Ärende nr: Svk SB 2026/361
Datum: 2026-11-12

Förstudie Ö-drift

Stödunderlag för genomförande av förstudie avseende ö-drift med småskalig vattenkraft



Svenska kraftnät

Svenska kraftnät är en myndighet som utifrån ett samhällsbyggnadsperspektiv skapar förutsättningar för en samhällsekonomiskt effektiv, internationellt konkurrenskraftig, hållbar och trygg elförsörjning i Sverige.

Myndigheten har i uppdrag att förvalta, driva och utveckla transmissionsnätet så att samhällets behov av el möts i alla lägen, samt för utvecklingen av elmarknadens funktion.

Svenska kraftnät ansvarar dessutom för elberedskap, tillsyn samt för vägledning kring dammsäkerhet.

Mer information finns på svk.se

Version Ange version
Org. nr 202 100-4284

Svenska kraftnät
Box 1200
172 24 Sundbyberg
Sturegatan 1

Tel: 010-475 80 00
Fax: 010-475 89 50
www.svk.se

Innehåll

Förstudie Ö-drift 1

Svenska kraftnät 2

Innehåll 3

Inledning 4

Bakgrund 4

Syfte med dokumentet 4

Avgränsningar 4

1 Syfte och omfattning av förstudien 4

1.1 Frågor som förstudien bör besvara 4

1.2 Underlag och analyser som ska ingå 5

2 Tekniska utmaningar vid ö-drift med småskalig vattenkraft. 5

2.1 Generator 5

2.2 Rotationsenergi 6

2.3 Vattenanloppstid 6

2.4 Reglering av Kaplanturbiner 6

3 Småskaliga vattenkraftstationer 7

3.1 Kartläggning av förmågor och tekniska lösningar i vattenkraftstationen ... 7

3.2 Provning av vattenkraftstationer 9

4 Kartläggning och analys av elnätet 10

4.1 Ö-nätets geografiska omfattning 10

4.2 Lastflödesberäkningar 10

4.3 Jordning och felbortkoppling 10

5 Förstudiens resultat 11

5.1 Åtgärdsförslag, nytta och kostnader 11

6 Fortsatt arbete efter förstudien 11

6.1 Fördjupade analyser och prov 11

6.2 Utbildning och ö-driftsplan 12

Inledning

Bakgrund

Ö-drift av ett område i samband med allvarliga och långa störningar i elförsörjningen kan minska konsekvenserna för människor och samhälle. Ö-drift av ett område kräver dock att elproduktion och elnät är utrustade med den funktionalitet som krävs för att möjliggöra att en ö-drift kan startas upp och drivas på ett stabilt och robust sätt.

Småskalig vattenkraft finns utspridd på många ställen i Sverige och kan ur denna synpunkt vara en resurs som kan vara lämpad att bidra till en ö-drift om anläggningarna har rätt förmågor. Uppskattningsvis finns det 1900 stycken vattenkraftverk med en installerad effekt mindre än 10 MW.

Ö-drift baserad på småskalig vattenkraft kan dock vara utmanande. I kapitel 2 beskrivs kortfattat några av de utmaningar som kan uppträda i en ö-drift med småskalig vattenkraft. Mängden arbete som krävs för att få till en fungerande ö-drift innebär ofta flertalet arbetsinsatser oavsett storlek på ö-driften.

Syfte med dokumentet

Detta är ett stöddokument för att genomföra en förstudie om ö-drift. Förstudien ska ge en tydlig bild av vilka möjligheter och begränsningar som finns för att etablera ö-drift. Den bör genomföras innan större tekniska förändringar eller investeringar genomförs, så att beslut kan fattas på ett välgrundat underlag.

Avgränsningar

Svenska kraftnät arbetar främst med ö-drift för större ö-nät med produktion över 10 MW. Detta stöddokument är tänkt att användas av aktörer som vill undersöka möjligheterna att etablera ö-drift inom mindre områden baserade på småskalig vattenkraft.

1 Syfte och omfattning av förstudien

1.1 Frågor som förstudien bör besvara

Förstudien ska undersöka möjligheterna att etablera ö-drift inom ett avgränsat geografiskt område med hjälp av småskalig vattenkraft.

