

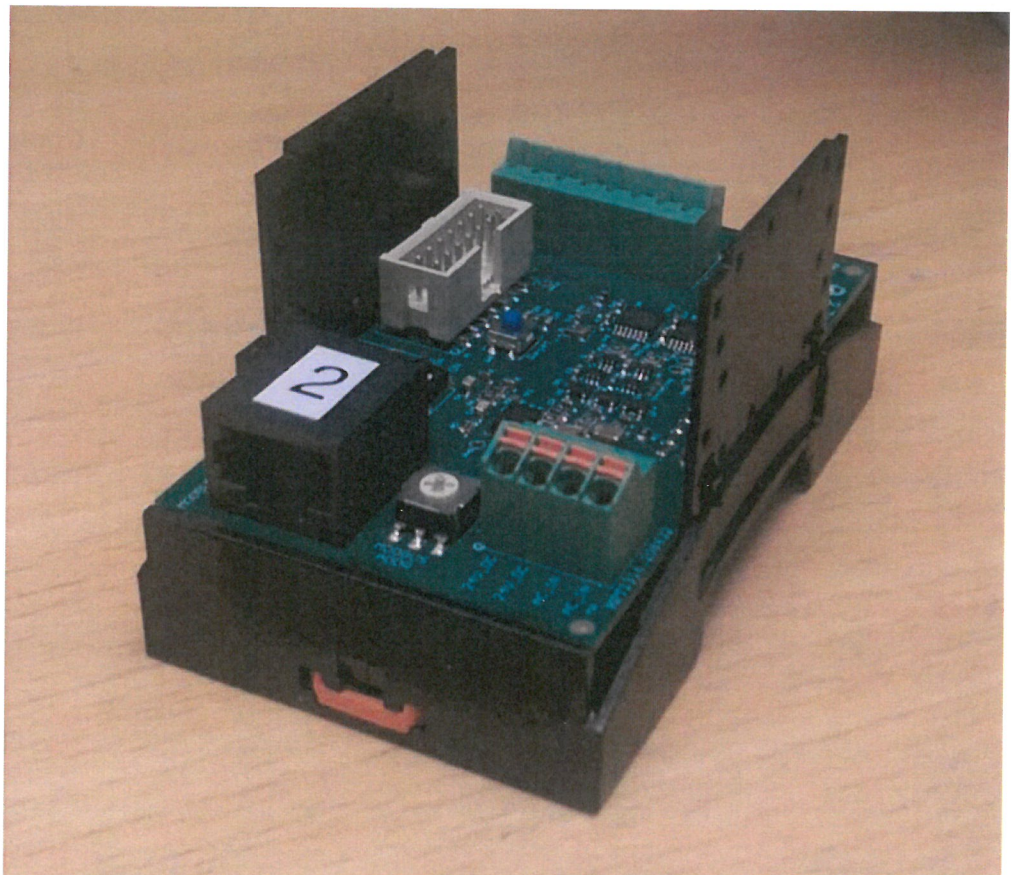
2018:00372 - Åpen

Sluttrapport SLiP

Laststyring i primærreserven

Utvikling av et 50Hz programmerbart frekvensrelé

Forfatter: Niels Aakvaag



Postadresse:

Rapport

Foretaksregister:

Laststyring i primærreserven

Utvikling av et 50Hz programmerbart frekvensrelé

EMNEORD:
Frekvensrelé
PrimærmarkedVERSJON
1.0DATO
2018-01-26

FORFATTER(E)

Evt flere forfattere

OPPDRAGSGIVER(E)
Enfo ASOPPDRAGSGIVERS REF.
Victoria LandmarkPROSJEKTNR
102012818ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
9+ vedlegg

SAMMENDRAG

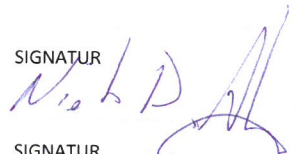
Overskrift sammendrag

Denne rapporten beskriver resultatene som er oppnådd i SLiP prosjektet. Tekniske utførelse har vært gjort av SINTEF Digital, mens Enfo har bidratt med systemdesign, integrasjon og test.

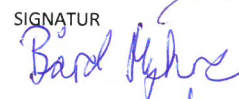
Prosjektet har levert et ferdig utviklet frekvensrelé som er testet og CE-godkjent av Nemko. Det er klart for kommersiell drift når markedsforholdene ligger til rette for det.

