

HIRÇIN YÜKLER

Dinamik ve Regeneratif Endüstriyel Yüklerin
Gerçek Saha Davranışı

Yusuf Gürer - Gürer Elektronik

Teknik bilgi kitapçığı | V1.1

Bu kitapçık nasıl okunmalı?

Metindeki görseller üç ayrı sınıfta sunulmuştur. Altyazı, görselin hangi kaynaktan geldiğini ve neyi gösterdiğini belirtir.

Gerçek saha ölçümü - Fluke 435-II / Power Log

Analizörden alınmış özgün ekran görüntüsüdür. Kanal, birim ve zaman bilgisi kaynak ekrandaki biçimiyle korunur.

Gerçek saha verisinden yeniden çizilmiştir

Grafik mevcut saha kayıtlarındaki sayısal değerleri gösterir; dalga biçimi veya eşzamanlılık bilgisi eklemey.

TEMSİLİ GÖRSEL - SAHA ÖLÇÜMÜ DEĞİLDİR

Kavramı veya işlevi açıklar; gerçek ölçüm ekranı ya da makine bağlantı şeması değildir.

İçindekiler

1. Sahada gördüğümüz problem	4
2. Hırçın Yük nedir?	4
3. Marka, makine etiketi, proses ve gerçek enerji karakteri	4
4. RMS, tepe, aktif güç, görünür güç ve enerji	5
5. Aynı yükte farklı çalışma anları	6
6. Harmonikler, crest factor ve doğrusal olmayan akım	7
7. İki yönlü aktif güç ve rejeneratif enerji	8
8. Saha A vaka incelemesi	9
9. Saha B vaka incelemesi	11
10. Rejeneratif enerjinin fiziksel açıklaması	13
11. UPS üzerinde oluşabilecek etkiler	14
12. UPS REJENERATİF ENERJİ BASTIRMA ÜNİTESİ	15
13. Ölçüm sınırları ve OL	16
14. Teknik ekler	17
14.1 Saha B kritik sayısal başvuru tablosu	17
14.2 Saha A başvuru verileri	17
14.3 Olay, ağır yük ve OL indeksleri	17
14.4 Topoloji ve kayıt okuma sınırları	17
14.5 Görsel ve kaynak izlenebilirliği	18
14.6 Genel teknik kaynaklar	18
Son söz	18

Bu kitapta iki saha arşivi kullanıyorum: **Saha A = MEAS 21-60; Saha B = MEAS 61-159**. Fabrika ve makine isimlerini vermiyorum. Amacım bir markayı değerlendirmek değil, endüstriyel yükün güç kaynağına gerçekten ne yaptığını anlatmak.

1. Sahada gördüğümüz problem

Makine çalışıyor. Üretim devam ediyor. UPS'in görünen ortalama yükü de fazla değil. Buna rağmen belirli anlarda cihazın çıkışında sorun yaşanıyor veya UPS bypassa geçiyor. Sahada insanın aklına ilk olarak güç yetersizliği geliyor. Fakat yalnız ortalama yük yüzdesine bakınca bu işin tamamını göremiyoruz.

"Makine ile UPS anlaşıyor" dediğimiz olur. Ben de onları anlaştırmak isterim. Bunun için önce aralarındaki hattın ne taşıdığını anlamak gerekir. Makine her an aynı akımı istemiyor. Bazen az güç çekiyor, bazen kısa bir aralıkta çok yükleniyor, bazı çalışma anlarında ise besleme yönüne enerji geri veriyor. Bunlar güç elektroniği açısından birbirinden farklı durumlardır.

Bir ölçüm ekranında yüksek akım görmekle geri enerji görmek aynı şey değildir. UPS'in aşırı akıma cevabı başka, çıkışından içeriye doğru gelen aktif enerjiye cevabı başkadır. İkisini tek bir "aşırı yük" başlığında toplarsak çözümü de yanlış yerde arayabiliriz.

Bu kitapta yükün etiketinden çok, zaman içindeki davranışı üzerinde duruyorum. Ortalama, darbe, harmonik ve güç yönü bilgilerini ayrı ayrı okuyup sonra aynı saha tablosunda birleştiriyorum. Elimdeki kaydı olduğundan güçlü göstermek de, sahada bizzat gördüğüm ve çözdüğüm olayı yalnız bir ihtimal gibi bırakmak da doğru değil.

Saha A'daki makine yatay, yaklaşık 10-12 metre uzunluğundaki bir ray üzerinde hızlı dur-kalk yapıyordu. Makine gücü yaklaşık 10-12 kW, nominal değeri 12 kW olarak aktarılıyor; bağlı UPS ise 40 kVA idi. UPS REJENERATİF ENERJİ BASTIRMA ÜNİTESİ'ni bu makineye de kurduk. Uygulama sonrasında UPS bypassa düşmedi. Bu, doğrudan saha gözlemimdir. Saha B'de UPS REJENERATİF ENERJİ BASTIRMA ÜNİTESİ'ni şahsen kurdum. Sistemin çalışmasını gördüm, ölçtüm. Uygulama sonrasında ilgili UPS'in bypass problemi görülmedi ve son kullanıcıdan yeniden bypass şikâyeti alınmadı. Bu sonucu kitapta açıkça kullanıyorum. Buna karşılık kayıt arşivinde bulunmayan bir iç DC bus eğrisini veya eşzamanlı alarm saatini varmış gibi göstermiyorum.

2. Hırçın Yük nedir?

Hırçın Yük; çalışma sırasında akımı, aktif gücü ve bazı koşullarda güç yönü kısa zaman dilimlerinde geniş aralıkta değişebilen, darbeli, doğrusal olmayan ve gerektiğinde rejeneratif karakter gösterebilen dinamik endüstriyel yükleri tanımlamak için Gürer Elektronik tarafından kullanılan teknik anlatım terimidir.

Bu terimi bir IEC veya IEEE sınıfı olarak kullanmıyorum. Bir makineye kötü demek için de söylemiyorum. Makine kendi işini doğru yapıyor olabilir. Ancak bağlı olduğu UPS'in karşısına sakın ve sabit bir yük olarak çıkmıyordur.

Hırçın yük dediğimde aynı anda birkaç soruya bakarım: Akım ne kadar değişiyor? Değişim ne kadar hızlı? Dalga biçimi sinüse benziyor mu? RMS değer ile tepe arasındaki fark ne? Aktif güç hangi yönde? Bu davranış çalışma çevriminde tekrar ediyor mu? Tek başına yüksek bir sayıyı seçip makinenin bütün karakterini o sayıyla tarif etmem.

Doğru ifade şudur: **"Bu makine, incelenen saha ve proses koşullarında hırçın yük karakteri göstermiştir."** Aynı modelin başka bir tesiste, başka bir işte veya farklı besleme düzeninde nasıl davranacağını bu cümle belirlemez.

Darbeli akım, doğrusal olmayan akım ve rejeneratif aktif güç de birbirinin eş anlamlısı değildir. Bir yük şiddetli akım darbeleri üretirken sürekli tüketici kalabilir. Başka bir yükün akımı nispeten düzgün olsa da güç yönü belirli bir dönemde tersine dönebilir. Hırçın yük anlatımı, bu farklı özellikleri ayırarak birlikte incelemeye yarar.

3. Marka, makine etiketi, proses ve gerçek enerji karakteri

Marka üreticiyi tanımlar. Model makinenin yapısını tanımlar. Etiket nominal tasarım ve besleme bilgilerini verir. Proses ise o anda yapılan işi belirler. Sahadaki gerçek enerji karakteri, bu bilgilerin çalışma sırasında ölçülen karşılığıdır.

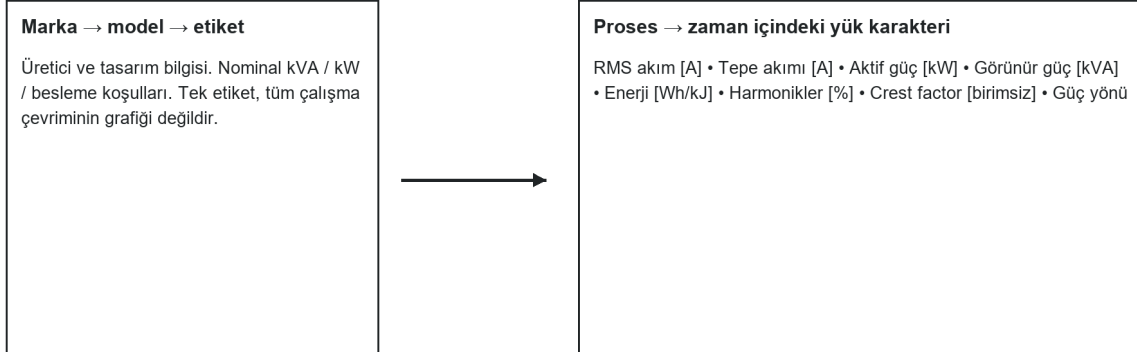
Etikette tek bir nominal değer vardır; sahada ise zamanla değişen bir enerji karakteri vardır.

Bir etiket değeri yanlış olmak zorunda değil. Fakat etiket, akımın her milisaniyesini veya geri enerji veren her çalışma anını anlatmaz. UPS seçerken yalnız etiket gücünü okumak, makinenin bütün çevrimini görmüş olmak değildir. Kısa süreli aşırı yük kapasitesi, tepe akım davranışı ve ters enerjiye uygunluk aynı başlığın farklı alt maddeleri değil, ayrı değerlendirmelerdir.

Etiket bilgisi ve gerçek enerji karakteri

Gürer Elektronik / kavramsal eğitim şeması. Bu şekil sayısal saha kaydı içermez.

TEMSİLİ GÖRSEL – SAHA ÖLÇÜMÜ DEĞİLDİR



Etiketle tek bir nominal değer vardır; sahada ise zamanla değişen bir enerji karakteri vardır.
Tepe akımını etiket RMS değeriyle doğrudan karşılaştırarak üretici veya bütün ürün ailesi hakkında hüküm verilmez.

Şekil 1. TEMSİLİ GÖRSEL - SAHA ÖLÇÜMÜ DEĞİLDİR. Üretici kimliği ve nominal etiket bilgisi ile zaman içinde ölçülen yük karakteri ayrılmıştır. Sayısal bir saha kaydı temsil edilemez.

525,8 A tepe ölçülmüş olması “makinenin etiketi yanlış” anlamına gelmez. Önce etiketin RMS, nominal besleme, maksimum giriş veya başka hangi şartı belirttiğini bilmek gerekir. Tepe değeri ile sürekli termik akım aynı değildir. Üreticiye veya bütün ürün ailesine hüküm vermek için bir saha darbesi yeterli olmaz.

