

Rapport

Virkingen av spenningsregulering på energibruk

Forfatter(e)
Henrik Kirkeby



Foto: Shutterstock

SINTEF Energi AS

Postadresse:
Postboks 4761 Sluppen
7465 TrondheimSentralbord: 73597200
Telefaks: 73597250energy.research@sintef.no
www.sintef.no/energi
Foretaksregister:
NO 939 350 675 MVA

Rapport

Virkningen av spenningsregulering på energibruk

EMNEORD:
Spenningsregulering
EnergibrukVERSJON
2.0DATO
2015-08-24FORFATTER(E)
Henrik KirkebyOPPDRAGSGIVER(E)
Enova SFOPPDRAGSGIVERS REF.
Oskar GårdemanPROSJEKTNR
502000701ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
13

SAMMENDRAG

Denne rapporten tar for seg virkningene av spenningsregulering på energibruk, sikkerhet ved bruk av elektriske apparater ved spenningsregulering, og påvirkning på kraftsystemet som helhet. Spenningsregulering for å redusere energiforbruk vil være hensiktsmessig i spesifikke tilfeller. Energibesparelser vil kunne realiseres i tilfeller hvor lasten består av utstyr som leverer mindre effekt når spenningen senkes og som ikke er termostatstyrt. I hovedsak gjelder dette noen typer belysningsanlegg og lavt belastede asynkronmotorer uten kraftelektronikk. En energibesparelse vil i disse tilfellene hovedsakelig bli realisert gjennom mindre lys og mindre utført arbeid av asynkronmotorene, og i noen grad økt effektivitet avhengig av type utstyr. Ytelsen av elektriske apparater kan påvirkes negativt om ikke nødvendige forhåndsregler blir tatt ved spenningsregulering. Virkningen på distribusjonsnettet ved spenningsregulering er positiv, så lenge virkning på energiforbruk også er positiv. Noen typer utstyr har også andre egenskaper som påvirker distribusjonsnettet positivt.

UTARBEIDET AV
Henrik KirkebyKONTROLLERT AV
Helge SeljesethGODKJENT AV
Knut Samdal

SIGNATUR



SIGNATUR



SIGNATUR

RAPPORTNR
TR A7394ISBN
978-82-594-3584-2GRADERING
ÅpenGRADERING DENNE SIDE
Åpen

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	5
2	Forutsetninger for at spenningsregulering gir redusert energiforbruk	6
3	Sikkerhet ved bruk av elektrisk utstyr	9
4	Påvirkning av spenningsregulering på kraftsystemet	11
5	Konklusjon	12
6	Kilder	13

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2014-03-25	Første utgave
2.0	2015-08-24	Oppdatert mtp tilgjengelig teknologi, mer informasjon om sekundærvirkninger, enkelte endrede formuleringer i konklusjonen, og språklige oppdateringer.

1 Innledning

For å kunne si noe om virkningen av spenningsregulering er det naturlig å beskrive hvordan spenningen påvirker energiforbruket til en last. Forbruk av elektrisk energi kan karakteriseres på ulike måter, en vanlig måte å karakterisere last på er ved en såkalt ZIP-modell. I denne modellen representerer:

- "Z" konstant impedanslaster, og effekten i denne typen last er proporsjonal med kvadratet av spenningen. Eksempler på denne type last er glødepærer og varmeelementer.
- "I" konstant strømlaster, og effekten i denne type last er proporsjonal med spenningen. Eksempler på konstant strømlast er lysstoffrør og asynkronmotorer.
- "P" konstant effektlast, som er uavhengig av spenningsnivået. Denne typen last inkluderer typisk utstyr og apparater med kraftelektronikk som en del frekvensstyrte motordrifter, datamaskiner og enkelte typer lamper.

Alle laster modelleres med en viss andel av hver type lastkarakteristikk ved bruk av koeffisienter, men det er ofte en karakteristikk som dominerer.

Denne modellen tar ikke høyde for at noen typer laster er termostatstyrt. Termostatstyrt last vil i praksis ha tilnærmet likt energiforbruk, fordi mengden energi som trengs for å holde en temperatur til et bestemt nivå ikke er avhengig av spenningen. Derfor vil for eksempel en termostatstyrt varmeovn ha konstant gjennomsnittlig effekt, selv om den uten termostatstyring vil modelleres som en konstant impedanslast.

