

Förstudie,

Sårbarhet – Demoprojekt

Förslag till principer för ett nytt
eldistributionssystem som kan minska
sårbarheten

Elforsk rapport 03:22



Förstudie,

Sårbarhet – Demoprojekt

**Förslag till principer för ett nytt
eldistributionssystem som kan minska
sårbarheten**

Elforsk rapport 03:22

Sammanfattning

Förstudien identifierar de mest sårbara funktionerna i samhället som elförsörjningen självt, teleförsörjningen, fjärrkontroll och data kommunikationsförsörjningen eller sammanfattat IT försörjningen. Särskilt betonas att den nu påbörjade bredbandsutbyggnaden innebär en uppbyggnad av nya tele- och Internetaccessnät som kommer att bli mycket sårbara för elavbrott och skapa en ny marknad och nya behov av publik reservkraft eller för el med extra hög tillgänglighet.

Sårbarheten tydliggörs med en redogörelse för telefoninätets nuvarande tillgänglighet i kraftförsörjning och den tillgänglighetsnivå som kommer att finnas för bredbandsaccess och Internätaccessen som strömförsörjs från det vanliga kraftsystemet om inga nya grepp tas.

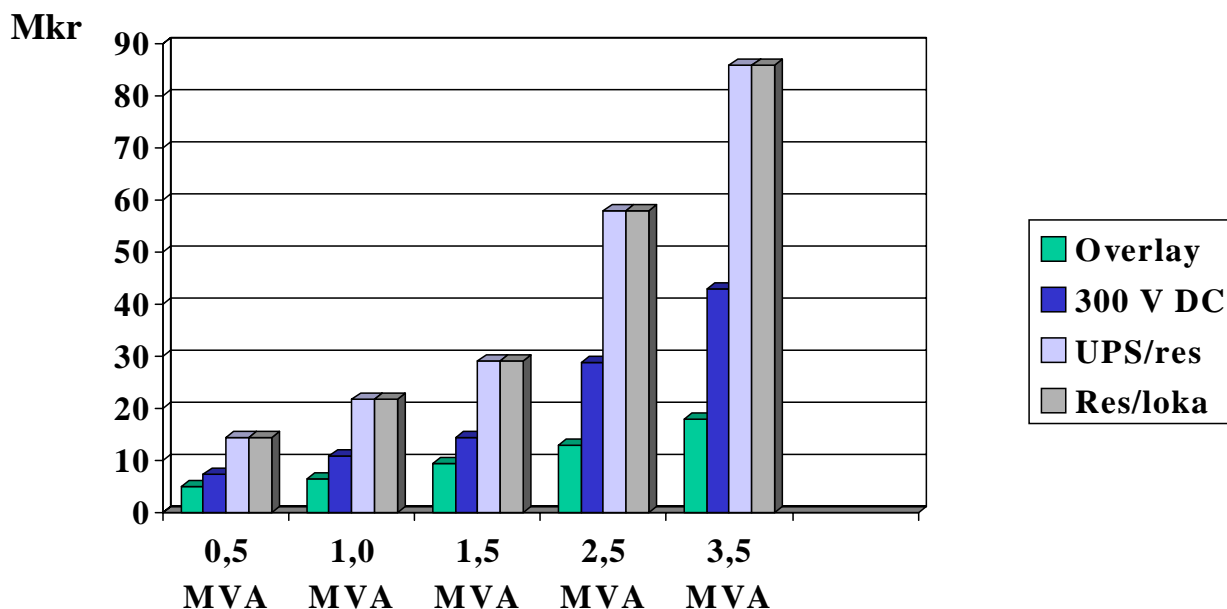
Utgående från den kravnivå på kraftförsörjning i det fasta telefoninätet som är grunden för telenätets höga tillgänglighet (otillgängligheten mindre än 5×10^{-7} motsvarande en tillåten längsta otillgänglighetstid i kraftförsörjningen på $t_{\text{down}}=15$ sek per år), görs en beskrivning av de tekniska lösningar som kan begränsa sårbarheten i bland annat el tele och IT försörjningen. Dessa lösningar används också i t.ex. datahallar, fjärrövervakningscentraler, operationssalar i sjukhus, i styr och kontrollsystem för kärnkraftsanläggningar och i vissa ställverk i elkraftnäten etc. Dessa tekniska lösningar har sedan översiktligt jämförts med avseende på kostnader på så lika villkor som möjligt främst avseende tillförlitlighet och tillgänglighet. Det vill säga så att de möter samma höga kravnivå i jämförbara leveranspunkter. Endast lösningar som baseras på väl beprövade tekniska lösningar jämförs eftersom kunskaper om och erfarenheter finns av deras tillförlitlighet i praktisk drift.

I jämförelsen ingår ett förslag till en ny lokal elnätlösning som elföretagen kan svara för. Det är ett system med overlaynät överlagrat över det vanliga lokala distributionsnätet, som kan ge en mycket hög tillgänglighet i publik elleverans. Denna lösning har möjlighet att ge samma höga tillgänglighet som finns i t.ex. telefoninätets kraftförsörjning och till en god ekonomi tack vare flera ”dual use” möjligheter. Dessa är sambyggnad med optonät och användning av befintlig kanalisering och dubbel nytta av ett stort antal reservkraftanläggningar som samtidigt som de är reservkraftverk för verksamhetskritiska system också kan användas som spetskraftverk vid effektbrist.

Detta system ger samtidigt en mycket hög elberedskap och kan minska sårbarheten i samhället vid olika kriser och svåra påfrestningar, vid olyckshändelser, små och stora elavbrott, terrordåd, oväder och krig etc.. Det ger en mycket stor samhällsnytta och en av flera möjligheter att reducera den säkerhetspolitiska hotbild som en möjlig storskalig utslagning av elförsörjningen innebär.

Intäktssidan i ett ”businesscase”, affärsmodeller etc., för overlaynät har inte kalkylerats eller diskuterats i denna förstudie. En förteckning av vilka intäktsmöjligheter som hittills identifierats har dock gjorts.

Jämförelsen är översiktlig och dess resultat och slutsats är endast giltig i tätorter, industri och cityområden där de infrastrukturella och geografiska förutsättningarna ger in rimligt kort utbredning av overlaynätet och rimliga kostnader för dess anläggning.



Studien visar att lokalt producerad traditionell reservkraft i storskalig användning ger orimliga kostnader på denna höga kravnivå. Storskalig leverans av el med extra hög tillgänglighet på den kravnivå, som studien valt att utgå ifrån, är i praktiken av kostnadsskäl omöjlig att leverera med nu rådande strategi och praktik. Det skulle innebära dubbla reservverk i nästan varje hus, vilket är en helt orimlig lösning. Det har hittills inte kunnat bli en lönsam affär för elföretagen att tillhandahålla reservkraft eller el med extra hög tillgänglighet, och de elanvändare som har behov av el med extra hög tillgänglighet har varit och är tvungna att anordna den privat.

Denna förstudie och ekonomiska jämförelse visar att principen med overlaynät kan ge denna mycket höga tillgänglighetsnivå i storskalig publik elleverans till en rimlig kostnad. Kostnaden bedöms efter denna översiktliga kalkyl kunna hamna rejält under eller minst i nivå med den kostnad som traditionella lösningar idag har vid motsvarande höga tillgänglighet, särskilt vid mindre effekter i leveranspunkterna. Detta öppnar möjligheter för elföretagen att finna lönsamhet i leverans av reservkraft eller el med extra hög tillgänglighet. Utbyggnaden av overlaynät enligt beskrivningen skapar en plattform till en differentiering av produkten el. Genom denna plattform kan rad nya tjänster och grader av tillgänglighet i elleverans och olika elkvaliteter utvecklas.

Utbyggnaden av overlaynät enligt förslaget kan endast bli ekonomiskt fördelaktig i tätorter, city och industriområden där befolkningstätheten ger ett högt antal anslutningspunkter på rimligt avstånd från en central punkt, där ett lokalt reservverk kan placeras. Det är också avgörande att befintlig kanalisation kan användas, och eller att utbyggnaden av optostadsnät för bredband kan samordnas med byggandet av overlaynät.

Där dessa för systemet fördelaktiga förutsättningar inte föreligger är de traditionella lösningarna de bästa alternativen tillsammans med nya lösningar såsom t.ex. DC UPS för 300 V DC. De traditionella, oftast icke dubblerade lösningarna ger dock en lägre tillgänglighet än den som overlaynät i kombination med det vanliga elnätet skulle kunna ge.

Det syns också att DC UPS ger en mycket hög tillgänglighet till lågt pris. Likström i det redovisade overlaynätet har inte beaktats, men det är allmänt känt att överföring och distribution med likström generellt är effektivare än med växelström. Likström har tidigare varit för dyrt att använda i regional och lokalnät. Nya halvledarkomponenter torde dock snart göra det ekonomiskt möjligt att få ekonomi i HVDC system med lägre effekter för regional och lokalnät. Om nya overlaynät enligt beskrivningen skall byggas i stor skala borde ett HVDC/mikrosystem övervägas och dess ekonomi utredas och jämföras med den AC-lösning som här översiktligt har redovisats. En ny infrastruktur för verksamhetskritisk el skulle naturligt kunna vara utförd för likström, eftersom verksamhetskritiska laster i de flesta fall är allströmslast som redan idag accepterar likström.

Förstudien visar att traditionell privat (lokal) reservkraft inte kan konkurrera kostnadsmässigt i cityområden, tätorter, kontors- och industriområden med publik elkraft med extra hög tillgänglighet och integrerad reservkraft utförd enligt principen med overlaynät på samma höga tillförlitlighets- och tillgänglighetsnivå.

Innehållsförteckning

1	Inledning	2
1.1	BAKGRUND	2
1.2	MÅL.....	3
2	Identifiera kritiska funktioner i samhället med hög sårbarhet vid strömavbrott.....	4
3	Tekniska lösningar som kan begränsa sårbarheten	6
3.1	STRATEGIDISKUSSION.....	6
3.2	TILLFÖRLITLIGHET OCH TILLGÅNGLIGHET FÖR KRAFT FÖR TELEKOMMUNIKATION	7
3.3	TILLGÅNGLIGHET FÖR KRAFTSYSTEM FÖR INTERNT ACCESS	9
3.4	RESERVKRAFTSYSTEM MED BATTERI	10
3.5	RESERVKRAFTSYSTEM MED RESERVELVERK	15
3.6	RESERVKRAFTSYSTEM MED GASTURBINER	18
3.7	RESERVKRAFTSYSTEM MED BRÄNSLECELLER.....	19
3.8	AVBROTTSFRI KRAFT	19
3.9	DYNAMISKA UPS SYSTEM	20
4	Tekniska lösningar som elföretagen kan svara för	21
4.1	ALLMÄNT	21
4.2	ELDISTRIBUTION MED EXTRA HÖG TILLGÅNGLIGHET OCH INTEGRERAD RESERVKRAFT GENOM ANVÄNDNING AV SÅ KALLAT ”OVERLAYNÄT”	21
4.3	KRAFTKABLAR FÖR OVERLAYNÄT	24
4.4	IMMATERIALRÄTTSLIGT LÄGE	27
5	Översiktlig teknisk, ekonomisk, och miljömässig värdering av de tekniska lösningar som elföretagen kan svara för i förhållande till andra alternativ med samma tillgänglighetskrav	28
5.1	ÖVERSIKTLIGA KOSTNADER FÖR OVERLAYNÄT MED INTEGRERAD RESERVELVERK.	28
5.2	ÖVERSIKTLIGA KOSTNADER FÖR LOKALA RESERVELVERKSANLÄGGNINGAR I VARJE FASTIGHET.....	29
5.3	ÖVERSIKTLIGA KOSTNADER FÖR BATTERIBASERAD RESERVKRAFT.	30
5.4	MILJÖVINSTER GENOM MINSKAD BLYBATTERIANVÄNDNING VID INFÖRANDE AV OVERLAYNÄT.....	31
5.5	ÖVERSIKTLIG TEKNISK OCH EKONOMISK UTVÄRDERING – JÄMFÖRELSE MELLAN OVERLAYNÄT OCH LOKALA RESERVKRAFTANLÄGGNINGAR.....	32
6	Översiktlig beskrivning av synergieffekter mellan reservkraft för kritiska samhällsfunktioner och reservkraft – spetskraft vid effektbrist.....	36
7	Förslag på konkreta platser för demonstrationsprojekt	37
7.1	STOCKHOLM CITY.....	37
7.2	KISTA	37
7.3	LILJEHOLMEN	37
7.4	GARNISONEN	38
7.5	VÄLLINGBY CENTRUM	38
7.6	ENKÖPING, SALA, HEBY,	39
8	Översiktlig beskrivning av ett demonstrationsprojekts uppläggning.....	40
8.1	KOMMENTARER TILL PROJEKTUPPLÄGGET	40
9	Översiktlig kostnadskalkyl av ett utvecklings och demonstrationsprojekt	42
10	Referenser	43

1 Inledning

Förstudien är en första etapp och underlag som förberedelse för beslut om att elföretagen gemensamt ska genomföra ett demonstrationsprojekt för leverans av publik reservkraft med reservkraftnät eller någon annan teknisk lösning som minskar sårbarheten i kritiska samhällsfunktioner med stor känslighet för elavbrott. Demonstrationsprojektet skall ha hög synlighet, dvs. ge stor uppmärksamhet i massmedia, hos potentiella kunder (ägare till kritiska infrastrukturer) och hos tredje man. Det skall vara av sådan karaktär att det kan upprepas på många platser och att de kritiska funktioner som strömförsörjs är vanligt förekommande. Förstudien ska också om så är möjligt visa på synergieffekter mellan reservkraft för kritiska samhällsfunktioner och reservkraft vid effektbrist, samt visa på miljövinster med den föreslagna lösningen

1.1 Bakgrund

Stora förändringar i förutsättningarna för god funktion i samhällets tekniska infrastrukturer äger nu rum. Förändringen yttrar sig genom konvergensen mellan el- och telebranscherna, genom den ständiga datoriseringen, och en intensiv utveckling och användning av Internet. Denna omvärldsförändring innebär att el- och telebranscherna måste samverka och gemensamt planera och genomföra moderniseringen av samhällets tekniska infrastrukturer, så att de tillgänglighetsnivåer som vi vant oss vid och som är basen för det moderna samhällets ekonomi och utveckling kan vidmakthållas. Ett viktigt exempel på samverkan är sambyggnad och samförläggning av el- och optokablar inte minst för att spara kostnader.

I dag fungerar hela fasta telenätet, som också är stommen i mobilnäten och Internet, c:a 8 tim under elstopp tack vare central batteri- och dieselkraftreserv, till ovärderlig nytta för den allmänna beredskapen i samhället.

Teleledningen i telefonsystemet kan distribuera reservkraft till telefonapparaterna på avstånd upp till 5 km. Den nya Internet - IP-tekniken kräver istället lokal elanslutning i varje aktiv punkt, även till IP telefonen. Därmed riskerar telefoni och Internet att sluta fungera, när man behöver dem allra bäst, vid strömavbrott. För att undvika detta behöver en ny infrastruktur för strömförsörjningen av Internetaccess byggas.