Ben burada etiket kVA'sını, aktif kW'ı, RMS A'yı, tepe A'yı ve Wh/kJ'yi ayrı tutuyorum. Aynı tabloda yer almaları birbirlerine doğrudan eşit oldukları anlamına gelmez. Bir makine, düşük ortalama enerji tüketirken kısa süreli yüksek güç veya akım isteyebilir. Bu nedenle enerji faturasında küçük görünen bir çevrim, inverterin koruması açısından küçük olmayabilir.

4. RMS, tepe, aktif güç, görünür güç ve enerji

Önce amperi hangi anlamda söylediğimi belirlemem gerekir. RMS, akımın seçilen pencere içindeki etkin değeridir. Direnc üzerindeki ısı etki açısından aynı değerlerdeki doğru akımla karşılaştırma imkânı sağlar. Genel ifade:

$$I_{RMS} = \sqrt{\left(\frac{1}{T} \right) \int i^2(t) dt}$$

Tepe akımı ise ilgili pencerenin en büyük mutlak anlık akım değeridir. Darbenin yüksekliği önemlidir; fakat genişliği ve tekrarı da önemlidir. Bir sinüs için tepe/RMS oranı $\sqrt{2}$ 'dir. Darbeli bir yükte bu oran sinüsün oranından belirgin biçimde farklı olabilir.

Aktif güç, aerilim ile akımın aynı anda çarpımının ölçüm penceresindeki ortalamasıdır:

$$P = \left(\frac{1}{T} \right) \int v(t)i(t) dt$$

Sinüzoidal tek fazda bu ifade $P = V_{RMS} I_{RMS} \cos\phi$ olur. Dengeli, sinüzoidal üç fazda hat gerilimi ve hat akımı kullanılarak $P = \sqrt{3} V_{LL} I_L \cos\phi$ yazılır. Bu sade formülü bozuk dalgalı veya dengesiz her yük için gelişigüzel kullanmam. Genel durumda üç fazın toplam aktif gücü, uygun bağlantı ve ölçüm yöntemiyle değerlendirilir.

Tek fazda görünür güç $S = V_{RMS} I_{RMS}$ olarak ifade edilir. Dengeli üç fazda $S = \sqrt{3} V_{LL} I_L$ kullanılabilir. Aktif güç watt, görünür güç VA birimindedir. Güç faktörü $PF = P/S$ ile ilişkilidir. Harmonikli akımda yalnız temel frekansın $\cos\phi$ değeri gerçek güç faktörünün bütünü anlatmaz. Dengesiz ve sinüs dışı üç fazlı bir sistemde analizörün görünür güç hesaplama yöntemini de dikkate almak gerekir. **Fluke güç faktörü açıklaması**

Enerji ise gücün zaman içindeki toplamıdır:

$$E = \int P(t) dt$$

Watt ile saniyeyi çarptığımda joule elde ederim; 1 Wh = 3600 J'dür. 27,24 kW bir güç değeridir. Bu gücün 0,250 saniyelik bir kayıt katkısı hesabı 6,81 kJ eder. Gücü enerji diye yazmak veya bu katkıyı olayın bütün enerjisi saymak iki ayrı hatadır.

UPS'in akım sınırı, aktif güç sınırı, görünür güç kapasitesi ve ters enerjiye cevabı farklı ölçütlerdir. Sahada yalnız birini okuyup diğerlerini onun yerine koyduğumda tablo eksik kalır. En yararlı kayıt, her büyüklüğün birimini ve zamanını yanında taşıyan kayıttır.

5. Aynı yükte farklı çalışma anları

Saha B'de MEAS 159'un 28.08.2025 tarihli kayıtlarından seçtiğim örnekler, yükün ne kadar geniş bir aralıkta değiştiğini gösteriyor. Bunların tümü aynı anda olmuş değerler değildir.

Satır zamanı	Toplam aktif güç Ort	L1 / L2 / L3 akım RMS Ort	Okuma
11:20:46.999	-4,05 kW	21,1 / 21,2 / 21,9 A	Daha düşük akımlı tüketim örneği
10:43:17.499	-4,44 kW	49,8 / 48,3 / 38,2 A	Orta RMS akım ve ayrı yüksek tepe
11:13:10.999	-102,78 kW	171,2 / 168,1 / 176,8 A	Ağır aktif güç çekişi
11:57:29.749	+27,24 kW	49,2 / 45,4 / 47,1 A	Rejeneratif geri akış

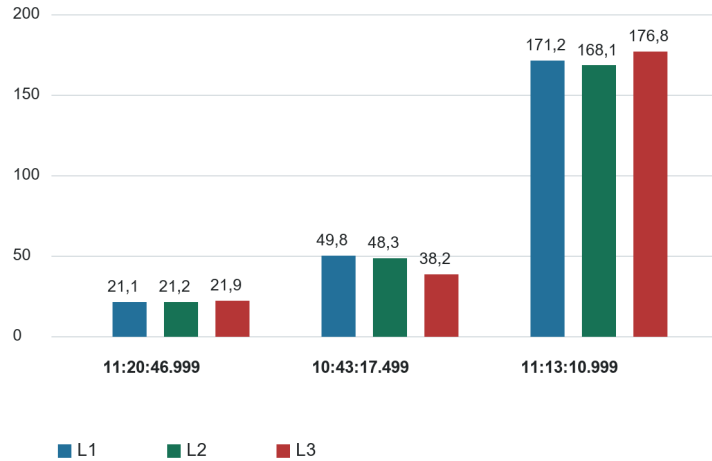
Bu örneklerden yaklaşık 20 A düzeyinin gerçekten bulunduğunu görüyoruz. Orta akım da kayıta var. Fakat bir satır grubuna bakıp bütün normal üretimin "40-60 A" olduğunu söyleyemiyorum. Hangi hareketin hangi satıra ait olduğu bağımsız bir hareket kaydıyla eşleştirilmemiştir. Buradaki isimler akım düzeyini anlatır; makinenin üretim adımlarının adı değildir.

Yükün akım karakteri tek bir sayı değildir

Saha B / MEAS 159 / 28.08.2025. RMS çalışma örnekleri ve tepe akımı ayrı ölçeklerde gösterilmiştir.

Gerçek saha verisinden yeniden çizilmiştir.

RMS akım [A] / örnek çalışma anları



TEPE AKIMI / ayrı büyüklük

10:43:17.499 kayıt aralığında L1: 525,8 A; L2: 401,4 A; L3: 377,2 A. L1 aynı kayıt aralığında RMS Ort: 49,8 A; RMS Maks: 69,9 A. 525,8 A sürekli akım değildir.

Düşük, orta ve ağır örnekler aynı yükün farklı zamanlarıdır; üretim hareketi veya proses adı bu kayıttan çıkarılmadı. Min/Ort/Maks ve CF alt pencereleri karıştırılmaz. Kaynak: SAHA_B_MEAS159_SECILI_TUM_KANALLAR.csv.

Şekil 2. Gerçek saha verisinden yeniden çizilmiştir. MEAS 159'un ayrı zamanlardaki RMS örnekleri karşılaştırılır. 525,8 A tepe değeri başka bir panelde, ayrı büyüklük olarak gösterilir. Kaynak satırların (f) durum işareti korunmuştur; bu örneklerde OL yoktur.

10:43:17.499 aralığında L1 için tepe akımı Maks 525,8 A'dır. Aynı kayıt aralığının RMS Ort değeri 49,8 A, RMS Maks değeri 69,9 A'dır. L2 ve L3 tepe maksimumları 401,4 ve 377,2 A'dır. Bu fark, inverterin karşısındaki yükü yalnız RMS ortalamasıyla tanımlamamanın nedenini gösterir.

Power Log 5.9 - [MEAS 159 -- SD Kart]									
Dosya Düzen İzle Araçlar Pencere Yardım									
Kımden 28.08.2025 10:46 Kime 28.08.2025 10:48									
Özet Elektronik tablo Voltaj ve Akım İstatistikler Eğitim ve Şişikler Frekans / Dengesiz Güç Enerji Güç Harmoniği Harmonik Dalgı Olayı: SWL RMS Olay No. 2: SWL 28.08.2025 10:39:18 117 m.sn.									
Filtre Sürü L1N(V) / L1(A) L2N(V) / L2(A) L3N(V) / L3(A) L1NG(V) / N(A) Toplam Min Ort Maks									
Tarih	İşlev	Süre	L1N(V) / L1(A) Maks	L2N(V) / L2(A) Maks	L3N(V) / L3(A) Maks	L1NG(V) / N(A) Maks	Toplam Maks		
28.08.2025 10:43:14 499m.sn.	Tepe Voltajı		360,4 V (f)	546,6 V (f)	264,3 V (f)				
28.08.2025 10:43:14 499m.sn.	Tepe Akımı		0,000 kA (f)	0,001 kA (f)	0,001 kA				
28.08.2025 10:43:14 749m.sn.	Tepe Voltajı		359,6 V (f)	545,2 V (f)	264,2 V (f)				
28.08.2025 10:43:14 749m.sn.	Tepe Akımı		0,001 kA (f)	0,000 kA (f)	0,001 kA				
28.08.2025 10:43:14 999m.sn.	Tepe Voltajı		359,7 V (f)	545,1 V (f)	264,3 V (f)				
28.08.2025 10:43:14 999m.sn.	Tepe Akımı		0,001 kA (f)	0,001 kA (f)	0,001 kA				
28.08.2025 10:43:15 249m.sn.	Tepe Voltajı		360,6 V (f)	546,2 V (f)	264,3 V (f)				
28.08.2025 10:43:15 249m.sn.	Tepe Akımı		0,001 kA (f)	0,000 kA (f)	0,001 kA				
28.08.2025 10:43:15 499m.sn.	Tepe Voltajı		359,7 V (f)	545,3 V (f)	264,4 V (f)				
28.08.2025 10:43:15 499m.sn.	Tepe Akımı		0,001 kA (f)	0,000 kA (f)	0,001 kA				
28.08.2025 10:43:15 749m.sn.	Tepe Voltajı		359,5 V (f)	544,9 V (f)	264 V (f)				
28.08.2025 10:43:15 749m.sn.	Tepe Akımı		0,001 kA (f)	0,001 kA (f)	0,001 kA				
28.08.2025 10:43:15 999m.sn.	Tepe Voltajı		360,3 V (f)	546,3 V (f)	264 V (f)				
28.08.2025 10:43:15 999m.sn.	Tepe Akımı		0,001 kA (f)	0,001 kA (f)	0,001 kA				
28.08.2025 10:43:16 249m.sn.	Tepe Voltajı		359,5 V (f)	545 V (f)	264,1 V (f)				
28.08.2025 10:43:16 249m.sn.	Tepe Akımı		0,000 kA (f)	0,001 kA (f)	0,001 kA				
28.08.2025 10:43:16 499m.sn.	Tepe Voltajı		360,3 V (f)	546,5 V (f)	264,1 V (f)				
28.08.2025 10:43:16 499m.sn.	Tepe Akımı		0,001 kA (f)	0,000 kA (f)	0,001 kA				
28.08.2025 10:43:16 749m.sn.	Tepe Voltajı		359,4 V (f)	545,1 V (f)	264,1 V (f)				
28.08.2025 10:43:16 749m.sn.	Tepe Akımı		0,000 kA (f)	0,000 kA (f)	0,001 kA				
28.08.2025 10:43:16 999m.sn.	Tepe Voltajı		359,5 V (f)	544,8 V (f)	264 V (f)				
28.08.2025 10:43:16 999m.sn.	Tepe Akımı		0,000 kA (f)	0,000 kA (f)	0,001 kA				
28.08.2025 10:43:17 249m.sn.	Tepe Voltajı		360,1 V (f)	546,2 V (f)	264,1 V (f)				
28.08.2025 10:43:17 249m.sn.	Tepe Akımı		0,000 kA (f)	0,000 kA (f)	0,001 kA				
28.08.2025 10:43:17 499m.sn.	Tepe Voltajı		326,9 V (f)	553,9 V (f)	335,6 V (f)				
28.08.2025 10:43:17 499m.sn.	Tepe Akımı		0,526 kA (f)	0,401 kA (f)	0,377 kA				
28.08.2025 10:43:17 749m.sn.	Tepe Voltajı		316,8 V (f)	546 V (f)	321,9 V (f)				
28.08.2025 10:43:17 749m.sn.	Tepe Akımı		0,022 kA (f)	0,022 kA (f)	0,01 kA				
28.08.2025 10:43:17 999m.sn.	Tepe Voltajı		316,8 V (f)	546 V (f)	321,6 V (f)				
28.08.2025 10:43:17 999m.sn.	Tepe Akımı		0,018 kA (f)	0,015 kA (f)	0,008 kA				