Tanken bak spenningsregulering er at om man senker spenningen, så vil to av disse tre lasttypene få lavere gjennomsnittlig effekt så lenge lasten ikke er termostatstyrt, og dermed synker energiforbruket. Denne rapporten har spenningssenking som fokus, men spenningsregulering kan i teorien også bestå av å øke spenningen. Spenningsregulering som energiltak er en hittil ikke så mye brukt metode i Norge, men det har i de siste årene blitt gjennomført flere norske prosjekter. Teknologien er mer vanlig i andre deler av Europa, blant annet i Danmark og Storbritannia. I 1995 ble spenningsnivået i Europa harmonisert, så flere land gikk fra 220 V eller 240 V til 230 V. I for eksempel Storbritannia var nominell nettspenning tidligere 240 V, og populariteten til spenningsregulering i Storbritannia kommer blant annet av at spenningsnivået flere steder i nettet fortsatt er høyt i forhold til den normaliserte standarden på 230 V. Å tilbakebetale kostnaden ved installasjon av spenningssenkende utstyr er også kortere i Europa, ettersom kraftprisene er høyere enn i Norge.

Denne rapporten er i hovedsak utarbeidet basert på generell kunnskap fra SINTEF Energi, arbeid i forbindelse med SINTEF Energis prosjekt "Verifikasjon av energiøkonomisk spenningsregulering i distribusjonsnett" og fra rapporten "Guide til spændingsstyring i erhvervsvirksomheder" av Dansk Energi Analyse A/S [1]. Den danske rapporten er et resultat fra et forskningsprosjekt i regi av danske ELFORSK, hvor virkningen av spenningsregulering på energibruk i næringslivet er studert. Forskningsprosjektet belyser i stor grad hvilken nytte spenningsregulering vil ha blant annet ut i fra informasjon om hvilke typer last som gir redusert energiforbruk ved spenningssenking.

2 Forutsetninger for at spenningsregulering gir redusert energiforbruk

Forskningsprosjektet som ELFORSK gjennomførte, viser at om spenningsregulering skal være økonomisk så må brukstiden og størrelsen på den delen av lasten som får redusert effekt ved lavere spenning, være tilstrekkelig høy. Spenningssenking i et anlegg uten å kartlegge energibesparelspotensialet ved å undersøke lasten er ikke god praksis. Spenningsavhengig last må kartlegges og brukstiden må fastslås. Størrelsen på den mulige spenningssenkingen må bestemmes, og gevinsten til energibesparelsen bør sammenlignes med andre alternativer som å bytte ut det elektriske utstyret eller å installere nye kontrollsystemer. Seriøse aktører vil alltid gjennomføre slike studier før spenningsregulering blir implementert, for eksempel ved å bruke modeller tilsvarende modellen presentert i ELFORSK prosjektets resultater.

Det er i hovedsak belyningsanlegg uten kraftelektronikk og LED-lys, som har den største gevinsten av spenningssenking. Asynkronmotorer uten kraftelektronikk vil også kunne realisere besparelser om det er mindre motorer lavere belastet enn 50 %.

Ulempen med spenningssenking er at avgitt lys og motoreffekt minker. Et belyningsanlegg vil avgi mindre lys om spenningen senkes, hvor mye belyningen minker avhenger av typen belysning. En oversikt over påvirkningen av spenningssenking på ulike lyskilder finnes i [2]. En fordel ved å senke spenningen er at avgitt lux per watt er høyere ved lavere spenningsnivåer for blant annet konvensjonelle lysstoffrør med spoler. Ved 10 % spenningssenking ble det registrert 6 % økning i lux per watt for denne lyskilden. Det er dermed to faktorer som kommer inn i spill ved spenningssenking i belyningsanlegg: belyningen og energiforbruk synker, men avgitt lysmengde synker ikke like mye som forventet fordi effektiviteten til lysstoffrør er høyere ved lavere spenninger. Virkningen av redusert energibruk og utstråling er større enn virkningen av høyere virkningsgrad. Potensialet for spenningsregulering er dermed størst i anlegg som har et for kraftig dimensjonert lysanlegg hvor lysnivået kan senkes uten problemer. I et fornuftig dimensjonert anlegg (passe mengde lys ved nominell spenning) vil det dermed ikke være store besparelser å realisere ved spenningssenking, med mindre spenningen er unaturlig høy i utgangspunktet og påvirker levetiden eller funksjonaliteten av apparatene negativt.

