

DET ÄR INGEN KONST ATT MÄTA SPÄNNING OCH STRÖM



OM MAN VET HUR DET FUNGERAR!

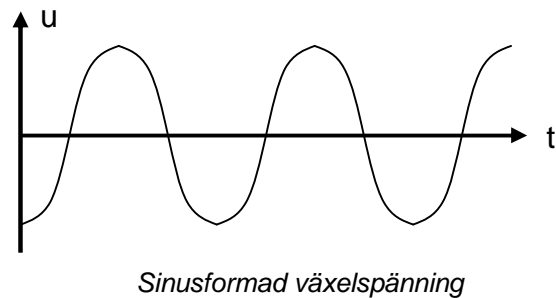
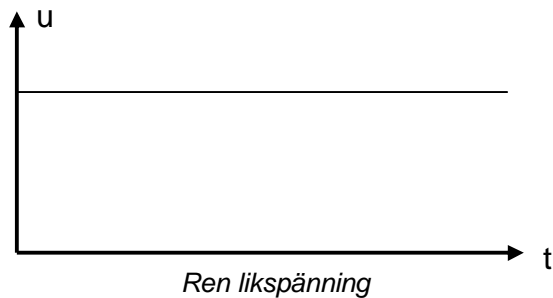
lite grundläggande el-mätteknik

INNEHÅLL

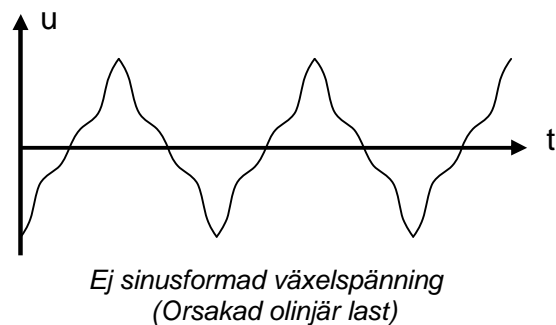
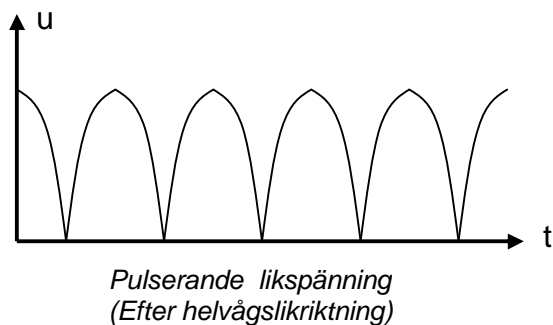
Inledning	3
Grunder	3
Växelspänning	4
Effektivvärde	5
Likriktat medelvärde	6
Överlagrad spänning	7
Toppfaktor och formfaktor	8
Mätinstrument	9
Instrumentval	10
Strömmätning	10
AC/DC	10
Annat språk	11

INLEDNING

Det tycks inte vara speciellt komplicerat att mäta lik- eller växelspanning (ström) med en vanlig multimeter. Det är det inte heller, så länge det gäller en ren likspänning eller en sinusformad växelspanning. I dessa fall klarar man sig med den allra enklaste multimetern för att få någorlunda korrekta mätvärden.



Betydligt svårare blir det om spänningarna avviker från ovanstående former, då krävs instrument med helt andra egenskaper.