Şekil 3. Gerçek saha ölçümü - Fluke 435-II / Power Log. 10:43:17.499 satırındaki L1 tepe akımı, ekranda yuvarlanmış 0,526 kA; TXT'de 525,8 A'dır. Tepe, sürekli veya RMS akım olarak sunulmaz.

Kısa darbelerin kaynağını bir makine adıyla açıklamıyorum. Elektriksel olarak gördüğüm, aynı kayıttaki farklı RMS düzeyleri, daha yüksek kısa tepe değerleri ve farklı aktif güç yönleridir. UPS değerlendirmesine götürdüğüm bilgi de budur.

6. Harmonikler, crest factor ve doğrusal olmayan akım

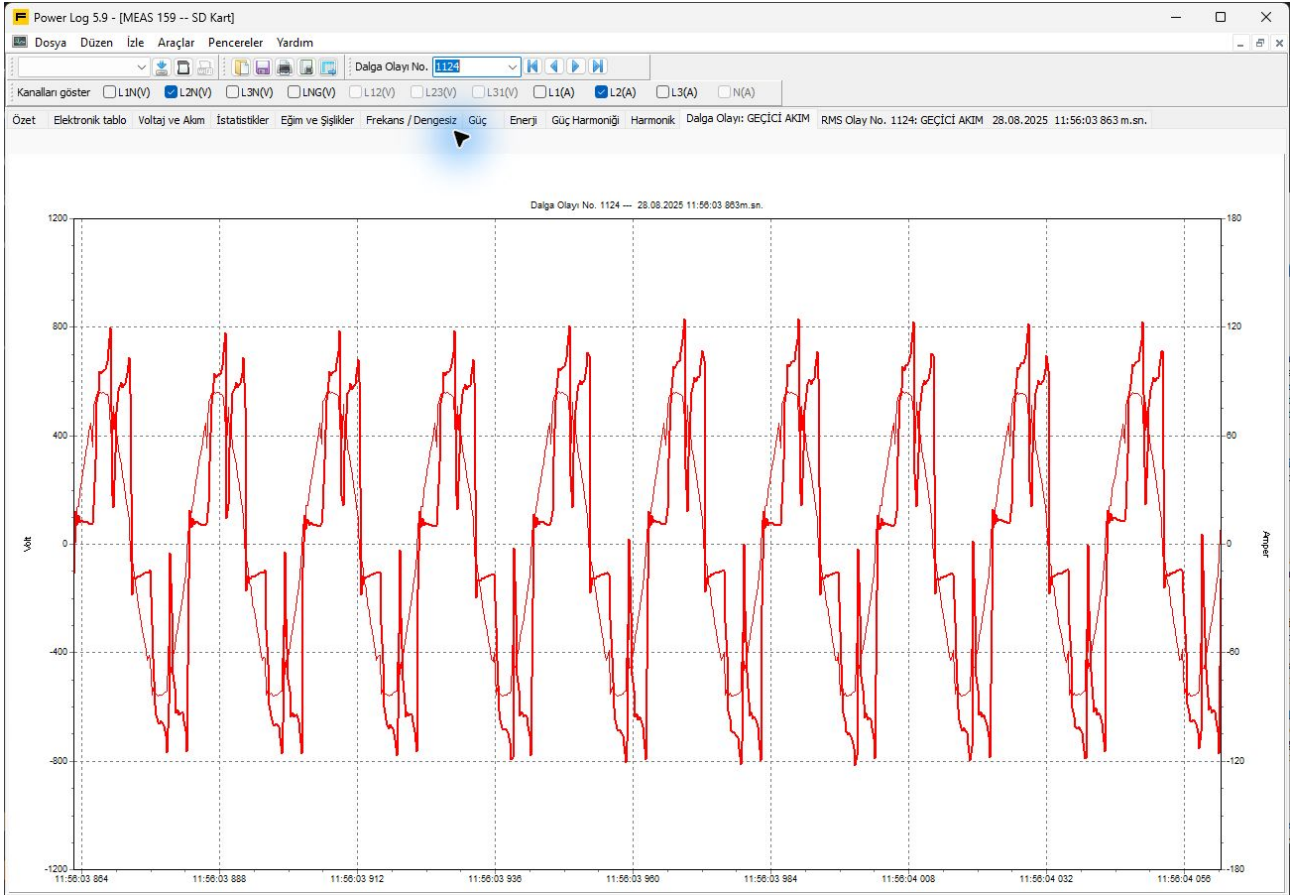
Doğrusal olmayan bir yükte akım, gerilimin sinüsünü takip etmek zorunda değildir. Akımın bir periyodun dar bölümünde yoğunlaşması tepe değerini yükseltebilir. Bu durum güç devresi, çıkış filtresi ve kontrol açısından önemlidir. Yalnız akımın şekline bakarak yükün aktif enerji geri verdiğini söylemem; harmonik ve yön ayrı bilgilerdir.

Crest factor, aynı değerlendirme penceresinde tepe akımın RMS akıma oranıdır: $CF = I_{tepe} / I_{RMS}$. Bunun birimi yoktur. Power Log'un farklı alt pencerelerde bulduğu Tepe Maks ile RMS Ort değerlerini bölüp yeni bir CF üretmek doğru değildir. Cihazın kendi CF kaydını kullanırım.

10:43:17.499 satırında L1/L2/L3 için kayıtlı CF Maks değerleri 7,17 / 5,60 / 6,69'dur. Bu rakamlar 525,8 A tepe örneğinin darbeleri karakterini destekler. Bununla birlikte tepenin bütün genişliği veya mekanik nedeni bu sayılardan çıkmaz.

Akım THD'si, kullanılan tanımda harmonik akımların birleşik RMS değerinin temel akıma oranıyla ilişkilidir. Temel akım küçükse yüzde çok büyüyebilir. Bu nedenle yalnız yüzdeyi değil, aynı satırdaki akımı da okurum. **%112,32** akım THD görmek, akımın veya enerjinin fiziksel olarak yüzde 112 arttığı anlamına gelmez.

11:20:46.999 satırında L1/L2/L3 THD A Ort değerleri %112,32 / %102,40 / %90,10'dur. Aynı satırdaki RMS akımlar 21,1 / 21,2 / 21,9 A'dır. 11:13:10.999 ağır tüketim satırında ise THD A Ort değerleri %28,83 / %29,01 / %27,29'dur. Ağır akım ile en büyük THD yüzdesi aynı an değildir.



Şekil 4. Gerçek saha ölçümü - Fluke 435-II / Power Log. MEAS 159, Dalgı Olayı 1124, 11:56:03.863. Gerilim ve akım dalgı biçimleri yükün dinamik davranışına ait gerçek bir olay örneğidir. Bu olay, 11:57:29.749 geri akış satırıyla aynı zaman değildir; onun eşzamanlı dalgı kanıtı olarak kullanılmaz.

Bir dalgı ekranındaki iki farklı eksenin sıfırları grafik düzeninden dolayı farklı hizada bulunabilir. Bu yerleşimden fiziksel doğru akım bileşeni veya nötr kayması sonucu çıkarmam. Böyle bir sonucun dayanağı grafik yerleşimi değil, doğrulanmış kanal ve büyüklük olmalıdır.

7. İki yönlü aktif güç ve rejeneratif enerji

Bu çalışmada rejeneratif enerji dediğim şey, yükün besleme hattına ve UPS çıkışındaki ölçüm noktasına doğru geri verdiği **aktif enerjidir**. Gücün yönü burada temel bilgidir. Yük yalnız alıcı olmaktan çıkıp belli bir aralıkta besleme tarafına enerji göndermektedir.

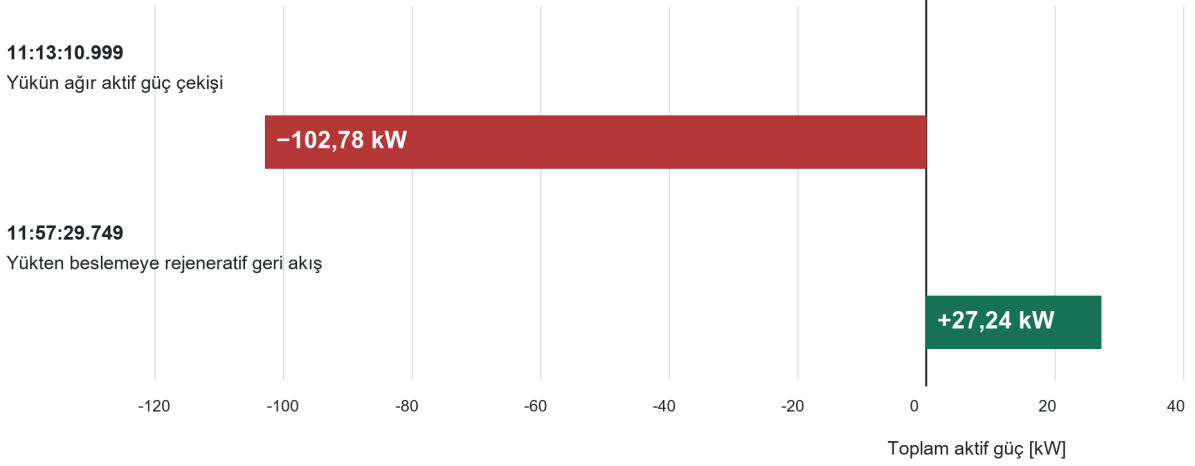
Güç grafiğinin artı veya eksi işaretini bütün analizörler ve bütün bağlantılar için tek bir fiziksel anlama sabitlemem. Saha B'nin kayıt ve saha yön referansında negatif tüketim, pozitif geri akıştır. Bu nedenle -102,78 kW ağır tüketimdir; +27,24 kW geri akıştır. Saha A'ya bu işaret sözlüğünü otomatik taşıyorum.