Hvordan motorer blir påvirket av spenningsregulering avhenger av belastningen og størrelsen til motoren. Å redusere spenningen til en lavt belastet motor, fører til økt effektivitet og redusert ytelse. Denne virkningen er større om motoren er liten, potensialet er beskrevet i [3]. Dermed vil effekten av spenningssenking på lavt belastede motorer følge lignende mekanismer som spenningssenking på belyningsanlegg. I termostatstyrte utstyr som kjøleanlegg så vil ikke energien brukt til kjøling reduseres, kun den økte effektiviteten i kompressoren vil bidra til redusert energibruk. Dermed vil samme komfortnivå oppnås ved lavere energibruk. Størrelsen av energibesparelsen er avhengig av motorens størrelse og belastning, så det må derfor kartlegges i hvert enkelt tilfelle om spenningsregulering kan bidra til redusert energiforbruk i termostatstyrt utstyr. For eksempel vil en 20 % belastet 22 kW motor har potensiale til å redusere tapene i motoren 20 % [4]. Å redusere spenningen til en høyt belastet motor vil føre til en noe redusert ytelse, men stor økning i tap fordi motoren trekker en høyere strøm når spenningen blir redusert. Totalt sett vil motoren trekke mer effekt, men utføre mindre arbeid. Den økte strømmen bidrar også til økte tap i tilledningen til motoren. Det er dermed ugunstig å senke spenningen på motorer belastet over ca. 50 %. I mange typer motorarbeid dimensjoneres motoren for en gjennomsnittlig belastning over 50 %. Gjennomsnittlig motorbelastning for ulike typer arbeid er listet opp i [1]. Om det oppdages besparelspotensialer i motorlaster under kartlegging av mulige energibesparelser, så kan dette også bety at motoren er feildimensjonert. Dermed bør det også vurderes om det skal installeres en motor med en lavere ytelse for å oppnå en høyere belastningsgrad, heller enn å senke spenningen. Er motoren derimot designet for en høy maksbelastning som oppstår sjelden og motoren oftere kjøres på en lavere belastning vil det være potensiale for energibesparelser.

Når spenningsregulering gir lavere energiforbruk, vil eventuelt kjølebehov også bli mindre i sommermånedene, som fører til en ekstra energibesparelse om installasjonen har kjøleanlegg. Ettersom det er belyningsanlegg og motorer det er mest aktuelt å drive spenningsregulering på, så finnes det også spenningsregulerende utstyr spesielt designet for disse to komponentene.

Noen typer last er ugunstig å spenningsregulere. Kraftelektronikk i for eksempel i frekvensstyrte motorer, PC'er, TV'er, T5 lysstoffrør, og mange ulike typer elektrisk forbruksutstyr vil regulere strømmen slik at effekten levert til apparatet blir konstant uavhengig av spenningen, så lenge denne er innenfor operasjonsområdet til kraftelektronikken som ofte er helt ned til rundt 100 V. Å senke spenningen vil dermed ikke bidra til noen reduksjon i energiforbruk, tvert om vil den økte strømmen øke tap i tilledningen til utstyret og internt i utstyret.