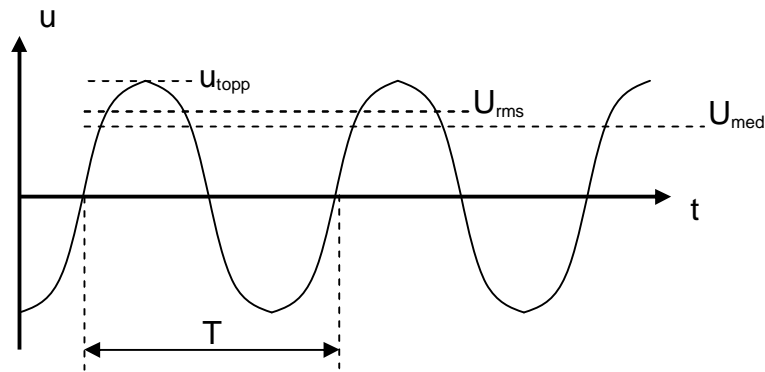
GRUNDER

För att förstå det följande resonemanget är det viktigt att ha vissa grundbegrepp klart för sig. Eftersom jag tänkt mig att detta ska handla om elmätning i praktiken och inte om matematik, så har jag utelämnat härledningarna och liknande varför de flesta formler och förhållanden serveras färdiga. Hur man kommit fram till dessa får läsaren själv grubbla över, om behov finns.

VÄXELSPÄNNING

Det mesta i vår elektriska värld börjar ju med växelspanning, även om man ofta omvandlar den på olika sätt, så vi börjar med några grundbegrepp om denna.

Till att börja med så tittar vi på några termer kring växelspanningskurvan och sambanden mellan dessa. Observera att värden som ändrar sig (momentana värden) skrivs med liten bokstav, ex.-vis u . Allt som följer gäller naturligtvis även ström, det är bara att ersätta u och U med i och I .



u_{topp} = spänningens **toppvärde**, det högsta värdet som förekommer. Den negativa motsvarigheten kallas bottenvärde, u_{botten} .

$$u_{\text{topp}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{rms}} = \frac{U_{\text{topp}}}{0,707}$$

u = spänningens **momentanvärde** (ögonblicksvärde). Detta värde ändrar sig naturligtvis hela tiden, men man kan räkna ut ett värde vid vilken tid t som helst.

$$u = u_{\text{topp}} \sin(2\pi ft)$$

U_{rms} = spänningens **effektivvärde**, det viktigaste värdet. Varför kommer vi snart att förstå.

$$U_{\text{rms}} = \frac{u_{\text{topp}}}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot u_{\text{topp}}$$

U_{med} = spänningens **likriktade medelvärde**. Mer om detta längre fram.

T = periodtid. Ur denna kan växelspanningens frekvens f (Hertz) räknas ut.

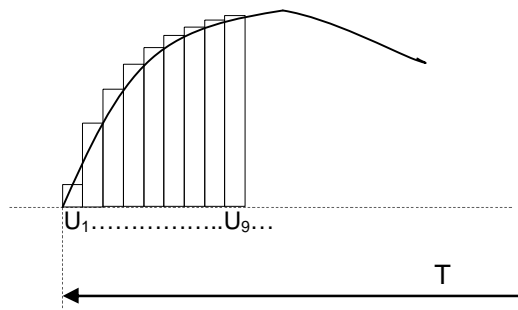
$$f = \frac{1}{T}$$

EFFEKTIVVÄRDE

Som sagts tidigare så är spänningens effektivvärde det viktigaste att få veta om. Oftast vill vi ju att den påkopplade spänningen ska uträtta ett arbete av något slag, alltså är vi intresserade av den effekt som utvecklas. Om vi känner till effektivvärdet U_{rms} , oftast endast betecknat med stora U vilket används i kommande text och formler, så är det lätt att beräkna effekten med våra vanliga effektformler till exempel:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Utan att gå in på djupare matematik så måste vi titta lite på hur man kan beskriva effektivvärdet. Vi är ju inte intresserade av att veta hur stor effekt som utvecklas vid en viss punkt på spänningskurvan utan vill givetvis veta medeleffekten. U ska alltså vara en sorts medelvärde som vi kan sätta in i formeln ovan.



Så här kan man tänka sig hur detta medelvärde, effektivvärdet U , fungerar:

Vi delar tiden T för en del av en period i n antal delar. Tiden för varje intervall blir

$$\frac{T}{n} \text{ s.}$$

Om vi delar i tillräckligt stort antal delar kan spänningen inom respektive tidsintervall anses

vara konstant. Den utvecklade energin inom ett tidsintervall blir då $W = \frac{U^2}{R} \cdot \frac{T}{n}$ Js.