Üç fazlı sistemde toplam aktif güç önemlidir. Faz kanalları toplamın nasıl oluştuğunu görmeme yardım eder. MEAS 159'un 11:57:29.749 satırında üç güç kanalı birlikte pozitifdir: +9,51 / +8,71 / +9,03 kW. Cihazın toplam kanalı +27,24 kW'dır. Yuvarlanmış faz değerlerinin toplamı +27,25 kW çıkabilir; bu 0,01 kW fark nedeniyle cihazın toplamını yeniden yazmam.

Aynı ölçüm noktasında iki ayrı aktif güç yönü

Saha B / MEAS 159 / 28.08.2025. Aynı zamanlardaki kayıt sonuçları karşılaştırılır; eşzamanlı olay değildir.

Gerçek saha verisinden yeniden çizilmiştir.



Bu kaydın saha yön referansı: negatif = tüketim, pozitif = geri akış. Kritik satırlar (f); OL yok.

Kaynak: SAHA_B_MEAS159_SECILI_TUM_KANALLAR.csv ve özgün Power Log B01/B03. Eğrilerin faz açısı gösterilmez.

Şekil 5. Gerçek saha verisinden yeniden çizilmiştir. -102,78 kW ve +27,24 kW aynı noktada, farklı zamanlarda ölçülmüştür. Çizim bir faz açısı grafiği veya aynı anda iki olay olduğu iddiası değildir.

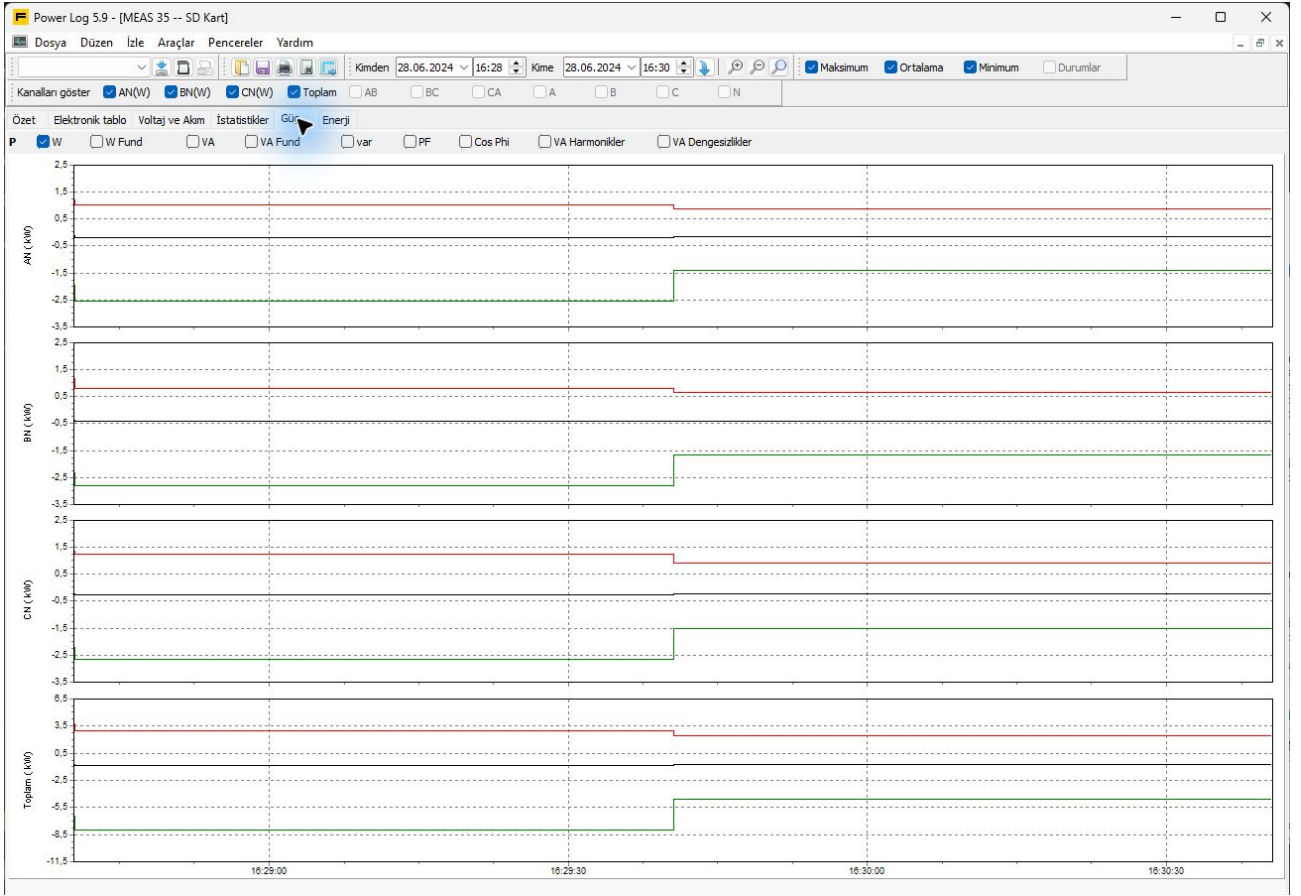
Geri akışı yalnız bir akım darbesinden veya voltaj değişiminden çıkarma ihtiyacımız yok. Saha B'de toplam aktif güç yönü, faz işaretleri, enerji sayaçlarının davranışı ve bizzat yaptığım bastırma uygulamasının sonucu birlikte bulunmaktadır. Bu olay için vardığım hüküm açık: **Saha uygulamasıyla doğrulanmış rejeneratif geri akış.**

Bu hüküm, OL boşluklarının içindeki gücü ölçmüş olduğumuz veya toplam olay enerjisini bildiğimiz anlamına gelmez. Olayın niteliği ile miktarının eksiksiz ölçülmesi iki ayrı konudur.

8. Saha A vaka incelemesi

Saha A'daki makine yatay, yaklaşık 10-12 metre uzunluğundaki bir ray üzerinde hızlı dur-kalk yapıyordu. Makine gücü yaklaşık 10-12 kW, nominal değeri 12 kW olarak aktarılıyor; bağlı UPS ise 40 kVA idi. UPS REJENERATİF ENERJİ BASTIRMA ÜNİTESİ'ni bu makineye de kurduk. Uygulama sonrasında UPS bypassa düşmedi. Bu, doğrudan saha gözlemimdir. Bu saha sonucunu analizör kayıtlarından ayrı tutuyorum. MEAS 35, 42 ve 48'deki güç yönü kayıtları Saha A'nın elektriksel davranışına destek verir; fakat bu kayıtlar makinenin hareketiyle veya bypass anıyla ortak bir zaman ekseninde eşleştirilmedi. Bu yüzden tek tek pozitif güç kümelerini belirli bir duruş anına bağlamıyorum.

MEAS 35, 28.06.2024 tarihli üç adet bir dakikalık sonuç içeriyor. Toplam aktif güç Ort değerleri -0,69 / -0,84 / -0,75 kW'dır. Zarfın uçları -7,98 kW'a ve +3,72 kW'a ulaşır. Üç satırın ortalamasının negatif olması ile her aralıkta iki işaretli uç bulunması birlikte okunmalıdır. Dakikalık ortalama, kısa bir geri enerji dilimini ayrı bir olay olarak göstermeyebilir.



Şekil 6. Gerçek saha ölçümü - Fluke 435-II / Power Log. MEAS 35'in toplam güç zarfı iki işaretlidir. Bir dakikalık uçlar aynı ana veya aynı fiziksel darbe süresine atanmaz.

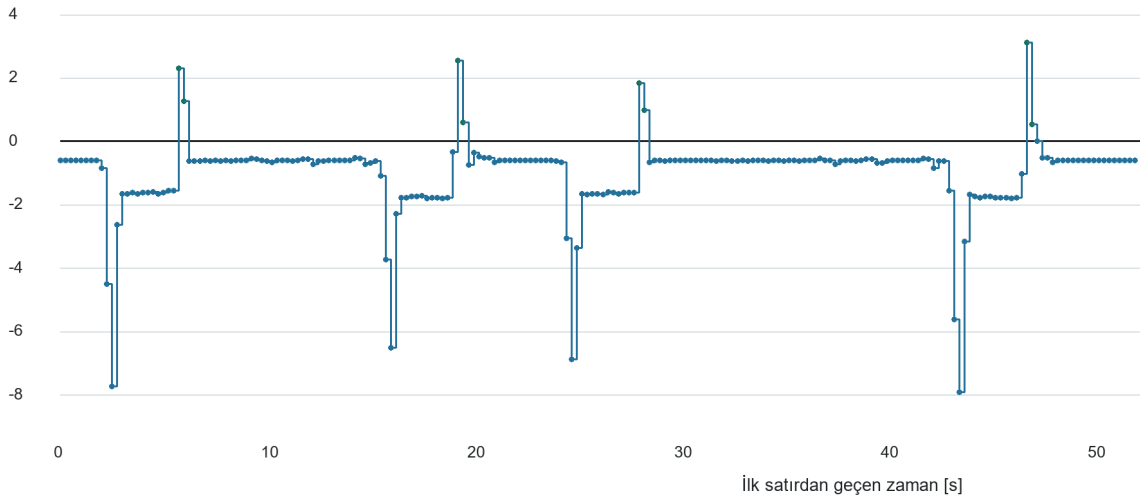
MEAS 42 daha kısa adımlı bir kayıttır. 250 ms adımlı 209 satırda 200 negatif, 8 pozitif ve 1 sıfır toplam Ort aktif güç sonucu bulunur. Pozitif satırlar dört kısa kümeye ayrılır. En büyük Ort +3,12 kW; en büyük Maks zarfı +3,42 kW'dır. Ortalama ile zarf maksimumunun farklı değerler ve farklı zamanlar olduğunu koruyorum.

Saha A: tekrarlayan aktif güç işaret değişimleri

MEAS 42 / 28.06.2024 / satır zamanları 16:35:48.998–16:36:41.248 / kayıt adımı 0,250 s.

