



Inverterteknik

ANVÄNDNINGSMEDDELANDE



VAD ÄR "INVERTER"-KOMPONENTEN?

INVERTERN ÄR EN ELDRIVEN KOMPONENT SOM HELA TIDEN VARIERAR FREKVENSEN FÖR STRÖMTILLFÖRSELN I EN ELEKTRISK MOTOR.

Den kontinuerliga frekvensvariationen gör i sin tur att en motors varvtal också varierar, enligt ekvationen nedan (gäller för marknader med en standardfrekvens på 50 Hz):

EKVATION 1

$$RPM = \frac{Hz \times 120}{n^\circ \text{ poles of the motor}} = \frac{50 \times 120}{n^\circ \text{ poles of the motor}}$$

Ekvation (1) visar att en motors varvtal är beroende på frekvensen i den tillförda strömmen (Hz) och dess antal poler. Till exempel:

- En motor som försörjs med en elektrisk växelström (AC) på 50 Hz och har två poler får ett varvtal (obelastat) på 3 000 rpm.
- En motor med sex poler (tre par poler) snurrar (obelastat) med 3 000 rpm.

Kontinuerlig modulering av motorvarvtalet fininställer den ström som tillförs av en elektrisk komponent, och justerar effekten för att uppfylla kraven för en ordning vid varje givet tillfälle.

Enligt de likhetslagar som tillämpas på rotationsgående maskiner, är effekten proportionell mot dess antal varv i kubik, vilket visas i ekvationen (2):

EKVATION 2

$$Power \propto RPM^3$$

Att modulera effekten för att tillgodose kraven på en anordning optimerar verkningsgraden, vilket ger avsevärda energibesparingar, något som i sin tur minskar hanteringskostnaderna och minimerar påverkan på miljön.

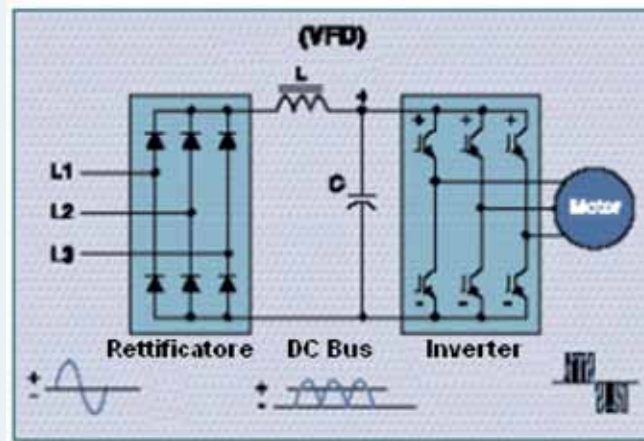
Varje inverter består av tre delar (bild 1):

- a) LIKRIKTAREN omvandlar växelströmmen (AC) till likström (DC).
- b) DC-BUSSEN fungerar som tillfällig energibehållare.
- c) INVERTERN skapar en "ny" likström (AC) med lämplig frekvens för att uppfylla effektbehovet hos en anordning.

LIKRIKTAREN består av beståndsdelar som omvandlar strömmen från "växelström" till "likström" och kan ha olika sorters teknik: passiv eller aktiv.

- Passiva likriktare är dioder.
- Aktiva likriktare är kiselstyrda likriktare (SCR) eller transistorer som t.ex. bipolära transistorer med isolerat styre (IGBT), som tillåter att ström passerar endast om det finns en styrsignal genom en aktiveringsport.

