

# UPS i Febdok

Prinsipper og beregningsmetodikk

2021-10



---

## OM NELFO

---

Nelfo er en landsforening i NHO og organiserer elektro-, ekom- og heisbedriftene i tillegg til systemintegratorene. Sammen med medlemsbedriftene, skal vi gjennom vår kompetanse være en viktig del av løsningen på vår tids viktige samfunnsutfordringer. Vi skal være en viktig bidragsyter for å sikre et seriøst arbeidsliv og vi skal sikre teknologi- og konkurransenøytrale rammebetingelser. Vi har løsninger på hvordan vi skal møte eldrebølgen, bygge en moderne teknisk infrastruktur, utvikle smartere bygg, en smartere maritim sektor og et moderne, funksjonelt og samfunnssikkert samfunn.

---

## BAKGRUNNEN FOR FEBDOK

---

Utviklingen av Febdok ble påbegynt i 1990 som et samarbeid mellom Nelfo og Elektrisitetsforeningens Forskningsinstitutt (EFI), nå SINTEF. Grunnet mer omfattende krav til dokumentasjon og beregning av elektriske installasjoner var det et behov for et dataprogram som kunne effektivisere tiden ved utførelse av beregninger og dokumentasjon. Febdok har alltid lagt vekt på å være et program som beregner nøyaktig i henhold til gjeldende forskrifter, normer og standarder – i tillegg til å ha et så intuitivt og enkelt brukergrensesnitt som mulig.

---

## VEILEDNINGER

---

Denne veiledningen er en del av en serie veiledninger fra Nelfo. Veiledningene skal være til hjelp der hvor Febdok benyttes som et prosjekterings- og dokumentasjonsverktøy. I tillegg til F1-hjelpen i programmet, spørsmål og svar på våre nettsider, support og kurs kompletterer veiledningene informasjon og kunnskap nødvendig for å kunne bruke Febdok på en så riktig og effektiv måte som mulig.

Det er naturlig å se veiledningene i sammenheng med gjeldende regelverk og eventuelt andre relevante håndbøker, spesifikasjoner og rapporter.

Se [www.nelfo.no](http://www.nelfo.no) og [www.febdok.no](http://www.febdok.no) for flere veiledninger.

# Innhold

1. Innledning .....	4
2. Definisjoner .....	4
3. UPS.....	4
3.1 Konfigurasjoner av UPS.....	5
3.2 Statisk switch / Bypass switch .....	5
3.3 Kortslutningsytelse fra UPS.....	6
3.4 Manuell bypass .....	6
4. Dataangivelse .....	7
5. Beregningsmetodikk.....	7
5.1 Generelle prinsipper .....	7
5.2 Normalmodus eller feilmodus? .....	7
5.3 Hvilken feilstrøm viser Febdok? .....	8
5.4 Interpolert tap mellom $Z_{k0}$ og $Z_{k_{feil}}$ .....	8
5.5 Tåleevne statisk switch .....	9
5.6 Overbelastning .....	10

## 1. INNLEDNING

Febdok har siden versjon 5.0 (desember 2008) kunne beregne elektriske installasjoner med UPS. Beregningsmetodikk og struktur har siden den gang vært i kontinuerlig utvikling i samarbeid med leverandører og aktører med spisskompetanse på området. Målet er å kunne utføre nødvendige beregninger på en så effektiv og brukervennlig måte, samtidig som det ivaretar krav i relevante forskrifter, normer og standarder.

Vi ønsker med denne veiledningen på en så enkel som mulig måte forklare hvordan Febdok hjelper deg med å gjøre de nødvendige beregningene i forbindelse med UPS. Forklaringene benytter forenklede former for å vise prinsippet bak beregningen.

## 2. DEFINISJONER

### (1) UPS

Uninterruptible Power Supply  
(Avbruddsfri strømforsyning)

### (2) $Z_{k_0}$

Kortslutningsimpedans  
*I dette dokumentet ment som impedansen direkte på utgang av UPS*

### (3) $Z_{k_{feil}}$

Kortslutningsimpedans  
*I dette dokumentet ment som impedansen i et gitt feilsted*

### (4) Maksimal overlast

UPS'ens grenseverdi for oppfattelse av kortslutning  
Oppgitt i ampere [A]

### (5) $Z_{M_0}$

Impedans som gitt av spenningsnivået tilsvarer feilstrøm lik Maksimal overlast

### (6) Interpolering

Metode for å beregne reduksjon av feilstrøm levert av UPS i feilmodus, som i denne sammenheng går ut på å beregne verdier av en funksjon basert på verdier som allerede er kjent.

