2018-06-17

HÖGSKOLAN VÄST

Larmanalys för Vattenfall Vattenkrafts produktionsanläggningar längs Göta Älv

Jimmy Augustsson, Kristoffer Printz, Erik Svensson

EXAMENSARBETE
Högskoletekniker elkraft
Institutionen för ingenjörsvetenskap

Förord

Detta examensarbete har utförts på Vattenfall Vattenkrafts kontor vid Olidans kraftstation i Trollhättan. Arbetet, på 15 högskolepoäng, är den examinerande delen av Högskoletekniker Elkraft på Högskolan Väst.

De bilder och diagram som finns i denna rapport är gjorda av författarna om inget annat framgår. Fakta- och datainsamling har skett gemensamt medan skrivandet av rapporten har fördelats jämt. Slutförandet har även det skett gemensamt så att samtliga författare har fått godkänna samtliga delar.

Författarna vill tacka samtlig personal på Vattenfall Vattenkrafts avdelning i Trollhättan. Ett extra stort tack till drifttekniker Daniel Rasmusson för all rundvandring i anläggningarna samt all information som möjliggjort framställningen av denna rapport.

Jimmy Augustsson, Kristoffer Printz, Erik Svensson

Trollhättan 2018

EXAMENSARBETE

Larmanalys för Vattenfall Vattenkrafts produktionsanläggningar längs Göta Älv

Sammanfattning

Vattenfall Vattenkraft AB äger 57 storskaliga vattenkraftanläggningar där den installerade effekten överstiger 10 MW. Detta arbete berör larm och dess hantering i de fyra anläggningarna längs Göta älv. Rapporten analyserar larm och utryckningar från åren 2014–2017 samt även själva larm- och kontrollsystemen, i syfte att identifiera möjliga förbättringsområden. Larmen sorteras efter feltyp, åtgärd, anläggning och säsong.

De flesta larmen utgår från turbin och generatoranläggningar och handlar om onormala nivåer eller temperaturer. Sommar- och vintertid orsakar flest larm beroende på älvens varierande vattentemperatur och flöde. De fyra anläggningarna har ungefär samma antal utryckningar vilket är intressant då de varierar stort i ålder. Analysen identifierar inga återkommande fel som inte redan är kända av företaget men författarna rekommenderar att en utredning görs om installation av ålfilter till Lilla Edets kylvattenpumpar.

Larmen genereras i anläggningarna och skickas till driftcentralen i Bispgården utanför Sundsvall där operatören ringer upp vakthavande maskinist. Denne måste sedan åka till anläggningen för att på stationsdatorn få detaljerad information om larmets orsak. Rapporten undersöker möjligheten att ge vakthavande tillgång till information från stationsdatorn via VPN, vilket är möjligt att implementera men skulle kräva en noggrann genomgång av vad en sådan funktionalitet skulle innebära för säkerheten.

Vidare har larmens beskaffenhet undersökts, dessa är om- och utbyggda efter hand och det saknas en bra överblick. Författarna rekommenderar här en genomgång av larmlistorna och larmens prioritet. Slutligen föreslås en mer kvalitativ inriktning på framtida studier av larmhanteringen.

Datum:	2018-06-17
Författare:	Jimmy Augustsson, Kristoffer Printz, Erik Svensson
Examinator:	Lars Holmblad
Handledare:	Torbjörn Hernvall (University West), Daniel Rasmusson (Vattenfall Vattenkraft AB)
Program:	Högskoletekniker, elkraft, 120 hp
Huvudområde:	Elektroteknik
Kurspoäng:	15 högskolepoäng
Utgivare:	Högskolan Väst, Institutionen för ingenjörsvetenskap, 461 86 Trollhättan Tel: 0520-22 30 00, E-post: registrator@hv.se, Web: www.hv.se

HIGHER EDUCATION DIPLOMA THESIS

Incident analysis of Vattenfall Vattenkraft hydro power facilities in the Göta river

Summary

Vattenfall Vattenkraft AB owns 57 large scale hydro power plants in Sweden with installed power exceeding 10 MW. The study relates to four of the plants located along Göta river. This report analyzes incidents and the related remedial actions that have occurred during the period 2014 – 2017 as well as the alarm and control systems with the aim to identify potential improvements. The incidents are categorized by error, what actions have been undertaken to correct the issue, plant and season.

The incidents have predominately originated in the turbine and generator facilities and have been caused by abnormal levels or temperatures. During summer and winter time, this is mainly due to variation in temperature and flow in the river. The four plants have caused a similar amount of alarms, which is interesting as there is a large variation in age. The analysis does not identify any reoccurring issues which were previously unknown to the company, but the authors recommends that an investigation is conducted to assess if eel screens should be installed for the cooling pumps of Lilla Edet.

The alarms are generated in the plants and are sent to the control facility in Bispgården near Sundsvall, where the operator calls the local engineer on duty in Trollhättan. The engineer subsequently goes to the plant to access detailed information on the incidents from the local computers. This report examines the possibility to provide the engineer on duty with detailed information from the plant computer via VPN. This would be possible to implement but would require a detailed assessment of the security implications.

The status of the alarm system have also been assessed as it have been modified and extended retroactively, and there is currently no comprehensive overview. The conclusion is that a review of the list of incident codes and their priority is recommended.

Date:	June 17, 2018
Author(s):	Jimmy Augustsson, Kristoffer Printz, Erik Svensson
Examiner:	Lars Holmblad
Advisor(s):	Torbjörn Hernvall (University West), Daniel Rasmusson (Vattenfall Vattenkraft AB)
Programme name:	Higher Education Technician, Electric Power Technology, 120 HE credits
Main field of study:	Electrical engineering
Course credits:	15 HE credits
Publisher:	University West, Department of Engineering Science, S-461 86 Trollhättan, SWEDEN Phone: +46 520 22 30 00, E-mail: registrator@hv.se, Web: www.hv.se

Innehåll

Förord i

Sammanfattning ii

Summary iii

Nomenklatur vi

1 Inledning 1
1.1 Bakgrund ... 1
1.2 Mål och Syfte ... 2
1.3 Problembeskrivning ... 2
1.4 Avgränsningar ... 2

2 Metod och tillvägagångssätt 3
2.1 Inledande studier ... 3
2.2 Strukturering och analys av larmrapporter ... 3
2.3 Intervjuer ... 3
2.4 Analys och validering ... 3

3 Vattenkraft teori 4
3.1 Anläggningar och system för vattenflöde ... 4
3.1.1 Dammar ... 4
3.1.2 Utskov ... 4
3.1.3 Tillopp/Intag ... 4
3.1.4 Sugrör ... 4
3.2 Byggnader ... 5
3.3 Turbintyper ... 5
3.3.1 Kaplanturbinen ... 6
3.3.2 Francisturbinen ... 6
3.4 Generator ... 7
3.5 Högspänningsställverk ... 8
3.6 Hjälpsystem ... 9
3.6.1 Kyl - och smörjsystem ... 9
3.6.2 Hydraulsystem och pneumatik ... 9
3.6.3 Larmsystem ... 9
3.6.4 Övriga system ... 9
3.7 Översyn och reinvestering ... 10
3.8 Anläggningshistorik för Göta älv ... 10

4 Kontrollsystem teori 11
4.1 System för indikering och manöver ... 11
4.2 Datoriserad kontrollanläggning ... 11
4.3 Integrerade funktioner ... 11
4.4 Systemuppbyggnad ... 12
4.4.1 Datoriserade Kontrollstationer ... 12
4.4.2 Driftsäkerhetskrav ... 13
4.4.3 Fjärrstyrning och automation ... 13
4.4.4 IT-säkerhet ... 14

5 Analys av larmhantering i stationerna längs Göta älv 15
5.1 Larmhanteringen ... 15
5.2 Larmkedjan ... 15
5.3 Larmlistor ... 16
5.4 Larmanalys ... 17
5.4.1 Fördelning mellan stationerna ... 18
5.4.2 Anläggningsdelar ... 19
5.4.3 Feltyper och åtgärder ... 19
5.4.4 Larmfördelning över säsong ... 22
5.4.5 Återkommande fel ... 23

6 Diskussion 24
6.1 Metodvalet ... 24
6.2 Larmhanteringen ... 24
6.3 Larmanalysen ... 24
6.4 Bärbar stationsdator ... 25

7 Slutsatser 27

Referenser 28

Bilaga A: Feltyper per månad 2014-2017 29

Bilaga B: Utdrag ur larmlistor för Hojumstationen 30

Bilaga C: Intervjuguide 32

Nomenklatur

AFK	Förbrukarfrånkoppling
A-Larm	Stort Larm, kräver omedelbar åtgärd
B-Larm	Litet larm, kräver ingen omedelbar respons
Conwide	Äldre ärendehanteringssystem
DC	Driftcentral
DFO	Driftformsomkopplare
FPS	Fasningsval (Fasning, Parallellning, Spänning)
FS	Felsignaler
Fjärrkontroll	Samlingsnamn för fjärrstyrning, mätvärdeinsamling och fjärrövervakning
HMI	Human-Machine-Interface
HS	Händelseregister
IED	Intelligent Electronic Devise
Larm	Signal för avvikande värde
MMK	Människa-Maskin-Kommunikation
MSB	Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap
PFK	Produktionsfrånkoppling
PLC	Programmable Logic Controller eller programmerbart styrsystem
Profibus	Kommunikationsenhet
RTU	Remote Terminal Unit
Samlingslarm	Flertal larm sammankopplat till en signal
SAP	Nuvarande ärendehanteringssystem
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SvK	Svenska Kraftnät
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol5
Vakthavande maskinist	Jourhavande drifttekniker på anläggningarna
VPN	Virtual Private Network

1 Inledning

Detta examensarbete är utfört på Vattenfall Vattenkraft AB i Trollhättan under våren 2018. Företaget äger 57 storskaliga vattenkraftanläggningar i Sverige där den installerade effekten överstiger 10 MW, detta arbete berör larm och dess hantering i de fyra anläggningarna längs Göta älv. [1]

1.1 Bakgrund

Till Vattenfalls personal i Trollhättan inkommer årligen ett hundratal larm från de fyra produktionsanläggningar som ligger under deras ansvar. Dessa anläggningar är:

- Olidans vattenkraftverk i Trollhättan, TK1M1
- Hojums vattenkraftverk i Trollhättan, TK1M2
- Lilla Edets vattenkraftverk, TK002
- Vargöns vattenkraftverk, TK003

Deras geografiska placering visas i Figur 3.1.

Figur 1.1: Anläggningarna placering längs Göta älv (bild från openstreetmaps.org)

Larmen genereras på anläggningarna och skickas först till driftcentralen i Bispgården utanför Sundsvall, för att sedan skickas tillbaka till den lokala personalen i Trollhättan. Då anläggningarnas övervakningsfunktioner är begränsade är larmens beskaffenhet och allvarlighetsgrad svåra att avgöra utan att vara på plats. Vidare är flera larm så kallade

samlingslarm, vilket ytterligare försvårar bedömningen. Detta resulterar i att flera larm måste behandlas som akuta varvid det dagliga arbetet får avbrytas för att på plats kunna undersöka situationens allvar. Vattenfall önskar en analys av tidigare larm, dess allvarsgrad och vilka åtgärder som vidtagits. Med hjälp av framtagna data önskas eventuella mönster identifieras samt förslag på eventuella effektiviseringar och åtgärder presenteras.

