

# Energi- och övertonsguiden

Allt om elkvalitet



## Effekt och mätning av effekt

Ekonomi och effektivitet spelar en allt större roll inom elindustrin. Kostnaderna för att generera, överföra och distribuera energi är höga. Därmed är det intressant att effektivt övervaka och kontrollera förbrukningen av el.



Elindustrins främsta mål är att alltid kunna tillgodose sina kunders varierande energibehov. Behovet av energi växer både i storlek och komplexitet i takt med förändringar och utbyggnader av elnätet. Detta innebär att kostnaderna ökar. Mätning och övervakning av elnätet är idag nödvändig på grund av de höga kostnaderna för avbrott och materialfel.

- Av ekonomiska skäl genererar elbolagen el med relativt hög spänning (> 1 kV).
- Hos konsumenterna omvandlas denna spänning sedan till lågspänning med hjälp av transformatorer.
- Detta görs för att få en bättre säkerhet och tillgänglighet för både komersiell och industriell användning.
- Säkerhet är den viktigaste faktorn när det gäller energidistribution. För att få ett säkert eldistributionsnät för både människor och installationer krävs kunskap, förebyggande underhåll och tillgång till mätinstrument för att övervaka och analysera elnätet.

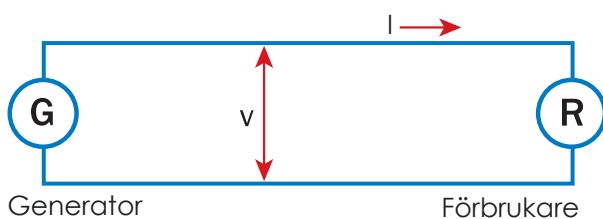
## Vad är elektrisk effekt?

Med effekt avses den mängd energi som förbrukas eller genereras per tidsenhet. Ordet effekt syftar i allmänhet på så kallad aktiv effekt, som har beteckningen **P** ("power") och SI-enheten **W** (watt). Det är dock viktigt att även känna till begreppen *skenbar effekt* och *reaktiv effekt*.

- Den aktiva effekten (**P**) är den effekt som utför arbete.
- Den *reaktiva effekten* (**Q**) har enheten **VAR** och utför inget arbete under en tidsperiod.
- Den *skenbara effekten* (**S**) är produkten av spänningens och strömmens effektivvärden och har enheten **VA** (volt-ampere).

## Aktiv effekt

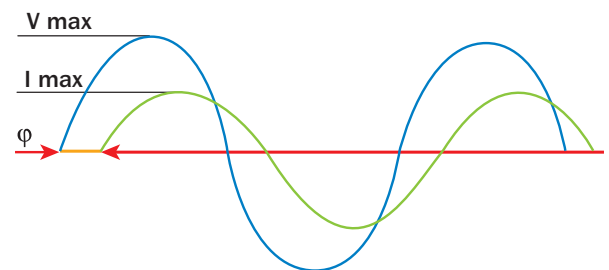
Den förbrukade effekten i lasten **R** är produkten av den genererade spänningen **V** och den alstrade strömmen **I**. Strömriktningen definieras av generatoren **G** (se figur 1).



Figur 1: Strömmens och spänningens riktning

Är lasten rent resistiv är den aktiva effekten samma som den skenbara effekten. Har vi en induktiv eller kapacitiv last får vi en fasförskjutning mellan **U** och **I** (se figur 2) och denna vinkel kallas för en fasvinkel.

**Fasförskjutningen**  $\varphi$  mellan spänningen och strömmen kan vara både positiv (strömmen ligger före) vid en kapacitiv last, eller negativ (strömmen ligger efter) vid en induktiv last. Är lasten resistiv får vi således ingen fasförskjutning (spänningen och strömmen är i fas).



Figur 2: Fasförskjutning mellan spänning och ström

Den sinusformade spänningen **V** och strömmen **I** kan betecknas på följande sätt:

$$v = \sqrt{2} \cdot U_{\max} \cdot \sin(\omega t)$$

$$I = \sqrt{2} \cdot I_{\max} \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$

Där  $\omega$  är vinkelhastigheten:

$$f(\omega = 2 \cdot \pi \cdot f). T = 1/f$$

Den momentana **faseffekten** har ett värde enligt:

$$P = \sqrt{2} \cdot U_{\max} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\max} \cdot \sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$

Med en förenkling erhålls:

$$P (1 + \sin \cdot 2 \cdot \omega t) + Q \cdot \sin \cdot 2 \cdot \omega t$$

där:

$P = U \cdot I \cdot \cos\phi$  är den aktiva effekten och

$Q = U \cdot I \cdot \sin\phi$  är den reaktiva effekten.

Detta innebär att den aktiva enfaseffekten pulserar och kan påverka enfasiga laster negativt. Med trefas tar pulseringarna ut varandra och problemet försvinner.

## Skenbar effekt, reaktiv effekt och effektfaktor

Vid en fasförskjutning  $\phi$  mellan spänningen och strömmen gäller följande:

$$\text{Reaktiv effekt: } Q = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin \phi$$

i VAR (reaktiv volt-ampere).

$$\text{Skenbar effekt: } S = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$$

i VA (volt-ampere eller kilovoltampere kVA) och är produkten av effektivvärdena  $U_{\text{eff}}$  och  $I_{\text{eff}}$

$$\text{Effektfaktor: } \cos \phi = P/S = P/(U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}})$$

Effektfaktorn är kvoten mellan den aktiva effekten som förbrukas i en krets och den skenbara effekten som levereras av strömkällan.

Om man vet  $P$  och  $Q$  kan en beräkning av den skenbara effekten och effektfaktorn utföras:

$$\text{Skenbar effekt: } S = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$$

$$\text{Effektfaktor: } PF = P/S = P/\sqrt{(P^2 + Q^2)}$$

Att känna till storheterna *aktiv effekt*, *reaktiv effekt*, *skenbar effekt* och *effektfaktor* är grundläggande för dimensionering och felsökning av elnät och installationer.

## Energiförbrukning

Den mängd elektricitet som konsumeras i elnätet över tid kallas för *energiförbrukning*.

Om energiförbrukningen är oregelbunden måste elverken ha en högre kapacitet än vad som skulle krävas om förbrukningen var konstant. Det måste finnas kapacitet för att klara av snabba ökning i energiförbrukningen.

$W$  och  $VAR$  ger en momentan bild effektförbrukningen vid en given tidpunkt. Eftersom dessa kan variera kraftigt över en period är det nödvändigt att integrera effektförbrukningen med avseende på tiden för att se energiförbrukningen. Den grundläggande storheten för att mäta energi är *watt-timmar (Wh)* eller ännu vanligare *kilowatt-timmar (kWh)*. Värdet motsvarar förbrukningen av 1000 W under en timme.

## Några vanliga nätkonfigurationer

### Enfasnät

I ett enfassystem som förser bostadsområden med el består kablarna av tre ledare (*fas*, *neutralledare* och *skyddsjord*), som matas med 230 V.

### Trefasnät med tre ledare

Denna typ av nät matas med 230/400 V och kallas ofta för *deltakopplade nät*. Spänningen mellan faserna är lika med huvudströmmen och fasförskjutningen mellan faserna är 120 grader.

### Trefasnät med fyra ledare

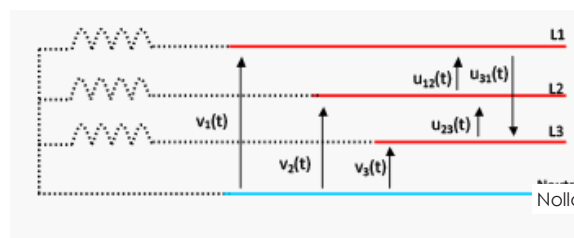
Denna typ av nät har en neutralledare och matas med 230/400 V och kallas ofta för *Y-kopplade nät*. De tre strömförande ledarna har en inbördes fasförskjutning på 120°. I bostäder, kontor och andra mindre anläggningar ansluts de flesta utrustningar mellan fasledaren och neutralledaren.

I Sverige är de flesta installationer i huvudsak trefasinstallationer med växelström.

Typisk spänning:

Huvudspänning = 400 V

Fasspänning = 230 V



Figur 3: 3-fas distributionssystem.

I teorin gäller följande för ett trefassystem:

- de tre spänningarnas amplituder är lika stora,
- fasvinkeln är 120 grader mellan varje fas,
- spänningen är en perfekt sinusvåg.

I praktiken brukar detta inte vara fallet. För att se hur stort felet är samt kvantifiera det måste **obalans** och **THD (total övertonshalt)** mätas.

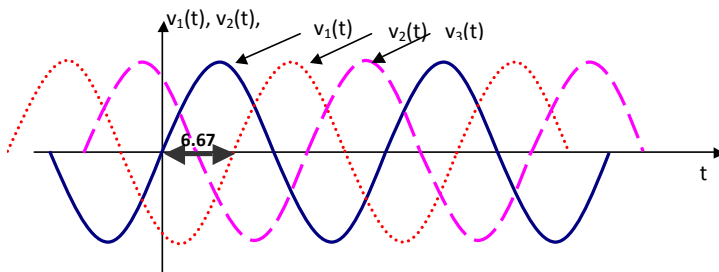
Spänningarna  $v_1(t)$ ,  $v_2(t)$  och  $v_3(t)$  mellan faserna och neutralledaren kallas för fasspänningar. Förhållandet mellan spänningarna mellan faserna, d.v.s. huvudspänningarna, och fasspänningarna är följande:

$$u_{12}(t) = v_1(t) - v_2(t) = V\sqrt{2}\sqrt{3} \sin(\omega.t + \frac{\pi}{6})$$

$$u_{23}(t) = v_2(t) - v_3(t) = V\sqrt{2}\sqrt{3} \sin(\omega.t - \frac{\pi}{2})$$

$$u_{31}(t) = v_3(t) - v_1(t) = V\sqrt{2}\sqrt{3} \sin(\omega.t + \frac{5\pi}{6})$$

Huvudspänningarnas amplituder (och RMS-värden) är  $\sqrt{3}$  större än fasspänningarna. Summan av de tre komponenterna i ett trefassystem är 0.



Figur 4: 3-fasspänning

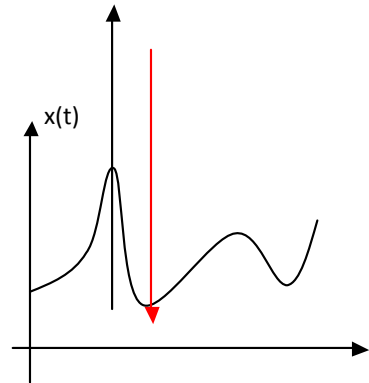
Ett trefassystem består av tre sinussignaler som följer varandra med en förskjutning på **6,67 ms** (20 ms/3) (fig. 4).

### Trefasnät med fem ledare (TN-C-S-koppling)

I Sverige matas hushållen enligt TN-C-S-koppling. Detta innebär att det går en kombinerad skyddsjord- och neutralledare fram till gruppcentralen. I gruppcentralen (distributionspunkten) delas ledaren upp i en separat skyddsjord och neutralledare.

