

## Conservation Voltage Reduction i Sverige

*Conservation Voltage Reduction, CVR, är en teknik som innebär att sänka spänningen i eldistributionsnät med syfte att minska effektuttag bland elanvändare, utan att tumma på de krav som finns på spänningskvalitet (för att elektrisk utrustning överhuvudtaget ska fungera får spänningen inte bli **för** låg). CVR kan alltså användas då energi- eller effektkapacitet inte kan tillgodoses av det överliggande nätet. Energikapacitet har diskuterats under en längre tid i Sverige, medan effektbrist nu de senaste åren har blivit ett väldigt aktuellt ämne.*

I USA har CVR studerats och använts sedan 1970-talet och är där ett ganska okontroversiellt ämne. I Sverige däremot tycks det inte finnas något dokumenterat arbete om ämnet. Den här studien har undersökt hur CVR skulle fungera på ett svenskt nät genom att modellera upp ett system baserat på ett svenskt distributionsnät och sedan utföra simuleringar på detta system.

Så hur skulle en spänningssänkning kunna minska effektuttaget? Många typer av elektrisk utrustning och apparater i våra hem, på våra arbetsplatser och i industrin har ett spänningsberoende. Det innebär att effekten de förbrukar påverkas av vilken spänning de matas med. För en del elektronik är detta beroende väldigt starkt, medan för andra finns det knappt något beroende alls.

För att lättare kunna förstå detta så begrunda ekvationen för elektrisk aktiv effekt i en fas nedan.

$$P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$$

Aktiva effekten beror alltså på spänningen  $U$ , och strömmen  $I$ , samt effektfaktorn  $\cos(\varphi)$  (andelen aktiv effekt). För en renodlad impedans med ett starkt spänningsberoende kommer strömmen genom den minska ifall spänningen minskar, och effektuttaget

minskar därför drastiskt.

En del utrustning kräver dock ett konstant effektuttag. Om du vill värma din mat i mikrovågsugnen och ställer in den på 700 W så vill du inte få ut en halvtinad maträtt. Detta åstadkoms med kraftelektronik och denna ser till att mer ström dras ifall spänningen skulle sjunka, och effektuttaget bibehålls på så sätt på en konstant nivå. Väldigt få apparater är dock antingen det ena eller det andra, utan deras spänningsberoende ligger någonstans mellan dessa två ytterligheter.

Allt detta låter väldigt bra. Om spänningen sänks så tycks det som att det värsta som kan hända är att ingenting förändras. Men framförallt två saker måste tas hänsyn till - dels får inte spänningen någonstans i nätet bli för låg och dels måste man ha koll på hur nätförluster förändras.

Om vi börjar med förluster så består dessa till största del av värmeutveckling i kraftledningar, och förlusterna i en ledning kan beskrivas med följande ekvation:

$$P_{\text{förluster}} = R \cdot I^2$$

$R$  är kraftledningens resistans och strömmen  $I$  är samma ström som i förra ekvationen, alltså den ström som matas till elektrisk

utrustning ute i nätet. Detta betyder att hur mycket nätförluster ändras till följd av en spänningssänkning beror mycket på vilken sammansättning av olika sorters elektrisk utrustning som förbrukar effekt på nätet.

Ett samlingsord för utrustning och apparater som drar elektrisk effekt är *laster*. Med laster kan även en större grupp olika apparater åsyftas, exempelvis om man slår ihop, eller *aggregerar*, all elektrisk utrustning i en bostad till en last som då representerar den bostaden. Man kan även aggregera ihop alla laster i ett helt distributionsnät. Och det är denna aggregerade lasts spänningsberoende som är intressant att kolla på vid CVR-studier och som säger något om hur effektuttaget och nätförluster påverkas av en spänningssänkning.

För att få en uppfattning av effektiviteten av CVR har begreppet CVR-faktor definierats. Man kan beräkna en faktor både för hur toppeffekten påverkas,  $CVR_{f,P}$ , och för hur den totala energiförbrukningen påverkas,  $CVR_{f,E}$ . Bägge faktorer beskriver förhållandet mellan toppeffekt- eller energiminskningen i procent och den genomsnittliga spänningssänkningen i procent enligt ekvationerna nedan.

$$CVR_{f,P} = \frac{\Delta W_{\%}}{\Delta V_{\%}}$$

$$CVR_{f,E} = \frac{\Delta Wh_{\%}}{\Delta V_{\%}}$$

En CVR-faktor på 0,5 betyder alltså att för en 2 % sänkning av spänningen minskar toppeffekten eller energiförbrukningen med

1 %. Typiska värden på CVR-faktorer i nordamerikanska studier ligger mellan 0,3 och 0,8.

Nu kanske man spontant tänker att det bara är att sänka spänningen så mycket det går eftersom det åtminstone enligt nordamerikanska studier verkar finnas en ganska stor potential att minska effektuttag. Men detta leder oss till det andra fenomenet som måste tas hänsyn till - spänningskvalitet.

I Sverige är det reglerat i lag att spänningen ute hos elanvändare inte får variera mer än  $\pm 10\%$  från nominell spänning. Det är då upp till nätägarna att se till att spänningen på hela distributionsnätet regleras så att detta krav uppfylls.

I den fullständiga rapporten har ett system baserat på ett verkligt svenskt distributionsnät modellerats med hjälp av mjukvaran OpenDSS. På detta system har simuleringar körts med olika spänningsregleringsmetoder, olika spänningsberoenden på lasterna samt för olika dygnsmätvärden (ett sommardygn och ett vinterdygn).

Resultaten tyder på att det finns potential, i synnerhet om man i realtid skulle kunna uppskatta, eller till och med förutspå, nätets aggregerade spänningsberoende så att CVR kan aktiveras när, och där, det är som mest gynnsamt. Utan återkoppling från nätet kan det dock vara svårt att veta hur stor spänningssänkning man säkert kan göra utan att äventyra kraven på spänningskvalitet, och här hade smarta elmätare kunnat spela en stor roll.