Gerçek saha verisinden yeniden çizilmiştir.

Toplam aktif güç Ort [kW]



209 satır: 200 negatif, 8 pozitif, 1 sıfır. Pozitif satırlar dört kümeye ayrılır; en yüksek Ort +3,12 kW.

Bu çizgi kayıt sonuçlarını bağlar; periyot içi dalga biçimi değildir. Saha B işaret referansı Saha A'ya aktarılmadı.

Şekil 7. Gerçek saha verisinden yeniden çizilmiştir. MEAS 42'nin toplam Ort aktif güç kayıtları. Çizgi, 250 ms kayıt sonuçlarını bağlar; gerilim/akımın periyot içi dalga biçimi değildir.

Bu ek taramada MEAS 48'i de seçtim. Yeni Power Log dışı aktarımındaki iki sonuç şöyledir:

Satır	Min / Ort / Maks toplam aktif güç	İleri / Ters enerji sayacı
16:59:09.426	-7,35 / -0,96 / +3,54 kW	1 / 17 Wh
17:00:09.426	-6,21 / -0,75 / +3,36 kW	2 / 21 Wh

İki satır arasında hem İleri hem Ters sayaç artıyor: +1 ve +4 Wh. Bu, iki işaretli güç zarfıyla birlikte saklanması gereken bir ek bulgudur. Sayaçların yazılım adı ile fiziksel geri enerji yönünü birbirine otomatik eşitlemiyorum; dakikalık pencere ve yuvarlamayı da koruyorum.

Yeni Saha A kaydı: MEAS 48

28.06.2024 / iki adet 60 s toplulaştırılmış sonuç. Min/Ort/Maks birbirinin yerine kullanılmaz.

Gerçek saha verisinden yeniden çizilmiştir.

16:59:09.426 / toplam aktif güç

Min: -7,35 kW; Ort: -0,96 kW; Maks: +3,54 kW,

Enerji sayaçları / yazılım adları

Wh İleri: 1,0 Wh

Wh Ters: 17,0 Wh

Faz Ort değerleri negatiftir. Fazların pozitif uçlarının eşzamanı bu özetten çıkmaz.

17:00:09.426 / toplam aktif güç

Min: -6,21 kW; Ort: -0,75 kW; Maks: +3,36 kW,

Enerji sayaçları / yazılım adları

Wh İleri: 2,0 Wh

Wh Ters: 21,0 Wh

Faz Ort değerleri negatiftir. Fazların pozitif uçlarının eşzamanı bu özetten çıkmaz.

16:59:09.426→17:00:09.426 sayaç farkları: İleri +1 Wh; Ters +4 Wh. Yuvarlama ve pencere uyumu dikkate alınır.

Destekleyici iki işaretli zarf; tam olay süresi veya net fiziksel rejeneratif enerji hesaplanmadı. Kaynak: yeni Power Log dışı aktarımı.

Şekil 8. Gerçek saha verisinden yeniden çizilmiştir. MEAS 48 iki dakikalık toplulaştırılmış güç sonucu ve sayaç seviyeleri. Fazların pozitif maksimumlarının aynı anda oluştuğu bu tablodan çıkarılamaz.

Saha A'nın saha sonucu ile analizör arşivini ayrı ayrı değerlendiriyorum. **Hızlı dur-kalk yapan ray makinesine UPS REJENERATİF ENERJİ BASTIRMA ÜNİTESİ kurulduktan sonra 40 kVA UPS bypassa düşmedi.** MEAS 35, 42 ve 48 kayıtları güç yönü davranışına elektriksel destek verir; ancak kayıt zamanları makinenin hareketi veya bypass durumu ile eşzamanlı değildir. Bu nedenle ölçüm satırlarını belirli bir duruş anına bağlamıyorum. Arşivde eşzamanlı hareket ve alarm kaydı yoktur.

MEAS 58 önizlemesinde normal 3 ve detaylı 3 olay görülmektedir. Bu taramada olayların ayrıntısı açılıp aktif güçle eşleştirilmedi; zaten V/A/Hz kaydı kendi başına güç yönü vermez. Olay sayısını "altı rejeneratif olay" diye yazmak doğru olmaz.

9. Saha B vaka incelemesi

Saha B'nin ölçüm noktası UPS çıkışı ile yıldız bağlı trafo primeri arasındadır. Trafo sekonderi delta bağlıdır ve endüstriyel yükü besler. Analizör ise kayıt sırasında delta / üç faz üç telli konfigürasyonda kullanılmıştır. Fiziksel trafo bağlantısı ile analizörün hesaplama konfigürasyonunu ayrı tutuyorum.

Bu nedenle Power Log'un N-G ve L-N etiketlerini yıldız nötrünün doğrudan ölçülmüş gerilimi olarak okumuyorum. Bu kanallardan fiziksel nötr kopukluğu veya yüzen nötr tanısı çıkarmıyorum. Toplam aktif güç, faz akımları ve saha yön referansıyla belirlenen güç yönü bulguları korunuyor.

MEAS 159'da 11:13:10.999 satırındaki toplam Ort aktif güç $-102,78$ kW'dır. Üç güç kanalı $-33,76$ / $-33,59$ / $-35,43$ kW; RMS akımlar $171,2$ / $168,1$ / $176,8$ A'dır. Bu, yükün ağır tüketim bölgesidir. Sıfır işaret negatif diye rejeneratif olarak adlandırılmaz.

Power Log 5.9 - [MEAS 159 -- SD Kart]						
Dosya Düzen İzle Araçlar Pencere Yardım						
Özet Elektronik tablo Voltaj ve Akım İstatistikler Eğim ve Şişlikler Frekans / Dengesiz Güç Enerji Güç Harmoniği Harmonik Dalgı Olayı: SWL RMS Olay No. 2: SWL 28.08.2025 10:39:18 117 m.sn.						
Filtre Sürü ☒ L1N(V) / L1(A) ☒ L2N(V) / L2(A) ☒ L3N(V) / L3(A) ☐ LING(V) / N(A) ☒ Toplam ☐ Min ☒ Ort ☐ Maks						
Tarih	İşlev	L1N(V) / L1(A) Ort	L2N(V) / L2(A) Ort	L3N(V) / L3(A) Ort	Toplam Ort	
28.08.2025 11:13:06 499m.sn.	Etik Güç	-1,73 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,72 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:06 749m.sn.	Etik Güç	-1,73 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,72 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:06 999m.sn.	Etik Güç	-1,72 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,71 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:07 249m.sn.	Etik Güç	-1,72 kW (f)	-1,77 kW (f)	-1,72 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:07 499m.sn.	Etik Güç	-1,73 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,72 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:07 749m.sn.	Etik Güç	-1,72 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,72 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:07 999m.sn.	Etik Güç	-1,72 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,72 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:08 249m.sn.	Etik Güç	-1,72 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,71 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:08 499m.sn.	Etik Güç	-1,72 kW (f)	-1,77 kW (f)	-1,71 kW (f)	-5,19 kW (f)	
28.08.2025 11:13:08 749m.sn.	Etik Güç	-1,72 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,71 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:08 999m.sn.	Etik Güç	-1,72 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,71 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:09 249m.sn.	Etik Güç	-1,72 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,71 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:09 499m.sn.	Etik Güç	-1,72 kW (f)	-1,79 kW (f)	-1,72 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:09 749m.sn.	Etik Güç	-1,71 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,72 kW (f)	-5,19 kW (f)	
28.08.2025 11:13:09 999m.sn.	Etik Güç	-1,72 kW (f)	-1,79 kW (f)	-1,72 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:10 249m.sn.	Etik Güç	-1,71 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,71 kW (f)	-5,19 kW (f)	
28.08.2025 11:13:10 499m.sn.	Etik Güç	-1,72 kW (f)	-1,78 kW (f)	-1,72 kW (f)	-5,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:10 749m.sn.	Etik Güç	-12,95 kW (f)	-13,48 kW (f)	-14,14 kW (f)	-40,56 kW (f)	
28.08.2025 11:13:10 999m.sn.	Etik Güç	-33,76 kW (f)	-33,59 kW (f)	-35,43 kW (f)	-102,78 kW (f)	
28.08.2025 11:13:11 249m.sn.	Etik Güç	-31,18 kW (f)	-31,1 kW (f)	-32,94 kW (f)	-95,22 kW (f)	
28.08.2025 11:13:11 499m.sn.	Etik Güç	-30,42 kW (f)	-30,18 kW (f)	-31,81 kW (f)	-92,4 kW (f)	
28.08.2025 11:13:11 749m.sn.	Etik Güç	-30,38 kW (f)	-30,52 kW (f)	-31,45 kW (f)	-92,34 kW (f)	

Şekil 9. Gerçek saha ölçümü - Fluke 435-II / Power Log. 11:13:10.999 satırında $-102,78$ kW ağır aktif güç çekişi. 525,8 A tepe başka zamandadır ve bu satırın tepe akımı diye kullanılmaz.

11:57:29.749 satırında ise toplam aktif güç $+27,24$ kW'a dönüyor. Üç güç kanalının işareti birlikte pozitiftir. Aynı satırdaki RMS akımlar $49,2$ / $45,4$ / $47,1$ A; hatlar arası gerilim Ort değerleri $390,91$ / $391,08$ / $390,30$ V'dur. Satır (f) durum işareti taşır ve OL değildir.

