

Vejledning til offentlige og private virksomheder om nødstrøm

- Sådan sikrer du dig!



1. Forord	4
2. Hvis der bliver strømafbrydelse	5
Strømafbrydelser	5
Krav om beredskab?	5
3. Planlægning af sikring mod strømafbrydelser	6
Beredskabsplanlægning	6
4. Hvorfor sikre sig mod strømafbrydelser?	7
Organisationen har samfundskritiske funktioner	7
Stigende afhængighed af it, betyder også øget afhængighed af strøm	7
Organisationen har en økonomisk interesse i at sikre sig	7
Organisationen skal kunne foretage kontrolleret nedlukning	7
5. Kritisk elforbrug	8
Vurdering af kritisk elforbrug	8
6. Vurdering af elforbrug	9
Elforbruget varierer	9
7. Nødstrømsgeneratorer	10
Hvad er en nødstrømsgenerator?	10
Dimensionering	10
Placering	10
8. UPS-anlæg	11
Hvad er et UPS-anlæg?	11
Placering	11
9. Konsekvenser ved strømafbrydelser	12
Konsekvensvurdering	12
Sikringsniveau	12
10. Drift og vedligehold	13
Afprøvning af anlæg	13
11. Økonomi	14
Omkostninger til sikring	14
Anskaffelse	14
Installation	14
Drift og vedligehold	14
Samlet overslag	15
Nødstrøm kan give indtægter	16
12. Om strømafbrydelser	17
Hvad er en strømafbrydelse?	17
Traditionelle årsager til strømafbrydelser	17
Nye årsager til strømafbrydelser	17
Spændingsdyk	18
13. Sandsynligheden for strømafbrydelser	18

1. Forord

Denne vejledning om nødstrøm er første gang udgivet af Energistyrelsen i 2010 og siden opdateret flere gange senest januar 2023. Formålet med vejledningen er at oplyse offentlige og private institutioner og virksomheder om mulighederne for at sikre sig mod strømafbrydelser og belyse relevante aspekter af nødstrømsforsyning.

Vejledningen er blandt andet baseret på erfaringer fra en undersøgelse af de offentlige institutioners sikring mod strømafbrydelser foretaget sammen med Rigsrevisionen i 2009, og konkrete eksempler på erfaringer og løsninger for udvalgte institutioner er anvendt. Endvidere er vejledningen baseret på erfaringer fra tværgående analyse af kontrolleret strømafbud fra 2022, som er foretaget med inddragelse af en række myndigheder.

Det anbefales at søge kompetent rådgivning i forbindelse med konkrete nødstrømsprojekter.

Energistyrelsen 2023

2. Hvis der bliver strømafbrydelse

Strømafbrydelser

Trods høj forsyningsikkerhed i det offentlige danske elsystem, kan der ske strømafbrydelser i mindre eller større omfang. Afbrydelser sker oftest af tekniske årsager f.eks. komponentfejl, udbygning og vedligeholdelse af elnettet, storme, isbelægning, voldsomme skybrud, eller menneskelige fejl som fx overgravning af kabler. Årsagen til strømafbrydelser kan bl.a. også skyldes effektmangel, hvor der er utilstrækkelig elproduktion til at dække efterspørgslen.

Konsekvensen af manglende effekttilstrækkelighed vil typisk være kontrollerede afkoblinger af elforbrugere i begrænsede områder i maks. 2 timer ad gangen (brownout). Brownout er det sidste værktøj, der tages i brug for at undgå et blackout, hvor alle elforbrugere mister strømmen. Der har ikke før været anvendt brownout i Danmark

Alle organisationer, private som offentlige virksomheder bør derfor overveje behov for beredskab overfor strømafbrydelse. Ledelsen i

offentlige organisationer er ansvarlig for, at der er et hensigtsmæssigt beredskab over for strømafbrydelser. Har din organisation et tilstrækkeligt beredskab ved strømafbrydelser?

Krav om beredskab?

Der er ikke fastsat generelle krav til, hvordan den enkelte offentlige organisation skal sikre sig mod strømafbrydelser. Ansvar for beredskabet bygger på det såkaldte sektoransvar, hvilket vil sige, at hver enkelt sektor (ministerområde) selv er ansvarlig for at sikre sig mod alle slags trusler, herunder strømafbrydelser. Det er derfor vigtigt, at de enkelte myndigheder, organisationer og virksomheder vurderer behovet for beredskab mod strømafbrydelser og om nødvendigt foretager en planlægning herfor, som er målrettet organisationens behov.

Planlægning af beredskab omfatter foruden valg af praktisk løsning af fx nødstrøm en række forskellige forhold som beskrevet i det følgende.

Den 23. september 2003 blev hele Østdanmark ramt af strømafbrydelse. Den primære årsag var en fejl på en koblingsstation i Sydsverige, som medførte et udfald af fire 400 kV-ledninger og to blokke på kernekraftværket i Ringhals. Forud var der sket et udfald af kernekraftværket Oskarshamn blok 3. Resultatet var et spændingskollaps i Sydsverige og i Østdanmark. I Danmark havde de sidste forbrugere strøm efter ca. seks timer. Der findes en lang række andre danske og udenlandske eksempler på større strømafbrydelser.

Den 24. februar 2022 udbrød krig mellem Rusland og Ukraine. Krigen har haft en række afledte effekter. Også elforsyningsikkerheden er påvirket. Ved sammenfald af flere faktorer, herunder bl.a. udetid på kraftværker og længerevarende vindstille og kold periode, er der øget risiko for utilstrækkelig elforsyning i Danmark. Danmarks transmissionsansvarlige, Energinet, har varslet, at det i yderste konsekvens kan blive nødvendigt at foretage kontrolleret strømafbrud.



Nødstrømsanlæg findes også som mobile anlæg. De kan benyttes, hvis fx ombygning gør det nødvendigt med ekstra sikkerhed.

3. Planlægning af sikring mod strømafbrydelser

Beredskabsplanlægning

Alle organisationer risikerer at blive udsat for afbrydelser i den offentlige strømforsyning af kort eller længere varighed inkl. kontrollerede afbrydelser i 2 timer ad gangen. Derfor er det nødvendigt at tage stilling til, hvordan strømafbrydelser skal håndteres, og i hvilket omfang det er acceptabelt, at organisationens funktioner berøres.

Planlægning over for strømafbrydelser kan i større eller mindre grad være skriftlig og dokumenterbar, men vigtigst er det, at alle relevante forhold bliver taget med i overvejelserne. En håndgribelig plan for øvelser bør udarbejdes, det kan identificere løbende udfordringer så som "single point of failure", manglende vedligehold af kritisk udstyr mm. Uden øvelser og test er risikoen for fejl og mangler i nødforsyning og beredskab store.



En planlægning over for strømafbrydelser kan indeholde overvejelser omkring:

Sårbarheder og konsekvenser

- Hvor sårbar er organisationen over for strømafbrydelser?
- Hvilke konsekvenser kan en strømafbrydelse medføre for organisationen?
- Ved hvilken varighed kan en strømafbrydelse blive kritisk for organisationen?

Behov

- Hvilke funktioner (om nogen) er kritiske og skal videreføres i tilfælde af strømafbrydelser? Hvor længe skal funktionerne kunne videreføres? Hvad er udviklingen i organisationens strømforbrug over tid?
- Hvilke effektbehov har de udvalgte kritiske funktioner?