Det vanliga elnätet håller nu genom Internet på att få ta över det direkta ansvaret för strömförsörjningen av accessnätet i telekommunikationen dvs. Internetaccess. Denna situation innebär en ny affärsmöjlighet för elbranschen.

Genom den pågående förändringen på kommunikationsområdet blir de två mest kritiska funktionerna i samhället med hög sårbarhet vid strömavbrott just teleförsörjningen och elförsörjningen självt. Att förse telenätets och alla Internets miljontals elektronikenheter i dess accessnät med reservverk eller små batterier för 8 tim reservkraft är en driftsäkerhets-, underhålls- och miljömässigt orimlig lösning. Där det är ekonomiskt möjligt borde elbranschen erbjuda andra alternativ.

Publik elförsörjning med extra hög tillförlitlighet och inbyggd reservkraft skulle kunna bli en ny produkt på elmarknaden. Den torde välkomnas av teleoperatörer, fastighetsägare och företag som ansvarar för drift av verksamhetskritiska system.

1.2 Mål

Förstudien har som mål att:

- Tydliggöra sårbarheten vid elavbrott för vissa kritiska funktioner i samhället,
- Visa på hur elföretagen på olika sätt kan bidra till att minska sårbarheten för kritiska samhällsfunktioner vid elavbrott.
- Bidra till att skapa en marknad för elföretagen för t.ex. reservkraftnät eller andra systemlösningar
- Framhålla elföretagen som en ansvarstagande aktör i samhället när det gäller att säkerställa elförsörjningen

2 Identifiera kritiska funktioner i samhället med hög sårbarhet vid strömavbrott

Frågeställningen att identifiera kritiska funktioner i samhället med hög sårbarhet vid strömavbrott har genom den stora användningen av tekniska system och teknisk infrastruktur blivit mer generell än specifik. All teknisk infrastruktur inklusive den elkrafttekniska drivs med elektricitet, styrs och kontrolleras med system av eldrivna datorer, tele- och datakommunikation. Därutöver är vi i nästan alla yrkesmässiga och privata aktiviteter beroende av en rad elektriska apparater, verktyg och redskap. I stort sett allt samhällsliv har genom denna utveckling blivit helt beroende av oavbruten el- och teleförsörjning. Båda har dessutom själva en hög sårbarhet vid strömavbrott. Samtidigt är alla övriga samhällssystem helt beroende av el- tele- och ITförsörjningen. Det är just detta förhållande som utgör det moderna samhällets stora sårbarhet. Detta medför att både elförsörjningen och tele- och ITförsörjningen är de mest kritiska och avgörande funktionerna i samhället.

Det ska framhållas att också elförsörjningen har ett stort behov av reservkraft vid strömavbrott, dels för sin egen del i t.ex. ställverk, men också för telekommunikation eftersom drift- och reparationsorganisationerna är helt beroende av telefoni. Telesystemen måste ha kraft- och reservkraftförsörjning med mycket hög tillgänglighet, för att kunna vara det oundgängliga hjälpmedlet vid just strömavbrott i samhället.

De tekniska system som finns för att utföra och upprätthålla driften kallas ofta för verksamhetskritiska eller avgörande system. För dessa verksamhetskritiska system är i sin tur både eltilförsel och fungerande telekommunikation avgörande. Elsystemen och telekommunikationssystemen är starkt ömsesidigt beroende bl.a. genom datorbaserad fjärrdrift och för elbranschen lagstadgat krav på telefonifunktion vid återstart av elsystem. Vid elavbrott blir fungerande talkommunikation (telefoni) nödvändig eller helt avgörande för felsökning och återstart av elförsörjningen. Men utan tillförsel av el fungerar inte telesystemen och telefonin. Det uppstår en moment 22 situation. Mycket hög tillförlitlighet eller tillgänglighet i elförsörjningen av telesystemen är därför av yttersta vikt för att kunna hantera samhällets sårbarhet och säkerhet inte minst för myndigheter och företag och för allmänhetens nödnummer (112).

Fungerande el- tele- och ITförsörjning är grunden för all verksamhet, - affärsverksamhet, -förvaltning och samhällsservice, -offentlig och privat, etc.. De kritiska funktioner i samhället med hög sårbarhet vid strömavbrott kan genom detta förhållande identifieras utgående från dess betydelse för samhället och befolkningen i ett helhetsperspektiv:

1. Elförsörjningen själv
2. Telekommunikationsförsörjningen – särskilt telefonifunktion och framgent Internetaccess
3. Samhällets ledningssystem, polis och försvar.
4. Sjukvård och omsorg, äldreboende etc.
5. Räddningstjänst
6. Civil beredskap

7. Offentlig förvaltning och samhällsservice
8. Affärsverksamhet, betalningssystem, handel, bank, etc.
9. Kontors- och industriområden
10. Offentliga lokaler och platser, cityområden, torg, köpcentra, biografen och teatrar, etc.
11. Industriprocesser och särskilt dess styrsystem

Se vidare ref [1].

3 Tekniska lösningar som kan begränsa sårbarheten

3.1 Strategidiskussion

De tekniska lösningar på elkraftområdet med hög tillförlitlighet, som kan begränsa sårbarheten används idag i bl.a. telesystemens reservkraftförsörjning. I stort kan man säga att dessa system är relativt billiga och har i praktiken visat mycket hög tillförlitlighet och goda driftresultat. Detta har uppnåtts genom användning av likström, som är mycket enkelt och billigt att parallellkoppla till skillnad från växelström som är svårt och dyrt att parallellkoppla. Genom möjligheten att enkelt parallellkoppla kan billiga och effektiva redundanta så kallade (n+1) – kraftsystem med mycket hög tillgänglighet konstrueras. I alla delar kanske detta ännu inte kan användas i publik elförsörjning, men en utveckling mot en större användning av likström skulle innebära en möjlighet till förbättringar av tillgängligheten i publik lokal elförsörjning i framtiden. Detta systemtänkande med ständigt aktiva parallella framföringsvägar borde dock redan nu delvis kunna adopteras av elbranschen i eldistribution. Se vidare avsnitt 4.

Reservkraftförsörjningen av telesystemets stamnät och dess stora telefonstationer har (n+1) redundanta reservverkssystem med 2 och ibland 3 dieselaggregat varav ett kan falla utan att systemfel uppstår. I mindre men viktiga stationer finns ett reservverk och parallellt kopplat stora reservbatterier för den mycket kritiska teletransmissionen och telefonitjänsten med 3-4 timmar reservtid. Detta ger då tid att köra fram ett transportabelt elverk, som stor på förråd, om fel skulle uppstå i det fasta elverket.

I den stora mängden små telestationer, - flera tusen, med mellan något hundratal och några tusen anslutna telefoniabonnenter finns stora reservbatterier med beroende på olika lokala förhållanden (avstånd från underhållscentral) varierande batterireservtider. Tillförlitligheten i dessa många men enkla likströmssystem är mycket hög, med otillgänglighetstid i delar av sekunder per år. Målsättningen är att dessa stationer ska kunna klara c:a 8 timmars elavbrott med hjälp av reservbatterierna. Under 8 timmar ska underhållsorganisationen kunna mobiliseras och förse telestationerna med transportabla elverk vid långvariga strömavbrott. Målsättningen hos teleoperatörerna är att hålla igång telefonifunktionen under mycket lång tid eller så länge som elnätet behöver för att åter komma i drift igen.

Diskussionen om de 8 timmarna gäller för det fasta telenätet. När man kommer över på det mobila telenätet har batterireservtiden minskats till mellan 1 – 3 timmar i basstationerna. Samtidigt ökar antalet basstationer till mellan 20 000 – 30 000 för 3G-utbyggnaden och vissa dessa förses av besparingskäl inte med reservbatterier.

Basstationerna för 3G representerar punkter för så kallat mobil Internetaccess. Punkter för fast Internetaccess finns anslutna till kallade MAN (Metropolitan Area Network) och LAN (Local Area Network). Ett MAN kan vara ett optostadsnät för bredband i ett cityområde, industriområde eller bostadsområde. Ett LAN kan vara ett fastighets- eller lägenhetsnät för bredband. I Sverige beräknas i framtiden mellan 1 000 – 2 000 MAN. Antalet LAN fastighetsnät kan antas till flera 100 000 st.

Så länge som antalet underhållspunkter ligger i storleksordningen 5 000 – 10 000 st på riksnivå visar sig nuvarande strategi för reservkraftförsörjning av telenät hålla måttet. I praktiken har detta visats vid regionalt begränsade störningar - landsdelar, även om organisationen går på knä vid långvariga strömavbrott. Vid geografiskt mer omfattande och rikstäckande avbrott räcker sannolikt inte resurserna till. Om antalet underhållspunkter i stället 10 dubblas, vilket kan förutses i samband med bredbandsutbyggnaden, kan det ifrågasättas om denna strategi kan hålla, eftersom personalbehovet med tillräcklig kompetens blir mycket stort vid dessa situationer.

Varje bredbandsansluten flerfamiljsfastighet kan betraktas som en liten telestation som kommer att tillhandahålla den viktiga ”verksamhetskritiska” telefonitjänsten. Fastighetsnäten för bredband är den sista länken i Internetaccess. Fastigheten är i många fall också bärare av en 3 G basstation. För att minska antalet underhållspunkter i elavbrottsituationen bör fasta installationer för reservkraftförsörjning installeras för att säkerställa driften där det är ekonomiskt möjligt i de viktigaste befolkningscentra. Detta kan göras samtidigt och i samband med utbyggnaden av bredband där det sker med MAN och LAN för Internet access

I analogi med strukturen i telesystemets reservkraftförsörjning bör alltså elnät som i framtiden direkt strömförsörjer telesystemen särskilt i stora befolkningscentra och viktiga industri och kontorsområden förses med nya eldistributionssystem (jämför MAN) där parallella framföringsvägar ständigt är i drift. De ska vara försedda med integrerade fasta reservkraftanläggningar. Dessa ”öar” i elnätet med extra hög tillgänglighet i eldistributionen motsvarar alltså de stora och viktiga stationerna i telenätet. I mindre centra och enskilda fastigheter som inte kan anslutas till dessa elnät med extra hög tillförlitlighet kan det lokalt anordnas reservkraft med hjälp av lokala reservverk, eller reservbatterier (jämför LAN) med reservtider på kanske 3-4 timmar som ger en rimlig tillgänglighet för telefonitjänsten som en integrerad del av bredband.

Genom en sådan strategi kan en majoritet av befolkningen betjänas med fast reservkraft och jämfört med nu få en bibehållen tillgänglighet i kommunikationstjänsterna som levereras via Internet samtidigt som en miljöbelastande batterianvändning kan minimeras.

3.2 Tillförlitlighet och tillgänglighet för kraft för telekommunikation

Hög tillförlitlighet uppnås genom redundans eller parallell framföring via minst två oberoende vägar. Baserat på 7 referenser [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8] och lång erfarenhet från dimensionering av reservkraftsystem för telekommunikation kan kravnivån och målbilden för tillgängligheten för kraftförsörjningen av telekommunikation och Internet beskrivas på följande sätt.

1. Tjänsten telefoni är standardsättande för tillgänglighetsnivån i telekommunikationssystem. Tillgänglighetsnivån är formulerad i artiklarna på olika sätt men hamnar på i stort sätt samma nivå. Ericssons kravnivå för en medelstor telefonstation är ackumulerad hindertid $t_{\text{down}} =$ maximalt 2 timmars systemfel under 40 år eller 3 min/år. Bellcore (ett numera nedlagt amerikanskt

standardiseringsinstitut inom telekommunikationsområdet) [8] föreskriver 99,999 % uptime, vilket motsvarar $t_{\text{down}}=5$ min och 15 sek för tjänsten telefoni. Detta värde har också framförts inofficiellt från en handläggare på PTS. För att nå detta tillförlitlighetsmål för hela telesystemet har kravet på kraftförsörjningen sedan mycket lång tid varit en otillgängligheten mindre än 5×10^{-7} motsvarande en tillåten längsta otillgänglighetstid i kraftförsörjningen på $t_{\text{down}}=15$ sek per år. Dessa nivåer är idag defaktostandard och existerar i verkligheten. De har ett stort förtroendekapital i befolkning och samhälle. Att telefonsystemet fungerar i alla lägen och ska kunna användas som nödtelefonsystem, - nummer 112, inte minst vid elavbrott anses som en självklarhet. En försämring av servicenivån på denna punkt kommer sannolikt inte accepteras.

2. Likriktarsystem för kraftmatning av telekommunikationsutrustning direkt från ett batteri och med inmatning från ett genomsnittligt svenskt elnät behöver minst 3-4 timmars reservtid i batteriet för att klara kravet 5×10^{-7} eller $t_{\text{down}}=15$ sek per år. Med 8 timmars reservtid erhålls $t_{\text{down}}=0,3$ sek per år. Beroende på lokala och praktiska omständigheter har Telia reservverk och eller 4 – 8 timmars batterireservtid i telestationerna. I glesbygd med stora avstånd till underhållscentra har man väsentligt längre reservertider.
3. Det gamla telenätet och Internet använder samma stamnät. Det kraftförsörjs i de stora telefonstationerna med kraftsystem som når de ovan redovisade kravnivåerna för tillförlitlighet.
4. Internet access och bredband är den nya utmaningen där tillförlitligheten i kraftförsörjningen behöver förbättras.

Sammanfattning:

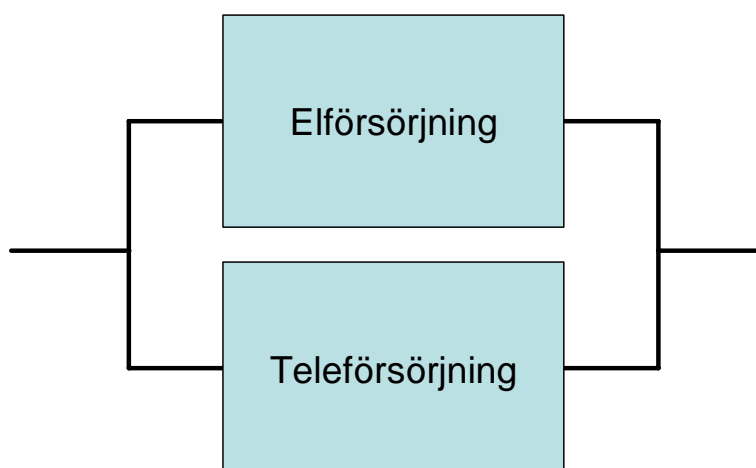
- Telekommunikationssystem som avser att leverera tjänsten telefoni behöver kraftförsörjning med $t_{\text{down}} < 15$ sek per år.
- ”Reservertiden” vid strömavbrott bör vara minst 3-4 timmar.
- Ny eldistribution med tvåvägs framföring med så kallat ”overlaynät” och integrerad reservkraft (se vidare avsnitt 4 nedan) kan nå samma tillgänglighetsnivåer som traditionellt krävs för telekommunikation, dock med reservation för att denna belastning förmodligen måste vara för likströms- eller allströmsmatning. (Detta behöver verifieras med avseende på några oklarheter eftersom denna beräkning är 5 år gammal och endast översiktlig. Det ingår dock inte i denna förstudie).
- För att nå erforderlig nivå på tillgänglighet med reservverk måste dessa vara dubblerade [3] (n+1 system) eller parallellt ha batteribackup för den kritiska lasten med reservtid på 3-4 timmar.
- Vanligt förekommande AC UPS fyller inte kraven på tillgänglighet [5] för matning av telekommunikation. Deras t_{down} kan inte bli kortare än 4 min per år (dvs. lika mycket som hela teleutrustningen tillåts ha) därför att den elektroniska switch som krävs innebär en flaskhals i tillförlitlighetsschemat, som inte kan kringgå utan stora kostnader. Detta innebär fullständig A och B dubbelmatning ända fram till elektroniken som måste ha dubblerade kraftaggregat. Denna slutsats från [5] har förändrats på senare tid eftersom det nu finns AC UPS som kan byggas i

(n+1) system, men dessa har mycket avancerad, känslig och komplicerad teknik och särskilt vid större effekter blir dessa mycket dyra (>30 kVA).