Power Log 5.9 - [MEAS 159 -- SD Kart]						
Dosya Düzen İzle Araçlar Pencere Yardım						
Özet Elektronik tablo Voltaj ve Akım İstatistikler Eğim ve Şişikler Frekans / Dengesiz Güç Enerji Güç Harmoniği Harmonik Dalgı Olayı: SWL RMS Olay No. 2: SWL 28.08.2025 10:39:18 117 m.sn.						
Filtre	Süre	L1N(V) / L1(A)	L2N(V) / L2(A)	L3N(V) / L3(A)	LNG(V) / N(A)	Toplam
Tarih	İşlev	L1N(V) / L1(A) Ort	L2N(V) / L2(A) Ort	L3N(V) / L3(A) Ort	Toplam Ort	
28.08.2025 11:57:26 499m.sn.	Etken Güç	327,67 kW (f,OL)	327,67 kW (f,OL)	-32,2 kW (f)	983,01 kW (f,OL)	
28.08.2025 11:57:26 749m.sn.	Etken Güç	327,67 kW (f,OL)	327,67 kW (f,OL)	-31,05 kW (f)	983,01 kW (f,OL)	
28.08.2025 11:57:26 999m.sn.	Etken Güç	327,67 kW (f,OL)	327,67 kW (f,OL)	-29,8 kW (f)	983,01 kW (f,OL)	
28.08.2025 11:57:27 249m.sn.	Etken Güç	327,67 kW (f,OL)	-28,39 kW (f)	-28,67 kW (f)	983,01 kW (f,OL)	
28.08.2025 11:57:27 499m.sn.	Etken Güç	-24,4 kW (f)	-26,31 kW (f)	-27,13 kW (f)	-77,85 kW (f)	
28.08.2025 11:57:27 749m.sn.	Etken Güç	-23,07 kW (f)	-25,17 kW (f)	-25,55 kW (f)	-73,8 kW (f)	
28.08.2025 11:57:27 999m.sn.	Etken Güç	-22,37 kW (f)	-24,47 kW (f)	-24,86 kW (f)	-71,7 kW (f)	
28.08.2025 11:57:28 249m.sn.	Etken Güç	-21,71 kW (f)	-23,86 kW (f)	-24,17 kW (f)	-69,75 kW (f)	
28.08.2025 11:57:28 499m.sn.	Etken Güç	-20,86 kW (f)	-23,04 kW (f)	-23,19 kW (f)	-67,08 kW (f)	
28.08.2025 11:57:28 749m.sn.	Etken Güç	-18,25 kW (f)	-20,2 kW (f)	-20,39 kW (f)	-58,86 kW (f)	
28.08.2025 11:57:28 999m.sn.	Etken Güç	-2,6 kW (f)	-2,82 kW (f)	-2,64 kW (f)	-8,07 kW (f)	
28.08.2025 11:57:29 249m.sn.	Etken Güç	-3,02 kW (f)	-3,24 kW (f)	-2,98 kW (f)	-9,24 kW (f)	
28.08.2025 11:57:29 499m.sn.	Etken Güç	-1,21 kW (f)	-1,53 kW (f)	-1,25 kW (f)	-3,99 kW (f)	
28.08.2025 11:57:29 749m.sn.	Etken Güç	9,51 kW (f)	8,71 kW (f)	9,03 kW (f)	27,24 kW (f)	
28.08.2025 11:57:29 999m.sn.	Etken Güç	327,67 kW (f,OL)	8,98 kW (f)	9,39 kW (f)	983,01 kW (f,OL)	
28.08.2025 11:57:30 249m.sn.	Etken Güç	327,67 kW (f,OL)	9,23 kW (f)	9,64 kW (f)	983,01 kW (f,OL)	
28.08.2025 11:57:30 499m.sn.	Etken Güç	327,67 kW (f,OL)	327,67 kW (f,OL)	10 kW (f)	983,01 kW (f,OL)	
28.08.2025 11:57:30 749m.sn.	Etken Güç	327,67 kW (f,OL)	327,67 kW (f,OL)	10,6 kW (f)	983,01 kW (f,OL)	
28.08.2025 11:57:30 999m.sn.	Etken Güç	327,67 kW (f,OL)	327,67 kW (f,OL)	11,13 kW (f)	983,01 kW (f,OL)	
28.08.2025 11:57:31 249m.sn.	Etken Güç	327,67 kW (f,OL)	327,67 kW (f,OL)	11,63 kW (f)	983,01 kW (f,OL)	
28.08.2025 11:57:31 499m.sn.	Etken Güç	327,67 kW (f,OL)	327,67 kW (f,OL)	327,67 kW (f,OL)	983,01 kW (f,OL)	
28.08.2025 11:57:31 749m.sn.	Etken Güç	327,67 kW (f,OL)	327,67 kW (f,OL)	327,67 kW (f,OL)	983,01 kW (f,OL)	

Şekil 10. Gerçek saha ölçümü - Fluke 435-II / Power Log. +27,24 kW toplam aktif güç, üç pozitif güç kanalı ve çevredeki OL satırları birlikte görünür. Bu kayıt saha uygulamasıyla doğrulanmış rejeneratif geri akıştır; OL kodlu tavanlar gerçek güç olarak değerlendirilmez.

Önceki satır 11:57:29.499'da toplam Min/Ort/Maks -10,29 / -3,99 / +2,31 kW'dır. Yani aynı kayıt aralığının zarfı iki işareti içerir. Sonraki bölümde OL vardır. Tam fiziksel yön değiştirme anını yalnız satır son zamanına eşitlemem.

Enerji sayaçları da olay çevresinde yön davranışı gösterir. Yazılımın İleri toplam sayacı 11:57:26.249 ile 11:57:31.999 arasında 1084'ten 1107 Wh'a çıkar; Ters toplam sayacı bu seçilen bölgede 7023 Wh düzeyinde kalır. Ancak artış OL içeren aralığı kapsar. +23 Wh farkını, +27,24 kW satırının kesin rejeneratif enerjisi olarak yazmıyorum. Sayaç bağlamını kanıtın yanında saklıyor, OL dışındaki güç satırını ayrı kullanıyorum.

Uygulama tarafındaki sonuç nettir. UPS REJENERATİF ENERJİ BASTIRMA ÜNİTESİ devreye alındıktan sonra ilgili sahada UPS bypass problemi görülmedi ve son kullanıcıdan yeniden bypass şikâyeti alınmadı. Bunu bizzat kurduğum, ölçtüğüm ve sonucunu izlediğim saha uygulaması olarak aktarıyorum. İzleme süresi veya müdahale sonrası ayrıntılı sayısal eğri mevcut pakette bulunmadığı için bunlara yeni rakam eklemiyorum.

Bu ölçüm ve uygulama birlikte ele alındığında ana hüküm **Saha uygulamasıyla doğrulanmış rejeneratif geri akıştır.** Tek bir kayıt satırının matematiksel sınırını açıklamak, saha sonucunu geri çekmek değildir.

10. Rejeneratif enerjinin fiziksel açıklaması

Enerji kendiliğinden ortaya çıkmaz. Hareket eden bir kütlede kinetik, yüksek konumdaki bir yükte potansiyel enerji vardır. Bir sistem yavaşlarken veya dışarıdan sürülürken bu enerji elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Motor jeneratör davranışı gösterebilir. Uygun güç elektronığı ve kontrol bulunduğu aktif enerji AC besleme hattına geri taşınabilir. **ABB güç rejenerasyonu açıklaması**

Genel örnekler arasında kontrollü olarak indirilen kaldırma yükleri, yüksek ataletli sistemlerin yavaşlaması ve dışarıdan mekanik olarak sürülen test sistemleri bulunabilir. Bunlar dönüşümün anlaşılması içindir; Saha A veya Saha B'deki makinenin iç yapısını bu örneklerle bakarak teşhis etmiyorum.

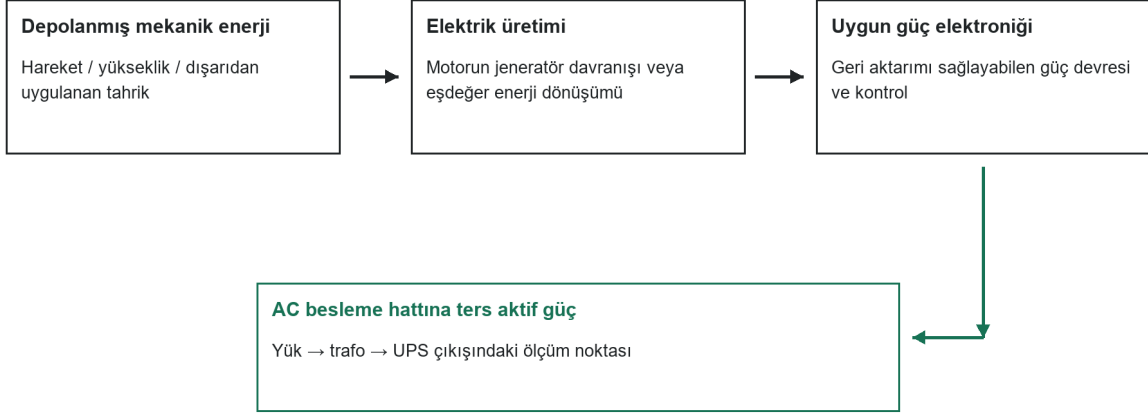
Her motor sürücüsü AC hatta geri aktif güç verebilir demiyorum. Besleme tarafında yalnız sağlam diyot doğrultucu bulunan klasik bir yapı ile çift yönlü çalışabilen aktif güç dönüştürücüsü aynı değildir. Geri aktarım için o yönde çalışan

güç devresi ve kontrol gerekir. Bu kitapta hiçbir motor sürücüsünü sırf adı veya kullanım alanı nedeniyle olayın kaynağı olarak göstermiyorum. ABB çift yönlü güç dönüştürücüsü örneği

Rejeneratif enerjinin genel mekanizması

Öğretici işlev şemasıdır. İncelenen makinenin iç devresi veya doğrulanmış bağlantı planı değildir.

TEMSİLİ GÖRSEL – SAHA ÖLÇÜMÜ DEĞİLDİR



Sürücü DC bus'ı genel dönüşüm güzergâhında bulunabilir. Her sürücü AC hatta enerji geri veremez. Saha B'de kesin izlenen bölüm dış besleme yolu ve aktif güç yönüdür; makinenin özel iç topolojisi bu şemadan çıkarılmaz.

Şekil 11. TEMSİLİ GÖRSEL - SAHA ÖLÇÜMÜ DEĞİLDİR. Mekanik enerjiden AC hatta ters aktif güce uzanan genel işlev zinciri. Sürücü DC bus'ı bu genel güzergâhta bulunabilir; çizim incelenen makinenin özel iç devresini açıklamaz.

Saha B'de izlediğimiz dış yol **yük tarafı → trafo → UPS çıkışındaki ölçüm noktası**dır. Trafo enerji yönünün tek yönlü olmasını sağlayan bir engel değildir. Ölçülen ters aktif güç, besleme tarafına kadar ulaşan etkinin kayıdır. İç makine devresinin hangi anahtarı, hangi kontrol yöntemi veya hangi eksen üzerinden oluştuğunu mevcut arşivden adlandırmıyorum.

Çözüm düşünüldüğünde de enerjinin bir yere gitmesi gerekir. Uygun tasarlanmış bir sistemde enerji başka bir yük tarafından tüketilebilir, izin veren depolama yoluna aktarılabilir, kontrollü biçimde ısıya dönüştürülebilir veya çift yönlü sisteme sahip bir besleme üzerinden geri taşınabilir. Genel sürücü frenleme çözümleri, kendi DC devresindeki enerjiye yöneliktir; UPS çıkışına ulaşan AC geri etki için otomatik olarak aynı çözüm sayılmaz.

Hangi çözümün uygun olduğu, güç devresine ve olayın büyüklük/süre/tekrarına bağlıdır. "Daha büyük UPS takalım" demek de tek başına ters enerjiye uygunluk sağlamaz. Burada gerekli olan, enerji yönünü ve cihazın bu yöne cevabını birlikte düşündürmektir.