Løsninger

- Skal der anskaffes nødstrømsgenerator og UPS-anlæg? (se beskrivelse af anlæggene side 7 og 8). Hvordan skal løsningen dimensioneres? Hvordan skal eventuelle anlæg placeres, så de sikres mod fx oversvømmelse?
- Hvad er omkostningerne, og hvilke faktorer har betydning for disse?
- Kan det hjælpe med en ekstra forsyningslinje fra det offentlige forsyningsnet?

Organisering

- Hvor i organisationen er ansvaret for beredskabet placeret?
- Hvilke rutiner for afprøvning, drift og vedligehold skal indføres i organisationen?
- Hvilke dele af organisationen skal informeres eller inddrages i beredskabet?

En forankring på ledelsesniveau af beredskabsplanlægningen kan være med til at sikre, at alle aspekter tænkes med, når den rette løsning skal vælges. Ledelsesmæssig forankring kan også være med til at sikre kontinuitet i principperne for beredskabsplanlægningen samt overensstemmelse mellem beredskab og funktioner under forandringer i organisationen.

4. Hvorfor sikre sig mod strømafbrydelser?

Der kan være forskellige årsager til, at en organisation vælger at sikre sig mod strømafbrydelser. En vurdering af sårbarheder og konsekvenser i den enkelte organisation kan føre til alt fra ingen sikring til en høj grad af sikring. Åbenlyse motiver til at sikre sig er:

Organisationen har samfundskritiske funktioner

En række offentlige organisationer varetager i større eller mindre omfang samfundskritiske funktioner. Hospitaler og sygehuse har fx behov for at sikre, at de fortsat kan opretholde de livsvigtige funktioner, de udfylder, også i tilfælde af en længerevarende strømafbrydelse.

Alle danske sygehuse har sikret sig mod strømafbrydelser, men det er forskelligt, hvilken beredskabsløsning man har valgt. Nogle sygehuse har valgt at dække hele elforbruget ind via nødstrøm, mens andre har valgt kun at sikre en række forudbestemte kritiske funktioner som fx operationsstuer, intensivafdelinger og laboratorier.

Nogle offentlige organisationer varetager funktioner, som det er samfundsmæssigt kritisk at opretholde i tilfælde af strømafbrydelse.



Instrumenter fra et nødstrømsanlæg.

Naviair, der varetager lufttrafikstyring i det danske luftrum, er et andet eksempel på en offentlig virksomhed med samfundskritiske funktioner. Naviairs operationelle drift kræver et højt sikringsniveau og virksomheden dækker således hele sit elforbrug ind via nødstrømsgeneratorer og UPS-anlæg og har samtidig fuld reserve for reserveerne.

Andre eksempler på samfundskritiske funktioner kan være myndigheder, som skal kunne operere i en krisesituation uanset strømafbrydelse.

Stigende afhængighed af it, betyder også øget afhængighed af strøm

It udgør for mange et essentielt værktøj til varetagelse af organisationens opgaver. It fungerer ikke uden strøm, så derfor er mange organisationer også mere afhængige af strøm end tidligere.

Organisationen har en økonomisk interesse i at sikre sig

Mange organisationer kan have et eget økonomisk rationale for at sikre deres fortsatte drift i forbindelse med strømafbrydelser eller at undgå udgifter til tab af data. I så fald kan organisationens vurdering især bestå i en afvejning af de anslåede omkostninger ved manglende drift ved strømafbrydelse og omkostningerne til etablering af nødstrøm.

Organisationen skal kunne foretage kontrolleret nedlukning

Nogle organisationer vil kun have behov for at lukke funktioner ned på kontrolleret vis, før strømmen afbrydes. Det kan gælde it-udstyr og andre funktioner.

5. Kritisk elforbrug

Vurdering af kritisk elforbrug

Det er ikke givet, at det er nødvendigt at kunne opretholde alle organisationens funktioner i tilfælde af strømafbrydelse. Den enkelte organisation kan foretage en afvejning af, hvilke funktioner (om nogen) der skal kunne videreføres og hvor længe. Er det kun it og kommunikation, eller er der flere vigtige områder, som skal medtages, eller skal hele organisationen være dækket? Det skal besluttes, om en kortvarig afbrydelse kan tolereres, eller om der ønskes blinkfri forsyning (se s. 8). På nogle områder (fx ventilation, køling, elevatorer og pumper) kan en afbrydelse på et minut måske være af mindre betydning, mens det i andre tilfælde kan være meget kritisk.



Ligeledes skal der tages stilling til en række forhold i forbindelse med installationen. Der kan opnås en særlig høj forsyningssikkerhed, hvis ledningsføringen og omstillingsmulighederne udføres således, at der kan skiftes mellem flere UPS- eller generatoranlæg. I så fald kan de vigtigste funktioner videreføres også ved fejl på nødstrømsanlæg eller UPS-anlæg.

Vurderingen af en organisations kritiske elforbrug indebærer således en prioritering af de væsentligste eller mest kritiske funktioner i organisationen.

På Statens Seruminstitut har man valgt at prioritere, hvilke funktioner der skal videreføres i tilfælde af strømafbrydelse. De prioriterede funktioner, som blandt andet dækker køling, fryser og dyrehold dækkes ind via nødstrømsgeneratorer. Institutet er delt op i to forsyningsområder med hver to nødgeneratorer. Hver hovedtavle er delt op i en A-forsyning, som udelukkende forsynes af bynettet og således ikke er omfattet af nødstrøm, og en B-forsyning, som foruden bynettet også forsynes af nødstrømsgeneratorerne. Det kritiske elforbrug, dvs. de prioriterede funktioner, er tilkoblet B-forsyningen.

Såfremt en organisation definerer dele af sit forbrug som kritisk elforbrug og således ikke sikrer opretholdelsen af hele organisationens forbrug ved strømafbrydelse bør man være opmærksom på, at funktioner i en bygning kan flytte over tid, og nye funktioner kan komme til. I så fald bør organisationen jævnligt – fx en gang årligt – vurdere, om hele det kritiske elforbrug fortsat er dækket af nødstrøm, samt gennemføre øvelser, der viser om det også virker i praksis.

Omvendt, hvis hele forbruget dækkes af nødstrøm, og der opstår nye tilslutninger med enten kritisk eller ukritisk forbrugsstatus, kan dimensioneringen af nødstrømsanlægget blive udfordret. F.eks. vil en udrulning af ladestandere til elbiler resultere i en høj effekttilslutning. Vurderingen bør inkludere en kortlægning af forsynings- og kommunikationsvejen til det kritiske elforbrug, for at kunne håndtere et eventuelt single point of failure opsætning.

Hvornår bliver elforbrug kritisk?

1 sekund, 1 minut, 10 minutter, 1 time, 2 timer, 24 timer, 1 uge?

- Vandforsyning / spildevand
- Opladning af hjemmeplejens elbiler
- Automatiseringsstyringen til slagtelinjen
- Støbemaskinen
- Medicinproduktionsovervågning
- Internet
- Mobiltelefoni
- Varme
- Elevatoren
- Tog
- Bus
- TV
- Børneinstitutioner
- Fastnet telefon
- Køl og frost i butikker
- Produktionsvirksomheder
- Varetransport, intern eller ekstern

6. Vurdering af elforbrug

Elforbruget varierer

Elforbruget varierer mellem årstiderne, mellem ugedagene og fra time til time, og tidspunktet med højest forbrug er ikke nødvendigvis placeret ens fra organisation til organisation. I figuren ses et eksempel på en forbrugskurve for Energistyrelsen på en vinterdag, mandag den 16. december 2022.