### Tidsbaserad visning av signaler

De elektriska signalerna visas som ett oscilloskopsfönster. Signalen varierar beroende på den analoga elektriska storheten (spänning eller ström) som en funktion av tiden. Dessa signaler varierar kontinuerligt över tiden.



Figur 5: spännings- eller strömsignal

En spännings- eller strömsignal (fig. 5) som visas som en funktion av tiden kan uttryckas med denna matematiska relation:

$$t \rightarrow x(t)$$

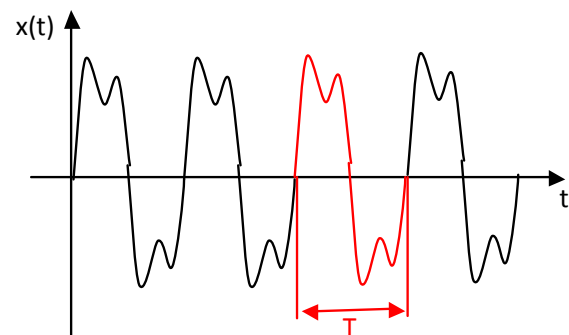
där  $x(t)$  visar signalens värde varje gång den passerar tiden  $t$ . Detta kallas vanligtvis för ett **kontinuerligt värde**.

### Periodisk signal

En signal  $x(t)$  är **periodisk** (fig. 6) när följande relation är sann:

$$x(t+T) = x(t)$$

Tidsintervallet mellan de två momenten med exakt samma karakteristik kallas för **period (T)**.



Figur 6: periodisk signal

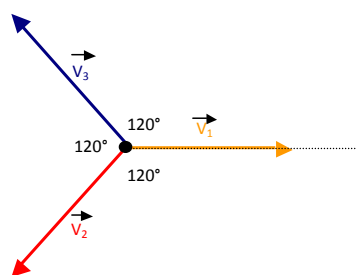
## FFT (Fast Fourier Transform)

När en periodisk signal inte är rent sinusformad, vilket ofta är fallet i verkligheten, kan en FFT-analys utföras. Matematiskt delas signalen upp i flera olika sinussignaler med olika frekvenser och den komplexa signalen kan studeras utifrån amplituderna vid olika frekvenser. Frekvenserna är oftast multiplar av grundtonen (50 Hz i Sverige).

Detta underlättar beräkningarna och analysen av signalen.

## Vektorial visning av signaler

Med Fresneldiagram (fasdiagram) visas sinus- eller cosinussignalens amplitud och fasvinkel på ett lättöverskådligt sätt (figur 7).



Figur 7: Ett trefassystems vektordiagram

Vektoreernas längd motsvarar fasernas amplitud och vinkeln mellan dem är fasvinkeln. Den vektoriella visningen av ström- och spänningsförhållandet kan även uttryckas i form av komplexa tal.

### Vektordiagram

Fasföljdsvisning kan endast göras på sinussignaler. Sinussignalen  $x(t)$  uttrycks med följande formel:

$$x(t) = X \sin(\omega t + \varphi)$$

där:

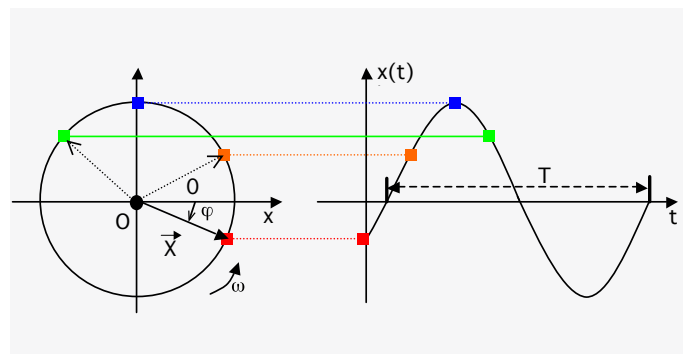
$X$  är sinussignalens amplitud

$\omega$  är sinussignalens vinkelhastighet

$\varphi$  är sinussignalens fasförskjutning

Diagrammet visar förhållandet mellan en amplitudvektor  $X$  som roterar med vinkelhastigheten  $\omega$  runt origo och motsvarande signal på en tidsaxel (figur 8).

$\varphi$  är grundfasen ( $t = 0$ ).



Figur 8: förhållandet mellan vektorn  $\vec{X}$  och signalen  $x(t)$

Vinkeln  $\varphi$  i vektordiagrammet ger vektorns riktning varur signalens amplitud i ett givet ögonblick kan erhållas.

## TRMS och RMS

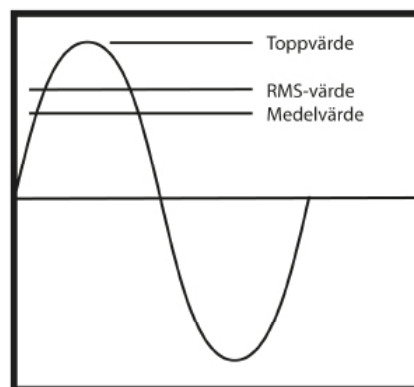
Termen **RMS** (root-mean-square) och effektivvärde används när man talar om växelström (AC). En ströms eller spännings RMS-värde (effektivvärde) är lika stor som den likström som skulle orsaka samma genomsnittliga effektförbrukning i en last.

Termen RMS (AC) behövs för att kunna beskriva värdet på en växelström som ändrar amplitud och polaritet med regelbundna intervall. RMS-mätningar ger en noggrannare bild av ström- och spänningsvärden, vilket är mycket viktigt när signalerna är förvrängda.

Tidigare var de flesta lasterna i elnätet linjära. För en linjär belastning är strömmen proportionerlig mot spänningen medan motsatsen gäller för en olinjär last. I takt med att marknaden för datorer och olika motorer växer, har mängden olinjära laster i elnätet ökat avsevärt.

### Medelvärdesvisande samt RMS-instrument

Mätning av en icke-sinusformad spänning och ström kräver ett "sant" RMS (TRMS)-instrument. Vanliga instrument beräknar medelvärdet av kurvans amplitud (fig. 9).



Figur 9: En halvcykels topp-, RMS- och medelvärde

Många instrument på marknaden beräknar medelvärde och toppvärde genom att multiplicera mätvärdet med 1,11 respektive 0,707. Denna typ av instrument visar endast en sann bild av kurvan om den är helt sinusformad (inga störningar får finnas). När störningar inträffar ändras förhållandet mellan avläst RMS-värde och TRMS-värde avsevärt. I vissa fall kan instrumentet visa värden på mellan 25 % och 45 % under det riktiga värdet. Endast instrument som mäter TRMS-värden ger en korrekt bild av den icke-sinusformade kurvan.

RMS(TRMS)-instrument samplar signalen vid många olika tidpunkter med en hög samplingshastighet och ger en noggrann samt tillförlitlig bild även vid störda signaler. Inbyggda mikroprocessorer samplar och modulerar varje sampel. Värdet adderas till föregående sampel i kvadrat och därefter beräknas kvadratroten ur summan. Resultatet blir ett TRMS-värde, oavsett mängden störningar på signalen.

## Toppfaktor

Toppfaktorn (crestfaktorn) är förhållandet mellan signalens toppvärde och RMS-värdet.

**Toppfaktorn (CF) = Toppvärde / RMS-värdet**

Ett instruments *toppfaktor* indikerar den nivå av signalförvrängning som instrumentet kan hantera utan att mätfel uppstår. För en ren sinusvåg är toppfaktorn 1,414. Ju högre värde på toppfaktorn instrumentet kan mäta, desto bättre klarar det av att mäta komplexa signaler. När övertoner förekommer kan toppfaktorn vara mindre än (CF för en fyrkantsvåg är 1) eller större än 1,414.

## Symmetriska och icke-symmetriska system

Ett växelströmssystem med fler än två ledare är symmetriskt belastat om det i varje ledare går lika mycket ström. Många system idag är icke-symmetriska eftersom någon fas drar mer eller mindre ström än de övriga. Detta inträffar ofta vid utbyggnader av elnätet utan hänsyn till jämn belastning mellan faser eller om många olinjära laster ansluts till samma system.

## Störningar på elnätet

### Flicker

*Flicker* (definieras enligt IEC/EN-standard) eller *flimmer* är variationer i ljusstyrkan orsakade av små spänningsvariationer.

De första som uppmärksammade flicker var hälso- och sjukvårdsorganisationer. Blinkande ljus, alltså flicker, ger upphov till både fysiska och psykologiska problem hos människor. Ju närmare en ljuskälla är till en last som genererar störningar, desto mer intensivt blinkar den.

I enlighet med gällande standard är nivån på flicker uttryckt med 2 storheter:

- **PST** (korttidsflicker):

Värdet av PST, vilken används för att se nivån på flicker, baseras på en statisk beräkning av spänningen. Denna mäts över en 10 minutersperiod.

- **PLT** (långtidsflicker):

PLT är en multipel av PST och mäts över en 2 h period.

### Vad orsakar flicker och hur undviker man detta?

Flicker orsakas av laster och ger en permanent variation på elnätet. I vissa fall har det visat sig att vissa spänningsövertoner kan orsaka flicker. Dessa variationer kan enkelt ses eftersom de finns i området 0,5 Hz till 25 Hz.

Några konkreta exempel på vad som kan orsaka flicker:

- Kontorsutrustning
- LED-lampor
- Vindturbiner
- Svetsutrustning och ljusbågsugnar
- Start och stopp av motorer samt motorer med variabel hastighet

Det går att undvika, eller åtminstone minska flickret, genom att:

- minska den reaktiva effekten med statisk VAR-kompensation
- installera kondensatorbatterier
- minska startströmmar
- minska antalet start och stopp

### Transientier

Transientier kan delas in i *oscillerande* transientier och *impulstransientier*:

De oscillerande transienterna har snabb stigtid och de minskar exponentiellt. Dessa transientier har lägre energiinnehåll (jämfört med impulstransienterna), låg till hög frekvens och kan vara i flera ms.

Impulstransienterna har snabb stig- och falltid. Energiinnehållet är högt och frekvensen är hög. Dessa kan vara från µs till flera ms.

### Orsaker & skyddsåtgärder

Transientier kan uppstå till följd av blixtnedslag eller på grund av elutrustning som startas/stoppas. Transientier kan förstöra elektrisk utrustning. Det går att skydda sig mot transientier bl.a. på följande sätt:

- ordentlig jordning
- transientdämpning i serie
- parallellkopplade olinjära skydd

## Över- och underspänning

Över- och underspänningar omfattar spänningar som varierar hela tiden och består av 90 - 110 % av referensspänningen. Detta motsvarar 207-252 V och sker i 10 minutersintervaller.

Dessa variationer i spänningen kan bero på:

- felinställda lindningskopplare
- feldimensionerad faskompensering
- trasiga anslutningar eller ledningar
- obalanserade faser

## Spänningsfall och dippar

Spänningsfall och dippar är plötsliga ändringar i aktiv och reaktiv effektförbrukning. Dessa omfattar fall med över 10 % jämfört med märkspänningen. Dipparna varar i 10  $\mu$ s - 90 s och kan bland annat orsaka driftstopp.