### (7) UPS st

Feilstrøm levert av UPS (short time).

### (8) UPS It

Feilstrøm levert av UPS (long time).

## 3. UPS

UPS er ofte forbundet med medisinske områder, der det både er krav til omkoblingstid og nødstrømkildens varighet. Til dette formålet er det ingen tvil om at UPS er godt egnet. En UPS vil eksempelvis også kunne være nyttig der følsomt utstyr krever støyfri strømforsyning eller der hvor nedetid ikke kan tillates av økonomiske eller sikkerhetsmessige årsaker.

*Videre i dokumentet skilles det ikke mellom online, line interactive, osv. Febdok sitt mål er å finne verst tenkelige tilfelle på tvers av konfigurasjoner.*

### 3.1 Konfigurasjoner av UPS

Enkelt forklart består en UPS av likeretter, batteripakke og vekselretter. De fleste UPS'er er dimensjonert for TN-system, som for oss i Norge også betyr at det kan være nødvendig med transformator på inngang og utgang av UPS'en. Videre kan UPS'en ha forskjellig fasekobling på inngang og utgang. Nedenfor følger noen eksempler på ulike konfigurasjoner (eksempelene er ikke uttømmende):



Figur 1 - UPS uten statisk switch



Figur 2 - UPS med statisk switch



Figur 3 - UPS med statisk switch og separat tilførsel statisk switch



Figur 4 - UPS med statisk switch og separat tilførsel statisk switch.  
Eksterne transformatorer på inngang og i krets til statisk switch.



Figur 5 - UPS med statisk switch og separat tilførsel statisk switch.  
Interne transformatorer på inngang, utgang og i krets til statisk switch.

### 3.2 Statisk switch / Bypass switch

Statisk switch, også benevnt som bypass switch, har til hensikt å beskytte UPS'en og å kunne sørge for en økt kortslutningsytelse ved en feil nedstrøms UPS. Dersom det oppstår en feil i selve UPS'en eller en kortslutning nedstrøms UPS vil forsyningen koble over til kretsen med statisk switch, som kan være en intern komponent i UPS'en eller en egen ekstern komponent. Ved parallelle UPS'er kan statisk switch også være én felles komponent.

Som alt annet utstyr tåler den statiske switchen en viss energimengde. I henhold til NEK 400-5-51:2018, avsnitt 512.1.2 skal alt utstyr, uten å ta skade eller feile, kunne føre de strømmene utstyret kan bli utsatt for. Ved en kortslutning nedstrøms UPS kan energien via statisk switch bli så stor at komponenten kan ta skade. Det er derfor viktig å ivareta beskyttelse ved å dokumentere at gjennomsluppet energi er lavere enn tåleevnen til den statiske switchen. Vi kommer tilbake til hvordan Febdok kan brukes til å dokumentere at den statiske switchen ikke blir utsatt for mer energi enn den tåler.

Ved vurdering av tåleevne statisk switch er to tolkninger fra nk64 spesielt relevante. Tolkningene i sin helhet finner du på [www.nek400.no](http://www.nek400.no).

## 6. utgave (2018-2022, nk64 tolkning 3)

### UPS benyttet som en nødstrømkilde

*Beslutningen gjengitt. Se bakgrunn for tolkningen via lenken oppgitt foran kulepunkt.*

NK64 har på sine møter 2018-10-31 og 2018-12-06 behandlet spørsmål om en UPS som mister sin funksjon som følge av en underdimensjonert komponent i UPS-en kan anvendes som en nødstrømkilde.

(...)

NK64 har på denne bakgrunn besluttet følgende:

*Manglende selektivitet mellom et overstrømsvern nedstrøms en UPS og vern som beskytter statisk switch i en UPS eller svikt av statisk switch i en UPS pga. en feil nedstrøms UPS-en, innebærer at kravene i NEK 400-5-56:2018, avsnitt 560.7.4 ikke er tilfredsstillt.*

*En UPS som har mistet sin funksjonsevne pga. en ekstern feil tilfredsstiller ikke kravet NEK 400-5-56:2018, avsnitt 560.6.12 punkt c) om at en UPS skal kunne startes opp etter et utfall.*

*Følgelig vil en UPS som mister sin funksjonsevne som følge av svikt av en underdimensjonert komponent i UPS-en forårsaket av en ekstern feil, ikke være i samsvar kravene til bruk som en nødstrømkilde.*

## 6. utgave (2018-2022, nk64 tolkning 2)

### Statisk switch i en UPS og krav til valg av utstyr

*Beslutningen gjengitt. Se bakgrunn for tolkningen via lenken oppgitt foran kulepunkt.*

NK64 har på sine møter 2018-10-31 og 2018-12-06 behandlet spørsmål om en UPS som inneholder en statisk switch som svikter som følge av en kortslutning nedstrøms UPS-en er i samsvar med kravene i NEK 400 til valg og montasje av utstyr.