UTARBEIDET AV
Niels AakvaagKONTROLLERT AV
Bård MyhreGODKJENT AV
Bengt HolterRAPPORTNR
2018:00372ISBN
978-82-14-06652-4GRADERING
Åpen

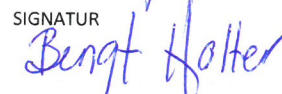
SIGNATUR



SIGNATUR



SIGNATUR

GRADERING DENNE SIDE
Fortrolig

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2018-01-26	Første versjon

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn.....	4
1.1	Konsept	4
1.2	Hovedmålsetninger	4
2	Reléutvikling	5
2.1	Krav	5
2.2	Løsning	5
2.3	NEMKO.....	6
2.4	Grafisk brukergrensesnitt	6
3	Test.....	7
3.1	Laboratoriet	7
3.2	Saint Gobain.....	8
3.3	Tyskland	8
4	Videreføring	8
4.1	El-billading som ressurs	8
4.2	Oppvarming	9

BILAG/VEDLEGG

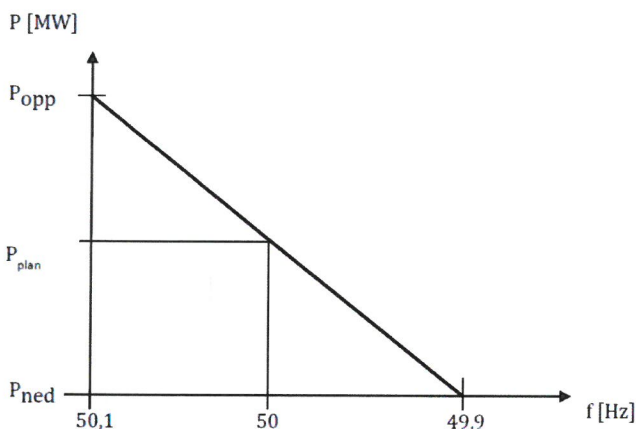
[Skriv inn ønsket bilag/vedlegg]

1 Bakgrunn

Utfordringene i systemdriften tiltar med økende grad av uregulerbar kraftproduksjon og flere utenlandskabler. Primærreguleringen er systemdriftens siste skanse og sørger for å opprettholde frekvensbalansen i den korte horisonten med sin lokale og raske automasjon. Begrenset tilgang til roterende reserver i noen områder kan gjøre anvendelse av forbruk interessant i fremtiden. Dagens vilkår for deltakelse i primærreserven åpner for dette, men mange løsninger i dag baseres i stor grad på en fast terskelverdi for utkobling og ingen porteføljekoordinering. Dette vil ved store lastporteføljer kunne gi ustabilitet og dermed nødvendig bruk av andre reguleringsreserver.

1.1 Konsept

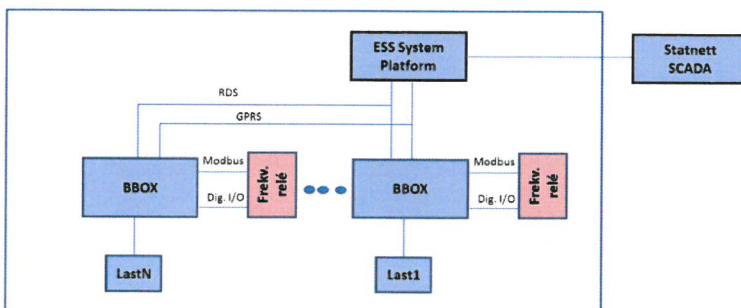
Dette prosjektet har utviklet et programmerbart frekvensrelé som kan administreres sentralt og derved tilrettelegge for en karakteristikk i lastporteføljer som tilsvarer statikk på en generator.



Lastene gis ulike setpunkt for utkobling (distribuert langs en kurve jmf figur 1), hvor setpunkter rulleres ihht en planlagt prosedyre som gjør at laster i en portefølje benyttes til reguleringsformål noenlunde like mye. Dette vil skape mye større stabilitet i reguleringen og medføre at man kan ha høyere grad av last i primærreserven sammenlignet med en enklere av/på regulering som ikke er koordinert.

Figur 1 - Lastdeltakelse i primærreserven (FCR-N). (Hentet fra Statnetts vilkår for primærreserven datert 15. mars 2015)

I et fremtidig ferdig utviklet system vil løsningen henge sammen med de rapporteringsfunksjoner som Statnett ønsker både med tanke på drift og rapportering/oppgjør.