Många upplever att spänningsfall och dippar är de allvarligaste störningar som kan förekomma, då dessa i värsta fall kan orsaka kostsamma stopp i produktionsindustrin.

## Orsaker och åtgärder

Spänningsfall och dippar orsakas oftast av t.ex. åsknedslag, plötsliga ändringar av lasten, datorer och elektrisk utrustning (maskiner, svetsutrustning, felaktiga kablar, jordfel).

För att kunna förebygga fel orsakade av spänningsfall och dippar kan följande åtgärder göras:

- Kompensering
- Förstärkning av nätet
- Förbättring av jordningen
- Förbättring av strömbegränsningen

## Övertoner

Tidigare var elkvalitet ett mått på elbolagens förmåga att leverera el till sina kunder utan avbrott. Numera omsluter även begreppet alla avvikelser från rena sinusvågor, dvs. transienter och kontinuerliga störningar.

Övertoner är ett exempel på kontinuerliga störningar med oönskade resultat. Övertoner kan finnas på strömmar och/eller spänningar. Uppskattningsvis drivs 60 % av alla elektriska apparater med olinjär ström (fig. 10).

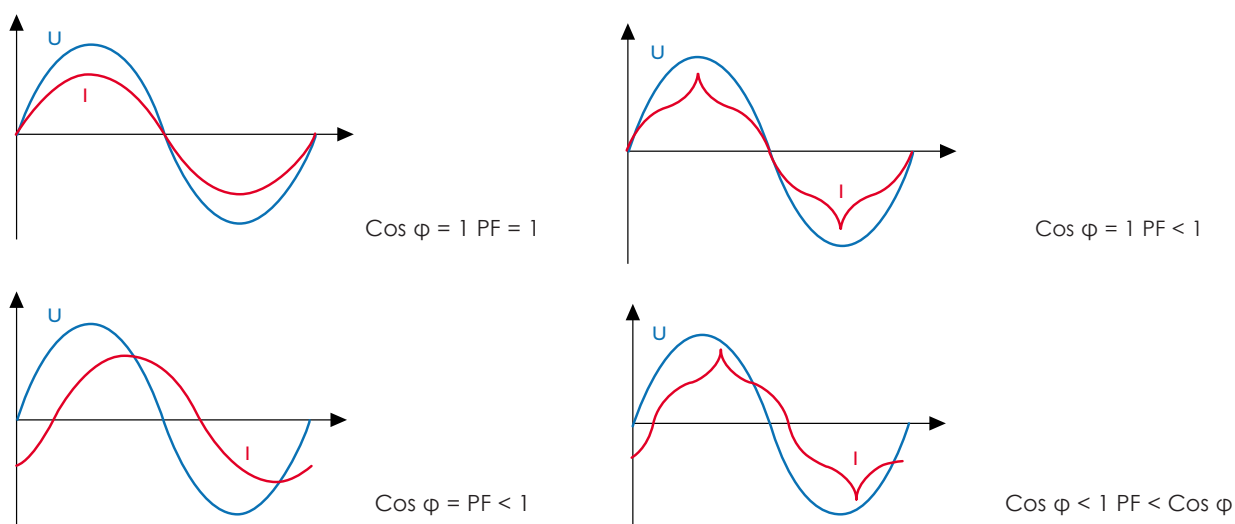
Elbolagen investerar stora summor pengar varje år för att försäkra sig om att den spänning som levereras är så sinusformad som möjligt. Om användaren ansluter resistiv belastning (t.ex. glödlampor) till systemet kommer även den resulterande strömmen att vara sinusformad. Om belastningen är olinjär, vilket är det vanligaste fallet, kommer strömmen att styckas upp och förvrängas. Den totala strömmen är summan av grundtonen och alla övertoner.

Övertoner på grundsignalen orsakar bl.a.:

- fel i kondensatorer
- elektrisk resonans
- överhettning av elmotorer
- att jordfelsbrytare löser ut
- störningar på elektrisk utrustning
- att effektfaktorn (PF) minskas

Övertoner kan orsaka problem som är lätta att upptäcka men svåra att diagnostisera.

Det har blivit allt viktigare att förstå orsakerna till övertoner och att kunna upptäcka och övervaka närvaron av skadliga övertoner. Inom ett elsystem varierar övertonerna mycket mellan olika delar. Övertoner kan samverka med systemet genom direkta systemanslutningar eller genom kapacitiv eller induktiv koppling.



Figur 10: Linjär och olinjär ström



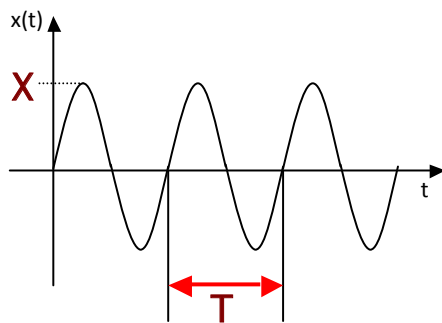
Med den ökande användningen av elektronik har andelen utrustning som ger upphov till strömövertoner ökat avsevärt. Problem med övertoner växer med den ökade användningen av dioder i elektronisk utrustning. Denna typ av utrustning förbrukar en kort strömpuls endast vid toppvärdena i sinuskurvan. På så sätt laddas kondensatorn med spänningens toppvärde. Utrustningen matas med likström från kondensatorn och på så sätt blir strömkurvan störd. Resultatet av detta blir att högfrekventa övertoner uppstår på grundtonen 50 Hz. Dessa övertoner är multiplar av grundtonen och störningsnivån har ett direkt samband med frekvensen och amplituden på övertonen.

Med hjälp av FFT-analys kan en signal delas upp i dess frekvenskomponenter och spektrat visar då amplituderna vid de olika frekvenserna.

I fallet med en ren sinussignal (fig. 11) uttrycks den med följande formel:

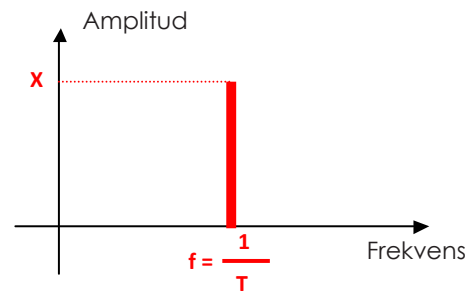
$$x(t) = X \sin \omega t$$

Detta är en sinussignal med amplituden  $X$  och vinkelfrekvensen  $\omega$ .



Figur 11 : Sinussignal

Med denna information, vilken är grundläggande för elnätsanalys, kan signalen  $x(t)$  fouriertransformeras och visas i en graf med amplituden på y-axeln och frekvensen på x-axeln. Signalen benämns då  $X(f)$  istället för  $x(t)$  (figur 12). Då det är en ren sinussignal har vi endast en stapel, vilken representerar amplituden vid frekvensen  $f$ .



Figur 12: Signalens spektra

## Övertonsordning

Övertoner är en komponent vars frekvens ( $f_n$ ) är en heltalsmultipel av grundtonen ( $f_1 = 50$  Hz) och tilldelas en ordning.

Med en grundfrekvens på 50 Hz har den andra övertonen frekvensen  $50 \times 2$  Hz, dvs. 100 Hz. Den tredje övertonen har frekvensen 150 Hz, o.s.v. enligt formeln nedan:

$$f_n = n \times f_1$$

Dessa övertoner orsakar en distorsion (förvrängning) av sinussignalen (figur 13). Den tredje övertonen är den vanligaste och orsakas ofta av enfasiga diodlikriktare med kapacitiv filtrering. Balanserade trefaslaster som är symmetriska men olinjära, utan anslutning till neutralledaren, genererar inte någon tredje eller någon trippelöverton i ledaren.

RMS-värdet på nollströmmen kan vara större än värdet på fasströmmen. Därför måste nolledaren väljas med dubbelt så stor area som den på fasledaren.

Andra exempel på lösningar på detta problem är installation av reaktanser eller övertonsfilter.

## Total övertonshalt och distorsionsfaktor

Förhållandet mellan strömmens övertoner och grundtonen kallas för total övertonshalt eller **THD** (Total Harmonic Distortion). THD-värdet mäts i procent av grundtonen. Ett THD-värde över 10 % är inte bra.

THD-värdet beräknas som roten ur summan av alla övertonsfrekvenser delat med grundfrekvensen (50 Hz). Beräkningen ger störningsvärdet i procent av grundtonen. Formeln för beräkning av THD:

Formel för beräkning av THD:

$$THD-U(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^n U_n^2}}{U_1} \times 100 \quad THD-I(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^n I_n^2}}{I_1} \times 100$$

En annan användbar parameter är **distorsionsfaktorn** eller **DF %**. Matematiskt är DF % kvoten mellan summan av övertonernas RMS-värde och RMS-värdet hos den sammansatta signalen, uttryckt i procent. Distorsionsfaktorns värde kan aldrig överstiga 100 %. Termen är mycket användbar och finns även med i den internationella standarden IEC-555.

## Att upptäcka och mäta övertoner

Övertonsanalys innebär att mätningar utförs för att identifiera frekvenser och omfattningen av övertonsströmmarna som genereras av elektronisk utrustning. De flesta problemen med icke-linjära övertoner kan avläsas direkt på mätinstrumentet (t.ex. CA8336, F607). En hög ström i neutralledaren kan upptäckas med hjälp av en TRMS-multimeter:

Mät strömmens RMS-värde för varje fas och neutralledaren. Jämför det uppmätta värdet på neutralledaren med förväntat ström värde om faserna är obalanserade. Om fasströmmarna är lika kommer vektorsumman av neutralströmmen att bli noll. Om det finns stora mängder av övertoner av ordningen 3, 9, 15, etc. i neutralledaren, kan neutralströmmen vara högre än fasströmmen.

Det kan även vara användbart att mäta spänningens THD-värde. Olika standarder specificerar både maximal övertonshalt och rekommenderade korrektionsnivåer.

Vid en övertonshalt på 5 % börjar övertonerna få en betydande effekt på eldistributionsnätet.

## Påverkan på systemet

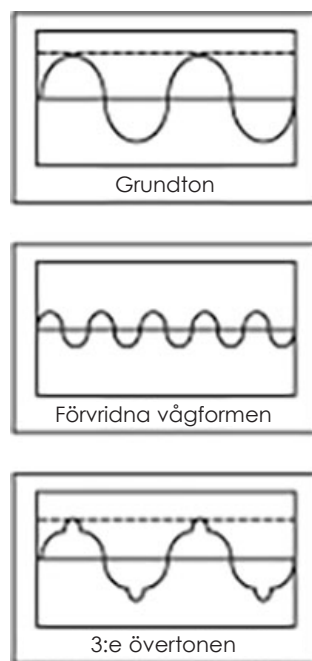
I balanserade trefassystem utan övertoner har de tre faserna en inbördes fasförskjutning på 120°. De tar således ut varandra och mycket lite ström kan gå i neutralledaren. När det uppstår störningar på någon av faserna ökar övertonsströmmarna och faserna kommer inte att ta ut varandra i samma utsträckning. Resultatet blir att strömmen i neutralledaren ökar avsevärt.