Förstudien ska ge svar på om:

- Ö-drift är möjlig i det utpekade området

- Vilka åtgärder som behöver utföras i de småskaliga vattenkraftstationerna för att möjliggöra start, uppbyggnad och kontinuerlig drift av ö-driften
- Vilka kostnader som är förknippade med identifierade åtgärder
- Vilka begränsningar som kommer att finnas i ö-driften med hänsyn till elproduktion och elförbrukning.

1.2 Underlag och analyser som ska ingå

Förstudien ska framförallt fokusera på den elproduktionsanläggning som ska utgöra kärnan i en ö-drift. Normalt är det också i elproduktionsanläggningar som de största investeringsbehoven brukar uppstå för att möjliggöra en stabil och robust ö-drift.

Förstudien ska även innehålla enkla lastflödesberäkningar. Syftet är att bedöma ö-driftens möjliga geografiska omfattning och säkerställa acceptabla lastflöden, reaktiv effektbalans och spänningsnivåer i det planerade ö-nätet.

Förstudien ger underlag för att avgöra om arbetet med ö-drift ska fortsätta eller om förutsättningarna saknas och kostnaderna bedöms vara för höga.

2 Tekniska utmaningar vid ö-drift med småskalig vattenkraft

Ö-drift av ett begränsat område med en eller ett flertal produktionskällor är ofta utmanande eftersom produktionskällorna måste ta hand om både regleringen av frekvens och spänning inom det begränsade området, det så kallade ö-nätet.

För frekvensregleringen krävs både snabbhet men framförallt god stabilitet i regleringen av den aktiva effekten. Förmågor som är viktiga vid ö-drift är god reglerförmåga hos turbinen, hög rotationsenergi, kort vattenanloppstid på vattenvägarna/tuben samt att löphjulsregleringen för Kaplanturbiner är väl anpassad och koordinerad med regleringen av ledskenorna. En förutsättning i en ö-drift är också att det finns spänningsreglering vilket fås från aggregat som är utrustade med synkrongeneratorer.

2.1 Generator

Vattenkraftverk större än 1 MW är ofta utrustade med synkrongeneratorer och tillhörande magnetiseringsutrustning med spänningsregulator möjliggör ofta god förmåga till spänningsreglering.
För mindre kraftverk är det emellertid vanligt att generatorn består av en asynkronmaskin som ofta är kompletterad med ett kondensatorbatteri för att kompensera för delar av den reaktiva effektförbrukningen som asynkronmaskinen har. Ett vattenkraftaggregat med en asynkronmaskin är helt beroende av ett spänningssatt

yttre nät, dvs. ett nät med synkronmaskiner, för att kunna starta upp och ansluta till nätet. Eftersom ett ö-nät ofta är relativt svagt, dvs. låg kortslutningseffekt, innebär en asynkrongenerator också stora utmaningar för spänningshållningen i ö-nätet.

2.2 Rotationsenergi

Rotationsenergin ofta kallad svängmassan är viktig för frekvensregleringen i en ö-drift. Rotationsenergin påverkar dels den dynamiska responsen, dels stabiliteten. Ju mer rotationsenergi desto bättre dynamisk prestanda och stabilitet. Rotationsenergin för ett aggregat normeras ofta utifrån märkeffekten och kallas då för aggregatets tröghetstidskonstant, H. Stora vattenkraftaggregat brukar typiskt ha tröghetstidskonstanter på 2–4 MWs/MVA medan mindre vattenkraftaggregat kan ha tröghetstidskonstanter på mindre än 1 MWs/MVA. I en ö-drift behövs rotationsenergi för att uppnå tillräcklig frekvensstabilitet och dynamisk prestanda vilket kan bli mycket svårt vid låga tröghetstidskonstanter.

2.3 Vattenanloppstid

Vattenanloppstiden, Tw, för ett vattenkraftaggregat har stor påverkan på ett vattenkraftaggregats dynamiska reglerförmåga. Vattenanloppstiden bestäms av längd och area på tilloppstuben samt vattenflöde och fallhöjd. En kort vattenanloppstid fås om tuben har en kort längd och stor area samtidigt som flödet är lågt och fallhöjden hög. För en del småskalig vattenkraft kan faktorerna ovan samverka och ge en hög vattenanloppstid vilket ger stora utmaningar då stabil reglering önskas i en ö-drift. Särskilt stora utmaningar uppstår om förhållandet mellan aggregatets tröghetstidskonstant och vattenanloppstiden är lågt. Empiriskt har det visat sig att förhållandet H/Tw>1,5.