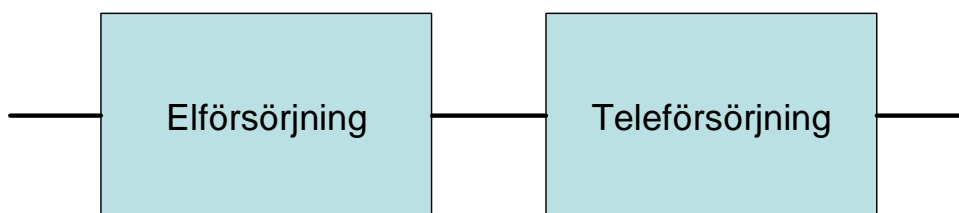
3.3 Tillgänglighet för kraftsystem för Internt access

I ett schema för tillförlitlighetsanalys kan den gamla situationen beskrivas så att el och teleförsörjningen fungerar parallellt och oberoende under c:a 8 tim. Den nya situationen med stor användning av Internetteknik i teleförsörjningen särskilt med IP-telefoni kan beskrivas så i tillförlighetsschemat, att el- och teleförsörjningen blir liggande i serie och ömsesidigt beroende. Ett avbrott i den ena ger systemfel för båda och den ena kan inte vara stöd för den andra.

Logiskt tillförlitlighets schema för nuvarande situation:



Logiskt tillförlitlighetschema för den nya framtida situationen:



Internetteknik kommer att bli basen för leverans av en rad kritiska kommunikationstjänster såsom telefonitjänster, larmtjänster-112, fjärrdrifttjänster etc. Successivt kommer de fastigheter som får fullt utbyggt bredband att kopplas bort från det gamla telenätet. Kapacitet i det gamla telenätet kommer att reduceras eller läggas ned. Detta innebär att kraven på tillgänglighet i Internet och dess strömförsörjning måste höjas rejält.

Med nuvarande elnätstruktur i tätorter får man i genomsnitt 1/2-1 timmes "otillgänglighet" per år ($<10^{-4}$ otillgänglighet eller $>99,99$ % tillgänglighet). Utan att ändra strukturen kan inte tillgängligheten höjas nämnvärt.

Nuvarande telesystemets krav på kraftförsörjning i varje aktiv punkt har sedan mycket lång tid varit att "otillgänglighetstiden" (t_{down} ackumulerad hindertid per år) får vara högst 15s per år. Nivån är inte dyr eller svår att nå om man strukturerar systemen rätt från början. Denna höga tillgänglighet på kraft för telekommunikation ligger till grund för den höga nivån på tillgänglighet som telekommunikation och särskilt tjänsten telefoni har haft sedan mycket länge (2 tim på 40 år eller 3 min per år downtid). Det är också detta som gjort att man kan använda det allmänna telefonsystemet som nödtelefonsystem och kunnat avveckla äldre tiders särskilda nödtelefonsystem.

Den tele- och datatekniska delen av Internets utrustning är relativt lätt att förbättra med avseende på tillgänglighet.

Energiförsörjningen är inte lika enkel att påverka för operatörer, telenätsägare, fastighetsägare, företag och allmänhet. Traditionella lösningar med batterisystem eller reservverk är inte enkla att driva och underhålla. De är dyrbara, underhållskrävande och belastar miljön.

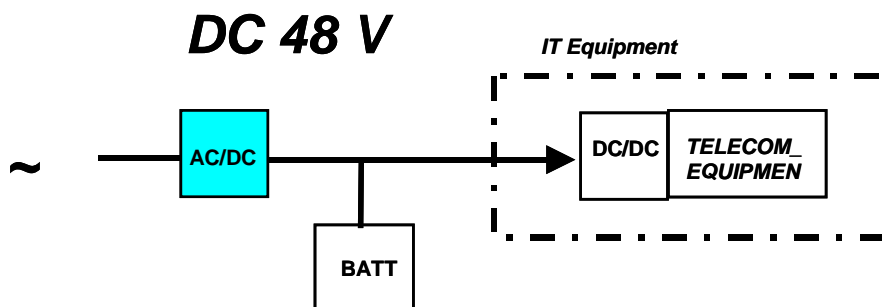
Reservkraftlösningar som kan begränsa sårbarheten kommer att beskrivas i följande avsnitt. Beskrivningen, diskussionen och de översiktliga kostnads kalkylerna utgår från målet att kunna leverera elkraft med integrerad reservkraft med en otillgänglighet som är mindre än 5×10^{-7} och en teoretisk ackumulerad hindertid (avbrotts tid) t_{down} kortare än 15 sek per år.

3.4 Reservkraftsystem med batteri

3.4.1 Enkelt likströmssystem för 48 V.

Detta enkla likströmssystem används i alla större och mindre telefonstationer och radiobasstationer i mobiltelefonsystem. Systemet ger direkt utmatning av ström från ett batteri utan mellanliggande omvandlare eller switchar. Det har relativt hög verkningsgrad eftersom endast likriktarna ger omvandlingsförluster. Systemet kan få mycket hög tillförlitlighet och driftsäkerhet eftersom likriktare och batterier enkelt kan parallellkopplas i så kallade (n+1)-system. Belastningen får ström från reservbatteriet direkt utan mellanliggande omvandlare och switchar.

Typiska kostnader för 48 V och 300 V DC system är baserade på 3 kr/W likriktarkostnad och standard dimensionering avseende säkringar och med 4 timmars batterireservtid .



Stations-effekt kW	Likriktar-Storlek W	Antal likriktare	Likriktare kr/st	Totalt likriktare	Totalt system
2,5	1 200	4	3 600	14 400	46 095
5	1 200	6	3 600	21 600	76 464
10	1 900	7	5 700	39 900	142 722
20	3 000	8	9 000	72 000	264 620
30	3 000	11	9 000	99 000	367 656
60	2 700	24	8 100	194 400	686 313

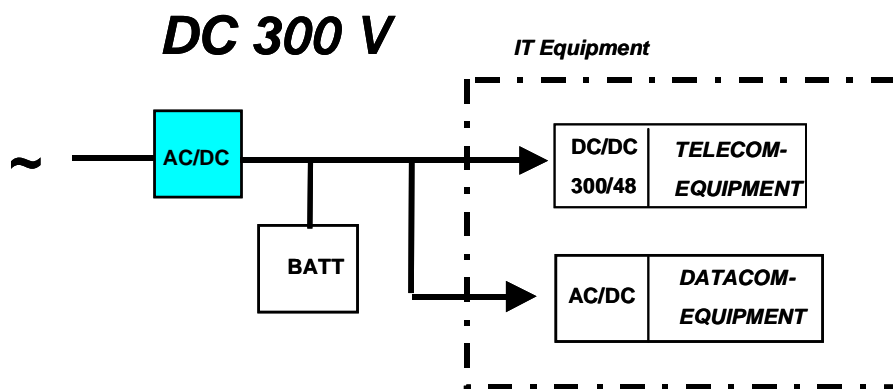
Not 1: Batteri för 4 timmars reservtid ingår

Not 2: Systemet (n+1) klarar med bred marginal tillgänglighetskravet 5×10^{-7}

3.4.2 Enkelt likströmssystem för 300 V.

Detta system finns ännu inte på marknaden men har alla sina egenskaper gemensamma med 48 V systemet. System kan ersätta AC UPS-system eftersom nästan all typer av aktuella belastningsobjekt är av allströmstyp. Tillgängligheten i systemet kan bli mycket hög. Systemet lämpar sig väl genom sin enkelhet för publik eldistribution i t.ex. en kontorsfastighet där extra hög tillgänglighet eftersträvas för verksamhetskritiska system.

Kostnad för 300 V DC (oisol) system baseras på 1,8 kr/W likriktarkostnad.



Stations-effekt kW	Likriktar-storlek W	Antal likriktare	Likriktare kr/st	Totalt	Totalt system, (% < än 48 V)
2,5	1 200	4	2 160	8 640	40 000, (14%)
5	1 200	6	2 160	12 960	68 000, (11%)
10	5 000	3	9 000	27 000	130 000, (9%)
20	5 000	5	9 000	45 000	237 000, (10%)
30	5 000	7	9 000	56 000	324 000, (12%)
60	5 000	13	9 000	117 000	600 000, (13%)

Not 1: Antalet distributionssäkringar som ingår är lika som för 48 V systemet.

Not 2: Sannolikt lägre kostnad för stativ i 300 V utförande har inte kalkylerats, men kan bli billigare genom att skensystem bara behöver bära en sjättedel av motsvarande 48 V ström.

Not 3: Batteri för 4 timmars reservtid ingår lika som för 48 V systemet

Not 4: Systemet klarar med bred marginal tillgänglighetskravet 5×10^{-7}

Not 5: Kostnadsskillnaden mellan 300 V och 48 V finns i kostnaden för likriktarna.

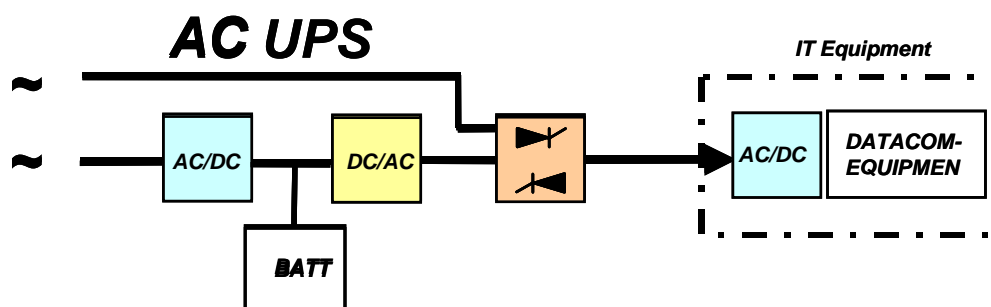
3.4.3 Enkelt AC UPS system .

AC UPS system förekommer i två varianter. Dels i så kallat "on-line" utförande där likriktare och växelriktare alltid är i drift, och dels i så kallat "off-line" utförande där växelriktarutrustningen startar först vid elavbrottet. I så kallade on-line system går belastningens energi i normalfallet alltid genom hela systemet. Verkningsgraden blir dålig eftersom systemet alltid har omvandlingsförluster. En så kallad by-pass finns som reserv-väg om likriktaren eller växelriktaren går sönder. Systemet används i särskilt kvalificerade sammanhang till exempel i övervaknings- och kontrollcentraler och större datacentraler och telefonstationer och förekommer vanligast i effekter över 10 kW. Denna variant brukar användas tillsammans med reservverk för att systemet ska kunna upprätthålla driften under både korta och långa elavbrott.

I den så kallade off-line varianten används UPS-systemet så att alla energi i normalfallet går genom by-passvägen och växelriktaren startas först vid elavbrott för att leverera ström från batteriet till lasten. Detta system blir något billigare därför att likriktarna inte behöver dimensioneras för att processa hela effekten till lasten utan bara används som batteriladdare. Endast växelriktaren är dimensionerad för full effekt. Detta system ger hög verkningsgrad eftersom inga omvandlingsförluster uppstår i det normala driftfallet. Dessa system förekommer oftast i 1-fasutförande och upp till effekter på c:a 10 kW.

Systemet uppfyller inte kravet på tillgänglighet som ställs på reservkraft i denna rapport. Det används för det mesta som reservkraftsystem för enklare datasystem och mindre datakommunikationssystem och i första hand för att stänga av datasystemet kontrollerat under elavbrottet. Reservbatteriernas storlek ger ofta mellan 5-30 min reservtid

Kostnad redovisas för enkelt AC UPS system med enbart 30 min batterireservtid. System med 4 timmars reservtid finns inte på marknaden. Det kalkylerade systemet är ett så kallat "on-line" system med kontinuerligt gående likriktare.



Stations-effekt kW	Systemkostn 30 min batt	Distribution Antal/kr/enh	Kost inkl distribution
2,5	37 735	10 st 8 000	50 735
5	50 000	20 st 16 000	71 000
10	73 404	30 st 24 000	107 404
20	177 075	50 st 40 000	227 075
30	211 865	60 st 48 000	269 865
60	285 270	120 st 96 000	401 270

Not 1: Systemet uppfyller inte tillgänglighetskravet 5×10^{-7} .

Not 2: Systemet kräver reservverk för att klara reservtidskravet 4-8 timmars uthållighet

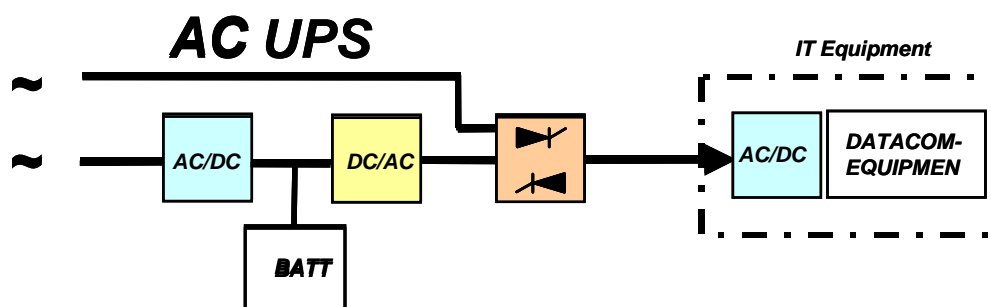
Not 3: I kostnaden ingår endast batteri för 30 min reservtid

Not 4: Tillägg för en extra grupp för bypas i AC distributionen ingår med 5 tkr för 2,5, 5 kW 10 tkr för 10, 20,30 kW 20tkr för 60 kW.

Not 5: Batteriutrustning för 4 timmars reservtid erbjuds inte på marknaden.

