

# RAPPORT



**Statkraft Grøner**

**POSTADRESSE:**

**Statkraft Grøner AS**  
Postboks 400,  
1327 LYSAKER  
67 12 80 00  
67 12 58 40  
post@statkraftgroner.no

**TELEFON:**  
**TELEFAKS:**  
**E-POST:**

Dato: 28.02.02

Rapport nr.: 120 060-R01

Prosjekt nr.: 120 060

Prosjekt navn: **Revisjon av Publikasjon nr 261 - 1978**

Client: **EBL Kompetanse AS**

## Hjelpkraftforsyning i kraftstasjoner

Emneord:

**Beskrivelse av veksel- og likestrømsanlegg i kraftstasjoner**

Sammendrag:

Denne rapport er en revisjon av:

Publikasjon nr 261 – 1978:

”Lavspenningsanlegg for veksel- og likestrøm i kraftverk og transformatorstasjoner”.

Rapporten omhandler nyere tekniske systemløsninger og generell informasjon om aktuelle hovedkomponenter som normalt inngår.

Rapporten er inndelt i 3 hovedavsnitt:

- Hjelpforsyning AC
- Hjelpforsyning DC
- Avbruddsfri AC-forsyning

|                                                  | Rev.                                                               | Dato     | Sign. |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------|-------|
| Utarbeidet av: Frode Ålhus                       |                                                                    | 28.01.02 |       |
| Kontrollert av: Steinar Rosseland                |                                                                    | 28.02.02 |       |
| Prosjektleder:<br><br>John Parr / avd. Kraftverk | Ansvarlig Statkraft Grøner:<br><br>Jon Arne Wiken / avd. Kraftverk |          |       |

## Innholdsfortegnelse

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 1 Hjelpekraftforsyning i kraftstasjoner .....            | 3  |
| 2 Hjelpeforsyning AC .....                               | 5  |
| 2.1 Innledning.....                                      | 5  |
| 2.2 Systemoppbygging .....                               | 6  |
| 2.2.1 Generelle prinsipper .....                         | 6  |
| 2.2.2 Innmatningsprinsipper.....                         | 7  |
| 2.2.3 Nettsystem, IT- eller TN. ....                     | 10 |
| 2.2.4 Nødstrøm- / reservekraftforsyning .....            | 14 |
| 2.2.5 Elektriske og elektromagnetiske forstyrrelser..... | 15 |
| 2.2.6 Dimensjonering .....                               | 18 |
| 2.3 Komponenter .....                                    | 21 |
| 2.3.1 Hovedfordeling.....                                | 21 |
| 2.3.2 Sikringer .....                                    | 22 |
| 2.3.3 Overvåkningsutstyr .....                           | 25 |
| 2.3.4 Stasjonstransformator .....                        | 26 |
| 2.3.5 Kabler .....                                       | 27 |
| 2.3.6 Diesellaggregat.....                               | 28 |
| 3 Hjelpeforsyning DC .....                               | 30 |
| 3.1 Innledning.....                                      | 30 |
| 3.2 Systemoppbygging .....                               | 32 |
| 3.2.1 Generelle prinsipper .....                         | 32 |
| 3.2.2 Batterisystem.....                                 | 34 |
| 3.2.3 Styrestrøm .....                                   | 35 |
| 3.2.4 Dimensjonering .....                               | 37 |
| 3.3 Komponenter .....                                    | 44 |
| 3.3.1 Hovedfordeling.....                                | 44 |
| 3.3.2 Batteri .....                                      | 44 |
| 3.3.3 Batterisikring.....                                | 48 |
| 3.3.4 Overvåkningsutstyr .....                           | 50 |
| 3.3.5 Ladelikereettere.....                              | 53 |
| 4 Avbruddsfri AC forsyning .....                         | 54 |
| 4.1 Innledning.....                                      | 54 |
| 4.2 Systemoppbygging .....                               | 54 |
| 4.2.1 Generelle prinsipper .....                         | 54 |
| 4.2.2 Dimensjonering .....                               | 54 |
| 4.3 Komponenter .....                                    | 55 |
| 4.3.1 Vekselrettere.....                                 | 55 |
| 4.3.2 Statisk UPS.....                                   | 56 |
| 5 Referanser.....                                        | 57 |

## 1 Hjelpekraftforsyning i kraftstasjoner

Hjelpekraftforsyningen i kraftstasjoner kan deles inn i to hovedsystemer: hjelpesystem med vekselstrøm AC og hjelpesystem med likestrøm DC.

Hjelpesystem AC blir i hovedsak benyttet til å forsyne motorer, batteriladere samt til lys, varme, ventilasjon, etc.

De viktigste enheter i AC systemet er hovedfordeling med brytere og sikringer, stasjonstransformatorer, dieselaggregat, etc.

Hovedfordelingen kan være oppdelt i flere enheter, alt etter anleggets størrelse og kompleksitet. Samleskinnen kan være oppdelt i en seksjon for prioritert- og en seksjon for uprioritert last.

Det inngår ofte flere stasjonstransformatorer koblet slik at innmatning kan skje fra flere kilder.

Et dieselaggregat som ivaretar stasjonens behov for nød- eller reserve-kraft, kan også inngå.

Hjelpesystem DC benyttes i hovedsak til forsyning av styrestrøm til kontrollanlegget. Men også matespenning til diverse elektronisk utrustning og likestrømsmotorer kommer fra DC anlegget.

Hjelpesystem DC består av batterier, batteriladere og overvåkningsenheter i tillegg til hovedfordeling med brytere og sikringer.

Hjelpesystem DC kan variere i utførelse, avhengig av stasjonens størrelse og kompleksitet.

En avbruddsfri AC forsyning i en eller annen form kan også inngå ved behov.

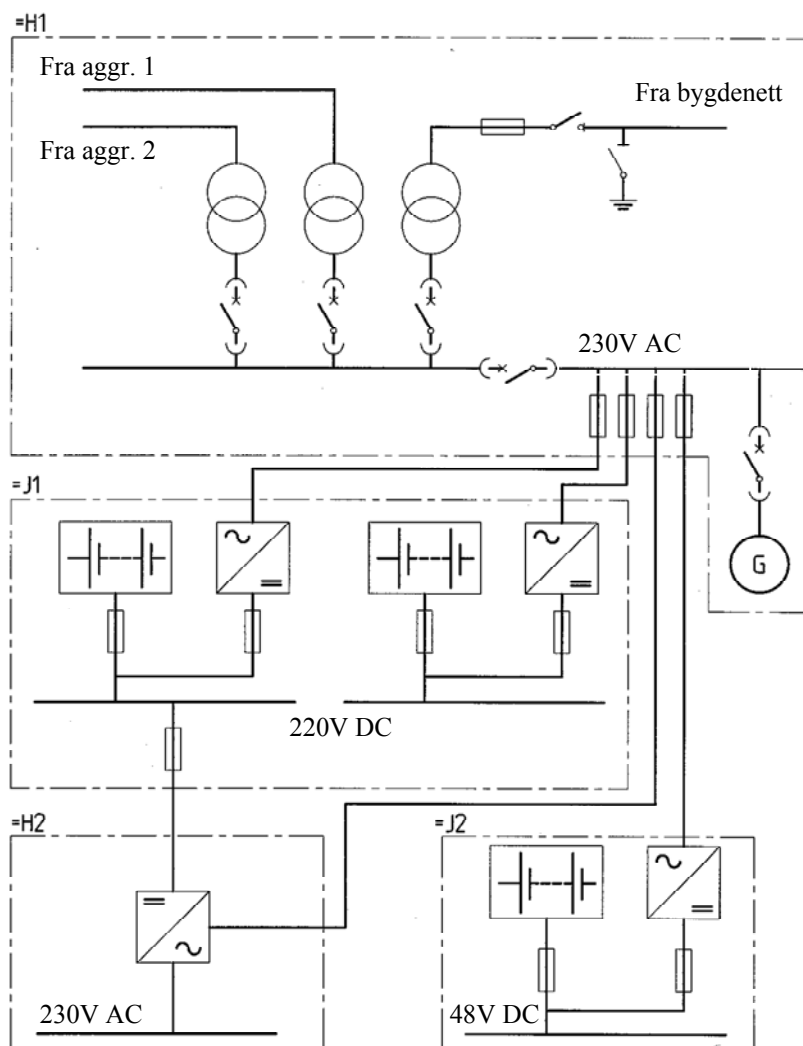
Før planlegging og dimensjonering av hjelpesystemene er en viktig å definere hvilke forutsetninger som skal ligge til grunn for utførelsen. Krav til pålitelighet, driftstid, tilgjengelighet, sikkerhet for personell / utstyr og myndighetskrav er viktige forhold som vil ha betydning for oppbyggingen.

Denne rapport omtaler de prinsipper, systemer og komponenter som benyttes i denne type hjelpeforsyninger og som er tilgjengelig i markedet.

Figur 1.1 viser et eksempel på hvordan et typisk hjelpeforsyningsanlegg kan utføres. Hjelpesystem AC har 2 interne og 1 ekstern innmatning samt reservekraftforsyning fra dieselaggregat. Et AC system med avbruddsfri kraft finnes også. Hjelpesystem DC ivaretar behovet for likestrøm.

Figuren er inndelt i funksjonsgrupper i h.t. gjeldene normer:

- =H1 Hjelpesystem 230V AC
- =H2 Vekselrettersystem 230V AC
- =J1 Hjelpesystem 220V DC
- =J2 Hjelpesystem 48V DC



Figur 1.1

## 2 Hjelpeforsyning AC

### 2.1 Innledning

Dette kapittelet inneholder tekniske beskrivelser og funksjonelle anbefalinger til et hjelpesystem AC.

I tillegg til teknisk gode prinsipper, må den praktiske utførelsen tilpasses forholdene i den aktuelle kraftstasjon slik at også sikkerheten ivaretas.

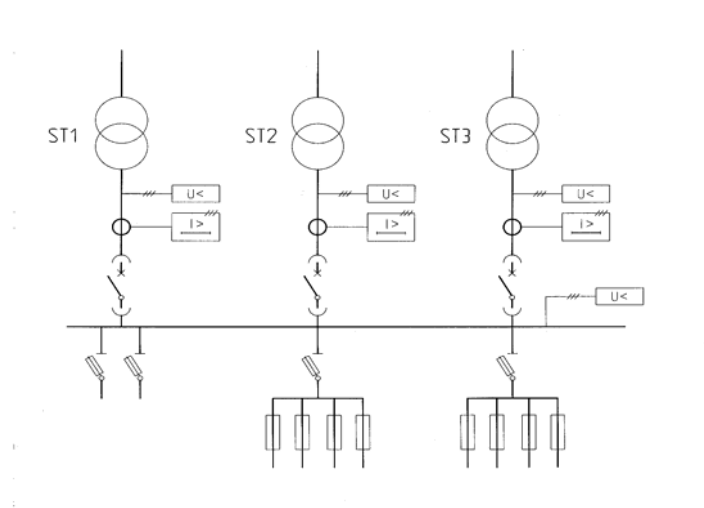
Myndighetskravene ivaretas av:

- Forskrifter for elektriske anlegg, Forsyningsanlegg (FEA-F)
- Elektriske lavspenningsanlegg - Installasjoner (NEK 400)
- Retningslinjer for sikring av kraftforsyningsanlegg (RSK)

Forsyningsikkerheten ivaretas best ved å benytte mer enn en innmatning. Aktuelle kilder er stasjonens aggregat(er), lokalt høyspentnett, dieselaggregater eller andre hjelpekraftaggregater.

Et eksempel på en forsyning fra 3 uavhengige kilder er vist i figur 2.1.

ST 1 og ST 2 blir forsynt fra stasjonens aggregater mens ST 3 forsynes fra det lokale høyspentnett.



Figur 2.1.

AC benyttes til funksjoner i anlegget som ved et spenningsavbrudd ikke medfører at en kritisk situasjon oppstår. Eksempler på dette er forsyning til pumper, kompressorer, batteriladere og til lys, varme, ventilasjon, etc.

Funksjoner som er avhengig av strømtilførsel i alle situasjoner, må tilføres hjelpekraft fra dieselaggregat. Samleskinnen blir da delt i en uprioritert- og en prioritert side ved hjelp av en seksjoneringsbryter i mellom.

Dersom en absolutt avbruddsfri hjelpekrafttilførsel er nødvendig, kan UPS (vekselretter) benyttes.

## 2.2 Systemoppbygging

### 2.2.1 Generelle prinsipper

Avsnittet beskriver forskjellige hovedprinsipper for vekselstrømsforsyning i kraftstasjoner.

Disse prinsippene er basert på innmatning fra flere uavhengige kilder til kraftverkets hovedfordeling og innbyrdes automatisk omkobling.

Avsnittet omhandler også en del informasjon og betraktninger rundt de forskjellige nettsystemer som benyttes i dag.

Det hittil mest benyttede nettsystem er IT- systemet på 3 x 230V, dvs. et isolert trefasesystem med nullpunktet isolert fra jord eller forbundet til jord via en tilstrekkelig høy impedans.

Transformatornullpunktet er i praksis ofte tilkoblet jord via et gjennomslagvern (nullpunktsikring).

Driftserfaringene med denne typen isolert system er stort sett gode.

Nullpunktsikringen punkteres sjelden av overspenninger siden kabelnettet som oftest har en meget begrenset utstrekning. Fordelen er at systemet kan drives selv om det oppstår en jordfeil i nettet.

I den senere tid er problemer med elektrisk støy kommet mer og mer i fokus. Her har systemet en svakhet i og med sin uklare kobling mot jord.

Nå blir det imidlertid mer og mer vanlig å benytte en eller annen form for TN system, gjerne med 3 x 400V mellom fasene og 230V mellom fase og N. Dette systemet er direkte tilkoblet jord, vanligvis i N-punktet.

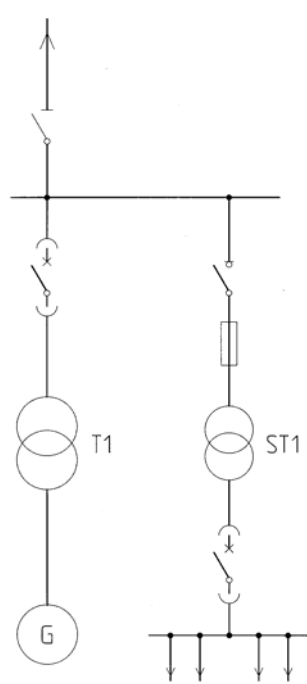
Jordfeil i et slikt nett må føre til en selektiv utkobling av anleggsdelen hvor jordfeilen befinner seg. Systemet er mindre sårbart for overspenninger og har mindre elektriske støyproblemer.

### 2.2.2 Innmatningsprinsipper

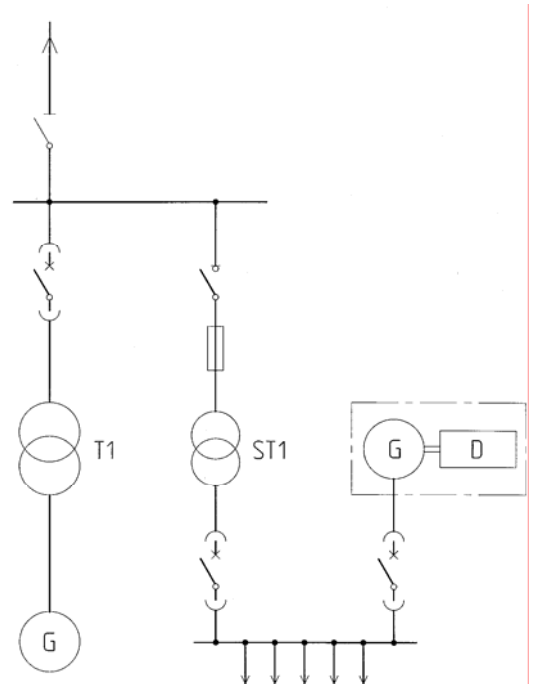
Her vises de vanligste alternativene som blir benyttet i dag.

For hvert alternativ finnes individuelle variasjoner, og endelig løsning må tilpasses det enkelte anlegg etter sikkerhetsmessige, tekniske og økonomiske vurderinger.

Figur 2.2 viser en enkel løsning som benyttes på mindre stasjoner tilknyttet eksempelvis et 22 kV-nett. Her er det kun en linje inn, og stasjonstransformatoren mates fra samleskinne. Dersom linjen faller og aggregatet ikke kan gå på eget nett, blir stasjonens AC forsyning spenningsløs.