Vattenfall Vattenkrafts larm och dess hantering har tidigare analyserats i examensarbetet ”Kartläggning och analys av larm i storskaliga vattenkraftstationer.” från 2004. Trots arbetets ålder är flera av frågeställningarna och resultaten relevanta även för denna studie. Dock är skalan en helt annan, 55 anläggningar behandlas med tusentals registrerade larm [2].

1.2 Mål och Syfte

Uppdragsgivaren önskar en larmanalys samt förslag på effektivisering av rutiner för hantering av inkomna larm i produktionsanläggningarna i syfte att minska resursåtgången av personal. Två konkreta förbättringsförslag för larmhantering skall presenteras.

1.3 Problembeskrivning

Larmhanteringen från produktionsanläggningarna är behäftad med ett antal problem. Dels är flera larm så kallade samlingslarm vilka är svårbedömda för personalen och sålunda kräver snabb respons oavsett larmets verkliga beskaffenhet, dels förekommer vissa problem i kommunikationen av larm mellan driftcentralen och vakthavande då larmen endast finns tillgängliga på driftcentralen och anläggningarnas stationsdatorer. Vidare återkommer vissa larm enligt uppfattade mönster som skulle kunna undersökas. Dessa problem formuleras i följande frågeställningar:

- *Larmhantering.* Finns det områden att förbättra inom hantering och kommunikation av akuta larm?
- *Larmanalys.* Finns det några mönster i tidigare larm? Förekommer återkommande fel som inte har upptäckts?
- *Fjärrkontroll.* Finns möjlighet att vakthavande har tillgång till en bärbar stationsdator under jourtid?

1.4 Avgränsningar

Det studerade materialet begränsas till A-larm, det vill säga utryckningar under perioden 2014–2017 samt enbart anläggningarna Olidan och Hojum i Trollhättan samt anläggningarna i Lilla Edet och Vargön. Genom att studera fyra års data minimeras påverkan av extrema vädersäsonger samtidigt som databehandlingens omfattning hålls på en hanterbar nivå. Systemens komplexitet och rapportens omfattning gör vidare att förbättringsförslagen som tas fram inte kommer kunna vara färdiga lösningar utan just förslag. Teorikapitlet begränsas till att beskriva anläggningarna och kontrollsystemen på den grundläggande nivå som krävs för att tillgodogöra sig rapporten.

2 Metod och tillvägagångssätt

Arbetsmetoden är utformad som en systemstudie där flera metoder används för att ge en bild av den studerade processen [3].

2.1 Inledande studier

Arbetet inleds med att studera vattenkraftens uppbyggnad och kontroll, med speciellt fokus på de berörda anläggningarna längs Göta Älv. Information inhämtas genom litteraturstudier i ämnet samt genom en sammanställning av Vattenfalls egna dokumentation och material. Besök på anläggningarna ger även en möjlighet till egna observationer samt möjlighet att relatera teorin till verkligheten.

2.2 Strukturering och analys av larmrapporter

Anläggningarnas larmrapporter har gjorts tillgängliga i Excelformat. Data som bedöms relevant för studien extraheras ur dessa och formaliseras i en ny Exceldatabas. Larmtexter och incidentrapporter registreras här i ett antal kategorier baserade på allvarlighetsgrad och nödvändig åtgärd. Då rapporteringssystemet har bytts ut under den studerade tidsperioden behöver de även matas in på ett enhetligt sätt. Det behandlade materialet analyseras sedan med kvantitativ statistisk metod. [4]

2.3 Intervjuer

För att få svar på mer specifika frågor om anläggningar och kontrollsystem intervjuas Vattenfalls personal med dessa som ansvarområde. Intervjuerna sker enligt semistrukturerad modell, det vill säga ett friare samtal med stöd av en intervjuguide där samtalsämne och huvudfrågeställningar är definierade. Eventuella frågor och förtydliganden som uppkommer efter intervjutillfället kompletteras via epost. Intervjuguide återfinns i bilaga C. [5]

2.4 Analys och validering

Litteraturen, larmanalysen och intervjusvaren ligger till grund för förbättringsförslag. Under hela arbetsprocessen sker fortlöpande samtal med handledare på Vattenfall för att få återkoppling på erhållna resultat.

3 Vattenkraft teori

I Sverige används vattenkraften i stor utsträckning som reglerkraft [6]. Dvs att anpassa elproduktionen till den aktuella elförbrukningen. För att detta ska kunna ske så krävs ett flertal olika samverkande system.

3.1 Anläggningar och system för vattenflöde

3.1.1 Dammar

Tillrinningen i vattendragen i Sverige varierar över året. När snösmältningen är som störst blir tillrinningen också som störst, likväl i viss mån även under hösten. Under denna period är efterfrågan på el inte så hög. Finns möjlighet, så kan vattnet samlas i magasin i anslutning till vattenkraftanläggningen och sparas där till elförbrukningen stiger, dvs under sen höst till vår. Dessa dammar är till största delen uppbyggda av betong som håller vattnet på plats. En fördel med vattenmagasin är att en viss mängd vatten kan sparas i magasinen över flertalet år, så kallad flerårsreglering. På detta sätt så skapas förutsättningar för kraftproduktion de år som nederbörden kan vara låg. Dammarna hjälper även till att få en så hög fallhöjd som möjligt. [6]

3.1.2 Utskov

Utskov är de stora luckor som sitter placerade på dammarna för att släppa förbi vatten som inte behövs för elproduktion samt för att reglera vattennivån i över respektive nedan liggande vattendrag. Utskoven kan vara av olika typer, tex planutskov. Planutskov kännetecknas av den portliknande konstruktionen, en port som löper i vertikalled. Vid Strömkarlsbron i Trollhättan finns ett exempel på detta. En annan typ av utskov är valsutskov, en stor metallisk cylinder som rullar i ett spår och på så sätt öppnas eller stängs, vattenkraftverket i Lilla Edet är ett typexempel. Ytterligare ett exempel är sektorlucka, en bågformad lucka som kan släppa genom antingen ytvatten eller bottenvatten (fungerar som isutskov i Lilla Edet). Utskoven ska vara konstruerade så att de klarar att släppa förbi den största beräknade mängd vatten, enligt de regelverk som finns. [8], [9]

3.1.3 Tillopp/Intag

Från dammen tas vattnet, genom intagsgaller, via tilloppstuber ner till turbinen. Intagsgallren är till för att skydda turbinen mot grenar och annat drivande material, då dessa kan skada turbinbladen. För att förhindra isbildning, som kan täppa till intagsgallret och på så sätt strypa vattenflödet, värms gallren upp med hjälp av elektricitet. Sensorer finns placerade på ömse sidor gallret för att mäta fallförlust, detta ger en indikering ifall gallret behöver rensas. [8], [9]

3.1.4 Sugrör

Efter turbinen sitter det så kallade sugröret. Dess funktion är att sänka hastigheten på det utströmmande vattnet till normal flödesnivå. Detta sker genom att diametern succesivt ökar,

följdeffekten blir att trycket sänks och på så sätt suger det ut det efterföljande vattnet från turbinen. [8]

3.2 Byggnader

Den typiska vattenkraftsanläggningen består normalt av en större byggnad där maskinhallen är placerad. I hallen finns aggregatet (vilket innefattar bland annat generatorerna och turbinerna) placerat. Maskinhall och aggregat i Olidan visas i figur 3.1. Även förråds-och reparationsutrymmen förekommer för att underlätta driften. I regel sköts driften från en centralt placerad driftcentral, men kan även skötas lokalt från ett kontrollrum i byggnaden. Generatorställverken (10kV) är placerade i byggnaden, därifrån går en kabel till produktionstransformatorn, ofta 10/130kV, som är placerad utomhus. [8], [9]

Figur 3.1: Maskinhallen i Olidans kraftstation (bild från Wikimedia Commons)

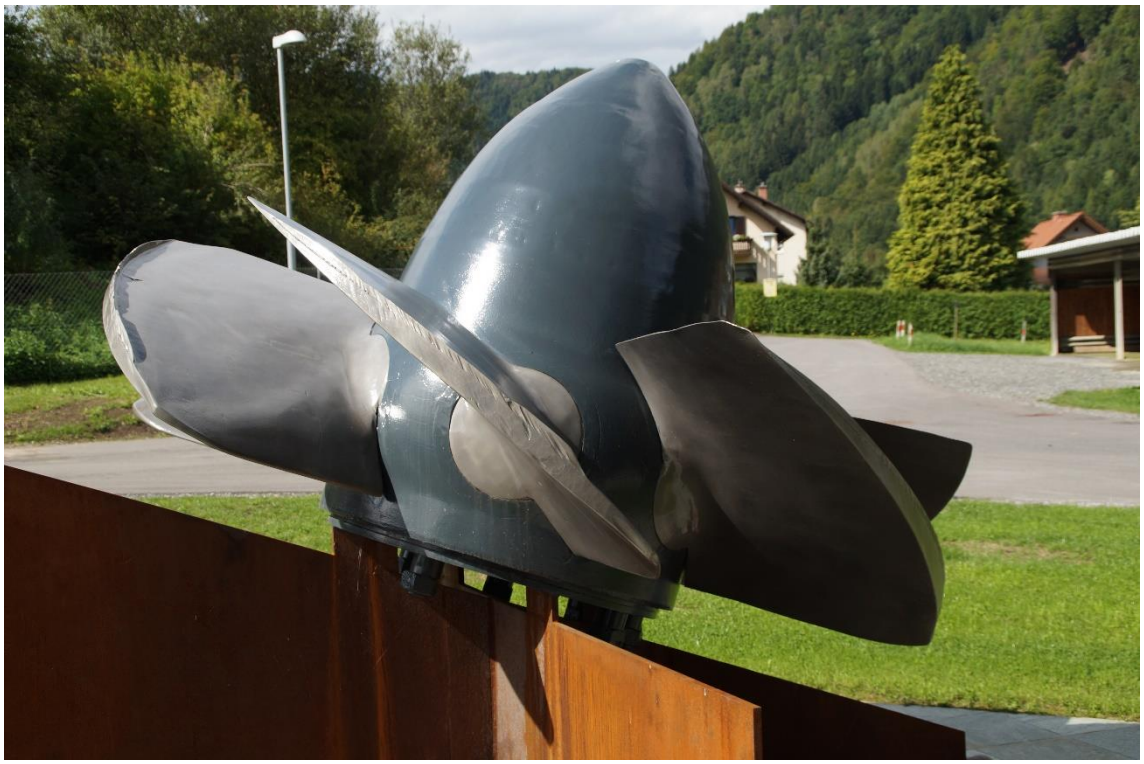
3.3 Turbintyper

De tre vanligaste typerna av turbiner inom vattenkraft är Francisturbinen, Kaplanturbinen samt Peltonturbinen [8]. Då Peltonturbiner är konstruerade för höga fallhöjder och därmed inte förekommer i anläggningarna i Göta Älv, kommer endast Kaplan- och Francisturbinen att tas upp i detalj. Två av turbinerna i Lilla Edet är av ovanligare typ med fasta blad, en Lawaczeckturbin och en av propellertyp.

3.3.1 Kaplanturbinen

Viktor Kaplan utvecklade Kaplanturbinen 1915. Kraftstationen i Lilla Edet var den första att använda Kaplanturbinen i storskalig kraftproduktion.