3.4.4 Enkelt AC UPS system off line.

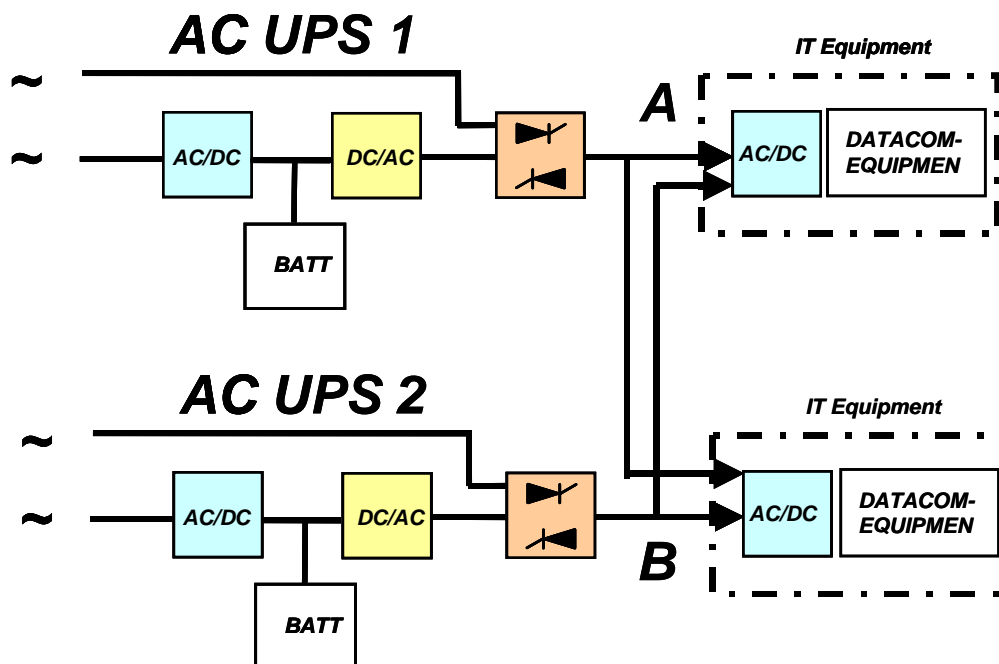
Detta system är en lågpris AC UPS och inriktat på system för mycket korta reservertider. Likriktaren används endast som batteriladdare för små batterier och är inte dimensionerad för att processa hela UPS:ens effekt. Energiflödet går i normalläget genom den så kallade by-passvägen och i elavbrottsituationen switchar systemet över till batteridrift. Det ger en mycket hög verkningsgrad, eftersom det under de vanliga driftförhållandena inte har några omvandlingsförluster. Systemet ger inget skydd för transienter, dippar och korta avbrott på elnätet dessa kan alltid komma in på den matade utrustningen. Tillgänglighetsmässigt har det samma värden som en vanlig AC UPS och uppfyller inte heller kravnivån.



3.4.5 Dubbelt AC UPS system.

Dubbla AC UPS-system används som reservkraftutrustning för kvalificerade datasystem och i telefonstationer och viktiga Internet centraler. Dubblingen erfordras därför att enkla AC UPS anläggningar inte får tillräcklig tillförlitlighet. De installeras ofta tillsammans med reservverk för att kunna överbrygga långa elavbrott eftersom batterialternativet ofta ger en dyrare lösning. Systemet är komplicerat, dyrt och inte särskilt modulärt utbyggbart eller flexibelt. Den dubblerade distributionen kräver dubblingar på lastsidan för att tillgängligheten ska bli den eftersträvade. En dubblerad distribution är dyrbar och komplicerad och lämpar sig inte lika bra för publik distribution i t.ex. en kontorsfastighet, som en enkel distribution med samma höga tillgänglighet gör. Systemet kräver fullständig kontroll över lasten för att nå tillförlitlighetskraven.

Kostnad för dubbla AC UPS system redovisas med A- och B distribution, med 30 min reservtid och 4 timmars reservtid. Utrustning för 4 timmars reservtid levereras nästan aldrig på marknaden, men finns med i tabellen som kalkylexempel.



Stations- effekt kW	Två UPS parallella	A- och B- distribution	Kost inkl. 30 min batteri	Kost inkl 4 tim batteri
2,5	81 470	16 000	112 470	120 188
5	106 000	32 000	153 000	183 436
10	156 808	48 000	224 808	295 680
20	244 962	80 000	354 962	565 145
30	291 068	96 000	417 068	707 312
60	403 065	192 000	655 065	1 235 553

Not 1: Systemet uppfyller inte tillgänglighetskravet 5×10^{-7} på egna meriter. Det kan bara nås om lasten har dubblade kraftaggregat med så kallad A- och B-ingång.

Not: 2: Systemet kräver reservverk för att klara reservtidskravet 4-8 timmars uthållighet och ingår egentligen inte i jämförelsen.

Not 3: I kostnaden ingår två reservbatterier om 30 min dvs. för 1 timmes drift vid nätavbrott då båda UPSarna är hela.

Not 4: Två st parallellgående AC UPS system måste vara försedda med A- och B- sida i distributionen. Kvalificerade routrar och servrar har A och B ingång men all datakomutrustning har inte A och B-ingång vilket är en svaghet med systemet. Nyckeln till tillgängligheten ligger inte kraftsystemet utan i datakomutrustningen.

Not 5: Tillägg för 3 extra grupper i ställverket för 2 bypas och matning av UPS 2 ingår i distributionskolumnen med 5 tkr för 2,5, 5 kW 10 tkr för 10, 20,30 kW 20tkr för 60 kW.

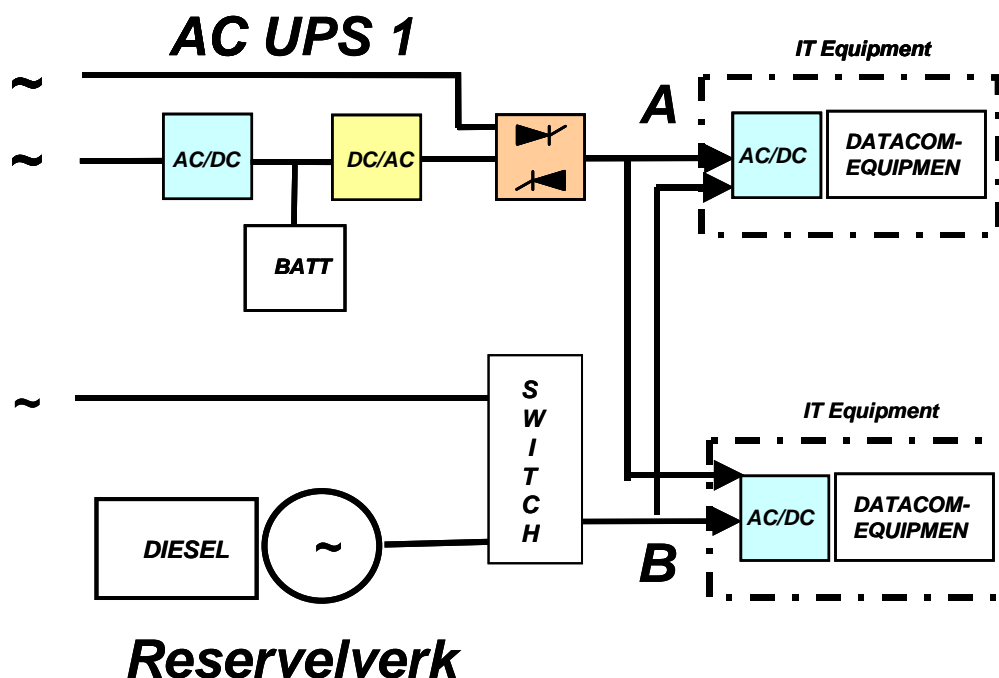
Not 6: För små systemeffekter är detta ett realistiskt dyrbart system.

3.5 Reservkraftsystem med reservverk

3.5.1 Reservkraftsystem med ett reservverk

Ett vanligt system för datacentraler och telefonstationer är en kombination av en enkel UPS och ett reservverk i parallell och kräver dubbel distribution för matning av last med dubblade kraftaggregat. Det är liksom dubblade UPS system inte heller lika bra som system med enkel distribution och passar inte för publik distribution.

Systemet ger den fördelen att reservtiden blir utsträckt. Det kan överbrygga långa strömavbrott på dygn eller delar av dygn till skillnad från de vanliga AC UPS-systemen som oftast har 30 mins reservtid och blir mycket dyra med större batterier.



Exempel på kostnader för sådana system utan anläggnings- och byggnadskostnader eller containers för utomhus uppställning är enligt nedan.

Effekt kW	UPS kost inkl A-dist	Res agg kVA	Kostnad reservagg	Kost B-dist	Tot.Kost UPS inkl resagg
2,5	45 735	15	80 000	8 000	148 735
5	66 000	15	80 000	16 000	177 000
10	97 404	30	114 692	24 000	266 096
20	217 075	60	145 320	40 000	432 395
30	259 865	100	184 981	48 000	522 846
60	381 270	150	243 689	96 000	780 959

Not 1: Systemet uppfyller inte tillgänglighetskravet 5×10^{-7} på egna meriter. Det kan bara nås om lasten har dubblade kraftaggregat med så kallad A- och B-ingång.

Not 2: Systemet antas klara tillgänglighetskravet 5×10^{-7} , genom att det inte behöver ha elektronisk by-passswitch i serie. Det matar elektronisk last med dubbla kraftaggregat med A och B ingångar och "switchning" på likströmssidan i utrustningen. Men det har bara 30 min batterireserv. Det är inte fullständigt matematiskt analyserat avseende tillgängligheten AC UPS parallellt med reservelverk är $7,4 \cdot 10^{-6} \times 1,57 \cdot 10^{-6} = 1,2 \cdot 10^{-11}$ och är tillräckligt utom att batterireservtiden inte räcker till.

Not 3: Enligt Telias reservkraftpolicy vid användning av reservelverk på telefonstation behövs av tillförlitlighetsskäl redundanta elverk (dvs. 2 st) eller 1 reservelverk plus 3-4 timmars batterireserv. I detta fall ingår 1 reservelverk och 30 min batteri.

Not 4: Reservelverket är dimensionerat 2,5 ggr elektroniklasten för att ha marginal och klara kylutrustning och ge god elkvalitet mm.

Not 5: Reservelverken är monterade i så kallad canopéutförande.

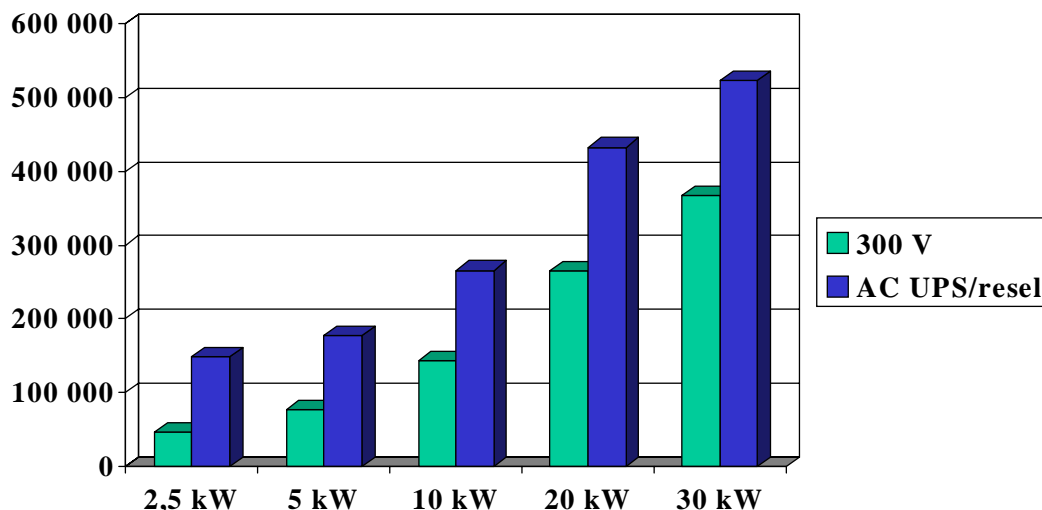
Inomhusinstallationer och avgasrör i hus ökar kostnaderna avsevärt. Det för exemplet redovisade kostnaderna är minimikostnader för reservelverk.

Not 6: Reservelverkens effekt har kapacitet för kyla. Det är lite utöver jämförelsen men på verkar inte kostnaden för reservelverket mycket.

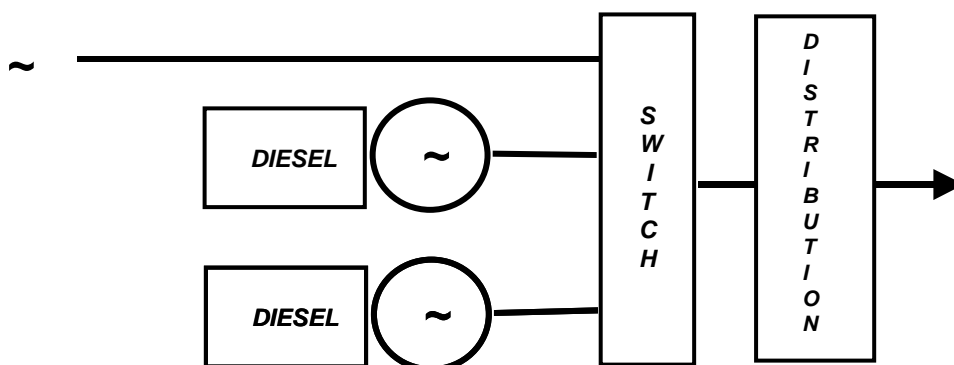
Not 7: Tillägg för 2 extra grupper för by-pas och en för matning av UPS 2 i ställverket ingår i totalkolumnen med 5 tkr för 2,5, 5 kW 10 tkr för 10, 20,30 kW 20tkr för 60 kW.2 i ställverket ingår

Not 8: För små systemeffekter är detta ett realistiskt dyrbart system.

Kostnadsjämförelse mellan AC UPS plus reservelverk exklusive container och 300 V DC system



3.5.2 Reservkraftsystem (n+1) med två eller fler reservelverk



Reservverk finns på marknaden i effektstorlekar från några kVA till flera MVA. Dessa kan parallellkopplas med synkroniseringsutrustningar och konfigureras till stora (n+1) reservkraftanläggningar. Storleken på aggregaten och prisbilden för dessa styrs utifrån vilken storlek på motor och generator som finns i serieproduktion. De bästa priserna fås när man utgår från lastbilmotorer, eftersom dessa serieproduceras och lätt kan anpassas till drift som generatoraggregat. När de lämpliga och största serieproducerade lastbilmotorerna som kan kombineras med lämpliga serieproducerade generatorer erhålls en mycket bra prisbild. Utifrån marknaden för lastbilmotorer framkommer att den lämpliga största reservaggregatstorleken blir på 500 kVA eller 0,5 MVA. Dessa kan sedan parallellkopplas till en större kraftanläggning.

Kostnaderna för färdiga anläggningar påverkas mycket av olika byggnadstekniska anläggningsparametrar. I kostnadstabellen nedan är aggregaten installerade i standard stålcontainrar för att kunna ställas upp på marken utomhus eller på hustak. Inga anläggnings- eller byggnadskostnader därutöver ingår. Ingen automatisk transferswitch (ATS) eller ställverk för eldistribution ingår.

Det mindre aggregatet på 160 kVA är ett exempel på en storlek som skulle kunna vara användbart i ett normalstort kontorshus för dess behov av reservkraft. Det större med systemeffekt upp till 3,5 MVA skulle kunna vara lagom för ett cityområde, en stadsdel, industriområde eller större bostadsområde.