Figur 2.2

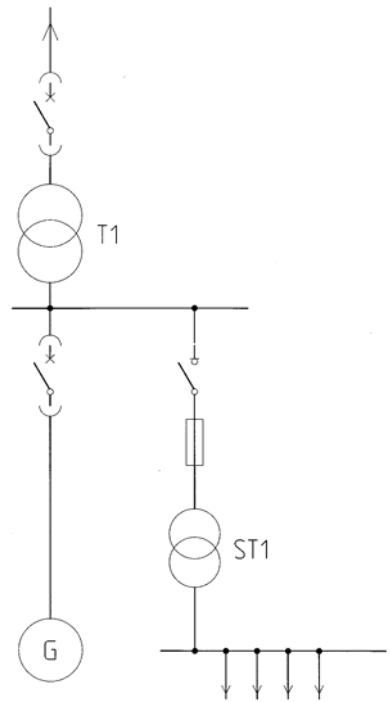


Figur 2.3

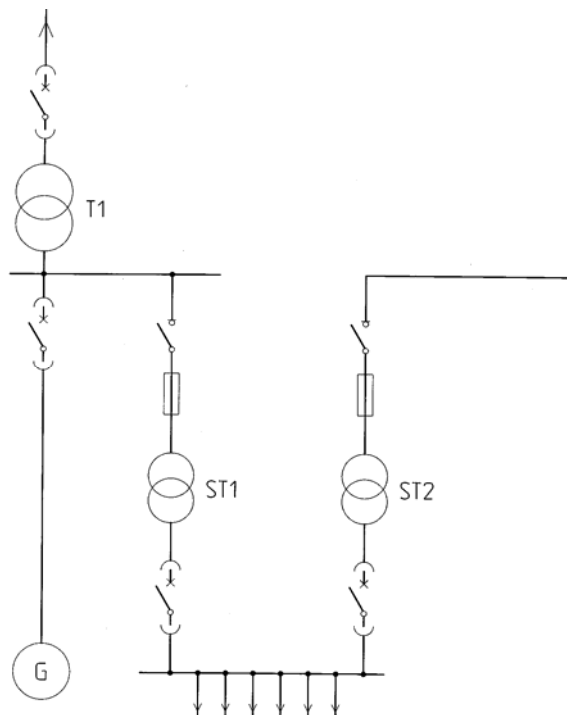
Figur 2.3 har i tillegg et dieselagg for å sikre stasjonsforsyningen ved bortfall av 22kV. Dieselaggregatet dimensjoneres for å ivareta hele AC hjelpeforsyningens effektbehov. Ved mindre anlegg er det lite aktuelt å dele opp samleskinnen i prioritert og uprioritert del.

Dieselaggregatet starter automatisk når ST1 blir spenningsløs, og det er på drift inntil 22 kV spenningen er blitt stabil igjen

Figur 2.4 viser en enkel løsning ved nettspenning over 22 kV. Stasjonstransformatoren mates på generator-spenningsnivå og denne løsningen krever effektbryter mellom generator og hovedtransformator.



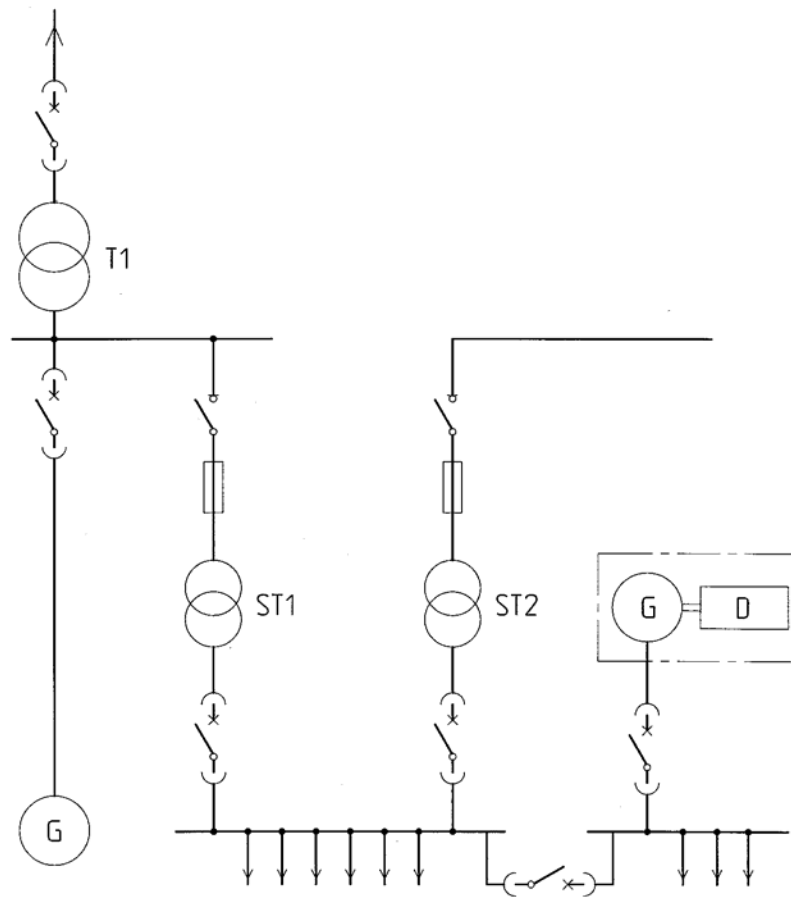
Figur 2.4



Figur 2.5 har i tillegg en innmatning fra et lokalt 22 kV nett som medfører 2 stk stasjonstransformatorer og omkoblingsautomatikk mellom ST1 og ST2.

Figur 2.5

Dersom det er behov for diesellaggregat som reserve-/nødforsyning samtidig som stasjonens totale forbruk er høyt, bør samleskinnen deles opp i en prioritert- og uprioritert side med en effektbryter imellom, se figur 2.6. Denne løsningen medfører at diesellaggregatet kan dimensjoneres til en mindre ytelse enn det som ellers ville være nødvendig.



Figur 2.6

### 2.2.3 Nettsystem, IT- eller TN.

En vurdering av hvilken type fordelingssystem og spenningsnivå som er mest hensiktsmessig bør gjøres i en tidlig fase i planleggingen.

Stikkord i disse vurderinger er nettets utstrekning, maksimallast, sammenfall av last, termiske påkjenninger og spenningsfall.

Muligheter for atmosfæriske overspenninger må også vurderes.

Et 400V system vil medføre lavere laststrøm, spenningsfall, effekttap og kortslutningsstrømmer enn et 230V system og vil derfor i de fleste tilfeller være gunstig.

Den største forskjellen på systemene under drift er antakeligvis deres jordingsforhold og krav ved jordfeil.

Et IT-nett kan være i drift med en jordfeil, mens et TN-nett må kobles ut ved første jordfeil.

#### **IT-nett**

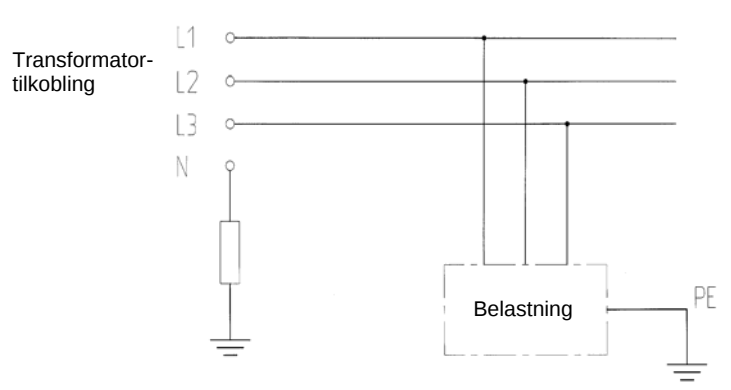
I et IT system er alle spenningsførende deler isolert fra jord. Ett punkt kan imidlertid være jordet over en høy impedans. Det mest vanlige er at transformatorens sekundære nøytralpunkt er koblet til jord via et gjennomslagvern. Ved overspenninger som eksempelvis skyldes atmosfæriske forstyrrelser eller koblinger, vil vernet ”åpne” mot jord og dermed begrense spenningsstigningen.

Utsatte ledende deler i installasjonen er jordet til systemjord.

IT nett er mest benyttet der nominell spenning mellom faser er 230V. Nettsystemet er også benyttet for spesielle formål hvor den nominelle spenning kan være 690V eller 1000V.

Et anlegg med isolert nøytralpunkt har den fordel at anlegget ikke må kobles ut ved første jordfeil. Varsling av jordfeil er absolutt å foretrekke slik at feilen kan utbedres.

Utsatte anleggsdeler vil stå med farlig berøringsspenning helt til anlegget er koblet fra og feilen utbedret. IT-systemets prinsipp er vist i figur 2.7.



Figur 2.7

### Fordeler og ulemper ved IT-nett med 230V:

#### Fordeler.

- Et nett med isolert nøytralpunkt kan drives videre med en jordfeil. Dette kan være av betydning for anlegg som krever høy tilgjengelighet.
- Ved bruk av isolasjonsovervåkning med varsling av jordfeil og i enkelte tilfeller også utkobling, oppnås en god driftssikkerhet, personsikkerhet og brannsikkerhet.

#### Ulemper:

- En enpolet jordslutning vil ikke forårsake sikringsutkobling. Denne kan dermed bli stående over lengre tid dersom det ikke finnes overvåkning. Selv om jordslutningen ikke er særlig stor, representerer den allikevel en viss fare.
- To jordfeil i forskjellige faser kan gi store sirkulerende jordstrømmer dersom ikke sikringene løser ut. Det kan resultere i både berøringsfare og brann.
- Dårligere overføringsevne enn ved 230/400V. For å unngå større tap og spenningsfall, må kabelverrsnitt, startapparater og utstyr dimensjoneres kraftigere enn ved 230/400V.

### 690 V og 1000 V IT-nett:

Stasjoner med lange avstander og store motorytelser kan ha behov for høyere overføringsspenning. Da kan 690 V eller 1000 V benyttes som delsystem.

Fordelene er mindre strøm, mindre kabelverrsnitt og mindre spenningsfall.

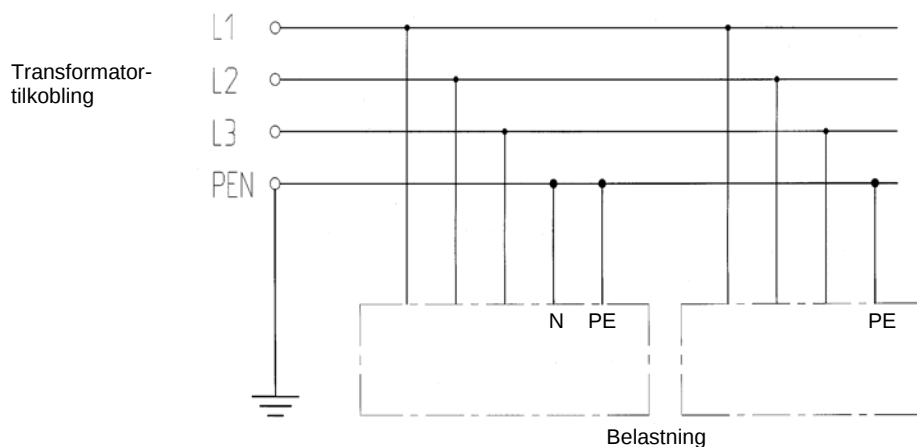
Det kan redusere en eventuell varmgang ved dårlige kontakter og forbindelser i forhold til vårt tradisjonelle 230V anlegg. Dermed oppnås også en større brannsikkerhet.

## TN-nett

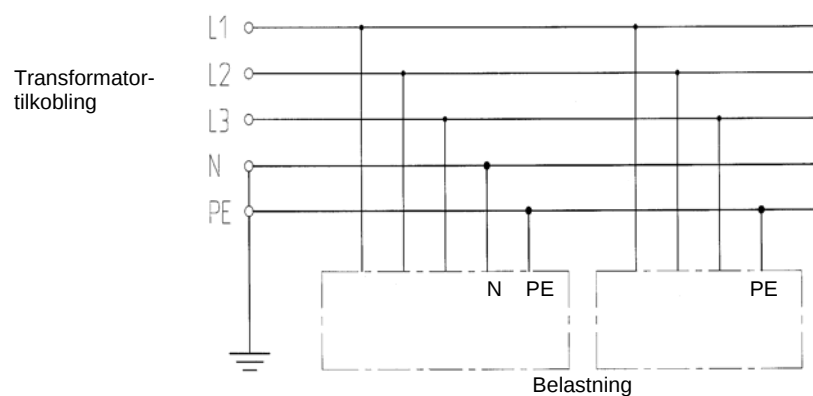
TN-nett er et fordelingssystem med spenningsnivå på 230/400V og har direkte jordet nøytralpunkt

Anlegget kan utføres på forskjellige måter:

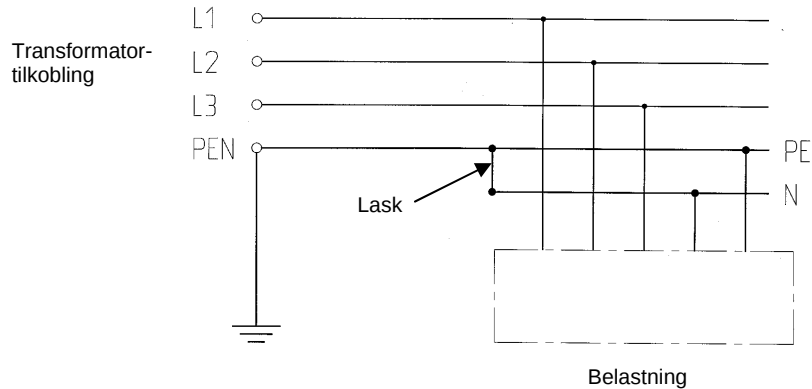
- TN-C-system med 3 faseledere og kombinert jord- og nøytralleder (PEN-leder), figur 2.8.
- TN-S-system med 3 faseledere, nøytralleder (N-leder) og jordleder (PE-leder), figur 2.9.
- TN-C-S-system med 3 faseledere, nøytralleder (N-leder) og jordleder (PE-leder), figur 2.10. Nøytral- og jordleder er kombinert i en leder (PEN leder) i en del av systemet, frem til første fordeling etter transformatoren.



Figur 2.8. TN-C-system



Figur 2.9. TN-S-system



Figur 2.10. TN-C-S system

I kraftverk vil et anlegg for 400V AC hjelpespenning vanligvis bli utført som et TN-C-S-system, der stasjonens jordingssystem benyttes som jordleder (PE-leder). 230V kurser tas ut mellom faseleder og nøytralleder.

### Fordeler og ulemper ved TN-nett

#### Fordeler:

- Nettets impedans mot jord blir så lav at systemjordingen virker dempende på overspenninger
- Systemet har mindre elektriske støyproblemer på grunn av sin kobling mot jord
- En enpolet kortslutning mot jord vil vanligvis føre til en så stor kortslutningsstrøm at den vil gi automatisk utkobling av den aktuelle kurs og dermed skille feilstedet fra nettet.

#### Ulemper:

- En enpolet kortslutning gir utkobling og stopper eventuelle prosesser, drift kan ikke oppnås før feilen er funnet.
- Jordslutningsstrømmene er vesentlig større enn i anlegg med isolert nøytralpunkt.
- Hvis det oppstår en jordfeil hvor strømmen ikke er stor nok til at sikringskursen blir koblet ut, kan dette medføre større fare enn ved en tilsvarende feil i et IT system.

### 2.2.4 Nødstrøm- / reservekraftforsyning

Betydningen av uttrykkene ”Nødstrømsforsyning” og ”Reservekraftforsyning” kan i noen sammenhenger være uklare og dermed bli forvekslet.

Direktoratet for brann- og elsikkerhet (DBE) har definert de to uttrykkene slik:

- Nødstrømsforsyning er en alternativ strømkilde, i tillegg til ordinær strømkilde. Slike systemer er pålagt installert av offentlig myndighet med formål å verne liv, helse eller materielle verdier ved svikt i hovedstrømforsyningen.
- Reservekraftforsyning er en alternativ strømkilde som byggeherren krever ut fra ønske om fortsatt drift ved brudd i ordinær nettforsyning.

I NVE's ”Retningslinjer for sikring av kraftforsyningsanlegg” (RSK) er krav til nødstrømsforsyning definert i forhold til kraftverket klassifisering.

Det er viktig at disse krav blir ivaretatt under prosjektering / utførelse av et hjelpeforsyningsanlegg.

Som nødstrøms- eller reservekraftforsyning finnes det flere alternativer, men det mest benyttede er dieselaggregat, og det plasseres helst i nærheten av hjelpeforsyningen. I fjellanlegg kan dette være vanskelig og her må plasseringen spesielt vurderes med hensyn til overføringstap, eksos, kabelkostnad etc.

### 2.2.5 Elektriske og elektromagnetiske forstyrrelser

I de senere år har det kommet nye generasjoner teknisk utstyr samt en stor økning i anvendelsen av denne typen utstyr i lavspennings installasjoner.

Dette gjelder også for utstyr som benyttes i kraftstasjoner.

Utstyret er ømfintlig for forstyrrelser utenfra samt at det selv kan generere forstyrrelser.

Elektromagnetisk kompatibilitet, EMC, er evnen utstyret har til å fungere uten å forårsake uakseptable forstyrrelser.

Evnen utstyret har til å fungere uten problemer når forstyrrelser opptrer, benevnes som Elektromagnetisk immunitet, EMI.