Variationen er vigtig for dimensioneringen af en nødstrømsgenerator, for hvis generatoren er underdimensioneret i forhold til forbruget, slår hele anlægget fra. En underdimensionering betyder således ikke, at en (mindre) del af forbruget ikke får levering, men at der slet ikke leveres strøm. Underdimensionering bør derfor undgås.

Af figuren ses, at styrelsens elforbrug denne specifikke dag var højest mellem klokken 9 og 10, hvor det nåede 82 kW. Denne time er et udtryk for det maksimale forbrug den pågældende dag, også kaldet spidslasten.

Energinet ejer og driver DataHub, der indsamler information og forbrug fra målepunkter med et måleinterval ned til 15 minutter – hvis målepunktet har denne opløsning.

Forbruget kan findes på www.eloverblik.dk

Men elforbruget svinger endnu mere fra sekund til sekund. For at kende sin organisations spidslast bør man se på forbrugskurven for hele året ikke kun på timebasis, men også på sekundbasis, da det maksimale elforbrug på sekundniveau vil indeholde højere effekter end gennemsnitsværdier ved måleinterval på 15 eller 60 minutter .

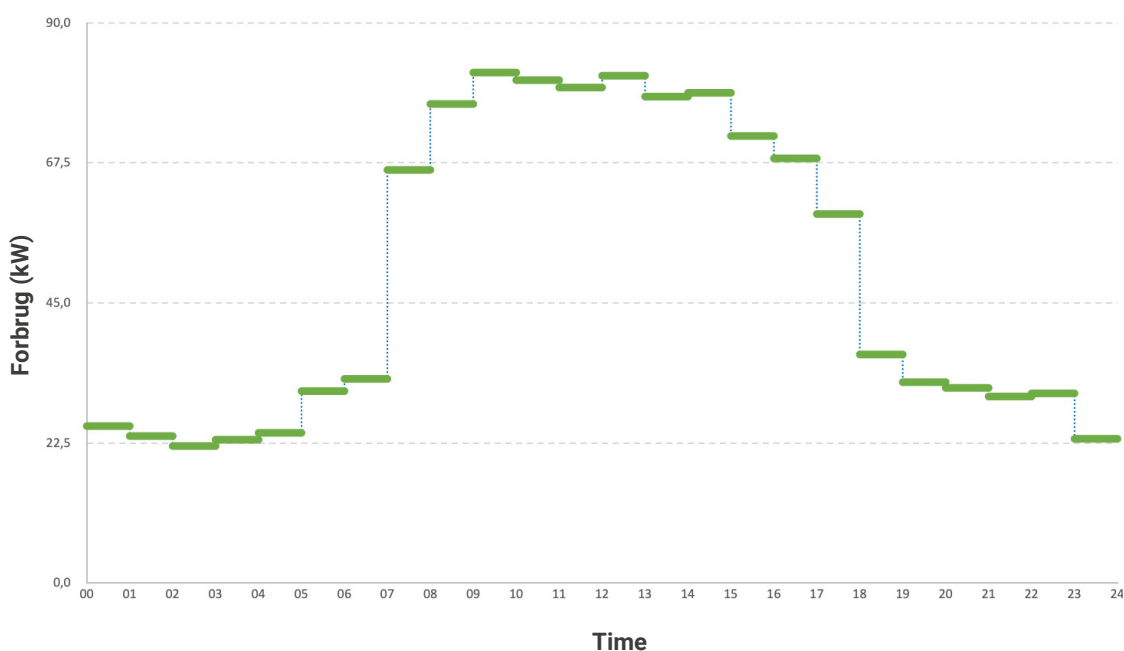
For at kunne dimensionere et nødstrømsanlæg skal man måle elforbrugets spidslast over en periode på to til fire uger med højt forbrug. Elinstallatører, elselskaber og rådgivere kan bistå med dette.

Spidslasten angives normalt i kW, mens nødstrømsanlægs ydeevne (effekt) ofte angives i kVA.

Følgende overslagsmæssig omregning mellem kW og kVA kan benyttes:

$$1 \text{ kVA} = 0,8 \text{ kW}$$

Energistyrelsens elforbrug 16. december 2022



7. Nødstrømsgeneratorer

Hvad er en nødstrømsgenerator?

Nødstrømsgeneratore kan levere strøm i mange timer. En nødstrømsgenerator består oftest af en generatorenhed (genset) med en brændstofmotor, der trækker en generator samt automatik til opstart og autoindkobling. Nødstrømsgeneratore leverer typisk 3x400 V vekselstrøm. En tommelfingerregel siger, at et anlæg på 200 kW typisk er nok til at dække forbruget i en kontorinstitution med 200 medarbejdere ekskl. opvarmning og elbilladning. En konkret vurdering af den enkelte organisations elforbrug og spidslast bør dog altid foretages inden valg af nødstrømsanlæg.



Nødstrømsanlæg er et beredskabsværktøj, som skal fungere i kritiske situationer, hvor den eksterne strømforsyning afbrydes. Det er derfor nødvendigt, at der for et nødstrømsanlæg foretages en risiko- og sårbarhedsvurdering, som sikrer, at anlægget vil være funktionsdygtigt i de kritiske situationer, som kan føre til strømafbrydelser. I en sådan vurdering er man derfor nødt til at se på de situationer, som kan medføre eksterne strømafbrydelser og sikre sig, at nødstrømsanlægget er robust over for sådanne situationer. I modsat fald vil nødstrømsanlægget ikke give den fornødne sikring og tværtimod kunne give en falsk tryghed.

En nødstrømsgenerator står i de fleste tilfælde stille under normal strømforsyning og startes automatisk ved strømafbrydelse. Det tager typisk fra 15 sekunder til et minut, fra strømafbrydelsen indtræffer, til nødstrømsgeneratoren kan overtage elforsyningen. Såfremt en afbrydelse af denne varighed ikke er acceptabel, er det muligt at kombinere nødstrømsgeneratoren med et UPS-anlæg, som leverer strømforsyningen, i perioden fra afbrydelsen til generatoren er i drift. Under sjældne særligt kritiske forhold kan generatoren holdes kørende til lynhurtig omkobling (fx til banebelysning i lufthavn under dårlig sigtbarhed). Nødstrømsgeneratore kan køre så længe, der er brændstof på – der findes få fossilfrie typer brændstoffer, men dieselolie er mest almindeligt af hensyn til driftssikkerhed under alle forhold.

Diesel nødstrømsanlæg udleder en del støj samt andre emissioner end CO₂. Dieseldrevne anlæg skal testes hyppigt, oftest på månedlig basis, men i kritiske applikationer kan leverandøren anbefale ugentlig test. Dieselbrændstof har begrænset holdbarhed, og man bør påregne at udskifte dieseltankens indhold, selvom en del brændstof anvendes på de hyppige tests.

Internationalt er der stigende fokus på gener fra brændstofdrevne nødstrømsanlæg i byområder. Almindelig udbredelse af gensets, der kan køre på brint, ammoniak, metanol eller andet biofuel afventes. Der findes kommercielle brint brændsels-celle (fuel cell) nødforsyningsanlæg til bl.a. mobiltelefonseanlæg. Der findes danske virksomheder som producerer brændselsceller til flydende metanol. Sterling motor baserede genset (ofte kombineret lineær generator og fristempel motor) der kan drives af flere forskellige brændstoffer er demonstreret større installationer. De fleste af disse alternative anlæg fungerer bedst eller kun som nødstrømgenerator sammen med et batteri-UPS.

