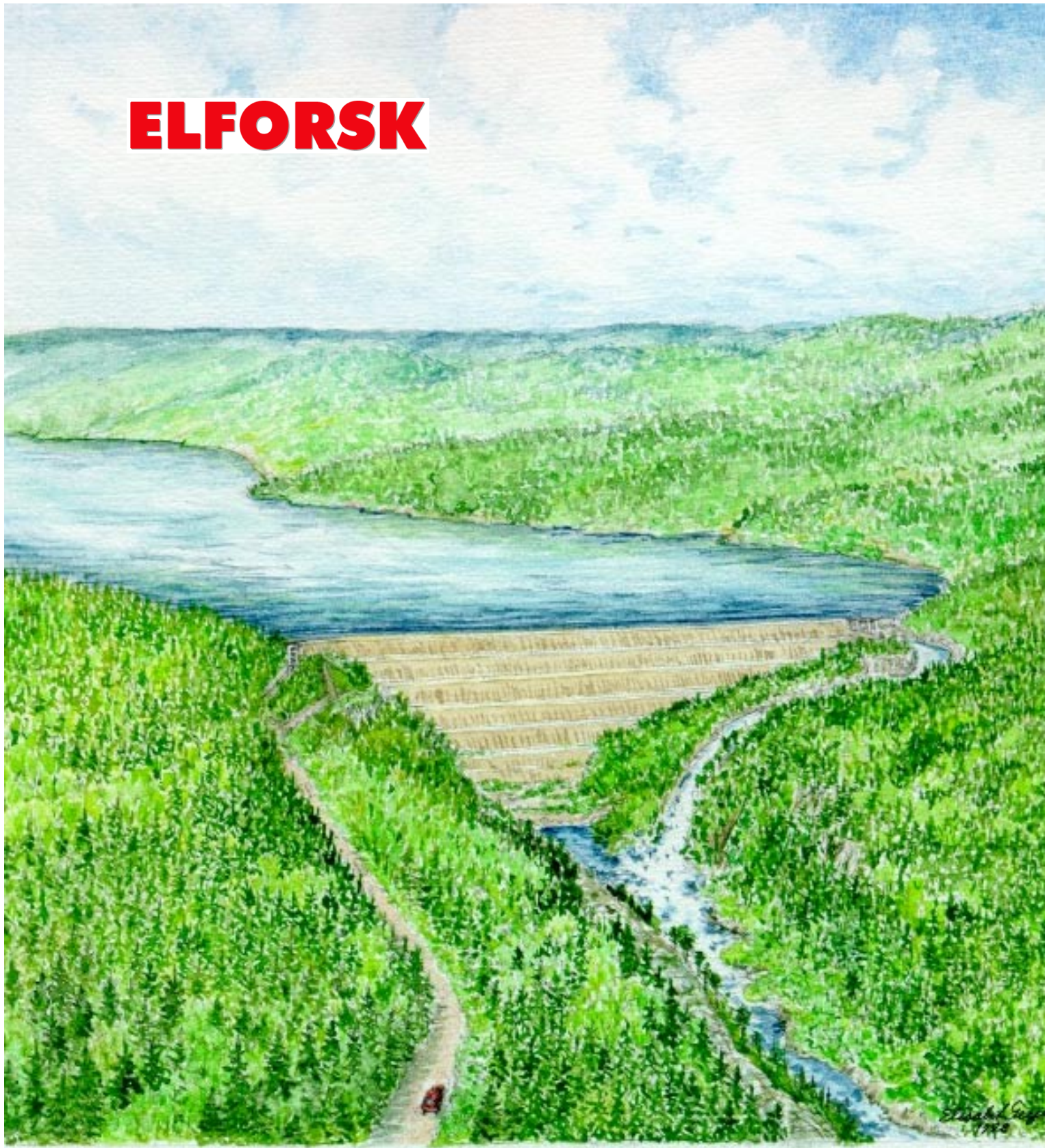


ELFORSK



DAMMSÄKERHET

**Avbördningssäkerhet
Manöversystem för utskovsluckor**

Rapport 03:15

DAMMSÄKERHET

**Avbörningssäkerhet
Manöversystem för utskovsluckor**

Elforsk rapport 03:15

Förord

Kraftindustrin arbetar fortlöpande med förbättringar beträffande dammsäkerheten. Genom Flödeskommitténs riktlinjer, som tillkom på kraftindustrins initiativ, ställs krav på att dammarna skall klara tillrinningar, som beräknas på ett nytt sätt (och i många fall blir betydligt högre än vad man tidigare dimensionerat för). Därefter har ett omfattande arbete genomförts med att för varje älv dimensionera dess dammar och utskov att klara de nya förutsättningarna. Åtgärder kan vara dämpning av flödet i större magasin, ökad avbördningsförmåga hos utskoven eller en kombination härav. Arbetet med den älvvisa dimensioneringen är i huvudsak genomfört och arbetet med den fysiska anpassningen har påbörjats.

Flödeskommitténs krav avser situationen vid mycket höga flöden och gäller inte bara att utskoven skall ha den avsedda avbördningsförmågan, utan även att luckorna med full säkerhet skall kunna öppnas när behov finns. För många anläggningar är kravet på utskovens driftsäkerhet vid frånslag i kraftstationen minst lika viktiga från dammsäkerhetssynpunkt. Det är således av fundamental betydelse för dammsäkerheten att utskovsluckorna verkligen kan öppnas när behov finns (det vill säga att de har tillräckligt hög driftsäkerhet), att den erforderliga avbördningskapaciteten verkligen finns och att avbördningsystemet tål även ett långvarigt spill.

Inom Elforsk drivs ett antal FoU-projekt under den gemensamma rubriken avbördnings säkerhet, som innefattar ett flertal projekt inom el, mek och vattenvägar.

Föreliggande rapport behandlar driv- och manöversystem för avbördningsanordningar. Rapporten behandlar även hjälpkraftsystem för säkerställande av funktionen med fokus på den elektriska utformningen av avbördningsystemet.

Det finns en mångfald olika lösningar på hur avbördningsystemet har utformats, vilket har sin bakgrund i de förhållanden som gällt inom olika företag och vid olika tidpunkter. Rapporten redovisar viktiga frågor inom området och ger i några fall förslag på tänkbara lösningar och utgör därmed ett bidrag till det fortsatta arbetet med att förbättra dammsäkerheten.

För att uppnå en hög avbördnings säkerhet krävs att man tillämpar kvalificerade metoder för att identifiera och hantera alla de riskfaktorer som finns i systemet.

I projektets inledande fas med probleminventering deltog (utöver författarna och referensgruppen) Johan Berglin – Jämtkraft, Anders Hildebertzon – Graninge och Kjell-Åke Nilsson – Birka (Fortum).

Referensgruppen för denna rapport har bestått av Mats Eriksson (SwedPower AB), Stefan Berntsson, Håkan Hermansson och Malte Cederström (Vattenfall AB) och beställarombud har Malte Cederström varit.

Stockholm maj 2003

Elforsks styrgrupp för FoU dammsäkerhet

Sammanfattning

Manöversystemen till utskovsluckor i dammanläggningar är i dag i förhållandevis många fall gamla och av skiftande utförande. Med detta i åtanke kan det vara möjligt att höja driftsäkerheten för de installerade systemen. Med utgångspunkt från detta startade Elforsk den här utredningen vars syfte har varit att värdera befintliga manöversystem och därefter ge råd och rekommendationer för nyprojektering och upprustning. Dessutom ska utredningen utgöra ett stöd vid analys av befintliga system.

Vid olika kontakter med dammägare under utredningen har få allvarliga fel rapporterats. Här kan dock ett mörkertal finnas pga. osäker rapportering och dokumentation.

Utredningen har utmynnat i en kortare genomgång av befintliga system följt av en diskussion kring vissa delsystem. Vidare har en systemtillgänglighetsanalys av tre olika systemlösningar utförts vilken sedan har legat till grund för rekommendation av två typer av system: ett likströmsbaserat och ett växelströmsbaserat.

Från slutsatserna kan följande punkter av allmän karaktär nämnas:

- Valet av systemlösning måste ske med hänsyn till de förutsättningar som gäller för den aktuella dammanläggningen.
- För att åstadkomma en hög driftsäkerhet måste dammanläggningen studeras i ett helhetsperspektiv så att åtgärder sätts in på de platser där de gör störst nytta.
- I första hand rekommenderas ett växelströmssystem med en asynkronmotor som drivkälla och där reservkraften löses med ett UPS-system. Erfarenhet av denna systemlösning finns dock ej för utskovsluckor (i Sverige).
- I övrigt rekommenderas att reservkraft löses med batterisystem före motorgeneratoraggregat.

Summary

The control systems for spillway gates of today are in many cases old and of varying design. From this point of view it should be possible to increase the reliability for the installed systems. This research project was started by Elforsk with aim to investigate and estimate the reliability of existing control systems and from this give advice and recommendations on how to improve the existing and future systems.

After several contacts with dam-owners during the investigation the conclusion has been drawn that the control systems are not afflicted with severe fault conditions. Due to uncertain reporting and documentation routines some incidents might be missing in the statistics upon which this conclusion is based.

The investigation contains a brief description of existing systems followed by a discussion part for some of the subsystems. Further on reliability analysis for three different types of backup power systems has been carried out. The reliability study has given the foundation for the recommendation of two types of systems: one based on direct current (DC) and one based on alternating current (AC).

From the conclusions can the following general points be mentioned:

- The choice of system must be made with concern taken to the conditions of the actual dam.
- To achieve best possible redundancy the total dam must be studied so that effort is made in the subsystems that contributes most to the reliability of the control system.
- On the first hand an AC system with an asynchronous motor is recommended. For this kind of system the backup power is recommended to be an UPS-system. In general backup power is recommended to be built with battery systems in stead of motor-generator sets.
- Alternative spillway systems, for example spillway crests, can in some cases be a simple way to gain time at a situation with unusually high flows.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	MÅL.....	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR.....	2
1.4	METOD.....	3
2	DEFINITIONER.....	4
3	PROBLEMHANTERING	6
3.1	HEARING.....	6
3.2	SYSTEMTILLGÄNGLIGHETSANALYS FÖR RESERVKRAFT	6
3.3	BENCHMARKING	7
4	BEFINTLIGA SYSTEM.....	10
4.1	ALLMÄNT	10
4.2	SYSTEMÖVERSIKT	10
5	DISKUSSION	13
5.1	DRIVSYSTEM	13
5.2	RESERVKRAFTSYSTEM	15
5.3	STYRSYSTEM.....	16
5.4	REDUNDANS.....	18
5.5	KABELVÄGAR	20
5.6	SELEKTIVITET.....	20
5.7	UNDERHÅLLSINSATSER.....	21
5.8	ALTERNATIVA SYSTEMLÖSNINGAR	22
6	SYSTEMTILLGÄNGLIGHETSANALYS FÖR RESERVKRAFT	23
6.1	FÖRUTSÄTTNINGAR.....	23
6.2	ANALYS	25
7	REKOMMENDATION	33
7.1	ALTERNATIV 1 – LIKSTRÖMSSYSTEM	33
7.2	ALTERNATIV 2 – VÄXELSTRÖMSSYSTEM	34
7.3	CHECKLISTA VID UPPRUSTNING OCH NYBYGGNATION	35
8	SLUTSATSER.....	37
8.1	FORTSATT ARBETE.....	37
9	BIBLIOGRAFI	38

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Denna rapport är ett led i Elforsks satsning på dammsäkerhet och behandlar i huvudsak den elektriska delen av manöversystem för utskovsluckor. Rapporten behandlar komponenter ingående i manöversystemet både var för sig och som en helhet i form av systemlösningar.

Utformningen av manöver- och indikeringssystem för utskovsluckor är i dag individuella för i stort sett varje dammanläggning. Detta beror på att systemen har utformats och renoverats efter den kunskap och den praxis som funnits inom olika dammägares organisation vid bygg eller renoveringstillfället. Dagens driftförutsättningar skiljer sig också i många fall från de som var gällande då systemet utformades. Exempelvis har nu i stort sett alla kraftstationer och dammanläggningar avbemannats vilket ställer större krav på övervakning och styrning på distans än tidigare. Med utgångspunkt från att många system bygger på gamla konstruktions- och driftförutsättningar utförs denna utredning med avsikt att förbättra driftsäkerheten för avbördningsystemet.

Ny teknik har utvecklats snabbt inom områden som kraftelektronik (medför att start och styrutrustning för motorer kan förändras) och informationsöverföring (ger möjlighet att ta del av mer information från anläggningarna i realtid). En tillämpning av landvinningarna inom dessa teknikområden på avbördningsfunktionen kan leda till en förbättrad tillgänglighet. En hög tillgänglighet för varje enskild del i manöverkedjan är en förutsättning för att hela avbördningsfunktionen ska kunna fungera tillfredställande i alla situationer.

Utöver de allmänna kraven på en hög driftsäkerhet för avbördningsfunktionen ställer även RIDAS [1] vissa minimikrav på avbördningsystemet. RIDAS pekar inte ut någon speciell typ av systemlösning utan koncentrerar sig på att ange vilka driftfall avbördningsystemet ska kunna hantera med hänsyn till dammens konsekvensklass och övriga anläggningsförutsättningar, exempelvis stigtider (det vill säga den tid det tar för drivvattenföringen att få vattenytan att stiga från dämningssgränsen till en för dammen kritisk nivå).