Figur 2 - Enkel arkitektur for et ferdig lastforvaltningssystem

1.2 Hovedmålsetninger

De viktigste målsetningene i prosjektet var som følger:

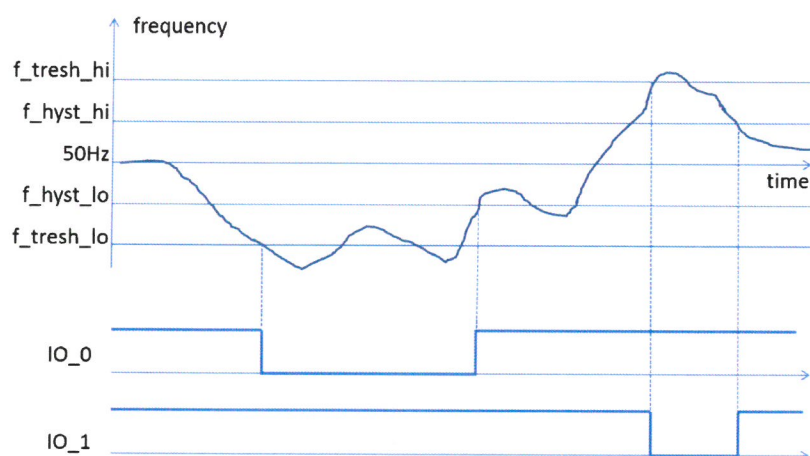
- Utvikle et frekvensrelé som overholder krav til nøyaktighet og tidsrespons ihht vilkår
- Etablere en datamodell som tillater en koordinert oppførsel av en portefølje
- Demonstrere utviklet løsning i en pilot.
- Dokumentere erfaringer fra pilot og få disse validert hos Statnett.

Det første og to siste punktene er beskrevet i denne rapporten. Punkt to, datamodellen, er dokumentert av Enfo.

2 Reléutvikling

2.1 Krav

Releet skal måle 50Hz signalet, og styre noen digitale utganger deretter. Et eksempel på hvordan releets utganger vil variere med frekvens er vist i figuren under.



Figur 3 – IO respons på varierende frekvens

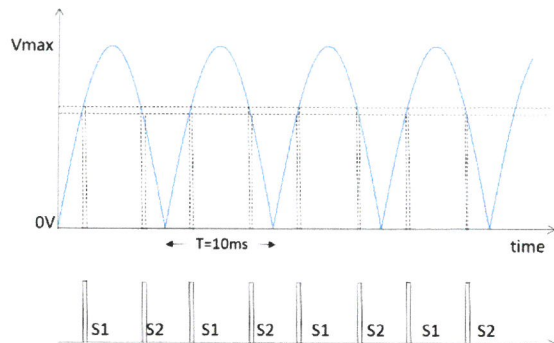
Terskelverdiene over, samt hystereseverdi og tidsrespons er parametere som kan settes via Modbus. Releet er en Modbus slave og er derfor avhengig av en master for å kunne operere i system. Releet skal støtte inntil fire forskjellige terskelverdier.

Utviklingen av releet ble gjort på SINTEF Digital i tett samarbeid med Enfo. De tre viktigste kravene til utstyret var:

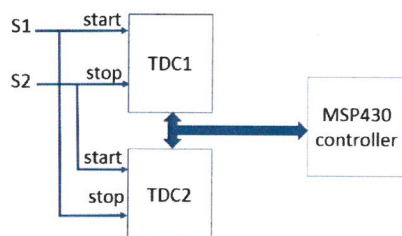
1. Bedre enn 0.5mHz oppløsning
2. Når frekvensen synker under (evt. stiger over) en fastsatt terskelverdi, skal den korresponderende utgangen trekkes lav i løpet av maksimalt 100ms.
3. Konfigurerbar over Modbus RTU

2.2 Løsning

Vi har utviklet en løsning for frekvensestimering basert på analyse i tidsdomenet. Signalet filtreres først for å redusere støy. Deretter likerettes det før et sett med komparatorer lager to pulstog, S1 og S2. S1 har en puls for hver positive flanke og S2 en for hver negative.



Til sist blir de to sekvensene behandlet av to TDC-kretser (Time-to-Digital-Converter) plassert 'back-to-back' som vist i figuren under. Dette gir et svært nøyaktig estimat av frekvensen under moderate støyforhold.



Figur 4 - Bruk av Time-to-Digital-Converter (TDC)

Kontrolleren regner ut frekvensen, sammenligner med terskelverdier samt styrer de digitale utgangssignalene.