Kostnadsuppskattningar för reservkraft aggregat installerade i stålcontainers

Singelaggregat kVA	Kostnad TSEK	n+1 system kVA/MVA	Kostnad MSEK
100	600	100	1,2
160	714	160	1,410
500	1 444	0,5	2,8
		1,0	4,2
		1,5	5,6
		2,5	8,4
		3,5	11,2

Not 1: Aggregaten är monterade i varsin egen container. Det är dyrt men mycket viktigt av redundansskäl. Om det t.ex. börjar brinna i en container så ska den andra var opåverkad och ska ha oberoende släckningsutrustning. T.ex. får inte maskinernas kylsystem påverkas av varandra, varje maskin måste ha var sitt luftintag och varmluftutsläpp etc. Om aggregat installeras inomhus ska de installeras avskilt med egna kringssystem och separat släckutrustning.

3.6 Reservkraftsystem med gasturbiner

Gasturbindrivna generatoraggregat har sedan lång tid funnits på marknaden för reservkraft. Dessa har främst varit för större effekter i storleksordningen c:a 1 MW och uppåt. Dessa har dock t.ex. på Telia haft höga underhållskostnader till följd av problem med reduktionsväxellådan med den mycket stor varvtalsomsättning, som behövs för att komma ned till generatorvarvtalet. Där man har haft plats har de bytts ut till dieselaggregat. I större aggregateffekter upp i kring 100 MW där dieselkraftaggregat

inte kan konkurrera som reservaggregat är de vanliga. I storkraftnätet finns ett större antal som störningsreserv och effektreserv eller spetskraft, sammanlagt i storleksordning 1 000 – 1500 MW.

Det förekommer teknisk utveckling inom området microgasturbingeneratorer i storleken några 5 – 100 kW. T.ex. i Tyskland finns det en marknad för dessa. ABB har utvecklat och säljer en sådan enhet med effekten c:a. 100 kW. I Norge förekommer en utveckling som har inriktat sig på att reducera starttiden. Enligt uppgift klarar aggregatet att leverera full uteffekt efter 200 ms. Med en så kort starttid skulle avbrottsfri kraft kunna skapas genom att batteribackup kan ersättas med kondensatorbackup. I likströmssystem med 300 V systemspänning för matning av datorer skulle det vara en mycket attraktiv UPS-lösning. Kondensatoruppbackningen med 300 V spänning blir mindre än med 48 V spänning energiinnehållet i en kondensator beror på kvadraten av spänningen.

Gasturbinernas starkaste konkurrensfördel är dess små dimensioner. Gasturbinerna är dyrare än motsvarande dieselaggregat och har haft svårt att konkurrera med dieselkonceptet i reservkraftapplikationen i små och medelstora effekter.

3.7 Reservkraftsystem med bränsleceller

Reservkraftsystem med bränsleceller skulle eventuellt vara möjliga. Dessa finns ännu inte kommersiellt och frågan är om de kan få priser som kan konkurrera med dieselgeneratoraggregat. En reflektion är att bränslecellsystem är mer komplicerade än motoraggregat. Min bedömning är att dessa ännu inte kan konkurrera med dieselgeneratoraggregat.

Miljövänligheten med frihet från avgaser och hög verkningsgrad är drivkrafterna för bränslecellutveckling. I reservkraftapplikationen är miljöaspekter inte starka. Dessa aggregat skall egentligen inte användas med långa gångtider. Det viktigaste är låga investeringskostnader, hög tillgänglighet, startsäkerhet och driftsäkerhet, lågt underhållsbehov. Hög verkningsgrad och t.ex. billigt bränsle har låg prioritet.

3.8 Avbrottsfri kraft

All reservkraft behöver inte vara avbrottsfri. Många system klarar utan skada ett kortare avbrott och kan starta om utan problem. Vissa datorer och framförallt servrar är dock känsliga och kan skadas. Dessa förses oftast med avbrottsfri kraft för att skyddas för avbrott och för att kontrollerat kunna stängas av.

Avbrottsfri kraft är den finaste sortens el och betingar den högsta kostnaden för framställning. Den mest flexibla och ekonomiska lösningen är att nedströms i eldistributionssystemen punktvis förse de laster, som verkligen behöver avbrottsfri kraft med mindre backupsystem. Om man har ett reservkraftsystem som här senare skisseras med reservverk som startas inom någon halv minut, 10 – 30 sekunder, blir dessa backupsystem relativt billiga och kan ha små batterier eller rentav av kondensatorer.

3.9 Dynamiska UPS system

Dynamiska UPS system baserade på svänghjuls- och batterilagrad energi i finns på marknaden. Dessa kan motiveras då effekten för avbrottsfri kraft är stor och är förknippad med extra höga krav på t.ex. kortslutningseffekt. Dessa är lösa enheter som kan komplettera befintliga reservverk. Ett reservverk som kompletteras med dynamisk UPS får ett pris på c:a 2,5 ggr det utan UPS. Även kompletta enheter med integrerad dynamiska UPS finns på marknaden och prisbilden är den samma.

4 Tekniska lösningar som elföretagen kan svara för

4.1 Allmänt

Genom utvecklingen mot ett allt större utnyttjande av Internet och bredband för en lång rad avgörande tjänster i alla sammanhang blir elförsörjningen hela tiden allt viktigare. Särskilt Internetaccess, den del av Internet som finns i kommunikationssystem i fastighetsnät i industrier, kontor och bostäder men även i mobilbasstationer blir genom sin spridning alltmer beroende av det publika elnätet och dess tillgänglighet. Att lokalt på många ställen anordna reservkraft är inte en bra strategi ur bland annat miljö- och underhållsaspekter.

De reservkraftlösningar som finns på marknaden och som här beskrivits kan kategoriseras som privat reservkraft till skillnad från publik. Lösningarna anpassas alltid till specifika anläggningar och behov. Lösningarna förutsätter en stark koppling till det system de ska betjäna. Detta har stor betydelse för driftsäkerheten därför att dimensioneringen av anläggningen och fullständig kontroll över belastningens effektbehov och eventuella förändringar på denna punkt är avgörande för systemets driftsäkerhet i de avgörande situationer då reservanläggningen ska göra sin tjänst.

Den utveckling som nu pågår torde välkomna ett erbjudande från elbranschen om publik elkraft med extra hög tillgänglighet och integrerad reservkraft. Genom användning av en ny kombination av teleteknisk metodik och teknologi med beprövad elkraftteknologi kan publik reservkraft realiserars och erbjudas marknaden.

4.2 Eldistribution med extra hög tillgänglighet och integrerad reservkraft genom användning av så kallat "overlaynät"

Eldistribution med extra hög tillgänglighet kan skapas genom samverkande användning av elnätets och de nya och gamla telenätens existerande infrastrukturer. Det gamla telenätet och Internet skiljer sig inte strukturellt i stomnäten. Detta används gemensamt. Där finns också central reservkraft sedan gammalt med mycket hög tillgänglighet. Däremot skiljer sig telenätet och Internet radikalt i struktur i lokal och accessnäten. Telenätet har en centraliserad struktur och tjänsteproduktion, medan Internet har en decentraliserad. Detta förhållande har betydelse för kraftförsörjningen vid elavbrott. I telenätet strömförsörjs telefonapparaten från stora centrala reservbatterier och reservverk i telefonstationen på upp till 5 km: s avstånd. Internet förlitar sig i varje punkt på det vanliga elnätet. Om Internet ska kunna överta ansvaret för de viktiga larm och telefonitjänsterna från det gamla telenätet med bibehållen tillgänglighet måste en ersättning för det gamla telenätets reservkraftförsörjning byggas upp. Elnätets reservfunktioner måste därför bli naturliga och ständigt aktiva delar av den vanliga eldistributionen på samma sätt som i telesystem.

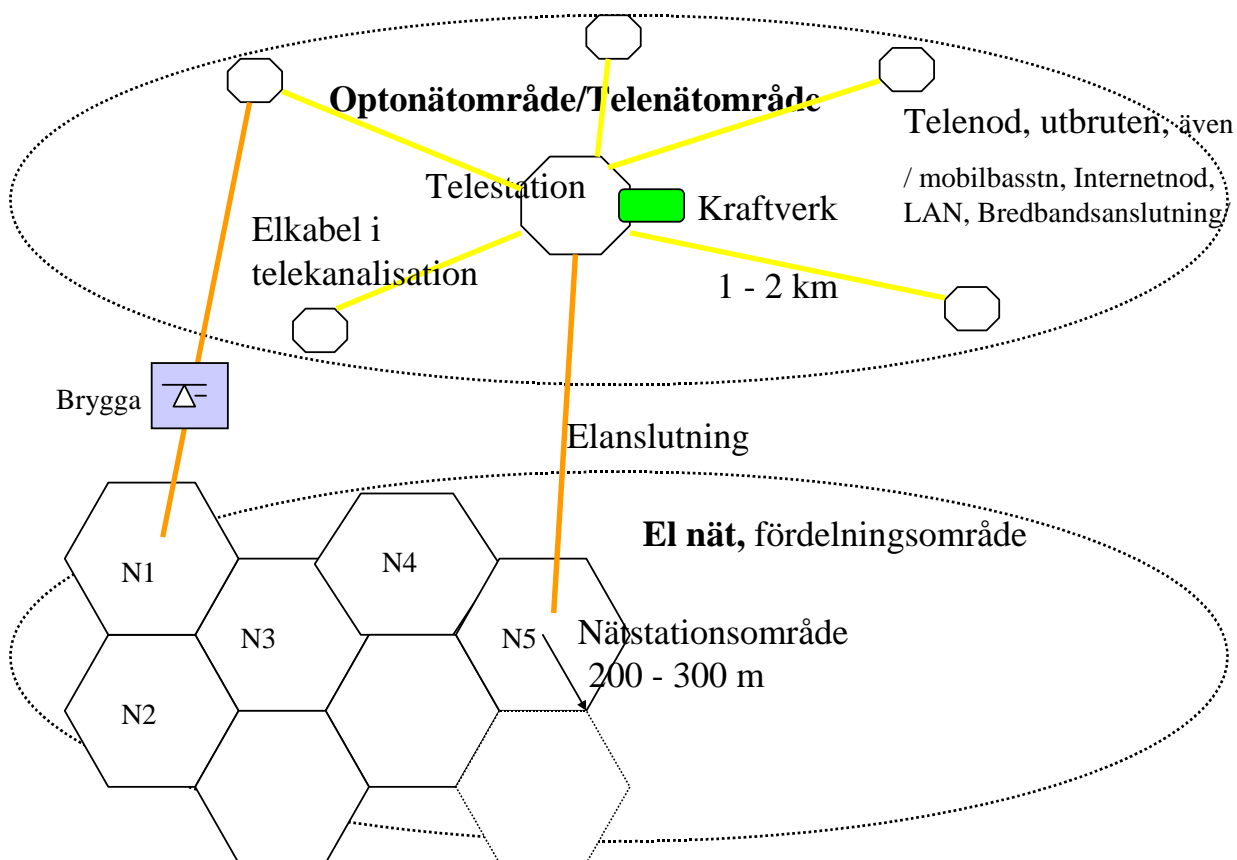
Det naturliga är att eldistributionen omstruktureras för att möta de nya krav på tillgänglighet i kraftleverans som Internetsamhället ställer. Den behöver bara uppgraderas med de effektbehov som Internet och andra avgörande belastningar kräver.

Det kan med fördel göras i samband med utbyggnaden av optonäten för bredband i städerna. Optonäten kan när dessa byggs anläggas med hybrid-opto-kraftkablar eller förses med vanliga kraftkablar längs samma stråk. Alternativt kan den befintliga telekanalisationen användas där det är möjligt. Även andra vägar finns t.ex. längs fjärrvärmesystem etc..

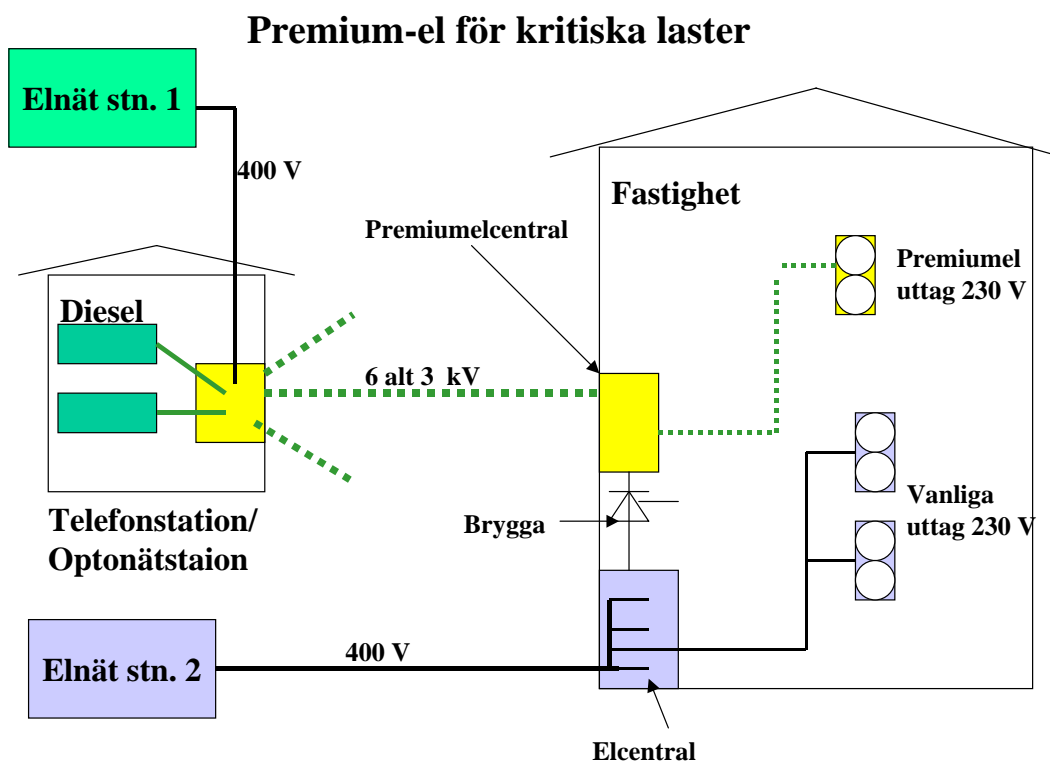
Numera finns kraftkablar som har samma dimensioner som optokablar och som kan förläggas i samma rör och med samma metodik som optokablar. Det antal fibrer som erfordras i optostadsnät och som kan tas med i kraft-opto hybridkablar räcker mer än väl för de behov som finns i optostadsnät. Ny utveckling inom optotekniken innebär att varje fiber kan överföra 16 syntetiska färger med samma bandbredd som tidigare en fiber klarade. En kraft-opto kabel med 8 fibrer får plötsligt motsvarande 128 fibrer, vilket tidigare ansågs räcka för landstäckande stomnät.

Detta nya eldistributionssystem blir ett så kallat nytt overlaynät över det gamla elnätet. Genom denna nya struktur kan en så kallad tvåvägs framföring av arrangeras. När dessa två samtidigt är aktiva bildas en slinga eller maska i matningen så kallad loopmatning. Se skissen nedan.