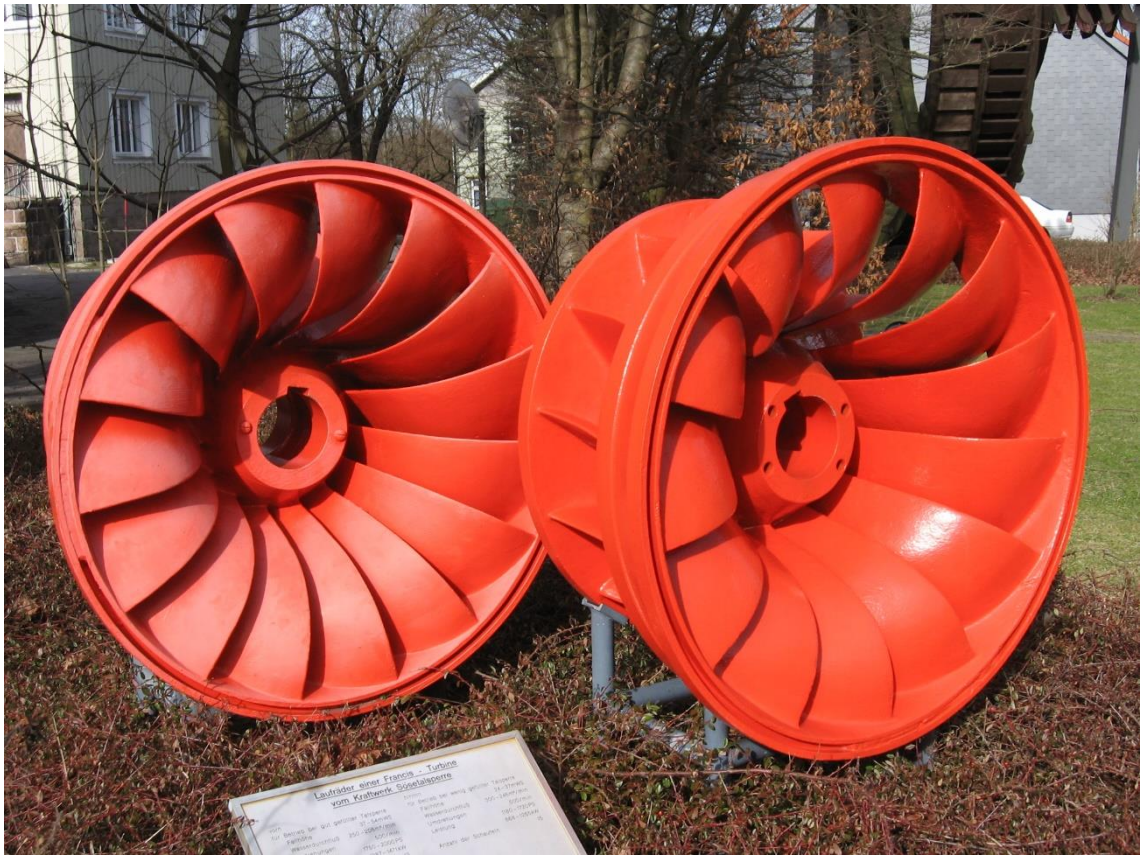
Kaplanturbinen använder sig av reglerbara ledskenor och löphjulskovlar (turbinblad), vanligast förekommande antal skovlar är 4–8 stycken. Med hjälp av ett hydrauliskt system som driver servomotorer, regleras vinkeln på löphjulet. De reglerbara turbinbladen visas i figur 3.2. På samma sätt regleras ledskenornas vinkel. Ledskenornas vinkel reglerar flödesvinkeln mot löphjulet och vinkeln på löphjulet avgör turbinens axelmoment. Denna reglerkombination innebär att Kaplanturbinen kan användas inom ett stort effektområde med hög verkningsgrad. Dvs mängden vatten som rinner genom turbinen är av mindre vikt för att få en hög verkningsgrad. [8], [9]



Figur 3.2 Kaplanturbin med justerbara blad. (bild från Wikimedia Commons)

3.3.2 Francisturbinen

Francisturbinen utvecklades av James B Francis 1848. Samtliga turbiner i Olidans kraftstation är av denna typ. Även denna turbin använder sig av reglerbara ledskenor, dock saknar Francisturbinen möjlighet att reglera löphjulet. Vattnet leds in mot turbinen via ett turbinskåp, och fortsätter efter turbinen ut genom sugröret. Löphjul av francistyp kan ses i figur 3.3. [8], [9]



Figur 3.3 Löphjul av francistyp. (Bild från Wikimedia Commons)

3.4 Generator

Generatorerna är av synkrontyp med antalet poler anpassade till turbinens optimala varvtal enligt [8]

$$P = \frac{120 \cdot f}{n_s} \tag{3.1}$$

Dessa är lågvarviga då en Kaplanturbin har bäst verkningsgrad runt 60 varv per minut. Nackdelen med lågt varvtal vid direktdrift till generatorn är att det blir många poler, detta innebär att generatorn blir stor. Värden för samtliga aggregat i de studerade anläggningarna redovisas i tabell 3.1. [9]

Tabell 3.1: Samtliga studerade aggregat

Station	**Aggregatbeteckning**	**Turbintyp**	**Varvtal [r/min]**	**Antal poler**	**Effekt [MW]**
Vargön	TK003-01	Kaplan	46,9	128	12
Vargön	TK003-02	Kaplan	46,9	128	12
Vargön	TK003-03	Kaplan	65,9	91	12
Hojum	TK1M2-14	Kaplan	136,4	44	50
Hojum	TK1M2-15	Kaplan	136,4	44	58
Hojum	TK1M2-16	Kaplan	136,4	44	72
Olidan	TK1M1-01	Francis	187,5	32	10
Olidan	TK1M1-03	Francis	187,5	32	10
Olidan	TK1M1-04	Francis	187,5	32	10
Olidan	TK1M1-05	Francis	187,5	32	10
Olidan	TK1M1-06	Francis	187,5	32	10
Olidan	TK1M1-08	Francis	187,5	32	10
Olidan	TK1M1-10	Francis	187,5	32	10
Olidan	TK1M1-11	Francis	187,5	32	10
Olidan	TK1M1-12 *(Reserv)*	Francis	187,5	32	10
Lilla Edet	G1	Kaplan	62,5	96	10
Lilla Edet	G2	Propellertyp	62,5	96	8
Lilla Edet	G3	Lawaczeck	62,5	96	8
Lilla Edet	G4	Kaplan	75	80	18

3.5 Högspänningsställverk

De ställverk som finns i anslutning till vattenkraftsanläggningarna längs Göta Älv matar ut 130kV på regionnätet. I utomhusställverken finns det reservbrytare, detta gör att driften kan upprätthållas vid fel eller vid underhåll av ställverket. [9]

3.6 Hjälpsystem

3.6.1 Kyl - och smörjsystem

Det mesta som rör sig behöver kylning och smörjning. Vid rörelse, exempelvis rotation, uppstår värme i de intilliggande materialen som kräver kylning. I Hojums vattenkraftverk finns ett värmeåtervinningssystem där man tar vara på värmen från kylvattensystemet som värmer upp byggnaden.

Smörjsystem används för att förhindra att lager skär, att temperatur i materialet blir för högt etc. Man försöker minimera oljevolymen i smörjsystemet för att det vid läckage inte ska bli så stor miljöpåverkan. I en del system användes syntetiska oljor för att minimera friktionen som gör att det blir mindre värmeförluster. [9]

3.6.2 Hydraulsystem och pneumatik

I stort sett samtliga reglersystem i vattenkraftstationer använder hydraulik för att utföra arbetet. Systemet står under högt tryck och med hjälp av ventiler, pumpar och reglerdon flyttas oljan runt i systemet.

Vissa system har ackumulerad energi i tryckklockor eller ackumulatorer för att vid nödfall kunna manövrera i begränsad mängd om tryckoljepumparna havererar, dvs lokalkraften försvinner.

Pneumatik används endast som bromsluftsystem för att stanna turbinerna. Turbinerna i Olidan bromsas dock elektriskt. [9]

3.6.3 Larmsystem

Samtliga tidigare beskrivna anläggningsdelar med en funktion som är värd att kunna övervaka är försedda med givare och ingår i kontroll- och övervakningssystem. Onormala värden som registreras orsakar då ett larm. Dessa brukar delas upp i A- och B-larm, där A-larm är akuta och kräver omedelbar åtgärd och B-larm kan åtgärdas när tid finnes. Äldre system har ofta så kallade samlingslarm, det vill säga att flera larm inom samma område kopplas till en larmsignal för att spara bandbredd. [9]

3.6.4 Övriga system

Nedan följer ytterligare några system som inte kommer att beskrivas detaljerat, men som framkommit under samtal med driftspersonalen [9, 10].

- *Reservkraft*: Dieselaggregat som känner av om lokalkraften försvinner och startar per automatik vid bortfall.
- *Batteri för reservkraft*: Används endast till viktiga funktioner såsom kontrollanläggning, ej för att driva de hydrauliska pumparna.
- *VNR-vattennivåreglering* (automatisk reglering av önskat börvärde för vattenytan) Aggregaten reglerar pådraget automatiskt för att hålla den inställda vattenytan.

- *KAS-katastrofskydd*: Om kraftstationen nödstoppas, av exempelvis åska, öppnas utskoven automatiskt om uppströmsytan blir för hög. Dvs det vatten som normalt rinner via aggregaten går via utskoven istället.

3.7 Översyn och reinvestering

För att säkerställa anläggningarnas driftsäkerhet genomförs regelbundet en översyn av aggregaten. Tidsperioden är treårscykler, där omfattningen succesivt ökar. Dvs efter tre år en enklare översyn, efter sex år en större översyn osv. Cirka vart 25e år sker en så kallad reinvestering där hela systemen byggs om vid behov. Av produktionsmässiga och ekonomiska skäl sker översyn och reinvestering på ett aggregat i taget. Detta får till följd att flera generationers teknik finns parallellt i anläggningarna. [9]

3.8 Anläggningshistorik för Göta älv

- *Olidan*: Bygget av Olidans kraftstation påbörjades 1907, de fyra första aggregaten togs i bruk 1910. Åren 1906–1921 byggdes stationen succesivt ut till sammanlagt 13 aggregat, G1-G13. Samtliga är av Francistyp.
- *Hojum*: Det andra vattenkraftverket i Trollhättan att tas i bruk var Hojum. Denna stod klar 1943 med två stycken turbiner, G14 och G15. Aggregat nummer 16 (G16) togs i drift 1992. Under åren 2009–2010 genomfördes omfattande renovering av G15. Turbinerna är av Kaplantyp
- *Lilla Edet*: Bygget av kraftverket i Lilla Edet startade 1918 och invigdes 1926. Aggregat 1 hade en Kaplanturbin, medan aggregat 2 och 3 var av Lawaczecktyp. Kaplanturbinen var den vid tidpunkten största turbinen av detta slag i världen. 1978 till 1982 byggdes anläggningen ut med ytterligare en Kaplanturbin, denna av vertikal typ. 1985 modifierades Aggregat 2 till en propellerturbin med fasta skovlar.
- *Vargön*: Konstruktionen inleddes 1930 och stod klar 1934. Anläggningen bestod då av två Kaplanturbiner. Under 1980-talet byggdes anläggningen ut och 1989 togs den nya Kaplanturbinen i drift.

  [1]

4 Kontrollsystem teori

Det finns olika typer av manövrar och indikeringar där människan på något sätt är involverad och detta benämns MMK-system (människa-maskin-kommunikation). Här beskrivs systemen på ett systemtekniskt sätt.

4.1 System för indikering och manöver

Ett par exempel som beskriver de olika typer av manövreringar kan vara skydd som tagits ur drift, automatiserat frånslag eller frånkoppling av strömbrytare.