2.4 Reglering av Kaplanturbiner

Vid låga fallhöjder är det vanligt att vattenkraftverket utrustas med en Kaplanturbin som är anpassad för att ge bättre verkningsgrad än en Francisturbin, framför allt vid varierande flöde. För att reglera den aktiva effekten från turbinen justeras ledskenorna så att mer eller mindre vatten släpps genom turbinen. Genom att därefter reglera löphjulet justeras propellerbladets vinkel så att bästa verkningsgrad erhålls vid varje aktuellt flöde. Regleringen av aktiv effekt sker således via två olika reglerloopar där den inre reglerloopen justerar vattenflödet medan den yttre reglerloopen justerar löphjulet. Det har för många Kaplanturbiner visat sig vara svårt att uppnå önskad snabbhet i den yttre reglerloopen så att önskad stabilitet kan erhållas vid frekvensreglering i ö-drift.

3 Småskaliga vattenkraftstationer

De småskaliga vattenkraftstationerna som omfattas av förstudien är, som tidigare nämnts, avgörande för en fungerande ö-drift. Utan lämplig elproduktion är ö-drift inte möjlig. Ett ö-nät kan omfatta en eller flera vattenkraftstationer av olika storlek och med olika tekniska förutsättningar. Förstudien bör därför kartlägga vilka vattenkraftstationer som finns inom det planerade ö-nätet och sammanställa relevanta uppgifter om varje station.

3.1 Kartläggning av förmågor och tekniska lösningar i vattenkraftstationen

I förstudien är det viktigt att för den småskaliga vattenkraftstationen fokusera på:

Generatortyp, dvs. är det en synkrongenerator eller asynkrongenerator.

Synkrongenerator

- Vad är märkeffekten och effektfaktorn på generatorn?
- Vilken reaktiv effektkapacitet finns i generatorn (kapabilitetsdiagram)?
- Vilka möjliga driftmoder finns i spänningsregulatorn, speciellt fokus på automatisk spänningsreglering?
- Vilka begränsare finns i spänningsregulatorn och hur begränsar dessa den reaktiva effektförmågan från generatorn?

Asynkrongenerator

- Om det är en asynkronmaskin, är den i så fall kompletterad med ett kondensatorbatteri för reaktiv effektkompensering?
- Vilken effektfaktor fås för asynkrongeneratorn med eller utan kondensatorbatteri?
- Vad är märkeffekten på generatorn?

Aktiv och reaktiv effektproduktionsförmåga

- Vilka begräsningar (parameterinställningar) fås från turbin- och spänningsregulatorer samt skydd för generator?

Reservkraft

- Batteribackup i händelse av elavbrott. Vilka delar av anläggningen ska försörjas samt hur lång är uthålligheten?

- Dieselgeneratorer i händelse av elavbrott. Vilka delar av anläggningen ska försörjas samt hur lång är uthålligheten?

Dödnätstartsförmåga

- Möjliggör befintlig batteribackup och dieselgeneratorer eller närliggande vattenkraftstation möjlighet för dödnätstart eller behövs kompletteringar?
- Vilken uppstartstid får vattenkraftstationen efter ett långvarigt avbrott?
- Möjliggör ställverkskonfigurationen och anslutningen till nätet en dödnätstart eller behöver ombyggnationer ske?
- Kan start ske med långsam spänningsupptagning av eventuell aggregattransformator samt närliggande transformatorer i nätet eller behöver kompletteringar/ombyggnationer ske?

Yttre begränsningar på driften av vattenkraftstationen

Flödes- och nivåbegränsningar

- Är kraftverket ett flödeskraftverk eller finns det ett magasin?
- Finns begränsningar i minimalt och maximalt flöde i vattenkraftstationen som begränsar driften och den aktiva effektproduktionen?
- Är det möjligt att spilla vatten för att kontinuerligt anpassa den aktiva effektproduktionen?
- Vilken magasinkapacitet finns i direkt anslutning till stationen?
- Finns begräsningar i övre- och nedre vattennivå som begränsar driften och den aktiva effektproduktionen?