(...)

NK64 har på denne bakgrunn besluttet følgende:

*En UPS som inneholder en statisk switch som svikter før forventet feilstrøm som følge av en feil nedstrøms UPS-en, er koblet ut av et overstrømsvern, er ikke i samsvar med kravene gitt i NEK 400-5-51:2018, avsnitt 512.1.2.*

## 3.3 Kortslutningsytelse fra UPS

Ved en kortslutning nedstrøms UPS vil forsyningen kobles over i kretsen med statisk switch og kortslutningsbidraget vil komme fra oppstrøms nett. I de tilfeller hvor oppstrøms nett er utilgjengelig, eller det er en feil i kretsen til statisk switch vil kortslutningsstrømmen bli levert via vekselretteren til UPS'en. Vekselretteren vil normalt begrense feilstrømmen til en lav verdi, og kan kun opprettholde denne i kort tid.

Det er lett å tenke seg at ved å øke batteripakken vil også kortslutningsstrømmen øke, men det er ikke tilfellet. Kortslutningsstrømmen er begrenset av vekselretteren og er i mindre grad avhengig av størrelsen eller kvaliteten til batteriene.

## 3.4 Manuell bypass

Komponentene i en UPS vil kreve et visst vedlikehold for å ivareta funksjon. Tilgjengeligheten for vedlikehold må prosjekteres ut i fra belastningens avhengighet til oppetid. Noen løser det ved å installere parallelle

UPS'er der den ene kobles ut fullstendig ved vedlikehold. En annen løsning kan være å benytte en manuell bypass-krets, som vil si en omkobling utenom komponentene som krever service.

Impedansen i manuell bypass-krets vil kunne være forskjellig fra kretsen til statisk switch, som igjen vil bety at feilstrøm levert av oppstrøms nett også kan ha andre verdier. Dersom det ønskes å beregne feilstrømmer ved forsyning via manuell bypass må dette opprettes som en separat kurs i Febdok.

#### 4. DATAANGIVELSE

Kvaliteten på de utførte beregningene blir ikke bedre enn kvaliteten på de dataene som registreres av deg som utfører beregningen. For å utføre beregninger med UPS må først korrekt konfigurasjon angis, videre må det registreres korrekte data som beregningsgrunnlag.

##### Minimum dataangivelse er:

- Antall faser inngang og utgang
- Merkespenning inngang og utgang
- Merkestrøm inngang og utgang
- Cosinus phi inngang
- Kortslutningsytelse kort tid (strøm og tid)
- Kortslutningsytelse lang tid (strøm og tid)
- Tilstedeværelse av bypass
  - Hvis ja, er den internt beskyttet?
  - Hvis ikke internt beskyttet, angi tåleevne
- Maksimal overlast

#### 5. BEREGNINGSMETODIKK

I dette kapitlet får du innblikk i prinsippene Febdok legger til grunn for å dimensjonere en elektrisk installasjon med UPS. Beregningsmetodikken som skisseres er med utgangspunkt i gjeldende versjon av Febdok på tidspunktet veiledningen ble skrevet.

##### 5.1 Generelle prinsipper

Febdok vil alltid ha som mål å angi verst tenkelige tilfelle, maksimale- og minimale tilstand. Nedstrøms en UPS er dette spesielt viktig da kortslutningsbidraget vil kunne komme fra selve UPS'en eller via bypass og oppstrøms nett. Videre vil kravet til overbelastningsbeskyttelse for de ulike kablene i en UPS-konfigurasjon være avhengig av selve konfigurasjonen og plassering av vern.

##### 5.2 Normalmodus eller feilmodus?

For å finne ut hvor feilstrømmen kommer fra må Febdok først avgjøre om UPS oppfatter en feil eller ikke. Febdok beregner først feilstrøm levert av UPS, basert på merkespenning utgang og  $Z_{k_{feil}}$ . Dersom den beregnede feilstrømmen er  $<$  Maksimal overlast oppfatter UPS dette ikke som en feilstrøm. Er den beregnede feilstrømmen  $>$  Maksimal overlast oppfattes det som en feilstrøm.