Neutralledarströmmen kan vara 1,73 x fasströmmen, vilket gör att om ledaren inte dimensioneras på rätt sätt kan den överhettas. Om neutralströmmen är högre än normalt medför detta ett spänningsfall mellan neutralledaren och jord som är högre än normalt. Värden på över fyra volt indikerar en hög neutralledarsström.

Felaktigt utlösta strömbrytare är ytterligare ett problem som uppstår med högre övertonsfrekvenser. Toppvärdeskännande strömbrytare löses ofta ut även då maximalt ström värde inte har uppnåtts. Toppvärdet för strömövertoner kan vara många gånger högre än sinuskurvas toppvärde.

Strömövertoner har en negativ effekt på elsystemet. En ström med olika frekvenser påverkar en belastningsimpedans och enligt Ohms lag orsakas därmed även spänningsövertoner.

De mest oönskade övertonsfrekvenserna är de som är udda multiplar (tre, fem och sju) av grundfrekvensen. Den tredje övertonen (150 Hz) är den överton som kan bidra till mest störningar (fig. 13).



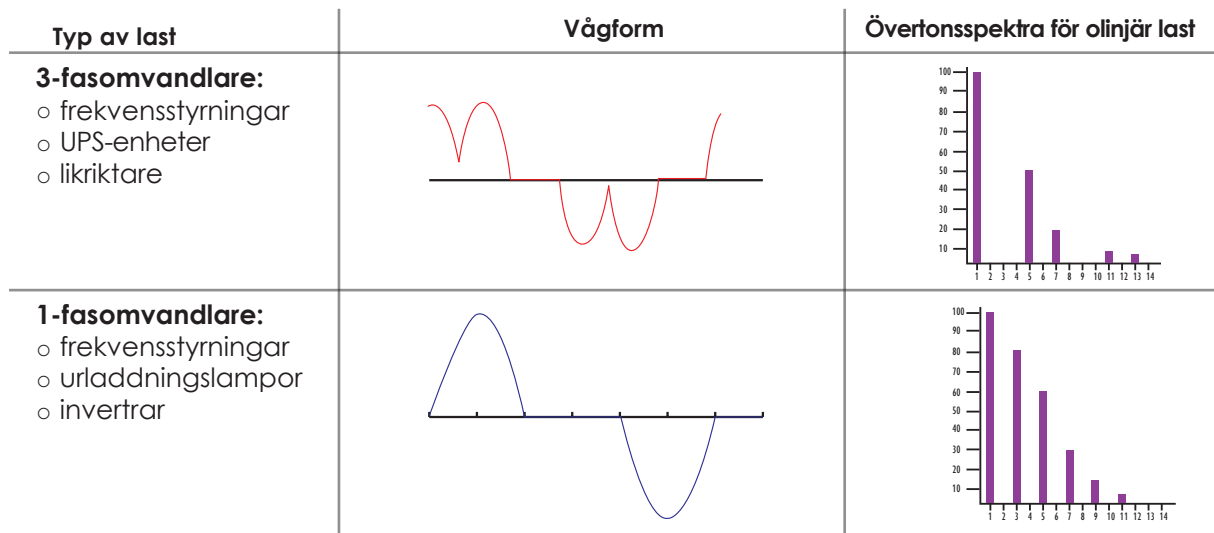
Figur 13: Grundton + 3:e övertonen

Eftersom övertonsfrekvenser alltid är högre än grundfrekvensen 50 Hz blir även *ytverkan* en faktor. Ytverkan är ett fenomen där den högre frekvensen medför att elektroner kommer att börja förflyttas i riktning mot ledarens hölje. Detta minskar kraftigt ledarens diameter och därför minskas kabelns kapacitet. Ytverkan ökar med frekvensen och amplituden. Som ett resultat av detta orsakar högre övertonsfrekvenser en högre grad av överhettning i ledare.

En högt belastad transformator påverkas av att en av kretsarna matas en icke-linjär belastning. Spänningsövertoner som skapas kan sedan överföras till alla övriga kretsar som matas med samma transformator. Spänningsövertoner kan skapa problem i ett system.

Där det finns många icke-linjära belastningar finns det även övertoner i eldistributionsnätet. Övertonsskapande utrustning finns i flera olika miljöer, från kontor till fabriksbyggnader:

**Kontorsutrustning** med en fas matas ofta med icke-linjär ström. Den största källan till uppkomsten av övertoner i kontorsmiljöer är *datorutrustning*, som drivs av AC/DC-omvandlare. Även *fluorescerande ljus* med elektrisk belastning och många andra typer av *kontorsutrustning* är bidragande källor.



Figur 14: De vanligaste övertonerna i ett elektrisk nätverk med olinjära laster.

Även om THD-nivåerna är högre i industriella miljöer än i kontorsmiljöer är känsligheten för ändringar i elkvaliteten hos kontorsutrustning extremt hög.

I **fabriksmiljöer** är elektriska effektomvandlare såsom *tyristorstyrningar* den största källan till uppkomsten av övertoner. Det är inte ovanligt att ha THD-nivåer på upp emot 25 % i vissa industrimiljöer. Övertoner kan skapa en mängd problem. Några exempel är *överbeklastning i kablar, transformatorer och motorer*.

*Motorer* anses ofta vara linjära belastningar men om spänningskällan innehåller en stor mängd övertoner kommer motorn att dra en ström med övertoner. Resultatet blir att motorns drifttemperatur ökar och dess livslängd minskar.

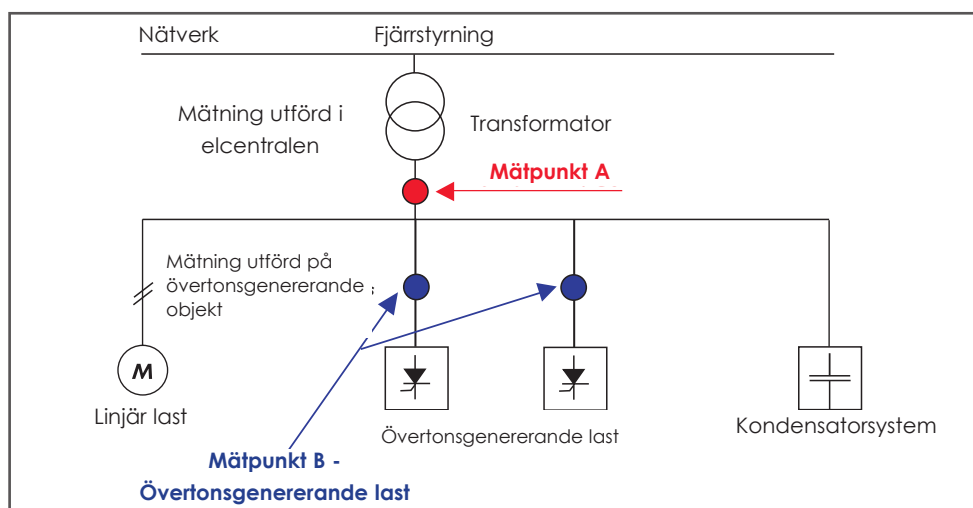
Olika övertoner kan orsaka rotationsfält i motorn. Beroende på frekvensen kommer motorn att rotera i motsatt riktning (negativt vridmoment). Det är framförallt den *femte* övertonen som har denna påverkan på motorn.

Brus kan finnas i kommunikationsutrustning och telefonsystem när övertoner på ljud- eller radiofrekvenser kopplas (induktivt eller kapacitivt) till kommunikations- eller datanät.

## Transformatorer och K-faktorn

De flesta transformatorer baserar sin drift på ostörda 50 Hz signaler. När signalerna innehåller mycket övertoner kan det leda till försämrad drift eller haveri.

K-faktorn mäts för att kontrollera att transformatorer som matar belastningar med mycket övertoner inte överhettas. Ett högt värde på K-faktorn innebär att transformatorn har en god förmåga att hantera övertoner.



Figur 15: Mätning av ström-övertoner definierar karaktärstiken hos belastningen som ger upphov till övertonerna (Punkt B). Mätning av ström således görs så nära belastningen (t.ex. svetsaggregat, likriktare, urladdnings-lampor, invertrar) som möjligt. Spänningsövertoner definierar hur systemet reagerar på övertonerna och mäts vanligen i elskåpen/centralen (Punkt A).

## Att begränsa effekterna av övertoner

Det finns flera olika standarder och krav på övertonshalten (för respektive standard för det elektriska nätverket, övertonsregler för utrustning som genererar övertoner samt rekommendationer och krav från elproducerande företag.)

Exempelvis finns *standarden EN 50160* och olika nationella standarder för elkvalitet. För standarden EN 50160 specificeras de maximala övertonshalterna. I den står att THD-U inte får överstiga 8 %.

**Filtrering** är numera den vanligaste metoden för att begränsa effekterna av övertoner. Filter består vanligtvis av anpassade LC-kretsar vars impedans kan försummas i förhållande till resten av systemet. Filtret dimensioneras med avseende på både RMS-strömmen och övertonsströmmen.

Beroende på övertonsmängden och -ordningen används *aktiva*, *passiva* eller *hybridfilter*. Filtrets uppgift är att filtrera bort störande övertoner (fig. 16).

### Aktiva filter

Detta är ett elektroniskt effektsystem utvecklat för att kompensera både spännings- och ström-övertoner som genereras av laster. Denna filtertyp sänder ut en signal med samma frekvens som övertonen fast med omvänd polaritet. Detta gör att strömmen förblir sinusformad.

### Passiva filter

Detta är en LC-krets inställd på den övertonsfrekvens som ska filtreras. Detta filter monteras på en bypasskrets och den absorberar övertonen samt förhindrar övertonen från att fortsätta ut på installationen. För en stor reduktion av THD-I ( $S_n < 200$  kVA) på flera övertoner måste fler filter användas.

### Hybridfilter

Detta innebär en kombination av de båda teknikerna beskrivna ovan, för ett brett effektområde.

För att välja den bästa platsen för filtret, tänk på dessa punkter:

- Vilka typer av störningar finns på installationen?
- Vilken konfiguration?

Det finns tre punkter i en installation där filter kan anslutas för att minska störningar:

- **På lågspänningsvidan vid inkopplingspunkten.** Där störningar har eliminerats eller dämpats direkt på lasten eller på en undercentral. De återstående störningarna kan tas bort eller helt minskas genom att ansluta filterutrustning på huvudcentralen. På detta sätt kan det säkerställas att den spänningen är tillräckligt bra för energiproducenten.
- **På den andra undertavlan.** När det finns flera laster anslutna till ett sekundärt nätverk: Eliminering av störningar förhindrar urladdning på linjerna anslutna till huvudcentralen.
- **På ingångarna för den last som orsakar övertoner.** Den bästa lösningen för att eliminera störningar direkt vid den punkt där de genereras.

## Kompensering

Ett annat effektivt sätt att öka effektfaktorn är användandet av **kondensatorbatterier** (fig. 17). Syftet med dessa är att minska den reaktiva effekten i nätet som olika laster ger upphov till. Om lasten är **induktiv** kompenseras denna med en **kapacitiv last**. Och om lasten är **kapacitiv** kompenseras denna med en **induktiv last**.

Att kompensera reaktiv effekt betyder installation av en kapacitans (ett kondensatorbatteri) som en källa för reaktiv effekt  $Q_c$ .