Beroende på felets härkomst så utförs åtgärd på olika sätt, till exempel om en brytare har fastnat på mekaniskt vis, så måste personal vara på plats och fysiskt åtgärda problemet, detta kallas för en *direkt-manöver*. Om en transient har utlöst diverse larm och satt vissa delar av nätet ur funktion, kan denna omkoppling ske direkt från en driftcentral och därmed namnet *fjärr-manöver*. Om ett problem kan åtgärdas via en stations styrenhet och att personen inte behöver vara nära det objekt som behöver styras, kallas det *när-manöver*. För att säkerställa att ett arbete eller åtgärd inte utförs från olika håll samtidigt, finns det därför en funktion i stationer som ställs in manuellt och heter DFO (driftformsomkopplare). Med DFO kan man ställa in följande funktioner:

- *Fjärr*, här är det bara möjligt för driftcentral att utföra manövrar.
- *När och Fjärr*, här har driftcentralen kontroll över stationen men larmen går bara lokalt.
- *När*, här utförs manöver utav personal på plats och inga larm går vidare till driftcentral.

Kontrolltavlan i en station är en samlingspunkt för all information som gör att personal har god översikt och vid behov kan manövrera. Kontrolltavlan visar även anläggningens kopplingsschema vilket ger bättre överblick. [8]

4.2 Datoriserad kontrollanläggning

Merparten av reläer, apparater och maskiner tillverkas med den digitala funktionen i åtanke. När den internationella standarden IEC 61850 introducerades, gjordes det möjligt att sammanfoga kontrollanläggning med kunder och tjänster till ett enda system [7]. Något som också bidrog med den snabba utvecklingen inom datoriserade anläggningar, är användandet av protokollet GOOSE (Generic object oriented system-wide event), som är en del av IEC 61850. GOOSE-protokollet skapar möjligheten i en transformatorstation att kommunicera mellan olika IED:er (Intelligent Electronic Device). Kommunikationen är övervakad av protokollet och är snabb, vilket är en stor fördel med GOOSE. [8]

4.3 Integrerade funktioner

I stort använder sig kraftbolag av Remote Terminal Units (RTU) som styr och hanterar signaler över längre sträckor, dessa kan hanteras som felsignaler (FS) eller händelseregistrering (HS). Några av de funktioner som kan finnas i en stationsdator är följande:

- All typ av automatik förutom förbrukarfrånkoppling (AFK) och belastningstillkopplingsautomatik.
- Fjärrkommunikation RTU
- Fasningsval (FPS) och frånskiljarblockeringssystem
- Manöverövervakning och självövervakning
- Övervakning av yttre givare
- Manöver av brytare och frånskiljare samt indikering av dito.
- Visning av mätvärde och aktivering av larmutrustning
- Produktionsfrånkoppling (PFK) och extremspänningsautomatik.

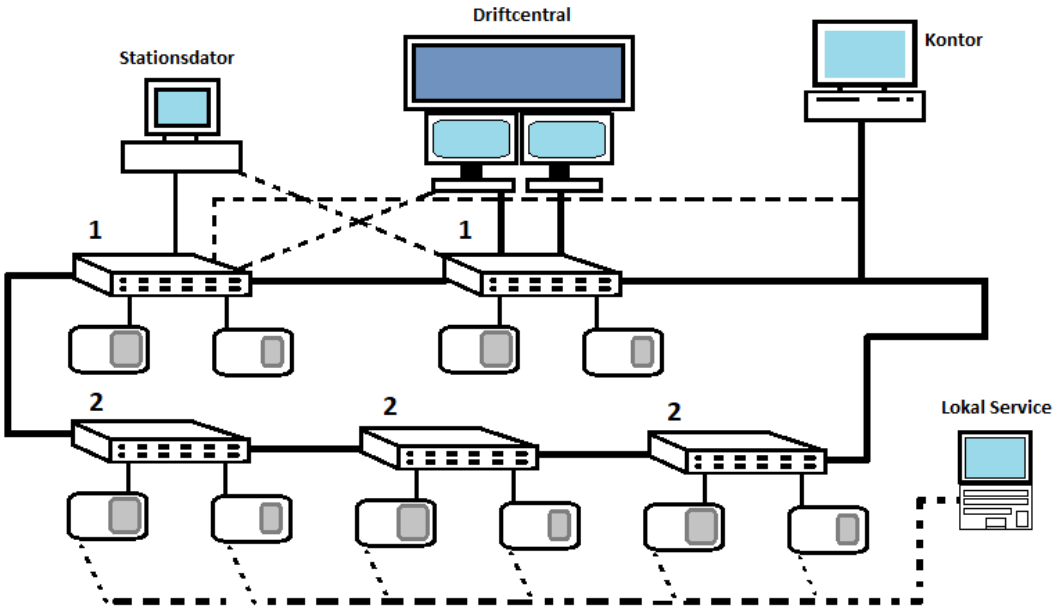
Felbortkopplingsfunktioner används inte i centrala system på grund av det kan påverka driftsäkerheten. [8]

4.4 Systemuppbyggnad

Nedan beskrivs övergripande de funktioner som krävs och säkerhetskrav som skall uppfyllas för att kontrollera och övervaka en kraftstation.

4.4.1 Datoriserade Kontrollstationer

Ett upplägg som är vanligt i datoriserade kontrollstationer är ringnätskoppling, det gör så att signalen kan gå flera vägar och gör det säkrare för signalen att komma fram. Om en switch går sönder är det vanligt att använda två stycken gruppswitchar för att skapa redundans (nr1 i figur 4.1). Varje IED som finns i en station, har en unik IP-adress vilket reducerar felsignaleringen markant. Varje maskin, apparat eller givares signal är kopplad till en samlingspunkt (nr 2 i figur 4.1) som är specifikt uppbyggt för just den typen av signal. På så vis är det lättare att underhålla, bygga ut eller kontrollera. HMI (Human-Machine-Interface) som skapas i samband med ett specifikt områdes uppbyggnad, kan lätt göras till en standard och sedan kopieras till andra områden som har en liknande struktur. [8]



Figur 4.1: Kontrollsystemets nivåer. 1 = gruppswitchar, 2 = samlingspunkt.

4.4.2 Driftsäkerhetskrav

Om det inträffar ett fel i kommunikationsbussen, ska varje ansluten enhet fortfarande fungera och utföra de uppgifter den är ämnad för. Programmen som körs ska vara oberoende av varandra, dessutom programmeras så att de undviker problem så länge som möjligt. Reservlagring av filer och data ska finnas tillgänglig om ett avbrott skett, detta lagras på hårddisk eller någon annan typ av lagringsenhet för att uppstarten ska bli säker och snabb. Då program och system hela tiden uppdateras, förbättras eller förändras, skapas det oftast ett krav på stationsdatorn som ska bearbeta alla processer. Just på grund av det, måste datorerna hållas uppdaterade för att kunna hantera all trafik och händelser problemfritt på maxbelastning. Dokumentering av vilka program, trafikflöden, in- och utgångar som finns på en dator måste finnas till hands. Dels för att kunna felsöka men även ha möjligheten att underhålla på ett säkert sätt. Interna larm i datorsystemet bör finnas så befintlig övervakare lätt kan identifiera larmets utgångspunkt. [8]

4.4.3 Fjärrstyrning och automation

Fjärrkontroll är ett samlingsord för fjärrstyrning, mätvärdeinsamling och fjärrövervakning. Fjärrstyrning har funnits länge men anledningen till dess implementering är olika beroende på när det skett. Till en början gällde det i stort sett inbesparingar i bemanning men på senare tid är det mest på grund av säkerhet och kontroll då systemen expanderar, fler krav ställs på företagen och elektroniken blir alltmer avancerad. De nivåer som finns är följande [8]:

- Processnivån
- Objektnivån
- Stationsnivån
- Driftcentralsnivån
- Företagsnivån

4.4.4 IT-säkerhet

Tidigare var SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) ett isolerat kontrollsystem och därmed mycket svårare att komma åt för en obehörig person. Numera integreras många funktioner mellan administrativa IT-system och industriella kontrollsystem vilket leder till att de flesta system liknar ett IT-system, med dess funktioner och risker som tillkommer. MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap har i och med denna riskökning hos integrerade system publicerat rekommendationer för säkerhet i industriella kontrollsystem. Dessa nämner bland annat att alla involverade system bör separeras i så hög utsträckning som möjligt och att när upphandling sker, bör säkerhetskrav ställas i serviceavtalet.

SvK, Svenska Kraftnät lägger standarden gällande säkerhetsprotokoll eftersom det är SvK som har ansvar för balansen i hela Sveriges nät. Detta gör att alla andra elproducerande företag måste gå efter samma protokoll och hålla dessa uppdaterade. [8]

5 Analys av larmhantering i stationerna längs Göta älv

Larmsystemen har byggts om och ut från 1907 fram tills idag, detta gör att flera generationer teknologi samspelar i samma kontrollsystem. De tidiga larmen var få till antalet och ofta samlingslarm då signalöverföringen var begränsad. Utvecklingen inom datakommunikation har lett till att det idag finns tillgång till nästan obegränsad bandbredd, vilket gör att varje önskat mätvärde kan få en egen signal. Ofta får de gamla reläerna sitta kvar då de besitter en närmast oslagbar driftsäkerhet och lätt kan kombineras med modernare utrustning.

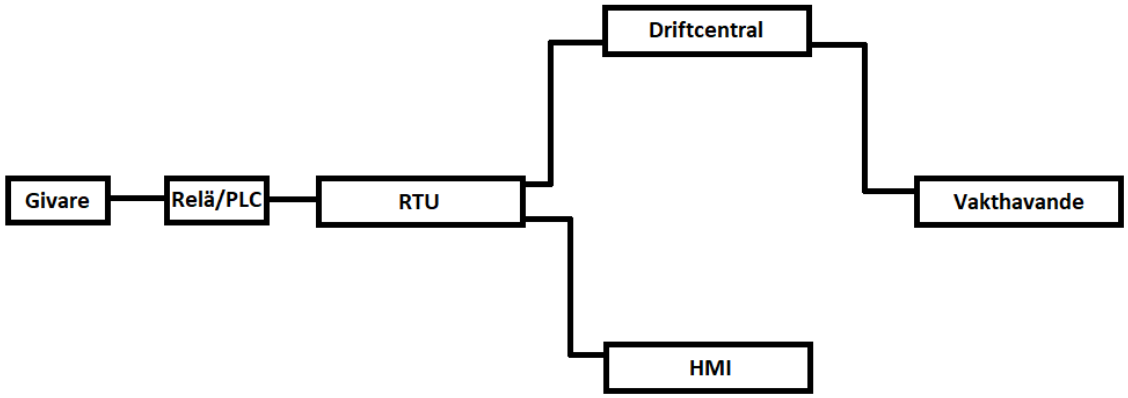
5.1 Larmhanteringen

Hur systemet på lokal nivå är uppbyggt beror nästan helt uteslutande på behovet som kraftstationen är byggd för och vilka krav som har satts på de apparater och maskiner som ligger i drift. Ett enstaka fel ska till exempel inte påverka närliggande likartade funktioner, utan ska fortfarande fungera som om det är helt självgående. [9]