Normalmodus = Ik  $<$  Maksimal overlast

Feilmodus = Ik  $>$  Maksimal overlast

### 5.3 Hvilken feilstrøm viser Febdok?

Nedstrøms UPS vil Febdok legge til en betegnelse for hver feilstrøm, der betegnelsen angir hvor feilstrøm kommer fra og hvilken modus UPS har.

#### Feilstrøm nedstrøms UPS betegnes med

- Oppstrøms
  - Feilstrøm levert via bypass fra oppstrøms nett.
- UPS
  - UPS i normalmodus.
  - $I_k = U / Z_{k_{feil}}$
- UPS st
  - UPS i feilmodus.
  - Vernets utkoblingstid < varighet kortslutningsytelse kort tid.
  - $I_k =$  Kortslutningsytelse kort tid, minus interpolert tap mellom  $Z_{k_0}$  og  $Z_{k_{feil}}$ 
    - nærmere forklart i 5.4
- UPS lt
  - UPS i feilmodus.
  - Vernets utkoblingstid > varighet kortslutningsytelse kort tid.
  - Vernets utkoblingstid < varighet kortslutningsytelse lang tid.
  - $I_k =$  Kortslutningsytelse lang tid, minus interpolert tap mellom  $Z_{k_0}$  og  $Z_{k_{feil}}$ 
    - nærmere forklart i 5.4

Febdok vil beregne alle mulige feilscenarier i alle kurser nedstrøms UPS'en. Videre vil Febdok vise den verdien som gir verst tenkelige tilfelle, maksimal verdi og minimal verdi.

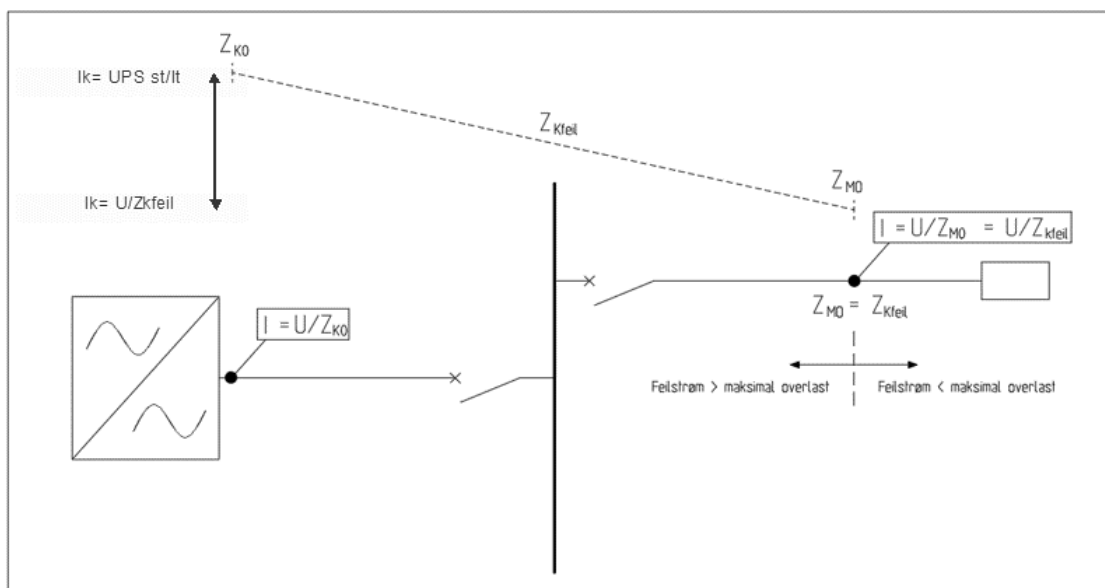
### 5.4 Interpolert tap mellom $Z_{k_0}$ og $Z_{k_{feil}}$

Tidligere versjoner av Febdok (før versjon 5.5) tok utgangspunkt i at feilstrøm levert av UPS var å betrakte som fra en ideell strømkilde. Med dette menes at feilstrømmen ikke ble redusert som følge av større nedstrøms impedans.

Etter dialog med leverandørene og tydeligere funksjonsbeskrivelser fra fabrikk ble det fra og med versjon 5.5 implementert metode for å ta høyde for nedstrøms reduksjon av kortslutningsstrøm fra UPS.