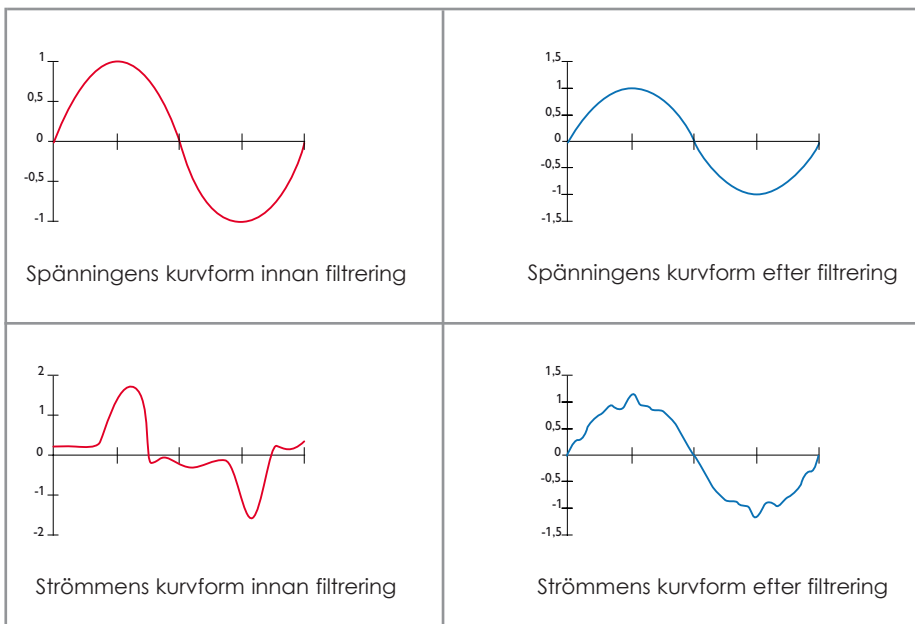
Detta ger en mängd fördelar:

- **rätt dimensionerat** nätverk då mindre effekt går åt
- **ökad aktiv effekt** på sekundärsidan på transformatorn
- **minskat spänningsfall** samt mindre linjeförluster
- **sparar pengar** genom att den reaktiva effekten i anläggningen minskar

Faskompenseringen installeras så nära lasten som möjligt för att höja effektfaktorn ( $\cos \varphi$ ).

**Reaktiv effektkompensering** gör att en låg effektfaktor kan ökas till så nära 1 som möjligt.

De flesta industriella belastningarna är *induktiva*, vilket innebär att strömmen förskjuts med några grader i förhållande till spänningen. För att få upp effektfaktorn så nära 1 som möjligt kan man ansluta en kondensator parallellt med belastningen. Eftersom kondensatorn inte förbrukar någon effekt kommer belastningseffekten att vara densamma.



Figur 16: Effekten av den aktiva kompenseringen visas tydligt med dessa kurvformer: minskat RMS-värde, minskad toppfaktor efter korrigering samt bättre effektfaktor. Dessa grafer visar att aktiv korrigering även dämpar THD-I betydligt.

### 3 steg för att hitta rätt korrigeringstyp

#### ① Beräkning av effekt "Qc"

Den reaktiva effekten **Q<sub>c</sub>**, som är nödvändig för korrigering, beräknas genom den uppmätta aktiva effekten **P** och **tan φ**-värdet. Mätningarna görs nedåt på transformatorn.

Formeln här nedan indikerar att faktorn **K** multipliceras med den aktiva effekten **P** på installationen för att beräkna den reaktiva effekten **Q<sub>c</sub>** på kapacitanserna som ska installeras. Sen visas även förhållandet mellan **tan φ** och **cos φ**:

$$Q_c = P \times (\tan \varphi_{\text{uppmätt}} - \tan \varphi_{\text{önskad}}) = P \times K$$

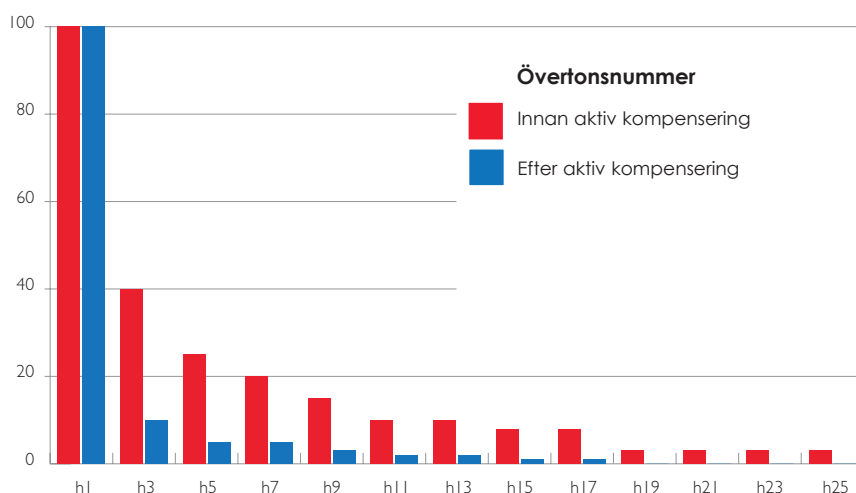
Exempel (fig. 18):

**Före** en installation med:

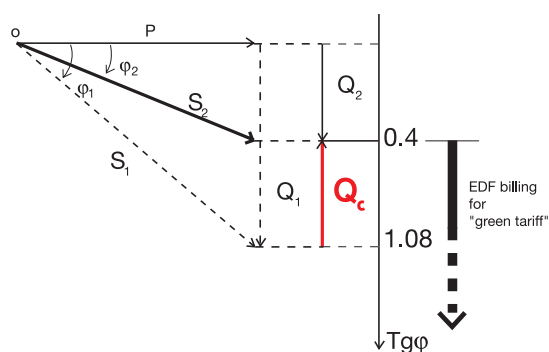
- 630 kVA transformator
- 500 kW aktiv effekt
- effektfaktorn 0,75

**Efter** en installation av en 275 kVAr kapacitans fås:

- 21 % minskning av den skenbara effekten
- 16 % ökning i förhållande till märkeffekten på transformatorn
- 38 % minskning av energiförlusterna
- 2,6 % minskat spänningsfall



Figur 17: Övertonsspektrat visar en typisk före- och efterinstallation av ett aktivt övertonsfilter. Detta förbättrade spektra ger även bättre kurvformer för både spänning och ström.



Figur 18: Effekten före och efter kompensering

Där:

**P** = Aktiv effekt

**Q<sub>1</sub>** = Reaktiv effekt utan kompensering

**S<sub>1</sub>** = Skenbar effekt innan kompensering

**φ<sub>1</sub>** = Fasvridning utan kompensering

**Q<sub>2</sub>** = Reaktiv effekt med kompensering

**S<sub>2</sub>** = Skenbar effekt efter kompensering

**φ<sub>2</sub>** = Fasvridning med kompensering

Enligt formeln:

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = P (Tg\phi_1 - Tg\phi_2)$$

$$= P \times K$$

## ② Fast eller automatisk korrigering

Vid låga spänningar kan båda systemen användas för reaktiv effektkorrigering:

- **fast korrigering** innebär installation av kapacitanser med fasta värden, vilket ger en konstant reaktiv effekt.

Används när:

- den reaktiva effekten som ska kompenseras är konstant, oberoende av installationens reaktiva effektförbrukning.
- storleken på den reaktiva effekten som ska kompenseras är liten.
- det finns stora belastningar i installationen, vilka behöver kompenseras individuellt för att minska den reaktiva effekten som behöver levereras till installationen.

Denna typ av korrigering används generellt på asynkrona motorer och transformatorer.

- **automatisk korrigering**, vilken sköts av en kontrollutrustning. Kontrollutrustningen korrigerar med hjälp av effektfaktorn kapacitansen så att rätt reaktiv effekt för installationens behov ges.

Används när:

- den reaktiva effekten ska användas i installationens reaktiva effektkonsumtion

Kapacitansen delas in i flera effektsteg som kontrolleras av ett variabelt kondensatorbatteri. Utrustningen måste ha en steginkoppling med en responstid som matchar variationerna på effekten i installationen.

Om effekten varierar i cykler kortare än 1 s (hissar, svetsaggregat mm.) måste installationen utrustas med kontaktorer som kopplar in de olika kondensatorbatterierna. Med dessa typer av kontaktorer fås en effektiv minskning av transienter och startströmsförlopp.

Om cykeln av effektvariationer på installationen är längre än 1s, utrustas kondensatorbatterierna vanligen med effektkontaktorer.

**Q<sub>c</sub>**: reaktiv effektkorrigering på utrustningen i kVAr

**S<sub>n</sub>**: skenbar effekt på installationens transformator i kVA

**Q<sub>c</sub> / S<sub>n</sub> < 15 % > fast korrigering**

**Q<sub>c</sub> / S<sub>n</sub> ≥ 15 % > automatisk korrigering**

## ③ Typ av förutsättningar

S<sub>h</sub>: skenbar effekt (kVA) på förbrukare som producerar övertoner (switchade aggregat, elektronik mm.)

S<sub>n</sub>: skenbar effekt på installationens transformator i kVA

**S<sub>h</sub> / S<sub>n</sub> < 15 % > standardtyp** (spänning 400 V)

**S<sub>h</sub> / S<sub>n</sub> = 15 till 25 % > H typ**  
(högre spänning 440 V eller 500 V)

**S<sub>h</sub> / S<sub>n</sub> > 25 % > SAH typ**  
(högre spänning + övertonsfilter)

I och med att mer övertoner förekommer är det numera nödvändigt att korrigera effektfaktorn genom installationer som är specifikt gjorda för att ta hand om dessa övertoner.

Fyra "typer" av kapacitanser är föreslagna, beroende på nivåerna av övertonerna (S<sub>h</sub> / S<sub>n</sub>):

- Standardtyp: spänning 400 V
- H typ: högre spänning 440 V eller 500 V
- SAH typ: högre spänning + övertonsfilter
- FH typ: övertonsfilter samt kontinuerlig övervakning av installationen

## Exempel

Aktiv effekt på installationen  $P = 614 \text{ kW}$

$\cos \varphi$  uppmätt på installationen:

$\cos \varphi = 0,68$  då  $\tan \varphi = 1,08$

$\cos \varphi$  som behövs för att korrigera:

$\cos \varphi = 0,93$  då  $\tan \varphi = 0,40$

Koefficient från tabellen\*:  $K = 0,684$

Reaktiv effekt att kompensera:

$Q_c = 614 \times 0,684 = 420 \text{ kVAR}$

\* K-faktortabell

## Effekter av resonans

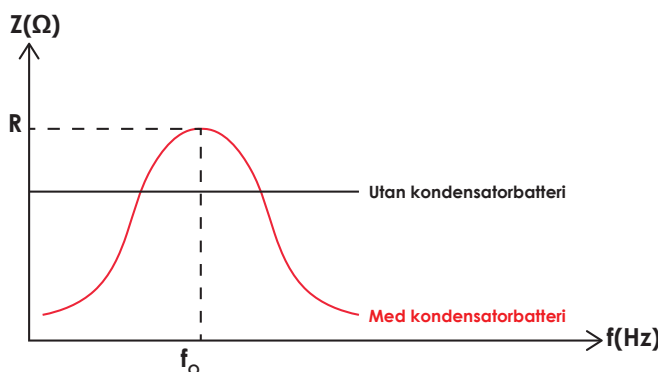
När en kapacitans (kompensator) installeras i en elektrisk installation kan de existerande övertonerna förstärkas. Denna förstärkning beror på elektrisk resonans mellan kapacitansen, linjen samt källans induktanser.