Dimensionering

Det anbefales typisk af leverandørerne, at nødstrømsanlægget belastes maksimalt 80 pct. i forhold til det maksimale elforbrug. En forbrændingsmotor kan ikke håndtere overbelastning og man bør ikke belaste anlægget over 80% af den oplyste maksimale effekt, da der bør være kapacitet til startstrømme, mindre fase ubalancer og almindelige forvrængninger i strømmen fra visse forbrugsenheder.

Placering

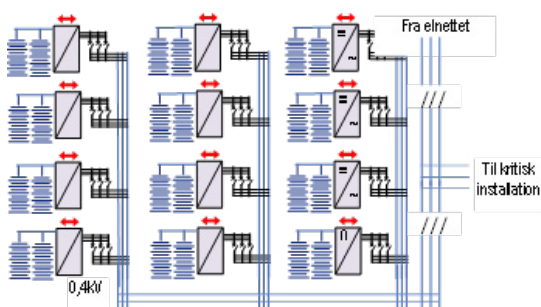
En væsentlig overvejelse at gøre sig er sikringen af selve nødstrømsgeneratoren. Langt de fleste nødstrømsanlæg i offentlige institutioner er af forskellige årsager placeret i kælder- eller stueplan. Det voldsomme skybrud i juli 2011, som førte til store oversvømmelser i det indre København, viste, at udstyr placeret i kældre eller almindelig jordhøjde kan være sårbart overfor indtrængning af vand. Det bør derfor overvejes at placere nødstrømsanlæg højere oppe i bygningen, alternativt at sikre placeringen mod indtrængning af vand under fremtidige regnskyl af lignende omfang. Hvis genset eller brændstoftank udsættes for lave eller frysende temperaturer, bør der benyttes vinteregnet diesel og smøreolie samt frostbeskyttelse af kølesystem. Startbatteriet bør have en temperaturkompenseret vedligeholdslader. Ved lave temperaturer bør en forbrændingsmotor have længere opvarmningstid af hensyn til smøring af alle lejer inden der påtrykkes last.

8. UPS-anlæg

Hvad er et UPS-anlæg?

UPS-anlæg (Uninterruptible Power Supply) er karakteriseret ved hurtig indkobling, så forbrugeren i praksis ikke oplever strømafbrydelse. Mange leverandører af UPS-anlæg har modulskeleerbare løsninger, der sammen dækker et stort effektområde fra få kW til mange MW.

Mange UPS-anlæg er dimensioneret til at opretholde strømforsyningen fra 10 minutter op til en time, men er i nutiden ret skalerbare i kapacitet såvel som effektområde. 10 minutter vil i de fleste tilfælde være nok tid til at lukke it-systemer ned uden tab af data og til at starte en nødstrømsgenerator op.



Hele UPS-anlægget kan fx være indbygget i en container eller bestå af en række individuelle delsystemer.



Eksempel på 395kWh/150kW anlæg med 5 batteriracks, hver med 79kWh og en 30 kW microgrid inverter - ventes udbudt på markedet i 2023

UPS-anlæg har historisk primært benyttet blysyre batterier, men litiumion batterier vinder indpas pga. gunstig levetid og ydelse i forhold til pris. Anlæggene omfatter altid en eller flere elektroniske konvertere (omtales oftest som "inverter"), der omsætter DC-batteristrømmen til 50Hz vekselstrøm. Mange anlæg har en separat batterilader, men i net-interaktive UPS-anlæg kan inverteren oftest også oplade batteriet. Batteriet består altid af mindst en streng af battericeller eller moduler, som samlet kaldes en batteripakke. Flere batteristrengene kan være parallelle med én inverter i et UPS-system. Flere UPS systemer kan forbindes i parallel for at øge effekten eller energiindholdet.

BESS-anlæg og UPS-anlæg har stort set identisk opbygning, men et BESS må kun fungere, hvis der er et elnet til stede. UPS-anlægget kan selv generere et 50Hz elnet.

UPS-anlæg kan være online, net-interaktive eller stå på standby (offline).

Online-anlæg er installeret, så strømforsyningen altid sker via UPS-anlægget, idet net-forsyningen ensrettes og passerer batterierne. Netforsyningen (ved strømafbrydelse batteriforsyningen) veksleres herefter og leveres til forbrugeren.

Net-interaktive anlæg er opbygget på samme måde som online-anlæg, men strømforsyningen leveres normalt direkte fra nettet, og veksleretten aktiveres først ved strømafbrydelse.

Standby-anlæg (offline) indkobles kun under strømafbrydelse, idet forsyningen til forbrugeren ellers sker direkte fra nettet.

Forskellen på net-interaktive og standby-anlæg er, at batterierne i førstnævnte anlæg har den korrekte spænding og derfor kobles hurtigere ind. Begge typer af anlæg indkobler dog så hurtigt, at forbrugeren normalt ikke oplever nogen afbrydelse. Net-interaktive og standby-anlæg er billigere end online-anlæg i anskaffelse og drift og er de mest anvendte. Selv ultrakorte afbrydelser kan give forstyrrelser i elektronisk udstyr, hvilket kan sikres bedst gennem et online UPS-anlæg, men ofte også med et net-interaktivt UPS-anlæg.

Placering

På samme som det er beskrevet for nødstrømsgeneratorer bør UPS-anlæggets placering sikres mod indtrængning af vand i forbindelse med kraftige regnskyl.

Batterianlæg med blybatterier bør have brint-egnet ventilation. For litiumion baserede anlæg, bør ventilation, flugtveje og brandslukningsmuligheder indtænkes.

9. Konsekvenser ved strømafbrydelser

Konsekvensvurdering

Den enkelte organisation bør vurdere de mulige kortvarige og langvarige konsekvenser for sig selv og for samfundet ved en strømafbrydelse. Konsekvensernes omfang og karakter vil afhænge af den enkelte organisations funktioner.

I organisationer med livsopretholdende funktioner kan konsekvenserne ved strømafbrydelser i sagens natur være fatale. Eksempler på konsekvenser ved strømafbrydelser er tab af data og afbrydelse af arbejdsfunktioner.

Sikringsniveau

På baggrund af ovenstående kan der vælges forskellige sikringsniveauer ud fra en økonomisk afvejning mellem behov og investering. Tabellen skitserer groft seks forskellige strategier eller typer af sikringsniveau, fra et lavt til et højt sikringsniveau.

Ved sikring med nødstrømsgenerator kan det være nødvendigt at foretage en ekstra foranstaltning for at sikre at der er tilstrækkeligt dieselolie til at holde anlægget i drift under en længerevarende strømafbrydelse. Dette kan gøre ved fx at indgå en VIP-aftale med et oliefirma om sikkerhed for hurtig levering af ekstra dieselolie i en krisesituation.

Selv om en kombination af UPS-anlæg og nødstrømsgeneratore er den mest almindelige måde at sikre en organisations strømforsyning på i forhold til længerevarende strømafbrydelser, kan der træffes andre foranstaltninger til at mindske or-

Selv korte uvarslede afbrydelser kan koste mio. kr. i kasserede grise på slagteriet, da det tager lang tid at genstarte alle styresystemer helt fra bunden.

Samme problemstilling gør sig gældende ved medicinalproduktion, hvor alle processer, skal overvåges løbende og dokumenteres i henhold til godkendelsen. Uden fuld sammenhængende dokumentation må alle igangværende produktionsbatch kasseres.

ganisationens sårbarhed over for strømafbrydelser. Fx kan det overvejes at etablere stik til tilslutning af mobile nødforsyningsanlæg og undersøge om det er muligt at træffe aftale om rådighed over sådanne anlæg som ekstra forsikring i tilfælde af strømafbrydelse.