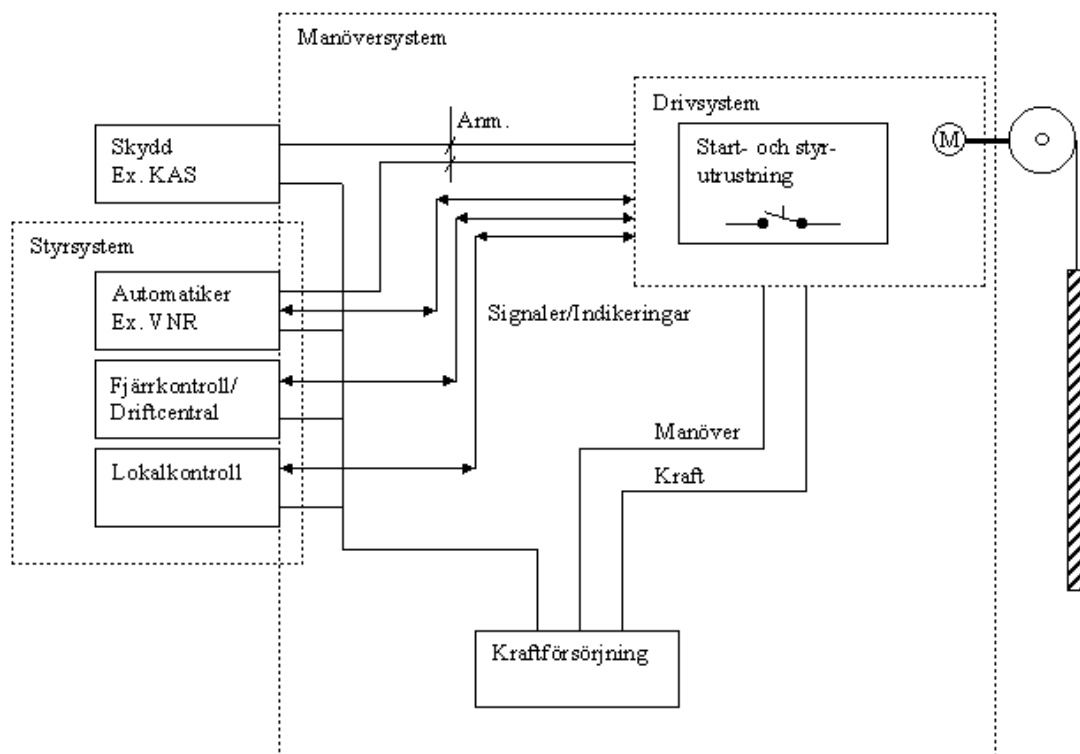
1.2 Mål

Målet med denna utredning är att utvärdera olika lösningar på utformning av manöversystem för utskovsluckor. Utredningen ska, förutom att genomlysas dagens systemlösningar, även behandla ny teknik och peka på de för- och nackdelar som denna kan innebära.

Utvärderingen av dagens systemlösningar tillsammans med övriga influenser ska därefter leda fram till förslag på systemlösningar som har förutsättningar för att ge avbördningsystemet en hög driftsäkerhet.

1.3 Avgränsningar

Utredningen behandlar i huvudsak den elektriska delen av manöversystemet för utskovsluckor. Gränsdragningen mot angränsande anläggningsdelar klargörs av figur 1.1 samt i nedanstående stycken.



Figur 1.1 Figuren redogör för utredningens gränser, rutan märkt manöversystem ingår i utredningen. Kommentar till figuren: KAS och automatiker verkar normalt ej på samma lucka.

Manöversystemet studeras från lokaltransformatorerna i dammanläggningen till och med det elektriska drivsystemet, det vill säga motorn med tillhörande start- och styrutrustning. Hur sedan rörelseenergin från motorn överförs till luckan, via ett hydrauliskt eller mekaniskt system, ingår alltså inte i utredningen. På samma sätt diskuteras inte var lokaltransformatorerna får sin kraftmatning ifrån.

Däremot studeras både lokalkraft och reservkraftsystemen för spänningsförsörjning av drivsystemet. Vidare behandlas styrsystemet för signalutbyte mellan manöversystemet och styrsystemet, såväl lokalt som fjärmässigt.

Med utgångspunkt från beskrivningen och diskussionen kring delsystemen kombineras de olika lösningarna till en helhetslösning där även frågor som redundans tas upp. Som avslutning ges exempel på hur manöversystem för utskovsluckor kan utformas. Exempelen kompletteras med en checklista som kan användas som stöd vid projektering.

1.4 Metod

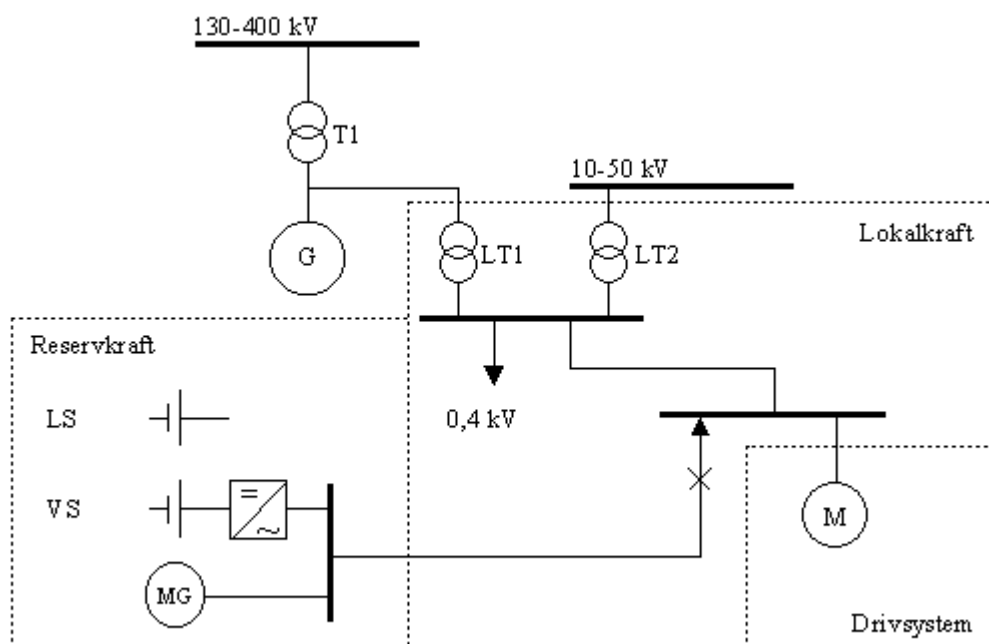
Utredningen är utförd genom litteraturstudier, teknikstudier, kartläggning av befintliga system bl.a. genom hearing med dammägare samt en systemtillgänglighetsanalys.

Resultatet av studierna redovisas i denna rapport som i stort är uppdelad i 4 delar. Första delen, kapitel 2 och 3, innehåller en definition av de begrepp och uttryck som används i rapporten samt en problemformulering. I den andra delen, kapitel 4, kartläggs och värderas befintliga systemlösningar som finns installerade i anläggningarna. Den tredje delen, kapitel 5 och 6, diskuterar ny teknik och redovisar en systemtillgänglighetsanalys som koncentrerar sig på att värdera olika typer av reservkraftsystem. I den fjärde och sista delen, kapitel 7 och framåt, redovisas exempel på systemlösningar samt slutsatser om fortsatta utredningar/insatser inom området.

2 Definitioner

Denna utredning sammanställer material från ett flertal olika källor och intressenter som inte alltid använder sig av samma begrepp och definitioner för specifika anläggningsdelar. För att klarställa de begrepp och definitioner som kan vara tvetydiga sammanställs därför det språkbruk som används i rapporten i detta kapitel.

Definitionerna utgår från nedanstående figur 2.1 samt från tidigare redovisad figur 1.1.



Figur 2.1 Enlinjeschema för kraftstation för klarställande av definitioner för rapporten.

Begreppet *manöversystem* klargörs av figur 1.1 och figur 2.1. Gränsdragningen för kraftförsörjningen görs vid lokaltransformatorn medan gränsen mot luckan dras vid den mekaniska kopplingen. Förutom kraftförsörjning och kraftöverföring till luckan ingår gränssnittet mot styrsystemet i manöversystemet.

Manöversystemet kan i sin tur delas upp i:

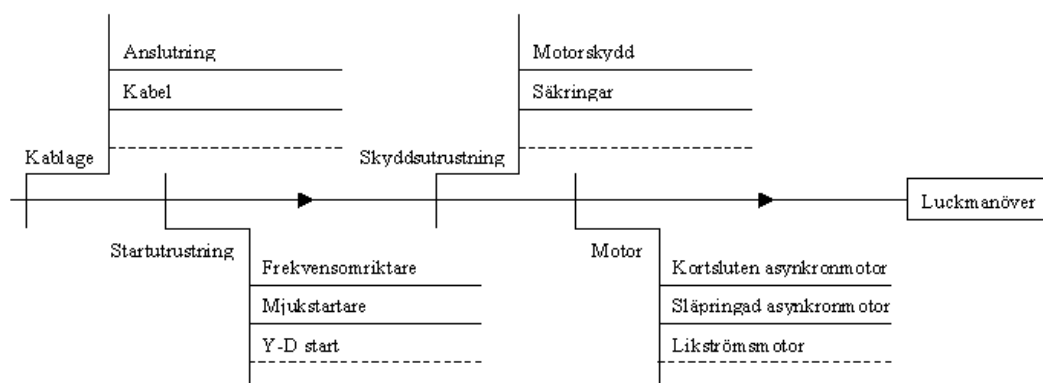
- Lokalkraft
- Reservkraft
- Drivsystem
- Styrsystem

Med *lokalkraft* avses kraftstationens spänningsfördelning på 400 V nivå samt anläggningens lokaltransformatorer. Lokalkraften används huvudsakligen för kraftförsörjning av kraftstationens kringutrustningar exempelvis pumpar, luckmanöver, belysning mm.

Reservkraft är en benämning på de system som förser kraftstationen med spänning vid bortfall av ordinarie spänningsmatning (anläggningens nätanslutning). Reservkraftsystemet kopplas in mot stationens lågspänningsnät för att förse prioriterad utrustning med kraftmatning. Reservkraftsystemet kan vara byggt för lik- och/eller växelspanning. I det senare fallet är reservkraften normalt uppbyggt av ett motor-generatoraggregat eller ett UPS-system (Uninterruptible Power Supply) vilket växelriktar batterispänning. Då reservkraften utgörs av likspänning hämtas kraften från batterier som underhållsladdas kontinuerligt från lokalkraften. Drivsystemet utgörs då av likströmsmaskiner.

Definitionsskillnaden mellan reservkraft och reservdriftsystem är i denna rapport att reservkraftsystemet förser drivsystemet med elektrisk energi medan reservdriftsystemet direkt påverkar luckan utan inverkan av det elektriska drivsystemet. Som exempel på reservdriftsystem kan nämnas haspel samt handvev.

Med *drivsystem* avses luckans elektriska drivsystem, det vill säga motorn som påverkar utskovsluckans mekaniska eller hydrauliska system för luckmanöver. I drivsystemet anses även motorns start- och styrutrustning ingå. Se flödesschema i figur 2.2 nedan.



Figur 2.2 Flödesschema för ingående komponenter i drivsystemet.

Under begreppet *styrsystem* samlas den utrustning som krävs för styrning och övervakning av utskovsluckan. Styrsystemet kan exempelvis utgöras av ett PLC-system där funktioner för luckstyrning och övervakning programmeras.

För begrepp och förkortningar som är definierade i RIDAS [1] och används i rapporten hänvisas till RIDAS definitionsavsnitt.

3 Problemhantering

Ett naturligt steg i arbetet med att värdera systemlösningar för utskovsluckornas manöversystem är att identifiera hur systemlösningarna ser ut i dag. Viktig input till utredningen erhålls också genom att kartlägga vilka problem som förekommer med systemen. För att få del av flera dammägares erfarenheter bjöds Vattenfall, Sydkraft, Granninge, Birka och Jämtkraft in till en hearing där systemuppbyggnad och problem med avbördningsanordningarna diskuterades.

Hearingen utgör ett bra komplement till de litteraturstudier och teknikstudier som genomförts eftersom mer vardagliga problem kommer fram vid samtal med dammägare än vad som framgår ifrån exempelvis felbeskrivningar i litteraturen. Som extra input till utredningen utfördes även en systemtillgänglighetsanalys, som ger ett mer teoretiskt angreppssätt till problemen, och kontakt togs med några företag inom olika branscher för att om möjligt kunna föra in tankar och idéer från andra teknikområden.

Som input till utredningen har också erfarenheter från genomförda fördjupade dammsäkerhetsutvärderingar (FDU:er) samt anläggningsbesiktningar tagits till vara. Det kan därvid konstateras att det i ett icke försumbart antal fall funnits även allvarligare brister. Dessa brister har företrädesvis varit förknippade med systemlösningen för reservkraftförsörjning av utskoven (redundans problematik).

3.1 Hearing

Hearingen genomfördes under en dag där varje deltagare fick delge sina erfarenheter och synpunkter på manöversystemen till utskovsluckorna.

Resultatet av hearingen kan i stort sammanfattas av nedanstående:

- Få allvarliga problem med manöversystemet rapporterades. Flera dammägare har dock upplevt problem med de mekaniska gränslägen som indikerar stängd respektive fullt öppen lucka.
- Att få en gemensam definition av begrepp och uttryck är viktigt för branschen.
- Dokumentation från händelser (incidenter) i anläggningarna är ofta bristfällig.

3.2 Systemtillgänglighetsanalys för reservkraft

Utredningen har varit begränsad i tid och resurser vilket har medfört att det inte har funnits möjlighet att utföra en fullständig riskanalys inom utredningen. Däremot har varje systemlösning varit föremål för en typ av systemtillgänglighetsanalys där följande faktorer har beaktats:

- Samband mellan inledande händelser och orsaker till otillgänglighet i skyddssystemet - då ett fel inträffar i eller i närheten av en kraftstation uppstår ibland ett behov av att snabbt kunna manövrera utskovsluckorna. Felet kan då i vissa fall samtidigt orsaka otillgänglighet i de system som tillgodoser möjligheten att manövrera utskovsluckorna. Exempel på detta är om en transient tillåts vandra in i

skyddssystemet för ett aggregat (som löser ut aggregatet), men transienten är samtidigt orsaken till att skyddssystemet som skall öppna utskovsluckorna inte fungerar. Vad identifieringen går ut på är alltså att identifiera de systembrister som skapar mer eller mindre starka samband mellan behovssituationen och otillgängligheten i de skyddssystem som skall fånga behovet.