FIGUR 1: DIAGRAM ÖVER EN "6-PULS"-INVERTERTYP



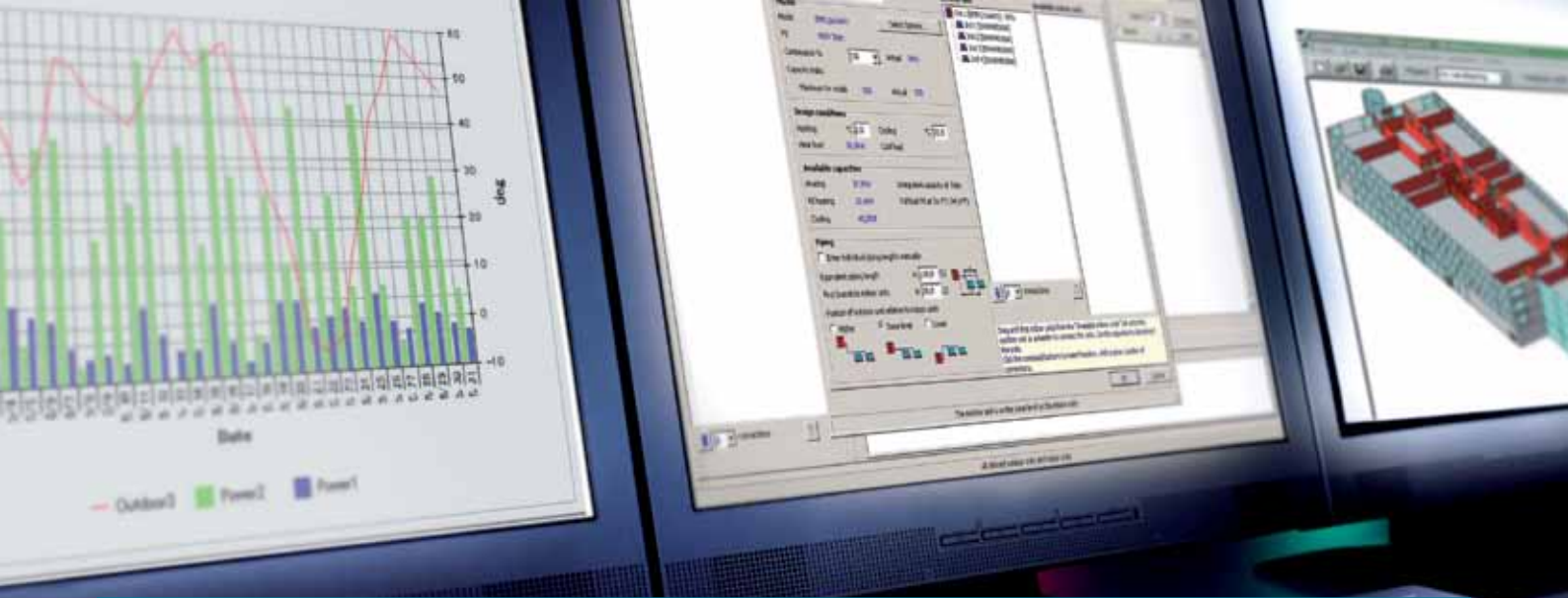
Med tanke på "växelströms"-karaktären hos den inmatade spänningen, behövs det minst två likriktare för varje matningsfas: en tillåter passage av ström när matningsspänningen är positiv, den andra "öppnas" när spänningen är negativ. När det gäller 3-fasig tillförsel (L1, L2, L3 i ett nätverk på 50 Hz, 3-fas 400 V), består likriktaren av minst sex likriktarelement, som skapar vad som kallas en "6-pulsinverter".

Vissa invertrar är emellertid försedda med en mängd likriktare, kanske t.o.m. så många som fyra, sex eller åtta för varje fas. Dessa kallas för "12-impuls"-enheter (4 x 3 faser), "18-impuls"-enheter (6 x 3 faser) eller "24-impuls"-enheter (8 x 3 faser).

Att tillhandahålla fler likriktare per fas minskar de harmoniska störningarna inom ett nätverk jämfört med dem som normalt orsakas av en växelriktarkomponent.

Om likriktaren är försedd med aktiva komponenter, t.ex. IGBT-transistorer, så kallas inverterenheten för en AFE-inverter (aktiv framände).

Dessa enheter uppfyller de strängaste lagarna och standarderna för maxnivåer av harmoniska störningar som kan induceras i ett nätverk av VFD-komponenten.



DE STÖRSTA FÖRDELARNA MED EN INVERTER

INVERTERSTART HAR TRE STORA FÖRDELAR.

- 1) MEKANISKA FÖRDELAR
- 2) ELEKTRISKA FÖRDELAR
- 3) ENERGIEFFEKTIVITET
- 4) FÖRDELAR FÖR SLUTKUNDEN

Alla ökar kvaliteten, tillförlitligheten och verkningsgraden för anordningen, men beroende på just den anordningen kan vissa fördelar ha större betydelse än andra.

1. MEKANISKA FÖRDELAR

Det är känt att alla mekaniska komponenter utsätts för maximal spänning i "start"- och "stopp"-faserna, vilket för den delen ofta har att göra med icke-idealiska smörjningsförhållanden för de rörliga komponenterna.



FIGUR 2: MEKANISKA KOMPONENTER I EN MOTOR OCH/ELLER KOMPRESSOR, PÅVERKADE AV SMÖRJFÖRHÅLLANDEN

En mekanisk komponent utsätts för maximal spänning i "start"- och "stopp"-faserna, särskilt under icke-idealiska smörjningsförhållanden för de rörliga komponenterna.