#### Nettilbakevirkning fra utstyr tilknyttet en installasjon

Elektronisk utstyr må regnes som ulineære belastninger, noe som vil bety at utstyret trekker overharmoniske strømkomponenter fra nettet. Disse strømmene vil kunne forårsake tap i overføringen og dermed fare for varmegang i de ulike komponenter. Med mye ulineær last tilknyttet et svakt nett, vil også spenningens kurveform kunne forvrenses. Alle avvik fra ren sinusspenning er forstyrrelse eller støy og kan grovt deles inn i:

- Tilfeldige forstyrrelser eller transienter
- Periodiske forstyrrelser

Hvis en forstyrrelse gjentas regelmessig, vil den kunne gi opphav til overharmonisk støy.

Årsaker til periodiske forstyrrelser kan være:

- Kraftelektronisk utstyr for styring av strøm og spenning
- Lysrøranlegg
- Transformatorer
- Lysbueprosesser
- Elektriske maskiner

De mest typiske lastkildene som genererer overharmoniske strømkomponenter er:

- Avbruddsfri strømforsyning (UPS)
- Belysningsutstyr (lysarmatur og spesielt reguleringsutstyr)
- Datautstyr
- Radio og TV-utstyr
- Frekvensomformere, mykstartere, ol.
- Teleteknisk utrustning, likerettere, etc.
- Kraftelektronisk utstyr generelt
- Lysbueprosesser

## Hjelpekraftforsyning i kraftstasjoner

De ulike lastkildene genererer overharmoniske ved å trekke strømmer av forskjellig frekvens. I tabellen under presenteres de typiske harmoniske strømkomponenter som de mest vanlige lastkildene genererer:

| Lastkilde                  | Harmonisk ( $f = H \cdot 50\text{Hz}$ ) |
|----------------------------|-----------------------------------------|
| Datautstyr                 | <b>3</b> (dominerende), 5 og 7          |
| Radio/TV/videoutstyr       | <b>3, 5, 7</b>                          |
| Lysstoff-rør               | 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19                 |
| Utladningslamper           | (3), <b>5</b> , 7                       |
| UPS med 6 puls likeretter  | <b>5, 7, 11, 13, 23, 25</b>             |
| UPS med 12 puls likeretter | <b>11, 13, 23, 25</b> , (noe 5, 7 )     |

Overharmoniske strøm- og spenningskomponenter i installasjoner kan forårsake følgende problemer:

- Overbelastning og redusert ytelse på motorer, transformatorer, generatorer
- Overbelastning av kondensatorer
- Overbelastning av nøytralledere
- Økte tap i linjer, kabler, transformatorer, ol.
- Telefonforstyrrelser
- Feilfunksjon på kontrollutstyr som baseres på tidspunkt for vekselstrømmens nullgjennomgang eller maksimalverdi
- Forstyrrelse av signalsystemer
- Funksjonssvikt på elektronisk utstyr

### Jording og elektromagnetiske støyforhold

Jordingsanlegget vil også kunne forårsake forstyrrelser ved at sirkulerende strømmer og/eller elektromagnetiske felt som skaper støyproblemer på informasjonsteknologisk utstyr.

### Kontaktsvikt

Elektriske forbindelser og kontaktpunkter kan svikte og forårsake ”spenningsdipp” og avbrudd i forsyningen. I tillegg kan evt. lysbuen som inntreffer i kontaktpunktet forårsake transienter, høyfrekvente forstyrrelser og varmgang.

### Elektronisk utstyrs følsomhet for forstyrrelser

Elektromagnetisk støy eller elektromagnetisk interferens (EMI), representerer også et betydelig problem og kan karakteriseres som elektromagnetisk "forurensning".

Som kilder til forstyrrelser på elektroniske utstyr kan nevnes

- Jordstrømmer
- Nettfrekvens
- Støytransienter i kraftnettet
- Nettforstyrrelser
- Høyfrekventstøy
- Logikksignaler
- Atmosfæriske og statiske utladninger
- Magnetiske felt

### Tiltak for å redusere elektromagnetiske forstyrrelser i en installasjon

Følgende tiltak kan forebygge og redusere de elektriske og magnetiske forstyrrelsene:

- Benytte et rendyrket 230/400 V TN-C-S system
- Fordele alle lineære og ulineære lastkilder så jevn som mulig mellom de ulike fasene
- Anvende mest mulig 400 V utstyr
- Benytte 12-puls likeretter i UPS'er, eventuelt 6-puls likeretter med harmonisk filter
- Optimalisere nettimpedansen, ved å øke stasjonstransformatorens ytelse.
- Sette strengere krav til kortslutningsimpedansen på transformatorer
- Installere lavfrekvent filter for lavfrekvente forstyrrelser, og radiostøyfilter for høyfrekvente forstyrrelser. Filter må være tilpasset installasjonenes spenningssystem.
- Kontrollere og evt. endre kapasitive ledd for å unngå resonans i systemet
- Benytte elektrostatisk skjerming på transformatorer i installasjoner som forsyner følsomt elektronisk utstyr
- Strukturere jordingsanlegget i installasjonen på en slik måte at lavfrekvente feilstrømmer kanaliseres til jordleder/skjerm i kraftkabel.
- Stille strengere krav til strømforsyningsenheten i elektronisk utstyr, jf. EMC-direktivet (FEU 95), dette gjelder både emisjon og immunitet
- Unngå at elektronisk utstyr og signalforbindelser plasseres i nærheten av transformatorer, skinneføringer, kraftkabler, ol.

### 2.2.6 Dimensjonering

De viktigste underlagsdataene for dimensjonering av vekselstrøms hjelpeforsyning er:

- IT eller TN system
- Spenningsnivå (230V eller 400V)
- Ytelse / antall stasjonstransformatorer
- Ytelse eventuelt dieselaggregat
- Kortslutningsstrøm samleskinne
- Seksjonert samleskinne (prioritert / uprioritert)
- Omgivelsesmiljø (temperatur, fuktighet etc)
- Plassering (frittstående eller mot vegg)
- Ytelse og antall utgående hovedkurser
- Antall og typer underfordelinger
- Krav til automatisk omkopling

Hjelpekraftbehovet til et kraftverk varierer med kraftverkets størrelse, antall aggregater, teknisk utstyr og layout, men de fleste har et hjelpekraft behov som ligger under 500kVA.

Av økonomiske hensyn er det selvsagt et ønske å holde størrelsen på stasjonsforbruket nede. Sett fra et teknisk synspunkt er det fristende å dimensjonere stasjonsforsyningen for å tåle summene av alle tenkelige belastninger og så legge inn en sikkerhetsmargin. En slik løsning vil kunne føre til en kraftig overdimensjonering av stasjonsforsyningen fordi det sjelden eller aldri oppstår situasjoner der alle forbrukere er koblet inn på samme tid. Videre er det slik at transformatoren generelt har en kraftig termisk reserve for kortvarige overbelastninger. Dette gjør at en i kortere periode kan tillate seg å ta ut betydelig mer enn det som er merkeytelsen på transformatoren. Ved dimensjonering av stasjonstransformatorer bør en ta hensyn til dette for å oppnå en best mulig kostnadseffektiv løsning.

Transformatorytelsen bestemmes dels av grunnlasten og dels av startforhold for tilkoblet motorlast. Hensynet til største tillatte kortslutningsstrøm for tilkoblet utstyr kan også være dimensjonerende.

Koblingsgruppe for transformatorer velges ut fra hensyn til fasefølge og nettsystem. Kobling Y/Y er egnet for isolert nett og kobling D/Y er egnet for jordet nett av hensyn til skjevbelastning ved feil fase/jord.

### 2.2.6.1 Selektivitet

Selektiv frakobling av enkeltkurser ved feil forutsetter at hovedanlegget har tilstrekkelig spenning og kortslutningsstrøm, og at fordelingskursene er dimensjonert slik at nødvendig utløsestrøm oppnås.

For hovedanlegg som har alternative tilførsler kan spennings- og kortslutningsforhold forandre seg ved omkobling. I stasjoner med interne fordelingsanlegg for vekselstrøm bestående av korte ledningskurser er det sjelden selektivetsproblemer. For et fåtall lange kurser viser erfaringer at kontroll med utløsebetingelsene er berettiget, fordi en akseptabel frakobling er avhengig av om kortslutningsstrømmen på feilstedet er så stor at vernet løser ut innen rimelig tid.

Frakoblingstiden avhenger av vernets utløsekurver (strøm/tidskurver), og det er viktig å merke seg at sikringer av ulik type kan ha forskjellige utløse-karakteristikker selv om sikringenes merkestrøm er identiske. Dette gjelder for proppsikringer og automatsikringer og kan være avgjørende for selektiviteten.

Utløsebetingelser ved kortslutningsfeil fremgår i leverandørkataloger.

For at seriekoblede sikringer skal arbeide selektivt, må ”smeltetiden” for forankoblet sikring være lenger enn den totale brytetid for etterfølgende sikring, eller uttrykt ved den energi som utvikles i tidsrommene.

$$\int_0^{t_s} i^2 dt > \int_0^{t_b} i^2 dt$$

$t_s$  er tidspunktet for begynnende ”smelting” i forankoblet sikring.

$t_b$  er tidspunktet for fullført bryting i etterfølgende sikring.

Dette er betingelsen for selektivitet mellom sikringer og gjelder også for selektivitet mellom sikring og etterfølgende automatsikring.

Verdiene av integralene ovenfor kan oppgis av fabrikanter av sikringer og automatsikringer,

(f. eks.  $3\,700\text{ A}^2\text{ s}$  for 35AT sikring, kortslutningsstrøm  $I_k < 1,5\text{ kA}$ ).

Som håndregel for dimensjonering av sikker selektivitet mellom seriekoblede sikringer av samme type velges forankoblet sikring med minst dobbelt merkestrøm. Dermed oppnås at smelteintegralet for forankoblet sikring er det dobbelte av bryteintegralet for etterfølgende sikring. Dette gir tilstrekkelig selektivitet og sikkerhet mot elding av forankoblet sikring.

For sikringer i anlegg med stor kortslutningsstrøm er det nødvendig med ekstra god selektivitet.

### 2.2.6.2 Spenning

Utover de krav som stilles til minimale kortslutningsstrømmer, må fordelingskursene også dimensjoneres slik at forbrukskomponentene får en spenning som gir tilfredsstillende funksjon. Dette stiller krav til både utgangsspenning på hovedfordelingen og til spenningsfall i kabler og ledninger.

Vekselstrømsanlegg har en forholdsvis stabil spenning (nær nominell verdi), og derfor kan det tillates forholdsvis høyt spenningsfall, opptil 10 %.

Spesielle spenningsforhold gjør seg gjeldende i stasjoner hvor stor motorlast automatisk innkobles samtidig etter strømavbrudd. Unormalt lav spenning i slike tilfeller kan skyldes ekstra spenningsfall i transformatorer når disse overbelastes. God margin mellom transformatorens merkeytelse og normal belastning anbefales, f.eks. forhold 2 : 1. Spenningsforholdene kan forbedres ved å begrense startstrømmen med startapparater eller et tidsforsinket oppstartprogram for motorene.

Ved omkopling bør lasten ikke være større enn 60-70% av nominell transformator- eller dieselaggregat ytelse, i motsatt fall kan spenningsfall og overlast forårsake havari/driftstans. Dette gjelder også ved omkopling mellom stasjonstransformatorer.

For å beregne  $\Delta u$  (spenningsreduksjon over transformator i %) kan følgende formel benyttes:

$$\Delta u = ((e_k \times P_N \times 5)/P_T) \%$$

$e_k$  = Kortslutningsimpedansen for transformator (%)

$P_N$  = Høyeste last (kVA) som forekommer kort tid etter en omkopling av hjelpekraftmatningen

$P_T$  = Nominell last (kVA) for transformatoren

$\Delta u$  i transformator + spenningsfallet i tilførselskabel/skinne bør ikke overstige 15%.

## 2.3 Komponenter

### 2.3.1 Hovedfordeling

#### Generelt

Det har tidligere vært stilt få eller ingen krav til tavlebyggere og tavleleverandører. Derfor har det forekommet endel løsninger hvor sikkerhet ikke er godt nok ivarettatt. Nå finnes imidlertid en norsk tavlenorm, NEK EN 60439-1, som vil heve standarden betydelig.

”Forskrifter for elektriske anlegg, forsyningsanlegg” (FEA-F) inneholder også konkrete krav til tavler.

Det er spesielt viktig at tavlene er dimensjonert for å tåle alle påkjenninger som kan oppstå, da kortslutningseffektene ofte kan være svært høye.

Tavlene må også gi full beskyttelse mot berøring av spenningsførende deler.

Følgende momenter bør vurderes i fbm. tilstandsvurdering av hovedfordelinger:

- Vern mot lysbueskader, med avskjerming for effektbrytere og isolering av samleskinner, samt kortslutningssikker forlegning av alle avgreninger fra samleskinner.
- Vern mot berøring, avskjerming av spenningsførende deler som er utsatt for tilfeldig berøring.
- Oversiktlig tilkobling til samleskinner med sikringsbrytere og høyeffektsikringer.
- Beskyttet plassering av sikringer, kontaktorer etc.
- Oversiktlig merking av kurser og komponenter i hovedtavler og underfordelinger.
- Oversiktskjemaer for vekselstrømsanlegget som viser hvordan de enkelte anleggsdeler inngår i det samlede anlegg.
- Oversikt over sikringenes merkeverdi samt tverrsnitt på tilhørende ledninger/kabler.

#### Oppbygging

I små og konsentrerte stasjoner er det vanligvis tilstrekkelig med en hovedfordeling eventuelt i kombinasjon med sikringsskap for underfordelinger.

Store kraftverk med behov for lange kabelføringer kan ha adskilte vekselstrømsanlegg med flere tilhørende hovedfordelinger, eks. adskilte fordelingsanlegg for kraftstasjon, utendørs koblingsanlegg, lukehus, transformatorceller etc.

Vekselstrømsforsyningens oppdeling avhenger mye av lokale forhold og de fordeler en oppdeling innebærer, bl.a. med hensyn til sikkerhet, vedlikehold, kortslutningsstrøm, kabeltraseer etc.

### Utførelse

Hovedtavle for vekselstrøm bør bestå av stålskap, vanligvis i kapslet modulutførelse, som inneholder gjennomgående samleskinner og jordskinne. Noen anlegg har samleskinner som kan seksjoneres med bryter eller skjøtelasker.

I hovedtavlene er innkommende forsyninger bestykket med effektbrytere. For nye anlegg benyttes effektbrytere med skillefunksjon.

Utgående hovedkurser har sikringsbrytere med høyeffektsikringer.

Hovedtavlen kan også inneholde måletransformatorer, relevern, omkopplingsautomatikk, kWh-målere, instrumenter, stillingsvisere og trykknapper for lokal betjening.

Frittstående tavler kan gi bedre mulighet for inspeksjon og vedlikehold enn tavler plassert mot vegg.

### Spesielle Momenter

Erfaringer med hovedfordelinger er stort sett gode, og så vidt det kjennes til har det ikke oppstått store kortslutningsskader i tavleanlegg.

Noen uregelmessigheter har imidlertid forekommet ved omkobling mellom effektbrytere. Årsaken kan som oftest tilbakeføres til svikt i styrekomponenter, eks. signalkontakter, tidsreleer, spenningsreleer etc.

Det foregår imidlertid en jevnlig modernisering av eldre fordelingsanlegg slik at fordelinger med åpne stativer og umoderne sikringstyper blir stadig færre.

## 2.3.2 Sikringer

### Smeltesikringer

Smeltesikringer kan være utført som proppsikringer (Diazed) eller som patroner med kniver og løst håndtak for sikringsbyte. Denne siste utførelsen brukes for høyeffektsikringer.

Smeltesikringer leveres med treg eller kvikk strøm-tidkarakteristikk.

Høyeffektsikringer kan også leveres med en karakteristikk som er en kombinasjon av disse to typene. For overstrømmer opp til 8 - 10 ganger merkestrøm virker sikringen som treg sikring, for høyere strømmer som kvikk.

Smeltesikringer har en leder som smelter når strømmen gjennom den når en bestemt verdi. Når strømmen øker, vil smeltelegemets temperatur stige med en hastighet som er avhengig av strømmens størrelse og smeltelegemets varmekapasitet.

Proppsikringer for små merkestrømmer, opptil ca. 50 - 100 A, har én eller flere sølvtråder som smeltelegeme. Proppsikringer for høyere strømmer og høyeffektsikringer har vanligvis et smeltelegeme av sølvblikk hvor det er stanset ut hull slik at en får innsnevring. Ved kortslutningsstrømmer skjer en hurtig avsmelting i disse innsnevringene og dermed flere seriekoblede lysbuer. Den høye lysbuespenningen som oppstår gjør at kortslutningsstrømmen begrenses og deretter brytes. I smeltesikringer benyttes vanligvis finkornet kvartsand som slukkemiddel.