- Liknande fel - i en anläggning finns det flera olika faktorer som kan leda till att två liknande fel beroende på gemensamma orsaker inträffar. Denna typ av felsituation brukar kallas CCF som står för Common Cause Failures. Orsaken till att CCF inträffar kan bland annat vara att samma person utför samma fel på flera komponenter vid underhåll, samma typ av komponent sitter installerad på flera platser i systemet eller liknande.
- Kompletterande orsaksanalys - utöver tidigare nämnda faktorer utförs en ren analys av vilka fel eller kombinationer av fel som i sig själva gör systemet obrukbart i en godtycklig behovssituation. Analysen begränsas till att identifiera och analysera relevanta enkel och dubbelfelskombinationer.
- Konsekvensanalys - analysen medför att effekterna av vissa händelser studeras exempelvis att vattennivån stiger okontrollerat i ett magasin under en viss tid. Denna typ av analys kommer egentligen helt till sin rätt om det är en specifik damm eller anläggning som studeras och kommer därför endast att utföras överskådligt.

3.3 Benchmarking

Inom utredningen utfördes en benchmarking mot andra branscher än den som utredningen berör. Detta moment utfördes för att kunna få influenser till hur reservkraftssystemet kan utformas för att nå en hög drifttillgänglighet. De svar som redovisas i detta avsnitt gäller alltså för de företag som ingick i undersökningen och inte för manöversystem till dammanläggningar. Exempelvis hade inget av de tillfrågade bolagen i undersökningen några dieselaggregat med automatisk inkoppling medan detta finns i flertalet dammanläggningar.

Undersökningen utfördes via telefon med representanter från tre energibolag och en industri samt ett sjukhus. Efter en kortare presentation av utredningens omfattning och syfte ställdes nedanstående frågor:

- Vilken/a typ/er av reservkraftsystem har Ni?
- Vilken/a typ/er av laster är kopplade till systemen?
- Har Ni någon statistik om driftsäkerheten för systemen?
- Har Ni någon erfarenhet av att kraftförsörja motordrifter med UPS?

De tillfrågade använde sig av olika typer av reservkraftsystem beroende på vilka laster som systemen är avsedda att kraftförsörja. De reservkraftsystem som finns representerade är UPS-system, batterier och dieselaggregat.

UPS-system används för att säkerställa spänningsförsörjningen till datorer och styr- och reglersystem i anläggningarna. Styr och reglersystem som inte är UPS-säkrade är vanligtvis försedda med batterisystem för att garantera manövermöjlighet.

Tyngre drifter reservkraftmatas med dieselaggregat. Förutom sjukhuset har ingen av de tillfrågade automatisk inkoppling av dieselaggregat i händelse av spänningsbortfall. Inkoppling av reservkraftssystemet sker istället genom manuellt förfarande till förberedd inkopplingspunkt. Vid sjukhuset startas dieselaggregaten (3 st) automatiskt varefter lasten succesivt kopplas på. Det faktum att sjukhuset har tre dieselaggregat gör att det inte innebär några större problem om ett aggregat inte startar. Normal drift klaras av två aggregat och för nöddriftbehovet räcker ett aggregat.

Inget av de företag som först kontaktades i undersökningen hade någon erfarenhet av UPS-säkrade motordrifter. Men vid kontakt med en leverantör av 3-fas UPS-system i storlekar mellan 10 och 100 kVA erhöles information om att det är fullt möjligt att säkerställa motordrifter med UPS-system. Leverantören kunde lämna referenser till en industri som har denna typ av reservkraftssystem installerat och i drift under det senaste året. Benchmarkingen kompletterades därför med den industri som har driftserfarenhet av UPS säkrade motordrifter. Ansvarig person på företaget beskrev deras system enligt följande:

UPS-systemet är på 60 kVA och matar två motorer: en på 7,5 kW och en på 4,5 kW. Den större av motorerna är direktstartad och startas inte då det yttre nätet är bortkopplat, den mindre motorn är däremot försedd med en frekvensomriktare och kan startas även då yttre nät är bortkopplat. De två motorerna styr ett kylsystem i anläggningen som är dimensionerat på så sätt att den större motorn ska klara av att försörja systemet i normalfallet och den mindre ska gå in och stötta i det fall den behövs. Om det yttre nätet försvinner är det av högsta vikt att motorerna fortsätter att kyla processen. Under det år systemet har varit i drift är driftserfarenheten god, inga tillbud eller problem har inträffat.

Både UPS leverantören och referensindustrin var dock noga med att påpeka att reservkraftssystem för motordrifter med UPS:er ställer krav på systemets utformning. Exempelvis ska motorn förses med någon form av startutrustning för att begränsa startströmmarna, leverantören rekommenderar att mjukstartare används för motorer i alla storlekar. Tillgänglig drifttid för motorn bestäms av hur stor batterikapacitet som installeras till UPS-systemet.

I figur 3.1 nedan visas ett exempel på UPS-system för en 4 kW motor med en backup-tid på 15 minuter. Denna tid är i kortaste laget för utskovsluckor och därför fick leverantören i uppgift att studera och lämna förslag på två olika lösningar.



Figur 3.1 UPS-skåp med batteri för en 4 kW motor och 15 minuters drifttid.

De fall som diskuterades var att förse en 5 kW asynkronmotor och en 25 kW asynkronmotor med reservkraftsystem av UPS-typ. Båda motorerna skulle förse med batterikapacitet motsvarande 1 timmes drifttid.

Resultatet blev att båda motorerna kan förse med UPS-system. Den efterfrågade drifttiden kräver dock att ett separat batteriskåp placeras intill UPS-systemet. Batteriskåpet blir skrymmande i de fall en längre drifttid ska kunna erhållas. I lösningen till 25 kW motorn får batteriskåpet (ventilreglerade batterier) dimensionen 1820×1600×800 mm (B×H×D).

Kraftindustrin använder normalt inte denna typ av batterier, bland annat på grund av dålig livslängd under aktuella driftsförhållanden, vilket medför att batteriskåpet kommer att få en större dimension i de fall öppet ventilerade batterier används.

Industrin som ingick i den ursprungliga undersökningen har även andra typer av reservdriftsystem, exempelvis ett system som består av hydraulmotorer som i sin tur drivs av diesellaggregat. Dessa system håller nu på att fasas ut främst av ekonomiska skäl.

En enklare undersökning av de ekonomiska aspekterna mellan de tre reservkraftsystemen; batterisystem, motorgeneratoraggregat och UPS-system har också utförts. Utfallet är att kostnaden för de olika systemen är likvärdig. Motorgeneratoraggregatet kan innebära en något mindre initial kostnad jämfört med de andra systemen, men vid val av system är det viktigt att studera hela livscykelkostnaden.

4 Befintliga system

Fram till slutet av 70-talet var många vattenkraftstationer bemannade dygnet runt vilket gjorde att systemen till viss del var utformade för manuell drift. Kraftstationerna har sedan dess avbemannats och idag är i stort sett samtliga stationer helautomatiska vad det gäller styrning och övervakning.

De ändrade driftförutsättningarna som avbemanningen har lett till medför att de system som finns i kraftstationerna inte alltid är optimerade för den driftsituation som råder idag.

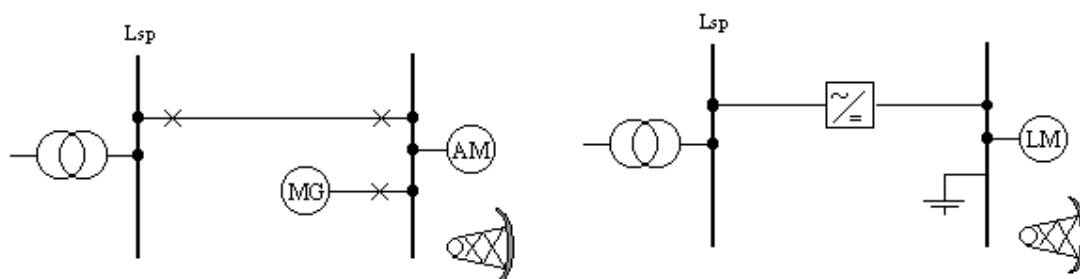
4.1 Allmänt

Enligt information från de dammägare som deltog vid hearingen är det sällan manöver- och drivsystemet för utskovsluckorna renoveras utan att ett större renoveringsarbete samtidigt utförs i anliggande kraftstation. Vid dessa tillfällen görs det som anses erforderligt för utskovsluckorna ur ett säkerhetsperspektiv samt ur teknisk och ekonomisk synvinkel.

Detta förfarande har lett till att det finns många äldre manöversystem för utskovsluckor i drift idag. Det finns exempel där motorerna i drivsystemet är en uppemot 60 år gamla. Anledningen till att många av de äldre systemen har kunnat vara i drift under långa tider är att de är robust byggda genom äldre dimensioneringsprinciper (i dag skulle systemen betecknas som överdimensionerade).

4.2 Systemöversikt

Av de system (utskovsluckor) som idag är i drift bedöms ungefär två tredjedelar vara försedda med asynkronmotordrift och kopplade direkt mot kraftstationens 400 V lokalkraftsystem alternativt spänningsmatas från ett motorgeneratoraggregat. Motorgeneratoraggregatet är i många fall gemensamt för kraftstationens reservkraftförsörjning. Ungefär en tredjedel av systemen är uppbyggda kring ett likströmssystem med en likströmsmotor för omvandling av elektrisk energi till rörelseenergi för luckan.

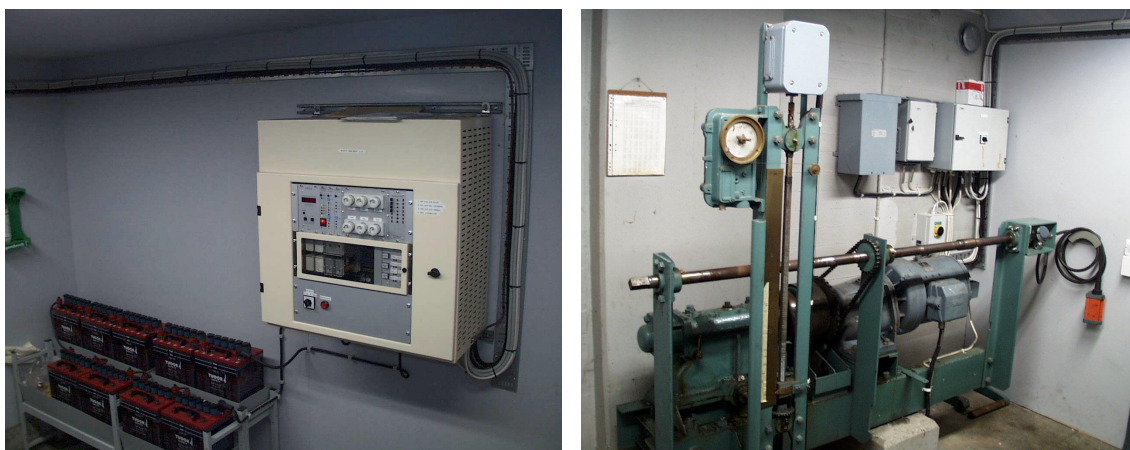


Figur 4.1 Illustration av befintliga manöversystem.

De flesta kraftstationer har mer än en utskovslucka och då finns oftast både luckor med asynkronmotordrift och likströmsmotordrift. Denna bestyckning syftar till att höja driftsäkerheten för anläggningen. Risken att **ett** fel ska slå ut manöver av båda luckorna minskas på detta sätt.

För vattennivåreglering, i stationer som har mer än en lucka och med olika drivsystem, används oftast likströmsluckan för reglering av vattenytan (då kraftstationsaggregaten blivit fullt utstyrda).

De luckor som är försedda med KAS (dämningsskydd) manövreras i stor utsträckning med likström, eftersom det i dessa fall är enklare att säkerställa driften om något skulle inträffa med lokalkraften i stationen. Säkerhetsställandet av kraftförsörjningen till likströmsmotorn sker i vissa fall med ett separat batterisystem avsett för manöver av utskovsluckan medan utskovsluckan i andra fall är ansluten mot anläggningens (kraftstationens) gemensamma batterisystem. Kapaciteten som krävs på batterisystemet bestäms av anläggningsförutsättningarna, det vill säga vilka driftsekvenser som ska kunna utföras med utskovsluckan efter det att lokalkraften i kraftstationen har försvunnit.



Figur 4.2 Batterisystem för luckmanöver vid bortfall av lokalkraft (vänster). Drivsystem för luckmanöver bestående av likströmsmotor (höger).

Av de kraftföretag som var representerade vid hearingen fanns två olika sätt att bygga upp KAS. Antingen verkar KAS på en förutbestämd utskovslucka och skyddet är alltså "knutet till luckan". Det andra fallet var att KAS var uppbyggt som en stationsfunktion där förval görs av vilken/-a lucka/-or som ska påverkas utifrån vilken lucka som har reglerkapacitet och kan manövreras.

Med tanke på de övergripande krav som ställs i RIDAS [1] kan dammar av olika konsekvensklass bestyckas lite olika. Kraven i RIDAS anger nivån som lösningen ska klara av men inte hur detta ska utföras. Av de dammägare som deltog i hearingen var det ingen som gjorde några större skillnader mellan dammar av konsekvensklass 1 och 2 medan däremot dammar av konsekvensklass 3 var betydligt enklare bestyckade. Det är sällan klass 3 dammar är försedda med motormanövrerade luckor utan de regleras normalt med enklare luckor, typ spetluckor. Bestyckningen och systemutformningen i dammanläggningarna påverkas förutom kraven i RIDAS även av ekonomiska

överbäanden. Dammanläggningen kan betinga ett högt ekonomiskt värde även om den är klassad som en konsekvensklass 3 anläggning.

Styrning av motormanövrerade utskovsluckor sker fjärmässigt från en driftcentral som handhar körning av flera kraftstationer. Utskovsluckorna styrs på olika sätt beroende på det aktuella vattenflödet i vattendraget. Styrsystemet för utskovsluckan är uppbyggt på olika sätt beroende på systemets ålder. Det finns allt från helt reläbaserade system till moderna PLC-system för styrningen av utskovsluckorna.

Förutom fjärrmanövernöjligheten av utskovsluckan finns alltid möjlighet till lokalmanöver i luckhus och/eller kontrollrum.