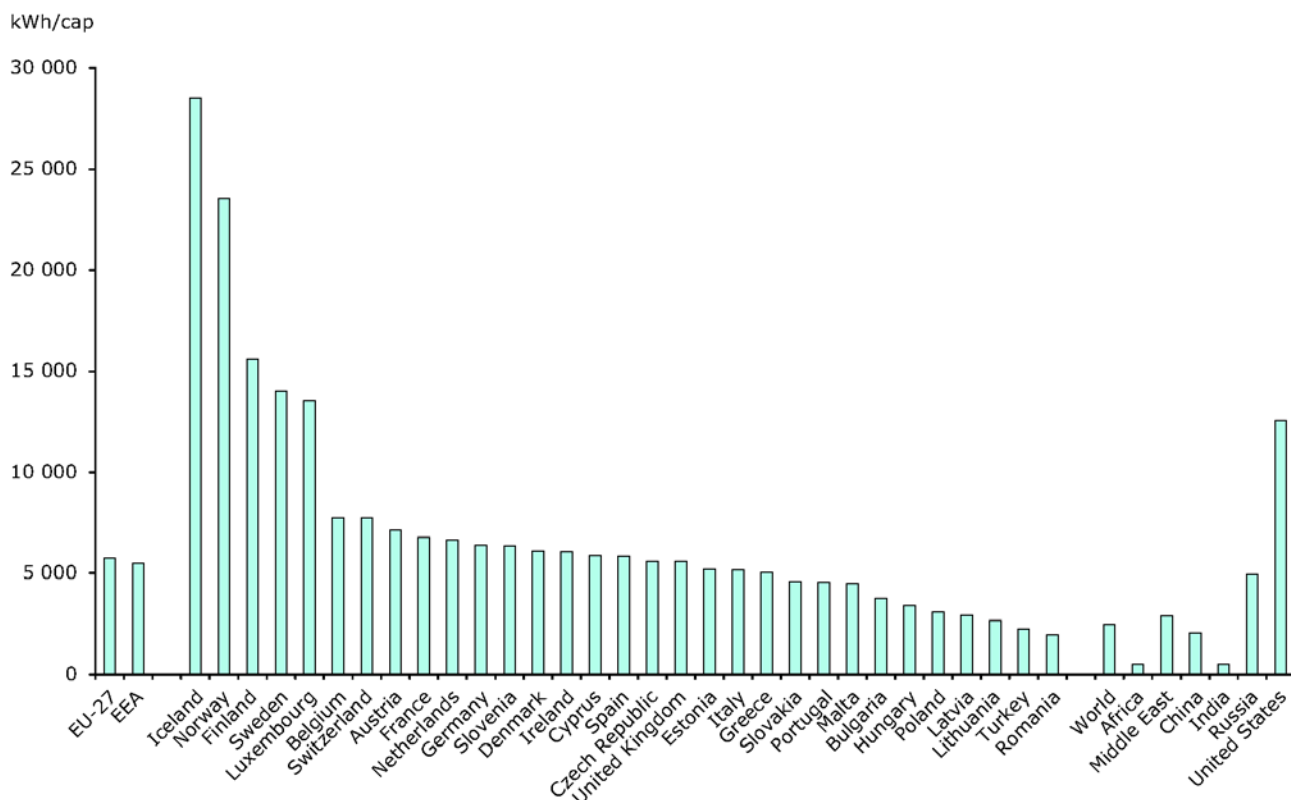
En annen type last som er ugunstig å regulere er termostatstyrt last. I norske husstander og til en viss grad også i næringsbygg er dette i hovedsak romoppvarming og oppvarming av varmtvann. Energiforbruket er i dette tilfellet styrt av mengden energi som er påkrevd for å dekke oppvarmings- og varmtvannsbehovet i installasjonen, og en redusert spenning bidrar dermed ikke til redusert energiforbruk. Effekten i hvert enkelt apparat vil synke, men tiden apparatet er på vil øke så energiforbruket og gjennomsnittlig effekt i apparatet er konstant. Å spenningsregulere større mengder termostatstyrt last vil ha noe negativ påvirkning på kraftsystemet, dette er mer diskutert i kapittel 4.