I sådana scenarion kan upprepade och många start-/stoppcykler för en elmotor, och särskilt för en kompressor, innebära ökat slitage och påverka tillförlitligheten med tiden (figur 2). Mekaniskt slitage i dessa övergångsfaser står i direkt proportion mot accelerationen för de rörliga delarna.

Ett elektriskt startsystem som har en konstant frekvens av strömtillförsel till motorn (D.O.L., Y- Δ , mjukstart i fastform, dellindningsstart) utsätter de rörliga delarna för maximal acceleration under komponentens startfas.

En inverter använder däremot den kontinuerliga frekvensförändringen i matningsströmmen som sin huvudstyrningsvariabel, vilket gör att accelerationen kan moduleras gradvis. Det minskar effekten av dålig smörjning under övergångsfasen, och även den mekaniska spänning som orsakas av högt startvridmoment.

2. ELEKTRISKA FÖRDELAR

De elektriska fördelarna med att använda en inverter är i tre kategorier:

- Startströmmen är minimerad
- Högt värde för motoreffekt faktorn
- Minskning av den totaleffekt som absorberas i kVA vid full belastning.

a) STARTSTRÖMMEN ÄR MINIMERAD


Hög strömabsorption, även i bara bråkdel av en sekund, kan orsaka komplikationer i ett elektriskt nätverk, bl.a. spänningsfall och störningar på känsliga elektroniska komponenter. Ibland kan en elektrisk panels magnetiska skydd även få en motor att stänga av sig genast, p.g.a. den magnetisk-termiska överbelastningen.

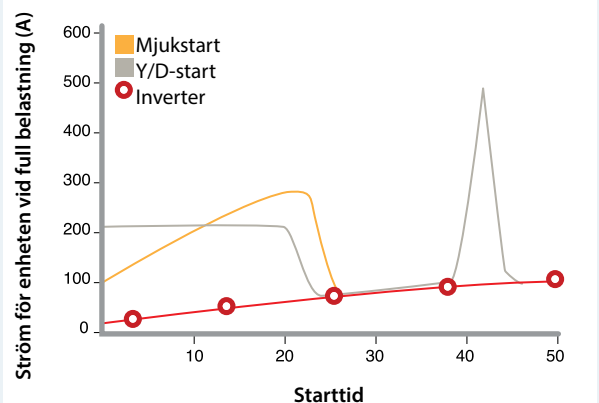
Värdet på startströmmen i en elmotor bedöms vanligen som en procentandel av dess FLA-värde (ampere vid full belastning).

Startlösningarna för elmotorer är huvudsakligen D.O.L., Y- Δ , mjukstart, dellindning, autotransformator och inverter.

Av dessa är det bara en inverter som kan variera en elmotors ingångsfrekvens. De andra påverkar utslutande spänningsvärdet. Det är deras främsta begränsning för att minimera startströmmen. Tabell 1 jämför de startströmvärden, som procentandelar av FLA, som garanteras av de olika startlösningarna ovan.

TABELL 1

Type of starting solution	Starting current as % of FLA
Direct on line (D.O.L.)	600-800 %
Part Winding 	400-500 %
Auto-transformer	400-500 %
Y- Δ (Star-Triangle)	200-300 %
Solid State Soft Starter	200-300 %
Inverter	NO INRUSH CURRENT



När en inverter, som ibland kallas variabel frekvensdrift (VFD), kontrollerar en kompressormotor blir det ingen inrusningsström under kompressorstarten.

I exemplet med ett inverterkylaggregat utrustat med fler kompressorer: när den första kompressorn startar enheten, är inrusningsströmmen lika med bara några ampere. När en annan kompressor startar är enhetens inrusningsström aldrig högre än strömstyrkan för de elmotorer som redan körs. Så t.ex. i en köldmediekompressor försedd med en elmotor på 180 kW, är Y- Δ -inrusningsströmmen mer eller mindre 700 A, men med en inverter motsvarar den standby-strömmen (som är i grunden noll).

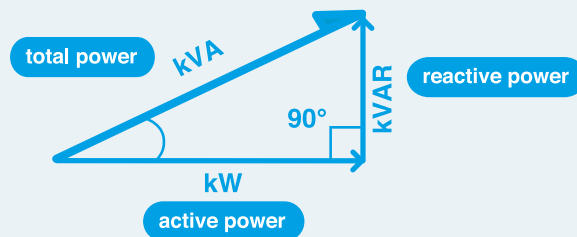
b) HÖGT VÄRDE PÅ EFFEKTFAKTORN (PF)

Alla elektriska motorer som skapar och upprätthåller ett roterande magnetfält inuti motorn absorberar två olika effekter:

- AKTIV effekt, som mäts i kW och används för att tillföra mekaniskt arbete
- REAKTIV effekt, som mäts i kVAR (kilovolt-ampère-reaktans) som skapar det inre magnetfältet.