5 Diskussion

Vid val av system finns det många faktorer som bör beaktas innan ett slutligt teknikval för systemet utförs. Det är viktigt att den lösning som väljs passar in med de anläggningsförutsättningar som är gällande för den aktuella dammen. Som ett minimum bör nedanstående faktorer beaktas (ej i prioriteringsordning)

- Livslängd
- Underhåll
- Driftsäkerhet
- Ekonomi
- Reservkraft
- Redundanskrav
- Driftfall för luckan
- Stigtider
- Beredskap, det vill säga hur snabbt efter fel kan personal vara på plats för att felsöka och manövrera utskovsluckan

5.1 Drivsystem

Kraftöverföringen efter den elektriska motorn till luckan via mekaniska eller hydrauliska system ingår inte i denna utredning enligt avsnitt 1.3, men för att klargöra vilka storleksordningar som är vanligt förekommande för motorerna redovisas nedan uppskattningar av motorstorleken för södra och norra Sverige. Det kan säkert finnas motorstorlekar som avviker från de angivna i tabellen men uppskattningen bör stämma ganska väl ändå. Då motorstorlek väljs är det viktigt att följa de riktlinjer som den mekaniska dimensioneringen har gett upphov till. I den mekaniska dimensioneringen tas även hänsyn till säkerhetsmarginaler, exempelvis eventuella kärvningar på det mekaniska systemet som kan tänkas inträffa.

Systemtyp	Södra Sverige	Norra Sverige
Mekaniskt system	5-8 kW	< 30 kW
Hydrauliskt system	1-2 kW	< 10 kW

Tabell 5.1 Uppskattning av motorstorlek för olika typer av manöversystem i södra respektive norra Sverige.

Valet av drivsystem, växelströmssystem (asynkronmotor) eller likströmssystem (likströmsmotor), har traditionellt sett avgjorts av om luckan ska användas för vattennivåreglering eller inte. Luckor avsedda för vattennivåreglering har normalt högre krav vad det gäller tillgänglighet då lokalkraften i kraftstationen är borta. Luckorna ska kunna ta över drivvattenföringen vid bortfall av ett eller flera aggregat i aktuell kraftstation. Därför har dessa oftast försetts med ett likströmssystem eftersom reservkraften lättare har kunnat lösas på detta sätt än exempelvis med ett motorgeneratoraggregat som kräver en automatisk omkoppling för att kunna fungera efter det att lokalkraften har försvunnit i kraftstationen.

Valet av likströmssystem med utgångspunkt från hur enkelt det är att förse systemet med reservkraft har medfört att andra faktorer påverkas negativt. Den kortslutna asynkronmotorn är överlägsen likströmsmotorn både vad det gäller underhåll,

driftsäkerhet och inköpskostnader men kräver mer vad det gäller underhåll av reservkraftsystemet (ett motorgeneratoraggregat behöver funktionsprovas med tätare intervall än ett batterisystem). Livslängden för en kortsluten asynkronmotor är längre än för en likströmsmotor eftersom asynkronmotorn inte har några delar som utsätts för slitage på samma sätt som likströmsmotorns kommutator. Livslängden för motorerna påverkas givetvis även av den miljö motorn placeras i, men denna påverkan bedöms lika för båda motortyperna om de är byggda för att klara av likadant klimat.

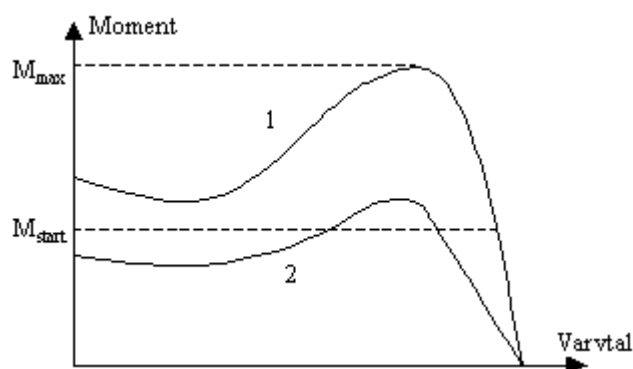
En klar fördel med att använda asynkronmotorer som drivsystem är att asynkronmotorn är starkt standardiserad och detta påverkar inköpskostnad, reservdelshållning och leveranstiden av en ny motor i de fall detta skulle behövas.

Drivsystem med likströmsmotorer startas vanligen med pådragsutrustning så att starten sker i två steg medan kortslutna asynkronmotorer ofta inte är försedda med någon form av startutrustning. Detta är något som nu bör omprövas eftersom kostnaderna för bland annat mjukstartare har gått ner i förhållande till motorkostnaden och en lägre startström från asynkronmotorn ger möjlighet att dimensionera reservkraftsystemen på ett bättre sätt. När är det då lämpligt att föra in mjukstartare eller annan typ av startutrustning? Tumregler för val av startutrustning finns i de flesta branscher, nedan redovisas regler som används för val av startutrustning som funktion av motorstorlek för pumpstyrningar.

- Direktstart < 7 kW
- Y-D start 7-15 kW
- Mjukstart > 15 kW

Med hänsyn till dessa tumregler samt den tidigare uppskattningen av motorstorlekar för mekaniskt respektive hydrauliskt system borde behovet av mjukstartare inte vara särskilt stort. Mjukstartare kan dock komma till sin rätt i alla fall, exempelvis genom att ett system med asynkronmotordrift förses med ett reservkraftsystem som bygger på batteri och växelriktare (UPS). Reservkraften blir i dessa fall känslig för stora strömtransienter som uppkommer vid en direktstart av asynkronmotorn. Genom att förse asynkronmotorn med en mjukstartsutrustning kan startströmmen minskas markant och reservkraftsystemet med en UPS kan användas.

Då startutrustning för asynkronmotorer införs måste dimensioneringen utföras så att startmomentet från motorn blir högre än det moment som krävs för att påbörja luckmanövern. Y-D start och mjukstartare fungerar så att de ger ett lägre startmoment och det är viktigt att detta moment är högre än vad som krävs för att dra igång manövern. Se figur 5.1 nedan som visar momentkurva för en asynkronmotor vid normalspänning och vid en lägre spänningsnivå. I fallet som visas i figuren räcker alltså vridmomentet enligt kurva 2 inte för att övervinna luckans startmoment, M_{start} .



Figur 5.1 Momentkurva för asynkronmotor. Kurva 1 avser normalspänning medan kurva 2 avser 70% av normal spänning.

Att startmomentet blir tillräckligt för att påbörja manövern av luckan faller tillbaka på den mekaniska dimensioneringen. Den mekaniska dimensioneringen av luckan ger ett dimensionerande moment som ska övervinnas för luckmanöver. Den kombination av motor och startutrustning som väljs ska klara av att övervinna det moment som angetts av den mekaniska dimensioneringen. Säkerhetsmarginaler mot att luckan skulle kärva och liknande problem måste tas hänsyn till i den mekaniska dimensioneringen så att det moment som anges till motorleverantören säkert klarar av manövern av luckan.

5.2 Reservkraftsystem

Reservsystemen kan grovt delas in i två kategorier: den ena är reservkraftsystem som utför manöver med hjälp av elektrisk energi, det andra är reservdriftsystem som påverkar utskovsluckan mekaniskt (exempelvis haspel eller liknande utrustning).

De system som påverkar utskovsluckan mekaniskt kräver manuell omkoppling och manöver vid utskovsluckan då fel har inträffat för att kunna användas. Detta medför att de dammanläggningar där avbördningsfunktionen endast förlitar sig på denna lösning inte får ha korta stigtider tills vattennivån i dammen når kritiska nivåer. I övrigt bör minst en utskovslucka i varje dammanläggning vara försedd med manuell öppningsmöjlighet.

De reservkraftsystem som förser det ordinarie drivsystemet med elektrisk energi för manöver av utskovsluckan har förutsättningar att vara mer automatiska än de system som direkt påverkar luckan mekaniskt. Reservkraftsystemen kan i sin tur delas in i likströms- och växelströmssystem. Båda systemen har sina för- och nackdelar, valet av system bör därför ske ur ett helhetsperspektiv där valet utförs med hänsyn till den totala systemlösningen.

Likströmssystemen har traditionellt endast använts i de fall drivsystemet har utgjorts av en likströmsmotor. Detta är givetvis fortfarande en lösning som är relativt enkelt uppbyggd och därför ger förutsättningar för en hög tillgänglighet. Vid projektering av ett likströmssystem är det viktigt att ta hänsyn till den miljö som batterisystemet placeras i. Genom att placera systemet i en för batterisystemet lämplig miljö (framförallt tempererad miljö) kan driftsäkerhet, livslängden på systemet ökas och underhållet i viss mån minskas.

Växelströmssystemen byggs normalt upp med ett motorgeneratoraggregat. Ett sådant aggregat kräver dock ofta automatiska omkopplingar och motorstart då det ska användas. Att reservkraftssystemet till ett skyddssystem kräver denna typ av omkopplingar vid en situation där det redan finns en störning i lokalkraftssystemet leder till att det är många faktorer som kan gå fel vid inkoppling av motorgeneratoraggregatet. Mer om felmöjligheterna kring motorgeneratoraggregat tas upp i systemtillgänglighetsanalysen senare i rapporten.

En jämförelse mellan batterisystem och motorgeneratorsystem görs i [4] där sannolikheten för fel vid start av en dieselgenerator anges till 0.043. Motsvarande sannolikhet för fel i ett batterisystem uppges vara 0.00125.

En lösning som kombinerar de båda systemen är ett så kallat UPS-system där den upplagrade energin finns i ett likströmssystem medan uttaget av energi sker i form av växelspanning. Reservkraftssystemet får i stort samma uppbyggnad som likströmssystemet men med en växelriktare mellan batterisystemet och drivsystemet. Förutsättningarna finns alltså att kombinera likströmssystemets energilagringsmetod med växelströmsmotorns fördelar vad det gäller tillförlitlighet, kostnadsbild och underhåll. Denna typ av reservkraftssystem finns dock ännu inte använd hos någon av de dammägare som deltog i hearingen. Men det finns referenser från industrianläggningar där motordrifter har försetts med UPS-system för att säkerhetsställa driften.

Oavsett vilken av de olika systemlösningarna som väljs är det viktigt att systemet väljs med hänsyn till de anläggningsförutsättningar som gäller för den aktuella dammen. För en damm med mycket långa stigtider kan anläggningen i de flesta fall försees med ett reservdriftsystem som bygger på manuella åtgärder medan en dammanläggning som vid bortfall av ett aggregat överdäms inom en kort tidsperiod måste försees med ett automatiskt reservkraftssystem. Det gäller därvid att även ta hänsyn till uttryckningstiden vid beaktande av möjligheten till manuella åtgärder.

5.3 Styrsystem

Styrsystemets uppgift är att styra och övervaka den process det är kopplat till, i detta fall utskovsluckorna. För dammanläggningar som ligger i närheten av en kraftstation brukar styrningen av utskovsluckorna integreras i kraftstationens styrsystem. Vid hearingen framkom att detta inte var fallet för samtliga dammägare som var representerade. Vissa av bolagen har separerat all styrning och övervakning som hör till utskovsluckorna från de stationsgemensamma funktionerna och har alltså ett separat styrsystem installerat för utskovsluckorna.

Begreppet styrsystem omfattar i denna rapport den datoriserade utrustning som används för styrning och övervakning av utskovsluckornas manöversystem. I rapporten görs ingen skillnad på om styrningen och övervakningen är integrerad i kraftstationens styrsystem eller om det är ett separat styrsystem endast för utskovsluckorna. Styrsystemet är normalt uppbyggt av ett PLC-system (Programmable Logical Controller). I detta system kan styrningen och övervakningen programmeras enligt de önskemål och krav som ställs på funktionerna. Överföring av information till ett centralt system placerat i exempelvis en driftcentral sker via en RTU (Remote Terminal Unit). I vissa av de RTU system som finns på marknaden kan viss typ av programmering utföras

men de funktioner som kan programmeras i RTU:n brukar inte vara tillräckliga för att ersätta PLC-systemen. Vad som däremot händer på marknaden är att kommunikationsmöjligheterna från PLC-systemen ökar och att det i dag därmed finns möjlighet att ersätta RTU:erna med PLC-system för kommunikation med driftcentralen.

Styrsystemets huvudsakliga uppgift är att förse driftcentral och driftpersonal med information och en möjlighet att styra utskovsluckorna. Genom att övervaka status på ett antal signaler, indikeringar och mätvärden kan fel upptäckas innan de har hunnit utvecklas till en incident. Genom att eventuellt fel åtgärdas innan de får någon konsekvens för dammen blir följderna av felen minimala.

Signalbilden i det lokala övervakningssystemet, det vill säga i operatörspanelen eller det PC-baserade operatörssystemet, ska vara fullständig och bör vara utformad så att personal på plats snabbt får hjälp med att identifiera fel och händelser. Samtidigt ska instruktioner om vilka åtgärder som ska utföras framgå av hjälptexterna. I vissa fall kan det lokala övervakningssystemet utgöras av en enklare signaltablå.

Den fullständiga signalbilden bör inte ofiltrerad överföras till driftcentralen, om så skulle ske finns risk att driftcentralen dränks av larm om flera fel skulle inträffa samtidigt. Framförallt skulle situationen bli ohållbar vid en högflödessituation där liknande fel kan inträffa på flera dammanläggningar efter varandra.

Det finns däremot ett mervärde i att kunna studera den fullständiga signalbilden på distans. Hur detta utförs: via uppringd förbindelse, Internet eller på annat sätt diskuteras inte vidare i denna utredning. Möjligheten att kunna studera den fullständiga signalbilden medger att en relativt avancerad felsökning kan utföras på distans. Dammanläggningar och kraftstationer är ofta otillgängligt placerade geografiskt och ju bättre förberedd driftpersonalen kan vara då de kommer till anläggningen desto mindre tid kommer att krävas för att åtgärda felet.