Sluttforbruket av elektrisk energi i Norge skiller seg fra resten av Europa, slik figur 1 viser. Årsaken til at energiforbruk er høyere i Norge, er bruken av elektrisitet til oppvarming, som kommer av at kraftprisen både har vært og er lav sammenlignet med Europa. I en gjennomsnittlig husstand i Norge vil ca. 80 % av sluttforbruket av elektrisk energi være relatert til oppvarming av rom og varmtvann som krever en bestemt energimengde [5]. Når sluttforbruket av elektrisitet i hovedsak består av denne typen last vil spenningsregulering ikke gi energibesparelser, energiforbruket i husstanden vil faktisk øke på grunn av den lavere systemeffektiviteten når spenningsreguleringsutstyr kobles på. 6 % av sluttforbruket går til belysning, som er den største kilden til mulige energibesparelser. Potensialet for energibesparelser i sluttforbruk av elektrisitet i elektronikk, vasking og kjøling (ca. 10 % av alt sluttforbruk) vil eventuelt være relatert til høyere effektivitet i motorer som er lavt belastet. Det er viktig å påpeke at 5 % av dette potensialet er kjølebehovet, og selve energien brukt til nedkjøling vil være konstant ved spenningsregulering, kun høyere effektivitet i kompressorer og vifter vil føre til redusert energiforbruk. De resterende prosentene går til bruk av PC og matlaging, hvor potensialet for energibesparelser er svært lavt. Å redusere spenningen med spenningssenkende utstyr i en gjennomsnittlig norsk husstand vil dermed ikke føre til store besparelser. Seriøse aktører anser nok ikke husstander som de mest aktuelle kundene, noe studier av besparelspotensial også vil bekrefte. For husstander tilkoblet fjernvarmenett blir bildet annerledes, ettersom 80 % av forbruket ikke lenger kommer fra el.

Spenningsregulering har noen positive sideeffekter. Levetid på elektrisk utstyr kan være lav om spenningen i installasjonen er høy og spenningssenking kan da øke levetiden til en del utstyr. Spesielt i belyningsanlegg kan det være fordelaktig å senke spenningsnivået for å sikre god levetid på anlegget. Om spenningsoptimering installeres heller enn spenningsregulering, så kan dette bidra til å øke spenningskvaliteten i installasjonen. Et spenningsoptimeringsapparat har som mål både å senke spenningen og å holde den på et konstant nivå, heller enn å senke spenningen for eksempel 10 %. Disse vil bidra til økt spenningskvalitet i den aktuelle installasjonen, som for eksempel for å minimere ubalanse og å øke effektfaktoren¹. Disse kan være basert på kraftelektronikk, og slike apparater finnes blant annet i Storbritannia. Ulempen til disse apparatene er høyere tap og innkjøpskostnad. Det finnes også

¹ Effektfaktor er en betegnelse for andel aktiv effekt i forhold til summen av aktiv og reaktiv effekt (tilsynelatende effekt)

spenningsoptimeringsutstyr basert på viklinger, som er rimeligere og med lavere tap (rundt 99 % effektivitet ved merkeeffekt). Disse lages av blant annet PSS Energy og Power Sines.



Figur 1 Sluttforbruk av elektrisk energi per capita [6]

3 Sikkerhet ved bruk av elektrisk utstyr

Det viktigste momentet ved bruk av spenningsregulering med tanke på sikkerhet, vil være å kontrollere om alt utstyr, spesielt kritisk utstyr som IT-infrastruktur, medisinsk utstyr og heiser, vil være innenfor det spesifiserte spenningsområdet utstyret er designet for å fungere med. Spenningen i Norge skal på inntaket til kundene i følge Forskrift om Leveringskvalitet være $230\text{ V} \pm 10\%$, altså mellom 207 og 253 V. Det meste utstyr som selges er ofte designet for en nominell spenning på 230 V, men skal kunne benyttes innenfor dette intervallet.

Ytelsen til motorer kan bli påvirket negativt av spenningsregulering. Ved lavere spenning får motorer lavere startstrøm og dermed lavere startmoment. Reduseres spenningen 10 % så vil startmomentet reduseres med 19 %, som resulterer i lengre oppstartstid og i noen tilfeller oppstartsproblemer. Ved bruk av spenningsregulering bør derfor virkningen av spenningssenking på utstyr som heiser og annet utstyr som krever høy pålitelighet, kontrolleres svært nøye i analysen som gjøres for å fastslå besparelespotensialet.