Nytt eldistributionssystem

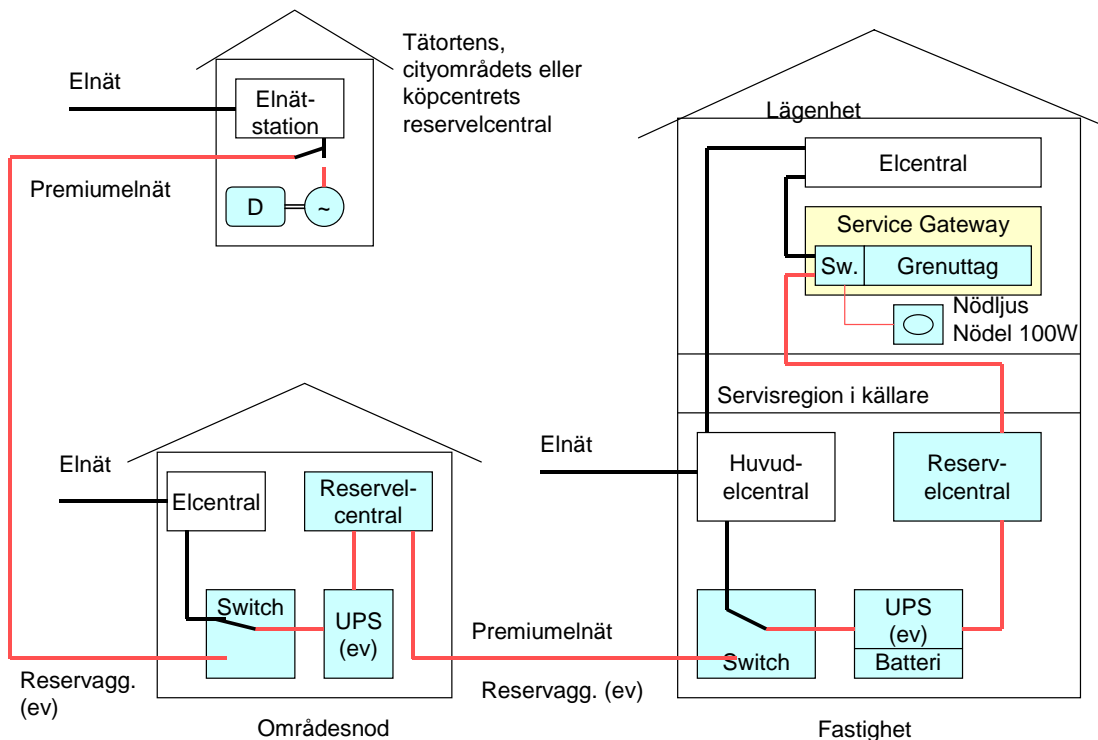


I en fastighet bör sedan eldistributionen delas in i en prioriterad och en oprioriterad och en prioriterad del. Se skissen nedan.



Se även följande skiss över optostadsnät och fastighetsnät

Premiumnät för bredband- och optofibernät

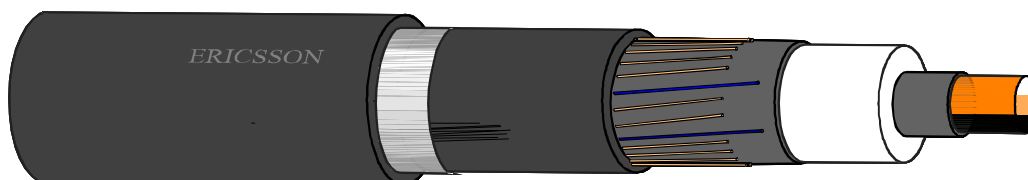


Kablar som kan användas i kraft-opto-hybrid system utvecklas för närvarande på Ericssons kabelfabrik i Falun. I de fall ett redan utlagt optostadsnät behöver kompletteras med ett overlay elkraftnät låter det sig göras med enbart kraftkabel i lediga "optoplaströr".

4.3 Kraftkablar för overlaynät

Kraft-opto hybridkablarna finns i två konstruktioner och beskrivs med följande bilder. Konstruktionerna har mått som gör det möjligt att förlägga dem i de vanliga plaströr som optostadsnäten är uppbyggda med. Renodlade kraftkablar och hybridkablar har i princip samma mått. Både 1-fas- och 3-faskonstruktioner är möjliga med mått som tillåter förläggning plaströr.

4.3.1 1-faskabel med eller utan opto

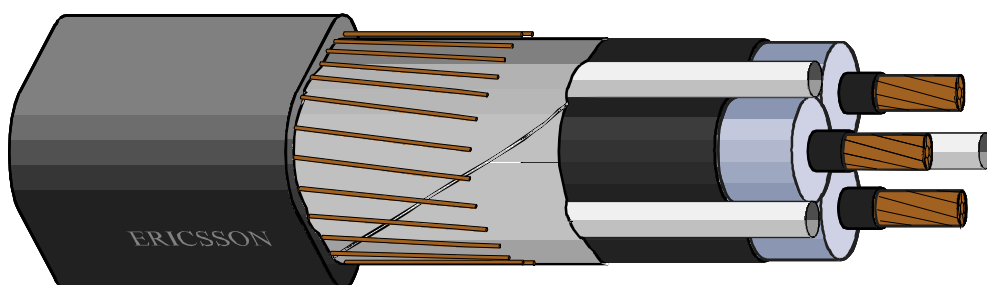


Denna bild visar en 1-faskabel som finns i 2 typer, dels med 10 mm² i ledare och skärm för 7 kV spänning och dels med 6 mm² i ledare och skärm för 5 kV spänning. Mellan

skärmledarna kan optofiber (blåa ledare i bilden) inkapslad i en så kallad loose tub läggas varvet runt med upp till 48 fibrer. Kabeltypen kan vara utförd med eller utan optofiber. Diameter för 7kV kabeln är c:a 20 mm och 5 kV kabeln c:a 13 mm. Denna diameter motsvarar de mått som är vanliga för optokablar. För att åstadkomma 3-fas överföring läggs 3 st 1-fasledare som kopplas 3-fasigt. Standardspänningarna 12 kV, 6,6 kV och 3,3 kV kan användas.

4.3.2 3-faskabel med eller utan opto

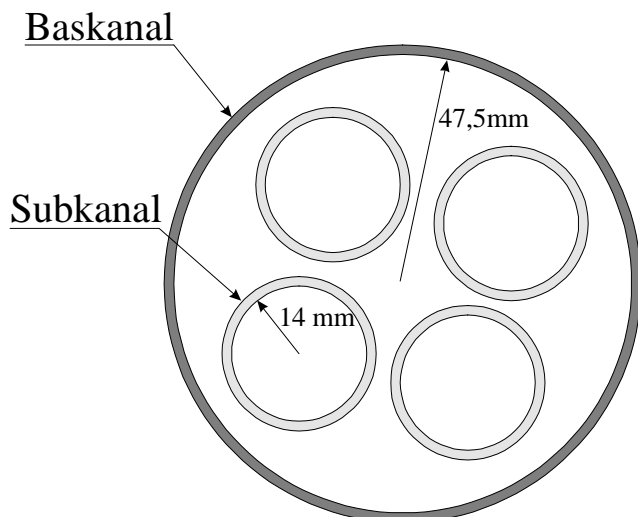
En annan konstruktion som finns är 3-faskabel med eller utan optoblåsrör, så kallad microduct. 5 kV kabeln kan slås som 3-faskabel och förses med 3 stycken blåsrör. se bilderna. Optofiber blåses in de tomma blåsrören med tryckluft efter förläggning av kabeln när det är lämpligt.



Diametern för 5kV kabeln i 3-fasutförande blir c:a 22 mm och går att förlägga i 40/32 "optoplaströr". 3-fas 3x10/10 12 kV är en standard elkabel som produceras i stora volymer och skulle kunna användas i overlaynät där kanalisation eller framföringsväg så tillåter.

4.3.3 Förläggning i optokanalisation

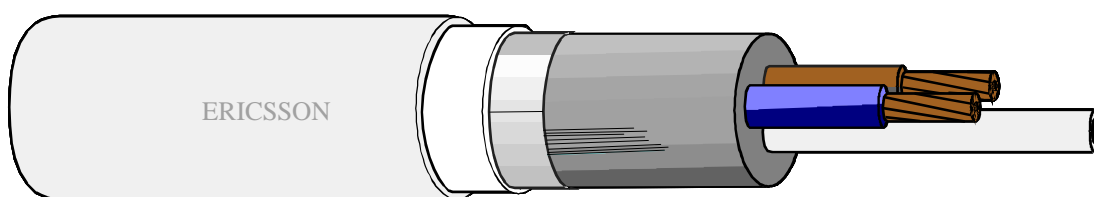
Kablarna har dimensioner som gör att de kan förläggas med tryckluft på samma sätt som optokablar i t.ex. det vanligaste 40/32 mm plaströret för optokabel. Även förläggning med draglina förekommer men är inte så bra därför att risken finns att ledningarna töjs för mycket vid dragningen. Plaströren kan grävas eller plöjas ned i knippen eller dras in i andra större rör av t.ex. cement eller plast, enskilt eller i knippen. I gammal telekanalisation förekommer även cementblock med rör av stalinorgeltyp. Plaströr för optokabel blir då så kallad subduct. Se bilden. Måtten på bilden är endast ett exempel.



De plaströr som kablarna förläggs i är av PEX som innebär en extra elektrisk isolering och ett extra mekaniskt skydd för avgrävning eller annan åverkan.

4.3.4 Installationsledning med optoblåsrör för fastighetsnät (Microduct)

Så kallade microductröret för optofiber till lägenheter eller kontor kan med fördel integreras i en installationsledning för fastighetsinstallation. Installationsledningen på bilden har koppararea $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$ plus biledare med ekvivalent area av $1,5 \text{ mm}^2$, som används som skyddsjordledare. Isoleringen är godkänd för 1000 V.



På detta sätt erhålls en sektionering av elinstallationen i en fastighet, som kan användas som reservkraftnät till fastighetens verksamhetskritiska installationer. En så kallad fiberribbon blåses med tryckluft i microductröret, som sedan ligger skyddad i installationsledningen.

4.3.5 Kostnader för kraft-opto-hybridkablar

Utvecklingen inom opto-området går mycket fort. Ny signaleringsteknik innebär att man i varje fiber nu kan signalera med 16 färger. Kablar med många fibrer behövs inte längre i samma utsträckning. Det antal fibrer som man med lätthet får in i hybridkablar räcker mer än väl till för de behov som finns i stadsnät där overlay reservnät behöver byggas. Skillnaden i kostnad mellan en renodlad fiberkabel och en hybridkabel är inte så stor, särskilt inte som antalet fiber inte behöver vara så stort. Själva kabelkostnaden vid anläggning av ett stadsnät är inte den största posten. Andra kostnader är dominerande.

4.4 Immaterialrättsligt läge

Metod och system för ett nytt eldistributionssystem enligt beskrivningen är patenterad och beskrivs i tre svenska patent med Nr SE516 059, SE516 756, SE517 112 samt patentansökan nr 9602319-7 och ett amerikanskt patent med Nr US6498966. John Åkerlund är uppfinnare och meduppfinnare av dessa patent.

Patentläget för de övriga i rapporten beskrivna reservkraftsystemen är inte utrett.

5 Översiktlig teknisk, ekonomisk, och miljömässig värdering av de tekniska lösningar som elföretagen kan svara för i förhållande till andra alternativ med samma tillgänglighetskrav

5.1 Översiktliga kostnader för overlaynät med integrerad reservverk.

Förutsättning för en jämförande översiktlig kalkyl är: 12 st, 18 st, 24 st, 48 st respektive 72 st fastigheter som behöver 50 kVA el för verksamhetskritiska behov med extra hög tillgänglighet i ett cityområde. Kraftkabelnätet antas i exemplet bli förlagt i befintlig kanalisation med teleteknisk metodik och vara möjlig att samförlägga i el, opto, eller telekanaler. Hyra för dessa ingår ej i kalkylen. I overlaynätalternativet har 18 st. respektive 24 st. leveranspunkter inte särkalkylerats eftersom skillnaden blir så liten jämfört med 24 st. leveranspunkter. För de övriga alternativen redovisas 18 respektive 24 leveranspunkter. Jämförelsens resultat och slutsats är endast giltig i tätorter, industri och cityområden där de infrastrukturella och geografiska förutsättningarna ger in rimligt kort utbredning av overlaynätet och rimliga kostnader för dess anläggning.

Lösning med overlaynät.

Systemeffekt/ systemelement	Kost 0,5 MVA	Kost 1,0 MVA	Kost 1,5 MVA	Kost 2,5 MVA	Kostnad 3.5 MVA
Nätstation med isolertransformatorer	0,5 Mkr	0,8 Mkr	1,1 Mkr	1,4 Mkr	1,7 Mkr
Reservverksstation Med (n+1) 0,5 MVA aggregat	2,8 Mkr	4,2 Mkr	5,6 Mkr	8,4 Mkr	11,2 Mkr
Overlay kabelnätstjärna 3x500 m inklusive rör för 36 optofibrer, 12 kV 3-fas 10mm ² å 500 kr/m lagd, (kabelpris 50 kr/m)	0,75 Mkr				
Overlay kabelnätstjärna 3x700 m (dubbel yta) inklusive rör för 36 optofibrer, 12 kV 3-fas 10mm ² å 500 kr/m lagd, (kabelpris 50 kr/m)			1,05 Mkr		
Sekundärt overlay spridningsnät 3x2x200 m å 500 kr/m, (kabelpris 50 kr/m)				0,60 Mkr	
Overlay kabelnätstjärna 3x1000 m (dubbel yta)					1,50 Mkr

igen) inklusive rör för 36 optofibrer, 12 kV 3-fas 10mm ² á 500 kr/m lagd, (kabelpris 50 kr/m)					
Sekundärt overlay spridningsnät 3x2x 400 m á 500 kr/m, (kabelpris 50 kr/m)					1,20 Mkr
Anslutningstransformatore r 24 st 50 kVA á 30 000 kr /st (EBR 23 600)	0,72 Mkr				
Anslutningstransformatore r 48 st 50 kVA á 30 000 kr /st			1,44 Mkr		
Anslutningstransformatore r 72 st 50 kVA á 30 000 kr /st					2,16 Mkr
Reservkraft genom overlaynät	4,77 Mkr	6,47 Mkr	9,19 Mkr	12,89 Mkr	17,76 Mkr
Investeringskostnad per MW	9,5 Mkr	6,5 Mkr	6,1 Mkr	5,2 Mkr	5,1 Mkr

Not 1: Kabelförläggningen förutsätter telekommunikationsteknisk metodik och nyttjande av befintlig plaströrskanalisation.

Not 2: Investering i kraftvärme för lokal produktion i storlek 10 MW kostar 19 100 kr/kW eller c:a 19,1 MSEK/MW. Detta är nivån c:a 3 ggr mer än den kraftgenerering som skisseras i studien och som inkluderar ett overlay eldistributionsnät med opto i priset.

Not 3: För att få låga kostnader är brytare och skyddsutrustning i overlaynätet installerad på lågspänningssidan där det är möjligt.

Not 4: Ingen elinstallation i fastighet ingår efter anslutningstransformator

5.2 Översiktliga kostnader för lokala reservverksanläggningar i varje fastighet.