”Vektorsumman” av dessa två effekter kallas totaleffekt och mäts i kVA (kilovoltampère), där A indikerar den totala och effektiva ström som absorberas av motorn. Denna används för att beräkna tvärsnittet för de strömledare som ska installeras.

FIGUR 3: VEKTORTRIANGELN FÖR EFFEKTERNA (AKTIV, REAKTIV, TOTAL)



Förhållandet mellan den AKTIVA (kW) effekten och den TOTALA (kVA) effekten, som indikeras i ekvation (3), kallas för effektfaktorn (PF).

EKVATION 3

$$\text{Power Factor (PF)} = \frac{\text{kW}}{\text{kVA}}$$

En elmotor absorberar med nödvändighet REAKTIV effekt för att bibehålla magnetfältet inuti motorn. När det gäller den AKTIVA kvot som absorberas (kW) så brukar motorn absorbera mer reaktiv effekt ju mindre effektiv belastning den har.

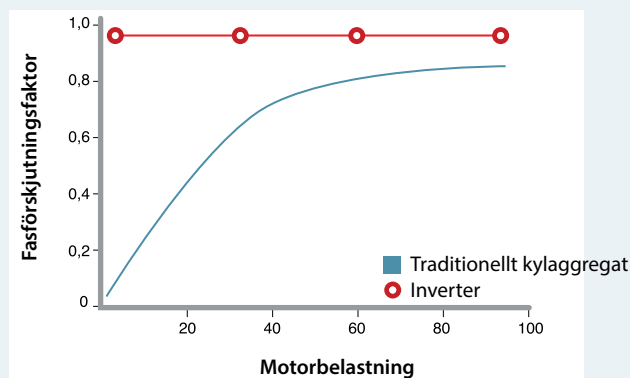
Effektfaktorn för en elmotor minskar med andra ord när dess belastningsnivå gör det, och man når då värden som är avsevärt lägre än $PF = 0,6$ under minimala belastningsförhållanden.

En ökning av den reaktiva effekt som absorberas är inte fördelaktig i något fall, eftersom:

- En ökning av den effektiva ström som absorberas har samband med större motståndsförluster (jouleeffekt)
- Ett större tvärsnitt på transformatorer och strömledare krävs
- Det finns en risk att ådra sig ekonomiska sanktioner från elleverantörer, vilket normalt kräver effektfaktorvärden på inte mindre än 0,85–0,9 vid tillförselnoden.

Å andra sidan ger installationen av en inverter, som innehåller en DC BUSS-sektion som innefattar kondensatorerna (kapacitiv effekt) i alla belastningsförhållanden, en garanterad effektfaktor på 0,95–0,97 (figur 7). En elmotor med en inverter har alltid ett högre omfasningsvärde än en utan inverter, men är försedd med ett externt batteri med omfasande kondensatorer.

FIGUR 4: JÄMFÖRELSE AV EFFEKTFAKTORN MELLAN EN MOTOR MED OCH EN MOTOR UTAN INVERTER (400 V)



Den minskade strömfaktorn hos en elektrisk motor och den minskade belastning som lösgörs (vilket brukar vara motsatsen i samma motor försedd med en inverter) innebär följande:

1. Risken för att ådra sig straffavgifter från elleverantören p.g.a. avvikelser från omfasningsvillkoren på tillförselpunkten
2. Det ständiga behovet att installera ett externt batteri med kondensatorer som fasar om belastningen
3. Den konstant högre absorptionen av elektricitet (A) av motorn, samtidigt som det blir samma aktiva uteffekt (kW). Det leder till större energiförbrukning och högre årskostnader, p.g.a. motståndsförluster i de elektriska ledarna.

FIGUR 5: INVERTERKOMPONENT SOM ERSÄTTNING FÖR "MJUKSTART" OCH "OMFASANDE KONDENSATORPANEL"



När man jämför de tekniska och ekonomiska fördelarna med att välja en kyl antingen med eller utan inverter, ska man ta hänsyn till behovet av att installera ett externt batteri med belastningsomfasande kondensatorer samt till de mekaniska fördelar som redan nämnts.

Om man väljer en standardversion utan inverter, kommer det ytterligare köpet av omfasande kondensatorer och mjukstartalternativ att öka totalpriset för standardversionen. Faktum är att alternativen med omfasande kondensatorer och mjukstart kostar ca 7–8 % av en hel standardenhet utan inverter. Det minskar dramatiskt prisskillnaden mellan de två lösningarna, som var och en ger en jämförbar teknisk och kommersiell lösning.