I Storbritannia hvor spenningsregulering er mer vanlig enn i Norge, så har Lift and Escalator Industry Association utgitt en nyhetsartikkel: "Energy Saving by Building Voltage Reduction: Considerations for Lifts and Escalator products"[7]. Her tar de for seg noen momenter som bør undersøkes ved bruk av spenningsregulering, som for eksempel at:

- Det må kontrolleres om spenningsnivået er innenfor det tillatte nivået til utstyret
- Innstillingene til eventuelle transformatorer bør stilles inn på nytt til det nye spenningsnivået
- Det må kontrolleres om kontrollsystemet fungerer etter spenningssenking
- Det må foretas en vurdering om hastigheten på heisen eller rulletrappen er akseptabel etter spenningssenkningen

Dette viser at spenningsregulering ikke er en rett fram prosedyre, og at funksjonaliteten til utstyr som påvirkes av spenningsreguleringen bør kartlegges. Elektriske apparater som har settpunkter for når de skal skrus av og på, som for eksempel UPS'er, må kontrolleres og eventuelt stilles inn på nytt etter en foretatt spenningssenking.

Ved spenningssenking på noen typer apparater, som for eksempel høyt belastede motorer og kraftelektronikk, så vil også strømmen øke når spenningen faller, og dette kan forringe levetiden på utstyret. For andre typer utstyr, spesielt belysningsutstyr, vil redusert spenning kunne føre til økt levetid på utstyret.

Et viktig moment ved spenningsregulering er at det blir tatt hensyn til det punktet i installasjonen som har lavest spenning når det blir dimensjonert for spenningsregulering. Selv om inntaket til installasjonen for eksempel har 240 V, betyr ikke dette at spenningen er 240 V over alt i installasjonen. Anbefalt maksimum spenningsfall i en installasjon i NEK 400 2006:525 [8] er 4 %, men spenningsfallet kan være enda litt større. Det vil derfor være punktet med lavest spenning, eller et annet punkt med utstyr som setter begrensninger på minimumspenning, som er dimensjonerende for maksimal tillatt spenningssenking. Videre bør spenningen i det aktuelle punktet måles på det tidspunktet i året hvor spenningen er lavest, noe som typisk vil være de kaldeste vinterdagene i de fleste installasjoner i Norge. Om spenningsoptimering benyttes må kun spenningsfallet internt i installasjonen måles, siden spenningsnivået reguleres til en konstant verdi hele året.

Ved spenningssenking kan utstyr i installasjonen bli mer sensitivt for spenningsdipp ved feil i kraftnettet. De laveste spenningsdippene installasjonen opplever, vil bli enda lavere når spenningsregulering benyttes, og dette kan påvirke utstyr i installasjonen negativt. Er for eksempel spenningen regulert fra 230 V ned til 212 V, så vil en spenningsdipp på 13 % fra uregulert spenning gi en spenning på 200.1 V, mens for en

nedregulert spenning vil dette resultere i en spenningsdipp ned til 184,4 V. Dermed blir utstyret i installasjonen mer sårbart. Det varierer hvor utsatt installasjoner er for spenningsdipp, og det er tilgjengelig tilleggsutstyr som kan beskytte mot spenningsdipp.

Støy i nettet vil kunne påvirke kontrollsystemet til det spenningsregulerende utstyret, men påvirkningen på kontrollsystemet for spenningsregulering er noe SINTEF Energi har begrenset detaljkunnskap om. Men som for alt annet utstyr, så gjelder det at spenningsregulerende utstyr skal være godkjent for å kunne tåle støy opp til de tillatte grensene for støy i distribusjonsnettet som er satt i "Forskrift om leveringskvalitet" [9].

4 Påvirkning av spenningsregulering på kraftsystemet

Påvirkningen på distribusjonsnettet ved bruk av spenningsregulering avhenger blant annet av lasten i de tilknyttede installasjonene. Spenningsavhengig utstyr uten termostatstyring vil bidra til å redusere effekt i distribusjonsnettet, og har dermed positiv virkning på kraftsystemet. Utstyr som har konstant effekt vil ikke påvirke kraftsystemet, ettersom den økte strømmen i installasjonen vil bli transformert i spenningsreguleringsutstyret til den strømstyrken apparatet ville trukket fra nettet uten spenningssenking. Utstyr som trekker en noenlunde konstant strøm, som for eksempel motorer og lysstoffrør, vil også bidra til å redusere nettap og effekttopper i nettet.