Den totale brytetid for en sikring kan tilnærmet deles i to:

- Smeltetid, tiden fra overstrømmen oppstår til lederen begynner å smelte.
- Lysbuetid, tiden for lysbue i sikringen.

### Kvikke kontra trege sikringer.

Trege sikringer er forutsatt benyttet i kretser med høy innkoblingsstrøm.

Trege sikringer har den ulempen at de eldres ved gjentatte strømstøt. Over tid vil den trege sikringen få så mange skader at den til slutt vil oppføre seg som en kvikk sikring med tapt selektivitet som en mulig konsekvens.

Kvikke sikringer er fordelaktig mht utløsning av kortslutninger på enden av lange ledninger

Kvikke og trege sikringer må ikke forveksles da det ikke vil opprettholde den selektivitet som er lagt til grunn ved prosjektering.

### Automatsikringer

I automatsikringer er smeltelegemet erstattet av en bryter med fjærmekanisme.

Fjærmekanismen kan utløses termisk og elektromagnetisk.

Automatsikringer har strøm-tid-karakteristikker som avviker fra smeltekurver for sikringer bl.a. ved et markert ”kne” bestemt av den magnetiske utløsning. Automatene leveres med forskjellige strøm-tidkarakteristikker for ulike bruksområder, f.eks. L - G - K - automater.

Type L vil kunne tillate periodevis termisk overbelastning og defineres gjerne som en normal sikring.

Type G har lavere utløsegrense over tid i forhold til nominell strøm, men tåler noe større innkoblingsstrøm enn L typen.

Type K har en slik karakteristikk at den med fordel kan benyttes der hvor det finnes høye startstrømmer, f.eks. motorer og lysrørlegg.

Det finnes også andre automater med spesielle karakteristikker som for eksempel type Z og type U.

I tillegg til sammenligning av strøm-tid-karakteristikker, må kurver og tabeller for bryte- og smelteintegraler vurderes, jf. det som er skrevet om selektivitet for automatsikring som etterfølger en smeltesikring.

Automatsikringer leveres i enpolet utførelse med egen signalkontakt eller i topolet utførelse med felles signalkontakt.

Automatsikringenes mekanisk levetid er et bestemt antall av koblinger, for eksempel 10 000. Levetiden avhenger også av hvordan aldring og miljø påvirker koblingsmekanismene. Automatsikringer i kraftanlegg kobler relativt sjelden. For å sikre at automatsikringene er funksjonsklare, kan det med noen års mellomrom utføres utløseprøver med redusert kortslutningsstrøm.

### Sammenligning av smelte- og automatsikringer.

Smeltesikringenes fordeler:

- Standardiserte dimensjoner og egenskaper, ikke fabrikantavhengige.
- Praktisk talt ubegrenset bryteevne.
- Stor strømbegrensende evne ved kortslutningsstrømmer.
- Innenfor samme fysiske størrelser finnes et stort antall merkestrømmer. Gjør det lett å endre strømverdi.
- Gir et synlig bruddsted.

Smeltesikringens ulemper:

- Bryter kun en fase.
- Lange utløsetider ved lave feilstrømmer.
- Reservesikringer må alltid finnes.
- Overvåking av sikringsbrudd krever ekstrapstyr.

Automatsikringens fordeler:

- Kan lett betjenes.
- Bryter alle faser.
- Rask frakobling ved lave feilstrømmer.
- Kompakt oppbygget.
- Signalkontakt for sikring utløst.

Automatsikringens ulemper:

- Må bytte enhet for å endre strømverdi.
- Ikke synlig bruddsted.
- Begrenset bryteevne

### 2.3.3 Overvåkningsutstyr

Vekselstrømsforsyningens overvåkningsutstyr har til oppgave å kontrollere at tilfredsstillende spenning blir tilført de komponenter som inngår i anlegget.

En relativt konstant spenningen på hovedfordelingen er normalt ikke noe problem i dag. Tidligere var stasjonstransformatorer ofte utstyrt med trinnkobler, styrt av automatisk spenningsregulator, men det benyttes sjelden nå.

Transformatorer og dieselaggregater har spenningsreleer som overvåker at unormal spenning ikke blir tilkoblet samleskinner. Spenningsreleer benyttes også for styring av omkobling mellom effektbrytere i tilførselskurser og til varsling om spenningssvikt f.eks. på samleskinner, viktige enkeltkurser etc.

For hjelpeanlegget kan det også være aktuelt med overspenningsavledere direkte på fasene.

Her må tas hensyn til de forskjellige nettsystemers egenskaper ved valg av materiell. Dette gjelder spesielt forholdet mellom friske faser og jord.

I et TN-system kan ikke de friske fasene få forhøyet spenning til jord og avledere med tennspenning på 275 V vil være naturlig å velge.

For IT-systemer derimot kan spenningen mellom friske faser og jord stige til over 500 V hvis overgangsmotstanden i feilstedet er induktiv eller kapasitiv. Eksempel på dette kan være jordfeil i en spole. Avledere med 275 V tennspenning i slike anlegg kan føre til at avlederen havarerer når en varig jordfeil overstiger dette nivå. Derfor kan en noe høyere tennspenning anbefales i disse nett.

Overvåkning av jordfeil, spenning, frekvens, fasefølge og fasebrudd kan være aktuelt. Det finnes i dag moderne elektroniske enheter for disse funksjoner som gjør det enkelt å oppnå en god og sikker overvåkning.

Tilstanden på gjennomslagsvernet i stasjonstransformatorens nullpunkt bør overvåkes. Det finnes forskjellige typer vern, både med automatisk og manuell tilbakestilling samt med og uten signalkontakt.

Nullpunktsikringer med automatisk tilbakestilling er å foretrekke.

### 2.3.4 Stasjonstransformator

#### Innledning

Tidligere har det stort sett blitt benyttet oljefylte transformatorer som stasjonstransformatorer i kraftverk.

I dag benyttes mer og mer tørrisolerte transformatorer. Dermed blir sikkerheten betydelig større, brann- og eksplosjonsfare reduseres betraktelig og kravene til plassering blir enklere. Spenningsreguleringen er en manuell reguleringsmulighet av omsetningen som må skje i spenningsløs tilstand.

Tørrisolerte transformatorer er imidlertid noe dyrere, men gevinsten er så stor at det totalt sett vil være lønnsomt.

To hovedtyper transformatorer blir benyttet:

- Tørrisolert transformator (VPI, Vacuum-pressure Impregnated)
- Epoksyisolert transformator (Cast coil epoxy resin)

#### Tørrisolert transformator

Denne typen har et tynt og jevnt lag med epoksybasert materiale over viklingene som gir beskyttelse mot fuktighet og noe beskyttelse for forurensning.

#### Epoksyisolert transformator

På denne typen blir viklingen innstøpt i en permanent støpeform via en vakuum prosess. En slik vikling gir transformatoren stor kortslutningsstyrke og lynimpuls motstand samt en utmerket langsiktig motstandsdyktighet mot fuktighet og atmosfæriske forurensninger.

Epoksyisolerte transformatorer krever normalt mindre vedlikehold en tørrisolerte.

Epoksy materialet er spesielt tungt antenkelig og har selvslukkende egenskaper. Ved en eventuell brann vil materialene gi fra seg få giftige stoffer.

#### Teknisk krav og vurderinger

Transformatoren bør kunne drives med merkeytelse ved 5% forhøyet driftsspenning uten at den skades av overoppheting eller unormal vibrasjon. Den skal likeledes tåle kontinuerlig drift i tomgang med 10% forhøyet spenning.

Spenningsomkobling bør være i henhold til IEC, +/- 2x2,5% omkoblingsbar i spenningsløs tilstand. Standard koblingsgruppe er ofte Dyn11, men dette kan variere fra anlegg til anlegg.

Det er en fordel om transformatoren er utstyrt med hjul for transport på langs og tvers. Fasemerking skal være i henhold til norske normer.

Transformatorens skilt skal være lett avlesbart og plassert godt synlig.

Transformatoren bør ha naturlig luftkjøling (AN), men forsert luftkjøling(AF) kan også benyttes.

Transformatoren bør som et minimum være bestykket med en vaktfunksjon for temperaturovervåkning, det kan være Pt 100 element, kontakttermometer eller termistorer.

### 2.3.5 Kabler

Generelt.

Dette kapittelet beskriver noen tekniske og funksjonelle krav til kabler for systemspenning under 1kV.

Det skilles mellom kraftkabler med relativt store ledertverrsnitt og signalkabler med små tverrsnitt, ned til 0,75mm<sup>2</sup> mangetrådet leder.

Som kraftkabler benyttes både kobber og aluminium ledere, ved store strømmer kan ofte aluminium være mest økonomiske alternativ.

I dag benyttes nesten alltid 1 kV kraftkabler til all lavspent kraftoverføring. 750V eller 500V utførelse benyttes for signalkabler.

Kablene skal være av skjermet type og skjermen skal vanligvis jordes i begge ender. Jordledere skal tilkobles enkeltvis til jordingsskinner som må ha god ledningsforbindelse til stasjonens sammenhengende jordingssystem.

For kontrollkabler kan det, av støymessige årsaker, være krav at kabelen bare skal jordes i en ende og med så kort jordingstamp som mulig.

For store strømmer velges ofte aluminium- eller kobberskinner fremfor flere parallelle kabler. Det kan også benyttes ferdige isolerte skinnepakkene (aluminium eller kobber).

Slike skinnerpakker leveres i standardversjoner opp til ca 4-5000A.

I prinsippet utsettes skinner for de samme mekaniske påkjenninger ved kortslutning og elektrisk feil, men de har som oftest en betydelig høyere mekanisk styrke.

Dette er selvsagt også avhengig av forlegningsmetode og det er svært viktig å benytte fleksible koblinger i hver ende av skinnene som kan oppta eventuelle vibrasjoner og termiske bevegelser .

Ikke alle skinnetyper leveres med høy kapslingsklasse. Dette må tas hensyn til ved plassering på steder med fare for vannsøl og forurensing.

Kablene skal forlegges på en betryggende og hensiktsmessig måte, om nødvendig, også beskyttes mot lysbueskader.

### 2.3.6 Diesellaggregat

Reserveaggregater eller nødstrømsaggregater for stasjonsforsyning har etter hvert fått øket anvendelse.

Disse skal forsyne stasjonen med hjelpekraft (230V / 400V) når den ordinære hjelpekraftforsyningen er ute av drift.

Valg av aggregattype vurderes bl.a. ut fra ytelsesbehov, starttid, reservedeler og vedlikehold, men det er mest diesellaggregater som benyttes ut fra sine meget gode reguleringssegenskaper og standardiserte løsninger.

Aggregatet skal dimensjoneres for å forsyne aktuell belastning over en periode til hovedforsyningen er gjenopprettet eller at hjelpekraft av sikkerhetsmessige årsaker ikke er nødvendig lenger.

Det kan være at fordelingen er oppdelt i en uprioritert og prioritert side. Aggregatet er da knyttet mot prioritert side og belastningen her kan være pumper i forbindelse med lenseanlegg, kjøling av aggregat og transformator, turbinregulatorer, likerettere, høy- og lavspenningsbrytere, lysanlegg etc.

God startberedskap forutsetter regelmessige prøver og vedlikehold, vær spesielt oppmerksom på aggregatets startbatterier.

#### Startbetingelser

Diesellaggregatet skal starte automatisk, etter en på forhånd innstilt tid, når de andre alternative forsyningene svikter. Uprioritert belastning i stasjonen vil automatisk koples bort, slik at diesellaggregatet bare forsyner prioritert last.

Diesellaggregatet må kunne startes manuelt og koples inn selv om startautomatikken har sviktet.

#### Stoppbetingelser

Når spenningen kommer tilbake på en av de andre forsyningene koples lasten etter en tid over på denne forsyning samtidig som uprioritert belastning koples inn igjen.

Diesellaggregatet stopper automatisk etter nødvendig ettergang og avkjøling

Aggregatet skal selvfølgelig også stoppe ved feil i anlegget og blokkeres for ny start før feilen er utbedret.

#### Betjeningsutstyr og automatikk

Kontrolltavlen skal ha start- og stopptrykknapp for manuell betjening samt nødvendig instrumentering for avlesning av driftsverdier.

Synkroniseringsutstyr for automatisk synkronisering av aggregat mot nettet bør finnes for regelmessig prøvekjøring av aggregat. Denne mulighet medfører at aggregatet kan lastes opp til tilnærmet merkelast og kjøres inntil full driftstemperatur på motoren er oppnådd.

Feilsignaltablå og mulighet for fjernoverføring av signaler må finnes.

#### Hjelpeutstyr

Kjøleanlegget kan være luftkjølt eller lukket vann/luft system med radiator og vifte.

Det siste er å anbefale her vil aggregatet ha jevn temperatur uavhengig av last.

Luftkjølt aggregatet og lav last kan lett medføre at motoren blir for mye nedkjølt og koksing kan da lett forekomme. Dette vil kunne redusere levetid og ytelse samt at vedlikeholdskostnadene øker.

Det skal være motorstyrte spjeld for luft inn og ut av rommet.

## Hjelpekraftforsyning i kraftstasjoner

Det benyttes ofte et 24V DC startutstyr. Ladelikeretteren må sørge for fulladet batteri til enhver tid, men batteriet må ikke bli overladet.

Motor skal ha termostyrt motorvarmer.

Dagtank for drivstoff må finnes. Det må også inngå en elektrisk pumpe for automatisk fylling av dagtanken fra hovedtanken som mest vanlig er nedgravd utendørs.

Håndpumpe må også finnes.

Eksosanlegget skal være komplett med eksosrør, lydpotte og fleksible forbindelser, helst i rustfri utførelse. Avtapningskran for kondensvannet må også vurderes.

Aktuelle sjekkpunkter som bør vurderes ved evaluering av denne type utstyr til hjelpeforsyning kan være:

- Nominelt turtall,
- Stasjonær spg.variasjon (maks 5%) fra tomgang til fullast ved  $\cos\phi$  0,8.
- Spg.variasjon (maks.15%) ved fullt lastpåslag og  $\cos\phi$  0,8.
- Regulerings tid (maks 1s) for spenning ved fullt lastpåslag og  $\cos\phi$  0,8.
- Største momentane lastpåslag ved induktiv last,  $\cos\phi = 0,3$ .
- Frekvensvariasjon (maks 4%) ved fullt lastpåslag.
- Aggregatets overbelastningsevne i % etter 60min, 30min, 5min.
- Kortslutningstrøm ved 3fase kortslutning.
- Tid fra nettutfall til full effekt.
- Brenselsforbruk ved 100, 75 og 50%last.

Transportabelt aggregat kan være et alternativ for mer fleksibelt bruk ved kraftverket, her vises til: ”Retningslinjer for sikring av kraftforsyningsanlegg (RSK)”.

### 3 Hjelpeforsyning DC

#### 3.1 Innledning

Dette hovedkapittelet gir noen tekniske beskrivelser og funksjonelle anbefalinger til DC hjelpeforsyningsanlegg.

I en kraftstasjon stilles det store krav til et sikkert system som skal ivareta spenningsforsyningen til bl.a. kontrollutrustning, vern, startmagnetisering, viktige motordrifter, etc.

Disse krav er stort sett uavhengige av kraftstasjonens størrelse og antall aggregater.

Å benytte DC til denne funksjon, har vært vurdert som den absolutt sikreste løsningen m.h.t. færrest mulig komponenter mellom energikilde og belastning.

Det er viktig at DC-anlegget blir konstruert og beregnet med fokus på de konsekvenser som feilsituasjoner kan forårsake.

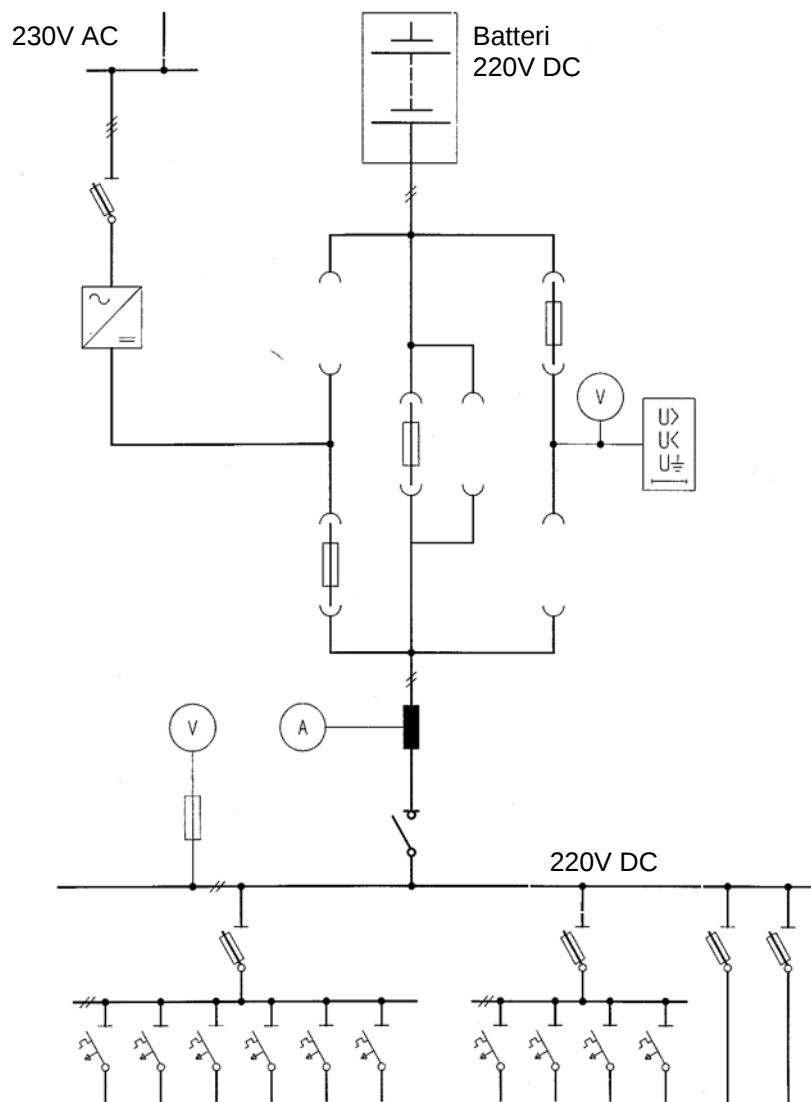
De viktigste komponentene som inngår i et DC hjelpesystem er batterier med tilhørende likerettere og fordelingstavler med kurssikringer.