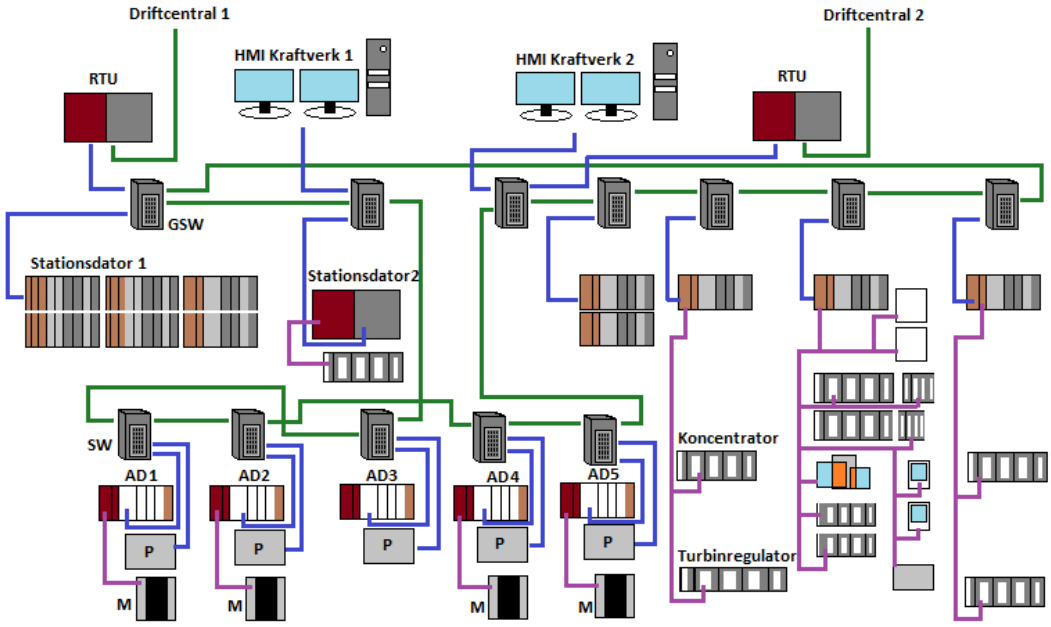
5.2 Larmkedjan

Mätvärden registreras av givare på anläggningsdelarna och skickas via ett relä eller en PLC. De olika aggregatens signaler samlas i en stationsdator och går vidare till RTU och stationens HMI. Från RTU går signalen till DC i Bispgården. Operatören på DC ringer upp vakthavande i Trollhättan som får åka ut till stationen. DC ser bara en grundläggande information om vilket anläggningsdel som larmar och på vad. Denna signalkedja visas i figur 5.1. Exakt vad som larmet beror på är upp till vakthavande att ta reda på, då driftcentralen har begränsat med information. Vakthavande får mer detaljerad information i stationens HMI och kan felsöka och förhoppningsvis kvittera larmet.

Kommunikationen på processnivå från givare till PLC och stationsdator sker med Profibus, på stationsnivå och till DC med TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). En mindre förenklad systembild från en av de studerade anläggningarna visas i figur 5.2. [10]



Figur 5.1: Förenklad larmkedja av stationens HMI



Figur 5.2: Systembild av HMI på en av de studerade anläggningarna, blå kopplingar är Profibus och gröna TCP/IP

5.3 Larmlistor

Det finns ett stort antal larmfunktioner kopplade till respektive anläggning samt respektive aggregat. Vissa anläggningar har genom åren moderniserats och byggts ut vilket innebär i många fall att även larmfunktionerna blivit fler samt mer specifika. En stor fördel är att det istället för indikering ”onormal oljenivå” klart framgår om det är ”hög” eller ”låg” oljenivå. Denna information är värdefull för vakthavande/teknikern för att underlätta felsökningen, vilket leder till att risken för ett produktionsbortfall minskar. I vattenkraftanläggningen Hojum är ca 700 larm kopplade till stationsdatorn, dvs gemensamma larmfunktioner för enbart Hojumstationen, såsom brandlarm, inbrottslarm, läckvattenpumpar och ventilation. Utöver det är ca 850 larmfunktioner kopplade till generator (aggregat) nummer 15 (G15) samt runt 700 till G14 samt motsvarande antal till G16. Exempel på larmfunktioner är: intagslucka, oljenivåer i styrlager, tryckoljeaggregat och tryckoljepumpar (hydraulsystem) etc.

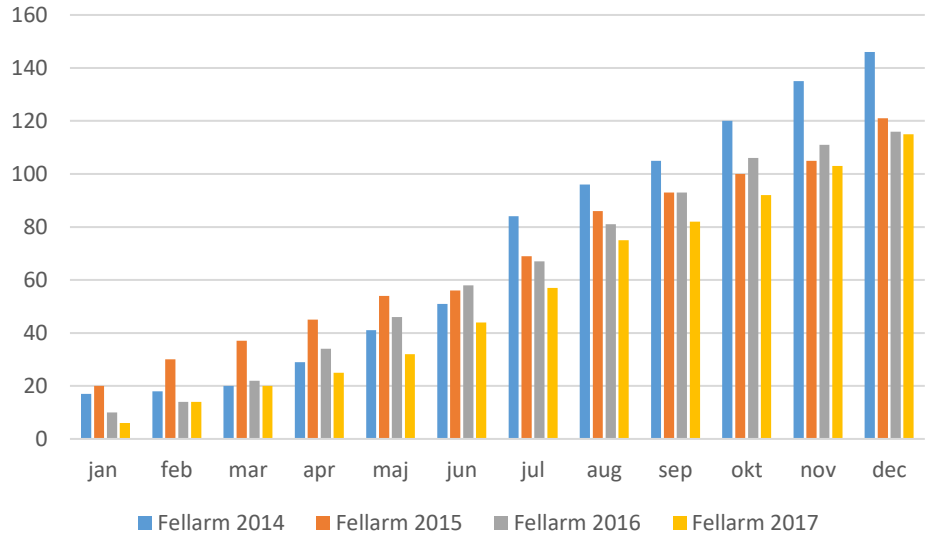
G15 är det senaste reviderade aggregatet och därför finns det fler larm kopplat till det. [10], [11] Dessa siffror är ungefärliga då de beräknats för denna rapport utifrån Hojumstationens stationsdators adresser, aktuell och sammanställd data på antalet larmfunktioner saknas för samtliga studerade anläggningar.

Larmlistorna fylls på i takt med att samlingslarm byggs bort och nya larm installeras. Detta får till följd att gamla inaktuella larm kan finnas kvar i listorna eller att larm kan ha fel prioritet. Ett exempel på detta är ventilation i Hojumstationen som är klassat som A-larm. A-larm kräver omedelbar respons vilket ett ventilationsfel ej behöver, ett sådant larm skulle kunna vänta med att åtgärdas till ordinarie arbetstid. Ett annat exempel som redan har åtgärdats är septiktanken, som inte behöver åtgärdas direkt då det tar lång tid innan den blir överfull. Båda dessa exempel finns med i utdraget av Hojums larmlistor, bilaga B. [9], [10]

5.4 Larmanalys

Listorna med utryckningar på larmsignaler från de fyra kraftstationerna år 2014–2017 har gjorts tillgängliga i Excelformat. 2017 byttes rapporteringssystemet ut från Conwide till SAP, vilket gör att posterna detta år har en helt annan uppbyggnad. För att få enhetliga listor har 2017 års poster översatts till det tidigare formatet. Ett antal larmsignaler finns registrerade flera gånger, dessa har i möjligast mån filtrerats bort. Datum för inkommande larmsignaler saknas i vissa fall, dessa går då på datum för beräknat avslut, vilket kan skilja sig ganska mycket. Detta antal bedöms dock vara så lite att det inte inverkar på den stora bilden.

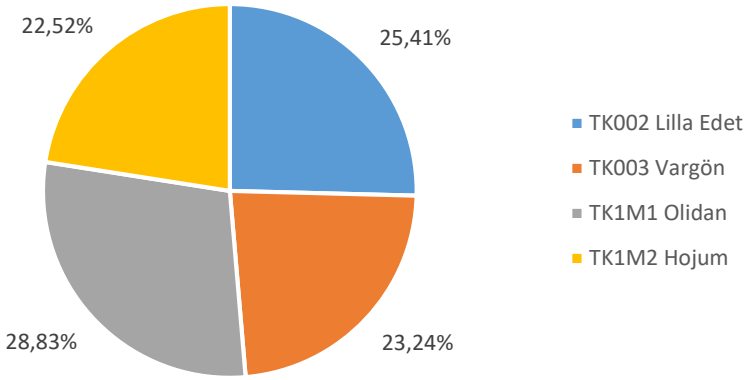
Totalt har ca 500 utryckningar på A-larm undersökts från åren 2014–2017. Det totala antalet larm på anläggningarna visar en nedåtgående trend, vilket kan ses i figur 5.3.



Figur 5.3: Ackumulerade utryckningar på larmsignaler 2014–2017 för de fyra kraftstationerna längs Göta älv

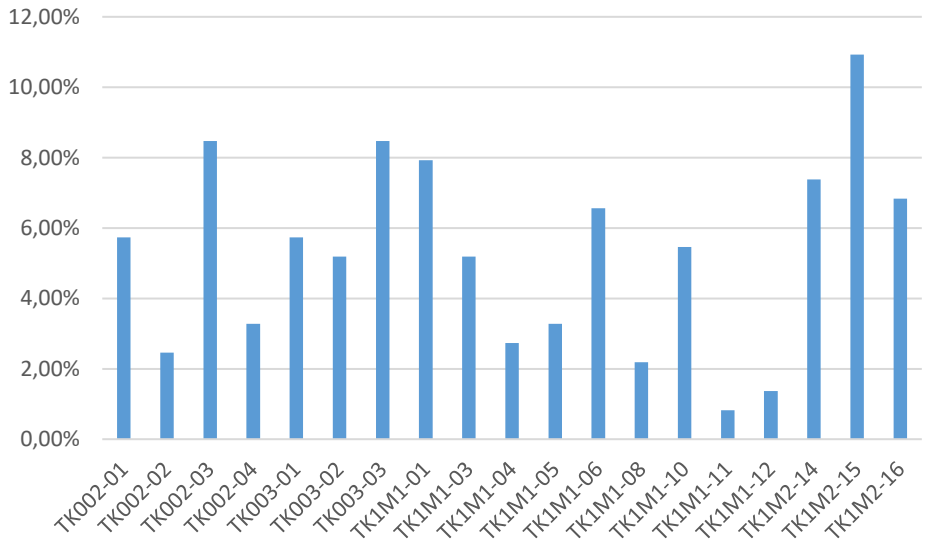
5.4.1 Fördelning mellan stationerna

Fördelningen är jämn mellan de fyra stationerna som synes i figur 5.4. Olidan, som är äldst och har flest aggregat samt Lilla Edet som har fyra olika turbintyper larmar lite mer än de två andra.



Figur 5.4: Fördelning av utryckningar på larmsignaler mellan de studerade anläggningarna 2014-2017

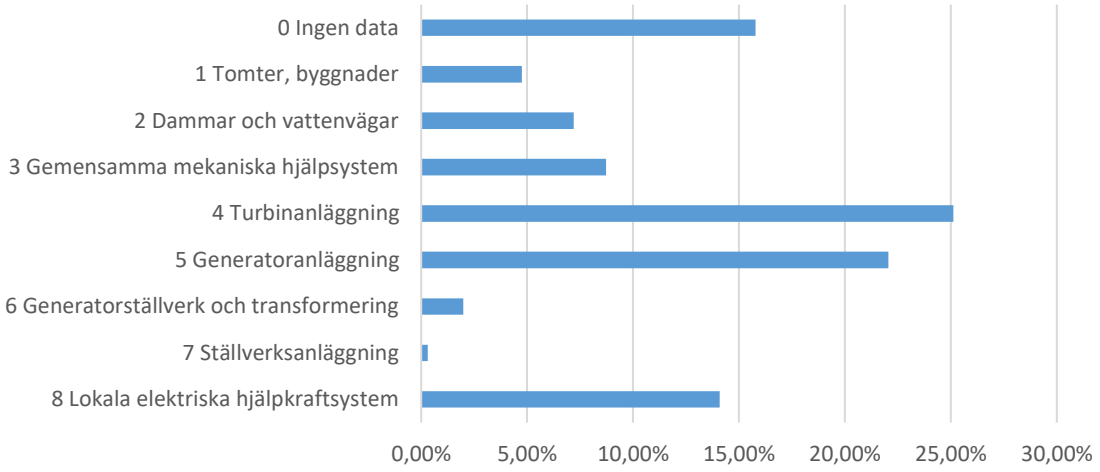
Fördelat per aggregat sticker G15 i Hojum ut med flest utryckningar. Detta är förväntat då G15 är det senast reinvesterade aggregatet med flest utbyggda larmfunktioner. I Lilla Edet sker flest utryckningar till G3, den kvarvarande Lawaczekturbinen. Den högvarviga och 60 år nyare G3 i Vargön orsakar fler utryckningar än G1 och G2. Figur 5.5 visar procentuell fördelning mellan aggregaten.