Den totala energin som utvecklas under tiden T blir summan av alla små energibeloppen:

$$\frac{U^2}{R} \cdot T = \frac{U_1^2}{R} \cdot \frac{T}{n} + \frac{U_2^2}{R} \cdot \frac{T}{n} + \frac{U_3^2}{R} \cdot \frac{T}{n} + \frac{U_4^2}{R} \cdot \frac{T}{n} + \dots$$

Efter multiplikation med R och division med T får vi:

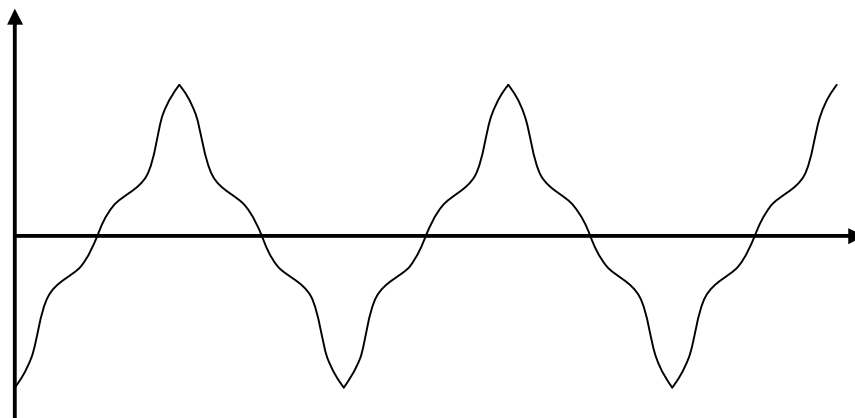
$$U^2 = \frac{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}{n}$$

och effektivvärdet blir då:

$$U = \sqrt{\frac{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}{n}} \text{ . Gäller vid alla vågformer! Det ovan nämnda uttrycket **rms**}$$

kommer från engelskans **root mean square** och kan översättas med *roten ur kvadraternas medelvärde*, med andra ord effektivvärdet. Detta effektivvärde U kommer att ge oss effektens medelvärde då vi sätter in det i effektformlerna.

I många fall förekommer spänning/ström som inte är sinusformad.

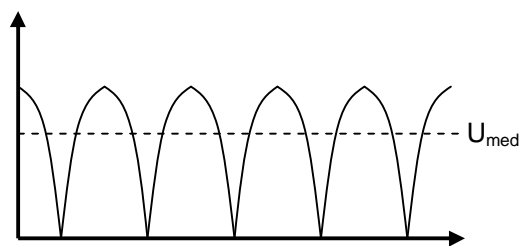


Icke sinusformad växelspänning

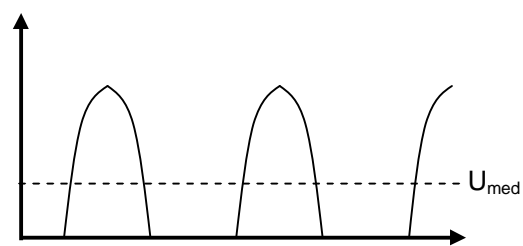
Detta förhållande beror oftast på olinjära laster och gör effektivvärdet svårberäknat om vi inte har tillgång till **TRMS**-mätande instrument, mer om detta nedan under mätinstrument. Denna kurvform ställer även till med övertoner i elnätet med en hel del oönskade verkningar, men det är en annan historia!

LIKRIKTAT MEDELVÄRDE

Vid likriktning (utan glättning/filtrering) av en växelspänning erhålls en pulserande likspänning.



Helvågslikriktad växelspänning



Halvvågslikriktad växelspänning

Denna spännings toppvärde är samma som växelspänningens, men här upphör likheterna! Till att börja med så talar man ibland om **likriktat medelvärde**, U_{med} .