För att förstå dessa problem kan vi studera en typisk installation. Detta enkla linjediagram nedan, gjord som en ekvivalent elektrisk krets, kan användas för att studera effekterna av förstärkningen på tre typer av utrustning: övertongenererare, utrustning som inte genererar störningar på elektriska installationer och kapacitanser.

Impedansen (fig. 19) i installationen ges av med följande formel:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{L\omega} - C\omega\right)^2}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



där:

$f_0$  är resonansfrekvensen

Förstärkningen kan ses genom att observera grafen med systemets egenimpedans, som en funktion av frekvensen. Den visar värdet jämfört med det ursprungliga värdet utan kondensatorbatteriet.

Den direkta konsekvensen av denna resonans är en ökning av övertonsspänningar och -strömmar THD-U.

De uppkomna resonanserna beror på:

- Övertoneordning ( $f_n$ ) vid vilken systemet får resonans, enligt formeln nedan:

$$f_n = f_1 \times \sqrt{\frac{S_{sc}}{Q_c}}$$

där:

$S_{sc}$ : kortslutningseffekten på transformatorn

$Q_c$ : reaktiv effekt på kapacitansen

$f_n$ : frekvens på övertonen i vilket systemet får resonans

$f_1$ : grundtonen (50 Hz)

- Högre kortslutningseffekt ( $S_{sc}$ ), ger högre resonansfrekvens.
- Övertoner med frekvenser vid resonansfrekvensen
- Vad de andra lasterna i nätverket förbrukar (den förbrukade aktiva effekten)

Om de första två kriterierna är uppfyllda går det att beräkna övertonernas förstärkningsfaktor  $F_a$ :

$$F_a = \frac{\sqrt{S_{sc} \times Q_c}}{P}$$

$S_{sc}$ : kortslutningseffekten på transformatorn

$Q_c$ : reaktiv effekt på kapacitansen

$P$ : aktiv effekt på förbrukare som inte genererar övertoner

Övertoneffekt kan dämpas genom att använda fler förbrukare som inte genererar övertoner.

På installationer kan resonansströmsövertoner vara intensiva, vilket kan skada kondensatorbatterierna. Det finns olika lösningar beroende på störningsnivåerna:

- Standard 400 V kapacitanser och förstärkta 440 V eller 500 V kapacitanser rekommenderas för installationer med låga eller medelstora störningar.
- Kapacitanser med övertonsfilter för kraftigt störda installationer.

Figur 19: Impedansen med och utan kompenseringskrets

## Multifunktionstånger

### F205, F405 & F605

Smidiga och mångsidiga F205, F405 och F605 multifunktionstånger med effekt- och THD-mätning. Med dessa tånger får du en snabb översikt över kvaliteten på elen som du mäter på.

#### Ergonomi

- Tydlig, bakgrundsbelyst LCD-display
- Kompakta
- Smidig vridomkopplare
- "1-tangent, 1-funktion" för enkelt handhavande
- Automatisk AC/DC-detektering

#### Mätning

- Spänning, ström, startströmmar, resistans och dioder
- Effekt: W, var, VA samt effektfaktor PF
- Övertoner: Total övertonshalt THD

#### Säkerhet

- Elektrisk säkerhet enligt IEC-61010-1, IEC-61010-2-30 och IEC-61010-2-32
- Skyddade mot damm och smuts

#### Drivspänning

- 4 x 1,5 V AA / 1 x 9 V
- Batteritid ca. 350 timmar



F205



F405



F605



# Multifunktionstånger med effektmätning

	<b>F205</b>	<b>F405</b>	<b>F605</b>
Kabeldiameter	34 mm	48 mm	60 mm
<b>Ström</b>			
AC TRMS	0,15 till 600 A (900 A topp)	0,15 till 1000 A (1500 A topp)	0,15 till 2000 A (3000 A topp)
DC TRMS	0,15 till 900 A topp	0,15 till 1500 A	0,15 till 3000 A
AC+DC TRMS	0,15 till 600 A (900 A topp)	0,15 till 1000 A (1500 A topp)	0,15 till 2000 A (3000 A topp)
Mätosäkerhet	1 % avläst + 3 siffror	1 % avläst + 3 siffror	1 % avläst + 3 siffror
<b>Spänning</b>			
AC	0,15 till 1000 V (1400 V topp)	0,15 till 1000 V (1400 V topp)	0,15 till 1000 V (1400 V topp)
DC	0,15 till 1400 V	0,15 till 1400 V	0,15 till 1400 V
AC+DC	0,15 till 1000 V (1400 V topp)	0,15 till 1000 V (1400 V topp)	0,15 till 1000 V (1400 V topp)
Mätosäkerhet	1 % avläst + 3 siffror	1 % avläst + 3 siffror	1 % avläst + 3 siffror
<b>Effekt</b>			
Aktiv effekt	1 W till 600 kW	1 W till 1000 kW	1 W till 2000 kW
Reaktiv effekt	1 var till 600 kvar	1 var till 1000 kvar	1 var till 2000 kvar
Skenbar effekt	1 VA till 600 kVA	1 VA till 1000 kVA	1 VA till 2000 kVA
FP	Ja		
<b>Övertonsanalys</b>			
THDf / THDr	Ja/Ja		
<b>Övriga mätfunktioner</b>			
Startströmmar	Ja		
<b>Andra funktioner</b>			
Display	Bakgrundsbelyst LCD, 6000 siffror	Bakgrundsbelyst LCD, 10 000 siffror	Bakgrundsbelyst LCD, 10 000 siffror
Storlek/Vikt	78 x 222 x 42 mm / 340 g	92 x 272 x 41 mm / 600 g	111 x 296 x 41 mm / 640 g
Drivspänning	1 x 9 V LF22-batteri	4 x 1,5 V AA-batterier	
Elektrisk säkerhet	IEC 61010 – 1000 V kat. III / 600 V kat. IV	IEC 61010 – 1000 V kat. IV	

## Beställningsinformation

- > **F205** .....P01120925  
Levereras med mätkablar, batteri, väska samt svensk manual
- > **F405** .....P01120945  
Levereras med mätkablar, batteri, väska samt svensk manual
- > **F605** .....P01120965  
Levereras med mätkablar, batteri, väska samt svensk manual



## Multifunktionstånger

### F407 & F607

Smidiga och mångsidiga F407 och F607 multifunktionstånger med effekt- och THD-mätning. Med dessa tånger får du en snabb översikt över kvaliteten på elen som du mäter på.

### Ergonomi

- Tydlig, bakgrundsbelyst LCD-display
- Kompakta
- Smidig vridomkopplare
- "1-tangent, 1-funktion" för enkelt handhavande
- Automatisk AC/DC-detektering

### Mätning

- Spänning, ström, startströmmar, resistans och dioder
- Effekt: W, var, VA samt effektfaktor PF
- Övertoner: till den 25:e samt THD

### Säkerhet

- Elektrisk säkerhet enligt IEC-61010-1, IEC-61010-2-30 och IEC-61010-2-32
- Skyddade mot damm och smuts

### Drivspänning

- 4 x 1,5 V AA
- Batteritid ca. 350 timmar



F407



F607

# Multifunktionstånger med effektmätning

	<b>F407</b>	<b>F607</b>
Kabeldiameter	48 mm	60 mm
<b>Ström</b>		
AC TRMS	0,15 till 1000 A (1500 A topp)	0,15 till 2000 A (3000 A topp)
DC TRMS	0,15 till 1500 A	0,15 till 3000 A
AC+DC TRMS	0,15 till 1000 A (1500 A topp)	0,15 till 2000 A (3000 A topp)
Mätosäkerhet	1 % avläst + 3 siffror	1 % avläst + 3 siffror
<b>Spänning</b>		
AC	0,15 till 1000 V (1400 V topp)	0,15 till 1000 V (1400 V topp)
DC	0,15 till 1400 V	0,15 till 1400 V
AC+DC	0,15 till 1000 V (1400 V topp)	0,15 till 1000 V (1400 V topp)
Mätosäkerhet	1 % avläst + 3 siffror	1 % avläst + 3 siffror
<b>Effekt</b>		
Aktiv effekt	1 W till 1000 kW	1 W till 2000 kW
Reaktiv effekt	1 var till 1000 kvar	1 var till 2000 kvar
Skenbar effekt	1 VA till 1000 kVA	1 VA till 2000 kVA
FP	Ja	
<b>Övertonsanalys</b>		
Enskilda övertoner	till den 25:e	
THDf / THDr	Ja/Ja	
<b>Övriga mätfunktioner</b>		
Startströmmar		
<b>Övriga funktioner</b>		
Kommunikation	Bluetooth	
Display	Bakgrundsbelyst LCD, 10 000 siffror	
Storlek/Vikt	92 x 272 x 41 mm / 600 g	111 x 296 x 41 mm / 640 g
Drivspänning	4 x 1,5 V AA-batterier	
Elektrisk säkerhet	IEC 61010 – 1000 V kat. IV	

## Beställningsinformation

> **F407** .....P01120947

Levereras med mätkablar, batteri, väska samt svensk manual

> **F607** .....P01120967

Levereras med mätkablar, batteri, väska samt svensk manual



## Energi- och effektloggers

### PEL51 & PEL52

Lättanvända och kompakta 1-fas effektloggarar med alla effekt- och energimättningsfunktioner samt mätning av effektfaktor. Alla mätningar lagras på SD-minneskort. Utrustade med WiFi-kommunikation och VNC-läge, vilket gör att du kan styra PEL från alla telefoner eller surfplattor, oavsett om de har iOS eller Android. Med den svenska PC-baserade mjukvaran PEL Transfer för rapportgenerering och analys.