2.3 NEMKO

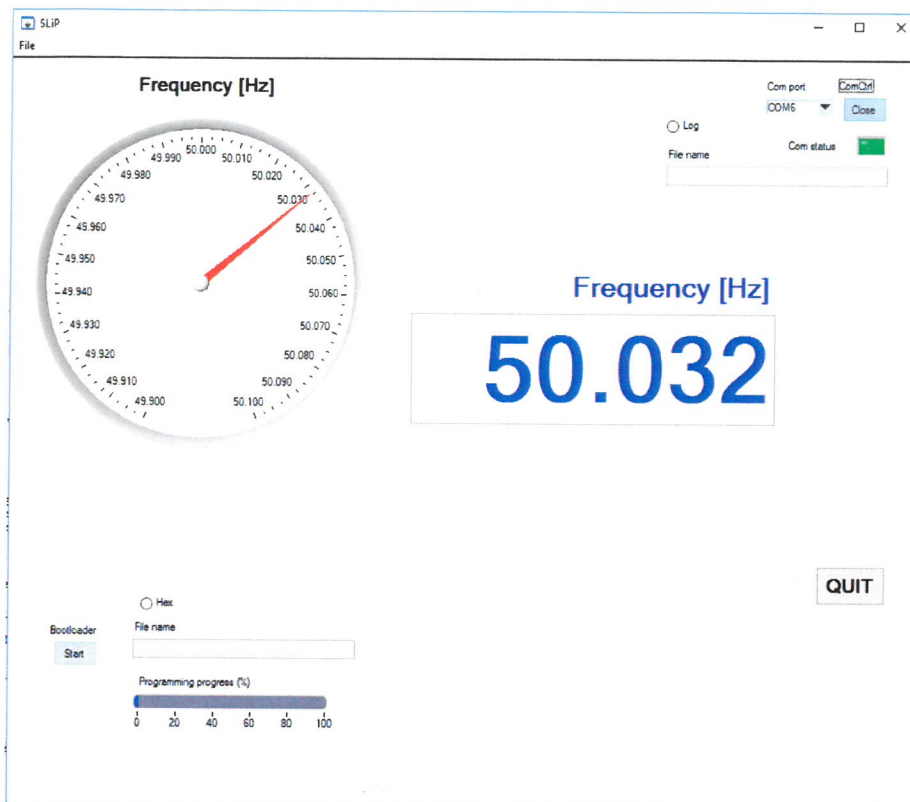
For å sikre tilstrekkelig EMC ytelse, ble enheten CE-testet hos Nemko vinteren 2017 i henhold til:

1. EN 611326-1:2013
2. IEC/EN 61000-4-13:2002
3. A1:2009 – Class 2

Enheden besto alle krav og er nå sertifisert.

2.4 Grafisk brukergrensesnitt

Det ble også utviklet et enkelt brukergrensesnitt (GUI). Dette gir brukeren et bilde av frekvensen i sann tid. I tillegg gir det mulighet for å laste opp ny versjon av firmware dersom det skulle bli aktuelt. GUI er vist i figuren under.



Figur 5 - GUI

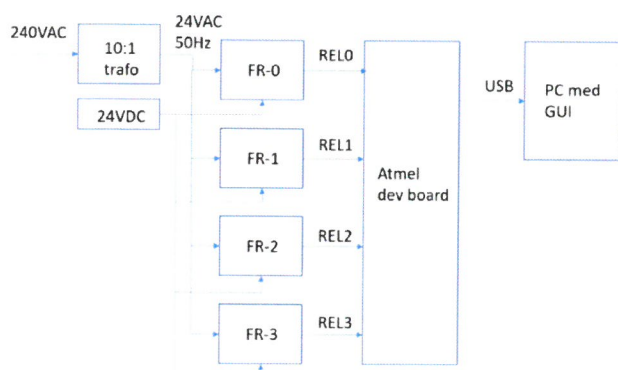
3 Test

Releet har blitt testet i flere ulike settinger. Disse er beskrevet under.

3.1 Laboratoriet

Det var ønskelig å teste flere releer i parallell for å verifisere operasjon i et scenario med flere laster hvor de skal styres uavhengig med forskjellig settpunkt. Et utviklingskort fra Atmel ble brukt for å aggregere resultatene. Releene FR-0 til FR-3 ble satt opp med terskelverdier på henholdsvis 49.90Hz, 49.8Hz, 49.7Hz og 49.6Hz. Måleperioden var fra 2. til 24. mai 2017.