Det har ofte vært vanlig å benytte 2 stk DC-forsyninger, ett hovedsystem og ett signalsystem med følgende oppgaver:

- Hovedsystemet med spenningsnivå 220V eller 110V benyttes til styre- og kontroll- og vernfunksjoner samt vekselretter, diverse motordrifter, nødllys, etc.
- Signalsystemet med spenningsnivå 24V eller 48V forsyner funksjoner som signalanlegg, fjernstyring og teleanlegg.

Likestrømssystemene utformes vanligvis som 2-polige systemer med pluss- og minusledere isolert fra jord. Det installeres overvåkningsutstyr som gir signal ved jordfeil og under-/overspenning.

Figur 3.1 viser et prinsipp for oppbygging av et enkelt DC forsyningsanlegg med batteri, batterisikringsskap likeretter, overvåkning og fordelinger.



Figur 3.1

## 3.2 Systemoppbygging

### 3.2.1 Generelle prinsipper

Likestrømssystemene utformes etter prinsipper som skal gjøre anleggene driftssikre og oversiktlige. Likestrømssystemene blir som andre tekniske installasjoner utsatt for feil, og det er nødvendig at det ved valg av systemløsning tas hensyn til sikkerheten både for mennesker og materiell. Oppdeling, atskillelse og prioritering av likestrømforbruket inngår som viktige ledd i disse krav.

Utformingen av DC forsyningsanlegget skal planlegges slik at konsekvensene av eventuelle feil blir begrenset mest mulig.

De vanligste feil som oppstår er jordfeil på enkeltkurser og komponenter. Alle anlegg skal ha utstyr som indikerer og varsler jordfeil. Slike feil medfører sjelden problemer så lenge de utbedres før evt. ny jordfeil oppstår.

Dobbel jordfeil på pluss og minus eller kortslutningsfeil vil medføre at kurssikringene løser ut. Likestrømsanleggene har allikevel høy driftssikkerhet fordi slike feil sjelden oppstår.

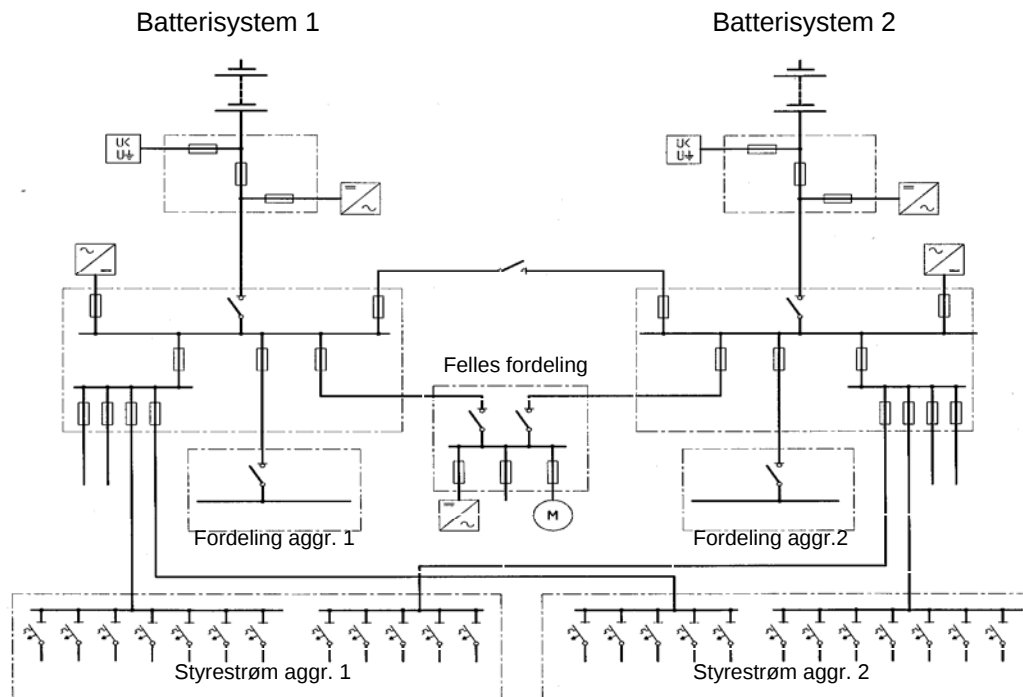
I godt planlagte og riktig dimensjonerte likestrømsanlegg vil de vanligste forekommende feil bli selektivt frakoblet og sjelden medføre større problemer.

Mest problematisk er omfattende strømsvikt f.eks. forårsaket av:

- Indirekte skader på likestrømsanlegget som følge av store hendelser i stasjonen.
- Direkte skader på hovedkomponenter, batterisikring eller fordeling.
- Delvis "lammelse" av seksjoner i styreanlegget som følge av ledningsfeil, eller selektivitetssvikt mellom sikringer.

Å utvikle prinsipper som eliminerer all risiko er neppe praktisk mulig. Men feilsannsynligheten kan i stor grad forebygges ved hensiktsmessig valg av komponenter og systemløsninger for anlegget.

Figur 3.2 viser forslag til utførelse av et likestrømsanlegg i en kraftstasjon med 2 aggregater og fellesanlegg, og det består av 2 stk batterisystem på samme spenningsnivå.



Figur 3.2

Det finnes også eksempler på at det er benyttet egne styrebatterier, dette for å unngå betydelige spenningsvariasjoner på kontrollutstyr, etc. i stasjoner med store motorlaster

Dette er ikke et stort problem i dag da det finnes et godt utvalg i "softstartere" som reduserer belastningen på batteriet betydelig.

Flere batterisystemer blir ofte valgt for å oppnå høy driftssikkerhet med mulighet for vedlikehold av systemene uten at driften forstyrres.

### 3.2.2 Batterisystem.

Det skilles her mellom systemer hvor pluss- og minusledere er isolert fra jord eller systemer som har en av polene eller batteriets ”midtpunkt” koblet til jord.

Cenelec normene benevner de forskjellige systemer med samme betegnelser som er kjent fra vekselspanning som IT, TN og TT systemer.

I hjelpeanlegg DC benyttes som regel systemet med begge poler isolert fra jord (IT-systemet). Dette blir antatt for å være det mest driftsikre fordi dette systemet fungerer ved en enkel jordfeil og er lett å overvåke.

I et isolert system skal ingen spenningsførende deler i en batteri-installasjon tilkobles jord. Batteriet skal kun være forbundet til jord via en tilstrekkelig høy impedans ved f.eks. isolasjonsmåleutstyr.

Alle utsatte/ubeskyttede ledende deler i DC systemet skal være jordet hver for seg i h.t. gjeldene forskrifter.

Batterisystemer for sambandsfunksjoner, gjerne på 24 V eller 48 V, kan imidlertid ha jordet plusspol (for tele) eller jordet minuspole (for radio). Denne løsningen gjør at fortsatt drift med jordfeil på isolert fase ikke er umulig samt at det er vanskelig å benytte samme batteri til andre oppgaver.

For et isolert system er det ikke krav til utkopling ved første feil fra en strømførende leder og til jord. Men overvåkningsutstyret skal gi feilmelding og indikere om feilen er i pluss- eller minusleder.

### 3.2.3 Styrestrøm

For å redusere følgene av kortslutningsfeil på styrestrømskurser kan DC fordelingen deles opp i grupper og enkeltkurser.

Oppdelingen har til hensikt å øke sikkerheten ved å begrense konsekvensen av en eventuell strømsvikt ved sikringsbrudd. Valg av oppdeling avhenger av anleggstype og praktiske forhold, men som et minimum anbefales følgende:

- En gruppefordeling for hvert aggregat.
- En eller flere gruppefordelinger for hvert spenningssystem i koblingsanlegget.
- En gruppefordeling for hjelpeforsyning.

Gruppesikringer plasseres i hovedfordelingen. Tilhørende kurssikringer kan plasseres desentralisert i de respektive tavlefelt eller sentralisert i egne skap.

Oppdelingen i enkeltkurser blir gjort slik at de forskjellige funksjoner får separate styrekurser f.eks. styrekurs for vern, alarm, brytere, osv. Ved oppdelingen er det av sikkerhetshensyn fordelaktig å begrense utbredelsen av viktige styrekurser, f.eks. kan det benyttes egne kurser for utkobling av brytere.

Oppdeling forenkler også feilsøkningen. I tillegg vil doble batterisystem(eks. 2x220V) gi økt driftssikkerhet.

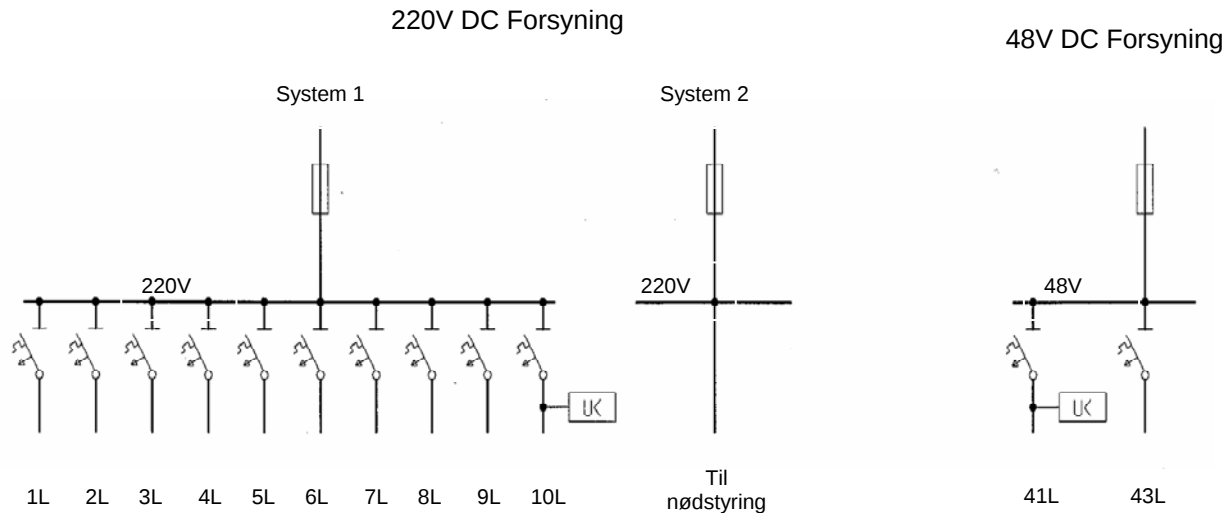
Tidligere var anleggene gjerne utstyrt m/styrestrømsbrytere for et begrenset antall styrekurser eks., aggregatfelt, linjefelt, felt for hjelpeforsyning, etc. Styrestrømsbrytere ble benyttet for frakobling av styrestrøm til kontrollutstyr ved arbeid og feilsøkning, men i dag ivaretas dette av bryterfunksjonen i selve sikringen.

Fordelene med styrestrømsbryterne var at en hurtig kunne koble fra spenningstilførselen til en gruppe av styrestrømskurser uten at alarmanlegget ble aktivisert. Ved langvarig arbeid var det spesielt aktuelt da feilsignalene for styrestrømsfeil ofte var gruppert sammen til et signal.

I dag sløyfes styrestrømsbrytere stort sett fordi alarmfunksjonen er mye mer oppdelt og at en stående alarm fra en styrestrømskurs ikke vil blokkere for en ny.

Figur 3.3 viser en ofte benyttet løsning for oppdeling av styrestrømskurser fra batterisystem 1 og 2 for et aggregat. Den viser også en fordeling av styrestrømskurser av et lavere spenningsnivå, eks. 48 V.

Det ene batteriet, system 1, forsyner de ordinære styrestrømskurser for aggregatet mens det andre, system 2, forsyner kursene for nødstyring.



Figur 3.3

Styrestrømmen til aggregater kan inndeles i følgende kurser:

- 1L: Styring av skillebryter / jordslutter og startberedskap
- 2L: Alle elektriske vern samt releer i stoppfunksjonen
- 3L: For stillingsvisning
- 4L: ledig.
- 5L: Styring av generator
- 6L: Styring av ventilsystem
- 7L: Styring av turbin
- 8L: Styring av effektbryter / feltbryter
- 9L: Styring av transformator
- 10L: Utløsning av nødstyring,

I anlegg med svakstrømstyring kan styrestrømmen inndeles slik:

- 41L: Styring
- 43L: Stillingsvisning.

Kurser med automatsikringer blir overvåket ved hjelp av signalkontakter i tillegg til at styrespenningen overvåkes med et min. spenningsrelé tilkoblet en av kursene.

Sikringer for viktige kurser skal også være utstyrt med en ekstra signalkontakt for aktivering av nødstyring.

### 3.2.4 Dimensjonering

De viktigste kriterier / forutsetninger for dimensjonering og planlegging av hjelpeanlegg DC er:

- Antall batterier
- Batteritype
- Spenningsnivå og kapasitet
- Omgivelsesmiljø og plassering
- Sikringer og kabelforbindelser
- Hovedfordelingens størrelse
- Antall distribusjonskurser

#### 3.2.4.1 Batterisystemer

Hvor mange batterisystemer som behøves for å oppnå en sikker funksjon, avhenger av systemløsning, kapasitetsbehov, vedlikeholdsrutiner og behov for ettersyn under drift etc.

2 sett batterier, gjerne med forskjellige spenninger, har vært ansett som en minimumsløsning. Det ene systemet med spenning 110 eller 220 V, det andre på 24 eller 48 V. I stasjoner med flere aggregater er det ofte 2 stk 110/220 V batterier.

Hvis tradisjonell nødstyring benyttes, kreves en uavhengig likestrømskilde.

Utviklingen har imidlertid medført at det ikke nødvendigvis trenges flere batterisystemer i dag. Gode DC/DC omformere som vil kunne fremskaffe alle nødvendige spenningsnivå som er nødvendig i stasjonen.

I mindre stasjoner benyttes også hvilestrømsprinsippet som setter lavere krav til batteriforsyningen.

Valg av type batterier er ofte ikke så enkel, dels av hensyn til problemer med å få klarlagt forbrukets art og størrelse, og dels av hensyn til at det eksisterer flere batterityper. I tillegg er driftsegenskaper, vedlikehold, plasshensyn, økonomi og sikkerhet avgjørende momenter.

Blyakkumulatorer er mest benyttet i kraftstasjoner, men for anlegg på steder hvor man risikerer lave temperaturer, for eksempel i lukehus, vil NiCd batteriene være å foretrekke.

Det må også vurderes om den tradisjonelle, fritt ventilerte batteritype skal velges eller den noe nyere ventilregulerte typen er best egnet.

Sistnevnte benevnes ofte som vedlikeholdsfrie, noe det i bransjen ikke er full enighet om.

Fordeler og ulemper fremgår i avsnittet om batterier

Dersom det ikke stilles spesielle krav til høybelastnings egenskaper, kan velges rørplatebatterier.

I anlegg hvor batteriene også mater likestrøms motorlast med betydelige startstrømmer, bør stavplatebatteri vurderes.

## Hjelpekraftforsyning i kraftstasjoner

For vurdering av batteriytelser kan det være behov for belastningskurver eller -tabeller som viser batteriets spenningsutvikling ved et bestemt forbruk i forbindelse med bortfallende ladning. Ytelsen for celler oppgis i Ah (amperetimer), referert til en bestemt utladetid, for eksempel 10 timer, 5 timer, 3 timer eller 1 time.

Behov for korttidssytelse er viktig å få klarlagt og i den forbindelse er motorlasten ofte bestemmende. Behov for langtidssytelse avhenger dels av belastningsforholdene og dels av driftstiden, som igjen kan være avhengig av vekselstrømforsyningen og dens tilgjengelighet.