Detta är det aritmetiska medelvärdet som man kan få fram om man tänker sig att man mäter spänningen på n ställen utefter kurvan, summerar dessa värden och dividerar summan med n . Observera att detta inte är det samma som effektivvärdet som vi tittat på tidigare.

Likriktade medelvärde kan vid sinusform beräknas:

$$U_{med} = \frac{2 \cdot u_{topp}}{\pi} = 0,637 \cdot u_{topp} \text{ vid halvågslikriktning}$$

$$U_{\text{med}} = \frac{u_{\text{topp}}}{\pi} = 0,318 \cdot u_{\text{topp}} \text{ vid halvågslikriktning.}$$

När det gäller effektivvärdet hos dessa spänningar är det lite mer komplicerat. Spänningen består av en likspänningsdel och en växelspanningsdel vilka var och en utvecklar effekt i en belastning. Likspänningsdelen beräknas med ovanstående formler. Växelspanningsdelens effektivvärde beräknas:

$$U_{\text{rms}} = 0,308 \cdot u_{\text{topp}} \text{ vid halvågslikriktning}$$

$$U_{\text{rms}} = 0,386 \cdot u_{\text{topp}} \text{ vid halvågslikriktning.}$$

Eftersom den totala effekten är summan av de två de effekterna så blir den:

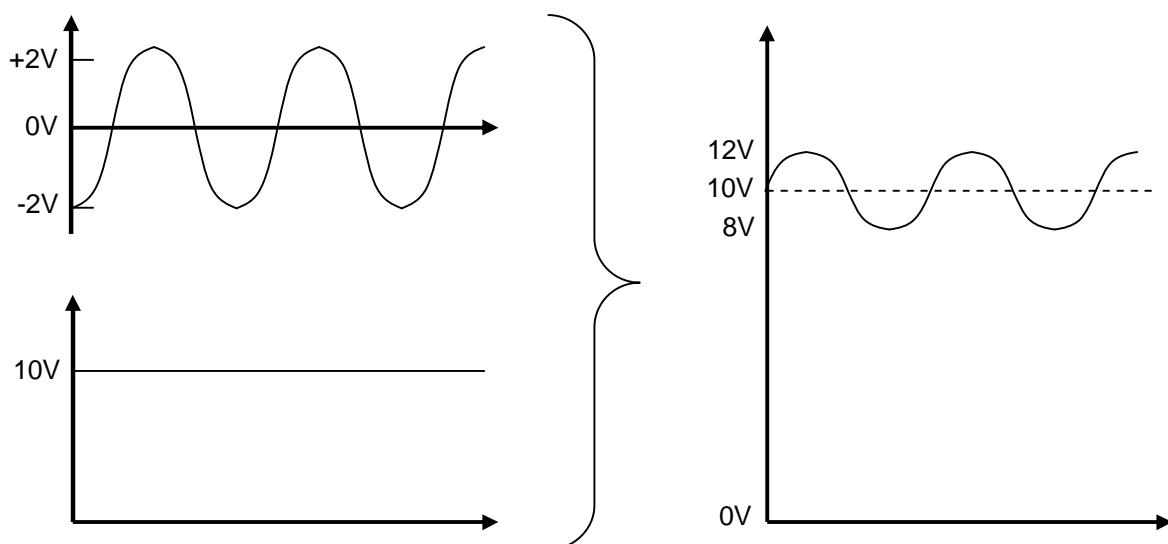
$$\frac{U^2}{R} = \frac{U_{\text{med}}^2}{R} + \frac{U_{\text{rms}}^2}{R}.$$

Spänningens totala effektivvärde blir då:

$$U = \sqrt{U_{\text{med}}^2 + U_{\text{rms}}^2}$$

ÖVERLAGRAD SPÄNNING

Ibland förekommer att man har att göra med en likspänning som har en överlagrad växelspanning. Man kan säga att spänningen är sammansatt av en likspänning och en växelspanning.