Skjematisk var oppkoblingen som vist under:



Figur 6 - Fire releer i parallell

Relé FR-0 (49.90Hz) ble aktivert mange hundre ganger. FR-1 ble aktivert kun fire ganger i løpet av perioden. Disse er vist under. Tidspunktene er verifisert med Statnett.

```
REL1: Activated 05-09-2017 00:07:56
REL1: Released 05-09-2017 00:11:44
REL1: Activated 05-10-2017 06:45:10
REL1: Released 05-10-2017 06:57:13
REL1: Activated 05-11-2017 06:06:27
REL1: Released 05-11-2017 06:10:27
REL1: Activated 05-23-2017 10:09:05
REL1: Released 05-23-2017 10:20:55
```

Figur 7 - Fire aktiveringer av FR-1

3.2 Saint Gobain

Releet ble også testet i fabrikken Saint Gobain i Lillesand. Saint Gobain har flere ovner på 3MW og er derfor potensielt en betydelig aktør i dette markedet. Releet ble installert, men den fysiske utkoblingen ble ikke aktivert. Formålet med testen var å verifisere at releet fungerte som det skulle i et komplett system, med alle omkringliggende systemer.

Testen ble utført av Enfo i samarbeid med personell på Saint Gobain. Konklusjonen under er sakset fra testrapporten.

Konklusjon

Verifisering av teknisk løsning var vellykket i piloten.

Videre har prosjektet følgende lærepunkter og innspill til kommersialisering av løsningen:

- *Et fungerende FCR-D marked er nødvendig for å inkludere forbrukerfleksibilitet i Primærmarkedet*
- *Automatisk innkobling av last er nødvendig for å få full nytteverdi av teknologien*
- *En videreutvikling av pilotkundens styringsssystem av ovner vil kunne optimalisere verdien av fleksibiliteten og være til nytte for Statnett ved et fungerende FCR-D marked*
 - o *En trinnvis utkobling av en portefølje av laster*

3.3 Tyskland

Enfo har et datterselskap i Tyskland kalt Entelio. Entelio disponerer mye last for utkobling og kan derfor hjelpe Enfo inn på det tyske markedet.

Testing mot last i Entelios portefølje er planlagt for vinteren 2018 dersom det lar seg gjennomføre i praksis.

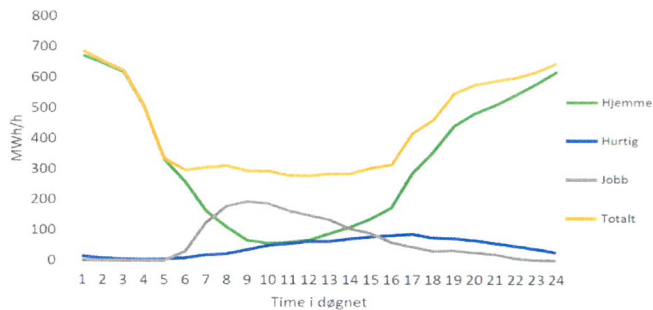
4 Videreføring

Etter prosjektavslutning ønsker vi å vurdere mulige praktiske anvendelser av releet.

4.1 El-billading som ressurs

En mulighet er å se på lading av el-biler som en ressurs i primærreserven. Når el-biler lades, vil det kunne avbrytes midlertidig uten at det skaper nevneverdig ulempe for brukeren.

I årene som kommer er belastningen på nettet, og derfor også volumet av utkoblbar effekt, som et resultat av el-bil lading, ventet å øke. Figuren under viser NVEs fremskriving av effektbehovet frem mot 2030. Som vi ser vil det variere over døgnet, men det er uansett betydelige effektmengder.



Figur 8 – Fremtidig behov for effekt til lading av el-bil (NVE rapport)

Foreløpig har vi identifisert noen forskningsspørsmål som det kan være interessant å forfølge:

- Vi vil fokusere på en løsning for ladestasjoner, hvor fremveksten er økende og effektforbruket stort. Men gjennom prosjektet vil vi finne ut av hva som kreves i de to segmentene, og få svar på om det er mulig å betjene begge markedene med en type relé.
- Videreutvikle frekvensreleet på enkelte viktige punkter, slik at vi kan synliggjøre at teknologien kan tilpasses ladestasjoner i Norge og Europa forøvrig.
- Analyse/beregning på frekvensreleets innvirkning på driften av ladestasjoner.
- Se på innovative forretningsmodeller og politiske initiativer for et ferdig produkt. Dette for å stå sterkere rustet i en søknadsprosess.

4.2 Oppvarming

Ca. 25% av husholdningers el-forbruk går til oppvarming av forbruksvann. Disse lastene er ikke tidskrisiske og kan brukes som ressurs i primærreserven uten at det vil merkes av forbruker. Det vil være interessant å vurdere løsninger for dette segmentet når primærmarkedet er fullt operativt.

En første aktivitet vil kunne være å se på oppvarming av større kjeler for forbruksvann, slik som på hoteller og i borettslag.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no