Som et eksempel kan den nevnes at en vanlig norsk husholdning vil ca 80 % av lasten være termostatstyrt, som har et upåvirket energibruk ved spenningsregulering. Spenningsregulering medfører at brukstiden til apparatet vil bli høyere, og det må være på over en lengre periode for å dekke det samme energibehovet. Om en større gruppe kunder i et område installerer spenningsregulering, så vil dette bety at sammenlagingsfaktoren øker, ettersom sannsynligheten for at flere apparater er på ved samme tidspunkt øker [10]. (Om alle apparater er på samtidig blir sammenlagingsfaktoren 1.) At sammenlagingsfaktoren i distribusjonsnettet øker, betyr større tap i distribusjonsnettet, spesielt ved høy last hvor en inkrementell økning i last gir en mye større økning i tap enn ved lavere last. En tidligere undersøkelse i Trondheim viste at om spenningen under en nettstasjon økes fra 234 til 238 V, så vil tapene synke fra ca. 9,5 kW til litt under 7 kW. Tapene synker med andre ord over 26 % ved mindre enn 2 % spenningsøkning, ved høy last [5]. Disse tallene vil i noen grad være påvirket av lavere tap i kablene på grunn av den høyere spenningen, men mest på grunn av sammenlagingseffekten i distribusjonsnettet. Det er derfor forventet at om en større gruppe kunder senker spenningen i installasjonen i samme område, så vil tapene i nettet gå opp, spesielt ved høy last. Siden sammenlagingseffekten går ned, må man også forvente at makseffekten i distribusjonsnettet går opp.

Spenningsregulering har dermed en positiv virkning på distribusjonsnettet i de situasjonene det har en positiv virkning på energibruken i de tilkoblede installasjonene. I installasjoner hvor spenningsregulering har liten eller negativ påvirkning på energibruken vil spenningsregulering uansett ikke være relevant.

En sekundær virkning er at spenningsregulerende utstyr også påvirker spenningskvaliteten. Virkningen av det spenningsregulerende utstyret avhenger av teknologivalget. For spenningsregulering i form av en fast spenningssenking ved bruk av viklinger, så vil utstyret kunne filtrere bort høyfrekvente overharmoniske, slik at kunden bak det spenningsregulerende utstyret får noe bedre spenningskvalitet enn ellers i nettet. Emisjonen i form av overharmoniske fra kundens elektriske utstyr som inneholder kraftelektronikk vil da også kunne bli mindre. Spenningsoptimeringsutstyr basert på omformere har på den annen side ulempen at det produserer harmoniske strømmer som må filtreres og kan skape støy i kraftnettet og hos kunden. Disse punktene er ikke fremtredende virkninger ved bruk av spenningsregulerende utstyr.

Spenningsoptimeringsutstyr, både basert på omformere og viklinger, vil ha tilsvarende virkning som spenningsreguleringsutstyr med fast spenningssenkning, men kan i tillegg minimere uttak av reaktiv effekt. Om det til vanlig forbrukes reaktiv effekt vil bruk av spenningsoptimeringsutstyr redusere tap i nettet. Om utstyret regulerer spenningen i alle tre faser individuelt, vil også ubalanse minimeres. Ubalanse forårsaker økte tap i bl.a. trefasemotorer og transformatorer, og om ubalanse reduseres vil tap i, og i noen grad utenfor, installasjonen reduseres. SINTEF Energi har inntrykk av at det er spenningsoptimeringsutstyr basert på viklinger som er mest utbredt i dag, og dermed er mest relevant å kommentere.

SINTEF Energi kan ut over dette ikke se noen signifikante påvirkninger på distribusjonsnettet annet enn punktene diskutert ovenfor.

5 Konklusjon

Spenningsregulering kan være et godt alternativ for å redusere energiforbruk i installasjoner hvor det er tilstrekkelig mengde last som får redusert effekt ved spenningsreduksjon. Dette vil i praksis være belysningsanlegg, unntatt lys med elektroniske forkoblinger og LED-lys, samt installasjoner med lett belastede motorer, som indikert i tabell 1. I andre type anlegg, som anlegg med høyt belastede motorlaster, kraftelektronikk- eller termostatstyrt last er spenningsregulering ugunstig.