11. UPS üzerinde oluşabilecek etkiler

UPS'in çıkış inverteri normalde yüke enerji verir. Çıkıştan aktif enerji geri geldiğinde güç devresinin ve kontrolün bu enerjiyi nereye taşıyabildiği önem kazanır. Ters enerji aktarımı inverter DC bus'ındaki enerji birikimini artırabilir. Bu bölümde **DC bus**, inverterin DC besleme bölgesi anlamında kullanılmıştır.

Geri gelen etki, cihazın kabul edebildiğinden fazla olduğunda DC bus gerilimi yükselebilir ve UPS **DC bus yüksek** koruması verebilir. İnverterin durması veya uygun transfer koşullarında bypassa geçiş, cihazın topolojisine ve koruma mantığına bağlıdır. Her rejeneratif olayın bütün UPS'leri bypassa düşürdüğünü söylemiyorum. Genel UPS üreticisi açıklamaları da ters enerjiye uygun olmayan yapı ile özel geri besleme yeteneğine sahip yapıyı ayırır. **Vertiv rejeneratif yük açıklaması**

Doğrultucu/PFC bölgesini, akü yolunu ve inverter DC bus'ını bütün UPS'lerde tek bir düğüm gibi tarif etmiyorum. İç topoloji değişebilir. Akünün bulunması veya girişte PFC olması, UPS'in sınırsız ters aktif enerjiyi kabul edeceğini göstermez. Ters enerji kabulü ayrıca tasarlanmış bir yetenektir.

Buradaki Fluke kaydı AC besleme noktasına aittir. **UPS'in iç DC bus gerilimi Fluke ile ölçülmemiştir.** +27,24 kW satırıyla eşzamanlı bir iç DC bus eğrisi veya alarm günlüğü bu pakette yoktur. Dolayısıyla genel fiziksel mekanizmayı anlatırken "bu saniyede DC bus şu değere çıktı" gibi bir sayı vermiyorum.

Potansiyel zarar, yalnız alarm değildir. Güç devresinin tasarım sınırları aşılsa anahtarlama elemanları ve DC bus elemanları zorlanabilir; tekrarlayan koruma ve transferler üretimi etkileyebilir. Bu olasılıklar, mevcut sahada bu parçaların hasar gördüğünün kanıtı değildir. Saha B'de doğrulanan sonuç, rejeneratif geri akışın varlığı ve bastırma uygulamasından sonra bypass probleminin görülmemesidir.

Ağır tüketim ise ayrı bir zorlanmadır. -102,78 kW bölgesinde UPS yükü beslerken yüksek aktif güç vermektedir. +27,24 kW bölgesinde ters yönlü aktif güçle karşılaşmaktadır. Tepe akımı da üçüncü bir davranıştır. Bu üç durumu birbirinin yerine koymadan incelersek cihazın kapasitesi ile enerji yönüne uygunluğunu daha doğru tartışabiliriz.

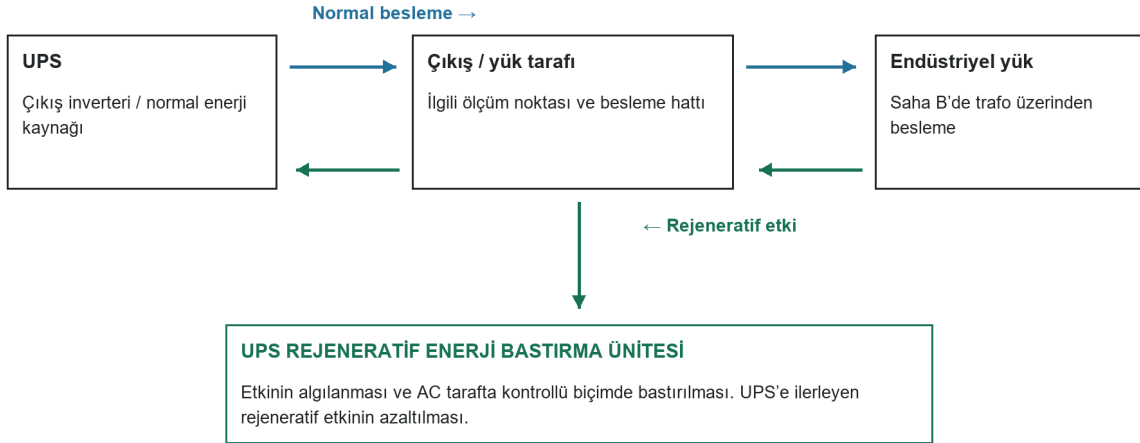
12. UPS REJENERATİF ENERJİ BASTIRMA ÜNİTESİ

UPS REJENERATİF ENERJİ BASTIRMA ÜNİTESİ, UPS çıkış/yük tarafındaki rejeneratif etkinin algılanması ve AC tarafta kontrollü biçimde bastırılması prensibiyle ele alınır. Amaç, UPS'e doğru ilerleyen rejeneratif etkiyi azaltmaktır. Burada işlevi anlatıyorum; özel kontrol yapısı ve uygulama ayrıntıları yayın konusu değildir.

UPS REJENERATİF ENERJİ BASTIRMA ÜNİTESİ

Gürer Elektronik / ticari ayrıntı içermeyen işlevsel prensip şeması. Elektrik bağlantı planı değildir.

TEMSİLİ GÖRSEL – SAHA ÖLÇÜMÜ DEĞİLDİR



Yerleşim ve çizgiler yalnız işlev ilişkisini anlatır; seri/paralel bağlantı, anahtarlama düzeni veya kontrol eşiği tarif edilmez. Saha sonucu: uygulamadan sonra ilgili UPS bypass problemi gözlenmedi; yeniden bypass şikâyeti alınmadı.

Şekil 12. TEMSİLİ GÖRSEL - SAHA ÖLÇÜMÜ DEĞİLDİR. UPS REJENERATİF ENERJİ BASTIRMA ÜNİTESİ'nin işlevsel prensibi. Çizgiler elektrik bağlantı planı, seri/paralel yerleşim veya anahtarlama düzeni tarif etmez.

Saha B'deki sistemi şahsen kurdum ve ölçtüm. UPS REJENERATİF ENERJİ BASTIRMA ÜNİTESİ devreye alındıktan sonra ilgili UPS'in bypass problemi görülmüdü. Kullanıcı da tekrar bypass şikâyeti bildirmedi. Bu, belirli bir sahadaki doğrudan uygulama sonucudur; ürünün her güçte, her makinede ve bütün bağlantılarda koşulsuz sonuç vereceği iddiası değildir. Saha A'da makine yaklaşık 12 kW nominal güçteydi ve UPS 40 kVA idi. Bastırma ünitesini kurduktan sonra bu UPS de bypassa düşmedi. 40 kVA ile 12 kW aynı büyüklük değildir; UPS'in aktif güç kapasitesi, güç faktörü ve aşırı yük özellikleri ayrıca değerlendirilmelidir. Yine de bu ikinci saha uygulaması, bypass sorununu yalnızca UPS'in nominal büyüklüğünün yüke yakın seçilmesiyle açıklamanın eksik kalacağını gösteriyor. Her iki uygulama da saha sonucudur; her makine ve UPS bağlantısı için koşulsuz performans garantisi olarak sunulmuyor.

Bir bastırma çözümünün değerlendirilmesinde yalnız kısa bir tepeye değil, güç seviyesine, etki süresine ve tekrar sıklığına bakmak gerekir. Aynı tepe güç çok kısa bir darbe olarak da, daha uzun bir geri aktarım olarak da oluşabilir. Isıl birikim ve görev çevrimi farklıdır. Uygunluk değerlendirmesinin temelinde gerçek yük kaydı bulunur.

Üretim makinesinin çalışmasını bozmak veya UPS'in korumasını devre dışı bırakmak çözüm sayılmaz. Benim sahada aradığım, sistemin kendi işi devam ederken UPS'e dönen etkinin kontrol altında tutulmasıdır. Uygulama sonrası bypass probleminin ortadan kalkmasını da bu çalışma şartları içinde değerlendiriyorum.

Bu yayında ürünün iç devresi, eşik ayarları veya kontrol ayrıntıları verilmemiştir. Fotoğraftan ya da temsili çizimden imalat tarifi çıkarılması amaçlanmaz. Açık olan bilgi, AC taraftaki işlev ve ilgili sahada gözlenen sonuçtur.

13. Ölçüm sınırları ve OL

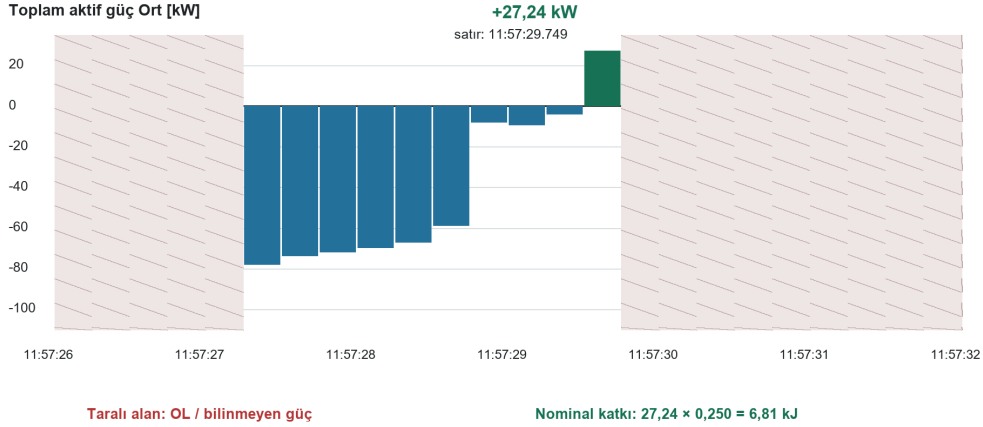
Power Log'un OL işareti, ilgili ölçümün geçerlilik veya aralık sınırına geldiğini gösteren bir uyarıdır. Böyle bir satırda görülen sayısal tavanı gerçek fiziksel maksimum diye kullanmam. Örneğin arşivde faz başına 327,670 kW ve toplam 983,010 kW biçiminde tekrar eden tavanlar vardır. Bunlar OL ile birlikte bulunduğunda makinenin gerçek gücü olarak sunulmaz. Aynı kural 6553,4 A ve %327,67 THD gibi OL tavanları için de geçerlidir.

OL, “orada sıfır güç vardı” demek değildir. “Kayıt bu aralığın fiziksel büyüklüğünü güvenilir biçimde vermiyor” demektir. Bu boşluğu komşu satırdan çizgi çekerek, sayaç farkını istediğimiz yöne bölüştürerek veya en büyük geçerli değeri tekrarlayarak doldurmuyorum.

Geri akış kaydı ve çevresindeki ölçüm boşlukları

Saha B / MEAS 159 / 28.08.2025 / nominal kayıt kutuları: 11:57:26–11:57:32. OL alanları doldurulmamıştır.

Gerçek saha verisinden yeniden çizilmiştir.