Hur bör då övervakningen av signaler, indikeringar och mätvärden gå till? Det viktigaste är att rätt storhet övervakas, det vill säga att övervakningen är så nära det man vill övervaka som möjligt. Exempelvis om matningsspänningen till en apparatur ska övervakas är det matningsspänningen som bör övervakas och inte utlöst säkring vid fördelningen. Vidare går det oftast att läsa ut mer information från en analog signal än från en digital, framförallt om driftpersonalen har möjlighet att se trendkurvor för hur signalen har förändras under en tidsperiod. En sådan kurva kan peka på att ett fel snart kan komma att inträffa och det blir då möjligt att åtgärda felet innan det leder till en konsekvens.

Vilka storheter är då intressanta att mäta och övervaka för manöversystemet till utskovsluckor? Svaret på frågan är att samtliga storheter som ger en indikation om den aktuella driftsituationen för utskovsluckan är av intresse. Men även mätvärden som rätt utvärderade kan leda till att framtida fel kan förutsägas är intressanta.

Ett förslag på mätvärden som bör tas in till styrsystemet är:

- Luckläge
- Temperatur i lucka
- Falsvärme (temperatur)

- Motorström
- Batterispänning (i de fall separat batterisystem finns)
- Bränslenivå (i de fall motorgeneratoraggregat finns)

För en enklare och mer direkt bild av vad som har inträffat med manöversystemet för utskovsluckorna används digitala signaler. De digitala signaler som kopplas till styrsystemet kan vara av två olika typer: larm eller indikeringar. Ett larm påvisar ett uppkommet fel medan en indikering anger ett läge eller tillstånd som inte nödvändigtvis behöver vara kritiskt. Med utgångspunkt från detta är de digitala signalernas uppgift i första hand att påkalla uppmärksamhet på att något inte står rätt till.

Ett förslag på larm och indikeringar som bör tas in till styrsystemet är:

- Utlöst KAS
- Felövervakning av KAS
- Gränsläge stängd utskovslucka
- Gränsläge fullt öppen utskovslucka
- Lokalomkopplare för manuell manöver av lucka
- Övriga omkopplare/strömställare som har betydelse för systemfunktionen
- Utlöst motorskydd
- Övervakning av manöver och motorspänning
- Batteriövervakning (i de fall separat batterisystem finns)
- Laddningsfel (i de fall separat batterisystem finns)
- Felövervakning växelriktare (i de fall separat batterisystem finns för kraftförsörjning av asynkronmotor)
- Jordfel (i de fall separat batterisystem finns)
- Bränslenivå för motorgeneratoraggregat (i de fall motorgeneratoraggregat finns)
- Felövervakning stilleståndsvärmare (i de fall motorgeneratoraggregat finns)
- Felövervakning likriktare (i de fall motorgeneratoraggregat finns för kraftförsörjning av likströmsmotor)
- Fel i UPS
- Utlösta fundamentbrytare

Knytningen av signaler till driftcentralen, det vill säga vilka som ska överföras individuellt och vilka som ska buntas tillsammans, måste avgöras individuellt för varje dammanläggning.

5.4 Redundans

Konsekvensen av ett fel är direkt styrande för behovet av redundans. Om konsekvensen av ett inträffat fel är försumbar finns det ingen anledning att investera i redundanta system. Om det däremot finns risk för förlust av människoliv eller miljömässiga och ekonomiska värden måste redundans i manöverkedjan beaktas. I samband med detta bör man först värdera möjligheten att med manuella insatser på plats i vattenkraftstationen/dammanläggningen säkerställa avbördningen. Exempel på manuella insatser kan vara öppning av utskov med hjälp av kran, manöver med hjälp av haspel, jordfräs etc. (se vidare avsnitt 3.4 i RIDAS [1]).

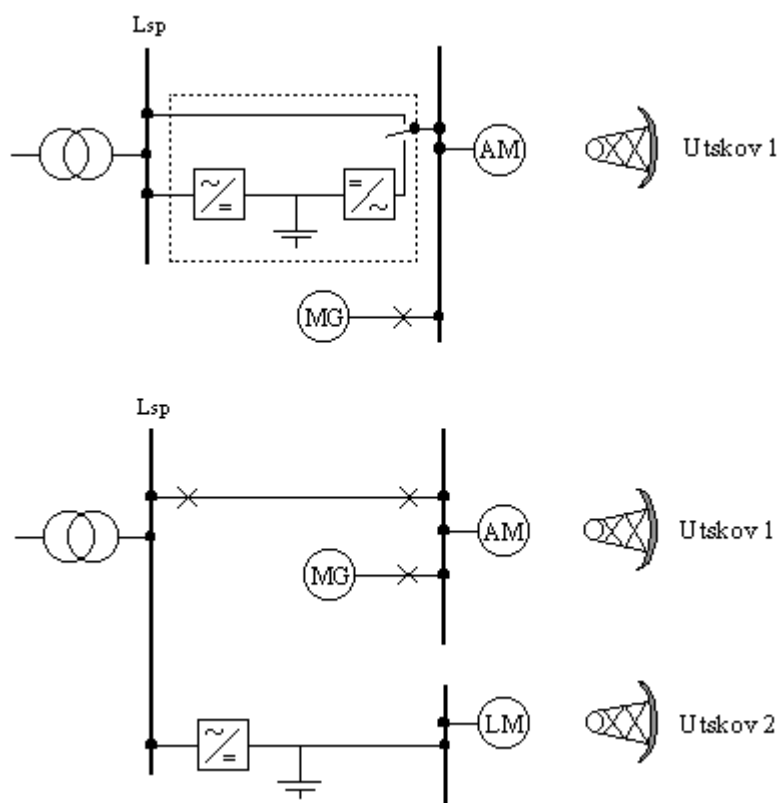
Om konsekvenserna av ett fel leder till att redundans måste införas så bör systemutformningen för detta baseras på ett riskanalysbaserat arbetssätt så att åtgärder

införs där de gör störst nytta. Vid denna analys måste alla delar som ingår i funktionskedjan beaktas. Om ett fel kan leda till mycket allvarliga konsekvenser kan det erfordras att även själva utskoven måste dubbleras. Normalt innebär detta ett behov av redundant avbördningskapacitet som motsvarar full drivvattenföring (d.v.s. det driftfall som motsvarar bortfall (utlösning) av samtliga aggregat i en vattenkraftstation).

Generellt skall systemuppbyggnaden av ett avbördningsystem, då en felfunktion kan leda till en mycket allvarlig konsekvens, utföras på ett sådant sätt att systemet kan fungera även om ett godtyckligt fel inträffar i systemet. Alla delar av manöversystemet måste beaktas ur ett redundansperspektiv vid utformning av systemet, exempelvis:

- Styr och skyddsutrustning
- Kablar, kabelvägar
- Kraftmatning
- Rumsplacering (bl.a. m a p brand)

Redundansbegreppet betraktas i denna utredning från två olika infallsvinklar dels med utgångspunkt från att dammanläggningen endast har en motormanövrerad utskovslucka och dels med förutsättningen att det finns två eller fler motormanövrerade utskovsluckor. Figur 5.2 illustrerar hur systemlösningen kan byggas upp dels för en anläggning med endast en motormanövrerad utskovslucka och dels för en anläggning med två motormanövrerade utskovsluckor.



Figur 5.2 Figuren beskriver hur redundans (begränsad redundans vid endast en lucka) kan åstadkommas för kraftmatningen till en dammanläggning med endast en utskovslucka (överst) och till en anläggning med två utskovsluckor (nedre bilden).

Förutom kraftmatningen som har behandlats ovan måste redundans finnas för skydd och funktioner som verkar på de olika luckorna. För alla redundanta system gäller principen att systemen ska vara separerade brandsäkerhetsmässigt.

Förutom de rent tekniska möjligheterna till att uppnå redundans i manöversystemet måste beredskaps- och inställetider beaktas vid utformningen av systemet. Begreppet tidsredundans, det vill säga vad som kan åstadkommas med manuella insatser på plats i kraftstationen inom en rimlig tid från feltillfället, bör vara den parameter som först undersöks innan komponenterna i systemet dubblas.

5.5 Kabelvägar

Kablage till utskovsluckorna finns i tre olika former: kraftmatning, manöver och indikering samt mätvärden. I den ideala lösningen bör samtliga tre typer förses med separata kabelvägar så att inte ett fel i kabelschakten slår ut alla funktionerna. För dammanläggningar med två eller fler motormanövrerade utskovsluckor är dock det viktigaste att kablage till de olika luckorna inte läggs tillsammans utan är separerade.

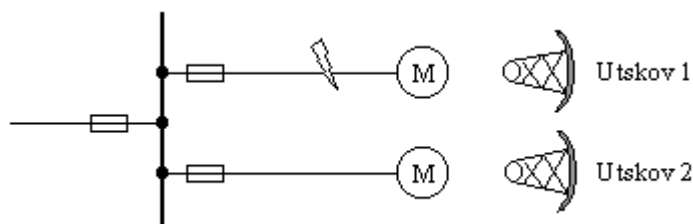
Att åstadkomma detta är inte möjligt i alla fall, vid upprustningar av systemen är den nya lösningen oftast till viss del låst av den tidigare konstruktionen i form av återanvändning av kabelschakt.

Att placera kraft och manöverkablage i samma kabelschakt medför vid en första anblick inte några större problem eftersom om kraftmatningen saknas går luckan ändå inte att manövrera och tvärt om, kraften är inte nödvändig om manöverbemöjligheten saknas. Men detta resonemang är endast giltigt ur ett fjärrperspektiv. Genom att ha separerade kabelvägar kan luckan manövreras via fjärrsystemet i de fall det finns ett reservkraftsystem med automatisk inkoppling placerat vid luckan och den ordinarie kraftmatningen till luckan är felaktig. På samma sätt kan utskovsluckan manövreras lokalt vid luckan via den ordinarie kraftmatningen i de fall endast manöverkablaget har skadats.

Att göra en översyn av kabelvägar är främst ett arbete i samband med nykonstruktion eller större renoveringar. Att göra ett ingrepp i anläggningen för att endast separera de olika kablage typerna måste beräknas noggrant så att det är ekonomiskt försvarbart innan en sådan renovering påbörjas. Om däremot kablage för samtliga motormanövrerade utskovsluckor i en anläggning är placerade i samma kabelschakt bör dessa separeras för att höja driftsäkerheten för avbördningsfunktionen. Som ett extra alternativ kan ett motorgeneratoraggregat anslutas i spelhuset.

5.6 Selektivitet

För att begränsa konsekvenserna av ett fel i elanläggningen måste fel kopplas bort selektivt. Det innebär att så liten del av anläggningen som är möjligt ska kopplas bort. Vid ett fel i en kabel till en motor ska endast kabeln och motorn kopplas bort, medan övriga system förblir intakta.



Figur 5.3 Vid fel ska säkringen närmast objektet lösa ut, det vill säga säkringen för utskov 1.

Vid normal matning från lokalkraftnätet är detta normalt inga problem. Kortslutningseffekten är då så pass hög att säkringar löser på de tider som förutsatts vid upprättandet av selektivplanen. Problem kan däremot uppstå vid reservmatning från antingen motorgenerator eller UPS-system. Kortslutningseffekten är i dessa fall ofta betydligt lägre och säkringarnas utlösningstider ökar väsentligt.

Vid motorgeneratoraggregat löser i dessa fall istället underspänningsskyddet (som föreskrivs av Starkströmsföreskrifterna [7]) ut anläggningen oselektivt. Motsvarande situation uppstår med UPS-system endast i de fall då flera objekt är anslutna till UPS:en. I dessa fall försöker UPS:en först att shunta förbi kortslutningseffekt från nätsidan för att säkringar ska kunna lösas ut. Om det är spänningsavbrott på nätsidan kopplar UPS:en istället oselektivt bort all utmatning för att skydda de interna kretsarna.

Problemet måste ägnas särskild uppmärksamhet för att dylika situationer ska kunna identifieras. När situationerna väl är identifierade och risk för problem konstaterats måste en värdering utföras av risken med att behålla den befintliga konstruktionen kontra kostnaden för att ta fram och implementera en ny lösning (som kan vara större motorgeneratoreffekt eller flera UPS:er).

5.7 Underhållsinsatser

För att det ska finnas en möjlighet att höja drifttillgänglighet på manöversystemet måste de ingående komponenterna underhållas enligt de föreskrifter som leverantörerna levererar med sina komponenter. Anläggningen måste sedan vara föremål för en regelbunden översyn som kontrollerar om det uppkommer någon form av förslitning eller annat fel i anläggningen.

Av de delsystem som finns inom manöversystemet finns främst möjlighet att påverka underhållet för drivsystemet och för reservkraftssystemet genom att välja olika typer av system. För övriga system, lokalkraftssystemet och styrsystemet, blir underhållsinsatserna i stort sett detsamma oavsett vilken systemlösning som implementeras.

Underhållet för drivsystemet blir högre för en likströmsmotor än för en kortsluten asynkronmotor på grund av att likströmsmotorn innehåller fler delar (kommutator) som slits vid normal drift.

Underhållsinsatserna för reservkraftssystemet är detsamma för ett batterisystem och för ett UPS-system. För ett motorgeneratoraggregat är underhålls och testinsatserna större. Motorgeneratoraggregat rekommenderas normalt att funktionstestas en gång per månad (med last). Översynen av vattennivå i batterier och bränslenivå för

motorgeneratoraggregatet sker vid normal rondning av anläggningen. Detta medför att insatsen för översyn blir ungefär densamma för batterisystem och för ett motorgeneratoraggregat. Insatsen med att fylla på bränsle till ett motorgeneratoraggregat är däremot mer omfattande och kräver annan hantering än att fylla på vatten till batterisystemet.

5.8 Alternativa systemlösningar

Som komplement till traditionella systemlösningar som bygger på ett elektriskt drivsystem kan i många fall enkla självreglerande lösningar användas. Valet av en sådan typ av kompletterande lösning syftar främst till att vinna tid vid högflödessituationer och vid andra tillfällen då onormala drifttillstånd föreligger.

Alternativa lösningar som kan vara värda att beakta vid val av en kompletterande utskovskonstruktion ges bland annat i [4]:

- Överfallsöverlöp
- Motviktsluckor med flytelement (finns i flera olika typer)

Båda typerna finns, om än i begränsad omfattning, i Sverige.