Nedstrøms reduksjon er interpolert mellom  $Z_{k_0}$  og  $Z_{M_0}$ , der  $Z_{M_0}$  er impedansen som gir feilstrøm lik Maksimal overlast. Dette vil si at kortslutningsbidrag fra UPS vil ha en verdi fra kortslutningsstrøm definert ved  $Z_{k_0}$  ned til maksimal overlast for en nedstrøms impedans som gir feilstrøm større enn maksimal overlast. Figur 6 viser  $I_k$  fra  $Z_{k_0}$  til  $Z_{M_0}$





Figur 6 - Kortslutningsstrøm fra UPS'ens ytelse ved interpoleringsmetoden

## 5.5 Tåleevne statisk switch

Som skrevet i 3.2 skal det dokumenteres at den statiske switchen ikke blir utsatt for mer energi enn den tåler. Det er viktig å merke seg at dette gjelder feil i kabel mellom statisk switch og nedstrøms fordeling i tillegg til feil i nedstrøms kurser.

Beskyttelse for feil frem til nedstrøms kurser ivaretas av en av følgende metoder:

### 1) Beskyttelse av oppstrøms vern

Med utgangspunkt i aktuell feilstrøm vil Febdok finne vernets utkoblingstid. Dersom utkoblingstiden er  $< 0,1$  sekund vil gjennomsluppet energi ( $I^2t$ ) være gitt av vernets kurve for  $I^2t$ . Hvis utkoblingstiden er  $> 0,1$  sekund beregnes  $I^2t$  som en funksjon av strøm og utkoblingstid.

### 2) Vern i statisk switch (internt beskyttelse)

For å beskytte komponentene kan leverandøren ha valgt å installere en smeltesikring foran kretsen til statisk switch. I Febdok vil en slik konfigurasjon begrense seg til å huke av for at switchen er «Internt beskyttet». Febdok ser i slike tilfeller bort fra kortslutningsbeskyttelse av statisk switch, fordi det er ivarettatt av internt vern.

### 3) Kortslutningssikker forlegning (kommer i versjon 7.0)

Dersom forankoblet eller internt vern ikke ønskes/kan beskytte statisk switch åpner NEK 400 for å utforme kursen som kortslutningssikker. I dette tilfellet begrenser det seg til kabelen mellom utgang av statisk switch og frem til nedstrøms vern (kurssikringer i fordelingen). Tiltaket vil føre til at sannsynligheten for kortslutning er redusert til et minimum i denne delen av kursen. Ved feil i nedstrøms kurser vil det være kurssikring som beskytter statisk switch, slik som i tilfelle 1) og 2).

## Feil i kurs nedstrøms UPS

Febdok sjekker om overstrømsvernets gjennomslupne energi er større enn tåleevnen til statisk switch. Dersom vernets  $I^2t >$  tåleevne statisk switch gir Febdok melding om dette. For tilfeller i starten av kursen gis

blå melding, da det er oppstrøms vern som skal håndtere denne feilen. Dersom feilstrøm i enden av kursen fører til  $I^2t > \text{tåleevne statisk switch}$ , gis rød melding.

## 5.6 Overbelastning

Avhengig av konfigurasjon kan en UPS i Febdok dimensjoneres med fra 2 til 6 kabler. Febdok vil avhengig av konfigurasjon og plassering av vern benytte forskjellige verdier for Ib, som grunnlag for valg av kabel (Iz) og vern (In).

For å angi hvilken kabel som gjelder skiller det mellom inngang UPS, utgang UPS og inngang statisk switch.

### Inngang UPS

- Belastningsstrøm = Angitt Ib ved belastning + differanse merkestrøm inngang og -utgang.
- Det tas høyde for omsetningsforhold dersom transformator er plassert på inngang.

### Utgang UPS

- Belastningsstrøm forskjellig ut ifra om det er plassert vern på utgang eller ikke.
- Vern på utgang = Ja → Belastningsstrøm = Angitt Ib ved belastning.
- Vern på utgang = Nei → Belastningsstrøm = Merkestrøm utgang.
- Det tas høyde for omsetningsforhold dersom transformator er plassert på utgang.

### Inngang statisk switch

- Belastningsstrøm = Angitt Ib ved belastning.
- Det tas høyde for omsetningsforhold dersom transformator er plassert på inngang.



**[www.febdok.no](http://www.febdok.no)**

**Telefon**

**917 26 000**

**Epost**

**[febdok@nelfo.no](mailto:febdok@nelfo.no)**