Som i fallet med den pulserande likspänningen består denna spänning också av en likspänningsdel och en växelspänningsdel vilka var och en utvecklar effekt i en belastning. Om vi känner till likspänningens värde samt växelspänningens effektivvärde så kan beräkna det totala effektivvärdet:

$$U = \sqrt{U_{DC}^2 + U_{AC}^2} .$$

TOPPFAKTOR OCH FORMFAKTOR

Vi har nu bekantat oss med begreppen toppvärde, effektivvärde och likriktat medelvärde. Hur är relationen mellan dessa, hur förhåller de sig till varandra? Det beror på vilken kurvform spänningen har.

Det ena förhållandet kallas **toppfaktorn** och är kvoten mellan toppvärde och effektivvärde:

$$F_t = \frac{u_{topp}}{U} = 1,414 \text{ vid sinusformad spänning, alltså } \sqrt{2} .$$

Det andra förhållandet kallas **formfaktorn** och är kvoten mellan effektivvärdet och likriktade medelvärdet:

$$F_f = \frac{U}{U_{med}} = 1,11 \text{ vid sinusformad spänning.}$$




Här ser vi att vi kan få effektivvärdet U genom att multiplicera likriktade medelvärdet U_{med} med faktorn 1,11. Gäller som sagts endast vid sinusform! Man kan säga att formfaktorn är ett siffervärde på vågformen.

Vid sinusvåg är alltså toppfaktorn F_t 1,414, dvs $\sqrt{2}$, och formfaktorn F_f är 1,11.

En "plattare" kurvform ger lägre tal, fyrkantvåg har både formfaktor och toppfaktor 1 eftersom toppvärde, effektivvärde och likriktat medelvärde är lika.

En "spetsigare" kurvform ger ett högre värde eftersom effektivvärdet blir lägre.

I tabellen nedanför jämför vi några olika vågformer:

Vågform $U_{topp} = 1 \text{ V}$	Effektivvärde U	Likr. medelvärde U_{med}	Formfaktor	Toppfaktor
Sinusvåg 	$\frac{u_{topp}}{\sqrt{2}} = 0,707\text{V}$	$\frac{2 \cdot u_{topp}}{\pi} = 0,636\text{V}$	$\frac{U}{U_{med}} = 1,11$	$\frac{u_{topp}}{U} = 1,414$
Fyrkantvåg 	$\frac{u_{topp}}{1} = 1,0\text{V}$	$\frac{u_{topp}}{1} = 1,0\text{V}$	$\frac{U}{U_{med}} = 1,0$	$\frac{u_{topp}}{U} = 1,0$
Triangelvåg 	$\frac{u_{topp}}{\sqrt{3}} = 0,580\text{V}$	$\frac{u_{topp}}{2} = 0,5\text{V}$	$\frac{U}{U_{med}} = 1,155$	$\frac{u_{topp}}{U} = 1,73$

MÄTINSTRUMENT

Nu känner vi till hur olika storheter förhåller sig till varandra, men känner våra mätinstrument till det?

Både ja och nej! Och de är ju inte ledsna för det, men användarna kan bli det om de inte vet hur instrumenten mäter!

De vanligaste bruksinstrumenten för el-tekniker är i dag olika typer av digitala multimetrar, DMM.

Dessa instrument kan arbeta på lite olika sätt då det gäller mätning av växelström och växelspanning. Det finns i huvudsak tre sätt att göra dessa mätningar.

MEDELVÄRDESMÄTANDE INSTRUMENT

Det vanligaste arbetssättet hos enklare (billigare) instrument är att likrikta växelspanningen, ta reda på det likriktade medelvärdet och multiplicera detta med 1,11 (formfaktorn, se ovan). Resultatet presenteras som spänningens effektivvärde. Det visade värdet blir då som vi nu förstår rätt endast om spänningen är sinusformad. Om spänningen däremot avviker från sinusform, vilket man inte har en aning om då man mäter, kommer det visade värdet inte att stämma överens med sanningen eftersom formfaktorn då är en annan! Detta instrument har hittills varit det vanligaste för vardagsbruk, men börjar mer och mer ersättas av RMS- och TRMS-instrument, inte minst tack vare fallande priser på dessa.