Även andra drivsystem, som inte bygger på vattnets lyftkraft tål att beaktas. Exempel finns på system som bygger på att energi finns upplagrad i ackumulatortankar. Denna typ av drivsystem används tillsammans med ett hydrauliskt system och dess främsta uppgift är att få upp luckan vid en högflödessituation. Systemet är alltså inte anpassat för att reglera luckan utan endast för att öppna den.

Ett antal olika metoder för att manövrera utskovsluckor vid spänningsbortfall i stationen finns utrett i Ronnie Lindbloms examensarbete [5].

6 Systemtillgänglighetsanalys för reservkraft

För att få en värdering av de lösningar som finns implementerade idag och av de som föreslås i denna rapport har en systemtillgänglighetsanalys utförts. Analysen har utförts på ett kvalitativt sätt och därför finns inte några direkta felsannolikhetstal redovisade för de olika lösningarna. Analysen ska därför ses som rådgivande vid val mellan någon av de systemlösningar som föreslagits och ger alltså inte ett absolut tal på hur stor risk som föreligger för att luckmanöver ska misslyckas då behov finns.

Syftet med analysen värdera olika systemlösningar avseende reservkraft och samtidigt ge en grund för val av reservkraftsystem. För andra delar av utskovssystemet hänvisas till rapporten ”Utskovsluckor – Felträdsanalys och driftsäkerhetsbedömning” [13].

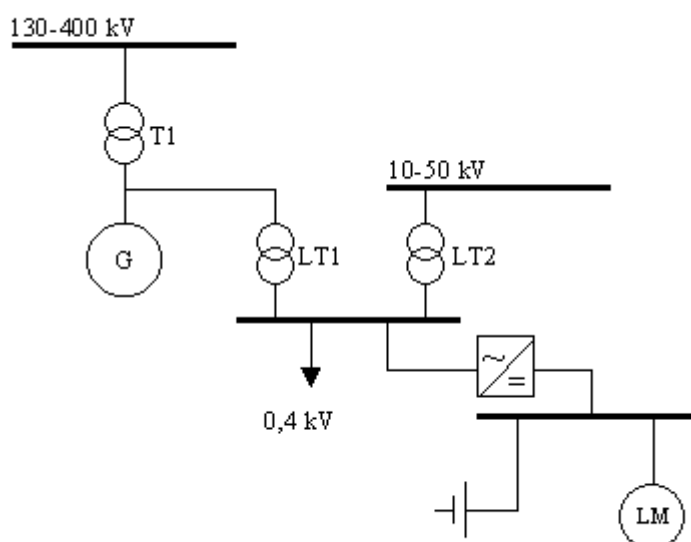
Övriga förutsättningar för systemtillgänglighetsanalysen redovisas i avsnitt 6.1 nedan.

6.1 Förutsättningar

Som grund till systemtillgänglighetsanalysen presenteras tre olika systemlösningar nedan.

De tre exemplen är valda med utgångspunkten att det är manövermöjligheten av utskovsluckan vid en kritisk situation som ska granskas. Detta medför att den största skillnaden mellan systemlösningarna är hur reservkraftsystemet för manöver av utskovsluckan då lokalkraften fallit från är utformat. Inverkan av startutrustning, styrutrustning, val av motortyp mm diskuteras i varje exempel där det finns en valmöjlighet.

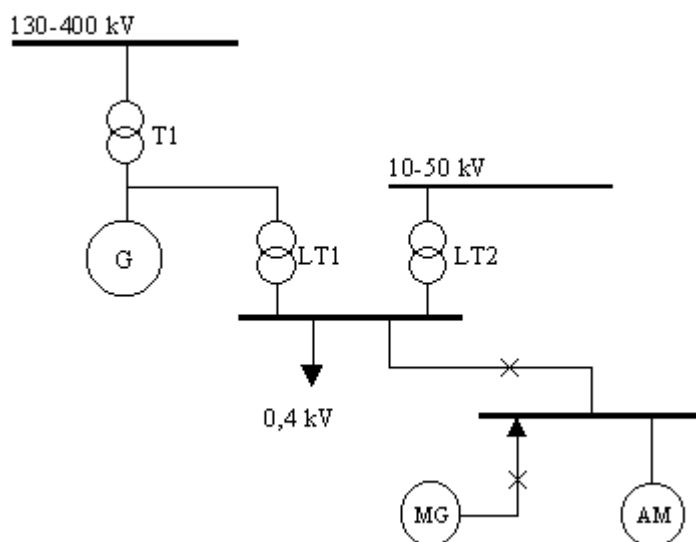
Enlinjeschema för exempel 1 redovisas i figur 6.1 nedan.



Figur 6.1 Enlinjeschema för exempel 1 - Likströmsmanövrerad utskovslucka

Det första exemplet bygger på att utskovsluckan manövreras med en likströmsmotor (LM i figuren). Likströmsmotorn kraftförsörjs i normalfallet från stationens lokalkraftsystem via en likriktare. I händelse av bortfall av lokalkraften är likströmsmotorn försedd med ett eget reservkraftsystem i form av ett batterisystem.

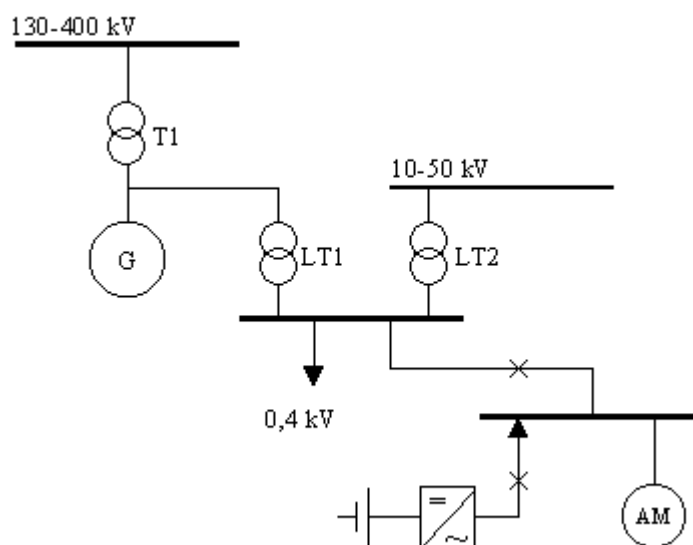
Enlinjeschema för exempel 2 redovisas i figur 6.2 nedan.



Figur 6.2 Enlinjeschema för exempel 2 - Asynkronmotormanövrerad utskovslucka med motorgeneratoraggregat för kraftförsörjning vid bortfall av lokalkraft.

I det andra exemplet manövreras utskovsluckan med en asynkronmotor (AM i figuren). Till drivsystemet för utskovsluckan kopplas ett reservkraftsystem i form av ett motorgeneratoraggregat. I figur 6.2 har ingen start eller styrutrustning för asynkronmotorn markerats. Detta är dock något som tas upp i tillgänglighetsanalysen.

Enlinjeschema för exempel 3 redovisas i figur 6.3 nedan.



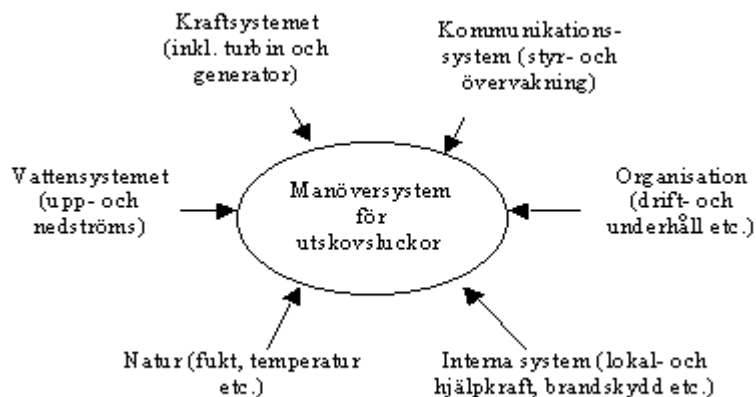
Figur 6.3 Enlinjeschema för exempel 3 - Asynkronmotormanövrerad utskovslucka med likströmsystem med växelriktare för kraftförsörjning vid bortfall av lokalkraft.

I det tredje exemplet manövreras utskovsluckan även där med en asynkronmotor (AM i figuren). Till drivsystemet för utskovsluckan kopplas ett reservkraftsystem i form av en UPS. UPS-systemet kombinerar likströmssystemets enkla lagringsmetod av energi och möjligheten att förse den uppbackade utrustningen med växelspanning. I figur 6.3 har ingen start eller styrutrustning för asynkronmotorn markerats. Detta är dock något som tas upp i tillgänglighetsanalysen.

6.2 Analys

Vid alla systemtillgänglighetsanalyser är det av stor vikt att inledningsvis fastställa under vilka förutsättningar som systemet ska verka. Därigenom går det att sluta sig till vilka faktorer som kan påverka systemfunktionen.

Manöversystemen för utskovsluckorna ska fungera vid alla driftsituationer, från vattenflödesreglering vid lugn drift till full avbördning vid kritiska situationer. Följaktligen ska dessa manöversystem fungera under inverkan av en rad faktorer. I figur 6.4 illustreras olika system som kan ha påverkan på manöversystemets tillgänglighet.



Figur 6.4 Gränssnitt mellan manöversystemet och andra system som kan påverka dess tillgänglighet.

I tabell 6.1 beskrivs närmare på vilka sätt som de angränsande systemen kan inverka på manöversystemet. Listan gör inga anspråk på att vara heltäckande utan ska ses som en rad exempel på hur utskovsluckornas funktion kan påverkas av sin omgivning.

Det som avgör hur kritiska de olika hoten är mot systemet är tidsfaktorn och dammanläggningens konsekvensklass. I dammar med långa stigtider och låg konsekvensklass (3) är hotbilden lägre än i anläggningar med korta stigtider och/eller hög konsekvensklass (1A eller 1B).

System	Hot	Verkan
Kraftsystemet	Bortfall av yttre nät.	Ordinarie kraftmatning till manöversystemet försvinner.
	Felströmmar, Åska	Hela eller delar av manöversystemet kan slås ut.
Organisation	Bristande förebyggande underhåll.	Systemfunktion kan utebli.
	Långa inställelsetider vid felavhjälpning.	Konstaterat fel kan eventuellt inte åtgärdas i tid.
	Underdimensionerat reservdelslager.	Konstaterat fel kan eventuellt inte åtgärdas i tid.
Kommunikationssystemet	Bortfall av kommunikationslänk.	Driftcentralens möjlighet att övervaka och styra anläggningen minskar eller försvinner.
Vattensystemet	Höga vattenflöden, kortvarigt (slagregn).	Höga flöden som byggs upp under kort tid ställer krav på snabb responstid.
	Höga vattenflöden, långvarigt (vårflod).	Höga flöden som förekommer under lång tid ställer krav på maximal avbördningskapacitet.
	Vågöverspolning.	En vågöverspolning riskerar att slå ut delar av manöversystemet.
	Risk för dammbrott.	Stora påfrestningar samtidigt som det finns behov av att sänka vattennivån snabbt.
Interna system	Fel i andra anläggnings-interna system.	Risk finns att fel fortplantar sig in i manöversystemet.
Natur och miljö	Klimat.	Fukt kan genom korrosion medföra att delar av manöversystemet inte fungerar.

Tabell 6.1 Möjliga hotbilder mot manöversystemet.

Om hoten i tabell 6.1 kombineras innebär det ofta att konsekvenserna blir värre. I tabell 6.2 ges ett antal exempel på hur verkan kan bli för några inte alltför osannolika kombinationer av hot.

Kombinationer av hot	Verkan
Transienter från elnätet. + Höga vattenflöden.	Manöversystemet riskerar att slås ut samtidigt som det ställs stora krav på systemets responstid.
Bortfall av yttre nät. + Bristande förebyggande underhåll.	Otillräckligt underhåll av reservkraftsystemen kan tillsammans med bortfall av yttre nät innebära att manöversystemet inte fungerar.

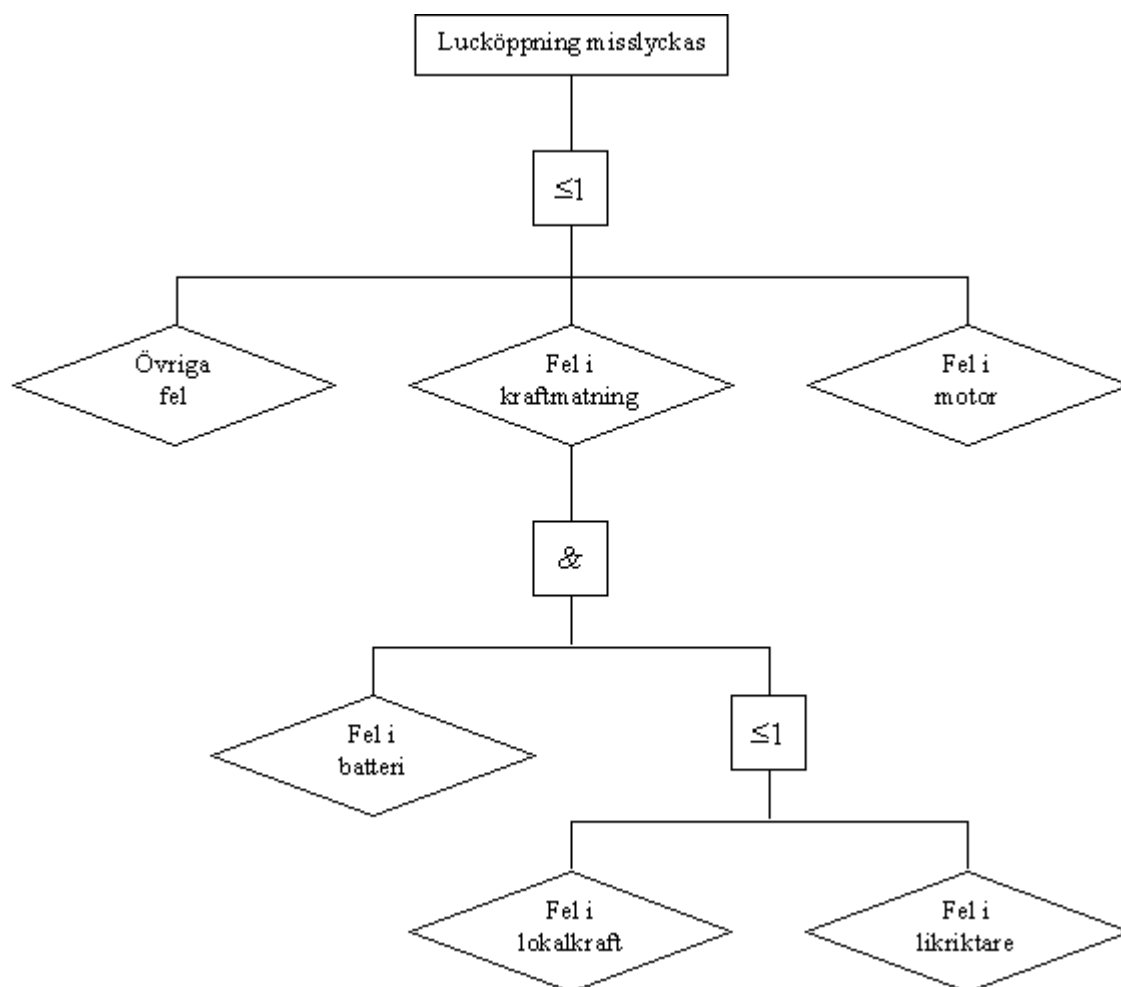
Kombinationer av hot	Verkan
Långa inställetider vid felavhjälpning. + Bortfall av kommunikationslänk.	Driftcentralens möjlighet att övervaka och styra anläggningen minskar eller försvinner under lång tid.
Klimat. + Bristande förebyggande underhåll.	Om klimatet sliter på anläggningen samtidigt som det förebyggande underhållet är bristfälligt leder det på sikt till att systemet inte fungerar.