Beredskabsstyrelsen råder over mobile nødstrømsanlæg og vil prioritere deres anvendelse i den konkrete situation, antagelig således at der gives prioritet til de mest livsnødvendige og samfundskritiske funktioner. Det er en forudsætning for brug af de mobile anlæg, at elforbrugerens installationer er forberedt for tilslutningen. Visse private virksomheder råder også over mobile nødstrømsanlæg, som virksomheder og organisationer kan leje mod betaling.

	UPS på servere og andet it-udstyr, der indgår i en kontrolleret nedlukning	Nødstrømsgeneratore til forsyning (efter 1 min.)	Lokalt net og tavler udformet, så der kan skiftes mellem flere nødgeneratore og UPS-anlæg	Højt dokumentationsniveau. Anlæg kan styres og fejlrrettes af flere personer	Eksempler
Ingen sikring					Trafiksignaler Kontorarbejdspladser
Kontrolleret nedlukning	✓				Servere og it-udstyr
Sikring mod langvarige afbrydelser		✓			Landbrug, butikker og lagre med køl og frost
Blinkfri forsyning af udvalgte forbrug	✓	✓			Hospitaler Statens Seruminstitut
Blinkfri forsyning af alt forbrug	✓	✓			Energistyrelsen Udenrigsministeriet
Maximal forsyningsikkerhed	✓	✓	✓	✓	Naviair Danmarks Radio

Tabellen skal udelukkende ses som en illustration af, at der kan prioriteres forskellige grader af beredskab afhængigt af behov.

10. Drift og vedligehold

Afprøvning af anlæg

Det er nødvendigt at foretage forebyggende vedligehold af nødstrømsgeneratorer og UPS-anlæg samt at afprøve dem jævnligt for at sikre, at de er funktionsdygtige. Det forebyggende vedligehold overdrages normalt til et firma, som der indgås en serviceaftale med. Afprøvningen kan indgå i serviceaftalen, eller den kan udføres af organisationens eget driftspersonale.

Det skal besluttes, hvordan og hvor ofte nødstrømsanlæggene skal afprøves. Erfaringen viser, at afprøvninger er nødvendige. Anlæg, som ikke testes jævnligt, kan vise sig at være til lille nytte, når det gælder, da de kan vise sig at være defekte eller have utilstrækkelig kapacitet. En afprøvning vil også kunne vise, om der er forbrug, som skulle nødstrømsforsynes, men som ikke bliver det.

På Vejle Sygehus dækkes hele strømforbruget af to nødstrømsgeneratorer med tilhørende UPS-anlæg. Nødstrømsgeneratorerne og UPS-anlæggene afprøves den første onsdag i hver måned, ved at forbindelsen til elnettet afbrydes. I sekunderne efter afbrydelsen dækkes udvalgt forbrug ind af UPS-anlæg, indtil nødstrømsgeneratorerne tager over efter ca. 10 sekunder. De kører derefter i ca. en time, hvorefter de synkroniseres med elnettet og udkobles igen.

Afprøvning/test af udstyr bør altid ske i overensstemmelse med leverandørens anbefaling.

Nødstrømsgeneratorer bør afprøves en gang om måneden, hvor de kører med belastning i en længere periode, fx 4 timer. Yderligere kan man med fordel teste med længere driftsperioder nogle gange om året. Det gøres lettest, hvis generatoren kan synkroniseres med elforsyningsnettet, idet overgangen kan ske blinkfrit. Afprøvning med generatoren i tomgang afslører erfaringsmæssigt ikke alle fejl og kan dermed lede til et falsk indtryk af sikkerhed. I visse tilfælde kan vedvarende tomgangsafprøvning endvidere føre til, at dieselmotoren kokser til og bliver defekt.



Nødstrømsanlæg baseret på andre teknologier fx brændselsceller kan have andre afprøvningsintervaller, men det vil altid være relevant med en periodisk verifikation af funktionsevne.

UPS-anlæg bør afprøves en eller få gange årligt ved at afbryde netspændingen til de forsynede anlæg. De drives herefter i kort tid for at se, om batterierne fungerer korrekt. Batteriernes levetid afhænger af deres kvalitet, og hvordan de er blevet brugt.

Hos Statens Seruminstitut afprøves nødstrømsgeneratorerne fast en gang om ugen, hvor de kører med fuld last i fire timer. I denne forbindelse tjekkes også anlæggenes oliebeholdning. En enkelt gang har man oplevet en fejl på en inverter, som forårsagede, at bynettet ikke kobledes fra, som det skulle. Generatorerne øgede derfor effekten og faldt ud efter få minutter. Denne fejl var ikke blevet opdaget, hvis ikke man afprøvede generatorerne med belastning afkoblet fra bynettet.

11. Økonomi

Omkostninger til sikring

Omkostningerne til sikring mod strømafbrydelser vil variere afhængigt af typen af organisation og løsningsvalget. En økonomisk analyse kan, sammen med vurderinger af sårbarheder og konsekvenser, være et redskab til at vurdere en hensigtsmæssig løsning i forhold til strømafbrydelse. I den økonomiske analyse bør indgå elbesparelser, som i sagens natur mindsker strømforbruget og også kravene til nødstrømsdækningen. Fx kan frikøling (køling uden brug af kompressor) mindske organisationens behov for strømforsyning til køleanlæg.

Anskaffelse

Anskaffelsesprisen afhænger meget af, om der er tale om hyldevarer eller fremstilling til ordre. Der findes hyldevarer nødstrømsgenerator anlæg op til ca. 700kVA med en typisk pris på 1000kr per KVA for større enheder. En ordre tilpasset nødstrømsgenerator koster gennemsnitligt 2.000 – 3.000 kr. per kVA installeret og har en forventelig levetid på 20-25 år. De variable produktionsomkostninger (brændselsudgiften) er omkring 3 kr./ kWh el, den producerer ved en dieselpris på 12 kr / liter. Der lægges ikke afgifter på nødstrømsel. (Alle anførte priser er ex. moms).

Prisen på et UPS-anlæg afhænger meget af typen (se s. 8) og størrelsen samt af, hvad det i øvrigt skal kunne. For at give en ide om niveauet kan nævnes, at et UPS-anlæg på 500 kW med en times batterikapacitet kan koste omkring 1,35 mio. kr. (2.700 kr./kW). En times ekstra batterikapacitet kan koste ca. 2000 til 10000 kr./ kWh afhængig af levetid og hvor hurtigt energien skal kunne leveres.

Et rack-baseret UPS-anlæg på 450kW, 1,1MWh kan også koste 4 til 10 mio.kr afhængig konfiguration, miljøkrav levetid mm. for anlægget alene uden installation.

Installation

Etablering af nødstrømsgeneratore og UPS-anlæg kan variere i omfang og type, og investeringerne varierer med valg af installationer osv. Fx har det betydning, om en nødstrømsgenerator skal placeres inde i en eksisterende bygning, eller der skal etableres en separat bygning udenfor. Det samme gælder UPS-anlæg.

Dertil kan komme udgifter til at omlægge organisationens interne elsystem, særligt hvis kun dele af det normale forbrug skal kunne dækkes af en nødstrømsgenerator. Sådanne omlægninger kan udgøre en betydelig merudgift. Ved nyinstallation bør det overvejes at etablere to- eller flerdelt forsyning.

Energistyrelsen overvejede i forbindelse med anskaffelsen af en nødstrømsgenerator at dimensionere denne til kun at dække udvalgte funktioner. Efter en omkostningsanalyse vurderede styrelsen imidlertid, at det ville være mere fordelagtigt at lade hele elforbruget være dækket af nødstrøm end kun at dække dele af elforbruget.