EFFEKTIVVÄRDESMÄTANDE INSTRUMENT (RMS-MÄTANDE)

RMS står för Root Mean Square, (kvadratroten ur medelvärdet av kvadraterna på mätningarna, se sid. 4). En växelspannings RMS-värde definieras som det värde som i en resistans utvecklar samma effekt som en likspänning med samma värde. Det betyder att instrumentet visar växelspanningens riktiga effektivvärde, oavsett kurvform. Givetvis har dessa instrument en gräns för hur stor avvikelse från sinusformen som de kan hantera, detta anges vanligtvis i instrumentets datablad som maximal toppfaktor, F_t . (Högre eller lägre toppfaktor än 1,414 innebär ju avvikelse från sinusformen).

SANT EFFEKTIVVÄRDESMÄTANDE INSTRUMENT (TRMS-MÄTANDE)

True RMS eller TRMS står för sant effektivvärde, ett TRMS-mätande instrument tar även hänsyn till eventuellt likspänningsinnehåll. På en del av dessa instrument kan likspänningskomponenten bortkopplas.

INSTRUMENTVAL

Vilket av instrumenten ska vi då använda, medelvärdesmätande, RMS-mätande eller TRMS-mätande? Vid mätningar i dagens elsystem där förvrängd sinus innehållande likströmskomponenter är mycket vanlig så finns det ingen anledning att ha något annat än TRMS-mätande instrument. Men behåll gärna det gamla medelvärdesmätande instrumentet då ett nytt anskaffas, det kan komma till användning, se nedan!

STRÖMMÄTNING

Vid mätning av strömmar i elkraftsystem är det oftast inte önskvärt att bryta upp strömkretsen och koppla in en amperemeter i serie. I stället använder vi en strömtång som får omsluta den ledare som vi vill veta strömstyrkan i och ansluter denna till en multimeter. Strömtången omvandlar strömvärdet till en lägre ström eller till ett spänningsvärde, till exempel $1\text{ A}=1\text{ mA}$ eller $1\text{ A}=1\text{ mV}$. Värdena blir oftast lätta att översätta till verkliga värden om lämpligt område väljs på multimetern. Det finns även tångamperemetrar som direkt visar värdet med inbyggd display eller visare.

Hur får vi då reda på om kurvformen avviker från sinusvåg? Jo, det är inga problem, om vi mäter med olika typer av instrument! Om vi utför mätningen både med ett medelvärdesmätande och ett TRMS-mätande instrument och får olika mätvärden, då vet vi att strömmen avviker från sinusform!

Om vi vill gå vidare och ta reda på utseende och andra egenskaper hos strömmen så får vi ta till andra instrument, effektanalysator eller oscilloskop till exempel.

Vetskapen om avvikande kurvform gör att vi kan misstänka att det finns övertoner i nätet, analys av detta fordrar andra instrument men det är som sagts tidigare en annan historia!

AC / DC

Hur kan vi få reda på värdena på lik- och växelspanningarna i sammansatta kurvformer? Jo då får vi använda ett TRMS-visande instrument med AC- respektive DC-blockering. Det gör att man kan mäta en i taget. Instrumenten har även ett AC/DC-läge som presenterar summan av dessa.

ANNAT SPRÅK

För det mesta får man en bruksanvisning till sitt mätinstrument på ett annat språk än svenska, oftast engelska.

Här kommer några av de vanligaste uttrycken. Ofta används V i stället för U vid spänning och A i stället för I vid ström.

Toppvärde u_{topp}

Peak Value V_{peak}

Momentanvärde u

Momentary Value V_{mom}

Effektivvärde U_{rms}

RMS Value V_{rms}

Likriktat medelvärde U_{med}

Average Value V_{avg}

Formfaktor F_f

Form Factor FF

Toppfaktor F_t

Crest Factor CF