Observationen i punkt 3 ovan går dock att mäta ekonomiskt.

Genom att jämföra den elektriska absorptionen hos en EWAD-C-XS/XL/XR och en EWAD-CZXS/XL/XR under en full kylsäsong, d.v.s. fördelat över olika belastningar enligt den kända årstidsrelaterade verkningsgraden (ESEER), är det lätt att påvisa de ekonomiska fördelarna med EWAD-CZ med en inverter.

Mer än 40 % energibesparingar kan göras, tack vare att elektrisk kWh skingras från lägre elektriskt motstånd till transmission (jouleeffekten). Detta möjliggör stora besparingar i de årliga energihanteringskostnaderna för kylan.

C) MINSKNING AV DEN TOTALA EFFEKT SOM ABSORBERAS I KVA VID FULL BELASTNING

Eftersom invertern alltid bibehåller en högre effektfaktor i elmotorn jämfört med den verksamma aktiva effekt som absorberas, minimeras strömabsorptionen både vid delvis motorbelastning och i märklasterförhållanden (100 %).

En direkt jämförelse mellan EWAD-CZ-enheterna och standardenheter utan effektfaktorkorrigerings gör att dessa fördelar kan mätas.

TABELL 2	EWAD760C-XS	EWADC10C-XS	EWADC13C-XS	EWADC16C-XS
Cooling Capacity - kW	756	1074	1349	1596
Unit Power Input - kW	233	338	410	503
Nominal Running Current - A	387	559	686	835
MAX Current for Wires Sizing	556	797	955	1196
	EWAD740CZXS	EWADC10CZXS	EWADC13CZXS	EWADC16CZXS
Cooling Capacity - kW	738	1037	1308	1622
Unit Power Input - kW	235	312	442	558
Nominal Running Current - A	381	505	659	829
MAX Current for Wires Sizing	533	725	869	1217
Increase in Electrical Power	0.9%	0.3%	7.8%	10.9%
Nominal Running Current - A	-1.6%	-9.7%	-3.9%	-0.7%
MAX Current for Wires Sizing	-4.1%	-9.0%	-9.0%	-1.8%

Tabell 2 visar:

- Den högre absorptionen av aktiv effekt (kW) vid full belastning av EWAD-CZ-enheten för den kända effektivitetsförlusten som orsakas av förekomsten av effektkomponenten
- En minskning av märkströmmen för det kylaggregat som är försett med inverter
- En minskning av det strömvärde som ska övervägas när man bestämmer tvärsnitt för elkablar för den elektriska installationen av enheten.

Minskningen av märkströmmen för normal funktion reducerar också, med samma procenttal, den totaleffekt som absorberas av kylan. Detta mäts, när det gäller trefasbelastning, med ekvation (4).

EKVATION 4

$$Total Power (kVA) = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

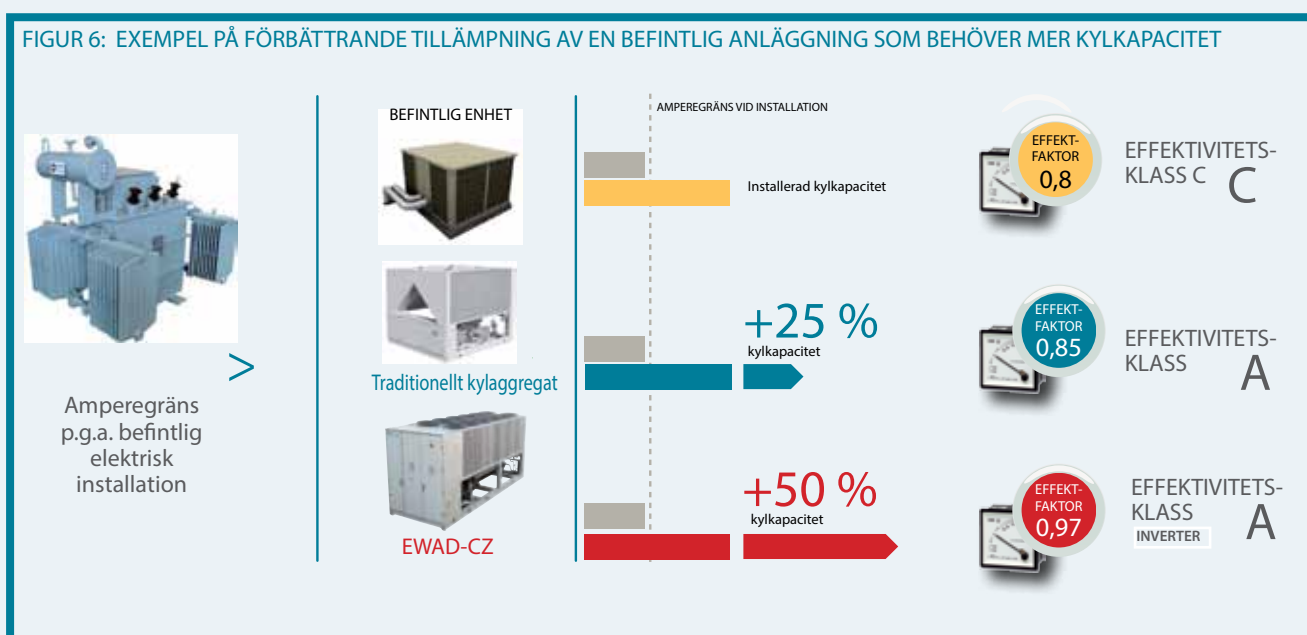
Denna fördel är av ännu större betydelse i installationer där det inte går att begära ökad strömtillförsel, kanske p.g.a. överföringsmättnaden i det lokala elnätet.