Figur 5.5: Andel larm per aggregat, beteckningarna återfinns i tabell 3.1

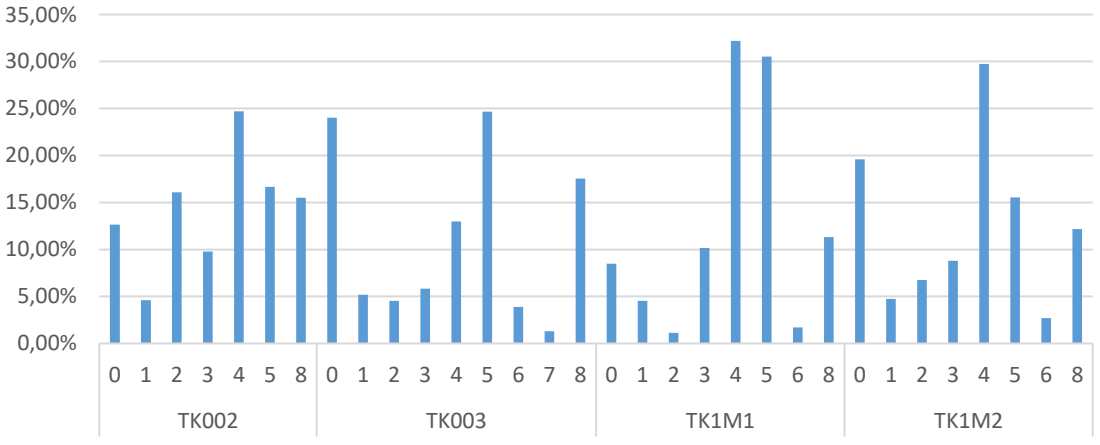
5.4.2 Anläggningsdelar

I figur 5.6 går att utläsa att de anläggningsdelar som orsakar flest larmsignaler är generator och turbinanläggningar dvs stationernas huvudfunktioner. Dessa rörliga, komplexa system har även flest larmfunktioner utbyggda. Lokala hjälpkraftsystem orsakar även de en stor andel larmsignaler oftast i form av jordfel. Ingen data betyder att information om anläggningsdel saknas i materialet.



Figur 5.6: Larmfördelning mellan anläggningsdelar

Fördelade på anläggningsdel per station kan bland annat utläsas att Olidan nästan uteslutande larmar om generator samt turbinanläggningar. Övriga stationer uppvisar en mer jämn fördelning, där damm och vattenvägar i Lilla Edet sticker ut med 16% av stationens larmsignaler. Detta visas i figur 5.7.



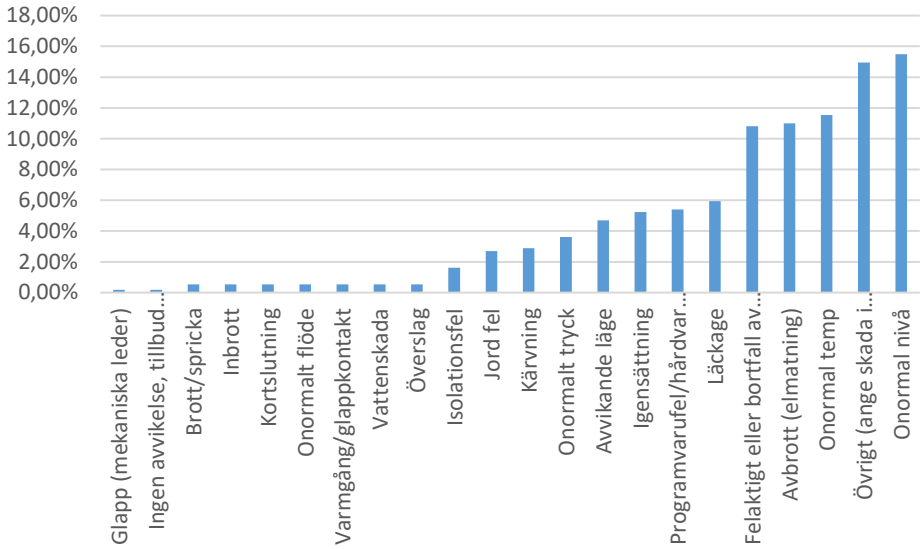
Figur 5.7: Larmfördelning anläggningsdelar per station, se föregående figur (8) för teckenförklaring

5.4.3 Feltyper och åtgärder

De vanligaste feltyperna, som visas i figur 5.8, är:

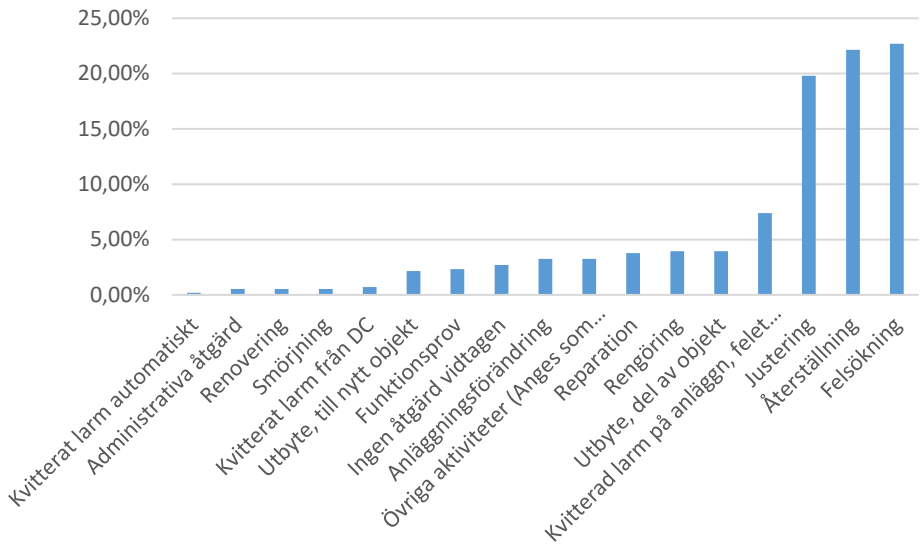
- *Onormal nivå*
- *Onormal temperatur*
- *Avbrott elmatning*
- *Felaktigt eller bortfall av mätvärde*

Onormal nivå innebär oftast oljenivå till någon rörlig del eller läckvatten, dessa fylls på respektive töms regelbundet. Onormal temperatur kan till exempel indikera problem med kylpumpar. Avbrott elmatning är oftast reservkraft och lågspänningsrelaterat men kan även vara matning till en specifik apparat. Felaktigt eller bortfall av mätvärde innebär antingen givarfel eller mellanläge. Felkategorin övrigt kan exempelvis vara vibration, bromsar eller något annat som saknar en egen kategori. Den är så pass spridd att den ej kan räknas till de vanligast förekommande larmsignalerna.



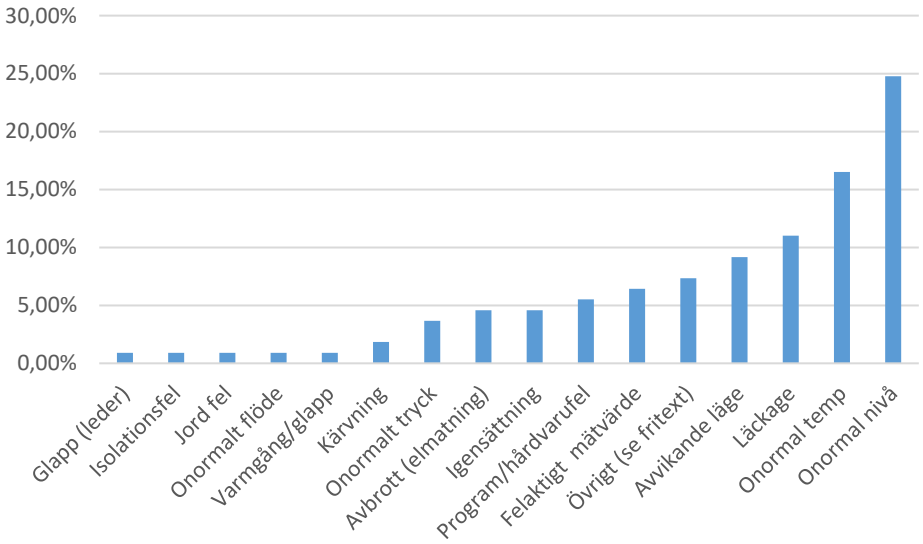
Figur 5.8: Fördelning av feltyper

Figur 5.9 visar att de absolut vanligaste åtgärderna är felsökning, återställning och justering. Felsökningarna återkommer ibland ett par gånger i listorna innan de avhjälpts. Återställning innebär ungefär en omstart av systemet, justering är oftast ett reglerat flöde eller påfyllning av exempelvis olja.

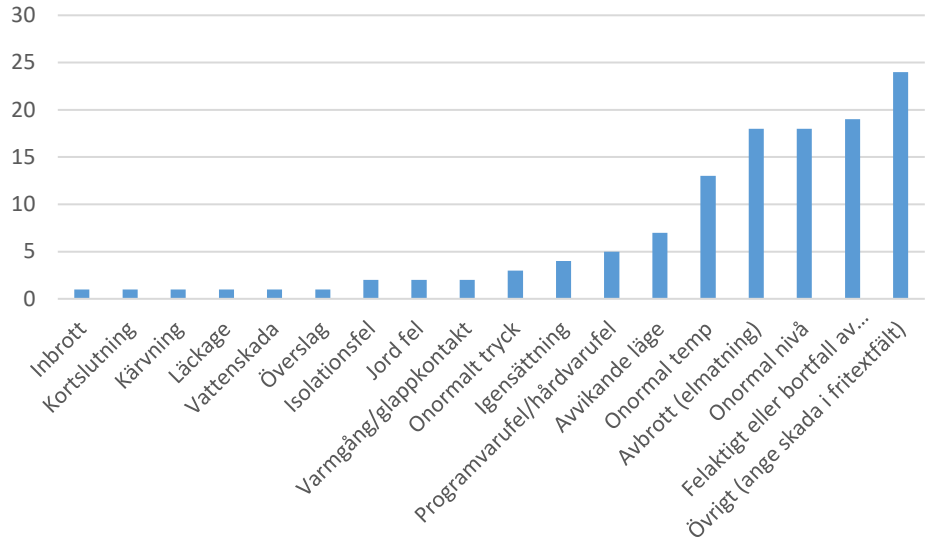


Figur 5.9: Fördelning av åtgärder

Fel som åtgärdas med justering är sålunda oftast onormal nivå eller temperatur emedan felaktigt mätvärde eller elmatning återställs. Onormal nivå åtgärdas även med återställning, till exempel en kylvattenpump som startas om. Detta kan utläsas ur figurerna 5.10 och 5.11.