#### Ergonomi

- Kompakta
- Magnetisk baksida
- Svensk mjukvara

#### Mätning

- Spänning, ström
- Effekt: W, var, VA samt PF, DPF/Cos  $\phi$

#### Säkerhet

- Elektrisk säkerhet enligt IEC 61010

#### Drivspänning

- Nätspänning / via fas, autonom batteritid ca. 1 h



PEL51



PEL52

	PEL51	PEL52
Antal ingångar	1 V / 1 I	2 V / 2 I
Spänning	10 till 690 V	
AC+DC TRMS	10 till 690 V	
Ström	upp till 3000 A, beroende på strömtång	
AC+DC TRMS	upp till 3000 A, beroende på strömtång	
Effekt & Energi		
Effektvärden	P, P <sub>f</sub> , N, S, Q <sub>s</sub> , D	
Energivärden	upp till 4 Exa	
Övriga funktioner		
Minne	SD / SD-HC -kort upp till 32 GB (max. 8 GB / inspelning)	
Kommunikation	Ethernet, Wi-Fi	
Display	Bakgrundsbelyst LCD	
Storlek/Vikt	180 x 88 x 87 mm / 400 g	
Drivspänning	Nätspänning / via fas	
Elektrisk säkerhet	EN 61010 - 600 V kat. III	

## Beställningsinformation

### > PEL51 .....P01157166

Levereras med väska, MA194-250 -strömtång, 2 x spänningskablar (svart och röd), 2 x krokodilklämmor, SD-kort, nätkabel, C8-adapter och snabbguide (manual och mjukvara finns att ladda ned på hemsidan)

### > PEL52 .....P01157167

Levereras med 2 x spänningskablar (svart och röd), 3 x krokodilklämmor, SD-kort, nätkabel, C8-adapter och snabbguide (manual och mjukvara finns att ladda ned på hemsidan)

## Tillbehör och reservdelar

- > MiniFLEX™ MA194, 70/250 mm.....P01120593
- > MiniFLEX™ MA194, 100/350 mm.....P01120592
- > MiniFLEX™ MA194, 300/1000 mm.....P01120594
- > AmpFLEX™ A193, 450 mm.....P01120526B
- > AmpFLEX™ A193, 800 mm .....P01120531B
- > MN93-strömtång .....P01120425B
- > MN93A-strömtång.....P01120434B
- > MINI94-strömtång .....P01106194
- > C193-strömtång.....P01120323B
- > C8-adapter .....P01103077
- > 230 V<sub>AC</sub> -laddare .....P01102057
- > Krokodilklämmor (2 st).....P01295457Z
- > Mätkablar (2 st) .....P01295455Z
- > Kabelupprullningsdosa .....P01102149
- > Nätspänningskabel .....P01295174
- > S03-väska.....P01298076



## Energi- och effektloggers

### PEL102 & PEL103

Kompakta energi- och effektloggers med magnetisk baksida och medföljande svensk mjukvara. Dessa loggers mäter även övertoner upp till den 50:e.

#### Ergonomi

- Kompakta
- Magnetisk baksida
- Svensk mjukvara

#### Mätning

- Spänning, ström
- Effekt: W, var, VA samt effektfaktor PF
- Övertoner: upp till den 50:e, THD

#### Säkerhet

- Elektrisk säkerhet enligt IEC 61010-1 och IEC 61010-2-030

#### Drivspänning

- PEL102 och PEL103: nätspänning, autonom batteritid ca. 1 h



PEL102



PEL103

	PEL102	PEL103
Antal ingångar	4 V / 3 I	
Spänning		
AC+DC TRMS	0 till 1000 V	
Ström		
AC+DC TRMS	upp till 10 000 A, beroende på strömtång	
Effekt & Energi		
Effektvärden	10 W till 10 GW / 10 var till 10 Gvar / 10 VA till 10 GVA	
Energivärden	upp till 4 EWh/4 EVAh/4 Evarh (E=1018)	
Övertonsanalys		
Enskilda övertoner	upp till den 50:e	
THD	Ja	
Övriga funktioner		
Minne	SD-kort upp till 32 GB (max. 8 GB / inspelning)	
Kommunikation	Ethernet, Bluetooth, USB, SD-kort	
Display	Nej	Trippeldisplay
Storlek/Vikt	256 x 125 x 37 mm / 900 g	256 x 125 x 37 mm / 950 g
Drivspänning	110 - 250 V nätspänning	
Elektrisk säkerhet	EN 61010 - 600 V kat. IV – 1000 V kat. III	

## Beställningsinformation

### > PEL102.....P01157152

Levereras med väska, 4 x 3 m spänningskablar och krokodilklämmor, SD-kort, märksats för kablar, USB-kabel, nätkabel, mjukvara och manual

### > PEL103.....P01157153

Levereras med väska, 4 x 3 m spänningskablar och krokodilklämmor, SD-kort, märksats för kablar, USB-kabel, nätkabel, mjukvara och manual

## Tillbehör och reservdelar

- > MiniFLEX™ MA194, 70/250 mm.....P01120593
- > MiniFLEX™ MA194, 100/350 mm.....P01120592
- > MiniFLEX™ MA194, 300/1000 mm.....P01120594
- > AmpFLEX™ A193, 450 mm..... P01120526B
- > AmpFLEX™ A193, 800 mm ..... P01120531B
- > MN93-strömtång ..... P01120425B
- > MN93A-strömtång ..... P01120434B
- > PAC93-strömtång ..... P01120079B
- > C193-strömtång..... P01120323B
- > Batteripack.....P01296024
- > 230 V<sub>AC</sub>-laddare .....P01102057
- > Kabelsats för spänning (4 x 3 m).....P01295476
- > Kabelupprullningsdosa .....P01102149
- > Nätspänningskabel .....P01295174
- > PEL100-spänningsadapter.....P01102204



## Energi- och effektloggers

### PEL104 & PEL106

Kompakta energi- och effektloggers med magnetisk baksida och medföljande svensk mjukvara. Dessa loggers mäter även övertoner upp till den 50:e.

#### Ergonomi

- Kompakta
- Magnetisk baksida (PEL104)
- Svensk mjukvara

#### Mätning

- Spänning, ström
- Effekt: W, var, VA samt effektfaktor PF
- Övertoner: upp till den 50:e, THD
- Elmotortest

#### Säkerhet

- Elektrisk säkerhet enligt IEC 61010-1 och IEC 61010-2-030
- PEL106 är IP67-skyddsklassad

#### Kommunikation

- Ethernet, Bluetooth, USB, SD-kort, Wifi och GPRS
- Kommunikerar med L452

#### Drivspänning

- PEL104: nätspänning, autonom batteritid ca. 1 h
- PEL106: självförsörjande



PEL104



PEL106



	PEL104	PEL106
Antal ingångar	4 V / 3 I	5 V / 4 I
Spänning	10 till 1000 V	
AC+DC TRMS	10 till 1000 V	
Ström	upp till 10 000 A, beroende på strömtång	
AC+DC TRMS	upp till 10 000 A, beroende på strömtång	
Effekt & Energi	10 W till 10 GW / 10 var till 10 Gvar / 10 VA till 10 GVA	
Effektvärden	10 W till 10 GW / 10 var till 10 Gvar / 10 VA till 10 GVA	
Energivärden	upp till 4 EWh/4 EVAh/4 Evarh (E=1018)	
Övertonsanalys	upp till den 50:e	
Enskilda övertoner	upp till den 50:e	
THD	Ja	
Övriga funktioner	SD-kort upp till 32 GB (max. 8 GB / inspelning)	
Minne	SD-kort upp till 32 GB (max. 8 GB / inspelning)	
Kommunikation	Ethernet, Bluetooth, USB, SD-kort, Wi-Fi, GPRS	
Display	Trippeldisplay	Bakgrundsbelyst, digital display
Storlek/Vikt	256 x 125 x 37 mm / 950 g	245 x 270 x 180 mm / 3,4 kg
Drivspänning	110 - 250 V nätspänning	Självförsörjande via fas
Elektrisk säkerhet	EN 61010 - 600 V kat. IV – 1000 V kat. III	IEC 61010 - 1000 V kat. IV

## Beställningsinformation

### > PEL104.....P01157154

Levereras med väska, 4 x 3 m spänningskablar och krokodilklämmor, spänningsadapter, SD-kort, märksats för kablar, USB-kabel, nätkabel, mjukvara och manual

### > PEL106.....P01157165

5 x 3 m IP67 mätkablar, 5 x krokodilklämmor (låsbara), SD-kort 8 GB, SD-USB adapter, märksats för kablar, USB-kabel (typ A/B 1m), mjukvara och manual

## Tillbehör och reservdelar

- > MiniFLEX™ MA194, 70/250 mm.....P01120593
- > MiniFLEX™ MA194, 100/350 mm.....P01120592
- > MiniFLEX™ MA194, 300/1000 mm.....P01120594
- > MiniFLEX™ MA196, 350 mm, IP67.....P01120568
- > AmpFLEX™ A193, 450 mm.....P01120526B
- > AmpFLEX™ A193, 800 mm.....P01120531B
- > AmpFLEX™ A196, 610 mm, IP67.....P01120554
- > MN93-strömtång.....P01120425B
- > MN93A-strömtång.....P01120434B
- > PAC93-strömtång.....P01120079B
- > C193-strömtång.....P01120323B
- > Batteripack.....P01296024
- > 230 V<sub>AC</sub>-laddare.....P01102057
- > Kabelsats för spänning (4 x 3 m).....P01295476
- > Kabelupprullningsdosa.....P01102149
- > Nätspänningskabel.....P01295174



Med PEL104 levereras en spänningsadapter

## Energi- och nätanalysatorer

### CA8331 & CA8333

Portabla effekt- och övertonsanalysatorer med enkelt handhavande. Dessa instrument visar reelltidsdata direkt på skärmen eller som inspelade filer via den medföljande programvaran. Navigering sker enkelt med hjälp av de svenska menyerna.

#### Ergonomi

- Stor, tydlig färg TFT-skärm
- Direkttangenter till alla funktioner
- Svenska menyer

#### Mätning

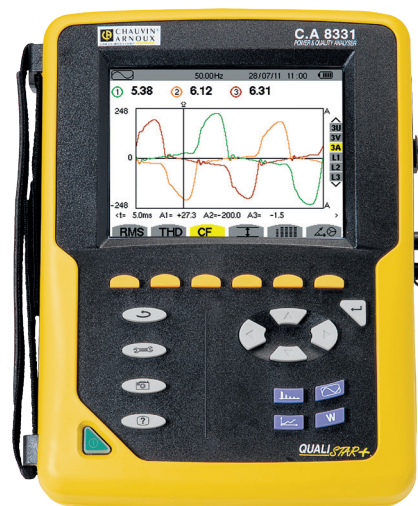
- Spänning, ström,
- Effekt: W, var, VA samt effektfaktor PF
- Övertoner: till den 25:e samt THD

#### Säkerhet

- Elektrisk säkerhet enligt IEC 61010-1, IEC 61010-031 och IEC 61010-2-032
- Skyddade för damm och smuts

#### Drivspänning

- 9,6 V NiMH uppladdningsbart batteri
- Batteritid upp till 13 h



CA8331



CA8333

	CA8331	CA8333
Antal ingångar	4 V / 3 I	
Ström	AC+DC TRMS	
AC+DC TRMS	upp till 10 000 A, beroende på strömtång	
Spänning	AC+DC TRMS	
AC+DC TRMS	2 till 1000 V	
Effekt & Energi	Effektvärden	
Effektvärden	W, VA, var, VAD, PF, DPF, cos $\varphi$ , tan $\varphi$	
Effektvärden	Energivärden	
Energivärden	Wh, varh, VAh, VADh	
Övertonsanalys	Enskilda övertoner	
Enskilda övertoner	upp till den 50:e	
THD	Ja	
Övriga mätfunktioner	Transienter	
Transienter	Nej	50
Övriga funktioner	Inspelning	
Inspelning	4 h till 2 veckor	från några dagar till flera veckor
Kommunikation	USB	
Display	Färg TFT	
Storlek/Vikt	240 x 180 x 55 mm / 1,9 kg	
Drivspänning	9,6 V NiMH uppladdningsbart batteri	
Elektrisk säkerhet	IEC 61010 - 1000 V kat. III / 600 V kat. IV	