Last med høy andel av følgende type utstyr	Virkning av spenningsregulering på energibruk
Enkelte typer lysanlegg ²	Positiv
Lavt belastede motorer	Positiv
Termostatstyrt last ³	Svakt negativ
Last med høy andel kraftelektronikk	Svakt negativ
Høyt belastede motorer	Negativ

Tabell 1: Oppsummering av spenningsregulerings virkning på energiforbruk for ulike typer last

Det er vanlig å gjøre en utredning om hvilken virkning spenningsregulering har i det bestemte anlegget, både med tanke på belysningsstyrke, motoreffekt, energibesparelser, sikkerhet og økonomi for å kunne fastslå om spenningsregulering vil være et godt tiltak. I eksisterende anlegg vil spenningssenkning gi lavere belysningsstyrke, og mindre levert effekt av motorene. I et fornuftig dimensjonert anlegg vil det dermed ikke være ønskelig å redusere belysningsstyrken mye, med mindre det ønskes å oppnå andre effekter som økt levetid på anlegget. For noen typer installasjoner er det ikke ønskelig å minske motorlastene om anlegget er fornuftig dimensjonert. I anlegg hvor det er et besparelspotensial ved spenningsregulering, så bør dette vurderes mot andre tiltak som for eksempel å installere lysstyringssystemer, eller å bytte ut hele eller deler av anlegget. Om summen av fordeler er større enn ulempene vil spenningsregulering være et godt tiltak for å redusere energibruk.

Spenningsregulering kan være et alternativ for å redusere energibruk ved nybygging om det tas høyde for at lux per watt er høyere ved lavere spenning for noen belysningstyper. Om spenningen er høy i anlegget kan det også være ønskelig å senke spenningen for å bidra til høyere levetid på anlegget. Det kan være et besparelspotensial ved høyere effektivitet ved lavere belastning på små motorer, men hovedprioriteringen bør være å installere rett størrelse og type motor til oppgaven som skal utføres.

Spenningsregulering av husstander vil være ugunstig for en gjennomsnittlig norsk husholdning, om formålet er redusert energiforbruk. Dette er heller ikke vanlig. Potensiell energibesparelse er lav, systemeffektiviteten i installasjonen går ned, i storskala-implementering vil påvirkningen på nettap i distribusjonsnettet være negativ, og det vil være en kostnad å installere utstyret. Spenningsregulering av husstander, og andre installasjoner, kan likevel være en god idé i de tilfellene hvor spenningen er høy i utgangspunktet som for eksempel hos kundene nærmest nettstasjonen, formålet vil da være økt spenningskvalitet og økt levetid på elektrisk utstyr heller enn energiøkonomisering.

² Gjelder belysningsanlegg bortsett fra LED-lys eller lys med elektroniske forkoblinger

³ Gjelder termostatstyrte laster med konstant impedans, ikke termostatstyrt motorlast som for eksempel kjøleanlegg.

6 Kilder

- [1] Guide til spændingsstyring i erhvervsvirksomheder, Delrapport til Elforsk PSO-projekt nr. 343-004, 2012
- [2] Laboratoriemålinger af lyskilders spændingsafhængighed, Delrapport til Elforsk PSO-projekt nr. 343-004, 2012
- [3] Laboratoriemålinger af asynkronmotorers spændingsafhængighed, Delrapport til Elforsk PSO-projekt nr. 343-004, 2012
- [4] Elmotoren bliver nu endnu mere effektiv, Mogen Johansson Dansk Energi Analyse A/S, artikel i Vedlikehold, Drift & Økonomi, Nr.1 februar 2010
- [5] Regression Analysis of electric load and losses in a Smart Grid, Tommy Svarva Hårstad, Study specialization project work, department of Electrical Power Engineering at NTNU, 2013
- [6] Electricity consumption per capita (in kWh/cap) in 2008, European Environment Agency, <http://www.eea.europa.eu/>
- [7] Energy Saving by Building Voltage Reduction: Considerations for Lifts and Escalator products, LEIA UK, 2011
- [8] NEK 400 2006:525, NK64, Norsk Elektroteknisk Komite, 2006
- [9] Forskrift om Leveringskvalitet, FOR-2004-11-30-1557, Olje og Energidepartementet, 2012
- [10] Spenningsavhengighet i tap for termostatstyrte impedanser, Håkon Gabrielsen, SINTEF Energis prosjekt: Verifikasjon av energiøkonomisk spenningsregulering i distribusjonsnett, 2013



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no