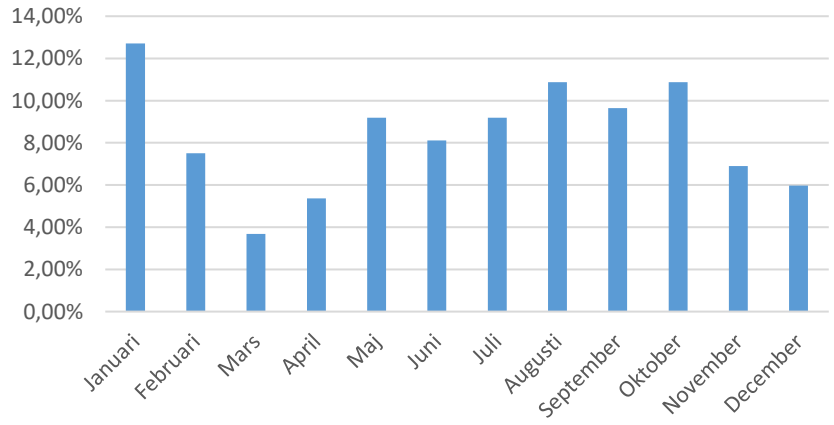
Figur 5.10: Feltyper vid åtgärd Justering



Figur 5.11: Fel vid åtgärd Återställning

5.4.4 Larmfördelning över säsong

I bilaga A återfinns detaljerad felfördelning per månad, en procentuell fördelning av antal fel per månad visas i figur 5.12. Det som går att utläsa är att vattentemperaturen medför ett antal problem, på vintern i form av isbildning, kärvande luckor och igensättning av intag, på sommaren ger högre vattentemperatur sämre kylning som kräver justering av flödet. Avbrott (elmatning) förekommer i stor utsträckning i september, oktober samt januari. Tittar man närmare på dessa finner man att nätstörningar i samband med stormar ofta är orsaken. I februari förekommer lite överraskande ett stort antal program/hårdvarufel. Dessa kan samtliga härledas till ett större kommunikationsfel i Olidan 2017 och har hamnat flera gånger i statistiken då felet registrerats av ett antal inblandade enheter och på så vis tagit sig igenom filtreringen.



Figur 5.12: Larmsignaler per månad

5.4.5 Återkommande fel

Det stora antalet saker som kan larma gör att fel som vid första anblick är likadana egentligen skiljer sig åt. Vidare kan ett fel ge effekter i flera olika delsystem. För att identifiera återkommande fel har larmrapporterna sorterats på lägsta möjliga systemnivå och fritextfälten jämförts. De fel som på detta sätt identifierats som återkommande jämförs sedan med Vattenfalls egna åtgärdslistor för återkommande fel. De fel som kvarstår efter detta kan alltså misstänkas vara oidentifierade och återkommande. Vattenfall visar sig vara bra på att uppmärksamma dylika fel då inga kvarstår efter jämförelsen.

En kuriositet som däremot upptäckts är den stora förekomsten av ålrelaterade problem i Lilla Edet under sommaren 2017, 21% av det årets utryckningar i Lilla Edet är eller misstänks vara orsakade av ålar som fastnat i kylvattenpumpar. 2017 beskrivs av personalen som ett ålår vilket inträffar med vissa mellanrum.

6 Diskussion

De studerade anläggningarnas skala och komplexitet kan inte nog betonas. Rapportförfattarna har fått sätta sig in i för dem helt nya ämnen såsom reglerteknik, systemvetenskap och maskinteknik och samtidigt fått användning av sina kunskaper i elkraft. Dessa nyvunna kunskaper används här för att försöka besvara och resonera kring rapportens frågeställningar.

6.1 Metodvalet

Att genom kvantitativa statistiska metoder hitta förbättringsområden i Vattenfalls larmhantering är troligen inte den bästa metoden, en lärdom som författarna vill förmedla till framtida studenter. En mer givande infallsvinkel hade troligen varit att fokusera på det egentliga underhållsarbetet, såsom att studera rondningsrutiner och förebyggande underhåll (FU). Detta har delvis gjorts internt på företaget, men aldrig ur ett utomstående akademiskt perspektiv.

6.2 Larmhanteringen

Larmsystemen i de studerade anläggningarna är ett resultat av den tekniska utvecklingen. När anläggningarna först togs i drift var larmen hårdtrådade till stationens driftrum eller bestod av visartavlor som maskinisten fick hålla under uppsikt. När fjärrövervakning och sedan fjärrkontroll skulle implementeras var bandbredden fortfarande begränsad då det krävdes en tråd per larm, vilket medförde samlingslarm och kompromisser. I takt med utvecklingen inom datakommunikation har gamla samlingslarm byggts bort och nya larm installerats. Larmlistorna verkar dock mest ha byggts ut och fyllts på vilket gör dem onödigt omfattande och krångliga. Det finns även ett antal A larm som borde vara B larm och vice versa, till exempel räknas ventilationen i Hojum som ett A larm som kräver utryckning dygnet runt. Utbyggnad och stora revisioner av aggregaten innebär en mångdubblering av antalet möjliga larm men en minskning av antalet larm som utvecklas till större fel, vilket man kan se på G15 Hojum. Det bästa hade såklart varit att bygga om samtliga anläggningar på en gång men det är inte ekonomiskt försvarbart för att undvika några utryckningar.

Larmlistorna är enorma, svåröverskådliga och delvis inaktuella. Författarna rekommenderar därför en revision av dessa, samtidigt och för samtliga anläggningar där onödiga gamla larm stryks och A och B larmen ses över.

6.3 Larmanalysen

Materialet har genomgått en omfattande analys med statistiska metoder där det framkommit att samtliga återkommande fel redan är kända. Veckovisa vakthavandemöten är ett välfungerande system för att identifiera återkommande problem och även driftcentralen för egen statistik. Denna sistnämnda statistik gjordes tillgänglig en bit in i arbetets gång och bekräftade författarnas egna observationer. Samtliga identifierade återkommande problem går att finna i mötesprotokoll eller projektplaner. Till exempel den stora andelen larm beträffande vattenvägar och dammar i Lilla Edet kan härledas till ett pågående projekt att byta ut hela dammen kring 2020. Man kan så här i efterhand ifrågasätta det realistiska att på detta sätt kunna upptäcka saker som förbisetts av de som dagligen arbetar på anläggningarna, men det är en lärdom som dragits under arbetets gång.

Ålproblematiken i Lilla Edet är något som troligen skulle kunna lösas med hjälp av filter på intagen till kylvattensystemet. Dessa är placerade vid sugrören efter turbinerna och kylsystemet är gemensamt för samtliga tre aggregat i den gamla stationsbyggnaden. När samtliga turbiner är i drift kan ålar inte ta sig in, men när något aggregat är avställt kan de komma in i systemet och orsaka stopp i kylvattenpumparna. Speciella filter för att hålla ålar ute finns tillgängliga i bland annat Storbritannien [12]. Författarna föreslår därför att man utreder möjligheten i att installera filter, vilket både skulle kunna minska utryckningarna under ålår och skona ett antal av dessa fridlysta djur.

6.4 Bärbar stationsdator

Frågeställningen om att kunna ha en bärbar dator med liknande funktionalitet som HMI är väldigt mångfacetterad och komplex. En teknisk lösning i form av VPN är fullt möjlig att installera på befintliga system och utvecklingen går tveklöst rikting mot mer fjärrstyrning.

VPN är en vanligt förekommande uppkoppling som används hos många företag och är förhållandevis lätt att implementera. Kommunikationen fungerar så att när uppkoppling på distans är etablerad, behandlas datatrafiken som om de vore på samma lokala nätverk. Vid fjärråtkomst (remote access) skulle vakthavande ges möjligheten att hela tiden se stationsdatorns information. TCP/IP är även detta en vanlig typ av kommunikation. Dess funktion är att förmedla datagram (data-informationspaket) från avsändare till mottagare på ett snabbt sätt via IP-adresser som tilldelas vid installation. Ett väl utfört VPN över TCP/IP tillsammans med ytterligare säkerhetsfunktioner ger en hög IT-säkerhet. [13, 14]

Införande av fjärrkontroll via VPN kräver ett stort projekt med flera sorters expertis på central nivå och pågår troligen redan i någon form. Ett problem med fjärrkontroll är att en maskinist som känner sin anläggning kan få otroligt mycket mer information genom att bara befinna sig på plats än vad någon dator kan erbjuda. En av ingenjörerna berättade om hur man lät bli att bygga bullerdämpande skiljeväggar mellan driftrum och maskinhall i Lilla Edet för att *”…operatören ska höra och känna felet innan larmet har löst ut…”*. Vidare framkom i samtalen att flera av de mest omfattande haverierna har börjat som mindre larm där vakthavande till exempel ryckt ut på ett larm om onormal nivå bara för att vid ankomst på

stationen inse att ett rör brustit och det sprutar olja i taket. I det fallet hade en kvittering på distans med intentionen att fixa det dagen efter inneburit stor risk för ett allvarligare haveri.

En annan stor invändning mot fjärrstyrning är att det skulle sätta det fysiska skyddet ur spel, idag måste man ta sig till anläggningen och passera ett antal låsta och larmade dörrar för att nå stationsdatorn. Kraftverken längs Göta älv reglerar både älvens och Vänerns vattennivåer och en illasinnad obehörig skulle kunna orsaka stora skador om den fick tillgång till en sådan fjärrstyrning.

7 Slutsatser

En genomgång av stationernas larmlistor skulle ge en bättre överblick och även kunna få bort några onödiga utryckningar utan att behöva göra en stor investering. Detta skulle även underlätta för ny personal på Vattenfall och externa entreprenörer på anläggningarna.

En utredning av Lilla Edets kylvattensystem för att undvika ålarproblem skulle med fördel kunna genomföras i samband med ombyggnaden av dammen där.

Möjligheten att ha en bärbar stationsdator skulle vara förhållandevis enkel att implementera men måste föregås av en noggrann utredning av säkerhetsaspekterna. Ett litet första steg som nog ändå skulle kunna göra nytta hade varit att ge vakthavande tillgång till mer information om larmet före ankomsten till stationen och kanske även en bild om exempelvis flöden och temperaturer för att på så vis kunna skapa sig en bild av problemen redan på väg dit. DC skulle till exempel kunna skicka den fullständiga larmtexten, något som även skulle minska effekterna av att bli väckt på natten av ett larmsamtal.

Effektiviseringsmöjligheter för larmhanteringen finns säkerligen, den nedåtgående utryckningstrenden visar på detta, och varje minskning i utryckningar bidrar till en besparing eller positiv omfördelning av resurser.

Referenser

[1] Vattenfall, *"Vattenfalls kraftverk"*, 2018. [Online] Tillgänglig: https://powerplants.vattenfall.com, hämtad: 2018-06-10.

[2] C. Lyrehed, "*Kartläggning och analys av larm i storskaliga vattenkraftstationer.*" examensarbete, Institutionen för teknik, matematik och datavetenskap, Högskolan Trollhättan/Uddevalla, Trollhättan, Sverige, 2004. [Online]. Tillgänglig: http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:214978/FULLTEXT01.pdf, hämtad: 2018-05-16.