Antall celler bestemmes ut fra spenningsnivå og spenningsvariasjoner som kan tillates i systemet.

Eksempel på dimensjonering av blybatteri:

|                                             |                 |
|---------------------------------------------|-----------------|
| Ønsket nominell spenning:                   | 220V            |
| Ønsket strømleveranse uten ladning:         | 50 A i 10 timer |
| Romtemperatur:                              | +20°C.          |
| Driftspenning, fulladet batteri:            | 232V            |
| Sluttspenning:                              | min. 180V.      |
| Normalladning for blybatteri er ca          | 2,23V/celle.    |
| Nødv. antall celler blir da: $232 / 2,23 =$ | 104 celler      |
| Sluttspenning pr celle: $180 / 104 =$       | 1,73 V/celle    |

I leverandørkataloger finnes det tabeller eller kurver for utladning som tilfredsstiller kravet om at utladestrømmen på 50A etter 10 timer vil gi en sluttspenning på minimum 1,73 V/celle.

Det kan da være aktuelt å velge et rørplatebatteri på 490Ah/10h.

I samme katalogen vil det også fremgå at dette batteriet i 1 time vil kunne yte 240 A.

Ved temperatur under +20°C vil kapasiteten på batteriet synke, slik at man ved +10°C har om lag 95% av merkeytelsen. Videre vil batteriet tape kapasitet etter flere års bruk.

Tilsvarende betraktninger gjelder for beregning av NiCd-batterier, men da settes utgangsspenningen til 1,4 V/celle og sluttspenningen til 1,1V/celle.

Batterier som ved ladning avgir korrosjonsfarlige gasser i skadelige mengder skal være plassert i egne rom, skap eller kasser med lokk. Det skal være tilstrekkelig plass for ventilasjon og for kontroll av væskestanden.

Batterityper som normalt ikke avgir korrosjonsfarlige gasser i skadelig mengder (tette og ventilregulerte batterier, samt ventilerte batterier med syrefraskillende ventiler) kan være plassert i rom for annet formål, men i så god avstand til annet utstyr at dette ikke kan bli skadet.

Alle rom, skap og kasser skal være slik ventilert at eksplosjonsfare unngås

Det skal fortrinnsvis være ventilasjon direkte til friluft der dette ikke kan føre til fare eller ulempe. Luftinntaket bør være nede ved gulvet og avsuget øverst ved taket.

Et eksempel på dimensjonering av ventilasjonsåpninger:

Naturlig ventilasjon er basert en lufthastighet på ca 0,1 m/s.

Åpningenes størrelse i m<sup>2</sup> (A) må da være:

$$\begin{aligned} A &= 0.01 \cdot Q \text{ m}^3, \text{ der } Q \text{ er nødv. luftmengde for å unngå eksplosjonsfare} \\ Q &= 0.017 \cdot n \cdot I \cdot z (\text{l/s}) \\ n &= \text{totalt antall celler i batteriet} \\ I &= \text{ladestrøm i ampere} \\ Z &= \text{gassutviklingsfaktor } Z \\ &\quad 1,0 \text{ for fri-ventilerte og } 0,2 \text{ for ventilregulerte} \end{aligned}$$

Ladestrømmen kan utregnes slik:

$$\begin{aligned} I &= C \cdot I_1 (\text{ampere}) \\ C &= \text{batteriets kapasitet i Ah} \\ I_1 &= \text{spesifikk ladestrøm (A/Ah) ved 25C kan finnes i diagram( se NEK 400)} \end{aligned}$$

Dersom tilstrekkelig naturlig ventilasjon ikke oppnås, må det installeres mekanisk ventilasjon.

### 3.2.4.2 Batterisikringer

Batterisikringer dimensjoneres ut fra batteriytelsen etter følgende erfaringsformel:

$$I_s = Ah / 10 h \cdot K$$

$I_s$  er merkestrøm for sikring i Amp

Ah/10t er batteriets 10 timers ytelse i amperetimer

K er en konstant = 0,5 - 0,7. Denne er begrunnet ut fra erfaringer ved valg av sikringstrinn i forhold til lasttype, batteritype og batteriytelse. For batterier med liten ytelse velges vanligvis noe høyere K-faktor enn for store batterier av hensyn til selektiviteten i tilhørende fordelingssystem.

### 3.2.4.3 Batteriladere

En ladelikeretter kan dimensjoneres ut fra de følgende håndregler. Det velges den strøm som gir størst verdi fra hver av de 2 formler:

$$\begin{aligned} \text{Alt. A:} \quad I_{\text{likeretter}} &= \text{ca. } I_{10h} &&= (\text{batteriets 10 timersstrøm}) \\ \text{Alt. B} \quad I_{\text{likeretter}} &= \text{ca. } 2 \cdot I_b && (I_b = \text{ordinær belastningsstrøm}) \end{aligned}$$

#### Eksempel 1

Det finnes et batteri på 500Ah, 10h strøm på 50 A og normal laststrøm på 15 A.

$$\begin{aligned} \text{Alt. A:} \quad I_{10h} &= 50 \text{ A} \\ \text{Alt. B:} \quad 2 \cdot 15 &= 30 \text{ A} \end{aligned}$$

Konklusjon: Det velges en 50 A ladelikeretter.

### Eksempel 2

Det finnes et batteri på 300Ah, 10h strøm på 30 A og normal laststrøm på 20 A.

$$\text{Alt. A:} \quad I_{10h} = 30 \text{ A}$$

$$\text{Alt. B:} \quad 2 \cdot 20 = 40 \text{ A}$$

Konklusjon: Det velges en 40 A ladelikeretter.

Viktige likestrømsanlegg må ha fullverdige reserve likerettere.

### 3.2.4.4 Kabelforbindelser

Sikringer for batteriene plasseres i isolert skap utenfor batterirommet.

Kabelforbindelsen blir derfor usikret og skal derfor legges jord- og kortslutnings-sikkert. Dette utføres ved å benytte enleder kabel som monteres i h.t. forskriftene.

Med hensyn til mekanisk styrke og spenningsfall bør det brukes kabler av kobber større en 50mm<sup>2</sup>. Kabeltype RCXP er den mest vanlige og er også anbefalt av NVE.

Kabeldimensjonering skjer i forhold til batterisikringsstørrelsen, men noe oversikring kan foretas dersom det er store batterier med betydelige motorlaster samt kabellengde < 25m.

Noen eksempler på kabeldimensjonering:

|                      | Eksempel 1         | Eksempel 2         | Eksempel 3          |
|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Batteristørrelse     | 100 Ah             | 250 Ah             | 600Ah               |
| Lasttype             | Styrestrøm         | Styrestrøm         | Motorer             |
| Batterisikring       | 80 – 100A          | 125 – 175A         | 300 – 400A          |
| Kabellengde          | -----              | > 25 m             | < 25 m              |
| Valgt kabelverrsnitt | 50 mm <sup>2</sup> | 70 mm <sup>2</sup> | 120 mm <sup>2</sup> |

I eksempel 1 er tverrsnittet valgt ut fra mekaniske forhold, mens det i eksempel 2 er valgt ut fra sikringsstørrelse. I eksempel 3 er det lagt inn en oversikring på ca 1,8 ganger pga stor motorlast.

For å sikre en solid og sikker forbindelse mellom batteri og hovedfordeling benyttes samme enleder kabeltype mellom batterisikringer og hovedfordeling som mellom batteri og batterisikringer.

Direkte enpolet føring uten avgreninger innebærer god sikkerhet mot kortslutning. I noen tilfeller, eksempelvis i anlegg med store motorstartstrømmer, kan det av selektivitetshensyn være behov for å øke sikringenens merkestrøm utover det som er anført for belastning og sikring av kabler.

Dersom batteriledninger er enpolig forlagt og fordelingskursene har tilfredsstillende overstrømvern, betraktes batterisikringene som kortslutningsvern og ikke som overlastervern.

Fra gruppesikringer fram til underfordelinger for automatsikringer, dimensjoneres kabler som beskrevet for batterikabler, med oversikring inntil 2 ganger. Videre fra kurssikringer dimensjoneres kabel i h.t. tillatt spenningsfall, 5 %, for største belastningsstrøm, og med tilstrekkelig tverrsnitt for hurtig utkobling av sikringen ved kortslutning i ytterste kabelende. Se også gjeldende forskrifter.

### 3.2.4.5 Selektivitet

Sikringene skal gi en sikker og korrekt utkobling basert på riktig dimensjonering i forhold til anleggets størrelse og i forhold til innbyrdes selektivitet.

Kortslutningsstrømmen i anlegget må ikke være større enn at den kan brytes av sikringen, samtidig som den må være stor nok til at sikringen gir utkobling. I hovedfordelinger kan kortslutningsstrømmen på samleskinnen være i størrelsesorden 3 – 4 kA ved batteristørrelser på ca 500 Ah, noe avhengig av batteriets og ledningenes resistans.

Kortslutningsstrømmen i en lang styrekabel er i hovedsak avhengig av kursens resistans og i liten grad av batteriet og hovedforbindelser. En lavere batterispenning enn den nominelle bør også legges til grunn for beregningene.

Eksempel:

En styrekurs på 350 m lengde med kabelverrsnitt på  $0,75\text{mm}^2$  vil gi en kortslutningsstrøm på maks. 12 A når det sees bort fra kortslutningens overgangsmotstand.

En K-automat på 6 A vil dermed ha en frakoblingstid på ca 1 min. som er alt for lang tid.

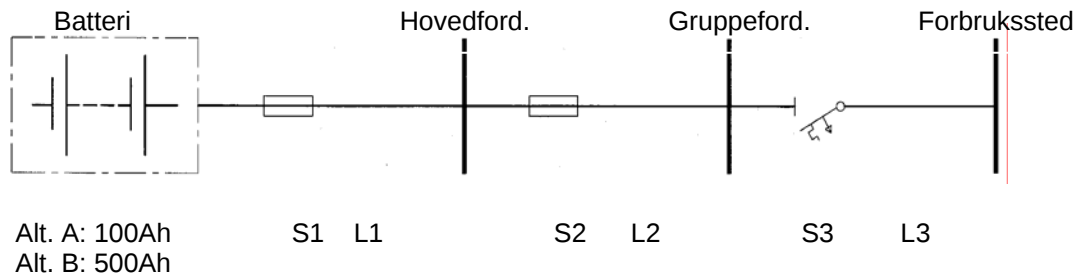
Derfor må kabelverrsnitt, sikringens størrelse og karakteristikk vurderes ved hvert enkelt tilfelle.

I det etterfølgende eksempel vises en utregning av hvilke kortslutningsstrømmer som kan oppstå basert på de forskjellige resistanser i komponentene.

## Hjelpekraftforsyning i kraftstasjoner

Figur 3.4 viser koblingsbildet i eksempelet og utregningen benytter 2 batteristørrelser:

Eksempel A = 100 Ah, eksempel B = 500 Ah, begge på 106 celler.



Figur 3.4

### Anleggenes resistanser.

For batteriets resistans benyttes formelen:  $R (\Omega) = \text{ant. celler} \cdot 0,25 / \text{Ah}$

Og for ledninger:

$$R (\Omega) = 1/57 \cdot 2l / q$$

|            | Forutsetninger              |                             | Utreget verdier |        |
|------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|--------|
|            | Alt. A                      | Alt. B                      | Alt. A          | Alt. B |
| Batteri    | 100 Ah                      | 500 Ah                      | 265 mΩ          | 53 mΩ  |
| Sikring S1 | 80 A                        | 350 A                       | 6 mΩ            | 2 mΩ   |
| Kabel L1   | 50 mm <sup>2</sup> , 20m    | 120 mm <sup>2</sup> , 20m   | 14 mΩ           | 6 mΩ   |
| Sikring S2 | 35 A                        | 35 A                        | 8 mΩ            | 8 mΩ   |
| Kabel L2   | 10mm <sup>2</sup> , 10m     | 10 mm <sup>2</sup> , 10m    | 35 mΩ           | 35 mΩ  |
| Sikring S3 | 6 A                         | 6 A                         | 100 mΩ          | 100 mΩ |
| Kabel L3   | 0,75 mm <sup>2</sup> , 350m | 0,75 mm <sup>2</sup> , 350m | 16,4 Ω          | 16,4 Ω |

### Anleggenes kortslutningsstrømmer.

Kortslutningsstrøm:  $I_k = U / R$

|                 | Utreget verdier        |                        | Utreget verdier |         |
|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|---------|
|                 | Alt. A                 | Alt. B                 | Alt. A          | Alt. B  |
| Hovedfordeling  | 220V/(265+14+6)mΩ      | 220V/(53+6+2)mΩ        | 780 A           | 3 600 A |
| Gruppefordeling | 220V/(285+8+35)mΩ      | 220V/(61+8+35)mΩ       | 650 A           | 2 100 A |
| Forbrukssted    | 200V/(328+100+16400)mΩ | 200V/(104+100+16400)mΩ | 12 A            | 12 A    |

### 3.2.4.6 Spenningsforhold:

I likestrømssystemer med batterier vil det oppstå spenningsvariasjoner på grunn av batterienes fysiske egenskaper. Fordi disse variasjonene i noen tilfeller kan overstige hva det tilkoblede utstyr tåler, er det nødvendig med noen forholdsregler.

For batterisystemer med nominell spenning 220 V og 106 celler, vil driftspenningen normalt kunne variere mellom 212 V uten ladning og 236 V med ladning. Dette tilsvarer cellespenning 2,0 V og 2,23 V.

Drift med enda lavere likespenning forekommer kun kortvarig og sjeldent. Men ved en varig belastning uten ladning vil spenningen gradvis synke til under 200 V, dels som følge av indre motstand og dels som følge av avtagende syrevekt i cellene. Det er viktig at kontrollanlegget ikke får lavere spenning enn 85 % av nominell verdi.

For lav likespenning forebygges ved at:

- batteriet er i god stand og oppladet.
- batteriets korttidsytelse og langtidsytelse er tilfredsstillende.
- ledningsanlegg og kontaktforbindelser er tilfredsstillende.

Drift med høy likespenning er normalt på grunn av at likeretteren er fast tilkoblet. Ved riktig innstilt ladning er spenningen stabil, men ved overladning øker spenningen og ved ca. 250 V (106 celler) oppstår merkbar gassutvikling. Høy likespenning er skadelig både for batterier og utstyr. Kontrollutstyr er mest utsatt på grunn av den ekstra varmeutvikling i relèspoler.

For høy likespenning kan forebygges ved å kontrollere at:

- likeretteren er riktig innstilt.
- at antall celler ikke er unødvendig høyt.

Ulempene med spenningsvariasjoner er størst når batteriet forsyner kombinert last, bestående av kontrollutstyr, motorer og vekselrettere. Forholdene forenkles og celleantallet kan reduseres til 102 - 104 celler når det benyttes et eget og adskilt styrebatteri med riktig kapasitet.

Et moderne anlegg har sjeldent problemer med høy likespenning for kontrollutstyr. Tidligere ble det benyttet spenningssenkingsutstyr med diodeblokk som innkoblet i tilførselskurs med høy styrespenning som ga et bestemt spenningsfall, f.eks. 15 V. Dette blir sjelden/aldri benyttet i dag men eksisterer fortsatt på noen anlegg.

### 3.3 Komponenter

#### 3.3.1 Hovedfordeling

Siden en DC fordelingstavle i prinsippet er oppbygget på samme måte som en AC fordelingstavle, henvises til avsnitt 2.3.1 Hovedfordeling.

Tidligere var ofte hovedfordelinger utført som åpne stativløsninger. Dette medfører begrensede muligheter for utvidelser, vedlikehold og god driftssikkerhet. Dagens hovedfordelinger bør ha atskilte skap for hvert batterisystem.

Sikringsbrytere må være godkjent for brytning av likestrøm.

Som underfordelinger benyttes det egne skap. Disse tilkobles gruppesikringer i hovedfordelingen og sikringenes merkestrøm velges ut fra en selektivitetsvurdering.

#### 3.3.2 Batteri

Batteriene har en meget viktig oppgave i å sikre strømforsyning til vitale funksjoner dersom vekselstrømforsyningen i stasjonen faller ut.

Kapittelet beskriver egenskapene til ulike typer batterier som er på markedet, og hva som egner seg best i kraftstasjoner.

##### 3.3.2.1 Basis teori

En elektrokjemisk celle med galvaniske elementer er basis i et batteri.

De galvaniske elementene kan lagre elektrokjemisk energi og inndeles i to klasser som kalles primære og sekundære.

De primære kan kun lades opp 1 gang, eksempelvis et brunsteinselement, mens de sekundære kan lades ut og opp igjen et større antall ganger, avhengig av elementtype og grad av utladning.

Et galvanisk system må oppfylle følgende krav:

- Det må være to faste stoffer som har størst mulig avstand fra hverandre i den elektrokjemiske spenningsrekke.
- Det må eksistere en elektrolytt med to oppløste stoffer som kan utveksle elektroner med de to faste stoffene.