Varje fastighet förses enligt kraven för tillgänglighet med dubbla reservverk på c:a 100 kVA för att ge samma tillgänglighet som overlaynät ger (effekter mellan 50 –150 kVA påverkar inte priset nämnvärt. Av elkvalitsskäl bör elverket vara mycket kraftigt dimensionerat). Dieselelverken i exemplet är placerade i containrar för placering på gårdsparkering eller fastighetstak. Kostnaden för dessa automatiska anläggningar beräknas till 1, 2 Mkr per st se avsnitt 3.5.2 .

Systemeffekt/ systemelement	Kost 0,5 MVA	Kost 1,0 MVA	Kost 1,5 MVA	Kost 2,5 MVA	Kostnad 3,5 MVA
--------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

12 st lokala reservkraftanläggningar	14,4 Mkr				
18 st lokala reservkraftanläggningar		21,6 Mkr			
24 st lokala reservkraftanläggningar			29 Mkr		
48 st lokala reservkraftanläggningar				58 Mkr	
72 st lokala reservkraftanläggningar					86 Mkr

Not 1: Ingen kostnad för ställverk eller ATS (Automatisk Transfer Switch) ingår.

Not 2: Ingen kostnad för installation i fasighet ingår för elinstallation, ombyggnader eller avgaspipor etc.

5.3 Översiktliga kostnader för batteribaserad reservkraft.

5.3.1 AC UPS och reservverk

Enkla eller dubblerade UPS system med 30 min batteribackup kombinerade med ett enkelt dieselelverk är idag marknadens standardlösning för reservkraft till verksamhetskritiska datasystem. De uppfyller inte utom i undantagsfall med vissa mycket dyra och speciella UPS-lösningar, kraven på tillgänglighet för telekommunikation enligt tidigare diskussion. Ifrån avsnitt 3.5.1. kan kostnadsuppgiften 0,8 Mkr hämtas för 60 kVA effekt. Med tillägg för en container om 0,4 Mkr blir kostnaden även här 1,2 Mkr liksom för en dieselkraftanläggning med 2 aggregat i (n+1) system.

Systemeffekt/ systemelement	Kost 0,5 MVA	Kost 1,0 MVA	Kost 1,5 MVA	Kost 2,5 MVA	Kostnad 3,5 MVA
12 st lokala reservkraftanläggningar	14,4 Mkr				
18 st lokala reservkraftanläggningar		21,6			
24 st lokala reservkraftanläggningar			29 Mkr		
48 st lokala reservkraftanläggningar				58 Mkr	

r			
72 st lokala reservkraftanläggningar			86Mkr
r			

Not 1: Ingen kostnad för ställverk eller ATS (Automatisk Transfer Switch) ingår.

Not 2: Ingen kostnad för installation i fasighet ingår för elinstallation, ombyggnader eller avgaspipor etc.

5.3.2 DC UPS 300 V system med 4 timmars batterireservtid

Lösningen med 300 V DC system som kan mata alla verksamhetskritiska datorsystem överraskar genom att med 4 timmars reservtid kunna få ett jämförelsevis lågt pris, hälften mot ett system med dieselreservkraft. Fyra timmars batterireserv är mycket viktig för att komma upp i erforderlig tillförlitlighetsnivå. Byggnadsmässigt är det en mycket enkel anläggning att bygga in i en fastighet. Med den höga DC-spänningen kan strömmen distribueras inom stora fastigheter med avstånd på flera hundra meter. Systemet har mycket höga tillgänglighetstal och klarar med råge telekomkrav. Från avsnitt 3.4.2 hämtas kostnaden 0,6 Mkr för effekten 60 kW. Kostnadsutfallet blir enligt nedan:

Systemeffekt/ systemelement	Kost 0,5 MVA	Kost 1,0 MVA	Kost 1,5 MVA	Kost 2,5 MVA	Kostnad 3,5 MVA
12 st lokala reservkraftanläggningar	7,2 Mkr				
18 st lokala reservkraftanläggningar		10,8 Mkr			
24 st lokala reservkraftanläggningar			14.4Mkr		
48 st lokala reservkraftanläggningar				28,8 Mkr	
72 st lokala reservkraftanläggningar					43 Mkr

Not 1: Inga kostnader för elinstallationsarbete i fastigheten ingår.

Not 2: Inga ställverk erfordras, endast en enkel elcentral för matning av likriktarna.

Not 3: Distributionen blir enkel och inte dubblerad.

5.4 Miljövinster genom minskad blybatterianvändning vid införande av overlaynät

Några överslagskalkyler och reflektioner om batterianvändning som en miljöfråga: Blyätgången för reservbatterier är inte oansenlig. Bara för 3G med en uppskattad sammanlagd belastning av 150 MW kan man anta att c:a 15 000 - 20 000 ton

blybatterier (60 % är rent bly) ska installeras på hustak och i små hytter i skogen. Det går åt mellan 500 kg till 1 ton batterier per basstation med 5 - 7 kW effekt för att ge backup i c:a 2 tim. Dessa batterier byts vart 5 år och återvinns. I samband med detta förekommer miljöskadliga transporter och blyspill i processerna.

Om man ska backa upp även bredband i fastighetsinstallationer med småbatterier i c:a 2 tim ska man alltså distribuera små batterier på miljontals ställen. Kanske inte enbart blybatterier, men ändå mer eller mindre miljöbelastande tungmetaller.

Det finns redan en mycket stor användning av små batterier för olika ändamål, alltifrån leksaker till mobiltelefoner. Enligt SCB såldes 1998 250 ton småbatterier. Vi antar att 10 % av effektförbrukningen till Internet i hemmiljö ska backas upp med småbatterier i service gateways och IP-telefoner. Total effekt för Internet är 400 MW (4,4 miljoner hushåll, med 100 W per hushåll), 10 % är 40 MW. Det är en knapp 1/4 del av det som går åt till 3G, 4000 - 5000 ton. Detta är mycket grova överslag men det skulle innebära en kraftig uppskalning av småbatteriförbrukningen. Om denna mängd ska bytas varje 5:e år innebär det en förbrukning av c:a 1000 ton om året dvs. c:a 4 ggr mer än 1998.

Internet kommer om det ska backas upp hemma med små batterier att innebära en ansevärd ökning, storleksordningen, en fyr- fem dubbling eller mer av nuvarande användningen av små batterier.

Batterier kommer alltid att behövas och är bra där man inte har andra alternativ. Men de ger trots allt bara begränsad och rätt slumpmässig reservkapacitet. Frågan är om användningen ska balanseras på något sätt genom att skapa alternativ?

5.5 Översiktlig teknisk och ekonomisk utvärdering – jämförelse mellan overlaynät och lokala reservkraftanläggningar.

5.5.1 Fördelar med en overlaynätslösning jämfört med lokal reservkraft är:

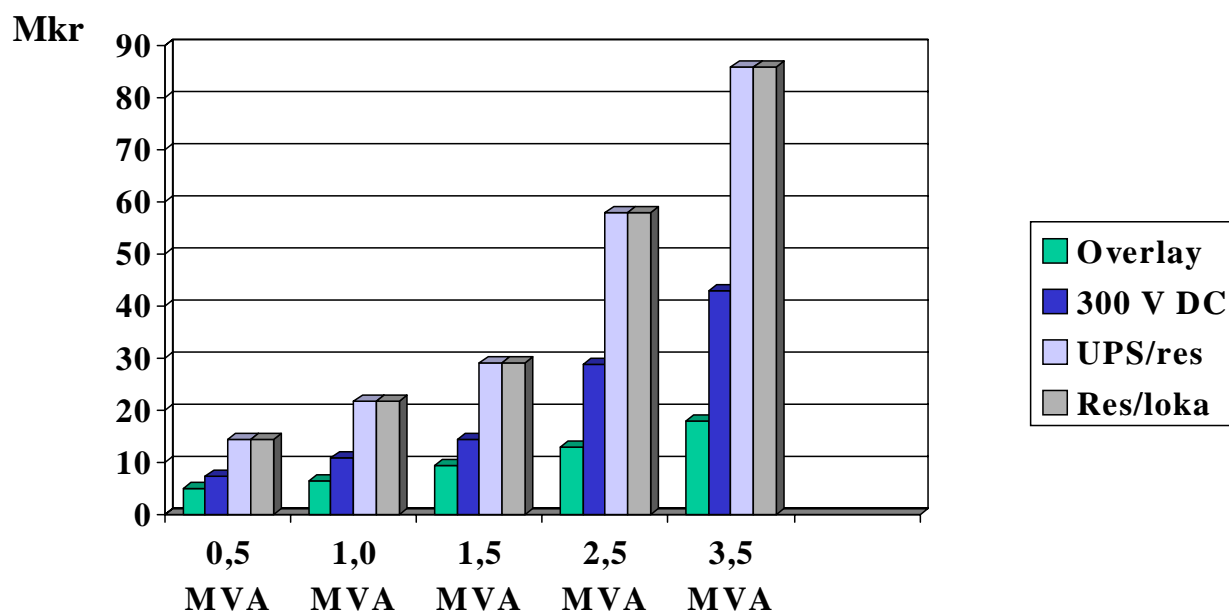
- Ett kabelsystem är mer flexibelt än lokal reservkraft i varje fastighet. Nya anslutningar kan etableras med kabel. Effekten kan relativt lätt ändras genom byte av transformator. Detta är en fördel i samband med flyttning av verksamheter. Vid flyttning av t.ex. kontor och verksamhet är det lättare att dra fram en kabel än att bygga en ny anläggning med t.ex. reservverk. När hyresgästen flyttar står fastighetsägaren med ett aggregat som ingen kanske behöver.
- Olika mindre effektbehov kan lättare arrangeras på många ställen och till olika kunders behov jämfört med att var och en eller varje fastighet skulle ha en egen reservkraftanläggning.
- Om effektbehovet ändras kan det lättare och billigare tillgodoseas
- I täta citymiljöer platsbrist en avgörande faktor för att kunna etablera reservkraft. Avgasrör och skorstenar för dieselaggregat är mycket dyra att anlägga i gamla huskroppar. Ett kabelsystem har här en konkurrensfördel.
- Små dieselverk är relativt sett dyrare än stora per effekt.

- En centralisering av reservkraft är positiv ur miljösynpunkt. Risken för diesel och oljespill och läckage minskar genom att färre oljetankar behövs och att färre oljetransporter behövs.
- Antalet underhållspunkter reduceras avsevärt.
- Underhåll av de verksamhetskritiska systemens strömförsörjning blir storskaligare och kan skötas säkrare av professionella aktörer.
- Diesellukt och avgaslukt är ett mycket irriterande miljöproblem i bostäder och kontor och kan undvikas genom detta system.
- Systemet minskar behoven av användning av miljöskadiga batterier och därmed sammanhängande hantering.
- Bly är en giftig metall som stor på EU's lista över miljöskadiga metaller som ska förbjudas
- Finansieringen kan sannolikt utgå från 7 olika intäktskällor, intressen och motiv:
 1. investeringsstöd från samhällets beredskapsmedel
 2. alternativkostnad för konventionell reservkraft
 3. optisk svartfiber
 4. spetskraft
 5. uthyrning av existerande infrastruktur
 6. uppskjutande av transmissionslinjeinvesteringar i regionala elnät
 7. lägre toppeffektabonnement från svenska kraftnät

En jämförelse mellan overlaynät och lokala reservkraftanläggningar i varje fastighet kan åskådliggöras med diagrammet nedan. Kostnad Mkr per MVA. Observera att jämförelsen är översiktlig och baserad på en teoretisk modell samt att alla kostnader såsom svårdefinierade anläggnings-specifika ställverks- ombyggnads- och installationskostnader inte inkluderas i några av lösningarna.

Jämförelsen innehåller distributionspunkter med 50 kVA effekt.

- 0,5 MVA 12 distributionspunkter
- 1,0 MVA 18 distributionspunkter
- 1,5 MVA 24 distributionspunkter
- 2,5 MVA 48 distributionspunkter
- 3,5 MVA 72 distributionspunkter



5.5.2 Diskussion och slutsats

Den gjorda jämförelsen baserar sig på en kravnivå avseende tillgänglighet i elleveransen som idag finns realiserad i elkraftförsörjningen (reservkraftförsörjningen) av ytterst verksamhetskritiska system såsom telefonsystem i telenäten och i t.ex. operationssalar i sjukhus, i styr och kontrollsystem för kärnkraftsanläggningar och i vissa ställverk i elkraftnäten. Studien visar att lokalt producerad traditionell reservkraft i storskalig användning ger orimliga kostnader på denna höga kravnivå. Storskalig leverans av el med extra hög tillgänglighet på den kravnivå, som studien valt att utgå ifrån, är i praktiken av kostnadsskäl omöjlig att leverera med nu rådande strategi och praktik. Det har hittills inte kunnat bli en lönsam affär för elföretagen att tillhandahålla reservkraft eller el med extra hög tillgänglighet, och de elanvändare som har behov av el med extra hög tillgänglighet har varit och är tvungna att anordna den privat.

Denna förstudie och ekonomiska jämförelse visar att principen med overlaynät kan ge denna mycket höga tillgänglighetsnivå i storskalig publik elleverans till en rimlig kostnad. Kostnaden bedöms efter denna översiktliga kalkyl kunna hamna rejält under eller minst i nivå med den kostnad som traditionella lösningar idag har. De traditionella, oftast icke dubblerade lösningarna ger dock en väsentligt lägre tillgänglighet än den som overlaynät i kombination med det vanliga elnätet skulle kunna ge. Detta öppnar möjligheter för elbranschen att finna lönsamhet i leverans av reservkraft eller el med extra hög tillgänglighet och integrerad reservkraft. Utbyggnaden av overlaynät enligt beskrivningen skapar en plattform till en differentiering av produkten el. Genom denna plattform kan rad nya tjänster och grader av tillgänglighet i elleverans och olika elkvaliteter utvecklas.

Utbyggnaden av overlaynät enligt förslaget kan endast bli ekonomiskt fördelaktig i tätorter, city och industriområden där befolkningstätheten ger ett högt antal anslutningspunkter på rimligt avstånd från en central punkt, där ett lokalt reservverk

kan placeras. Det är också avgörande att befintlig kanalisation kan användas, och eller att utbyggnaden av optostadsnät för bredband kan samordnas med byggandet av overlaynät. Där dessa för systemet fördelaktiga förutsättningar inte föreligger är de traditionella lösningarna de bästa alternativen tillsammans med nya lösningar såsom t.ex. DC UPS för 300 V DC.

Det syns också att DC UPS ger en mycket hög tillgänglighet till lågt pris. Likström i det redovisade overlaynätet har inte beaktats, men det är allmänt känt att överföring och distribution med likström generellt är effektivare än med växelström. Likström har tidigare varit för dyrt att använda i regional och lokalnät. Nya halvledarkomponenter torde snart göra det ekonomiskt möjligt att få ekonomi i HVDC system med lägre effekter för regional och lokalnät. Om nya overlaynät enligt beskrivningen skall byggas i stor skala borde ett HVDC – mikrosystem övervägas och dess ekonomi utredas och jämföras med den AC-lösning som här översiktligt har redovisats. En ny infrastruktur för verksamhetskritisk el skulle naturligt kunna vara utförd för likström eftersom verksamhetskritiska laster i de flesta fall är allströmslast som redan idag accepterar likström.