[3] L. Holmblad, *metodik_x_jobb_lp4_vt18.pdf,* Högskolan Väst, opublicerat material, 2018

[4] R.Patel, *Forskningsmetodikens grunder.* 4. Uppl. Lund: Studentlitteratur, 2011.

[5] M. Björklund, och U. Paulsson, *Seminarieboken: att skriva, presentera och opponera.* Uppl.2, Lund, Sverige, Studentlitteratur, 2003.

[6] Vattenfall*, "Så fungerar vattenkraft"* 2018. [Online] Tillgänglig: https://corporate.vattenfall.se/om-energi/el-och-varmeproduktion/vattenkraft/sa-fungerar-vattenkraft/ hämtad: 2018-05-14.

[7] Svensk Elstandard, *SEK Teknisk rapport 61850-1*. Kista, SEK Svensk Elstandard, 2013.

[8] K A. Jacobsson, m.fl., *Elkraftshandboken Elkraftsystem 1*. 3 uppl, Stockholm, Sverige, Liber, 2016.

[9] D. Rasmusson, Vattenfall Vattenkraft, privat kommunikation, april-maj. 2018.

[10] P. Olsson, Vattenfall Vattenkraft, privat kommunikation, maj. 2018.

[11] Trollhättans kraftstation, Olidan och Hojum, Stationsstyrning PLC-HMI, Vattenfall Vattenkraft, internt dokument, 2009

[12] Rotorflushfilters Ltd, "*Product details"*, 2018. [Online]. Tillgänglig: https://www.rotorflush.com/knowledge-base/product-details/filters-strainers-to-275m3/ hämtad: 2018-05-11.

[13] Microsoft, "*Microsoft Security Techcenter,"* 2017. [Online]. Tillgänglig: https://portal.msrc.microsoft.com/en-us/security-guidance/releasenotedetail/313ae481-3088-e711-80e2-000d3a32fc99, hämtad: 2018-05-09.

[14] IBM Knowledge center, "*TCP/IP protocols*", 2017. [Online]. Tillgänglig: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/ssw_aix_71/com.ibm.aix.networkcomm/tcpip_protocols.htm, hämtad: 2018-05-17

Bilaga A: Feltyper per månad 2014-2017

Feltyp	Antal
Januari	**71**
Avbrott (elmatning)	11
Avvikande läge	2
Felaktigt eller bortfall av mätvärde	2
Igensättning	7
Läckage	5
Onormal nivå	8
Onormal temp	9
Onormalt tryck	6
Onormal temp	1
Onormalt flöde	4
Onormalt tryck	2
Programvarufel/hårdvarufel	14
Övrigt (ange skada i fritextfält)	**41**
Februari	2
Avbrott (elmatning)	5
Felaktigt eller bortfall av mätvärde	2
Kärvning	9
Läckage	7
Onormal nivå	3
Onormal temp	10
Programvarufel/hårdvarufel	1
Varmgång/glappkontakt	2
Övrigt (ange skada i fritextfält)	**16**
Mars	4
Avbrott (elmatning)	4
Felaktigt eller bortfall av mätvärde	1
Inbrott	1
Jord fel	1
Läckage	5
Onormal nivå	**33**
April	5
Avbrott (elmatning)	2
Avvikande läge	1
Felaktigt eller bortfall av mätvärde	4
Läckage	5
Onormal nivå	1
Onormal temp	4
Programvarufel/hårdvarufel	11
Övrigt (ange skada i fritextfält)	**71**

Feltyp	Antal
Maj	**58**
Avbrott (elmatning)	3
Avvikande läge	9
Felaktigt eller bortfall av mätvärde	2
Glapp (mekaniska leder)	2
Igensättning	15
Inbrott	13
Isolationsfel	2
Jord fel	1
Läckage	3
Onormal nivå	8
Onormal temp	**48**
Juni	1
Onormalt flöde	1
Onormalt tryck	4
Övrigt (ange skada i fritextfält)	8
September	**6**
Avbrott (elmatning)	1
Avvikande läge	10
Felaktigt eller bortfall av mätvärde	1
Igensättning	2
Inbrott	16
Ingen avvikelse konstaterad	**50**
Augusti	**58**
Avbrott (elmatning)	3
Avvikande läge	9
Felaktigt eller bortfall av mätvärde	2
Glapp (mekaniska leder)	2
Igensättning	15
Inbrott	13
Isolationsfel	2
Jord fel	1
Läckage	3
Onormal nivå	8
Onormal temp	**48**
Juni	1
Onormalt flöde	1
Onormalt tryck	4
Överslag	2
Övrigt (ange skada i fritextfält)	8
September	**6**
Avbrott (elmatning)	1
Avvikande läge	10
Felaktigt eller bortfall av mätvärde	1
Igensättning	2
Inbrott	16
Ingen avvikelse konstaterad	**50**
Isolationsfel	1
Jord fel	8
Läckage	3
Onormal nivå	4
Onormal temp	1
Onormalt tryck	1
Varmgång/glappkontakt	1
Övrigt (ange skada i fritextfält)	1
Oktober	**10**
Avbrott (elmatning)	2
Avvikande läge	15
Felaktigt eller bortfall av mätvärde	4
Isolationsfel	5
Jord fel	4
Läckage	1
Onormal nivå	11

Feltyp	Antal
Oktober	**63**
Avbrott (elmatning)	10
Avvikande läge	2
Felaktigt eller bortfall av mätvärde	9
Isolationsfel	2
Jord fel	2
Läckage	1
Onormal nivå	19
Onormal temp	2
Onormalt tryck	6
Programvarufel/hårdvarufel	4
Varmgång/glappkontakt	1
Övrigt (ange skada i fritextfält)	3
November	**32**
Avbrott (elmatning)	6
Brott/spricka	1
Felaktigt eller bortfall av mätvärde	1
Kärvning	5
Läckage	6
Onormal nivå	9
Onormal temp	6
Onormalt tryck	1
Programvarufel/hårdvarufel	4
Övrigt (ange skada i fritextfält)	3
December	**54**
Avbrott (elmatning)	12
Avvikande läge	1
Felaktigt eller bortfall av mätvärde	7
Igensättning	3
Isolationsfel	1
Kortslutning	1
Kärvning	1
Onormal nivå	1
Onormal temp	8
Onormalt tryck	3
Övrigt (ange skada i fritextfält)	5
Totalsumma	**555**
Onormal temp	2
Onormalt tryck	6
Programvarufel/hårdvarufel	1
Övrigt (ange skada i fritextfält)	5

Bilaga B: Utdrag ur larmlistor för Hojumstationen

ID	Adress	Text	FG	FG Förklaring	FD	L	S	Lo	Fj	A	Omk	Omk Förklaring
12000	I 0.0	Hojum Stationsdator DC/DC Don Fel	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12001	I 0.1	TK1M2 Hojum Fasningsutrustning Fel	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12002	I 0.2	FS12002 - TK1M2-SD1 - I 0.2	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12003	I 0.3	TK1M2 Hojum Reläskydd Avstängt	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12004	I 0.4	TK1M2 Hojum Mätterminal MT1/MT2 Fel	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12005	I 0.5	FS12005 - TK1M2-SD1 - I 0.5	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12006	I 0.6	TK1M2 Hojum Läckvattennivå Mur +40 Hög	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12007	I 0.7	TK1M2 Hojum Motorskydd Läckvattenpump Mur +40 Utlöst	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12008	I 1.0	TK1M2 Hojum Pumpgrop. Vattenstånd Översvämmning Hög	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12009	I 1.1	TK1M2 Hojum Oljevarnare Pumpgrop Aktiverad	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12010	I 1.2	TK1M2 Hojum Turbokompressor Utlöst	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12011	I 1.3	TK1M2 Hojum Iskravning Pågår	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12012	I 1.4	TK1M2 Hojum AS1 Avloppstank Larm	18	Hojum Allmänt Litet larm	20 s	J	N	J	J	J	22	Ingen
12013	I 1.5	TK1M2 Hojum AS2 Avloppstank Larm	18	Hojum Allmänt Litet larm	20 s	J	N	J	J	J	22	Ingen
12014	I 1.6	TK1M2 Hojum AS10 Ventilation A-Larm	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12015	I 1.7	TK1M2 Hojum AS10 Ventilation B-Larm	18	Hojum Allmänt Litet larm	20 s	J	N	J	J	J	22	Ingen
12016	I 2.0	TK1M2 Hojum AS11 T45 Värmeåtervinning A-Larm	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12017	I 2.1	TK1M2 Hojum AS11 T45 Värmeåtervinning B-Larm	18	Hojum Allmänt Litet larm	20 s	J	N	J	J	J	22	Ingen
12018	I 2.2	TK1M2 Hojum AS12 T56 Värmeåtervinning A-Larm	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12019	I 2.3	TK1M2 Hojum AS12 T56 Värmeåtervinning B-Larm	18	Hojum Allmänt Litet larm	20 s	J	N	J	J	J	22	Ingen
12020	I 2.4	TK1M2 Hojum AS13 Ventilation A-Larm	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12021	I 2.5	TK1M2 Hojum AS13 Ventilation B-Larm	18	Hojum Allmänt Litet larm	20 s	J	N	J	J	J	22	Ingen
12022	I 2.6	TK1M2 Hojum AS30 Ventilation A-Larm	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12023	I 2.7	TK1M2 Hojum AS30 Ventilation B-Larm	18	Hojum Allmänt Litet larm	20 s	J	N	J	J	J	22	Ingen
12024	I 3.0	G14 eller G15 Läckvatten Sugrör Högt	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12025	I 3.1	G14_G15_G16 Kylvatten Katastrofventiler Skåp AS4 A-Larm	17	Hojum Allmänt Stort larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen
12026	I 3.2	G14_G15_G16 Kylvatten Katastrofventiler Skåp AS4 B-Larm	18	Hojum Allmänt Litet larm	20 s	J	N	J	J	J	22	Ingen
12027	I 3.3	Inbrottslarm utlöst skalskydd	18	Hojum Allmänt Litet larm	20 s	N	J	J	J	J	22	Ingen

Förklaring kolumnförkortningar

ID	Identitetsnummer
Adress	Adress i PLC
Text	Text på felsignal
FG	Fjärrgrupp, nummer
FG Förklaring	Fjärrgrupp, förklarande text
FD	Fördröjningstid
L	Litet Larm
S	Stort Larm
Lo	Lokalt larm
Fj	Fjärrlarm
A	Aktiverat
Omk	Tillhör objektsomkopplare, nummer
Omk Förklaring	Tillhör objektsomkopplare, förklarande text

Bilaga C: Intervjuguide

Samtal med Daniel Rasmusson

Funktion och uppbyggnad av vattenkraftanläggningarna i Olidan, Hojum, Lilla Edet och Vargön. Allmän funktion av vattenkraftanläggningar. Vattnets väg, beskrivning av de olika beståndsdelarna såsom turbin, generator, byggnader, utskov, reservsystem etc.

Historik om anläggningarna.

Vad är fördelar och nackdelar med larmsystemet? Hanteringen av denna? Återkommande larm och åtgärder?

Bärbar stationsdator.

Återrapportering och redovisning av larm.

Åtgärder vid akut stopp av turbin? Hur går det till? Vad exakt händer? Vilka system är inblandade?

Kylvattenpumpar och ålar.

Tidsintervall på små och stora revisioner? Vad åtgärdas vid respektive revision?

Hur hanteras/åtgärdas ”kända fel”?

Samtal med Peter Ohlsson

Larmsystemets uppbyggnad. Från givare till DC och tillbaka.

Reglersystem. Uppbyggnad samt funktion.

Larmsystemets driftsäkerhet och sårbarhet?

Framtida projekt.