Drift og vedligehold

Vedligeholdelsesomkostninger vil variere i forhold til det specifikke anlæg, hvor ofte det tages i brug, og hvilket niveau af vedligehold der vælges.

Serviceomfanget er størst for nødstrømsgeneratore. Her koster en ekstern serviceaftale typisk fra 4.000 kr./år for mindre anlæg op til 100.000 kr./år for fuld service pakke for større anlæg. Ved flere anlæg bliver serviceaftalen typisk billigere per anlæg.

UPS-anlæg kræver ikke i samme omfang service, men skal dog efterses mindst en gang årligt for at opretholde stabil driftssikkerhed. Der skal også foretages batteriskifte med varierende mellemrum, fx hvert 5. år eller hvert 12. år. Hvor ofte batteriet skal skiftes, afhænger blandt andet af, batteritypen, hvor meget de bruges, hvor godt de vedligeholdes samt af temperaturen i det rum, hvor de står. Er omgivelsestemperaturen over 20-25°C, reduceres levetiden dramatisk. Batteriskift i UPS-anlæg koster typisk fra omkring 2000 kr./kWh og op. Batterier i anlæg med flere timers operation koster typisk 3000 - 7500kr/kWh + arbejds løn

Afhængigt af den enkelte organisations nødstrømsløsning og omfanget af involveret personale vil der være varierende organisatoriske omkostninger forbundet med sikring mod strømafbrydelser. Det skal vurderes, om anlæggene skal kunne drives, uanset hvem der er på arbejde, eller om en afhængighed af tilkald af særligt personale eller ekstern leverandør er acceptabel. Uafhængighed af teknisk personale kræver en høj grad af dokumentation. Ved brug af eksternt personale bør det vurderes, i hvilket omfang og hvor hurtigt de vil være tilgængelige, ved en strømafbrydelse.

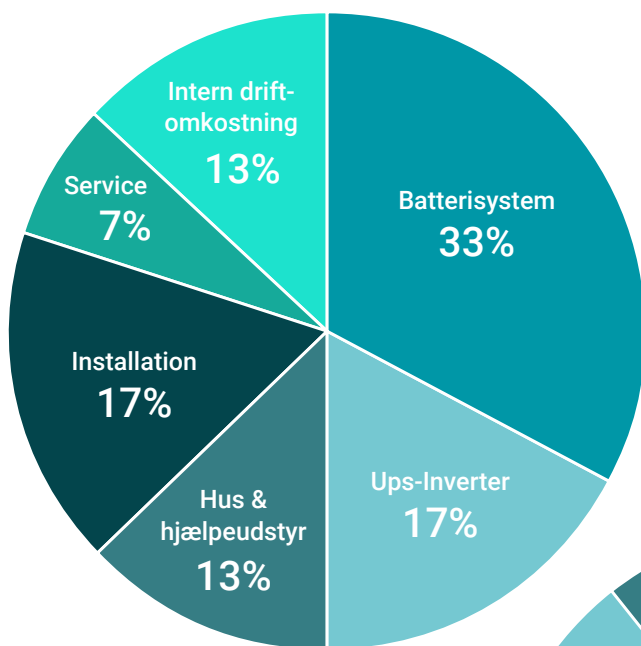
Samlet overslag

Det er vanskeligt at sige noget nøjagtigt om omkostningerne ved etablering af henholdsvis UPS-anlæg og nødstrømsgeneratorer, da de afhænger af den enkelte organisations valg af løsning. Figurerne her skal således ses som et illustrativt overslag over, hvor stor en andel de forskellige udgiftsposter udgør af de samlede omkostninger. Til brug for overslaget er anvendt tidligere undersøgelser sammenholdt med aktuelle oplysninger fra leverandører af UPS- og nødstrømsanlæg.

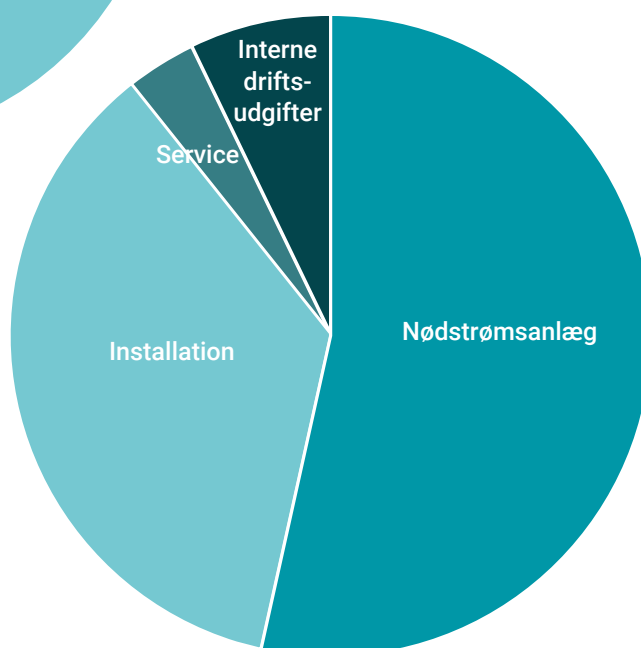
I UPS-eksemplet er valgt et 110 kVA UPS-anlæg (90 kW), hvor de samlede omkostninger over fem år overslagsmæssigt beløber sig til ca. 1,1 mio.kr.

Som det fremgår, udgør selve indkøbet af UPS-anlægget langt den største omkostning, på trods af at også installation og batterier repræsenterer betydelige andele af de samlede omkostninger.

I nødstrømseksemplet er valgt en 630 kVA dieselgenerator (500 kW), hvor de samlede omkostninger over fem år overslagsmæssigt beløber sig til ca. 1,4 mio. kr. I lighed med UPS-anlægget udgør selve indkøbet af nødstrømsgeneratoren langt den største omkostning. Til gengæld udgør installation af nødstrømsgeneratoren en forholdsvis større andel af de samlede omkostninger ved valg af denne type løsning.



Fordeling af omkostninger til UPS-nødstrømsanlæg beregnet over en femårig periode.



Fordeling af omkostninger til diesel-nødstrømsanlæg beregnet over en femårig periode.

Nødstrøm kan give indtægter

Distributionsnettet:

Nettariffer fra distributionsselskaberne varierer over døgnet, hvor selskaberne definerer perioder for hhv. lav-, høj- og spidslast med en tilhørende nettarif. Ved at forskyde elforbruget fra høje tarifperioder til lave tarifperioder vil der være en økonomisk gevinst. Der kan være store geografiske forskelle mellem tarifniveauerne og i forskellen mellem hhv. spidslast, højlast og lavlast. Spidslast for virksomheder kan være fra 06 til 21 på hverdage.

Elpriser:

Elpriserne kan variere væsentligt og der kan være sammenfald mellem de definerede perioder med de ovenstående lave tarifperioder og perioder med lave elpriser. I de perioder vil en forskydning af elforbrug kunne bidrage yderligere til en økonomisk gevinst.

Transmissionsnettet:

Nogle nødstrømsanlæg kan indgå på Energinets marked for systemydelser og på den måde skabe indtægter for ejerne. Herigennem anvendes anlæg i forskellige reaktionstidshorisonter til netstabilisering. Hvilke anlæg der kan anvendes til hvilke systemydelser, bestemmes af anlægget tidsmæssige aktiveringsmulighed samt tilgængelige effekt. Alene i 2021 betalte Energinet ca. 1,2 mia. DKK for systemydelser.