Vid renoverings- eller ombyggnadsprojekt där gamla installationer har blivit föråldrade, gör detta det möjligt att tillhandahålla en kyl som har samma kylkapacitet som den föregående enheten, men som har mindre totalt effektbehov. Det kan frigöra kapacitet för att installera ytterligare anordningar på samma tillförselnod, men ändå inte överskrida den fasta kvoten för maximal strömförbrukning. Med ett mycket effektivt kylaggregat med hög effektfaktor (EWAD-CZ) kan teknikern också öka den kylkapacitet som finns, men behålla samma strömabsorption.

Överväg en befintlig installation av ett kylaggregat R-407C med EER 2.8 vid full belastning (Eurovent-villkor, därför med energiklassificering "klass C") med begränsad ampereabsorption, p.g.a. den befintliga storleken hos huvudtransformatorn som finns i den elektriska understationen. Om byggnaden däremot behöver minst 30 % ytterligare kylkapacitet för att uppfylla höjda krav på HVAC eller processkyllning, kan ett inverterkylaggregat med hög effektivitet tillgodose de kraven, tack vare både sitt oerhört höga EER-värde och att effektfaktorn för elektricitetsförbrukningen alltid är lite under ett.

För att byta ut ett befintligt "klass C"-kylaggregat, med en effektfaktor på 0,8 vid full belastning, och samtidigt behålla samma ampereabsorption (figur 6):

- Ett typiskt modernt kylaggregat (R-134a och "Klass A" Eurovent) kan öka kylkapaciteten med endast 25 %
- En innovativ EWAD-CZ (R-134a och "Klass A" Eurovent) kan producera upp till 50 % mer kylkapacitet.



När man väljer tvärsnittet för elledningarna som ska installeras, krävs det mindre total tillgänglig ström, så det går att göra avsevärda besparingar i kablageinstallationskostnaderna för kylan.

Exempel

För en kyl på ca 1 310 kW, där man förutsätter en maximal spänningsförlust på 5 % jämfört med nominella 400 V och ett avstånd på ca 100 m mellan kylens strömpanel och lågspänningshytten:

- Enheten utan inverter skulle kräva tre ledare, var och en med ett tvärsnitt på 300 mm²
- Enheten med inverter skulle kräva tre ledare, var och en med ett tvärsnitt på 240 mm²

Att välja en enhet med inverter skulle ge en besparing på ca 20 % på kostnaderna för elinstallation på kylan.

