terminal blok'unun sonunda topraklama terminali bulunacaktır.
- 4.9.5.1.8 Terminal, AWG 26 – AWG 16 (0.14 mm<sup>2</sup> - 1.5mm<sup>2</sup>) kesit alan aralığındaki iletkenler ile uyumlu olacaktır.
- 4.9.5.1.9 Terminal vida başları 'slotted screwhead' olacaktır. (Düz slotlu vida başı, kontrol kalemi uyumlu)
- 4.9.5.1.10 Terminal vidalarının adımı (pitch) en az 2 mm en fazla 4 mm olacaktır.
- 4.9.5.1.11 Terminal vida başları en az M2 (metric 2) en fazla M4 (metric 4) olacaktır.
- 4.9.5.1.12 Terminal vidaları sıkma torku en az 0.22 Nm en fazla 0.33 Nm olacaktır.
- 4.9.5.1.13 Yan yana olan terminaller blok şeklinde olacaktır.
- 4.9.5.1.14 Terminaller modüler olacaktır, cihazın ana gövdesinden çekilmek sureti ile ayrılabilir olacaktır.
- 4.9.5.1.15 Terminal gövde rengi RAL 9005 olacaktır.
- 4.9.5.1.16 Her terminal üzerinde ilgili sinyalin/kablonun adı yazacaktır. Yazı rengi RAL 7072 olacaktır.

#### 4.9.5.2 Konnektörler

##### 4.9.5.2.1 RJ-45;

- 4.9.5.2.1.1 RJ-45 dişi konnektörler dış kasası Alüminyum 6082/6061 ya da 316 L paslanmaz çelik malzemeden üretilmiş olacaktır.
- 4.9.5.2.1.2 RJ-45 dişi konnektörler hat trafolu ve led indikatörlü olacaktır. Rx-Tx operasyonu bu led indikatörler vasıtası ile görülecektir.
- 4.9.5.2.1.3 RJ-45 dişi konnektörler RoSH uyumlu olacaktır.

##### 4.9.5.2.2 USB;

- 4.9.5.2.2.1 USB dişi konnektörler dış kasası Alüminyum 6082/6061 ya da 316 L paslanmaz çelik malzemeden üretilmiş olacaktır.

#### 4.10 Güvenilirlik ve Bakım Onarım

4.10.1 Reliability Prediction Cihaz için Güvenilirlik öngörüsü sağlanacaktır.

##### 4.10.2 Faal Değilken Muhafaza

4.10.2.1 -40° C ila + 85°C

4.10.3 Operating Life Beklenen çalışma ömrü sağlanacaktır.

##### 4.10.4 MTBF

Ch

- 4.10.4.1 En az 100.000 (yüz bin) saat olacaktır.
- 4.11 **Dokümantasyon**
- 4.11.1 Cihazın dokümanları basılı ve elektronik ortamda hazırlanacaktır.
- 4.11.2 Cihaz dokümanları elektronik ortamda düzenlenebilir olacaktır.
- 4.11.3 Cihaz kavramsal tasarımı ile beraber;
- 4.11.3.1 1 adet cihaz broşürü
- 4.11.3.2 1 adet cihaz servis formu
- 4.11.3.3 1 adet cihaz veri tablosu (datasheet)
- 4.11.3.4 1 adet cihaz kullanım kılavuzu
- 4.11.3.5 1 adet cihaz montaj kılavuzu hazırlanacaktır
- 4.11.4 Tüm cihaz dokümanları İngilizce (ABD) ve Türkçe olacaktır.
- 4.11.5 Yazılım Dokümantasyonu kalite süreçlerine göre yapılacaktır.
- 4.12 **Güvenlik**
- 4.12.1 DSB
- 4.13 **Emniyet**
- 4.13.1 Cihaz tasarımı, cihaz tam kapasiteli çalışması sırasında servis personelinin operasyonlarını etkilemeyecek şekilde gerçekleştirilecektir.
- 4.14 **İnsan Mühendisliği**
- 4.14.1 DSB
- 4.15 **Garanti İhtiyaçları**
- 4.15.1 Cihaz, üretim hatalarına karşı en az iki yıl garanti kapsamında olacaktır. Cihaz, bu husus göz önünde bulundurularak tasarlanacaktır.
- 4.16 **Test Yöntemleri Bu bölümde cihazın prototip ve üretim aşamasında uygulanacak test ihtiyaçları anlatılmaktadır.**
- 4.16.1 **Darbe dayanımı testi:** Cihaz tüm işlevleri ile çalışırken düzenli periyotlarla 500 mm yükseklikten serbest düşme yaptırılarak test edilecektir. Test, 30 kez ard arda tekrarlanacaktır. Bu sırada, cihazın çalışmasında herhangi normal olmayan bir durum ve cihaz üzerinde herhangi bir fiziksel deformasyon oluşmayacaktır.
- 4.16.2 **Sıcak ortamda çalışma testi:** Cihaz +70 °C sıcaklıktaki bir test kabini içerisinde 1 saat boyunca tam kapasite ile çalıştırılacaktır. Bu süreç boyunca cihazın çalışmasında herhangi bir problem ortaya çıkmayacaktır.
- 4.16.3 **Soğuk ortamda çalışma testi:** Cihaz -40 °C sıcaklıktaki bir test kabini içerisinde 1 saat boyunca tüm işlevleri ile çalıştırılacaktır. Bu süreç boyunca cihazın normal operasyonlarında herhangi bir problem ortaya çıkmayacaktır.
- 4.16.4 **Yüksek gerilim testi:** Cihaz tüm işlevleri ile çalışma sırasında, cihaz dış kasasına 8.26 kV gerilim uygulanacaktır. Bu süreç boyunca cihazın çalışmasında herhangi bir problem ortaya çıkmayacak ve Cihazın ölçülediği değerlerde bozulma meydana gelmeyecektir.
- 4.16.5 **Manyetik alan testi:** Cihaz tam kapasiteli çalışma sırasında, manyetik alan şiddeti 30 A/m olan manyetik alana 1 saat boyunca maruz bırakılacaktır. Bu süreç boyunca

cihazın çalışmasında herhangi bir problem ortaya çıkmayacak ve cihazın ölçümlediği değerlerde bozulma meydana gelmeyecektir. (Harici bağlantı kablolarında ortaya çıkan problemler test kapsamında değildir.)

**4.16.6 Vibrasyon (titreşim) testi:** Cihaz,  $4 \text{ m/s}^2$  ivmeli, 30 Hz frekanslı titreşim tablasında 1 saat boyunca tam kapasite ile çalıştırılacaktır. Bu süreç boyunca cihazın çalışmasında herhangi bir problem ortaya çıkmayacak, cihazda herhangi bir deformasyon/parça gevşemesi veya kopması oluşmayacaktır.

- 4.17 Hata Kodları DSB
- 4.18 Log Kaydı DSB
- 4.19 Lojistik Yaklaşım DSB