Til forskydning af elforbrug er batterianlæg allerede en relativt efterprøvet teknologi, der i tiltagende grad får opmærksomhed. Teknologien er særligt attraktiv til dette formål, da forbrugeren ikke oplever komfortgener, hvilket eksempelvis kan opstå ved brugen af HVAC-system til samme formål. Det kræver ingen særlige godkendelser at udnytte forskydning i elforbrug for at minimere omkostninger til el-indkøb og nettariffer.

Mange batteribaserede anlæg har en hurtig responstid, og vil forventeligt kunne deltage i alle systemydelser defineret ved Energinet - inden for en kort tidshorison, men der forudsætter særskilt godkendelse anlægget til hver specifik systemydelse.

Hvis nødstrømsanlæg skal anvendes til at give indtægter, er det nødvendigt at være opmærksom på at kapaciteten stadig er tilstrækkelig til løse den primære opgave som nødstrømsanlæg. Det er absolut relevant at overveje eventuelle samtidige ydelser på anskaffelsestidspunktet, da meromkostning ved et større anlæg er mindre end anskaffelse af et nyt dedikeret anlæg andre ydelser.

12. Om strømafbrydelser

Hvad er en strømafbrydelse?

Strømafbrydelser kan være forskellige i omfang og varighed. Omfangsmæssigt kan strømafbrydelser forekomme både lokalt, regionalt og interregionalt. Mindre lokale afbrydelser forekommer hyppigst og berører et mindre antal elkunder i kortere eller længere tid. Regionale afbrydelser kan omfatte et større samlet område eller hele byer. Interregionale strømafbrydelser forekommer mellem to eller flere sammenhængende elsystemer, som det skete i 2003, da Østdanmark og Sydsverige blev ramt af strømafbrydelse, og forbrugerne var uden strøm i op til seks timer.

Den 8. januar 2005 mistede omkring 200.000 husstande over hele Danmark strømmen, da en storm med vindstød af orkanstyrke ramte det meste af landet. Hovedparten af strømafbrydelserne skyldtes, at distributionsledningerne blev beskadiget af væltede træer og flyvende genstande.

Øget jordlægning af distributionsnettet har efterfølgende forbedret vejrobustheden markant.

Varigheden af ikke-planlagte strømafbrydelser afhænger af den konkrete årsag til afbrydelsen samt elsystemets evne til at genoprette balancen. En strømafbrydelse kan vare fra få sekunder til adskillige timer. Omfattende og længerevarende strømafbrydelser er sjældne i Danmark. Længste omfattende strømafbrydelse inden for de seneste tyve år har været de seks timer i 2003 (se side 2), men der også eksempler på situationer, hvor elkunder har været uden strøm i flere dage.

Brownouts er kontrollerede afbrydelser af elkunder i afgrænsede områder af maksimalt to timers varighed for den enkelte. Det er det sidste værktøj, der tages i brug, hvis der ikke på anden vis kan opnås balance mellem produktion og forbrug af el. Hvis elkunder afkobles, er det for at forhindre, at elsystemet bryder sammen, og alle dermed mister strømmen i et såkaldt blackout, hvor genopretning af elsystemet typisk vil tage længere tid.

Traditionelle årsager til strømafbrydelser

Elsystemet bliver jævnligt udsat for forstyrrelser fra naturen, tekniske fejl eller menneskelige fejl. Naturfænomener som kraftige storme, orkaner,

Den 28. december 2002 var omkring en million mennesker i det nordlige og vestlige Jylland uden strøm i op til tre timer som følge af to fejl, der opstod uafhængigt af hinanden i det vstdanske transmissionsnet.

Elnettet drives altid med reserver til at kunne klare én fejl men ikke to uafhængige fejl på en gang. (kendes i elnetsammenhæng som N-1 kriteriet).

isbelægninger og oversvømmelser kan føre til skader på el-infrastrukturen, som medfører kortere eller længere strømafbrydelser.

Menneskelige handlinger som fejlhåndtering af elsystemet, overgravning af kabler, hærværk eller drift og vedligeholdelsesmæssige dispositioner kan ligeledes føre til strømafbrydelser.

Lokale strømafbrydelser skyldes ofte, at der er fejl på distributionsnettet, der går ud til den enkelte husstand, eller på husstandens forsyning. Endelig kan der forekomme tekniske uheld i det overordnede højspændingsnet i Danmark eller et af de nabolande, vi systemmæssigt er forbundet med. Når en strømafbrydelse skyldes uheld i det overordnede højspændingsnet, er det et større, samlet område, der rammes. Det kan dreje sig om både en større by og en hel landsdel.

Nye årsager til strømafbrydelser

Hærværk, krig, nationale interessekonflikter og klima er blevet mere sandsynlige årsager til afbrydelser af energiforsyninger. Hærværk og krigshandlinger vil ofte give flere samtidige fejl, som elnettet ikke har reserve til at håndtere. De stor centrale komponenter i elnettet er specialkomponenter med leveringstider på op til flere år, så ødelæggelse kan begrænse elforsyningen længe.

Klimaændring kan betyde mindre sne og regn over bjergene som forsyner floder og elve med vand. Det betyder mindre vand til norske vandkraftværker. Mindre vand i fx tyske og franske floder, kan betyde manglende kølevand til såvel konventionelle som atomkraftværker. Dette sætter hele elforsyningskapaciteten under pres, når der ikke er tilstrækkelig bidrag fra vind og sol. En mangelsituation kan påvirke international solidaritet og ultimativt medføre begrænset mulighed for at udnytte alle udlandsforbindelser.

Samfundet er stærkt afhængigt af strøm. Uden el går produktionen i stå, og mange dagligdags aktiviteter kan ikke gennemføres. El adskiller sig fra de fleste andre forbrugsgoder ved, at det ikke i større omfang kan gemmes på et lager, men skal produceres i samme øjeblik, det bruges. Det gør elsystemet mere følsomt over for uheld end andre tekniske systemer.

En række systemer er opbygget for at forebygge menneskelige og tekniske fejl, der kan føre til strømafbrydelser. I Danmark har den overordnede forsynings sikkerhed været høj, med ca. 20 minutters afbrud om året pr. elforbruger, hvilket svarer til gennemsnittet over de seneste ca. 10 år. Omkring dette gennemsnit er der dog store variationer. Alle elforbrugere har principielt risiko for at blive udsat for en meget langvarig strømafbrydelse, selvom det heldigvis sker meget sjældent.

Udfald af én stor højspændingsledning eller ét stort kraftværk giver normalt ikke strømafbrydelse. Hvis fx et kraftværk går i stå, erstattes produktionen af andre kraftværker, og hvis der opstår fejl på en højspændingsledning, finder strømmen automatisk en anden vej.

Energinet har ansvar for det overordnede beredskab i den danske elsektor og for at koordinere sektorens beredskab både før, under og efter en krisesituation. Beredskabet betyder, at elsystemerne hele tiden overvåges, og at der er lagt planer for, hvordan forsyningen kan genetableres, hvis der kommer forstyrrelser.

Uanset hvor godt transmissionsnet og distributionssnet måtte være, kan der alligevel blive behov for at indføre kontrollerede 2 timers afbrydelser, hvis der ikke er strøm nok til alle på én gang. Dette er et scenarie, som bør veje ind, når et beredskab i forhold til afbrydelser overvejes. Manglende elforsyningskapacitet i et lokalområde kan f.eks. skyldes klimapåvirkninger i Centraleuropa, eller måske blot hurtig samtidig omstilling til elbiler og varmepumper i lokalområdet.