Tabell 6.2 Kombinationer av olika hot mot manöversystemet kan resultera i svårbemästrade situationer.

I efterföljande avsnitt kommer systemtillgänglighetsanalyser att utföras kvalitativt med utgångspunkt från tidigare redovisade exempel.

6.2.1 Likströmsmanövrerad utskovslucka med batterireserv

I figur 6.5 visas ett förenklat felträd för en likströmsmanövrerad utskovslucka med batterireserv. Med *övriga fel* avses fel som inte är unika för just likströmsmanövrerade system. Hit räknas tex. fel i kabelförband och andra komponenter som ingår i samtliga system som analyseras. Avgränsningen är gjord för att förenkla jämförelsen mellan de olika systemen.



Figur 6.5 Förenklat felträd för likströmsmotormanövrerad utskovslucka.

För att en lucköppning ska misslyckas krävs att minst ett av nedanstående fel föreligger:

1. Fel i likströmsmotorn.
2. Fel i batteriet samtidigt med fel i lokalkraften eller likriktaren.
3. Fel i samlingsskena, kabelförband eller motsvarande.

Likströmsmotorer har visat sig ha bra tekniska egenskaper som lämpar sig väl för utskovsluckor. Den stora tekniska nackdelen med likströmsmotorer är att kommuteringsborstarna slits och måste bytas. Eftersom den årliga drifttiden för motorer för utskovsluckor håller sig på en låg nivå är detta inte ett problem, men kan ändå ses som en nackdel emot likströmsmotorn.

Problemet med likströmsdrift är i stället att motorerna inte är lagervaror vilket medför relativt höga inköpspriser och problem med reservdelslagerhållning. Detta ställer i sin tur en del krav på organisationen som sköter underhållet av anläggningen.

Batteriet utgör en vital del i ett likströmsdrivet manöversystem. Batteriet ska vid nätbortfall fungera som redundant energiförsörjning. Konventionella öppet ventilerade blybatterier har visat sig ha goda driftegenskaper med relativt lång livslängd. Däremot har nyare typer av ventilreglerade batterier visat sig ha kort livslängd och ställa högre krav på underhåll. Hur batteriet påverkar manöversystemets tillgänglighet beror därför mycket på vilken typ av batteri som används och på hur detta underhålls. Batteriet måste dimensioneras för att kunna mata manöversystemet under den tid det tar för drift- och underhållsorganisationerna att återställa ordinarie kraftmatning.

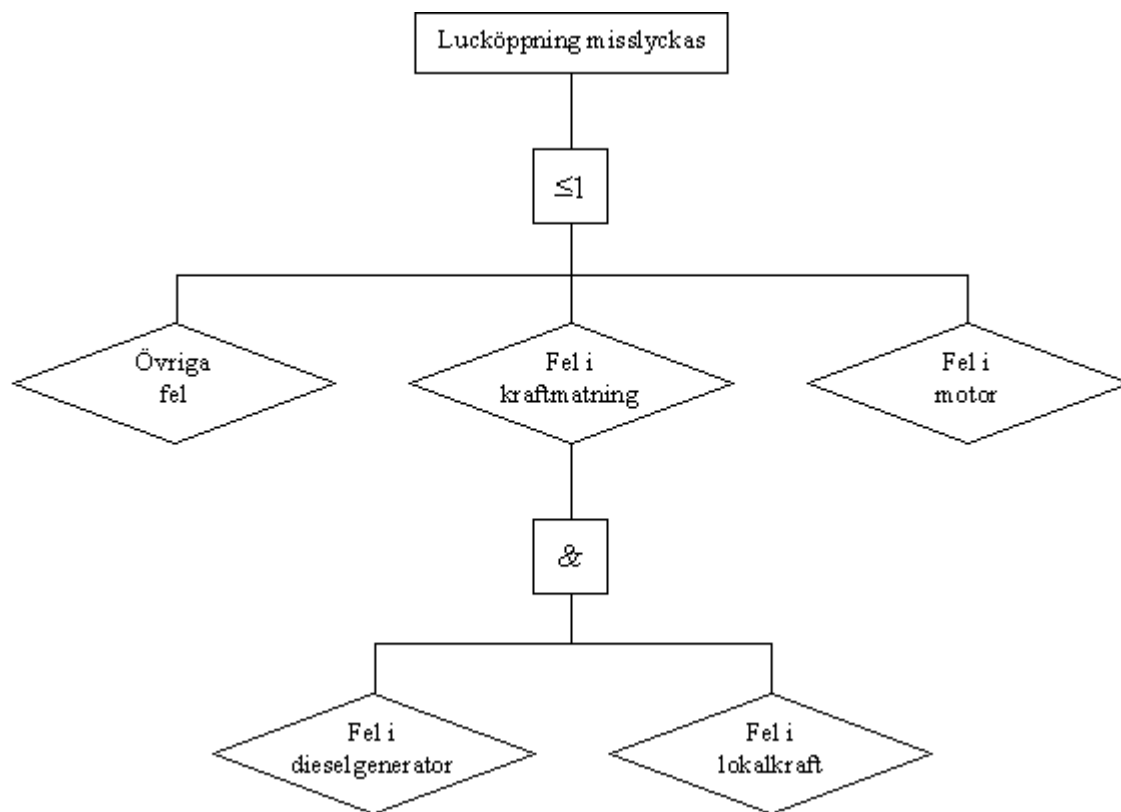
Likriktaren förser batteriet med laddström och motorn med likström vid normal drift. En likriktare som är rätt monterad (med tillräcklig ventilation etc.) och som underhålls enligt tillverkarens rekommendationer får anses ha en god tillgänglighet.

För att tidigt upptäcka problem med likströmsutrustningen ska vissa parametrar övervakas. Batteriets spänning ska övervakas så att under- överspänningssituationer kan hanteras korrekt. Vidare ska batteriet ha avbrottsövervakning. Likströmssystemet ska vara utrustat med jordfelsövervakning genom vilket isolationsfel i anläggningen tidigt kan upptäckas. Miljön i vilken batterisystemet placeras är viktig både ur driftsäkerhetssynpunkt och ur underhållssynpunkt och därför bör även omgivningstemperaturen övervakas.

Säkringar för funktioner som är säkerhetsmässigt viktiga ska också vara försedda med övervakning.

Sammanfattningsvis går det att säga att likströmsmanövrerade utskovsluckor med batteriereserv har bra tekniska förutsättningar för en god tillgänglighet om batteriet är dimensionerat för rätt drifttid. Genom övervakning ges goda möjligheter att hålla koll på manöversystemets status. Emellertid är de ekonomiska/logistiska förutsättningarna något sämre beroende på att likströmsmotorer inte tillhör leverantörernas standardsortiment.

6.2.2 Asynkronmotorstyrd utskovslucka med dieselreserv



Figur 6.6 Förenklat felträd för asynkronmotorstyrd utskovslucka med dieselkraftreserv.

I figur 6.6 återfinns ett förenklat felträd för en asynkronmotorstyrd utskovslucka med reservkraft i form av dieselgenerator. Precis som med den likströmsmotormanövrerade luckan krävs att minst en av följande omständigheter föreligger för att en lucköppning ska misslyckas:

1. Fel i asynkronmotorn.
2. Fel i dieselgeneratoren samtidigt med fel i lokalkraften.
3. Fel i samlingsskena, kabelförband eller motsvarande.

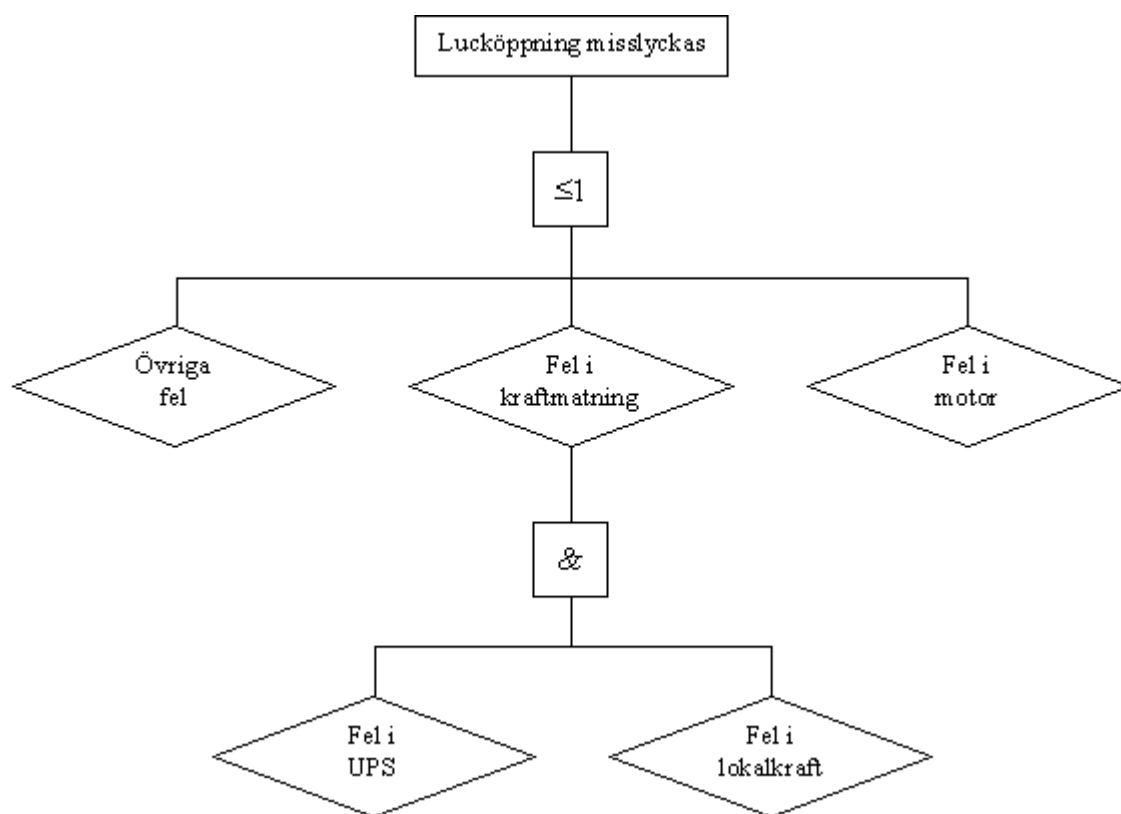
Den kortslutna asynkronmotorn är en driftsäker konstruktion som i stort sett saknar slitagedelar. Om motorn är uppställd i rätt miljö (inte alltför fuktigt eller varmt) klarar den sig med ett minimum av underhåll. Asynkronmotorn är en standardprodukt som lagerhålls av flertalet leverantörer i de storlekar som är aktuella för utskovsluckor (< 30 kW).

Dieselgeneratorer är en komponent som kan medföra problem. Det är förekommer att dieselgeneratoren inte startar vid bortfall av den ordinarie matningen. Då dieselgeneratoren startar har den fördelen av att generatoraggregat kan medge en längre kontinuerlig drifttid än ett batterisystem. Men det måste ses som allvarligt om reservkraftssystemet inte fungerar vid en kritisk situation. Det stora problemet är att

övervakningsutrustning inte alltid ger någon förvarning om att dieselgeneratoren inte kommer att starta, utan det är först vid behov av reservkraft som felet uppenbarar sig.

Sammanfattningsvis är inte asynkronmotor drift med endast en enstaka dieselreserv (d v s ett motorgeneratoraggregat) ett lämpligt val för anläggningar där konsekvensen vid misslyckad lucköppning är stor. Erfarenheten som många anläggningsägare har från dieselgeneratorer som inte startar talar för att andra alternativ bör föredras alternativt att två dieselgeneratorer byggs som redundanta system.

6.2.3 Asynkronmotorstyrd utskovslucka med batterireserv



Figur 6.7 Förenklat felträd för asynkronmotorstyrd utskovslucka med UPS-reserv.

I figur 6.7 återfinns det förenklade felträdet för ett manöversystem med asynkronmotor och batterireserv med växelriktare (UPS).

UPS:ens uppgift är att ladda batteriet och förse manöversystemet med växelström. Vid normal drift tas effekten från lokalkraftsnätet medan den hämtas från batteriet vid avbrott på lokalkraften. Övergången är helt automatisk och UPS-funktionen övervakas kontinuerligt. Vid fel i UPS-enheten kopplas lokalkraften förbi och motorn kan drivas vidare. UPS-enheten övervakar batteriets status och larmar vid feltillstånd.