Prinsipielt består en elektrokjemisk celle av en positiv og en negativ elektrode plassert i en elektrolytt. En kjemisk reaksjon skjer ved at begge elektrodene gir fra seg eller absorberer elektroner.

Det eksisterer en rekke forskjellige galvaniserte elementer som alle har både fordeler og ulemper,

Pr d.d. er det to typer som er mest anvendelige for bruk i hjelpeforsyning, det er:

- Blyakkumulatoren
- Nikkelkadmiumakkumulatoren (NiCd)

Navnene kommer fra de galvaniske elementene på sekundærsiden.

Disse to typers forskjellige egenskaper omtales i neste avsnitt.

### 3.3.2.2 Batterityper

Følgende typer blyakkumulatorer er tilgjengelig:

- Smurte gitterplatebatterier  
De har gode høybelastningsegenskaper og lav pris, men forholdsvis kort levetid.
- Rørplatebatterier  
De har meget gode opp- og utlade-egenskaper og lang levetid.  
Ulempen med rørplater er begrenset høybelastningsegenskaper.
- Stavplatebatterier.  
Har nesten like gode opp- og utlade-egenskaper som rørplatebatteriene og like lang levetid.  
Meget gode høybelastningsegenskaper, og egner seg meget godt hvor store effekter skal tas ut over kort tid.

I kraftstasjoner benyttes rørplatebatterier i de fleste tilfeller fordi disse batterier er bygget for å gi stor kapasitet ved lang utladetid og de tåler også konstant ladning. Ved riktig oppladning og stabil elektrolytt temperatur på + 20° C har man erfart levetider godt over 15 år ++.

Nikkelkadmiumakkumulatoren (NiCd) består også av forskjellig typer oppbygning:

- Lommeplater, denne har celler med tynne plater gir gode høybelastningsegenskaper.
- Sinterplater, denne har vesentlig bedre høybelastningsegenskaper enn lommeplatetypen

Særegenskaper ved NiCd batteriene er at de fungerer godt også ved lave temperaturer. Ved – 20° C er fremdeles 90 % av den nominelle kapasiteten tilgjengelig. De kan også lagres uten vedlikehold og tåler store mekaniske påkjenninger .

De krever imidlertid forhøyet ladespenning og det anbefales å utføre en utjevningsladning pr 3-6 mnd. De er også 2-3 ganger mer kostbare enn blybatteri og elektrolytten bør byttes ut etter 6-7 år.

På grunn av sine gode egenskaper i kulde, er de godt egnet til bruk i reguleringsområdet for vannstandsmåling etc.

Blybatteriet har i de siste årene kommet med en ny variant i forhold til den kjente fritt ventilerte (FV) typen som har flytende elektrolytt væske plassert i et batterihus m/ventilasjonslokk.

Den nye varianten kalles for Ventil regulert (VR), den benevnes også som et vedlikeholdsfritt batteri.

Batteriet har celler hvor elektrolytten enten er i gele-konsistens eller absorbert i glassfiberfilt. Cellen er utstyrt med trykk ventil som åpnes ved økt internt trykk. Batteriet krever mindre vedlikehold en tradisjonelle batterier, men er nok ikke helt vedlikeholdsfritt

Fritt ventilerte batterier har vært benyttet i kraftverk i mange år. Hver celle er plassert i en gjennomsiktig beholder slik at det er mulig med visuell kontroll av celleplatene og elektrolytt nivået. Etterfylling av vann utføres ved behov. Det avgis hydrogen gass når batteriet lades.

De vedlikeholdsfrie batteriene ble introdusert på 70-tallet. Hver individuell celle er montert i polypropylenplast beholder. Dette gjør at hverken cellene eller elektrolytten er synlig.

Det finnes to utgaver av elektrolytt, gele elektrolytt og suspendert elektrolytt.

Suspendert elektrolytt benyttes når høy strøm over kort tid er nødvendig.

Disse batteriene er utstyrt med en sikkerhetsventil for å holde overtrykket i cellene konstant i hele batteriet levetid. Det slippes ut begrensede mengder oksygen og hydrogen tilsvarende forbruket av vann i elektrolytten. Over tid kan derfor det ventilregulerte batteriet slutte å fungere grunnet uttørking.

Kravene til ventilasjon er ikke like store som ved fritt ventilerte siden det er et lukket blokkbatteri. Syremåling og annet vedlikehold er ikke mulig.

Det finnes både fordeler og ulemper ved å benytte de fritt ventilerte (FV) typer eller de nyere ventilregulerte (VR) :

- VR batterier har strengere krav til ladning fordi de er mer ømfintlig mot oppvarming. Nye ladelikereettere beregnet for formålet avhjelper problemet.
- VR batterier har vesentlig mindre krav til plassering enn FV type og kan plasseres stående eller liggende.
- VR batteriene krever ingen vannetterfylling og dermed lite vedlikehold.
- VR batteriene har ikke flytende elektrolytt og lekkasje er dermed ikke mulig.
- På VR batteriene er ikke mulig å måle syrevekten. Batteriets utvikling og tilstand er vanskelig å følge.
- Levetid og brukserfaringer med VR batteriene er ikke godt dokumentert, men de finnes med garantert levetid over 12 år.

Det er utgitt en guide for valg av ventilregulerte batterier (VR-batterier):

”Eurobat Guide” (1999) av Europeiske batteriprodusenters bransjeorganisasjon.

Den har innført følgende nye klassebegreper:

|           |                    |
|-----------|--------------------|
| +12 år:   | Long Life          |
| 10-12 år: | High Performance   |
| 5-9 år:   | General Purpose    |
| 3-5 år:   | Standard Comercial |

De tidligere klasseinndelingene var slik:

|           |                    |
|-----------|--------------------|
| + 10 år:  | High Integrity     |
| 8-10 år:  | High Performance   |
| 5 - 8 år: | General Purpose    |
| 3 - 5 år: | Standard Comercial |

Det må nevnes at det finnes såkalte syrefraskillende ventiler på markedet som kan gi FV batterier mye av de samme egenskapene som et VR batteri. Ventilene erstatter de lokk som i dag sitter på cellene. De skal kunne forlenge vannpåfyllingsintervallet med 7-10 ganger. Det oppnås også de samme reduserte krav til ventilerings som for VR batteriene.

### 3.3.2.3 Belastningsprøver

Belastningsprøver viser aktuell tilstand for batteriet og ikke forventet levetid. Den må vurderes separat ut fra kontroll og aldringskurver.

Kapasitetsmåling er en god og sikker metode for å kartlegge batterianleggs tilstand. En måling kan gi informasjon om dårlige eller defekte battericeller og angi den energiytelsen batteriet er i stand til å gi. Målingen gjøres ved at batteriet tilkoples en kjent belastning, deretter måles strøm og spenning over et gitt tidsintervall som er grunnlaget for utregning av batterianleggets amperetimer(Ah).

### 3.3.3 Batterisikring

Batterisikringer samt noen få tilhørende sikringskurser plassert i egne batterisikringsskap. I disse skapløsningene er det lagt vekt på en enkel og fleksibel oppbygging som gir mange muligheter for vedlikeholdskoblinger.

For spenningsnivåene 110/220 V benyttes skap i en-polet utførelse. For lavere spenninger blir det benyttet to-polet batterisikringsskap.

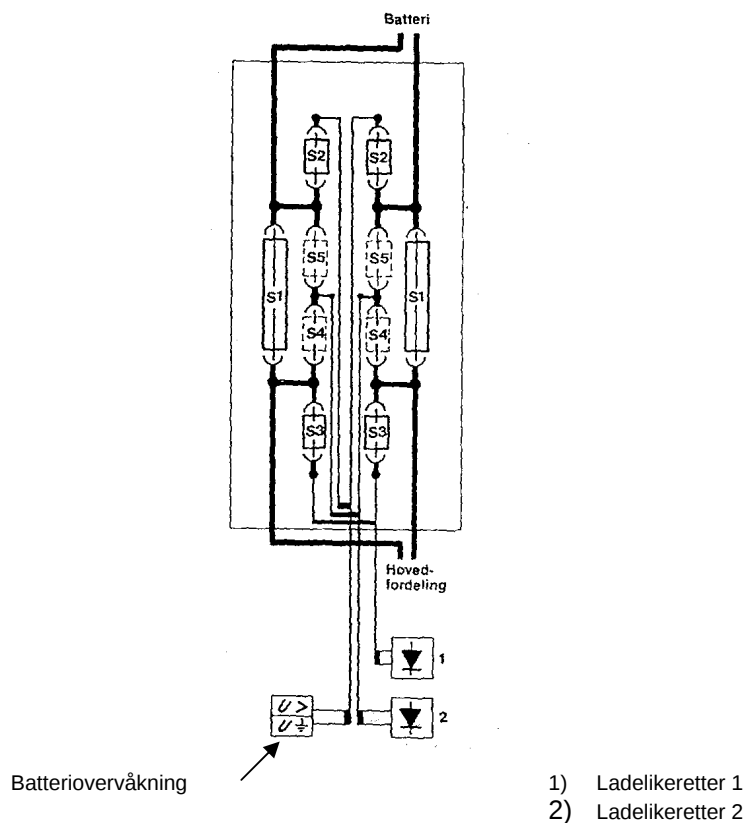
Batterisikringene utgjør kortslutningsvernet for tilførselskablene og hovedfordelingen.

I skapet finnes også sikringer for likeretter og batteriovervåkning.

Ved hjelp av enkle koblinger det mulig å utføre kapasitetstest av batteriet.

Det finnes også skap hvor selve batterisikringene er montert i en sikringslastskillebryter hvor et sikringsskifte foregår meget sikkert. Det blir brudd samtidig i begge faser, men løsningen medfører at pluss og minus-polen blir å finne usikret innenfor samme skap.

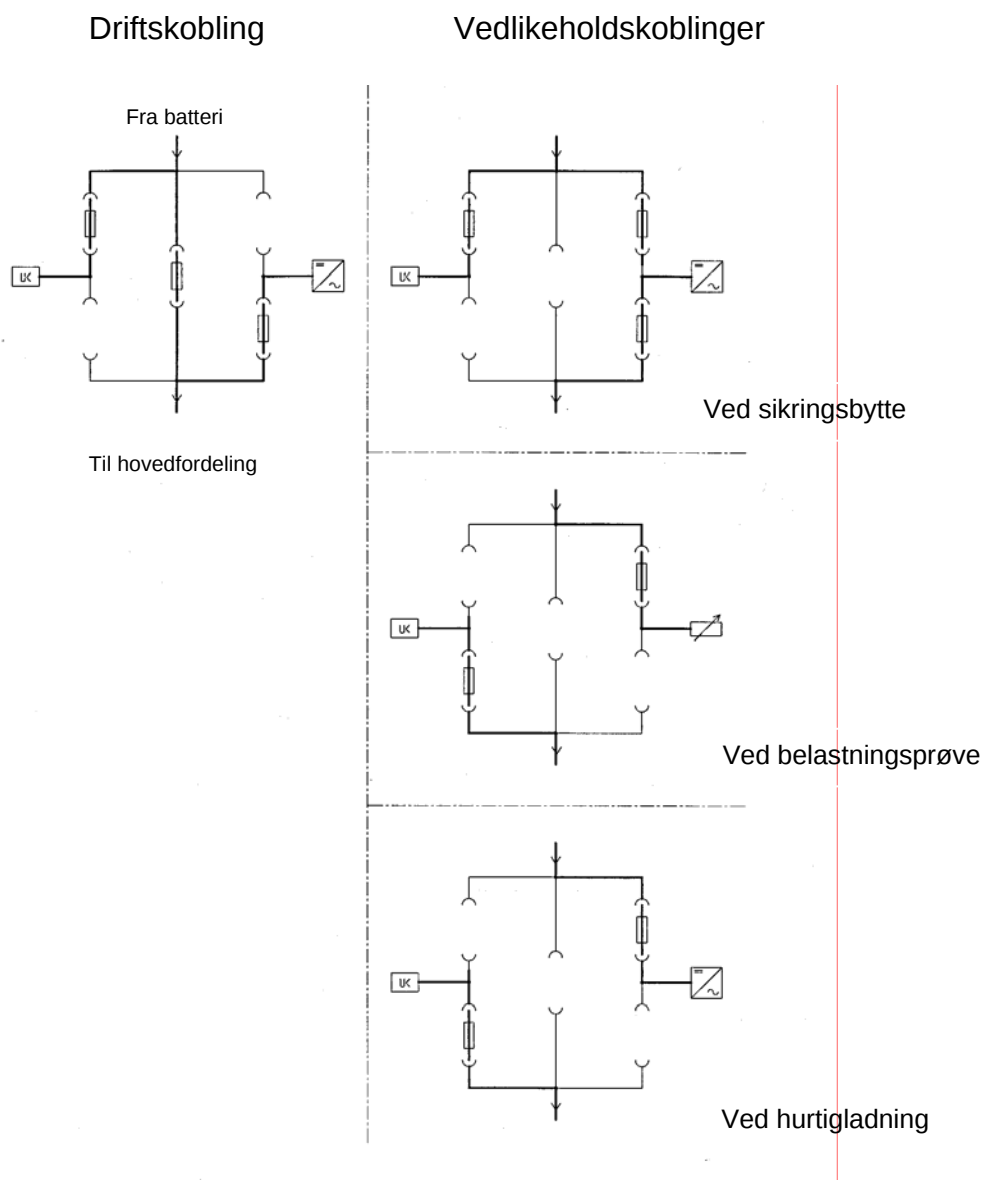
Figur 3.5 viser en typisk oppbygging av et to-polet batterisikringsskap med eksterne tilkoblingsmuligheter.



Figur 3.5

Batterisikringsskapene er konstruert for at det skal være enkelt å utføre vedlikeholdskoblinger i forbindelse med sikringsbytte, belastningstest eller hurtigladning.

Figur 3.6 viser hvordan slike vedlikeholdskoblinger enkelt kan gjøres



Figur 3.6

### 3.3.4 Overvåkningsutstyr

Den tradisjonelle overvåkningsfunksjonen for likestrømsanlegg, ofte omtalt som en batterivaktfunksjon, er egentlig en spenningsovervåkning av hele DC systemet. På markedet finnes også systemer som overvåker selve batteriet, hver enkelt celle og forbindelsen mellom dem. Dette benevnes Batteriovervåkning BMS (Battery Monitoring System), men er hittil lite benyttet i kraftbransjen.

#### 3.3.4.1 Batterivakt

Alle overvåkningsfunksjonene er vanligvis inkludert i en enhet som kalles batterivakt og som tilkobles likestrømanlegget.

De enkleste enheter som benyttes overvåker kun min-spenning og jordfeil. Dette kan i tillegg suppleres med overvåkning av holdladning, maks-spenning og usymmetri.

En enkel jordfeil vil i første omgang ikke skape funksjonsmessige problemer. Dersom det oppstår en jordfeil nr 2, er det en risiko for at kortslutninger eller utilsiktede koblinger kan skje. Derfor bør isolasjonen mot jord alltid overvåkes.

Den tradisjonelle batterivakten måler isolasjonsmotstanden mellom hver fase og jord.

Denne bør i h.t. forskriftene være på minst 200  $\Omega$  pr. V.

Innstilling av signalnivået har gjerne vært på pot.metre med skala direkte i  $\Omega$  verdi, for eksempel 1 – 10 k $\Omega$  ved lave batterispenninger og 25 – 50 k $\Omega$  ved høyere batterispenninger.

Det finnes også vaktfunksjoner hvor målingen er basert på måling av jordfeilsstrøm. Signalnivået vil da være justerbart mellom 1 – 10 mA.

I forbindelse med batterivakten finnes ofte voltmeter utstyrt med venderfunksjon for ordinær spenningsmåling og isolasjonskontroll.

Alle kontaktorspoler og lignende bør hvis mulig være fast tilkoblet minus-polen slik at spolen alltid er med i isolasjonskontrollen.

Å søke etter jordfeil bør utføres på en logisk og systematisk måte, hvis ikke kan det være vanskelig å finne frem til den. Logikken består i å seksjonere kretsene ned helt til feilen er funnet.

Et eksempel på en annen logisk feilsøking er at hvis en jordfeil er kortvarig tilstede under bestemte funksjoner, tyder mye på at den ligger etter arbeidskontaktene i den krets som da er aktiv.