250 ms kutu düzeni kayıt zamanına dayalıdır; fiziksel geçiş anlarını veya güç alt penceresini kesinleştirmez. 6,81 kJ ≈ 1,89 Wh yaklaşık katkıdır; toplam olay enerjisi veya garanti edilmiş fiziksel minimum değildir.

Şekil 13. Gerçek saha verisinden yeniden çizilmiştir. 11:57:26–11:57:32 nominal kayıt kutuları; taraflı OL alanları bilinmeyen güç olarak bırakılmıştır. +27,24 kW'ın kullanılabilir satırı diğer aralıklardan ayrılır.

11:57:29.749 satırını nominal 250 ms kavıt adımıyla kullandıımda hesap:

$$E_{\text{yaklaşık kayıt katkısı}} = 27,24 \text{ kW} \times 0,250 \text{ s} = 6,81 \text{ kJ} \approx 1,89 \text{ Wh}$$

Bu değer **OL dışındaki kayıt kutusundan hesaplanan yaklaşık enerji katkısıdır**. Olayın toplam rejeneratif enerjisi değildir. Garanti edilmiş fiziksel minimum enerji değildir. Cihazın güç hesaplama alt penceresi ile 250 ms kayıt yerleşimi tamamen aynı kabul edilerek kesin alt sınır üretilemez. Min/Ort/Maks'ın aynı görünmesi de gücün bütün 250 ms boyunca anlık olarak sabit kaldığını ispatlamaz.

Fluke'un güç hesaplama penceresi, dalga örnekleme ve kayıt aralığı farklı kavramlardır. Logger zaman damgası kayıt aralığının sonuna ilişkindir; bu, fiziksel darbenin o anda başladığı anlamına gelmez. Güç hesaplamasının alt penceresi ile kayıt adımı ayrımı üretici kılavuzunun Power and Energy ve Logger bölümleriyle birlikte okunmalıdır. [Fluke 430-II kullanım kılavuzu](#)

Bu yüzden nominal kutu 11:57:29.499–11:57:29.749 olarak gösterilebilir; ama fiziksel geri akışın kesin başlangıç ve bitişi bu iki sınır olarak ilan edilmez. OL sonrasında kaydın geri gelmesi, bu boşlukta ne kadar enerji geçtiğini tek başına açıklamaz.

Kaynak satırlardaki (f) ve (U) durum işaretlerini korurum. “OL yok” demek, tüm ölçüm koşulları kusursuz demek değildir; güç yönü hükmü saha teyidine, nicel sınırlar ise ölçüm kaydına dayanır.

14. Teknik ekler

14.1 Saha B kritik sayısal başvuru tablosu

Tarih 28.08.2025; tüm akımlar amper, güçler kW. Bunlar gerçek Power Log mühendislik değerleridir; görsel üstüne sonradan yazılmış sayılar değildir.

Zaman	Toplam P Ort	RMS Ort L1/L2/L3	Tepe Maks L1/L2/L3	THD A Ort L1/L2/L3
10:43:17.499	-4,44	49,8 / 48,3 / 38,2	525,8 / 401,4 / 377,2	%42,66 / %62,93 / %43,18
10:45:16.999	+4,35	22,3 / 21,6 / 22,4	57,4 / 58,8 / 61,2	%61,38 / %61,56 / %55,88
10:46:08.249	+5,64	24,2 / 23,2 / 24,4	60,2 / 60,4 / 62,2	%59,36 / %61,28 / %53,69
11:13:10.999	-102,78	171,2 / 168,1 / 176,8	290,2 / 280,2 / 287,8	%28,83 / %29,01 / %27,29
11:20:46.999	-4,05	21,1 / 21,2 / 21,9	59,6 / 62,8 / 68,2	%112,32 / %102,40 / %90,10
11:57:16.999	-101,91	164,5 / 170,9 / 176,4	268,8 / 281,4 / 286,0	%29,68 / %28,31 / %27,47
11:57:29.499	-3,99	22,6 / 23,1 / 23,0	69,2 / 63,8 / 70,2	%47,10 / %47,92 / %46,33
11:57:29.749	+27,24	49,2 / 45,4 / 47,1	90,2 / 76,6 / 89,4	%49,87 / %51,60 / %47,97

Pozitif +4,35 ve +5,64 kW satırları aynı yön tanımıyla destekleyici geri akış örnekleridir. Ana üç-fazlı ekran ve doğrudan uygulama anlatımı +27,24 kW olayı üzerinde kurulmuştur; diğer iki satıra ayrı fiziksel olay süresi veya enerji miktarı atanmaz.

CF Maks'ın 10:43:17.499 satırındaki 7,17 / 5,60 / 6,69 değerleri de tam kanal CSV (proje eklerinde; bu PDF'ye dahil değildir) içindedir. Bu dosya seçilen sekiz satırın bütün 95 dışa aktarım kolonunu ve durumlarını korur; yalnız ana metne alınmış kolonlarla sınırlı değildir.

14.2 Saha A başvuru verileri

MEAS 35'in üç, MEAS 42'nin 209, MEAS 48'in iki satırının bütün dışa aktarım kolonları kısaltılmadan eklenmiştir:

- MEAS 35 tam dışa aktarım (proje eklerinde; bu PDF'ye dahil değildir)
- MEAS 42 tam dışa aktarım (proje eklerinde; bu PDF'ye dahil değildir)
- MEAS 48 tam dışa aktarım (proje eklerinde; bu PDF'ye dahil değildir)
- MEAS 42 pozitif kümeler (proje eklerinde; bu PDF'ye dahil değildir)
- Hedefli tarama kapsamı ve eksik numaralar (proje eklerinde; bu PDF'ye dahil değildir)

Bir dakikalık güç Ort değerlerini sayaçların toplama yöntemiyle uzlaştırmadan tüm kayıt süresine yayılmış kesin enerji integrali olarak kullanmıyorum. Önizleme ile sayısal dışa aktarım farklı yuvarlamalar verebilir; mühendislik hesabında kaynak satırı esastır.

14.3 Olay, ağır yük ve OL indeksleri

Tam kritik indeksler ile seçilmiş ağır yük ve OL dilimleri teknik ekler dizininde (proje eklerinde; bu PDF'ye dahil değildir) bulunur. ARSIV_ ile başlayan indeksler önceki V02'nin değiştirilmemiş kopyalarıdır; tarihsel sınıflandırmayı taşırlar. Bu yayındaki **güncel sınıflandırma** YAYIN_GUNCEL_KRITIK_OLAY_INDEKSI.csv (proje eklerinde; bu PDF'ye dahil değildir) dosyasıdır. Eski "aday" ifadesi güncel Saha B hükmünün yerine kullanılmaz.

MEAS 159'da 11:57:25.749-11:57:36.249 çevresinin bütün 95 kolonu yakın olay CSV'sinde (proje eklerinde; bu PDF'ye dahil değildir) saklanmıştır. 11:13 ağır yük çevresi ayrı CSV (proje eklerinde; bu PDF'ye dahil değildir) içindedir. Sayaçların küçük kaynak dışa aktarımı ham enerji CSV'sinde (proje eklerinde; bu PDF'ye dahil değildir) korunmuştur. OL satırları silinmemiş, fiziksel sayı olarak hesaplamaya alınmamıştır.

14.4 Topoloji ve kayıt okuma sınırları

- Fiziksel nokta: UPS çıkışı ile yıldız trafo primeri arası; sekonder delta.
- Analizör ayarı: delta / üç faz üç telli.
- Güç yönü: Saha B için negatif tüketim, pozitif geri akış; Saha A için bağımsız değerlendirme.
- Gerilim: B'deki N-G/L-N yazılım etiketleri fiziksel yıldız nötrünü doğrudan temsil etmez.

- İç DC bus: bu Fluke kaydıyla ölçülmedi.
- Nominal gerilim ayarı: arşivdeki 208 V ayarı ile yaklaşık 391 V hat gerilimi aynı büyüklük ve uygunluk sonucu gibi değerlendirilmedi.
- Zaman: ayrı kayıtların ve olayların zamanları ortaklaştırılmış sahte eşzamanlı çizime dönüştürülmedi.
- Olay 1124: 11:56:03.863; ana pozitif güç satırı 11:57:29.749 ile ayrı zaman.
- Kayıt adımı: fiziksel darbe süresi değildir.

14.5 Görsel ve kaynak izlenebilirliği

13 özgün Power Log ekranı, 5 gerçek-veri yeniden çizimi ve 3 temsili eğitim görseli ayrı klasörlerdedir. Her birinin kaynak, saha, MEAS, zaman, büyüklük, birim, mesaj, sınır ve yayın kullanım bilgisi görsel listesinde (proje eklerinde; bu PDF'ye dahil değildir) ve görsel yanındaki .md dosyasında yer alır. Özgün PNG'ler değiştirilmeden kopyalanmış, SHA-256 ile kontrol edilmiştir.

B05/B06 yazılım referansı ekranları ana rejeneratif anlatıdan çıkarılıp topoloji sınırı eki olarak tutulmuştur. Bu ekranlardan nötr arızası sonucu üretilmez. Böylece önceki çalışmaların kayıtları kaybolmaz; düzeltilmiş yorum da açık kalır.

14.6 Genel teknik kaynaklar

Bu kaynaklar ölçüm metodolojisini ve genel güç elektroniği prensiplerini doğrulamak içindir. Kendi saha kayıtlarımızın yerine geçmezler.

- Fluke 430 Series II kullanım kılavuzu, özellikle Power and Energy ile Logger bölümleri.
- Fluke güç faktörü açıklaması, sinüs dışı akımda PF ve yer değiştirme faktörü ayrımı.
- ABB güç rejenerasyonu, genel mekanik enerji/aktif güç geri aktarımı.
- ABB ACS880-907 güç dönüştürücüsü, geri aktarım sağlayan uygun topolojiye üretici örneği. Saha makinesinin devresi olduğu iddia edilmez.
- Vertiv rejeneratif yük uygulamaları, ters enerjiye uygunluk ve DC bus koruması hakkında genel üretici açıklaması.

Son söz

Bir makineyi beslemek yalnız doğru gerilimi vermek değildir. O makinenin nasıl güç istediğini ve hangi anlarda enerji geri verdiğini de anlamak gerekir. Saha A ve Saha B'de bastırma ünitesi sonrasında bypass görülmemesi, saha deneyiminin iki ayrı uygulama sonucudur. Fluke kayıtları ise güç yönünü ve ölçüm sınırlarını kendi zaman çözünürlükleri içinde gösterir.

Benim için iyi bir teknik anlatı, okuyucuya yalnız büyük bir sayı bırakmaz. Sayının ne olduğunu, hangi zamanda ölçüldüğünü ve hangi sonucu desteklediğini de verir. Hırçın yükleri anlamamanın başlangıcı budur.