Angränsande stationer i älven/ån

- Begränsas tillgången på vatten till stationen under en ö-drift?
- Begränsas utflödet av vatten från stationen under en ö-drift?

Arbetsområde för vattenkraftstationen

- Inom vilket effektområde kan vattenkraftstationen drivas stationärt samt under kortare tid?
- Finns det någon minimal last på turbinen och under hur lång tid kan minimal last underskridas?
- Klarar anläggningen övergång till husturbindrift?

Reglerförmåga av frekvens och aktiv effekt

- Vad är aggregatets rotationsenergi/tröghetstidskonstant alternativt tröghetsmoment på generator och turbin samt varvtal på roterande delar?
- Vad är vattenvägens (tubens) anloppstid, Tw?
- Vilka begräsningar finns på turbin och generator för drift vid varierande frekvens/varvtal?
- Vilka driftmoder finns i turbinregulatorn?
- Finns det en separat driftmod för ö-drift/eget nät i turbinregulatorn?
- Vilken snabbhet och stabilitet går att få i frekvensregleringen i ö-driftmod (kräver ofta djupare analyser)?

Reglering av spänning och reaktiv effekt

- Vilka begränsningar finns i generator och eventuell transformator för drift vid varierande spänning samt kombination av varierande spänning och frekvens (V/Hz) alternativt är dessa tillverkade enligt någon specifik standard som exempelvis IEC 60034 och 60076?

Nedanstående gäller enbart om det finns synkrongeneratorer:

- Vilka möjliga driftmoder finns i spänningsregulatorn, speciellt fokus på automatisk spänningsreglering?
- Vilka begränsare finns i spänningsregulatorn och hur begränsar dessa den reaktiva effektförmågan från generatorn?

Finns det gamla prov och rapporter

- Finns rapporter/underlag från idrifttagningsprov?
- Finns rapporter/underlag från RfG-prov eller prov enligt Svk FS 2005:2?
- Finns rapporter/underlag från prov av stödtjänster?
- Finns rapporter/underlag från ö-driftprov?

3.2 Provning av vattenkraftstationer

En vattenkraftstations reglerförmåga och möjlighet till dödnätstart är mycket viktig. Om den inledande förstudien visar på möjligheter till ö-drift kan det även finnas behov av att inkludera inledande provning. En sådan provningen sker på ett säkert sätt med en testutrustning som möjliggör provning då aggregatet är fasat mot nätet. Beroende på tillgängliga vattenkraftstationer samt anläggningarnas relativa storlek, kan provningen omfatta en eller flera vattenkraftstationer.

Provningen bör inkludera:

- Frekvensreglering: Förmåga att stabilt och robust reglera den aktiva effekten utifrån simulerade frekvensvariationer

- Spänningsreglering: Förmåga att stabilt och robust reglera magnetiseringen/reaktiva effektproduktionen utifrån simulerade spänningsvariationer

- Ö-driftförmåga: Förmåga att ensam eller tillsammans med ett fåtal andra vattenkraftstationer reglera spänning och frekvens i en liten ö-drift

- Dödnätsstart: Förmåga att utifrån ett ”dött nät”, genom hjälpkraft i form av batterier och dieslar, kunna starta upp en vattenkraftstation

Beroende på förutsättningarna för respektive vattenkraftstation kan provning ske på befintlig anläggning utan modifieringar eller föregås av att anläggningen anpassas innan prov, exempelvis genom att frekvensregleringen modifierats genom ny ö-driftmod och nya parameterinställningar. Vid behov kan även parametrar i turbinregulatorn behöva justeras under provningen för att uppnå bättre prestanda.

4 Kartläggning och analys av elnätet

4.1 Ö-nätets geografiska omfattning

Förstudien ska ta fram ett förslag på ett ö-nät baserat på tillgänglig elproduktion, belastningssituationen, elnätets uppbyggnad och geografiska förutsättningar.
Om möjligt bör ö-nätet begränsas till ett eller ett fåtal elnätsföretag. Det kan underlätta både uppbyggnaden och driften av ö-nätet.