Spændingsdyk

Spændingsdyk er en kortvarig formindskelse af spændingens indhyldningskurve, typisk på under 10 milisekunder. Fænomenet kan påvirke en eller flere faser og være af forskellig styrke og varighed. Man begynder at tale om spændingsdyk, når spændingen falder til under 10 pct. af den erklærede spænding. Årsager til spændingsdyk kan fx være kortvarig, utilsigtet berøring af en transmissionslinje (fra træer, fugle eller lignende), koblinger i nettet, ind- og udkoblinger af store forbrug eller svækkelse af spændingen på forbindelsen til det europæiske net.

Spændingsdyk kan trods deres korte varighed forårsage alvorlige konsekvenser, fx i form af tabte data. Det lokale netselskab kan hjælpe med at måle spændingskvaliteten i de konkrete lokale net.

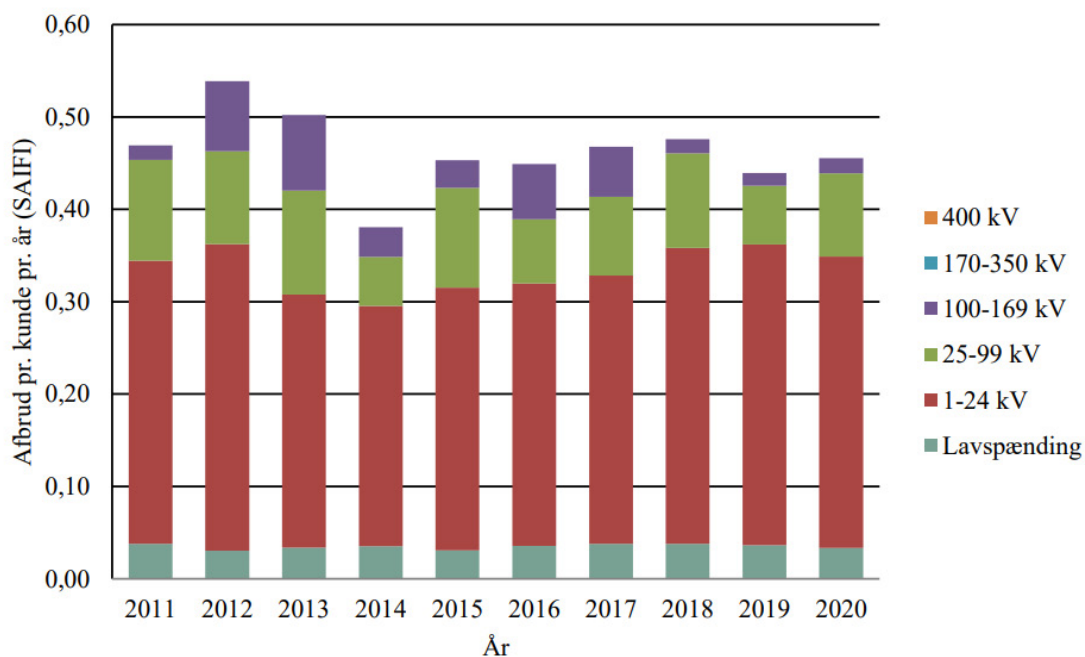
13. Sandsynligheden for strømafbrydelser

Denne vejledning angiver forskellige årsager til strømafbrydelser. Figurene nedenfor viser hyppighed og varighed af afbrydelser i forsyningen fordelt på de forskellige statistikområder for årene 2011 - 2020.

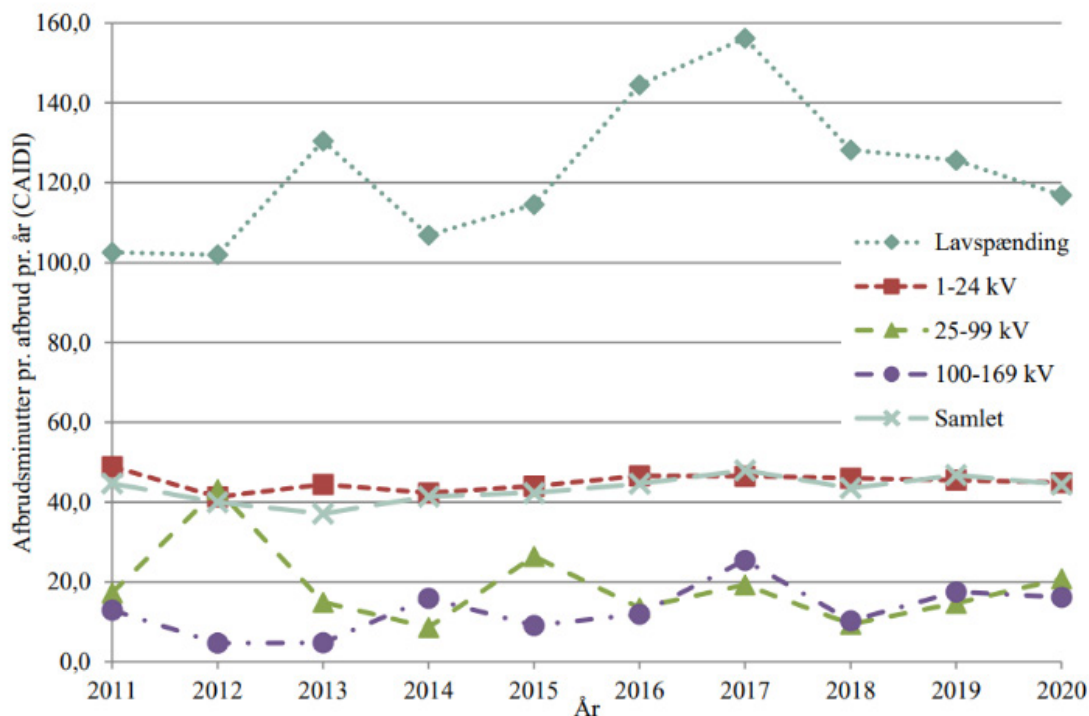
Det fremgår, at afbrud generelt forekommer i gennemsnit 0,46 afbrud pr. år hvilket vil sige ca. hvert andet år.

Fordelingen vægter tungest i 1-24 kV statistikområdet, der bidrager med 0,32 afbrud pr. år i 2020. I dette statistikområde har man ved afbrud oplevet en gennemsnitlig afbrudsvarighed mellem 44,4 minutter.

Statistikken siger imidlertid ikke noget om den enkelte elforbrugers fremadrettede sandsynlighed for at blive udsat for en strømafbrydelse. Uanset denne sandsynlighed bør den enkelte organisation vurdere, om og i givet fald hvordan man vil sikre sig mod strømafbrydelser.



Figur 3-4 beskriver den gennemsnitlige afbrudshyppighed pr. år 2011-2020. Hvert år er inddelt i statistikområder for spændingsniveauer. Selvom 1-24 kV statistikområdet har størst bidrag, betyder det ikke at der har været flest hændelser, men blot at når en hændelse sker berører den flere kunder



Figur 3-6 illustrerer antallet af gennemsnitlige afbrudsminutter, hvis man bliver afbrudt. Afbrudsminutterne relateres til hændelser i de respektive statistikområder

Fra dansk energi: <https://www.danskenergi.dk/system/files/2021-08/RA629.pdf>

Yderligere oplysninger om strømafbrydelser

Beredskabsstyrelsen www.brs.dk

Energinet www.energinet.dk

Energistyrelsen www.ens.dk

Yderligere oplysninger om nødstrømsanlæg og UPS-anlæg kan fås ved henvendelse til leverandørerne.