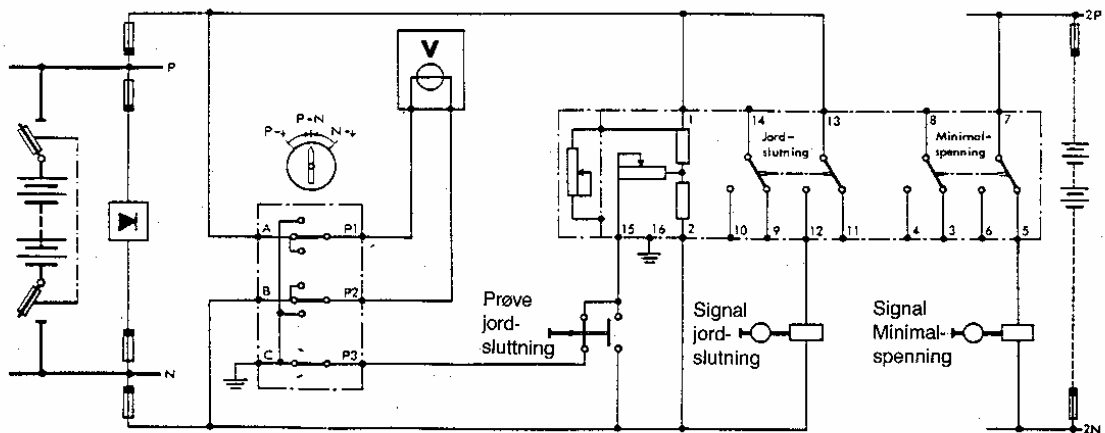
Innstilling av signal for minimalspenning velges normalt til ca. 95 - 100% av nominell batterispenning slik at for lav ladespenning samt utfall av ladelikeretter vil bli varslet etter en tid. Det er også å anbefale en vaktfunksjon rundt ca 90% av nominell batterispenning. Denne vil varsle at spenningen er så lav at det snarlig blir kritisk for at releer etc kan fungere.

Det kan også benyttes en såkalt holdladningsovervåkning hvor signalnivået ligger i området 105 – 110% av nominell batterispenning, altså like under den normale driftsspenning. Denne vil gi umiddelbart varsel om at ladelikeretter er ute av drift.

Maksimalspenningsvakten skal forebygge at stasjonens utrustning og batteri utsettes for høye spenninger. Dette kan forårsake isolasjonssvikt og skadelig temperatur med forsert aldring. Høy spenning kan oppstå som følge av upresis likeretterinnstilling eller feil på likeretter. Innstillingen velges normalt ca. 115% av nominell spenning, altså noe over normal driftsspenning.

I moderne batteriladere er det nå vanlig å inkludere batterivaktfunksjon og instrumentering. Det benyttes gjerne digitale instrumenter slik at avlesningen blir meget nøyaktig. Også vaktfunksjonene er gode med vide justeringsmuligheter og gjerne innebygde tidsledd for eventuell forsinkelse av signaler. For denne type vakter anbefales det fortsatt å koble overvåkningsfunksjonen til egne sikringer i batterisikringsskapet og ikke måle direkte på utgående spenning fra ladelikeretter.

Figur 3.7 viser hvordan en enkel batterivakt kan være tilkoblet. Batteriet med batterisikringsskap og lader er på skjemaets venstre side. Det er også vist voltmeter med vender for avlesning av pluss- og minus- polenes spenningsnivå mot jord. Det vises også en trykknapp hvorfra en enkel test av jordfeilsovervåkingen kan utføres. Det er også verdt å merke seg at som signalspenning til signalet: "Min. spenning" må benyttes en spenning fra en annen kilde enn den som skal overvåkes.



Figur 3.7

### 3.3.4.2 Batteriovervåkningssystem (BMS)

Avsnittet omhandler et overvåkningssystem som benevnes BMS (Battery Monitoring System). Utstyret overvåker kontinuerlig hvert celle i batterianlegget.

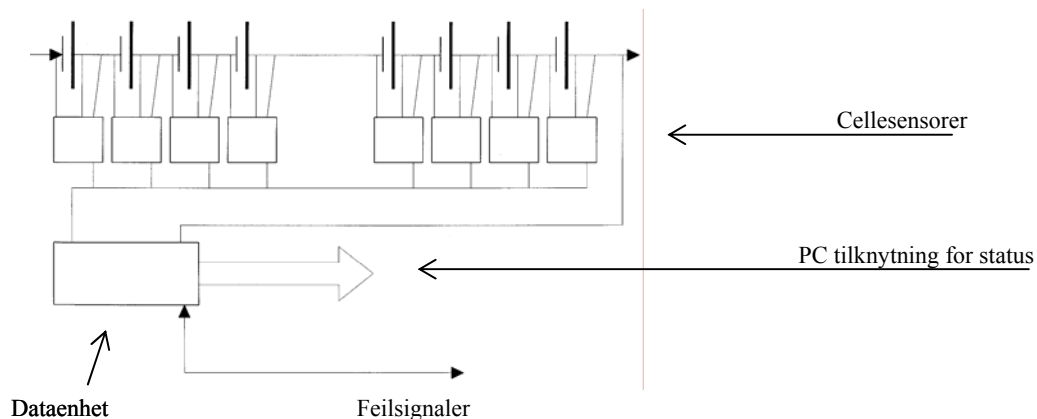
Det måler cellenes spenning, temperatur og indre motstand samt også motstand i ytre forbindelser mellom celler.

Små sensorer er plassert på cellene og tilknyttes hver tilgjengelig cellepol. Sensorene overfører informasjon via en enkel leder til en dataenhet (innsamlingsenhet) plassert ved batteriet. Her blir målverdiene overvåket og lagret. Systemet har 3 forskjellige alarmfunksjoner hvis noe unormalt blir oppdaget.

Figur 3.8 viser tilkoblingsprinsippet.

Fra dataenheten kan det etter behov hentes ut ukentlige, månedlige eller kvartalsmessige rapporter om status samtidig som alarmårsakene automatisk blir lagret.

Systemet blir benyttet en del i militære installasjoner, telekommunikasjonssentre etc.

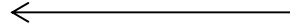


Figur 3.8

### 3.3.4.3 Styrestrømsovervåkning.

Gruppefordelinger for styrestrøm bør overvåkes av underspenningsrelèer eller lignende med tidsforsinkelse for å forhindre uønsket alarm ved kortvarige spenningsvariasjoner.

Underspenningsrelèene bør tilkobles slik at overvåkingen dekker både gruppesikringer og tilhørende ledningsforbindelser.

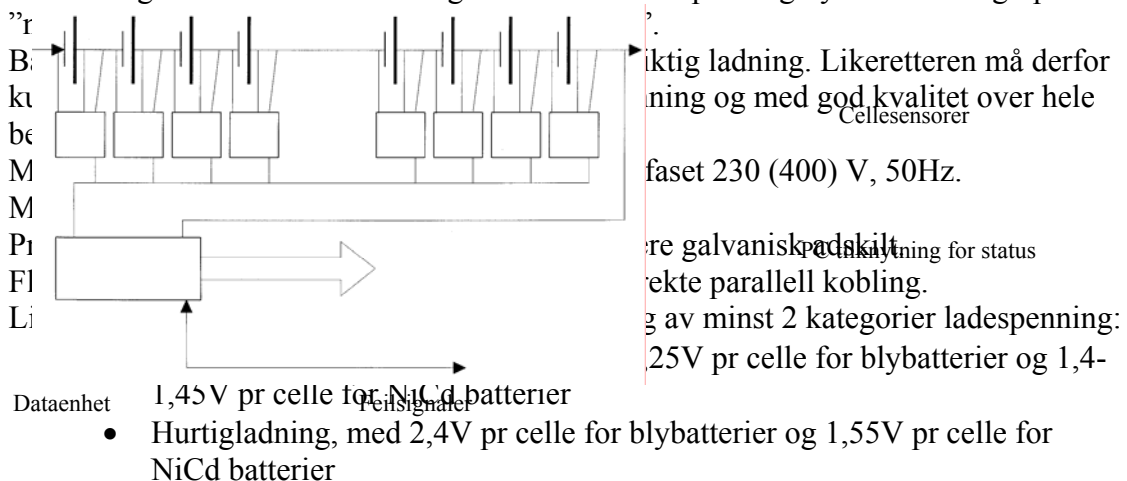


Styrestrømkurser må overvåkes enkeltvis, med varselkontakter for kurser som har automatsikringer og med underspenningsrelèer for kurser som har proppsikringer. Spesielt viktige kurser kan ha ekstra overvåkningsrelèer som er knyttet til utløsning av en event. nødstyring som måtte finnes på aggregatene.

### 3.3.5 Ladelikerettere

Ladelikerettere skal holde stasjonens batterier fulladet til enhver tid. Betingelsen er at stasjonens AC er til stede.

Ladelikerettere må dimensjoneres slik at den i tillegg til nødvendig ladestrøm for batteriet også kan levere nødvendig laststrøm til likespenningssystemene. Begrepet



Alarmkontakt for likeretterfeil bør finnes.

Det er også likerettere med innebygget en form for batteritest-funksjon.

Den "slipper" ladespenningen i faste intervaller og måler deretter motspenningen fra batteriet. Hvis flere slike målinger etter hverandre har feilnivå, blir en alarmkontakt aktivisert.

Likerettere for vedlikeholdsfrie batterier bør inkludere temperaturkompensering for å opprettholde nøyaktig spenning.

Likeretteren må ikke avgi større spenningsrippel på ca.  $\pm 1,5\%$  av batteriets klemmespenning

Nikkel-kadmium batterier er mer ufølsomme for spenningsrippel og opptil  $\pm 6\%$  amplitudeverdi kan her tolereres.

## **4 Avbruddsfri AC forsyning**

### **4.1 Innledning**

Datamaskiner og mikroprosessorbaserte utrustninger blir mer og mer vanlig å finne i kraftstasjoner og mange av disse benytter AC som matespenning. De har gjerne større krav til spenningskvalitet enn hva den normale AC forsyning kan levere, spesielt m.h.t. transiente forstyrrelser samt spenning- og frekvensvariasjoner. Det kreves også at forsyningen er avbruddsfri ved nettavbrudd.

### **4.2 Systemoppbygging**

#### **4.2.1 Generelle prinsipper**

En sikker og solid avbruddsfri AC forsyning kan være av vesentlig betydning for sikkerhet og drift av et kraftverk.

Det er 2 enheter/systemer som oftest benyttes til dette formål.

Det ene er den godt kjente vekselretteren som benytter et av stasjonsbatteriene som likestrømskilde.

Det andre er nyere enheter som ofte betegnes som UPS (Uninterruptible Power Supply). Driften av disse er basert på egne batterier og egne likerettere.

Enheter med de ytelser som her tenkes på er som regel utført som kompakte skap hvor også batteriet inkl. likeretter er plassert.

#### **4.2.2 Dimensjonering**

Dimensjonering av enhetene må først og fremst tilpasses det effektbehov som det tilkoblede utstyr normalt vil kreve. Videre må tas hensyn til eventuelle høye innkoblingsstrømmer. En mulig økning av effektbehovet bør også kalkuleres i dimensjoneringen.

Som energilagringsorgan benyttes som nevnt batterier og disse må ha en kapasitet som tilfredsstiller kravet til den tid som enheten skal levere effekt ved nettavbrudd. Denne tiden kan være fra minutter til timer, alt etter behovet.

## 4.3 Komponenter

### 4.3.1 Vekselrettere

Vekselretterens oppgave er å omforme en likespenning til en vekselspanning.

Vekselrettere utføres vanligvis for tilkobling til stasjonsbatteriet (110 / 220V) og vanlige størrelser er fra ca 3 til ca 10 kVA.

Vekselretterne må kunne tåle den variasjon i likespenning som forekommer, f.eks. ved utfall av likeretteren. Samtidig må vekselretterne levere vekselstrøm av høy kvalitet og stabilitet, både med hensyn til spenning, frekvens og kurveform. Det aksepteres ikke annen kurveform enn en ren sinusform.

For å oppnå sikker vekselstrømsforsyning til viktig utstyr og funksjoner, benyttes ofte 2 eller 3 stk vekselrettere som mates fra flere DC kilder hvis det finnes.

Den ene vekselretteren kan da benyttes for mating av datamaskiner, måleverdiomformere, etc. Den andre for mating av kommunikasjons- og teleutstyr og event. en tredje for mating av f.eks. nødlysarmaturer.

Vekselretteren bør være konstruert slik at den kan tåle overlast på 50% i et tidsrom på minst 60 sek.

Den skal ha strømbegrenser for å beskyttes mot overlast og kortslutning.

Ved feil på vekselretteren eller ved overlast skal en statisk forbikoblingsbryter kople automatisk over på 230VAC direkte fra den ordinære stasjonsforsyning. Omkoblingen kan også skje med kontaktorer. Manuell forbikoblingsmulighet skal også finnes.

Vekselretterens inn- og utgang skal være galvanisk adskilt.

De må være utstyrt med volt-, ampere- og frekvensmeter som viser h.h.v. utgangsspenning, -strøm og -frekvens med tilstrekkelig nøyaktighet.

De skal være forsynt med alarmkontakter.

Vekselretteren mates fra hovedfordelingen og sikres i overensstemmelse med merkestrømmen.

I kretser som blir matet fra vekselretter kan det være vanskelig å oppnå selektivitet mellom sikringer pga. vekselretterens lave kortslutningsytelse. En bør være oppmerksom på at ved omkopling til omveismating fås normalt en betydelig økning i kortslutningsytelsen.

### 4.3.2 Statisk UPS

Et komplett statisk UPS system består vanligvis av likeretter og vekselretter, batteri for lagring, elektronisk omveisbryter, utgangstransformator, diverse filtre, manuell omveisbryter og elektronisk styresystem.

Statiske enheter er i dag dominerende, og de er også de beste sett utfra driftsikkerhet. Enhetene har normalt høy virkningsgrad som medfører lite tap i form av varme.

Figur 4.1 viser et typisk blokkskjema over et statisk UPS system.

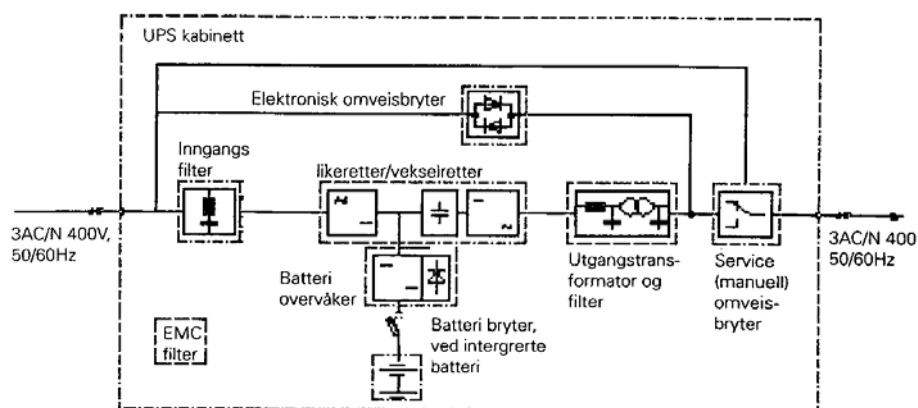


Fig. 4.1

Det finnes 2 typer UPS systemer, de såkalte On-line systemer og Off-line systemer. Et On-line system fungerer slik at lasten blir dermed helt upåvirket av nettforstyrrelser. Lasten forsynes i normal drift via likeretter og vekselretter og ikke fra AC nettet. En statisk bryter benyttes for å veksle over til forsyning fra ordinært vekselstrømssystem ved problemer som måtte oppstå i vekselretter, likeretter eller andre UPS komponenter.

Off-line system blir ofte benevnt som standby system eller som et sovende system. I normal drift forsynes lasten fra AC nettet, ved feil eller andre nettforstyrrelser legges den over til batteriforsyning. Dette system vil ha et kort spenningsavbrudd idet den legger over til batteridrift. Avhengig av type statisk bryter kan den koble på mindre enn 0,25 Hz, men dette kan være nok til at det blir forstyrrelser i komponentene som utgjør lasten.

I kraftverksdrift er det derfor On-line statisk versjon som er aktuelt å benytte.

UPS-systemene finnes med både 1- og 3-fase utgang og spenning på 230/400 V.

UPS kan utføres med 2 eller flere enheter koblet i parallell. Det finnes flere årsaker til at det er ønskelig. Det oppnås en ytterligere sikkerhet hvis en enhet slutter å fungere eller det er behov for større totalt effekt enn hva en enhet kan gi.

## 5 Referanser

H. Steinsund, S.A. Fismen, V. Strand, E. Iversen, J. Piene :  
”Lavspenningsanlegg for veksel- og likestrøm i kraftverk og transformatorstasjoner”  
NEVF publikasjon nr 261, 1978

Bjørn Gustavsen :  
”Hjelpekraftforsyning i transformatorstasjoner”,  
SINTEF Energiforskning / EnFo 1998

Siv.ing Arne Jorde, ICG :  
”Elkvalitet/EMC i elkraft-og tele-/datatekniske installasjoner ” Kurskompendium

O. Valen,  
”Selektivitet i UPS anlegg”, Elektro nr.9, 1997

FEA-F 1995 ”Forskrifter for elektriske anlegg – Forsyningsanlegg”  
Direktoratet for brann- og elsikkerhet

NEK 400:1998 ”Elektrisk lavspenningsanlegg - Installasjoner”  
Norsk elektroteknisk norm,

NVE ”Retningslinjer for sikring av kraftforsyningsanlegg (RSK)” Nov. 1997

Norsk teknologisk institutt, “Hydropower Development, Electrical equipment”, 1994

David M Clemen,  
“Hydro Plant Electrical system”, HCI Publication, 1999