Förstudien visar att traditionell privat (lokal) reservkraft inte kan konkurrera kostnadsmässigt i cityområden, tätorter, kontors- och industriområden med publik elkraft med extra hög tillgänglighet och integrerad reservkraft utförd enligt principen med overlaynät på samma höga tillförlitlighets- och tillgänglighetsnivå.

6 Översiktlig beskrivning av synergieffekter mellan reservkraft för kritiska samhällsfunktioner och reservkraft – spetskraft vid effektbrist

Storskalig reservkraft för att klara sällan förekommande toppeffektbelastningar vid bl. a kall väderlek har visat sig vara svår att motivera på en avreglerad elmarknad. Om reservkraft anläggs för att ge Internet och andra verksamhetskritiska system reservenergi, skapas en ny produkt på marknaden och en ny resurs som även kan användas som spetskraft vid effektbrist.

I effektbristsituationer kan de föreslagna lokala reservkraftsystemen startas för att avlasta det vanliga elnätet och ge spetskraft. Systemen kan styras med hjälp av Internet. Om elföretagen ansvarar för och driver dessa system underlättas användningen som spetskraft. Om man antar att 300 lokala reservverk med reservelnät kan anläggas med en genomsnittseffekt av 2 MW kan en effekt av 600 MW tillföras och avlasta det vanliga elnätet vid effektbrist. Det är mer än bredbandsutbyggnaden bedöms medföra i ökad belastning på elnätet.

Nuvarande störnings- och effektreserv som snabbt kan startas har mellan 1 000 – 1 500 MW effekt. Ett bidrag från den i denna rapport skisserade reservkrafteffekten med så kallade overlaynät skulle efter en utbyggnad påtagligt förstärka landets spetskraftreserv.

Motiv för finansiering av detta projekt med reservkraft för Internet finns således även för samhällets behov av spetskraft och reserv vid störningar i storkraftnätet.

Investering i kraftvärme för lokal produktion i storlek 10 MW kostar 19 100 kr/kW eller c:a 19,1 MSEK/MW. Det är c:a 3 ggr mer än den kraftgenerering som skisseras i denna studie och som inkluderar ett overlay eldistributionsnät med opto i priset.

7 Förslag på konkreta på platser för demonstrationsprojekt

7.1 Stockholm City

Stockholm City med korsningen Kungsgatan - Sveavägen som centralpunkt har undersökts. Två potentiella kunder har identifierats, Krisberedskapsmyndigheten på Kungsgatan och Stockholms kommuns datacentral på Tegnérgatan. Ett flertal andra kunder torde finnas i området. Tunnelsystemet som finns i området kan användas.

En reservation är att tunnelsystemet kanske inte kan ge den bästa framföringsvägen med avseende på säkerhet och önskemål om fysisk separation av framföringsvägarna. Det finns en riskpotential här. Grundidéen med overlaynätssystemet är att reservnätet ska vara separerat från det vanliga elnätet så att t.ex. brand inte kan skada båda framföringsvägarna.

Om detta riskproblem kan lösas ger ett prov i området ett högt PR-värde. Emellertid är elsystemet i Stockholm City med sitt dubbelkabelsystem redan mycket bra och inte representativt för landet i övrigt.

Ett prov i Stockholm city kan inte samordnas med och vara en demonstration av sambyggnad med optostadsnät. Det är inte typiskt och repeterbart på många andra platser.

7.2 Kista

Ett prov skulle kunna utgå från KTH:s Institution för Mikroelektronik och Informationsteknik med Telekommunikationssystemlaboratoriet i Kista som finns i f.d. IBM-huset, Isafjordsgatan 39. Fastighetsägare är Akademiska hus. Institutionens chef Professor Björn Persson forskar inom området bättre robusthet, elasticitet och uthållighet i Internet. Han håller med om att energiförsörjningen av Internet access i stadsnät och fastigheter är en av Internets svaga punkter och vill vara med och forska i detta ämne. I huset finns redan ett reservverk som skulle kunna användas inledningsvis eller eventuellt byggas ut. Emellertid finns det flera reservverk i området och en större undersökning och förprojektering tillsammans med Fortum och STOKAB erfordras innan ett bra projektförslag kan definieras.

Ett prov här skulle kunna göras typiskt och repeterbart på många andra city- och industriområden även om en direkt sambyggnad med optostadsnät inte är trolig.

7.3 Liljeholmen

Området kring Liljeholmen och Marievik är ett hightech-område med ungefär samma image som Kista. En intressant ingångsparameter är att ÖCB:s gamla reservkraftanläggning ligger i området och skulle kunna användas i en mindre försöksanläggning. Fastighetsägaren är Vasakronan. Ett nytt köpcentrum håller på att byggas invid tunnelbanestationen. Sannolikt har både STOKAB och Telia kanalisation med lediga plaströr.

Ett prov här skulle kunna göras typiskt och repeterbart på många andra city- och industriområden även om en direkt sambyggnad med optostadsnät inte är trolig.

7.4 Garnisonen

Kvarter Garnisonen på Östermalm i Stockholm är ett sammanhållet kontorskomplex med ett 10-tal stora huskroppar. Fastighetsägare är Vasakronan. Kvarteret matas från två håll med 30 kV. I kvarteret finns ett 10 kV dubbelkabel distributionsnät med 5 nätstationer till 400 V. Framföringsvägarna är dock inte separerade. De dubblade kablarna ligger parallellt i kulvertar i huskropparna. Rum för dieselelverk finns färdigställda men inga dieslar är installerade. Ytor och luftkanaler är dimensionerade för 5 st 1,6 MVA dieslar dvs. i (n+1) system konfiguration finns plats för en reservelverksstation om 6, 4 MVA effekt. Ett reservelverk med den storleken skulle nog räcka för stora delar av Östermalm.

Varje huskropp har sektionerad A och B matning i stigare fram till och med undercentraler på varje våningsplan. Dock är sektioneringen ännu inte fullföljd på våningsplanen. Varje våningsplan har således bara A-matning utom på några nödljuspunkter från B-matningen.

Kvarteret har ett optonät som går i kulvertarna och upp i hisschakten upp till respektive våningsplan. Där övergår optonätet till Ethernet på våningsplanen.

Kvarteret ger en öppen inomhusmiljö för en demonstrationsanläggning där ett overlay eldistributionsnät skulle kunna läggas längs optonätets framföringsväg för att få separation från det befintliga elnätet. Avstånden är sådana att högre spänning än 400/230 V erfordras. Men 1000 V skulle kunna räcka vilket skulle ge en billigare lösning än t.ex. 3 kV. En 1000 V variant är intressant att demonstrera för stora fastigheter och mindre köpcentra.

Kvarteret är trots allt rätt så speciellt och ger inte en fullt typisk demonstration av konceptet i en vanlig citymiljö. Det är dock en mycket lämplig miljö för en teknisk utvärdering som en eventuell första fas före ett större fältprov i större skala "utomhus".

Kontakt kan här etableras med en av landets viktigaste fastighetsägare.

7.5 Vällingby Centrum

Svenska Bostäder har helt nyligen anlagt ett bredbands- och optostadsnät i Vällingby Centrum och bostadsområde. Ericsson är entreprenör och Fortum är operatör av optonätet. De är ett pilotprojekt med stort värde som förebild och typiskt för en mängd liknande områden över hela världen. Ur PR synpunkt är det utmärkt eftersom Svenska Bostäder med Vällingby Centrum har en stolthet och image som pionjärprojekt sedan tillblivelsen. Ett demoprojekt i området kan alltså få stort PR värde. Tekniskt och kommersiellt är det idealiskt som demoprojekt. Elforsk och Birka/Fortum har haft flera lyckade samarbetsprojekt med Svenska Bostäder.

Ett projekt här ger stort PR-värde, stor repeterbarhet och en tydlig demonstration av sambyggnad med optostadsnät.

7.6 Enköping, Sala, Heby,

I Enköping, Sala och Heby finns ett stadsnätsföretag som heter Lidén Data. Företaget äger stadsnätet i Enköping och är delägare tillsammans med Sala Energi i optostadsnäten i Sala och Heby. I Enköping har Graninge områdeskoncessionen för elnätet. Lidén Data är positivt till att ställa sina nät och sin kanalisation till förfogande för en demonstration av ett exempel som kan vara förebild i samband med utbyggnaden av optostadsnät.

Ett demonstrationsprojekt här skulle kunna ske i liten skala och till låg kostnad men vara typiskt för en stor mängd av orter och tydligt demonstrera sambyggnad med optostadsnät..

Enköpings fjärrvärmeföretag har visat aktivt intresse av att medverka i ett demoprojekt. Ett möte om detta har hållits.

8 Översiktlig beskrivning av ett demonstrationsprojekts uppläggning

Ett overlaynät för distribution av el med extra hög tillgänglighet har som främsta kundgrupp operatörer av telekommunikationssystemen och företag med verksamheter som är starkt beroende av väl fungerande elförsörjning, datormiljöer, data- och telekommunikation. Eftersom i stort sett all verksamhet i samhället är mer eller mindre starkt beroende av väl fungerande datorsystem, el- och telekommunikationsförsörjning är projektet ett generellt projekt även om det verkar vara specifikt inriktat mot Internet, bredbands- och telekommunikationssektorn. Projektet förslås i första hand visa och demonstrera en sambyggnad med ett stadsnät för bredband .

Det bör anläggas i nära anslutning till eller parallellt med de framföringsvägar där telekommunikationsledningarna och telesystemens aktiva utrustning finns t.ex. i optonät eller telenät kanalisation. Det bör anläggas och dimensioneras så att det kan strömförsörja operatörernas samt el och telekonsumenternas, -slutanvändarnas dator- och kommunikationsutrustning men även annan verksamhetskritisk elförbrukning.

Demonstrationsprojektet måste samverka med innehavaren av elnätskoncesionen, dvs. det lokala elnätbolaget, optostadsnätoperatören, leverantören av detta speciella elsystem och en viktig huvudkund dvs. den dominerande fastighetsägaren i försöksområdet.

Projektet kan indelas i följande aktiviteter:

1. Förprojektering
2. Elsystemkonstruktion
3. Utveckling av styr- och övervakningssystem till prototyp
4. Detaljprojektering och framtagning av upphandlingsunderlag
5. Upphandling
6. Genomförande och installation
7. Driftsättning
8. Drift under en provperiod

8.1 Kommentarer till projektupplägget

Hela projektet bör ske i en projektgrupp ske med deltagande från Elforsk, aktuell elnätsägare, elsystemleverantör, stadsnätoperatör och den dominerande huvudkunden/fastighetsägaren i området.

Elsystemet finns tekniskt konstruerat i ett 1-fasutförande för effekterna 15 kW, 3.3 kV och 25 kW, 6,0 kV. Dessa konstruktioner gjordes för Telias provanläggningar och finns hos Ericssons kabelfabrik i Falun och hos UPN. Det skulle kunna användas utan förändring för en demonstrationsanläggning. De flesta aktuella belastningsobjekt är 1-fasiga. Ytterst få är 3-fasiga och med sådan effekt att 3-fas skulle vara helt nödvändigt. Emellertid skulle ett trefasutförande vara önskvärt för att föra utvecklingen av konceptet framåt.

Elmateriel och elinstallationspraktik är helt inriktad på 3-fasig installation i fastigheterna. Det finns en mycket stark 3-faskultur i elbranschen. Det finns därför ett starkt skäl att modifiera den tekniska konstruktionen och göra en 3-fas konstruktion för detta prov och för framtida bruk. Ett sådant konstruktionsarbete är inte stort. Det underlättar acceptans för idén och förenklar all projektering och installation och det ger möjlighet att även driva verksamhetskritiska laster som har större effekter och erfordrar 3-fasanslutning. Nuvarande konstruktion för 1-fas baserar sig på 3-fas standardmateriel och konstruktionsändringen till ett 3-fasutförande är inte omfattande.

Vid ett demoprojekt för publik elleverans behöver ett övervaknings- styr- och debiteringssystem produktutvecklas och konstrueras. Även i detta fall kan till stora delar standardkomponenter användas. Viss programvara och vissa komponenter måste dock konstrueras. Till sin omfattning bedöms det inte som ett stort utvecklingsprojekt och för en demonstrationsanläggning kan det göras i ett enkelt grundutförande. Ett produktutvecklingsprojekt måste dock detaljanalyseras och det har inte gjorts i denna utredning.

9 Översiktlig kostnads kalkyl av ett utvecklings och demonstrationsprojekt

Fas projekt demo	Aktiviteter tim	Kostnad kr
Förprojektering av ett demoprojekt	3-4 planeringsmöten och dokumentation (80)	75 000
Detaljprojektering och framtagning av upphandlingsunderlag för ett demoprojekt	Specificering (120)	100 000
Upphandling	Förhandlingar (60)	50 000
Anläggning och installation	Projektledning (80)	75 000
Driftsättning	Besiktning av elinspektionen (kostnad) (20)	40 000
Projektledning	Administration	70 000
Övrigt, resor, ospecificerat		150 000
Summa ledning adm	Demoprojekt	560 000
Fas vidareutveckling		
Vidareutveckling av elsystemkonstruktion till 3-fas om erforderligt	Konstruktion (500)	300 000
Utveckling av system för övervakning kontroll, styrning av effektbegränsning och debitering mm.	Konstruktion av dataprogram, webgränssnitt och elektronisk elcentral i prototyp. Projektledning m.m.	1 000 000 Denna summa är mycket osäker och måste utredas närmare
Summa konstruktion och ledning	utveckling	1 300 000
Tillkommer enligt lokala förutsättningar t.ex.	Anläggning	
Materiel inklusive anläggning och installation för 0,5 MVA med spridningsnät 1500 m och 24 anslutningstransformatorer		4 770 000 (uppskattat)

10 Referenser

- [1] Minianalys – Sårbarhet, Elforsk rapport xx:yy John Åkerlund UPN, april 2002. (Elektroniskt)
- [2] Tillförlitlighet hos kraft och kylutrustning Ericsson Review Nr 3, 1986,.
- [3] Fjärrkraftmatning, bestämning av tillgänglighet (utförd i samarbete mellan Telia, Ericsson och Stockholm Energi 1996 och 1997) Rapport, Ericsson/EKA/K/AKL-97:015, 1997-04-30.
- [4] AC och DC fjärrkraftmatning av telenoder, Examensarbete utfört på Telia AB, 1998. (Elektroniskt)
- [5] Powering the Internet, Datacom Equipment in Telecom Facilities, - the need for a DC powering option, by the INTELEC Adhoc group 1998. (Elektroniskt)
- [6] Slingkabelnät för Telias telenoder (utförd i samarbete mellan Telia, Ericsson och Stockholm Energi 1996 och 1997). Rapport, Stockholm Energi Teknik och Miljö, 1997-01-24.
- [7] Dataprogram för slingkabelnät för Telias nodstationer (utförd i samarbete mellan Telia, Ericsson och Stockholm Energi 1996 och 1997). Rapport, Stockholm Energi Teknik och Miljö, 1997-01-24.
- [8] DC power: Is it time to switch? By Scott Gunderson, Systems Engineering Manager, ADC; and David Schomaker, Senior Product Manager, ADC. Reprint from CED, December 2000 by Cahners Business Information.

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 25 30. Telefax 08-677 25 35
www.elforsk.se