4.2 Lastflödesberäkningar

Utifrån den tänkta geografiska utsträckningen av ö-nätområdet genomförs enkla statiska lastflödesberäkningar (loadflow).
Beräkningarna bör omfatta:

- ett obelastat nät,
- ett nät med en belastning motsvarande 50–75 procent av vattenkraftstationernas produktionsförmåga.

Beräkningarna behöver inte med exakthet visa på var belastningar kopplas in utan ska framför allt fokusera på den reaktiva effektbalansen och spänningshållningen i det tänkta ö-nätet samt säkerställa att komponenter såsom ledningar och transformatorer inte blir överbelastade.

Beräkningarna ska utgå från tillgängliga reaktiva effektresurser i generatorer, shuntreaktorer och shuntkondensatorer. För asynkrongeneratorer bör beräkningar genomföras både med och utan inkopplade kondensatorbatterier.
Vid behov kan beräkningarna kompletteras med nya reaktiva effektresurser för att ge en översiktlig bild av möjliga investeringsbehov.

4.3 Jordning och felbortkoppling

Jordningen och felbortkopplingen i ett nät utgår normalt ifrån att matningen sker uppifrån det starka nätet med relativt hög kortslutningseffekt. I en begränsad ö-drift är det viktigt att säkerställa att det finns jordning i ö-nätet och att reläskydd är ställda så att säker och robust felbortkoppling uppnås. Förstudien bör därför översiktligt studera dessa aspekter och ange om komplettering behöver ske av någon utrustning.

5 Förstudiens resultat

Det rekommenderas att den sammanställning och kartläggning som utförs av de småskaliga vattenkraftstationerna och elnätet sammanställs i en rapport.
Rapporten bör innehålla följande resultat:

- om det är möjligt att starta och driva ett ö-nät i det utpekade området,
- vilka tekniska och organisatoriska begränsningar som finns,
- vilka åtgärder som krävs i vattenkraftstationerna och elnätet,
- vilka fortsatta analyser och prov som behövs,
- om arbetet bör fortsätta.

5.1 Åtgärdsförslag, nytta och kostnader

Varje åtgärdsförslag bör exempelvis innehålla:

- en beskrivning av åtgärden,
- en bedömning av förbättrad prestanda eller nytta,
- en uppskattning av kostnaden,
- en bedömning av om åtgärden även ger förbättrad funktion under normaldrift.

6 Fortsatt arbete efter förstudien

För att uppnå robust och uthållig ö-drift krävs ytterligare arbete utöver det som ingår i förstudien.
Det fortsatta arbetet kan bland annat omfatta att:

- genomföra förbättringar i vattenkraftstationerna,
- prioritera förbrukning inom det planerade ö-nätet,
- möjliggöra infasning mot det överliggande nätet,
- kartlägga elproduktion från exempelvis sol- och vindkraft,
- kartlägga batterilager,
- utreda behovet av reservkraft,
- utreda behovet av skydd och automatiker,
- säkerställa kommunikation och fjärrkontroll under krissituationer,
- utbilda berörd personal,
- säkerställa bemanning,
- identifiera roller och ansvarsområden.

6.1 Fördjupade analyser och prov

Det fortsatta arbetet bör omfatta statiska beräkningar och dynamiska simuleringar av de olika stegen vid etablering och av ö-nätet.
Fler elproduktionsanläggningar kan också behöva provas. Om möjligt bör även hela eller delar av ö-driften testas skarpt.

6.2 Utbildning och ö-driftsplan

Driftpersonal och övrig berörd personal behöver få den utbildning som krävs för att kunna starta, bygga upp och driva ö-nätet.

Arbetet ska slutligen sammanställas i en ö-driftsplan. Planen ska beskriva:

- starten av ö-nätet,
- den stegvisa uppbyggnaden,
- den kontinuerliga driften,
- samordningen mellan berörda aktörer.

Svenska kraftnät
Box 1200
172 24 Sundbyberg
Sturegatan 1

Tel: 010-475 80 00
Fax: 010-475 89 50
www.svk.se