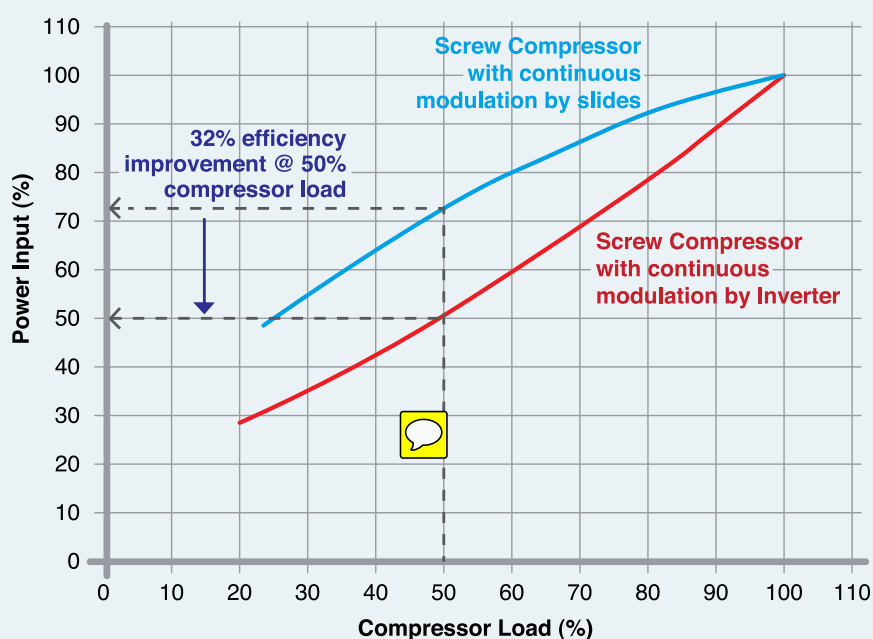
3. ENERGIEFFEKTIVITET

En av de största fördelarna med en inverterstyrd enhet, t.ex. en fläkt, pump eller kompressor, är utan tvivel de märkbara årliga energibesparingar man uppnår.

Kontinuerlig variation i elmotorns rotationshastighet fininställer den effekt som tillhandahålls av komponenten som aktiveras av motorn, och justerar den till det effektiva belastningsbehovet.

Modulation av elmotorns varvtal minskar den kapacitet som tillhandahålls av den aktiverade mekaniska komponenten, som kylaggregatets kompressor, och ger hög energieffektivitet/verkningsgrad genom alla belastningsvarianter (0–100 %), i synnerhet i jämförelse med mekaniska justeringssystem som skjutreglageventiler, eller de fasta förbikopplingsöppningar som aktiveras av solenoidventiler.

FIGUR 7: JÄMFÖRELSE AV KOMPRESSOREFFEKTIVITET



De årliga energibesparingar som kan uppnås när man använder en inverterstyrd anordning gör att den extra investeringen ofta betalar sig snabbt.

Det ska dock noteras att omfattningen av energi- och kostnadsbesparingarna är beroende av det specifika priset för elektricitet per kWh, och framför allt av den genomsnittliga drifttiden för den mekaniska enhet som analyseras.

En inverter kontinuerligt i arbete vid nästan full belastning under större delen av året ger t.ex. inte samma ekonomiska besparingar som är lätta att uppnå i en anordning som arbetar vid en genomsnittlig årsvis belastning avsevärt under max.

Av den anledningen är det alltid ett gott råd att utföra en energianalys (om än bara en förenklad version) om funktionen hos den anordning som kan förses med inverter, för att kontrollera fördelarna med att använda en sådan enhet i just den anordningen.