En nackdel som UPS-system har jämfört med motorgeneratorer är att tiden som systemet kan leverera effekt är direkt beroende av batteridimensioneringen (samma problem finns egentligen för motorgeneratorer som är beroende av bränsle, men bränsle

går att fylla under tiden det råder avbrott på lokalkraften). Detta måste beaktas redan vid inköp av utrustningen så att batteriet kan dimensioneras rätt.

Asynkronmotorns egenskaper har beskrivits i avsnitt 6.2.3 ovan. En parameter som tillkommer är asynkronmotorns startström som kan uppgå till tio gånger motorns märkström. För att inte tvingas överdimensionera UPS:en kraftigt måste motorn förses med en elektronisk mjukstartutrustning. Med rätt underhåll och installerad i rätt miljö bedöms mjukstartutrustningen ha samma tillgänglighet som UPS-utrustningen.

7 Rekommendation

En generell rekommendation på hur systemlösningen bör utformas är svår att ge eftersom det är viktigt att den lösning som implementeras är anpassad för den driftsituation och de anläggningsförutsättningar som råder i den aktuella dammen. Med tanke på ovanstående lämnas därför två exempel på hur systemen kan utformas där valet av vilket som implementeras måste göras med hänsyn till den dammanläggning som är aktuell i det specifika fallet. Rekommendationerna bygger på att det är en nybyggnation eller en större renovering som ska utföras på systemet. Checklistan i avsnitt 7.3 kan användas för både större och mindre justeringar i det befintliga systemet.

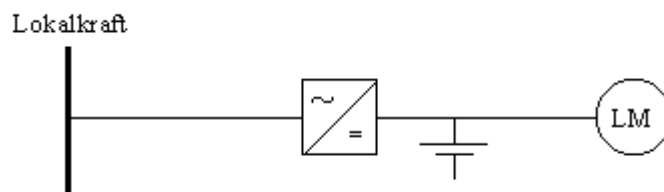
De två system som beskrivs i följande avsnitt är komponerade med utgångspunkt från drivsystemet och dess kraftförsörjning: likströms- kontra växelströmssystem. Anledningen till varför en systemlösning av varje typ presenteras är för att ge en möjlighet att komplettera befintliga system med de delar som visat sig kunna höja systemtillgängligheten. Om anläggningen idag är utrustad med en likströmsmotor som har ett antal år kvar på sin livslängd kan denna behållas och övriga komponenter kompletteras.

7.1 Alternativ 1 – Likströmssystem

I de fall valet av system faller på ett likströmssystem bör reservdelslagerhållningen ses över. En förutsättning för att kunna undvika perioder utan fungerande drivsystem är att reservdelar finns lätt tillgängliga alternativt genom tecknande av serviceavtal med motorleverantören så att en ny motor kan erhållas inom rimlig tid. Inte med detta menat att likströmsmotorn förväntas gå sönder men det gäller att se över rutinerna så att reservdelar finns tillgängliga om fel skulle inträffa. Utskovsluckan bör även vara försedd med någon typ av handmanövermöjlighet exempelvis haspel eller handvev för att säkerhetsställa det akuta driftbehov som kan uppstå.

För utformning av likströmssystemet finns sedan tidigare utredningar utförda inom detta område. Ett exempel på en sådan utredning är [6]. Enligt information från Elforsk pågår ett arbete med att ta fram en utredning som ska ersätta tidigare riktlinjer. När denna utredning är klar ska referens [6] ersättas med den nya utredningen.

Val av batterisystem ska utföras med avsikt att nå en hög tillgänglighet och en lång livslängd. Med utgångspunkt från detta rekommenderas fritt ventilerade batterier av bly/syra-typ. Batterisystemet placeras i snar anslutning till utskovsluckans drivsystem, exempelvis i tempererat spelhus, med denna placering erhålls en bra miljö för batterisystemet samtidigt som kabeldragningar minimeras.



Figur 7.1 Överskådlig systemlayout av manöversystem med likströmsmotor och batterisystem för reservkraftsmatning.

7.2 Alternativ 2 – Växelströmssystem

Vid växelströmssystem med asynkronmotor som drivkälla bör redundansen till lokalkraften utgöras av ett UPS-system. Detta eftersom tillgängligheten för sådana system bedömts vara högre än för motorgeneratoraggregat. Se jämförelse i avsnitt 5.2.

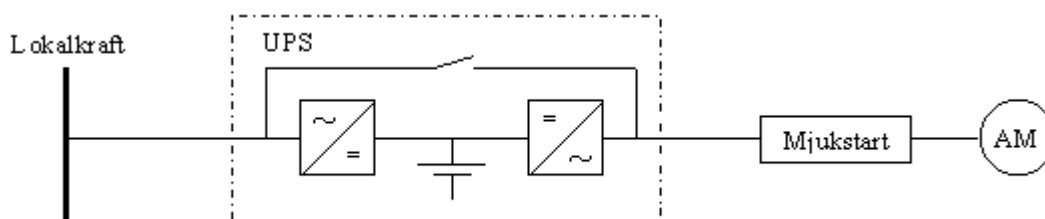
Batterierna i UPS-systemet bör vara av fritt ventilerad bly/syra-typ för så lång livslängd som möjligt. Kapaciteten ska dimensioneras efter hur många öppningar och stängningar av utskovsluckan som bedöms vara nödvändigt. UPS-systemet och tillhörande batterier placeras i snar anslutning till utskovsluckans drivsystem, exempelvis i tempererat spelhus, med denna placering erhålls en bra miljö för systemet samtidigt som kabeldragningar minimeras.

För att inte asynkronmotorns startströmmar ska leda till problem med UPS:en måste motorn förses med en mjukstartsutrustning. Mjukstarten ska vara försedd med övertonsfilter för att inte störa annan utrustning.

Asynkronmotorn väljs ur industristandardsortimentet för att underlätta framtida underhållsinsatser. Motorstorleken väljs med hänsyn till den mekaniska dimensionering som utförs för utskovsluckan.

UPS:ens funktioner skall övervakas.

Utskovsluckan bör även vara försedd med någon typ av handmanövernöjlighet exempelvis haspel eller handvev för att säkerhetsställa det akuta driftbehov som kan uppstå.



Figur 7.2 Överskådlig systemlayout av manöversystem med asynkronmotor och ett UPS-system för kraftmatning.

7.3 Checklista vid upprustning och nybyggnation

Den checklista som finns i detta avsnitt är tänkt som ett stöd vid upprustning eller nykonstruktion av manöversystem till utskovsluckor. Checklistan består av ett antal kontrollfrågor inom varje område som har diskuterats i rapporten.

Checklistan har inte för avsikt att leda till en färdig konstruktion utan att visa på vilka områden konstruktören bör ägna speciell omsorg:

7.3.1 Befintligt system

Hur är konditionen på befintliga komponenter?

- ♦ Kan någon del av den befintliga utrustningen återanvändas i den nya konstruktionen?
 - Motor
 - Startutrustning
 - Skyddsutrustning
 - Kablage
 - Reservdrift eller reservkraftsystem
- ♦ Hur kommer återanvändningen att påverka tänkt livslängd?
- ♦ Kommer återanvändningen att medföra att någon del av systemet blir underdimensionerat?
 - Reservdrift eller reservkraftsystem
 - Selektivitet
 - Skyddsutrustning

7.3.2 Drivsystem

- ♦ Val av motortyp? (likströmsmotor kontra asynkronmotor)
- ♦ Startutrustning
- ♦ Motorskydd
- ♦ Kablage
- ♦ Vilka krav på manövertider föreligger?

7.3.3 Reservkraftsystem

- ♦ Behöver utskovsluckan förses med reservkraft?
- ♦ Är det tillräckligt att utskovsluckan förses med ett reservdriftsystem, ex haspel?
- ♦ Vilken typ av reservkraftsystem ska väljas?
 - Batteri
 - Motorgeneratoraggregat
 - UPS system
- ♦ Tänk på att marginal för motorstarter ska finnas.
- ♦ Tänk på att reservkraftaggregatet ska kunna tillhandahålla tillräcklig kortslutningsström.
- ♦ För hur lång drifttid ska reservkraftsystemet dimensioneras?
- ♦ Vilka funktioner (VNR, fjärrmanöver, mm) ska vara möjliga under tiden systemet matas från reservkraftsystemet?

7.3.4 Styrssystem

Tänk igenom hur avancerat styrssystem som krävs för styrning och övervakning av utskovsluckornas manöversystem.

- ♦ Ska utskovsluckan kunna fjärrstyras?
- ♦ Ska det till styrsystemet knytas en operatörspanel eller annat system vilket kan redovisa grafer och trendkurvor?
- ♦ Vilka signaler ska övervakas och redovisas lokalt vid dammanläggningen?
- ♦ Vilka av signalerna är av intresse för driftcentralen, det vill säga hur ska signalbilden buntas?
- ♦ Vilka möjligheter ska finnas att på distans kunna komma åt och felsöka manöversystemet?

7.3.5 Redundans

I anläggningar där ett fel i avbördningssystemet kan medföra allvarliga konsekvenser måste systemuppbyggnad ske med någon form av redundans (se vidare riktlinjer i RIDAS [1]). Beroende på konsekvensen av ett fel kan detta medföra att två helt separerade manöversystem och utskov behövs. I dessa fall rekommenderas att en av luckorna förses med likströmssystem och den andra med växelströmssystem med back-up från ett UPS-system. Det är givetvis också viktigt att de båda systemen är helt separerade från varandra med skilda kabelvägar etc.

Då det endast finns en lucka måste redundans i manöversystemet ses över ur ett helhetsperspektiv. Det är de delar av systemet som sannolikast felfungerar som ska dubbleras eller på annat sätt få en bättre driftsäkerhet.

7.3.6 Selektivitet

Det finns ibland problem med selektiviteten i anläggningarna redan innan någon förändring är utförd och därför ska selektiviteten alltid utredas om matningen till drivsystemet förändras eller om ett nytt reservkraftsystem förs in i manöversystemet. Det kan vara så att kortslutningseffekten i reservkraftaggregatet inte räcker till för att lösa ut de säkringar som ska skydda i händelse av fel. Kontrollera därför att systemet är korrekt dimensionerat.

7.3.7 Alternativa lösningar

Vilka möjligheter finns att införa enkla lösningar typ överfallsöverlöp på dammanläggningen?

8 Slutsatser

- Få allvarliga problem med utskovsluckors manöversystem som medfört konsekvenser för dammens säkerhet har rapporterats.
- Valet av systemlösning måste ske med hänsyn till de förutsättningar som gäller för aktuell dammanläggning.
- Rätt utformat finns möjligheten att höja driftsäkerheten för manöversystemet genom UPS-matade asynkronmotorer.
- I första hand rekommenderas ett växelströmssystem där reservkraftsystemet löses med ett UPS-system.
- Styrsystemet ska vara felutpekande och underlätta för snabb felsökning och åtgärdande av fel i dammanläggningen. Informationen till driftcentralen bör kritiskt ses över så att en användbar signalbild erhålls från anläggningen då fel inträffar. Vid inträffat fel bör driftcentralen kunna ta del av den lokala felsignalbilden.
- Alternativa avbördningsfunktioner, exempelvis överfallsöverlöp, kan i vissa anläggningar vara en effektiv åtgärd för att vinna tid vid oförutsedda händelser.
- Redundansproblematiken måste studeras i ett helhetsperspektiv så att åtgärder sätts in på de platser där de gör störst nytta.
- Allmänt rekommenderas att reservkraftsystemen löses med batterisystem framför motorgeneratoraggregat.
- För batterier rekommenderas att öppet ventilerade batterier av bly/syra-typ används före ventilreglerade batterier.

8.1 Fortsatt arbete

En viktig del i det fortsatta arbetet med att förbättra säkerheten för utskovsluckor är att utföra en riskanalys som behandlar kopplingen mellan det elektriska och mekaniska systemet. Kopplingen mellan det elektriska och mekaniska systemet är en del som inte har behandlats i denna utredning men som är viktig för att avbördningsfunktionen ska fungera. Systemen kan vara optimerade var för sig men ha en dålig total tillgänglighet om de inte är anpassade mot varandra.

Vidare finns idag i princip ingen dokumentation som beskriver samspelet mellan de elektriska och mekaniska delarna. En utredning om vilka faktorer som ska verka dimensionerande både på utskovsluckans mekaniska utformning och på det elektriska manöversystemet bör utföras.

9 Bibliografi

- [1] RIDAS Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet, Svenska Kraftverksföreningen, 2002.
- [2] RIDAS Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet - Tillämpningsanvisningar, Svenska Kraftverksföreningen, april 2000.
- [3] Lagerholm S och Sjödahl P, "Avbördningssäkerhet - Metoder och utrustning för vattennivåmätning", Elforsk rapport 01:20, 2001.
- [4] Lewin J, "Hydraulic gates and valves in free surface flow and submerged outlets", Second Edition, Thomas Telford, Great Britain, 2001.
- [5] Lindblom R, "Vattenavbördning vid spänningsbortfall", LUTH, Luleå, 2000.
- [6] VAST, "Likströmsförsörjning i vattenkraftstationer", Stockholm, oktober 1991.
- [7] Elsäkerhetsverket, "Starkströmsföreskrifterna", ELSÄK-FS 1999:5.
- [8] VASO, "Utskovsluckors funktionssäkerhet", VASO dammkommittés rapport nr 7, 1995.
- [9] Svenska Elverksföreningen, "Likströmsförsörjning av skyddssystem inom eldistribution", Stockholm, 1993.
- [10] Olsson G och Alaküla M, "Elmaskinsystem", IEA/LTH, Lund, 1997.
- [11] ABB Handbok Industri, ABB, Västerås, 1993.
- [12] ABB Handbok Elkraft, ABB, Västerås, 1993.
- [13] Lagerholm S, "Utskovsluckor – Felträdsanalys och driftsäkerhetsbedömning", Sydkraft Konsult AB, Malmö, juni 1995.



ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 2530. Telefax 08-677 2535
www.elforsk.se