## Beställningsinformation

> **CA8331** .....P01160511

Levereras med väska, 4 x 3 m mätkablar, 4 x krokodilklämmor, USB-kabel, batteri, laddkabel, svensk mjukvara och manual

> **CA8333** .....P01160541

Levereras med väska, 4 x 3 m mätkablar, 4 x krokodilklämmor, USB-kabel, batteri, laddkabel, svensk mjukvara och manual

## Tillbehör och reservdelar

- > MiniFLEX™ MA193, 250 mm .....P01120580
- > MiniFLEX™ MA193, 350 mm .....P01120567
- > MiniFLEX™ MA194, 250 mm .....P01120593
- > MiniFLEX™ MA194, 350 mm .....P01120592
- > MiniFLEX™ MA194, 1000 mm .....P01120594
- > MN93-strömtång ..... P01120425B
- > MN93A-strömtång ..... P01120434B
- > AmpFLEX™ A193, 450 mm ..... P01120526B
- > AmpFLEX™ A193, 800 mm ..... P01120531B
- > PAC93-strömtång ..... P01120079B
- > C193-strömtång ..... P01120323B
- > Batteripack ..... P01296024
- > 230 V<sub>AC</sub>-Laddare ..... P01102057
- > Skyddsfilm för skärm ..... P01102059
- > Kabelsats för spänning (4 x 3 m) ..... P01295476
- > Kabelupprullningsdosa ..... P01102149



Kabelupprullningsdosa

## Effekt- och övertonsanalysatorer

### CA8336 & CA8436

Portabla effekt- och övertonsanalysatorer med enkelt handhavande. Instrumenten ger en mångsidig bild av kvaliteten på elen som mäts. Dessa instrument visar realtidsdata direkt på skärmen eller som inspelade filer via den medföljande programvaran. Navigering sker enkelt med hjälp av de svenska menyerna.

#### Ergonomi

- Stor, tydlig färg TFT-skärm
- Direkttangenter till alla funktioner
- Svenska menyer

#### Mätning

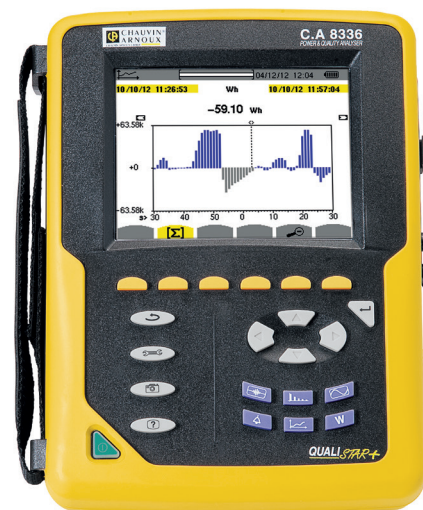
- Spänning, ström, transienter, startströmmar, flicker
- Effekt: W, var, VA samt effektfaktor PF
- Övertoner: till den 50:e samt THD

#### Säkerhet

- Elektrisk säkerhet enligt IEC 61010-1, IEC 61010-031 och IEC 61010-2-032
- Skyddade för damm och smuts (CA8436 är IP67-skyddsklassad)

#### Drivspänning

- 9,6 V NiMH uppladdningsbart batteri
- Batteritid upp till 13 h



CA8336



CA8436

	CA8336	CA8436
Antal ingångar	5 V / 4 I	
Ström	AC+DC TRMS	
AC+DC TRMS	upp till 10 000 A, beroende på strömtång	
Spänning	AC+DC TRMS	
AC+DC TRMS	2 till 1000 V	
Effekt & Energi	Effektvärden	
Effektvärden	W, VA, var, VAD, PF, DPF, cos $\varphi$ , tan $\varphi$	
Energivärden	Wh, varh, VAh, VADh	
Övertonsanalys	Enskilda övertoner	
Enskilda övertoner	upp till den 50:e	
THD	Ja	
Övriga mätfunktioner	Transienter	
Transienter	210	
Flicker	Pst / Plt	
Startströmmar	> 10 min	
Övriga funktioner	Inspelning	
Inspelning	från 2 veckor till flera år	
Kommunikation	USB	
Display	Färg TFT	
Storlek/Vikt	240 x 180 x 55 mm / 1,9 kg	270 x 250 x 180 mm / 3,7 kg
Drivspänning	9,6 V NiMH uppladdningsbart batteri	
Elektrisk säkerhet	IEC 61010 - 1000 V kat. III / 600 V kat. IV	

## Beställningsinformation

> **CA8336** .....P01160591

Levereras med väska, 5 x 3 m mätkablar, 4 x krokodilklämmor, USB-kabel, batteri, laddkabel, svensk mjukvara och manual

> **CA8436** .....P01160595

Levereras med väska, 5 x 3 m mätkablar, 4 x krokodilklämmor, USB-kabel, batteri, laddkabel, svensk mjukvara och manual



## Tillbehör och reservdelar

- > MiniFLEX™ MA193, 250 mm .....P01120580
- > MiniFLEX™ MA193, 350 mm .....P01120567
- > MiniFLEX™ MA194, 250 mm .....P01120593
- > MiniFLEX™ MA194, 350 mm .....P01120592
- > MiniFLEX™ MA194, 1000 mm .....P01120594
- > MiniFLEX™ MA196, 350 mm IP67 .....P01120568
- > AmpFLEX™ A193, 450 mm ..... P01120526B
- > AmpFLEX™ A193, 800 mm ..... P01120531B
- > AmpFLEX™ A196, 610 mm IP67 .....P01120554
- > MN93-strömtång ..... P01120425B
- > MN93A-strömtång ..... P01120434B
- > PAC93-strömtång ..... P01120079B
- > C193-strömtång ..... P01120323B
- > Batteripack .....P01296024
- > 230 V<sub>AC</sub>-Laddare .....P01102057
- > IP67-laddkabel (CA8436) .....P01295477
- > Skyddsfilm för skärm .....P01102059
- > Kabelsats för spänning (4 x 3 m) .....P01295476
- > Kabelupprullningsdosa .....P01102149

### Effekt- och övertonsanalysatorer

#### CA8345

Portabel klass A 61000-4-30 ed 3 energianalysator med inbyggd GPS för komplett elnätsanalys. AC+DC TRMS mätning för motorstarter- transient- och energianalys med 5 spännings- och 4 strömingångar. Enkel och överskådlig med svenska menyer. Med VNC funktion för fjärrstyrning över webben samt flexibel minneshantering.

#### Ergonomi

- Stor, tydlig LCD-färgpekskärm
- Direkttangenter till alla funktioner
- Svenska menyer

#### Mätning

- EN50160 övervakningsläge
- Spänning, ström, transienter, startströmmar, spännings-spikar, flicker, alarm
- Effekt: W, var, VA samt effektfaktor PF
- Övertoner och mellanövertoner samt THD

#### Säkerhet

- Elektrisk säkerhet enligt IEC 61010-1, IEC 61010-031 och IEC 61010-2-032
- Skyddad för damm och smuts

#### Drivspänning

- 10,8 V Li-ion uppladdningsbart batteri 5700 mAh
- Batteritid upp till 10 h



CA8345

<b>CA8345</b>	
Antal ingångar	5 V / 4 I
<b>Ström</b>	
AC+DC TRMS	upp till 10 000 A, beroende på strömtång
<b>Spänning</b>	
AC+DC TRMS	5 till 1000 V
<b>Effekt &amp; Energi</b>	
Effektvärden	W, VA, var, VAD, PF, DPF, $\cos \varphi$ , $\tan \varphi$
Energivärden	Wh, varh, VAh, VADh
<b>Övertonsanalys</b>	
Enskilda övertoner	upp till den 63:e
Mellanövertoner	upp till den 62:a
THD	Ja
<b>Övriga mätfunktioner</b>	
Transienter	2,5 $\mu$ s (obegränsat antal på SD kort)
Flicker	Pst / Plt
Startströmmar	100 st 10 min
Spänningsspikar	Upp till 12 kV (samplas 500 ns)
Alarm	Minne för 52 olika typer samt 20 000 st
<b>Övriga funktioner</b>	
Samplingshastighet	Spänning 400 kSps / Ström 200 k Sps, toppar 2 MSps
Inspelning	från 2 veckor till flera år
Klocka / GPS	Ja, inbyggd
Kommunikation	Wi-Fi, Webserver, Ethernet, SD-kort, USB-minne samt -port
Display	Färg LCD-pekskärm
Storlek/Vikt	200 x 285 x 55 mm / 1,9 kg
Drivspänning	10,8 V Li-ion uppladdningsbart batteri – 5700 mAh
Elektrisk säkerhet	IEC 61010 kat. IV 1000 V

## Beställningsinformation

> **CA8345** .....P01160657

Levereras med väska, 5 x 3 m mätkablar, 4 x krokodilklämmor, 5 x kabelupprullningsdosor, SD-kort, magnetisk krok, USB-kabel, batteri, laddkabel, svensk mjukvara och manual



## Tillbehör och reservdelar

- > MiniFLEX™ MA193, 250 mm .....P01120580
- > MiniFLEX™ MA193, 350 mm .....P01120567
- > MiniFLEX™ MA194, 250 mm .....P01120593
- > MiniFLEX™ MA194, 350 mm .....P01120592
- > MiniFLEX™ MA194, 1000 mm .....P01120594
- > AmpFLEX™ A193, 450 mm ..... P01120526B
- > AmpFLEX™ A193, 800 mm ..... P01120531B
- > MN93-strömtång ..... P01120425B
- > MN93A-strömtång ..... P01120434B
- > PAC93-strömtång ..... P01120079B
- > C193-strömtång ..... P01120323B
- > 1000V STD PA32ER -nätadapter .....P01103076
- > PA40W-2 -nätadapter .....P01102155
- > Li-ion -batteri .....P01296047
- > Li-ion -batteriladdare .....P01102130
- > Skyddsfilm för skärm .....P01102059
- > Kabelsats för spänning (4 x 3 m).....P01295476
- > Kabelupprullningsdosa .....P01102149

## ANTECKNINGAR



## ANTECKNINGAR

# En europeisk instrumenttillverkare

Vi finns över hela världen!

Utvecklar nya och bättre sätt  
att mäta framtiden varje dag!

Chauvin Arnoux är Frankrikes ledande instrumenttillverkare. Vi tillverkar instrument för el- och energiövervakning samt elektriska test- och mätinstrument för underhållsbruk av elinstallationer. Dessutom tillverkar vi temperaturgivare till kunder med mycket höga krav på kapsling, som till exempel kärnkraftverk.

Från att råmaterialet kommer in till våra fabriker, till varje enskilt supportärende, är vårt team av medarbetare vår finaste resurs. Varje dag finner vi nya lösningar på mätproblem för professionella användare. Våra teknikintensiva proffskunder är industriföretag, nätbolag samt underhållspersonal och elektriker.

› Läs mer och beställ:  
[www.chauvin-arnoux.se](http://www.chauvin-arnoux.se)