4. FÖRDELAR FÖR SLUTKUNDEN

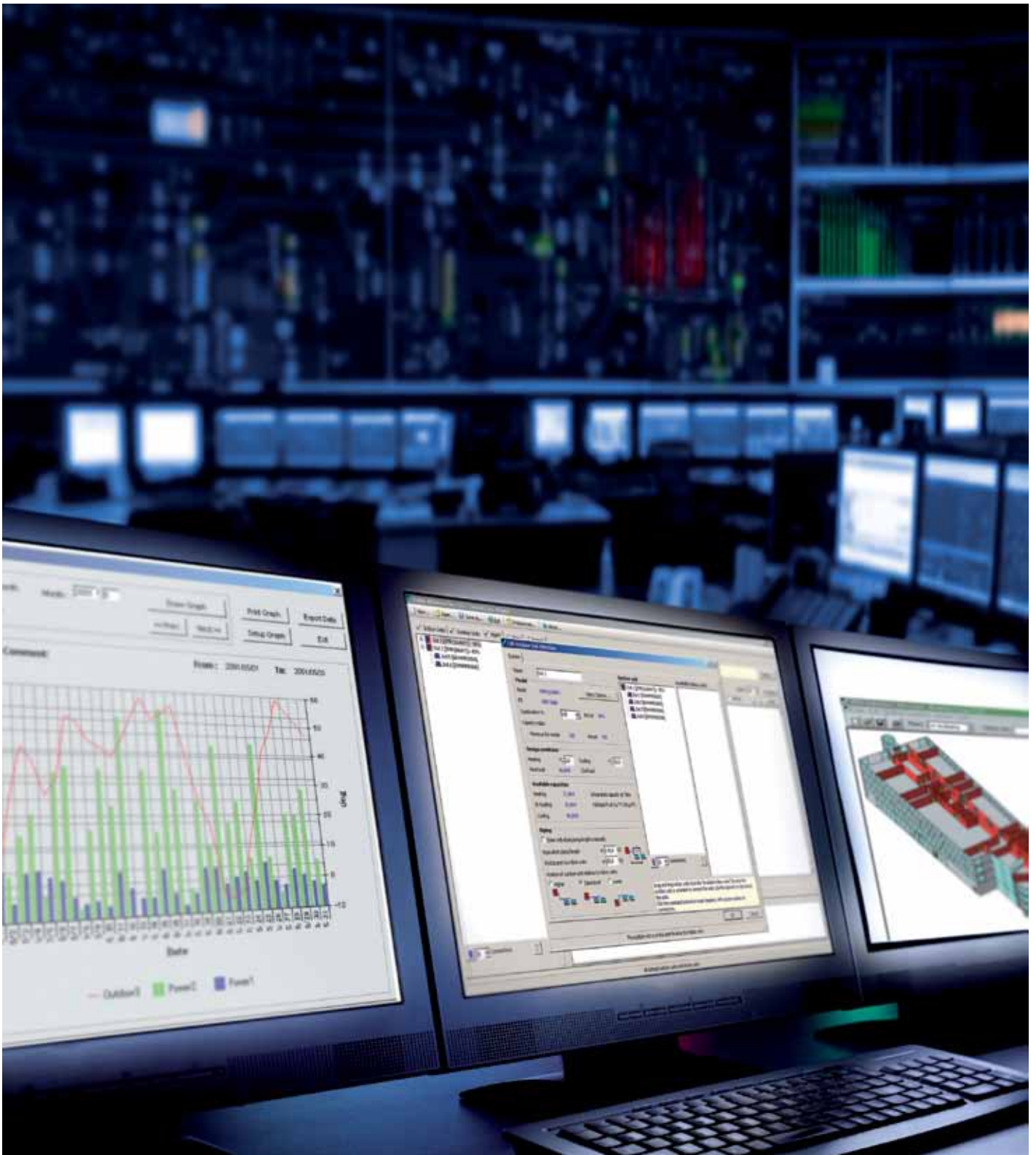
Komfort: Inverterstyrda luftkonditioneringssystem justerar hela tiden sin kyla- och värmeavgivning så att det passar med temperaturen i rummet, och därmed förbättrar komfortnivåerna. Invertern förkortar systemets uppstartstid så att önskad rumstemperatur uppnås snabbare. Så snart korrekt temperatur är uppnådd, ser invertern till att den upprätthålls.

Energieffektivitet: Inverterstyrda produkter körs mest effektivt vid dellast, vilket leder till lägre energiförbrukning än andra system, eftersom de bara behöver den effekt som är nödvändig för att det ska stämma med belastningen. Det medför en minskad årlig energiförbrukning. Ett inverterstyrt luftkonditioneringssystem t.ex. övervakar och justerar omgivningstemperaturen när det behövs, så att energiförbrukningen går ner med 30 % i jämförelse med traditionella on/off-system.

Kostnadsbesparingar: Lägre energiförbrukning medför kostnadsbesparingar och kan också minska de stigande energiprisernas påverkan på slutresultatet.

Minskade koldioxidutsläpp: Genom att förbättra effektiviteten kan företagen dra fördel av markanta koldioxidbesparingar.

Smarta kontroller maximerar fördelarna: Daikins styrenheter ger absolut kontroll över ett system och kan lätt integreras med kommunikationsmoduler för att ge slutkunderna en total hanteringslösning. Dessa enheter ger en enkel och användarvänlig uppsättning kontroller som låter dig programmera och övervaka varje aspekt av driften av ett system, med ett långsiktigt register för användning av underhållspersonal. Smarta kontroller minskar förbrukningen och förbättrar energieffektiviteten.



Den aktuella broschyren är enbart skapad i informationssyfte och utgör därför inte något bindande erbjudande från Daikin Europe N.V.. Daikin Europe N.V. har sammanställt denna broschyr efter bästa förmåga. Ingen uttrycklig eller antydd garanti lämnas för fullständighet, riktighet, tillförlitlighet eller lämplighet för speciellt syfte av innehållet och produkterna och tjänsterna som presenteras häri. Specifikationer kan komma att ändras utan föregående avisering därom. Daikin Europe N.V. fransäger sig uttryckligen allt ansvar för eventuell direkt eller indirekt skada, i den vidaste bemärkelse, som uppstår från eller är relaterad till användningen och/eller tolkningen av denna broschyr. Allt innehåll är upphovsrättskyddat av Daikin Europe N.V.



Daikin Europe N.V. deltar i Eurovent Certification Programme för luftkonditionerare (AC), vätskekyllare (LCP), luftbehandlingsenhet (AHU) och fläktkonvektorenheter (FCU). Kontrollera fortsatt giltighet för certifikatet på nätet: www.eurovent-certification.com eller: www.certiflash.com

Daikins produkter distribueras av: