



Kunnskap for en bedre verden

# Kraftforsyning instrumentering

*Kraftforsyning av instrumentering over en  
umbilical*

Jan Bremnes

Bachelor i ELkraft

Innlevert: Mai 2019

Hovedveileder: Pål Glimen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Institutt for elektroniske systemer



Oppgavens tittel: Kraftforsyning instrumentering	Dato: 20.05-2019
	Antall sider: 100
	Masteroppgave: <input type="checkbox"/>
	Bacheloroppgave: <input checked="" type="checkbox"/>
Navn: Jan Bremnes	
Veileder: Pål Glimen	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: NN	

Sammendrag:

Forskningsskipet Kronprins Haakon er et nasjonalt forskningsfartøy med isbrytende egenskaper, som skal overvåke ressurser, miljø- og klimatilstanden i Arktis og Antarktis. Båten er eid av Polar Instituttet, men driftes av Havforskningsinstituttet sin rederiavdeling.

Ombord på båten er det installert en rekke vinsjer for å sette utstyr ut i vannet. To av disse vinsjene har en armert sjøkabel (umbilical) som inneholder elektriske og fiberoptiske ledere. På enden av sjøkablene monteres instrumentering for prøvetaking. Det er ønskelig å kunne ta ut omkring 1000 W effekt på enden av kablen for instrumenter.

Kronprins Haakon er den første båten Havforskningsinstituttet opererer som er spesifisert til å kunne senke utstyr ned på 6000 meter vandyp. Det er derfor installert opp til 8000 meter sjøkabel på vinsjene. Det at kablen på vinsjen har slik lengde har gitt en ny utfordring når det gjelder strømforsyning av utstyr som monteres på kablen pga. indre resistans i lederne. Når lengden på kablen økes, økes også spenningsfallet over den noe som igjen gir et stort effekttap.

Bacheloroppgaven beskriver infrastrukturen ombord på båten for vinsjene. I oppgaven ser jeg på hvilken spenningsmetode (AC eller DC) og spenningsnivå som er best for denne type applikasjon. Oppgaven presenterer også en løsning på hvordan man kan overføre kraft fra båten og til instrumenteringen på enden av umbilicalen.

Stikkord:

Umbilical
Instrumentering
Kraftforsyning
Subsea



(sign.)



# Abstract

The research vessel Kronprins Haakon (KH) will monitor the environmental state and the climate state of both the Arctic and the Antarctic. A major task of its work is to collect and process water samples and data from the water column and the seabed. In order to be able to make these samples one needs to lower instruments into the sea.

Onboard KH there are installed winches that are equipped with a sea cable (umbilical) that contains both electrical and optical connections. The instrumentation is installed on these winches and power and signal is transmitted through the umbilical.

Kronprins Haakon is the first ship that the Institute of Marine Research (IMR) operates that can operate down to 6000 meters of water depth. To reach this depth the vessel is equipped with up to 8000 meters of umbilical mounted on the winch.

The fact that the vessel has so long umbilical, introduces a challenge when transmitting power due to the resistance in the cable. This Bachelor's thesis will study the power transmission for instrumentation over umbilical on Kronprins Haakon. The thesis will also describe the components that are selected for this power transmission.



# Forord

Denne besvarelsen tar for seg min bacheloroppgave ved linjen Elkraft ved NTNU Gjøvik, med oppstart 7. januar 2019 til levering 20. mai 2019.

Oppgaven er utarbeidet av Jan Bremnes som arbeider på fartøyinstrumentering ved Havforskningsinstituttets rederiavdeling. Jeg er utdannet elektronikingeniør og tar studiet elkraft som deltidsstudent. I mitt arbeid ved Havforskningsinstituttet har jeg hatt ansvar for instrumentering under prosjektering og bygging av det isgående forskningsfartøyet Kronprins Haakon.

Denne oppgaven har vært særdeles spennende å jobbe med for meg siden det belyser en relevant problemstilling innen havforskning. Oppgaven tar for seg hvordan man på en effektiv måte kan overføre elektrisk kraft over en umbilical med høy indre resistans.

Jeg ønsker å takke Pål Glimen med sitt bidrag som veileder under oppgaven. En stor takk gis også til Thor Egil Johansson ved CTD laben i Bergen for lån av verksteds plass og utstyr. Til slutt vil jeg takke arbeidsgiver som har gitt meg mulighet både med midler og fasiliteter til å holde på med oppgaven.

## Forkortelser

AC	Alternating current
DC	Direct current
GUI	Graphical user interface
HI	Havforskningsinstituttet
MUX	Multiplexer
NP	Norsk Polar Instituttet
PSU	Power supply
UiT	Universitet i Tromsø



# Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn .....	1
1.2	Problemstilling.....	3
1.3	Tidligere erfaringer med innkjøp av kraftforsyning.....	4
1.4	Instrumentering.....	5
1.5	Avgrensing av oppgaven .....	6
1.6	Ambisjonsnivå.....	6
2	Infrastruktur ombord .....	7
2.1	Transmisjonsvei.....	7
2.1.1	Umbilical.....	8
2.1.2	Slepering.....	10
2.1.3	GISMA konnektor.....	11
2.1.4	Distribusjonsnett.....	12
3	Spenningsnivå- og metode .....	14
3.1	Bestemme spenningsnivået.....	14
3.1.1	Tekniske begrensninger.....	14
3.1.2	Lov pålagte begrensninger .....	15
3.2	Bestemme spenningsmetode.....	15
3.3	Valg av spennings nivå.....	16
4	Utvikling.....	18
4.1	Valg av komponenter.....	18
4.2	Systemspesifikasjon.....	20
4.3	Topside .....	23
4.3.1	Power supply (PSU).....	24
4.3.2	Jordfeilovervåkning.....	25
4.4	Subsea.....	26
4.4.1	Valg av DC-DC konverter.....	26
5	Sammenstilling og test .....	29
5.1	Sammenstilling .....	29
5.1.1	Magna-power (Topside).....	29

5.1.2	Jordfeilvern (Topside).....	31
5.1.3	DC/DC konvertere fra Vicor (subsea).....	32
5.1.4	Virkningsgrad.....	33
5.2	Test.....	34
6	Avslutning.....	37
	Litteraturliste.....	38
	Vedlegg.....	39

# Figurliste

Figur 1: Oversikt vinsjer Kronprins Haakon.....	2
Figur 2: Campod.....	3
Figur 3: Messor .....	3
Figur 4: Vinsje distribusjonsnettverk .....	4
Figur 5: Transmisjonsvei.....	8
Figur 6: Nexan umbilical.....	9
Figur 7: Dataline umilical .....	10
Figur 8: GISMA konnektor .....	11
Figur 9: Konfigurasjon GISMA .....	12
Figur 10: Patche skap .....	12
Figur 11: Distribusjonsvei W08 .....	14
Figur 12: Spenningsfordeling .....	17
Figur 13: Systemskisse.....	18
Figur 14: VIA packaged konvertere.....	27
Figur 15: chip type konvertere .....	28
Figur 16: Systemskisse med komponenter.....	29
Figur 17: GUI Magna-Power PSU styringsprogram.....	30
Figur 18: Skisse over jordfeilvern.....	31
Figur 19: Parallell koplede DCM for 48 V .....	33
Figur 20: Virkningsgrad kraftforsyning subsea .....	34
Figur 21: Bryter lasten.....	36



# 1 Innledning

Dette kapittelet gir en innføring i problemstillingen og tar for seg hva som ligger til grunn for at oppgaven ble utført. Videre beskrives de avgrensinger som er tatt i prosjektet og det ambisjonsnivå jeg har valgt. Forfatteren, veileder og bedriften jeg skrev for blir introdusert.

Oppgaven er skrevet av Jan Bremnes som er student ved NTNU Gjøvik. Prosjektet er en endelig avslutning av videreutdanning innen elkraft. Prosjektet er etter initiativ fra HI Rederiavdeling i Bergen.

Jeg har jobbet som delprosjektleder innen fagområdet instrumentering under prosjektering og bygging av forskningsskipet Kronprins Haakon. Jeg har hatt design ansvar for distribusjons nettverket for forskningsvinsjene ombord. Når Kronprins Haakon er i drift kan man operere på et større dyp enn hva som har vært mulig med de eksisterende skipene til HI. Dette medfører at man må oppgradere instrumenteringen pga. lenger umbilical enn tidligere. Oppgaven skal belyse den delen som omhandler hvordan man får kraft til instrumenteringen som skal samle data i havet.

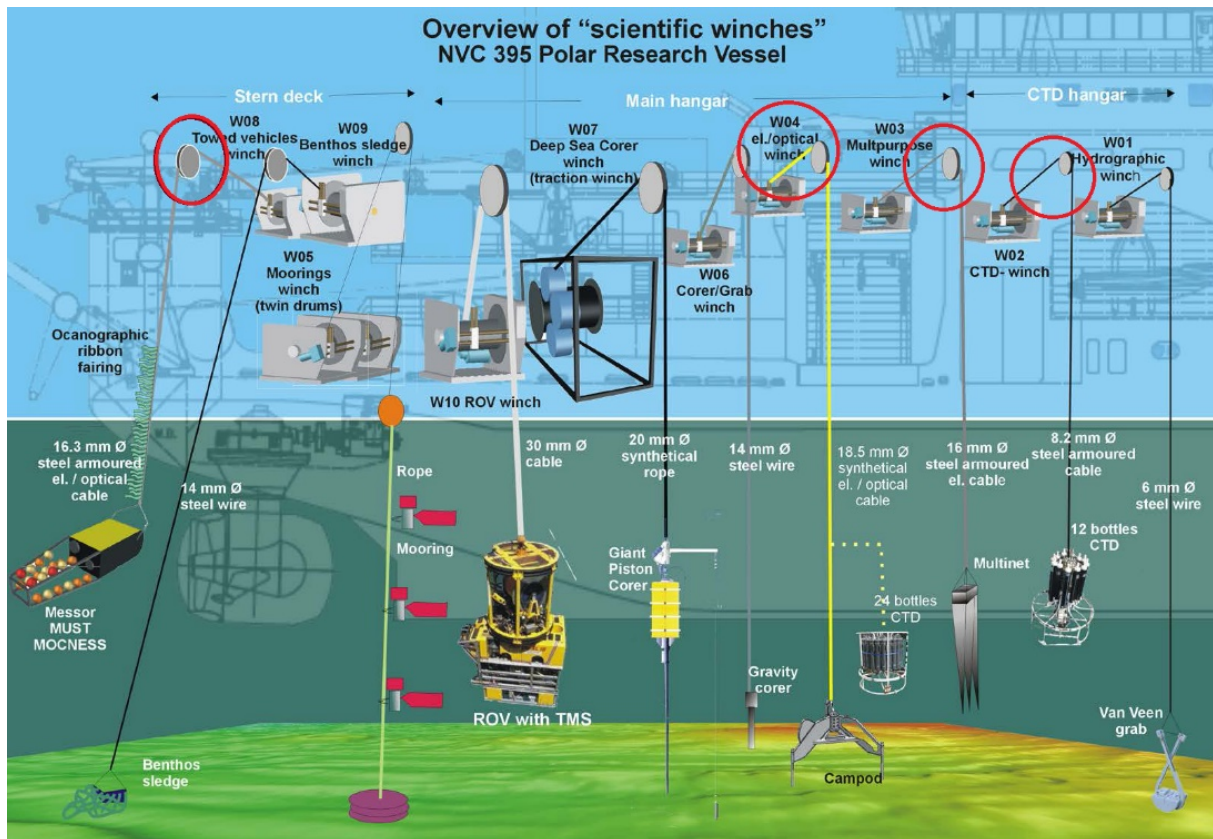
Veilederen min har vært førstelektor Pål Glimen ved NTNU.

Oppdragsgiver er Havforskningsinstituttets (HI) rederiavdelingen. Rederi bemanner og driver Havforskningsinstituttets fartøyer "G.O. Sars", "Johan Hjort", "G.M. Dannevig" og "Kristine Bonnevie". I tillegg bemanner og driver de "Hans Brattström" som eies av Universitetet i Bergen, "Dr. Fridtjof Nansen" som eies av Norad og "Kronprins Haakon" som eies av Norsk Polarinstitut (NP).

## 1.1 Bakgrunn

Forskningsskipet Kronprins Haakon er et nasjonalt forskningsfartøy med isbrytende egenskaper, som skal overvåke ressurser, miljø- og klimatilstanden i Arktis og Antarktis. Båten er eid av NP, men driftes av HI. Brukerne av båten er UiT, HI og NP hvor UiT er den største brukeren. Ombord på båten er det installert en rekke vinsjer, hvor to av disse er brukt

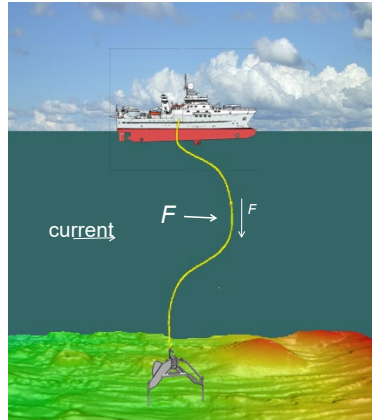
til forskningsinstrumentering (W04 og W08). De to vinsjene har hver på spolt en armert sjøkabel (umbilical), med kombinasjon av elektriske og fiberoptiske ledere.



Figur 1: Oversikt vinsjer Kronprins Haakon

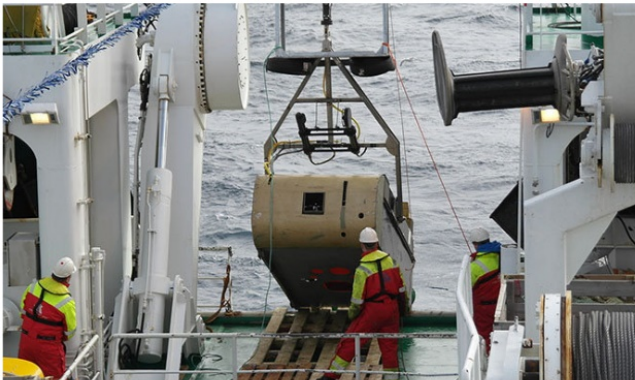
Utstyret som monteres på umbilicalen er typisk instrumenter som tar prøver i vannkolonnen og av havbunnen. Det varierer hvilke instrumenter som monteres på vinsjene, avhengig av type forskningstokt båten skal utføre (figur 2 og 3 viser eksempler). Dette kan være utstyr for å måle fisk og plankton i vannkolonnen, foretar vannprøver og analysere vann i vannkolonnen, prøvetaking av sedimenter i havbunnen for å nevne noen. Felles for alle instrumentene er at de må ha en forbindelse til båten både for kommunikasjon og for forsyning av strøm. Denne forbindelsen skjer via den armerte umbilicalen som er installert på vinsjen se figur 2.

The Campod is towed above seabed in transects, and landed regularly for details studies.



Figur 2: Campod

MESSOR er en tauet farkost som er designet av Havforskningsinstituttet. Det er lastet med flere elektronisk og akustiske instrumenter for økosystem målinger. Utstyret er spenningsforsynt med 220-1000 VAC gjennom sjøkabelen og kommunikasjonen foregår over SM fiberoptiske ledere.

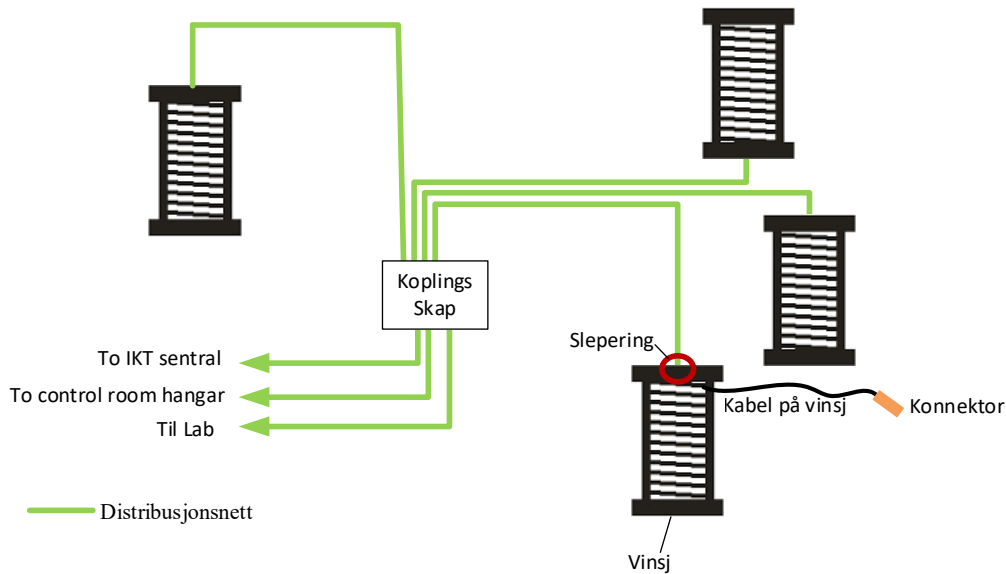


Figur 3: Messor

## 1.2 Problemstilling

Kronprins Haakon er spesifisert til å kunne arbeide ned på 6000 meter vanddyb. Det er derfor installert opp til 8000 meter umbilical på vinsjene ombord. Det at umbilicalen på vinsjen har slik lengde gir en utfordring når det gjelder strømforsyning av utstyr som monteres på enden av umbilicalen. Dette pga. effekttap som følge av intern motstand i kobber kabelen.

Transmisjonsveien for kraften som vi ønsker å overføre, består av et distribusjonsnett mellom vinsj og kopleingsskap ombord på båten, slepering, Umbilical og GISMA konnektor. (se figur 4)



Figur 4: Vinsje distribusjonsnettverk

Den eksisterende instrumenteringen som er brukt på andre båter har egen kraftforsyning som en del av sitt system. I noen tilfeller er det brukt batteri, instrumenteringen er da selvforsynt og trenger ikke strøm fra båten under operasjon. Det er uvisst om den eksisterende instrumenteringen som brukes på andre båter vil virke ombord på KH pga. kabellengden og det påfølgende spenningsfall/effekt tap i umbilicalen. HI-rederi ønsker å utvikle en løsning som kan stå ombord på båten til benyttelse for de brukerne som har behov for kraftforsyning for sin instrumentering. I tillegg skal det kunne brukes på en egen utviklet MUX løsning som er under prosjektering.

### 1.3 Tidligere erfaringer med innkjøp av kraftforsyning

HI hadde en forespørsel ut til 3 firma i juni 2018 angående innkjøp av et MUX med kraftforsyning. Firmaene som ble forespurt var EIVA fra Danmark, det Stavanger basert selskapet Innova og McArtney. Rammen for innkjøpet var på kr. 500.000,-. Alle firmaene leverte tilbud, men ingen av tilbudene oppfylder samtlige av de fastsatte minstekrav / absolutte krav som var utlyst. To av tilbudene var priset rundt kr. 1.000.000,- det tredje tilbudet var på EUR 49.000,-. De to tilbudene som var opp mot en million klarte de tekniske krav, men var langt over rammen for innkjøpet. Det tredje tilbudet var innenfor de økonomiske rammene, men ikke de tekniske.



HI ønsker å se på muligheten for å utvikle et egent MUX med kraftforsyning for instrumentering. MUXet er under utvikling og vil ha en kostnad på rundt NOK 150.000,-. Den delen som omhandler kraftforsyningen blir behandlet i denne bacheloroppgaven.

## 1.4 Instrumentering

Kronprins Haakon er et nasjonalt forsknings fartøy som betyr at fartøyet kan benyttes av mange institusjoner. Den skal være en platform for forskning og arbeid innenfor bla. områdene:

- Fiskeri
- Geologi
- Marinovervåkning
- Miljøovervåkning
- Havbunnskartlegging

Dette stiller krav til at utstyret ombord må være fleksibelt og kunne benyttes på flere forskningsområder. Dette gjelder også for kraftforsyningen som skal lages i denne oppgaven. Man kan derfor ikke si eksakt hvilken type utstyr som kan bli koplet til kraftforsyningen, da dette endrer seg for hvert tokt båten er på. Men det vil være utstyr som ekkolodd, kamera, lys, forskjellige typer sensorer som oksygen, konduktivitet, fluorometer for å nevne noen. Effektbehovet for hver komponent kan være i størrelse orden et par watt opp til flere hundre watt. Ett typisk eksempel kan være en kamera rigg som vi ser et eksempel på under.

2 stk. Kamera Spinner II Shark HD-SDI Camera	2 X 7 W = 14 W
2 stk. OE19-104 Tilt og PAN	2 X 60 W= 120 W
1 stk. Kamera kontrol Icon MUX	120 W
2 stk. Q-led III lys	2 X 250 W=500 W
Totalt	754 W

Ut fra dette kan man tolke at generelle effektbehovet for instrumenteringen ikke overstiger 1000 W.

## 1.5 Avgrensning av oppgaven

Det er ønskelig fra oppdragsgiver at man skal kunne lage et system for kraftoverføring som kan brukes på tilgjengelig strømtilkobling (230 V, 1 fase). Det er videre ønskelig at løsningen skal kunne brukes på begge vinsjene. Løsningen skal kunne implementeres uten at det er behov for å skifte eksisterende kabling, konnektorer eller andre deler ombord. Oppdragsgiver ønsker videre at systemet skal kunne betjenes av instrumentpersonell uten at det medfører ekstra opplæring. Jeg har søkt å kjøpe ferdige produkter der det har vært mulig. I oppgaven har jeg hatt fokus på å finne den maksimale effekt man kan ta ut på enden av kabelen (våt ende) med forutsetningen over.

## 1.6 Ambisjonsnivå

Oppgaven har som mål å belyse de komponenter som er ombord og brukes for å forbinde instrumentering som senkes ned i sjøen til båten. Den skal videre å designe et system som kan overføre kraft fra båten til instrumenteringen som senkes ned i sjøen. Dette vil inneholde:

- PSU som skal gi kraft fra båten til instrumenteringen via umbilical
- Jordfeil deteksjon som detekterer jordfeil og slår av forsyningen dersom jordfeil oppstår
- Kraftforsyningen som kan ta imot kraften fra båten via umbilical og gi ut stabil spenning på 48 V, 24 V og 12 V.

I oppgaven skal jeg velge ut komponenter og foreta test av løsningen.

## 2 Infrastruktur ombord

Dette kapitlet gir en oversikt over infrastrukturen for vinsjene ombord samt beskriver av de enkelte komponentene som utgjør transmisjonsveien for kraften som skal overføres.

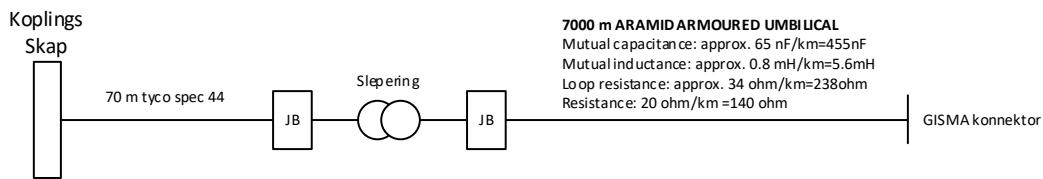
For å kunne løse oppgaven må man studere transmisjonsveien for å finne hvilken begrensning som ligger i komponentene med tanke på spennings toleranse og strøm toleranse. Når denne studien er utført kan man på bakgrunn av dette se på hvilken spenningsmetode og spenningsnivå som er egnede for kraftoverføringen. I dette kapitlet vil jeg se på transmisjonsveien og de begrensninger den har.

### 2.1 Transmisjonsvei

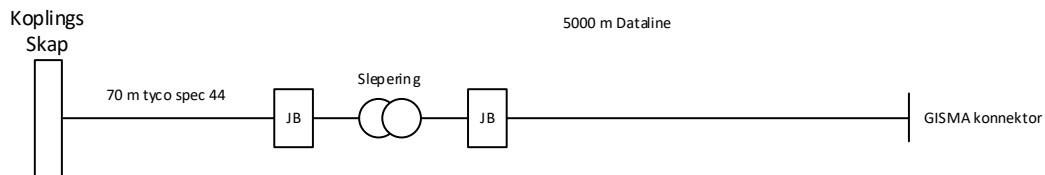
Med transmisjonsvei mens det fysiske mediet kraften må passere for å komme fra spenningsforsyningen på båten til kraftforsyningen for instrumenteringen på den «våte enden» av umbilicalen. Man kan dele transmisjonsveien i dette prosjektet inn i følgende komponenter.

- Rekketeklemmer i koplingsskapet og koplingsbokser
- Distribusjonsnett som er kablingen mellom koplingskap og vinsj (TYCO SPEC44-code 44 A1311-16-0)
- Sleperingen som besørger overføring av signal og kraft, fra den ikke roterende delen til den roterende delen av vinsjen (PENLINK)
- Umbilical som er montert på vinsjen
- Konnektor på den våte enden av umbilicalen (GISMA serie 40)

## W 04



## W 08



Figur 5: Transmisjonsvei

### 2.1.1 Umbilical

Umbilical er sjøkabelen som er påspolt vinsjen. Det er denne som brukes for å senke instrumenteringen ned i sjøen. Umbilicalen er armert slik at den tåler vekten og de fysiske belastningene som virker på riggen/plattformen som senkes i sjøen, den inneholder elektriske og fiberoptiske ledere (se figur 6 og 7). For at kabelen skal være anvendelig må den være sterk og fleksibel. De elektriske lederne i kabelen har et lite tverrsnitt (ca. 1mm<sup>2</sup>). Det at kabelen har så lite tverrsnitt representerer en utfordring da dette fører til at vi får en forholdsvis stor indre motstand i lederen ca. 20 Ω/km. Det er brukt to forskjellige typer umbilical for vinsjene ombord Nexans sin aramid armored som er monter på vinsj W04 og TE Connectivity sin Dataline type EQ09320, som er montert på vinsj W08.

#### Nexans aramid armored

Denne umbilicalen er armert med aramidfiber. Fiberne er syntetiske, tåler høy temperatur og er ikke brennbar. Aramidfibere er svært sterke noe som gjør at kabelen har god strekkfasthet. Kabelen avgir ikke noe form forurensing i vannet. Den er derfor svært godt egnet til å ta vannprøver hvor det er viktig at egenforurensing ikke forekommer. Kabelen er også lett i vann (35 kg/km) Lengden på umbilicalen er ca. 8000 meter. Kabelen har følgende innhold:

- 2 stk. kobber ledere, 1mm<sup>2</sup>, med toleranse opp til 4.5 kV
- 4 stk. singelmode fiberledere



Figur 6: Nexan umbilical

Produsenten oppgir følgende beregnede verdier ved 50Hz, ved 20 deg C kabeltemperatur.

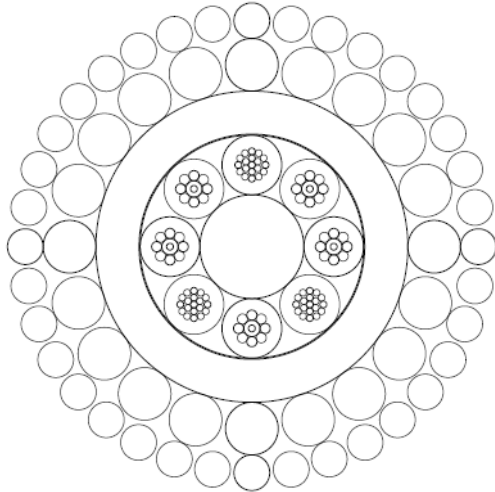
- Mutual capacitance: approx. 65 nF/km
- Mutual inductance: approx. 0.8 mH/km

I test sertifikatet er det oppgitt at målt resistans på de to elektriske lederne er 18  $\Omega$ /km. I forbindelse med installasjonen ble kabelen målt, de to elektriske lederne ble da målt til henholdsvis 144 $\Omega$  og 143.4  $\Omega$  av verftet Fincantieri. Kabelen ble målt på nytt med et ukalibrert Fluke multimeter av instrumentpersonell som var om bord i januar 2019. Målingen ble foretatt ved å kortslutte de to kablene i Gisma konnektoren. Resultatet er derfor samlet for begge lederne i umbilicalen. Det ble målt en resistans på de to kablene på 281.6  $\Omega$  og total kapasitans på 0.61 $\mu$ F. I oppgaven forholder vi oss til verftet sine målinger siden det var foretatt med et kalibrert måleinstrument (se vedlegg 1).

### TE Connectivity – Dataline type EQ09320

Umbilicalen er stål armert. Kabelen har høy strekkfasthet, tåler godt dynamisk belastning og er også forholdsvis stiv. Den er derfor god egnet til å taue farkoster. Kabelen har en egenvekt på 916 kg/km i vann og har følgende innhold:

- 3 stk. kobber ledere, 0.96 mm<sup>2</sup>, med toleranse opp til 1.2 kV
- 5 stk. singelmode fiberledere



Figur 7: Dataline umilical

DC resistansen er  $20 \Omega/\text{km}$

Produsenten oppgir følgende beregnede verdier ved 50Hz

- Inductance is about  $0.279 \text{ H/km}$
- Single Cdr to cdr  $171.6 \text{ mF/km}$
- Single Cdr to all else  $0.285 \text{ mF/km}$

Etter installasjon ble kabelen målt på nytt. De to elektriske lederne ble da målt til henholdsvis  $98.2 \Omega$  og  $96.4 \Omega$  av verftet Fincantieri. Kabelen ble målt på nytt med et ukalibrert Fluke multimeter av instrument personell som var om bord i januar 2019. Målingen ble foretatt ved å kortslutte de to kablene i Gisma konnektoren. Resultatet er derfor samlet for begge kablene. Det ble målt en total resistans på  $191.3 \Omega$  og kapasitans på  $0.24\mu\text{F}$ . Måleresultatet for kapasitans har et stort avvik fra hva produsenten TE Connectivity Ltd. oppgir. Målt resultatet for 5000 m kabel var  $0.24 \mu\text{F}$ , dersom man benytter produsentens tall og regne ut burde det vært  $5 \text{ km} \times 171.6 \text{ mF/km} = 0.858 \text{ F}$ .

Det har ikke vært mulig å få en kommentar fra kabelprodusenten på hvorfor de har oppgitt en slik høy kapasitans. I oppgaven har vi forutsatt at det er de målte verdiene som er riktig. Jeg reagerer også på den oppgitte verdien for induktans som produsenten har oppgitt  $0.279 \text{ H/km}$ . Dette virker også svært høyt for en kabel med et tverrsnitt på  $0.96 \text{ mm}^2$ . Man burde forventet at induktansen er bortimot den samme som for kabelen fra Nexan. I oppgaven har vi valgt å bruke verftet sine målinger for resistans (se vedlegg 2) og målinger foretatt i januar 2019 for kapasitans.

## 2.1.2 Slepering

For å overføre signal og kraft fra den roterende delen av vinsjen til den ikke roterende delen av vinsjen benyttes det sleperinger. Sleperingene som er installert på W04 og W08 er produsert av Penlink. Sleperingen har en skive for hver elektrisk leder, på hver side av skiven ligger det børster som sørger for kontakt over sleperingen.

Slepering for W04 inneholder følgende

- 4 stk. kobber ringer
- 3 stk. fiberoptiske ringer

Kobbersleperingen til W04 har en resistans på 228 mΩ og er spesifisert for spenninger opp til 4600V og strømmer opp til 4 A (se vedlegg 3).

Slepering for W08 inneholder følgende

- 4 stk. kobber ringer
- 3 stk. fiberoptiske ringer

Kobbersleperingen til W08 har en resistans på 225 mΩ og er spesifisert for spenninger opp til 1100V og strømmer opp til 4 A (se vedlegg 4).

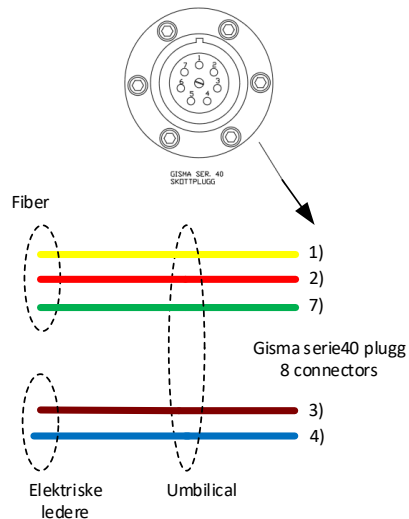
### 2.1.3 GISMA konnektor

Konnektoren som er montert på den «våte enden» av umbilicalen er en GISMA serie 40. Denne tåler et trykk på 500 bar.



*Figur 8: GISMA konnektor*

GISMA er modulbasert slik at det er mulig å konfigurere den med ønsket pinlayout både for de optiske og elektriske ledere. På KH er begge GISMA konnektorene konfigurert i henhold til figur 9.

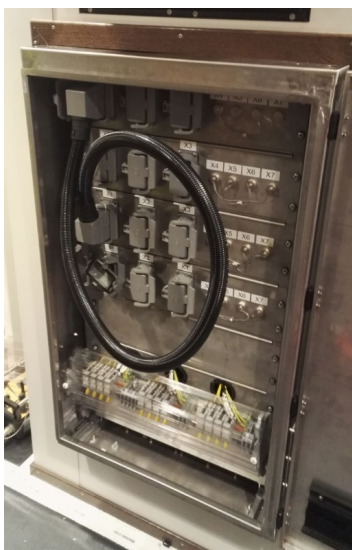


*Figur 9: Konfigurasjon GISMA*

Pinne for de elektriske lederne har en diameter på Ø2 mm. Ifølge data oppgitt fra produsenten kan man belaste disse med en maks DC spenning på 630 V og en maks AC spenning på 445 V (se vedlegg 5).

## 2.1.4 Distribusjonsnett

Det er laget et distribusjonsnett ombord som gjør det mulig å kople seg til vinsjene fra 3 lokasjoner på båten (Control Room Hangar, LAB 319 og Observasjons sentralen). Det er følgelig installert kablet fra hver vinsj inn til control room hangar. Kablene er terminert i et patche panel som har forbindelse videre til de 3 lokasjonen.



*Figur 10: Patche skap*



Distribusjonsnettets består av Tycp spec 44 kabel (datasheet spec 44), kabelen er terminert i rekkeklemmer i koplingsboks og i patcheskap. Det er benyttet Harting konnektorer i patcheskapet for patching av signal og strøm. Distribusjonsnettets er designet for spenninger opp til 2500 V. I oppgaven har man sett bort fra tap i forbindelse med distribusjonsnettets. Tapet i kabling, konnektorer og rekkeklemmer er så lite ( $<1\Omega$ ) i forhold til det tapet man får i umbilicalen at det ikke har noe praktisk betydning for kraftoverføringen.

# 3 Spenningsnivå- og metode

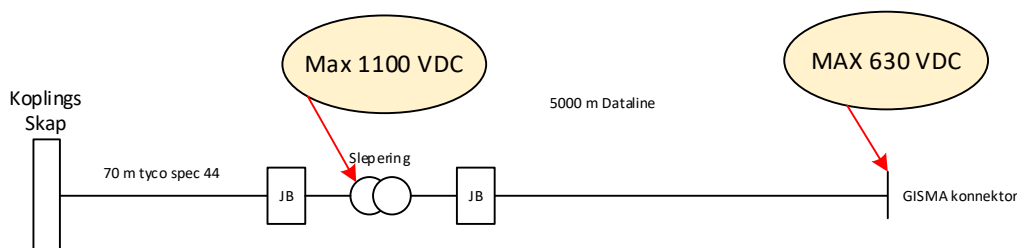
Ved overføring av kraft er det ønskelig å bruke så høy spenning som praktisk mulig, slik at man kan holde en lav strøm i kraftoverføringen. På denne måten kan man redusere effekttapet som er en følge av resistans i kobberlederne. Denne delen inneholder en redegjørelse for hvilken spenningsnivå- og metode (AC / DC) som er valg for å overføre kraften til instrumenteringen.

## 3.1 Bestemme spenningsnivået

For å kunne bestemme spenningsnivå og type spenning som skal brukes i kraftoverføringen, må man se på de komponentene som er installert i transmisjonsveien ombord. Dette for å finne hvilken begrensning som ligger i infrastrukturen ombord. Man må også se hva markedet har å tilby men hensyn til standarder og teknologi. Videre bør man drøfte hvilket regelverk man er pålagt.

### 3.1.1 Tekniske begrensninger

Ved gjennomgang av transmisjonsveien finner man at det er GISMA konnektoren, som har lavest spenningstoleranse av alle komponentene. Den typen som er installert på umbilicalen har Ø 2 mm tverrsnitt på de elektriske pinnene og er spesifisert for spenninger opp til 630 VDC og 445 VAC (se vedlegg 16). Videre er sleperingen for W08 spesifisert for spenninger opp til 1100 V. Det er disse to faktorene som setter den øvre tekniske begrensinger når vi skal bestemme spenningsstørrelsen i systemet.



Figur 11: Distribusjonsvei W08

### 3.1.2 Lov pålagte begrensninger

Iht. DSB og FSE er høyspent definert som spenninger over 1000V AC og 1500V DC. Ombord på et skip må man også forholde seg til et internasjonalt regelverk. Personell som er fast ansatt på skip er også underlagt STCW (Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers) som er den internasjonale konvensjon om normer for opplæring, sertifikater og vakthold for sjøfolkfartøy. I STWC er høyspent definert som alt over 1000 V uavhengig om det er AC eller DC. Fartøyene til HI er NOR registrert. I elsikkerhets blad nr. 84 (DSB elsikkerhet nr. 84) har DSB gått ut med en avklart om hvordan man skal forholde seg til regelverket. Den er som følger:

#### *AVKLARING OM BESKRIVELSER AV ROLLER I FORSKRIFT OM SIKKERHET VED ARBEID I OG DRIFT AV ELEKTRISKE ANLEGG (FSE) OM BORD PÅ NORSKE SKIP*

*DSB har mottatt henvendelser om hvordan rollene i forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg (fse) § 6 skal tolkes når det gjelder drift og vedlikehold av elektriske anlegg om bord på skip og flyttbare innretninger. Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg (fse) gjelder om bord på alle NOR- og NIS-registrerte skip, samt andre norske uregistrerte skip. For mannskapet om bord på norske skip vil fse gjelde uansett hvor man befinner seg, både under seiling og ved vedlikehold. I fse § 6 første avsnitt er det beskrevet roller for organisering av elsikkerhetsarbeidet. Dette er betegnelser som er hentet fra den nå opphevede Forskrift om kvalifikasjoner for elektrofolk (fke).*

For HI sine båter som er NOR registrert skal man forholde seg til regelverket i FSE.

## 3.2 Bestemme spenningsmetode

Ved overføring av elektrisk kraft kan man velge mellom AC eller DC spenning. I prosjektet her er man ute etter å ta ut likespenning da instrumenteringen har DC tilkopling. Det kan derfor smart å se på de fordelene man kan få ved benytte DC spenning for overføring av kraft (Tiwari 2011):

- Det er ikke noe reaktivt tap som følge av induktans og kapasitans.
- Man får ikke skin effekt, derfor er hele tverrsnittet på lederne i bruk

- Trenger ikke å bruke trafo for å konvertere spenningen ned og på den måten sparer man plass i subsea flasken
- DC-DC konverterer er elektronisk styrt. Dette gjør det mulig å raskt kunne regulere spenningen, som er en fordel ved ujevn last og ved eventuelle feil.
- Toleransen for en komponent er ofte oppgitt i maks spenning. Dette medfører at vi kan overføre en høyere effektiv spenning ved bruk av DC enn ved AC. Ved AC vil den effektive spenningen være  $U_{effektiv} = \frac{U_{maks}}{\sqrt{2}}$ . Man må forholde seg til  $U_{maks}$  i forhold til spenningstoleransen. Det betyr at dersom man bruker DC spenning kan man påtrykke en effektiv spenning som er  $\sqrt{2}$  mer ved DC en ved AC. Ser man på Gisma konnektoren har den oppgitt en spennings toleranse på 630 VDC, men kun 445 VAC som er det samme som  $\frac{630 V}{\sqrt{2}}$ .
- Kan ha en høyere spenning ved DC en AC før systemet blir definert som høyspent, i henhold til FSE §5 er lavspenninger spenning som normalt ikke overstiger 1000 A AC eller 1500 V DC.

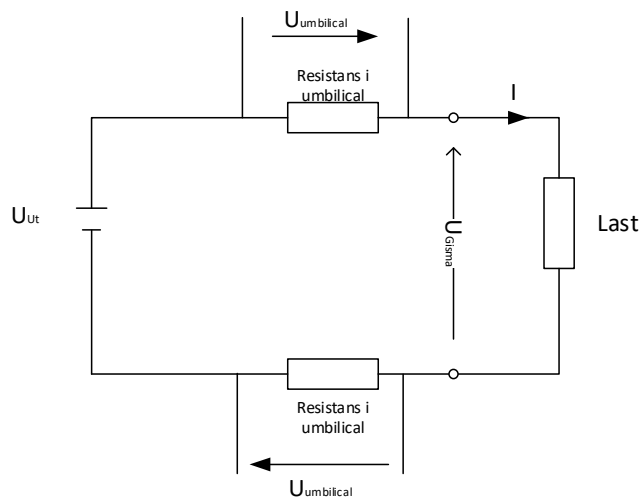
Bruk av DC som overførings metode har også noen ulemper slik som at man kan ikke generer høy DC spenning pga. commutation problemer. Det at DC har en konstant spenning og strøm, betyr at vi ikke får noe nullgjennomgang for strømmen. Dette gjør at det er ekstra utfordrende å designe brytere og sikringer for DC applikasjoner. Når man bryter en strøm, vil det oppstå et gnist gap som danner en lysbue som er ledende. I en AC-krets vil lysbuen slukke ved strømmens «0» gjennomgang. I en DC-krets er det en konstant strøm og bryteren må derfor være designet for å bryte den aktive strømmen uten at en lysbue er tent når bryteren er i åpen tilstand.

I prosjekt skal vi ikke generere kraft og den strømmen som går i systemet er relativ liten (under 2 amper). Ulempen ved bruk av DC spenning er derfor i liten grad gjelden her.

### 3.3 Valg av spennings nivå

De tekniske begrensningene når det gjelder spennings nivåer defineres av de komponentene i kjeden som har lavest spennings toleranse. I dette prosjektet er det Gisma konnektoren som kan påtrykkes en arbeidsspenning på 630 V DC. Da umbilicalen er svært lang vil den indre

motstand representere en relativ stor resistans. Man får derfor et spenningstap over kabelen som følger av ohms lov  $U = I \cdot R$  slik som vist i figur 12. Det er derfor mulig å påtrykke umbilicalen en større spenning enn 630 V siden en del av spenningen blir liggende over lederne og ikke over lasten.



Figur 12: Spenningsfordeling

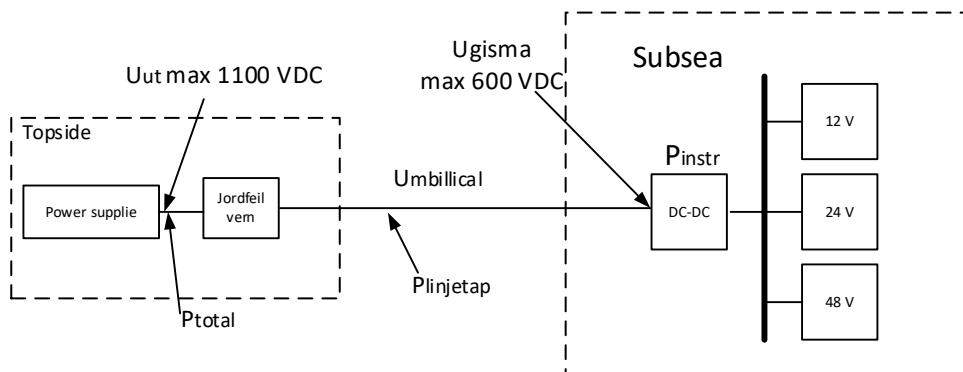
Spenningen over Gisma konnektoren blir da  $U_{Gisma} = U_{UT} - 2 \cdot \Delta U_{Umbilical}$ . Man må derfor forholde seg til to begrensinger, 1100 V som sleperingen tåler og 630 V DC som Gisma konnektoren tåler. Det er av denne grunn ønskelig å designe et system som kan levere en spenning som funksjon av strømmen. På den måten kan man regulere spenningen ut av PSUen i henhold til spennings tapet i umbilicalen. Da kan man oppnå en fast spenning på Gisma konnektoren som er under 630 V.

I kapitel 3.1.2 så vi på regelverket for hvordan det skiller mellom høyspentsystemer og lavspentsystemer. Dersom et system blir definert som et høyspentsystem må man forholde seg til et skjerpet regelverk som medfører høyere opplæring og ekstra restriksjoner ved vedlikehold og drift. I vårt prosjekt kan vi ikke påtrykke transmisjonsveien en større spenning enn 1100 V pga. sleperingen. Ved å velge DC kan vi påtrykke den høyeste spenningen mulig for vår transmisjonsvei uten å måtte forholde oss til regelverket som gjelder for høyspent. Med bakgrunn i dette regelverket og fordelene nevnt tidligere, velger jeg å bruke DC som spenningsmetode. Gisma konnektoren har en spenningstoleranse på 630 VDC, jeg velger å sett maks spenning til 600 VDC subsea og 1100 V topside slik som vist i figur 13.

## 4 Utvikling

I denne delen av oppgavene skal selve utvelgelse av komponenten presenteres.

Figur 13 viser en system skisse av hvordan systemet for signal og kraftforsyning til instrumenteringen er tenkt å fungere. På skipet er det en PSU som påtrykker en spenning på umbilicalen. Umbilicalen besørger kraftoverføringen fra båten til instrumentene. Subsea trenger man et system som kan transformere spenningen (kraftforsyning) til ønsket spenningsnivå 12 V, 24 V og 48 V som skal besørge kraft til sensorer og annet utstyr som er brukt for prøvetaking.



Figur 13: Systemskisse

### 4.1 Valg av komponenter

Når man skal velge komponenter til et prosjekt bør man gjøre en vurdering over hvilke kriterier en skal ta hensyn til. Det letteste ville være å bruke komponenter man har brukt i tidligere prosjekter. I dette prosjektet har jeg ikke erfaring med typen komponenter som jeg skal bruke. Når jeg har valgt komponenter for løsningen har jeg tatt hensyn til de parameteren som er diskutert under (Aggarwal, 2018):

- Produsent
  - Man bør sjekke at produsenten har god dokumentasjon og datablad på deres produkt. Ta gjerne kontakt med supportavdelingen for å se at de kan bistå med

god support. Sjekk også at produsenten leverer kvalitet ved å undersøke tilbakemeldinger og anmeldelser på deres produkter.

- Hvor kompleks er komponenten å sette seg inn i?
  - Få oversikt over hvor vanskelig det er å sette seg inn i komponenten før man bestemmer seg for innkjøp. Det kan være mange utviklingstimer å spare dersom man velger et produkt som er enkelt å benytte.
- Elektriske parametere (spenning, strøm, effekt, nøyaktighet, respons tid, oppløsning etc.)
  - Dette punktet er svært viktig dersom man skal få et resultat som er i henhold til de forventninger/krav man har ved starten av prosjektet. I vårt eksempel må vi se på de elektriske parameterne slik som spenningsområde, spenningsnøyaktighet og innebyggede beskyttelse som overspenningsvern, kortslutningsbeskyttelse, terminal beskyttelse, tillatt effekt, effekttap mm.
- Mekanisk utførelse
  - Dimensjon, forpakning, vekt etc.
- Miljø parametere slik som temperatur/fuktighet/trykk/vibrasjon
  - Få en oversikt over hvor komponentene skal stå og lage en så nøyaktig kravspesifikasjon som mulig over hvilke miljø påvirkning komponentene blir utsatt for. Dette kan være temperatursvingninger, fuktighet, eller om det ferdige produktet blir utsatt for ytre påkjenning som slag og støt.
- Langsiktig tilgjengelighet
  - Prøv å undersøke hvor sannsynlig det er at komponenten som vurderes blir produsert i lang tid fremover. Dersom mulig, undersøk om komponentene vil produseres i fremtiden. Man ønsker ikke å velge komponenter som får status NRND (not recommended for new design) i nær fremtid.
- Ledetid

- Sjekk at produsenten har en ledetid som sammenfaller med ditt behov. Dersom det er lang ledetid kan det bety at man må ha komponenten på lager noe som øker kostnaden på prosjektet.
- Kostnader
  - For å få beste verdi for de pengene man legger ned i prosjektet er det viktig å se på kosten på komponenten opp mot de kravene den skal dekke. Man må ikke gå på kompromiss med kvalitet når man vurderer kost, men heller se på hvilken funksjonalitet og krav som komponentene må oppfylle. Noen komponenter koster mer fordi de har en bedre funksjonalitet og ytelse slik som høyere effekt, mindre størrelse, større integrasjon (optisk isolasjon, innebyggede ESD beskyttelse, RS485 driver, etc). Ved å skaffe seg en oversikt over hvilken funksjonalitet og ytelse som er nødvendig, kan man spare mye penger ved ikke å kjøpe over spesifiserte dyre komponenter. Eventuelt unngå å kjøpe flere komponenter enn nødvendig ved å kjøpe komponenter som kan dekke flere av kravene. Vurder også den totale kostnad på BOM “Bill of Materials” slik som produksjonstid, reparasjonstid etc.

Et annet punkt som ikke blir diskutert i artikkelen til Aggarwal, men som jeg etter mange år har erfart, er se etter komponenter som er brukt i utstyr som leveres i stort volum. Et eksempel på dette kan være komponenter som er brukt i laptop og i mobiltelefoner. Disse produktene produseres i utrolig store volum. De er derfor ledende når det gjelder utvikling og pga. det store volumet kan man produsere komponenter til svært gunstig pris. Produsenten kan da fordele utviklingskostnad og kostnad knyttet til investeringer over et stort antall. Det var derfor nyttig å få en oversikt over hvilke markeder som eksisterer og som kan tenkes å bruke tilsvarende type komponenter som i prosjektet mitt.

## 4.2 Systemspesifikasjon

Vi erfarte i kapittel 3 at det er gunstig å velge DC som spenningsmetode for dette prosjektet. Når vi studerte transmisjonsveien fant vi at begrensingen i sleperingen er på 1100 V. Vi har i oppgaven valg å se bort fra spenningsstap i distribusjonsnett ombord på båten da dette er svært lite i forhold til spenningsfallet i umbilical. Det må av denne grunne være mulig å



begrense spenningen ut fra PSUen slik at den ikke overstige 1100 V. Videre er det en begrensning i Gisma konnektoren som har en spenningstoleranse på 630 V. Jeg velger å sette spenningen  $U_{\text{Gisma}}$  til 600 VDC. Figuren 13 viser en skisse over mulig løsning. Den viser en PSU som mater en forholdsvis høy spenning til umbilicalen. På enden av umbilicalen har man en DC-DC konverter som konvertere spenningen ned og forsyner 12 V, 24 V og 48 V. For å beskytte brukeren mot eventuelle jordfeil i systemet installeres et jordfeilvern etter PSU topside.

Jeg er som nevnt interessert å finne en løsning hvor man bruker en PSU som regulerer spenning som funksjon av strømmen. Tabell 1 og 2 viser hvordan spenningen  $U_{\text{ut}}$  kan reguleres som funksjon av strømmen for henholdsvis vinsj W04 og W08. Tabellene viser også hvordan effekten blir fordelt over umbilical og last. Tabellene tar utgangspunkt i at umbilicalen for vinsj W04 har en total resistans på  $287.4 \Omega$  og W08 på  $194.6\Omega$ .

Tabell 1: Beregning av spenning og effekt for vinsj 04 Nexan aramid armored umbilical

I(A)	$U_{\text{ut}}$ (V)	$P_{\text{total}}$ (W)	$U_{\text{umbilical}}$ (V)	$P_{\text{linjetap}}$	$U_{\text{Gisma}}$ (V)	$P_{\text{instr}}$ (W)
0,00	600,00	0,00	0,00	0,00	600,00	0,00
0,05	614,37	30,72	14,37	0,72	600,00	30,00
0,10	628,74	62,87	28,74	2,87	600,00	60,00
0,15	643,11	96,47	43,11	6,47	600,00	90,00
0,20	657,48	131,50	57,48	11,50	600,00	120,00
0,25	671,86	167,96	71,85	17,96	600,00	150,00
0,30	686,23	205,87	86,22	25,87	600,00	180,00
0,35	700,60	245,21	100,59	35,21	600,00	210,00
0,40	714,97	285,99	114,96	45,98	600,00	240,00
0,45	729,34	328,20	129,33	58,20	600,00	270,00
0,50	743,71	371,86	143,70	71,85	600,00	300,00
0,55	758,08	416,94	158,07	86,94	600,00	330,00
0,60	772,45	463,47	172,44	103,46	600,00	360,00
0,65	786,82	511,43	186,81	121,43	600,00	390,00
0,70	801,19	560,84	201,18	140,83	600,00	420,00
0,75	815,57	611,67	215,55	161,66	600,00	450,00
0,80	829,94	663,95	229,92	183,94	600,00	480,00
0,85	844,31	717,66	244,29	207,65	600,00	510,00
0,90	858,68	772,81	258,66	232,79	600,00	540,00
0,95	873,05	829,40	273,03	259,38	600,00	570,00
1,00	887,42	887,42	287,40	287,40	600,00	600,00
1,05	901,79	946,88	301,77	316,86	600,00	630,00
1,10	916,16	1007,78	316,14	347,75	600,00	660,00
1,15	930,53	1070,11	330,51	380,09	600,00	690,00
1,20	944,90	1133,88	344,88	413,86	600,00	720,00

1,25	959,28	1199,09	359,25	449,06	600,00	750,00
1,30	973,65	1265,74	373,62	485,71	600,00	780,00
1,35	988,02	1333,82	387,99	523,79	600,00	810,00
1,40	1002,39	1403,34	402,36	563,30	600,00	840,00
1,45	1016,76	1474,30	416,73	604,26	600,00	870,00
1,50	1031,13	1546,70	431,10	646,65	600,00	900,00
1,55	1045,50	1620,53	445,47	690,48	600,00	930,00
1,60	1059,87	1695,80	459,84	735,74	600,00	960,00
1,65	1074,24	1772,50	474,21	782,45	600,00	990,00
1,70	1088,61	1850,64	488,58	830,59	600,00	1020,00
1,75	1102,99	1930,22	502,95	880,16	600,00	1050,00
1,80	1117,36	2011,24	517,32	931,18	600,00	1080,00

Tabell 2: Beregning av spenning og effekt for W08 Dataline type EQ09320 umbilical

I(A)	U <sub>ut</sub> (V)	P <sub>total</sub> (W)	U <sub>umbilical</sub> (V)	P <sub>linjetap</sub>	U <sub>Gisma</sub> (V)	P <sub>instr</sub> (W)
0,00	600,00	0,00	0,00	0,00	600,00	0,00
0,05	609,73	30,49	9,73	0,49	600,00	30,00
0,10	619,46	61,95	19,46	1,95	600,00	60,00
0,15	629,19	94,38	29,19	4,38	600,00	90,00
0,20	638,92	127,78	38,92	7,78	600,00	120,00
0,25	648,65	162,16	48,65	12,16	600,00	150,00
0,30	658,38	197,51	58,38	17,51	600,00	180,00
0,35	668,11	233,84	68,11	23,84	600,00	210,00
0,40	677,84	271,14	77,84	31,14	600,00	240,00
0,45	687,57	309,41	87,57	39,41	600,00	270,00
0,50	697,30	348,65	97,30	48,65	600,00	300,00
0,55	707,03	388,87	107,03	58,87	600,00	330,00
0,60	716,76	430,06	116,76	70,06	600,00	360,00
0,65	726,49	472,22	126,49	82,22	600,00	390,00
0,70	736,22	515,35	136,22	95,35	600,00	420,00
0,75	745,95	559,46	145,95	109,46	600,00	450,00
0,80	755,68	604,54	155,68	124,54	600,00	480,00
0,85	765,41	650,60	165,41	140,60	600,00	510,00
0,90	775,14	697,63	175,14	157,63	600,00	540,00
0,95	784,87	745,63	184,87	175,63	600,00	570,00
1,00	794,60	794,60	194,60	194,60	600,00	600,00
1,05	804,33	844,55	204,33	214,55	600,00	630,00
1,10	814,06	895,47	214,06	235,47	600,00	660,00
1,15	823,79	947,36	223,79	257,36	600,00	690,00
1,20	833,52	1000,22	233,52	280,22	600,00	720,00
1,25	843,25	1054,06	243,25	304,06	600,00	750,00
1,30	852,98	1108,87	252,98	328,87	600,00	780,00
1,35	862,71	1164,66	262,71	354,66	600,00	810,00
1,40	872,44	1221,42	272,44	381,42	600,00	840,00
1,45	882,17	1279,15	282,17	409,15	600,00	870,00

1,50	891,90	1337,85	291,90	437,85	600,00	900,00
1,55	901,63	1397,53	301,63	467,53	600,00	930,00
1,60	911,36	1458,18	311,36	498,18	600,00	960,00
1,65	921,09	1519,80	321,09	529,80	600,00	990,00
1,70	930,82	1582,39	330,82	562,39	600,00	1020,00
1,75	940,55	1645,96	340,55	595,96	600,00	1050,00
1,80	950,28	1710,50	350,28	630,50	600,00	1080,00
1,85	960,01	1776,02	360,01	666,02	600,00	1110,00
1,90	969,74	1842,51	369,74	702,51	600,00	1140,00
1,95	979,47	1909,97	379,47	739,97	600,00	1170,00
2,00	989,20	1978,40	389,20	778,40	600,00	1200,00

Formler brukt i tabellene:

$$U_{umbilical} = I \cdot R_{Umbilical}$$

$$U_{ut} = U_{umbilical} + U_{gisma}$$

$$P_{total} = I \cdot U_{ut}$$

$$P_{injetap} = I \cdot U_{umbilical}$$

$$P_{instr} = I \cdot U_{gisma}$$

Vi ønsker å ha rundt 1000 W tilgjengelig til instrumenteringen. Ser vi på de to tabellen 1 og 2 for W04 og W08. Finner man at det er mulig å ta ut henholdsvis 1050 W og 1200 W, dersom man velger e PSU som kan levere 2000 W og 2 A.

Jeg tok kontakt med Nexans for å undersøke om det er noe fare for umbilicalen med tanke på overoppheting, dersom den blir utsatt for 2000 W som følge av en kortslutning i Gisma konnektoren. Det ble bekreftet av produsenten at dette ikke er noe problem, så lenge antall lage på vinsjen ikke overstiger 14 (se vedlegg 15). Det er ikke 14 lage med umbilical på W04 og følgelig ikke noe problem.

### 4.3 Topside

Ombord på båten også kalt «topside» trenger man en PSU som kan levere en spenning som funksjon av strømmen. I tillegg må vi ha en form for jordfeildeteksjon/-vern som kan varsle/beskytte brukeren for eventuelle jordfeil.

### 4.3.1 Power supply (PSU)

Utfordringen i dette prosjektet er at man har forholdsvis lang kabel med et lite tverrsnitt. Dette gjør at vi får stor resistans i kabelen med påfølgende spennings tap. Det er ønskelig å bruke så høy spenning som mulig slik at strømmen kan holdes lav, da effekten er proporsjonal med spenningen. Dette følger av formelen for effekt  $P=U*I$ . Ved å redusere strømmen kan man holde effekttapet i umbilicalen lav, dette følger av formelen  $P=R*I^2$ .

Det er forskjellige begrensninger med hensyn til spennings toleranse i transmisjonsveien. Jeg ønsker derfor en PSU som kan justere utgangsspenningen som en funksjon av strømmen. Dette gjør at påtrykt spenning varierer som funksjon av lasten. Spenningen på Gisma konnektoren som er i andre enden av kabelen kan da holdes stabil.

Det er flere leverandører av PSUer med DC spenning rundt 1000 V. Jeg søkte en del på nettet etter egnet produkt og fant en mengde leverandører som kunne lever PSU med ønsket spenningsnivå. Jeg var i kontakt med firmaene Genvolt, Iseg og Magna-Power. De to førstnevnte hadde ikke produkt som passet, men de kunne modifisere deres produkter slik at de kunne brukes. Magna-Power har en lokal representant i Bergen, North Sea Electronics som har produkter som er godt egnet.

North Sea Electronic levere utstyr til wireline, med kabellengder fra 3 til 15 km. De bruker PSUer fra Magna-Power for spennings tilførsel av deres utstyr. Disse PSUen har muligheten til å justere utgangsspenningen avhengig av lasten. Enheten måler strømmen og når strømmen øker, vet man at spenningsfallet i kabelen økes, PSUen øker spenning på utgangen tilsvarende. Når strømmen reduseres, reduseres spenningsfallet i kabelen og PSUen vil redusere spenningen ut. Dette gjør det mulig å holde en konstant spenning på Gisma konnektoren.

Power suppliet har en interlock funksjon. Denne funksjonen virker slik at PSUen slår seg av dersom det mister 5 V på pinne 37 på JS1 konnektoren.

Jeg kjøpt inn modellen XR1250-1.6 som har mulighet til å gi ut opptil 1250 VDC og kan levere en effekt på 2 kW. Det ble også vurdert å kjøpe inn PSU med større effekt, men disse ble forkastet da de ikke kunne tilkoples 230 V 1 fase kurs som var et krav fra oppdragsgiver.

De viktigste årsakene for valg av Magna-Power XR1250 er listet under (XR Series IV User Manual, ver. 1.3):

- Funksjonen High Slew Rate som sørger for at PSUen reagerer ekstra raskt ved spenningsregulering.
- Kalibreringsfunksjon som gjør det mulig å kalibrere poweret fra front panelet.
- Over spennings og over strøm beskyttelse. XR1250 har 3 nivåer av over-spennning/strøm beskyttelse. Enten ved hjelp av en IGBT (insulated gate bipolar transistors), utkopling av hoved spenningen og til sist en sikring.
- Spennings område fra 0 – 1250 V
- Mulig å sette grense for maks spenning og maks strøm.
- Har mulighet for å slå av utgangen ved hjelp av et styresignal på 37 pinns I/O porten.
- Forholdsvis enkelt å betjene
- Solid leverandør med god lokal support i Norge gjennom North Sea Electronics

### **4.3.2 Jordfeilovervåkning**

HI har god erfaring med firmaet Megacon som er en stor leverandør av high-tech elektroniske produkter til en rekke områder som industri, offshore, marine fartøyer osv. I deres produkt gruppe finner man KPM169 som er en passiv isolasjons måler. Det sendes ingen strøm gjennom den slik som i en vanlig jordfeilbryter. Dette er en passiv isolasjons måler som har 3 nivåer for varsling, varsel, alarm og system feil (vedlegg 7). Varsel og alarm oppstår når isolasjonsmålingen kommer under en grense satt av brukeren. Ved varsel, alarm og system feil trigges et av de 3 reléene som er i enheten.

I oppgaven skal vi bruke rele' R2 som trigges når alarmen kommer på. Virkemåten er slik at når KPM169 måler at isolasjonen mellom jord og lederen reduseres til under valgt nivå, gir den en alarm og releet R2 fjerner forbindelsen mellom terminal 12 og 13. Ved å kombinere dette med interlock funksjon til PSUen kan vi slå av spenningen ved jordfeil.

De viktigste årsakene for valg av komponenter fra Megacon:

- Kjent solid leverandør
- Kort leveringstid
- God support
- Enkel å bruke

## 4.4 Subsea

Subsea er den delen som senkes i vann, det er her instrumenteringen er montert. Subsea enheten består gjerne av en rigg som bærer instrumentene. Elektronikken er installert i beholdere som må tåler vanntrykket som instrumentene skal operer på. Beholderen som er tiltenkt dette prosjektet har en indre diameter på 146 mm og en ytre diameter på 168 mm og skal tåler et vanddyb på 6000 m. Konnektorene blir installert i lokkene. Størrelsen på beholderen er med på å definere hvilke komponenter som kan velges. I denne oppgaven har vi ikke sett på hvordan komponentene skal installeres i beholderen, men vi har tatt hensyn til størrelsen til beholderen. Vi trenger komponenter som kan transformere ned spenningen fra 600 V til instrumentspenning 12 V, 24 V og 48 V.

### 4.4.1 Valg av DC-DC konverter

North Sea Electronics har DC/DC konvertere som kan brukes for å hente ut kraft i subsea enheten. Deres DC-DC konverteren er beregnet for bruk i borehull og er designet for å tåle svært høy temperatur (175°C). Deres konverter koster rundt kr. 47.000,-. For vårt prosjekt er ikke dette nødvendig, siden utstyret får god kjøling ved at subsea beholderen stort sett er senket i sjøvann. Når utstyret står på dekk er omgivelsestemperaturen sjelden over 30 °C.

Jeg ønsker en DC/DC-konverter som kan konvertere en spenning på ca. 600 V ned til 12 V, 24 V og 48 V. Konverteren må kunne tåle en strøm på 2 amper og levere en effekt på ca. 1000 W. Det er fullt mulig å konstruere en buck konverter som kan konverter en spenning fra 600 V ned til ønsket spenning, men å designe en slik krets som er driftssikker og gjennom testet blir for omfattende for denne oppgaven.

Jeg undersøkte derfor om det er noe marked hvor tilsvarende konvertere blir brukt. Ved søk på internett fant jeg ut at markedet for elektriske biler er et økende marked med stort volum. Batteripakken på slike biler har en spenning på 300 VDC og oppover. Det er derfor behov for å konvertere ned denne spenningen for drift av lavspennings anlegget i bilen. Et annet område som har stort volum og er voksende er «tethered drones». Dette er droner som er tilkoplede en kabel som de får spenning over. Begge markedene vurderes som fremtidsrettet og komponenter her vil være mulig å få kjøpt i lang tid fremover.

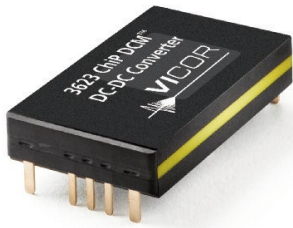
En av produsentene av DC/DC konvertere for disse to markedene er Vicor. De har en serie produkter som passer dette prosjektet. Deres BCM® Ultra High Voltage Bus Converter Module kan konvertere en spenning fra 400 V til 700 V ned til 1/16 av spenningen. Siden jeg ønsker å konvertere en spenning på 600 V vil den passe i mitt prosjekt. Denne konverteren har mulighet til å gi ut 1600 W og kan parallell koples dersom det skulle være behov for mer effekt i fremtiden (Datasheet, BCM4414xG0F4440yzz).

Model BCM4414VG0F440C02 ble derfor valgt for å konvertere spenningen på 600 V som er på GISMA konnektoren, ned til en lavere spenning som kan brukes av DC-DC konverteren som skal levere spenning på henholdsvis 12, 24 og 48 V.

Vicor sine DC-DC konvertere i DCM familien kan operere med en uregulert spenning i område 16 V-50 V og leverer en isolert DC spenning på utgangen. Hver konverter kan levere 320 W og det er mulig å kople opp til 8 stk. sammen slik at man kan oppnå en effekt på 2560 W. Konverteren levers i to utgaver «chip type DCM's» og «VIA packaged». Utgaven «VIA packaged» kan parallell koples slik at man kan øke utgangseffekten (Datasheet DCM3623x50M53C2yzz), (Datasheet DCM3623x50M13C2yzz), (Datasheet DCM3414x50M26C2yzz).



Figur 14: VIA packaged konvertere



*Figur 15: chip type konvertere*

For prosjektet ble det kjøpt inn følgende DC-DC konvertere:

2 stk. BCM4414VG0F4440C02 DC-DC CONVERTER 400-700V DIGITAL

1 stk. DCM3623T50M13C2T00 DC-DC CONVERTER 12V 320W,

1 stk. DCM3414V50M26C2C01 DC-DC CONVERTER 24V 320W

2 stk. DCM3623T50M53C2T00 DC-DC CONVERTER 48V 320W

Det ble valgt «chip type DCM's» for 48 V og 12 V, dette fordi det er ønskelig å ha mulighet for å parallell kople flere konvertere slik at utgangs effekten kan økes. For å få dette til må man lage et kretskort med ekstra støtte komponenter.

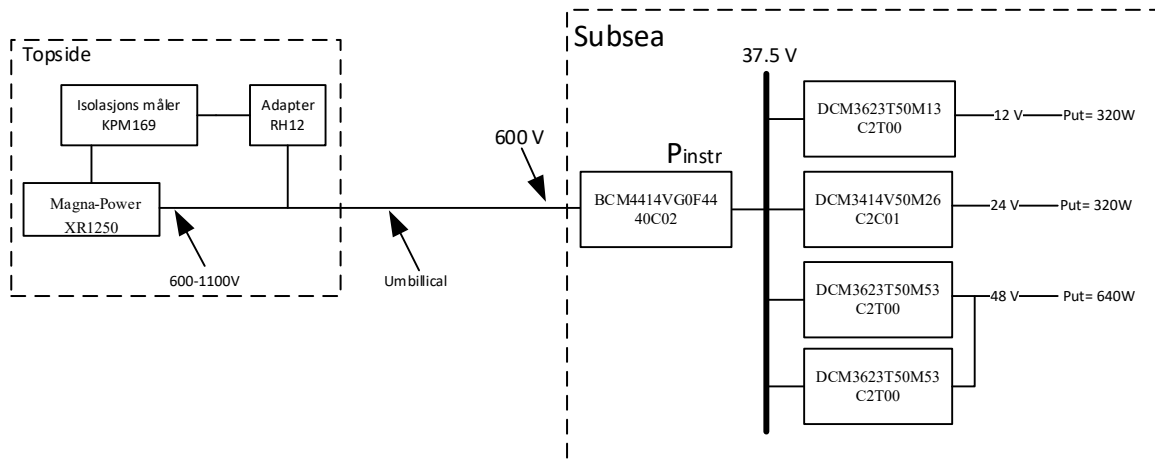
De viktigste årsakene for å velge DC/DC konverter fra VICOR er som følger:

- Solid leverandør
- God kunde support
- Gode produkter
- Forholdsvis små komponenter
- Funksjonalitet som over spennings beskyttelse, over strøms beskyttelse, kortslutningsbeskyttelse og termisk beskyttelse
- Rimelige (mellom 2000,- og 4000,-)



# 5 Sammenstilling og test

I kapittel 4 ble det valgt ut komponenter for prosjektet. I dette kapitelet forklarer jeg hvordan jeg har valgt å sette dem sammen. Kapitlet beskriver også de testene jeg foretok på systemet. Ser man på figur 13 fra kapitel 4.2 og setter inn de komponentene som er kjøpt inn, får man system skisse som vist i figur 16:



Figur 16: Systemskisse med komponenter

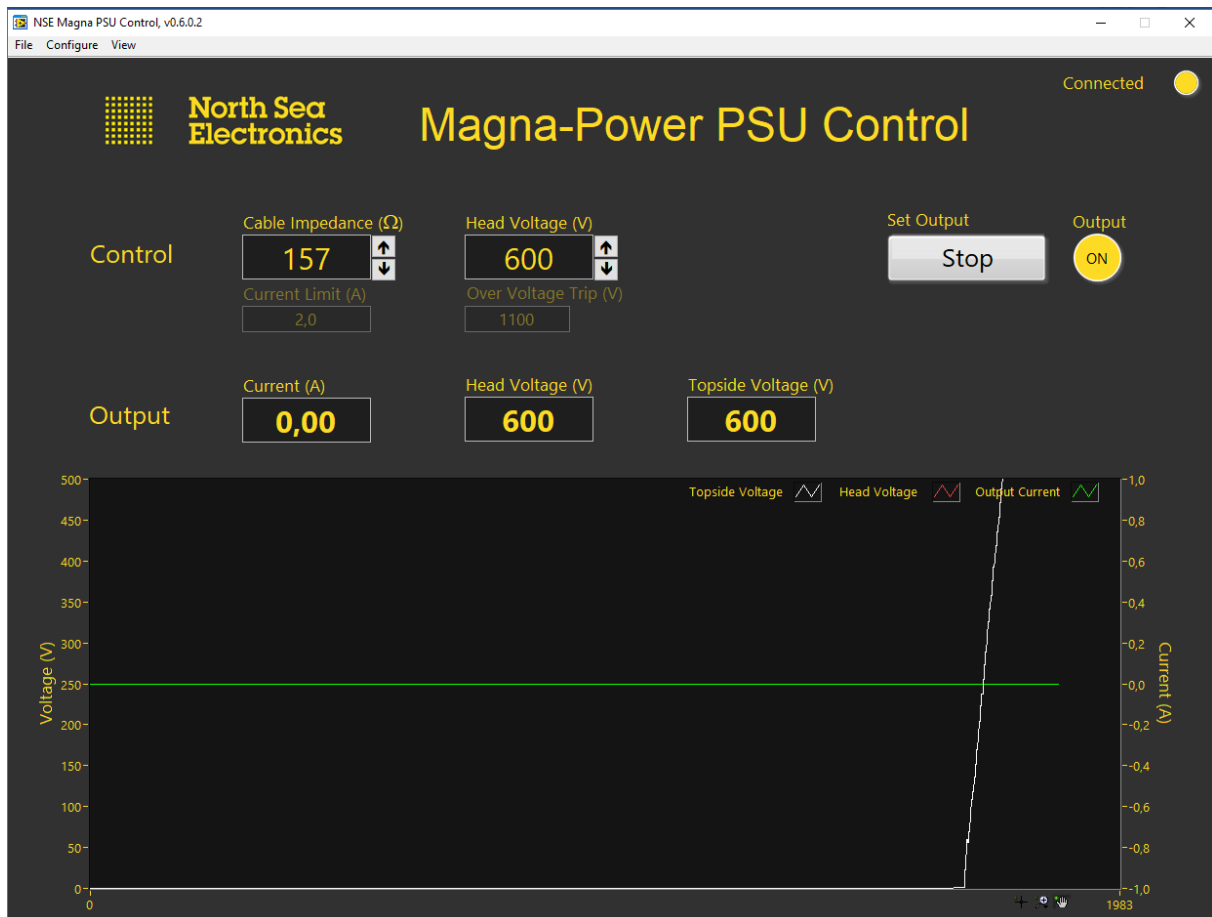
Vedlegg 12 viser en komplett tegning av løsningen med støttekomponenter.

## 5.1 Sammenstilling

DC/DC-konverteren som er kjøpt inn for brukt til å gi ut 12 V og 48 V er av chip type. Denne typen konvertere er ICer som kreves at det lages et kretskort med ekstra støtte komponenter. Disse konverteren er forholdsvis dyre komponenter og det var derfor ønskelig å få kretskortet laget av profesjonelle. Elprint er et firma i Bergen som kan lage slike kretskort, men leveringstiden deres var ikke innenfor tidsrammen for oppgaven. Jeg har derfor laget designet for de komponentene som trengs og løsningen er vist i vedlegg 12. Kretskortene vil ikke være en del av denne oppgaven, men bli kjøpt inn i ettertid.

### 5.1.1 Magna-power (Topside)

NSE har laget et enkelt styringsprogram til Magna-Power. I dette programmet kan man legge inn input parameter for kabellengde (cable impedance), ønsket spenning på enden av kabelen (head voltage), og av/på kontroll av PSU. Programmet ble brukt i oppgaven og innstillingene er vist i figur 17.



Figur 17: GUI Magna-Power PSU styringsprogram

PSUen er kjøpt inn med opsjonen "High Slew Rate", som gjør at poweret reagerer ekstra raskt med hensyn til spenningsregulering (XR Series IV User Manual, ver. 1.3). PSUen har en 37-pins (JS1) analog-digital I/O konnektor som Interface til kontrollsignal. Vi er spesielt interessert i to av funksjonene «Leadless Remote Sensing» og «interlock»

Leadless Remote Sensing: «Remot sensing» er beskrevet i kapittel 2.4.3 i brukermanualen (XR Series IV User Manual, ver 1.3). Denne funksjonen måler spenning over lasten og regulerer spenningen ut fra PSUen til ønsket verdi. For å kunne måle spenningen må man ha 2 ekstra ledere koplet over lasten fra power suppliet. I vårt tilfelle er det ikke ekstra ledere tilgjengelig for å koble over lasten. PSU gir mulighet for «remote sensing» (kapitel 6.2) uten bruk av ekstra ledere. Dette gjør den ved at den kalkulerer spennings tapet i kabelen og juster

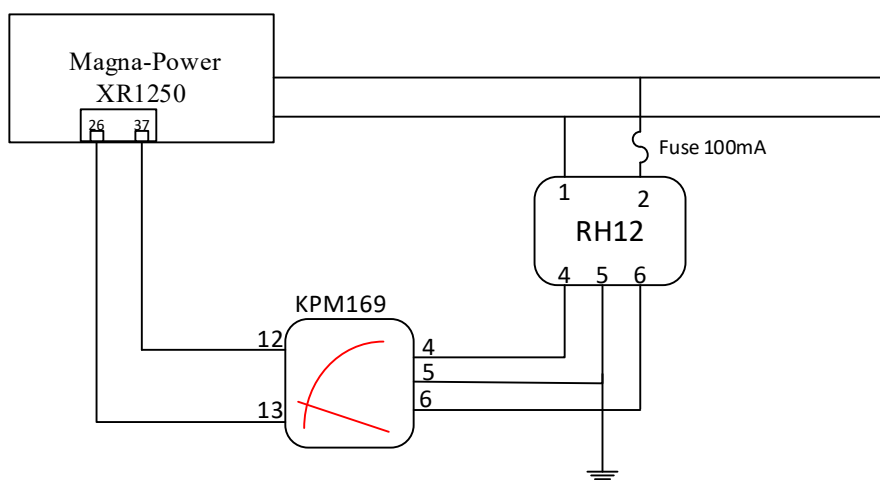
utgangen til PSUen i henhold til den kalkulererte verdien. For at dette skal fungere må man legge en lask mellom pinne 24 og 25 på den JS1 konnektoren. For at funksjonen skal kunne beregne spennings tapet må resistansen i kabelen måles og legges inn i rubrikken «cable impedance».

Interlock set: Denne funksjonen slår av PSUen dersom et 5 V signal forsvinner fra pinne 37 i JS1 konnektoren. I vårt tilfelle ønsker vi å bruke dette som en sikkerhet dersom det oppstår en jordfeil sammen med isolasjons måler KPM169

### 5.1.2 Jordfeilvern (Topside)

Som jordfeilsvern ble det kjøpt inn et KPM169 som er en passiv isolasjons måler (datablad vedlegg 7). Denne har et målområde fra 10 K $\Omega$  til 5 M  $\Omega$ . For å kunne kople måleren mot høyspent delen må vi sette adapter RH 12 imellom. Adapterte sørger for at spenningen aldri overstiger 60 VDC inn på KPM169(vedlegg 8).

Figur 18 viser hvordan jordfeilvernet er koplet opp. Jeg satt isolasjonsnivået for varsling til ca. 346k $\Omega$  og for alarm til ca. 100.6 k $\Omega$ . Utkoplingstiden ble satt til 100 ms. Når isolasjonsnivået er over ca. 100.6 k $\Omega$  har vi ingen alarm. Det vil da være en intern forbindelse mellom terminal 12 og 13, som gir 5 V til pinne 37 på JS1 konnektoren til PSUen. Dersom isolasjon nivået mellom jord og +spenningen kommer under ca. 100 V trigges alarmen. Dette fører til at forbindelsen mellom 12 og 13 blir brutt. 5 V signalet fra JS1 pinne 26 vil da forsvinner fra pinne 37. PSUen slår seg derfor av pga. «interlock» funksjonen er aktivert.



Figur 18: Skisse over jordfeilvern

Jord ombord på en båt er terminert i sjøen. Kraftforsyningen som skal være subsea må bygges inn i en beholder. Når farkosten ligger i sjøen vil beholderen være jordet i sjøvannet. I det beholderen kommer opp på overflaten har den ikke kontakt med jord. Når beholderne står på dekk vil den bli jordet ved at man forbinder beholderen med en jordings klemme til båtens jord. I tidspunkt fra beholderen kommer opp fra overflaten til den er forbundet med jord via jordklemmen er det ikke mulig å detektere en jordfeil. For å unngå at det er fare for strømgjennomgang ved berøring når beholderen taes opp på dekk må systemet slås av.

### **5.1.3 DC/DC konvertere fra Vicor (subsea)**

Som kraftforsyning til instrumenteringen har vi valgt 5 stk. DC/DC konvertere fra Vicor 1 stk. BCM konverter og 4 stk. DCM konvertere. BCM konverteren tar den høye spenningen på 600 V og konverterer den ned med en faktor på 1:16. Vi får da en spenning på bussen til de 4 DCM konverterne på 37.5 V (se vedlegg 12). DCM konverteren kan konvertere en uregulert spenning mellom 16-50 V, til den verdien som konverteren er designet for.

DCM konverteren fins i to forpakninger «chip type» som er en IC. Denne krever at man lager et printkort med noen støtte komponenter i tillegg, slik som vist i vedlegg 12. Den andre versjonen er «VIA packaged» denne konverteren er et ferdig produkt og kan brukes slik den er levert. På «chip type» er det mulig å parallellkoble inngangen og utgangen. På «VIA packaged» er det kun mulig å parallellkoble inngangen.

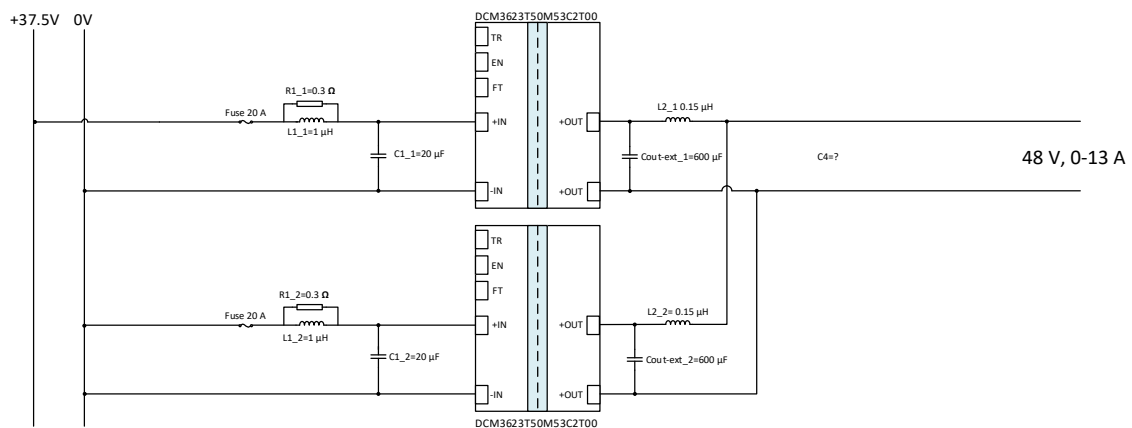
Det ble kjøpt inn 3 stk. «chip type DCM's» en 12 V og 2 stk. 48 V. For de to 48 V konverterne skal inngangen parallellkobles slik at effekten økes. 12 V konverteren skal brukes som «stand alone». Det ble også kjøpt inn en DCM «VIA packaged» som skal koples rett på utgangen til BCM konverteren. Man får da 3 utganger hvor 48 V kan levere en effekt på 640 W og de to andre (12 og 24 V) leverer 320 W hver slik som vist i vedlegg 12.

#### **Parallellkoble flere DCM konvertere**

For 48 V ønsker vi å ta ut dobbel effekt av hva konverteren kan levere. Det ble derfor kjøpt inn 2 stk. DCM3623T50M53C2T00 «chip type DCM's» som skal parallell koples. Når man skal parallell koble flere DCMer må man lag et koblings nettverk (Parallel DCMs, 2017).

- Det må legges til en spole på hver utgang før konverteren blir koblet sammen.
- Hver DCM må ha et eget filter på inngangen. Dette filteret begrenser ripple strømmene som blir reflektert fra hver konverter.

Tegningen under viser hvordan produsenten anbefaler at de to konverterne kobles sammen (Datasheet DCM3623x50M53C2yzz).



Figur 19: Parallell koblede DCM for 48 V

Produsenten anbefaler følgende verdier for komponentene:

**L1\_x:** 1  $\mu\text{H}$

**R1\_x:** 0.3  $\Omega$ ;

**C1\_x:** Keramisk kondensator I parallell,  $C1 = 20 \mu\text{F}$ ;

**L2\_x:**  $L2 \geq 0.15 \mu\text{H}$ ;

**COU-EXT-x:** elektrolytt eller tantal kondensator,  $200 \mu\text{F} \leq C3 \leq 2000 \mu\text{F}$ ;

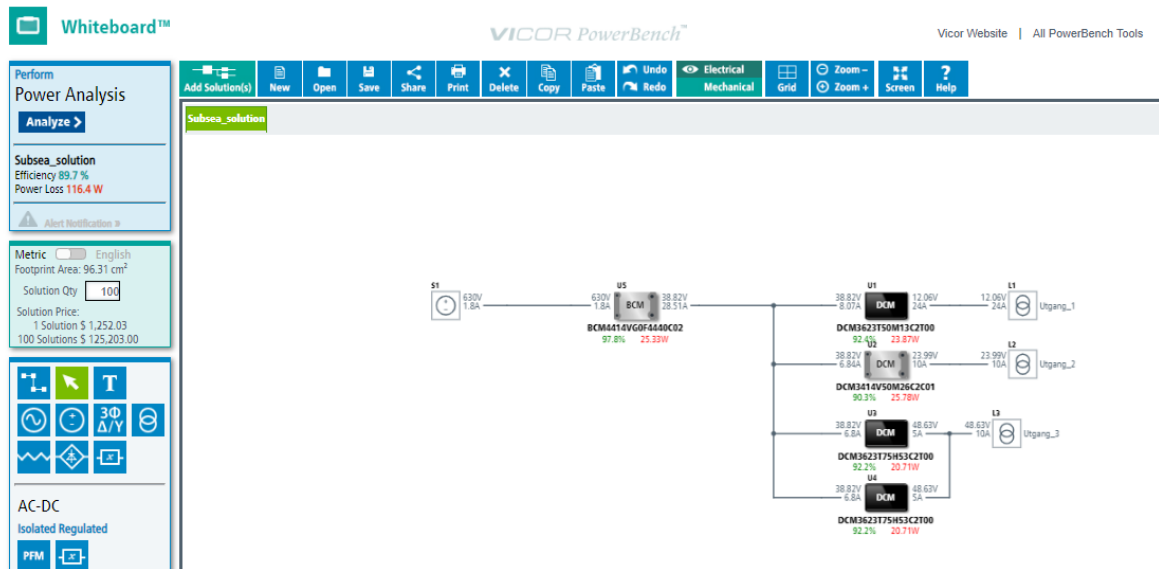
## 5.1.4 Virkningsgrad

Det er ønskelig å ta ut rundt 1000 W fra kraftforsyningen som er subsea. I tabell 1 og 2 regner vi på hvor mye effekt vi kan forvente å ha tilgjengelig på GISMA konnektoren for henholdsvis vinsj W04 og W08. Tabell 1 viser at vi kan forvente å ta ut ca. 1080 W på W04 og tabell 2 viser at vi kan forvente å ta ut ca. 1200 W på W08. Vicor har et hjelpemiddel for å beregne virkningsgraden kalt «VICOR Power Bench» og kan finnes på

<http://www.vicorpower.com/powerbench>. Figur 21 viser resultatet når vi legger inn en tenkt last på alle konverteren: Programmet viser at vi kan forvente en virkningsgrad på 89.7% for kraftforsyningen. Dette gir oss mulighet til å regne ut hvor mye effekt vi kan hente ut av løsningen til instrumenteringen.

For W 04 kan man trekke følgende effekt ut  $P_{instr}=1080\text{ W}\cdot\frac{89.7\%}{100\%}=968.8\text{ W}$

For W 08 kan man trekke følgende effekt ut  $P_{instr}=1200\text{ W}\cdot\frac{89.7\%}{100\%}=1076.4\text{ W}$



Figur 20: Virkningsgrad kraftforsyning subsea

Behovet som ble definert i kapittel 1.3 er at det generelle effektbehovet for instrumenteringen ikke overstiger 1000 W. Selv om løsningen ikke klarer å ta ut 1000 W når den installeres på W 04 er vi så nærme at dette blir akseptert.

## 5.2 Test

Det ble utført flere tester på komponentene, fra 3 av testen er det laget testrapport se vedlegg 9, 10 og 14. Testen utført 10.04-2019 ble utført på verkstedet til HI (se vedlegg 9 for test rapport), her ble Magna-Power supply testet. I testen utført den 25.04-2019 ble Magna-Power sammen med DC/DC konverterne som konverter høyspenningen ned med 1/16 forbundet med 24 V konverteren testet (se test rapport i vedlegg 10). Testen ble utført på G. O. Sars som er en båtene eid av HI. Dette er et forskningsfartøy og vi brukte vinsj W102 som har på spolt ca. 4130 m av umbilicalen fra Nexans aramid armored. Testen utført 15.05-2019 ble utført på verkstedet til HI (se vedlegg 14). I denne testen testet jeg jordfeildeteksjon/vernet.

I testen fra 10.04-2019 ser vi at Magna-Power regulerer spenningen i henhold til last endringene. Det er små spenningsvariasjoner når lasten reguleres, med unntak når lasten blir tatt brått bort se vedlegg 9 figur 4. Dette kan forklares med at ved åpen krets, har ikke strømmen noen vei å gå, og det tar følgelig litt tid før all energi er drenert bort. Dette sammenfaller også med testrapport fra NSE datert 26.11.2014 (vedlegg 11). Vi ser det samme under testen fra G.O. Sars vedlegg 10 figur 7, men da var det en mindre spennings variasjon noe som skyldes at lasten var mindre.

I testen fra G. O. Sars måler vi effekttapet i de to DC/DC-konverteren når de belastes med henholdsvis 6.2 og 8.5Ω. Vi ser at tallene beregnet fra produsentens hjemmeside stemmer noe lunde med hva vi har målt. Det at de ikke stemmer helt kan skyldes at jeg ikke la inn riktig overflate temperatur i verktøyet til produsenten. Jeg brukte 25°C grader overflatetemperatur på komponentene, men dette var ikke målt under testen.

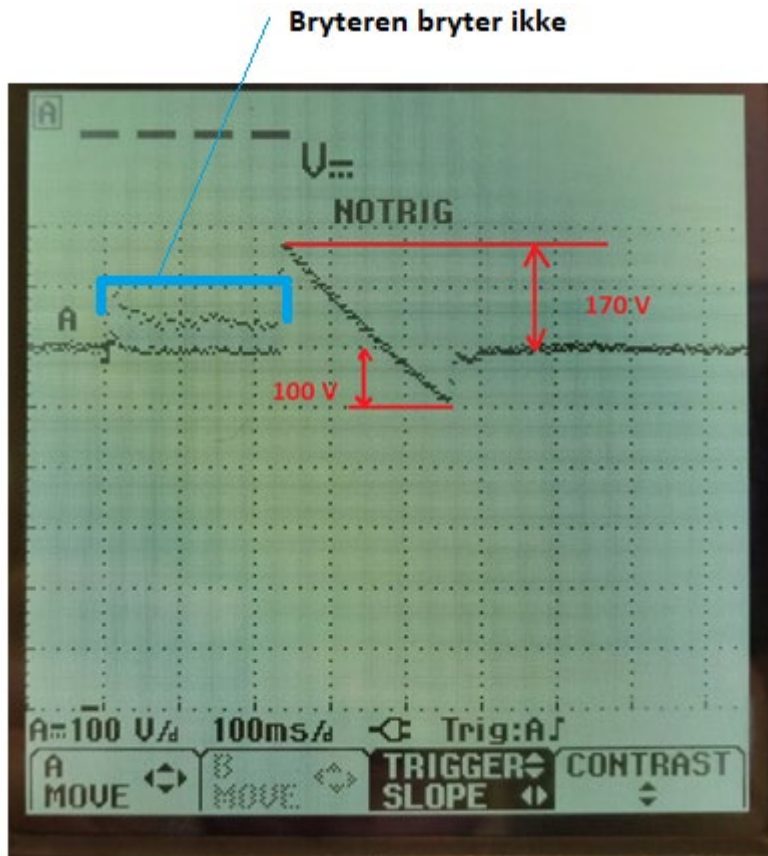
Når PSUen blir slått av så vi at spenningen ble justert ned fra driftsspenningen til 0V se vedlegg 9 figur 7. Sammenligner vi figur 9 i vedlegg 10 med figur 7 i vedlegg 9 ser vi at testen fra G. O. Sars ikke har den jevne kurven som vi fikk ved test på benk. Dette skyldes at ved testen på G.O. Sars har vi en kapasitans på linjen som vil gi en tidsforsinkelse når spenningen blir «rampet» ned. Det at spenningen går mot 0 V når vi slår av PSUen, betyr at energien i kableen blir drenert bort og det er ikke noen kapasive spenninger igjen i kableen.

Jeg fikk ikke testet DC/DC konverteren for 12 V og 48 V da kretskortet til disse ICene ikke ble ferdig. Men det er ingenting som tilsier at de ikke skal virke i henhold til produsentens beskrivelse.

I AC transmisjon kan man oppleve at det oppstår overspenninger som følge av gjentening over bryteren dersom det er kapasitans i linjen. Dette oppstår når bryteren kutter ved strømmens «0» gjennomgang, siden spenningen ligger 90 grader foran strømmen er spenningen størst i dette tidspunktet. Ved gjentening kan man få spenninger som er 3 ganger større enn driftsspenning.

Ved DC transmisjon har ikke strømmen noe «0» gjennomgang, det gjør det vanskelig å bryte kretsen, men man får aldri større spenninger enn driftsspenningen. I figur 19 ser man spenningen over lasten som funksjon av tiden. I test en min hadde jeg kun tilgang til vanlige 230 V brytere. Disse fungerte fint de første 3-4 gangene, men etterhvert brukte bryteren

lenger og lenger tid på å bryte kretsen. Den perioden som er merket i blått er tiden fra bryteren blir åpnet til strømmen blir brutt. Det at bryteren bruker lenger tid skyldes at den ikke er beregnet for å bryte en konstant DC strøm. Den blir følgelig ødelagt over tid.



Figur 21: Bryter lasten

I testen av jordfeildeteksjon/vern på verksted (vedlegg 14) undersøkte jeg at jordfeil ble detektert og at spenningen ut fra PSUen ble slått av ved jordfeil. KPM169 var satt opp til å slå av PSUen når de ble målt en resistans mellom pluss spenningen og jord lavere en 100.6 k $\Omega$ . Testen viste at jordfeil ble detekter og at spenningen til PSUen ble slått av.

Ingen av testene avdekket noen avvik.



## 6 Avslutning

Problemstillingen i oppgaven var å finne en effektiv metode for å overføre kraft til instrumentering som skal brukes for å ta prøver i vannkolonnen og av havbunnen. Utfordringen er at instrumenteringen er koplet til båten via en umbilical med forholdsvis høy indre resistans.

Gjennom dette studie har jeg undersøkt hvilken spenningsmetode og-nivå som er hensiktsmessig for denne problemstillingen. Undersøkelsene viser at DC er en god metode for overføring av kraft i denne type applikasjon. Ved å benytte et spenningsnivå mellom 600 V til 1100 V oppnår man ønsket effekt, som trengs for å forsyne instrumenteringen på KH. Jeg fant at det eksisterer et stort marked som leverer komponenter i dette spennings område for DC. Dette gjør at man kan forvente å få tak i reservedeler i fremtiden til en overkommelig pris. Alle hovedkomponentene ble kjøpt inn og de fleste ble testet henholdsvis på verksted og ombord på G. O. Sars. Testen har ikke avdekket noe som tilsier at de er uegnet for oppgaven. Prisen på denne løsningen er i størrelse orden kr. 65.000,- (vedlegg 13) noe som må sies å være en overkommelig pris for en slik kraftforsyning.

En av erfaringen jeg har tatt med meg fra prosjektet er at det er vanskelig å estimere størrelsen på et slik prosjekt før man starter. Jeg opplevde at for hver dør jeg åpnet så ble det oppdaget nye muligheter som kunne forbedre produktet. Dessverre skaper alle slike muligheter mer arbeid, slik at størrelsen på prosjektet vokser. En bacheloroppgave har et begrenset antall arbeidstimer og jeg har derfor sett meg nødt til å avgrense prosjektet slik at det faller innenfor de tidsrammer som er for denne oppgave.

De arbeidsoppgaver som gjenstår for at løsningen skal kunne implementeres om bord, er å designe subsea beholderen og å lage printkortene for de DC/DC-konverteren som er av typen «chip type». I forbindelse med designet av subsea beholderen må man se på hvordan man kan bruke godset til beholderen for kjøling av komponentene. Termiske beregninger er derfor ikke en del av denne oppgaven, men det er viktig at det er fokus på dette i designet av subsea beholderen.

Jeg som har utviklet denne løsningen ser for meg at fremtiden for systemet kan by på mange muligheter. Det er flere forbedringer som kan gjøres for å få et enda bedre system enn den som presenteres i dag. Eksempler på dette er å finne en måte å jorde subsea beholderen slik at man ikke trenger å slå av kraftforsyningen før den heises opp på dekk. En annen forbedring er å benytte seg av den innebygd kommunikasjons interfacen som enkelte av DC/DC-konverteren har slik at man kan lese status direkte. Dette kan være til hjelp for brukerne å få tilgang til opplysning om temperatur, alarmer osv. Dersom det i fremtiden skulle være behov for å øke effekten. Kan dette gjøres på vinsj W04 som kan påtrykkes en spenning opp til 1800 VDC som er begrensningen i RH12 adapterte. Det må da kjøpes en ny PSU, men alle andre komponenter kan brukes. Løsningen er mitt skjønn fleksibel for fremtidige endringer, noe som er nødvendig når man designer utstyr til en forskningsbåt.

# Litteraturliste

Parallel DCMs,(2017) *Application note AN:030*, tilgjengelig fra:

[http://www.vicorpower.com/documents/application\\_notes/an\\_Parallel\\_DCMs.pdf](http://www.vicorpower.com/documents/application_notes/an_Parallel_DCMs.pdf), Rev 1.3, august 2018

XR Series IV User Manual, (ver. 1.3), tilgjengelig fra: [https://magna-power.com/assets/files/manuals/manual\\_xr\\_1.3.pdf](https://magna-power.com/assets/files/manuals/manual_xr_1.3.pdf), 2014

Datasheet, BCM4414xG0F4440yzz, tilgjengelig fra:

[http://www.vicorpower.com/documents/datasheets/ds\\_BCM4414xG0F4440yzz.pdf](http://www.vicorpower.com/documents/datasheets/ds_BCM4414xG0F4440yzz.pdf), 1.4, oktober 2018

Datasheet DCM3623x50M53C2yzz, Vicor tilgjengelig fra:

[http://www.vicorpower.com/documents/datasheets/DCM3623x50M53C2yzz\\_ds.pdf](http://www.vicorpower.com/documents/datasheets/DCM3623x50M53C2yzz_ds.pdf), Rev 1.4, oktober 2018

Datasheet DCM3623x50M13C2yzz, tilgjengelig fra:

[https://no.mouser.com/datasheet/2/685/DCM3623x50M13C2yzz\\_ds-1101627.pdf](https://no.mouser.com/datasheet/2/685/DCM3623x50M13C2yzz_ds-1101627.pdf), Rev 1.4, januar 2018

Datasheet DCM3414x50M26C2yzz, tilgjengelig fra:

[http://www.vicorpower.com/documents/application\\_notes/an\\_Parallel\\_DCMs.pdf](http://www.vicorpower.com/documents/application_notes/an_Parallel_DCMs.pdf), Rev 1.8, dato juli 2018

Datasheet speck 44, tilgjengelig fra: <http://www.farnell.com/datasheets/29542.pdf>

DSB elsikkerhet nr. 84, tilgjengelig fra [https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/elsikkerhet-els/elsikkerhet-magasinet/elsikkerhet\\_84.pdf](https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/elsikkerhet-els/elsikkerhet-magasinet/elsikkerhet_84.pdf), 07.05-2019

J P Tiwari (2011), Basic Electrical engineering

Pallav Aggarwal (27.01.2018). «How to select electronic components», tilgjengelig fra

<https://medium.com/@pallav.aggarwal/how-to-select-electronic-components-4410c40feb2b>

# Vedlegg

1. Måleresultat Nexan armod umbilical W04
2. Måleresultat Dataline umbilical
3. Datablad slepering vinsj W04
4. Datablad slepering vinsj W08
5. Datablad Gisma konnektor
6. Mail fra Transmark subsea vedrørende AC toleranse for Gisma konnektor.
7. Datablad KPM 169
8. Datablad høy spennings adapter RH 12
9. Testrapport test av Magna power supply på verksted, dato 28.04-2019
10. Testrapport test av Magna power supply og DC-DC konvertere, dato 25.04-2019
11. Test Report Cable Compensation fra NSE
12. Skisse av kraftforsyning av instrumentering over en umbilical
13. Kostnadsoverslag for komponentene
14. Testrapport test av jordfeildeteksjon/vern på verksted, dato 15.05-2019
15. Mail fra Nexans vedrørende effekt og varme i umbilicalen

DOCUMENT: HAT PROCEDURE W04 CTD/LAD WINCH  
 DOCUMENT ID: 100256-11102-A-HAT-W04  
 REVISION: B

DATE: 01.09.2017  
 PAGE: 15 of 15

## Appendix B – Slipping and cable test

This test has to be performed before the external equipments connected to the umbilical cable. This test represents only the scope of Seonics supply. Reference is made to drawing **100256-141-ERE-001 sheet 10706**. The test of the complete cable connection from subsea equipment over patch panels to the scientific is not part of Seonics delivery and not in scope of this test.

### Danger of High Voltage:

The test application is acting like a coil and can be charged during measurement. Before and after each test step, all conductor need to be discharged by connecting to ground for at least 10 seconds.

### TEST 1 - Insulation test power passes and conductors

Testing of electrical insulation of each connection of power passes from end of umbilical to terminals of the junction boxes on the winch stationary side. This test has to be performed with open terminals to vessel side. Tests with Megger tester to ground (PE and PA) are not allowed.

Test Step	Conductor	Potential	Megger Test	Test Time	Acceptance criteria	Measured Value	Passed
1.1	HV1 to HV2	4.5 kV AC/DC	1000 V	60 s	>1GΩ	116Ω	OK

Table 1 - Insulation test values

### TEST 2 - Measurement of resistance of power passes and conductors

This test has to be performed by measuring the resistance of each conductor from end of the umbilical to the terminals in the junction box. Required test equipment is Ohm-meter or multi-meter with minimum 20 MΩ input impedance. Single connectors in the junction box need to be connected as one pass with jumpers.

Test Step	Conductor	Terminals in +2MJB406	Length	Test Time	Acceptance criteria	Measured Value	Passed
2.1	HV_1	AI, BII	7000 m	60 s	≤145 Ω	143,6	OK
2.2	HV_2	CII, DII	7000 m	60 s	≤145 Ω	144	OK

Table 2 - Resistance test values

### TEST 3 - Test of fibre optic passes and fibres

This test has to be performed by checking the each fibre optic connection with a LED light source / LED test pen.

Test Step	Conductor	Terminals in +2MJB407	Length	Acceptance criteria	Passed
3.1	FO_1	-ST1	7000 m	LED light visible	✓
3.2	FO_2	-ST2	7000 m	LED light visible	✓
3.3	FO_3	-ST3	7000 m	LED light visible	✓
3.4	FO_4	ST4	7000 m	LED light visible	✓

Table 3 - Fibre optic test results

[www.seonics.com](http://www.seonics.com)

According to international laws, this document is the property of SEAONICS AS. The document can not be made public, copied or used for other purposes than performing the test.

**SEAONICS™**

Valid for: 6255

DOCUMENT NAME: W04 – FIBER OPTIC ATTENUATION TEST  
 DOCUMENT ID: 100256-11102-A-ECA-003  
 REVISION: A

DATE: 14.12.2017  
 PAGE: Page 1 of 2

**W04 – FIBER OPTIC ATTENUATION TEST – ADDENDUM TO HAT PROCEDURE**

This document is an addendum to the HAT procedure 100256-11102-A-HAT-W04, to provide a more thorough test of optical fibres. The test described may replace the simpler fiber test (TEST 3) included in the HAT procedure.

This document is meant only as a verification of Seaonics' part of the delivery meaning from the junction box on the winch to the end of the umbilical cable. The acceptance criteria is thus based on the specified attenuation of umbilical and slip ring with some added allowance for the the connectors in both internal and external junction boxes.


**Equipment needed**

Description
Optical power meter and source

All test equipment shall conform to industrial standard requirements with appropriate documentation and/or certifications.

**Arrangement prior to test:**

- Umbilical is spooled onto winch, and connected to slip ring and junction boxes.
- Required connectors are installed at both ends of umbilical and junction box in order to connect power meter and light source

No.	Description	Performed.
1.1.1	Perform the following <ul style="list-style-type: none"> <li>- Measure fibre optic attenuation at 1310 nm &amp; 1550 nm</li> <li>- Record measured values in Table 1.</li> <li>- Verify values are within acceptance criteria</li> </ul>	

DOCUMENT NAME: W04 – FIBER OPTIC ATTENUATION TEST  
 DOCUMENT ID: 100256-11102-A-ECA-003  
 REVISION: A

DATE: 14.12.2017  
 PAGE: Page 2 of 2

Test Step	Fiber	Connectors in +1LJB104	Wavelength	Measured attenuation (Seanics delivery) ✕	Acceptance criteria	Passed
4.1	FO_1	-ST1	1310 nm	20,31 ✕	<10 dB	✓
4.2			1550 nm	20,34 ✕	<8,5 dB	✓
4.3	FO_2	-ST2	1310 nm	21,15 ✕	<10 dB	✓
4.4			1550 nm	21,20 ✕	<8,5 dB	✓
4.5	FO_3	-ST3	1310 nm	20,6 ✕	<10 dB	✓
4.6			1550 nm	20,6 ✕	<8,5 dB	✓
4.7	FO_4	-ST4	1310 nm	N/A	<10 dB	
4.8			1550 nm	N/A	<8,5 dB	

Table 1 – Measured attenuation

Date: 24/02/18		Time:	
Seanics AS	Class Society	Client	Yard
Representative name	N/A Representative name	Representative name	F. M. RONTORST Representative name
Signature	N/A Signature	Signature	[Signature] Signature
Comments: ✕ MEASURED ALL THE WAY FROM RACK FIELD B.W. SEE ATTACHED SPREADSHEET.			

DOCUMENT NAME: HAT PROCEDURE – W08 PLANKTON NETS WINCH  
 DOCUMENT ID: 100256-11102-A-HAT-W08  
 REVISION: C

DATE: 01.09.2017  
 PAGE: 8 of 13

### 8 Umbilical testing

The purpose of this test is to verify the integrity of the umbilical as well as connections through slip ring and junction boxes. Three tests are performed in order to verify resistance and insulation are within specified limits, as well as verifying functioning optical fibres.

Measured values shall be recorded in Appendix A and included in the HAT report.

**Arrangement prior to test:**

- Umbilical is spooled onto winch, and connected to slip ring and junction box
- ROV not connected to umbilical
- Cables/fibres from

No.	Description	Performed.
8.1.1	Perform insulation test according to Appendix A – TEST 1 - Record measured values in Table 1. - Verify values are within acceptance criteria	✓
8.1.2	Perform insulation test according to Appendix A – TEST 2 - Fill in measured values in Table 2 - Verify measured values are within acceptance criteria	✓
8.1.3	Perform insulation test according to Appendix A – TEST 3 - Verify all fibres are functioning.	✓

Date: 20/02/18		Time:	
Seanics AS	Class Society	Client	Yard
Representative name	N/A Representative name	Representative name	F. M. MONTEROSSO Representative name
Signature	N/A Signature	Signature	Signature
Comments:			

www.seanics.com



According to International laws, this document is the property of SEANICS AS. The document can not be made public, copied or used for other purposes than performing the test

DOCUMENT NAME: HAT PROCEDURE – W08 PLANKTON NETS WINCH  
 DOCUMENT ID: 100256-11102-A-HAT-W08  
 REVISION: C

DATE: 01.09.2017  
 PAGE: 13 of 13

## Appendix B – Slipping and cable test

This test has to be performed before the external equipments connected to the umbilical cable. This test represents only the scope of Seaonics supply. Reference is made to drawing 100256-141-ERE-001 sheet 10632. The test of the complete cable connection from subsea equipment over patch panels to the scientific is not part of Seaonics delivery and not in scope of this test.

### Danger of High Voltage:

The test application is acting like a coil and can be charged during measurement. Before and after each test step, all conductor need to be discharged by connecting to ground for at least 10 seconds.

### TEST 1 - Insulation test power passes and conductors

Testing of electrical insulation of each connection of power passes from end of umbilical to terminals of the junction boxes on the winch stationary side. This test has to be performed with open terminals to vessel side. Tests with Megger tester to ground (PE and PA) are not allowed.

Test Step	Conductor	Potential	Megger Test	Test Time	Acceptance criteria	Measured Value	Passed
1.1	HV1 to HV2	4.5 kV AC/DC	1000 V	60 s	>1,2GΩ	4,8	✓

Table 1 - Insulation test values

### TEST 2 - Measurement of resistance of power passes and conductors

This test has to be performed by measuring the resistance of each conductor from end of the umbilical to the terminals in the junction box. Required test equipment is Ohm-meter or multi-meter with minimum 20 MΩ input impedance. Single connectors in the junction box need to be connected as one pass with jumpers.

Test Step	Conductor	Terminals in +2MJB804	Length	Test Time	Acceptance criteria	Measured Value	Passed
2.1	HV_1	XE1; 1, 2	5000 m	60 s	≤105 Ω	98,2	✓
2.2	HV_2	XE1; 3, 4	5000 m	60 s	≤105 Ω	96,4	✓

Table 2 - Resistance test values

### TEST 3 - Test of fibre optic passes and fibres

This test has to be performed by checking the each fibre optic connection with a LED light source / LED test pen.

Test Step	Conductor	Terminals in +4SJB807	Length	Acceptance criteria	Passed
3.1	FO_1	-ST1	5000 m	LED light visible	✓
3.2	FO_2	-ST2	5000 m	LED light visible	✓
3.3	FO_3	-ST3	5000 m	LED light visible	✓
3.4	FO_4	ST4	5000 m	LED light visible	✓

Table 3 - Fibre optic test results

www.seaonics.com

According to International laws, this document is the property of SEAONICS AS. The document can not be made public, copied or used for other purposes than performing the test.

SEAONICS™



DOCUMENT NAME: W08 – FIBER OPTIC ATTENUATION TEST  
 DOCUMENT ID: 100256-11102-A-ECA-004  
 REVISION: A

DATE: 14.12.2017  
 PAGE: Page 2 of 2

Test Step	Fiber	Connectors in +1LJB104	Wavelength	Measured attenuation (Seaonics delivery)	Acceptance criteria	Passed
4.1	FO_1	-ST1	1310 nm	17,24	<10 dB	✓
4.2			1550 nm	11,54	<8,5 dB	✓
4.3	FO_2	-ST2	1310 nm	19,283	<10 dB	✓
4.4			1550 nm	19,927	<8,5 dB	✓
4.5	FO_3	-ST3	1310 nm	20,152	<10 dB	✓
4.6			1550 nm	20,54	<8,5 dB	✓
4.7	FO_4	-ST4	1310 nm	20,341	<10 dB	✓
4.8			1550 nm	19,847	<8,5 dB	✓

Table 1 – Measured attenuation

Date: 24/02/18		Time: ✓	
Seaonics AS	Class Society	Client	Yard
Representative name	N/A Representative name	Representative name	F. H. ROSTERUP Representative name
Signature	N/A Signature	Signature	F. H. ROSTERUP Signature
Comments: * MEASURED ALL THE WAY FROM RACK FIELD BUS 7-02 AND LAB 319 TO WINCH. SEE ATTACHED SPREADSHEET.			

**W08 – FIBER OPTIC ATTENUATION TEST – ADDENDUM TO HAT PROCEDURE**

This document is an addendum to the HAT procedure **100256-11102-A-HAT-W04**, to provide a more thorough test of optical fibres. The test described may replace the simpler fiber test (TEST 3) included in the HAT procedure.

This document is meant only as a verification of Seaonics' part of the delivery meaning from the junction box on the winch to the end of the umbilical cable. The acceptance criteria is based on the specified attenuation of umbilical and slip ring with some added allowance for the the connectors in both internal and external junction boxes.


**Equipment needed**

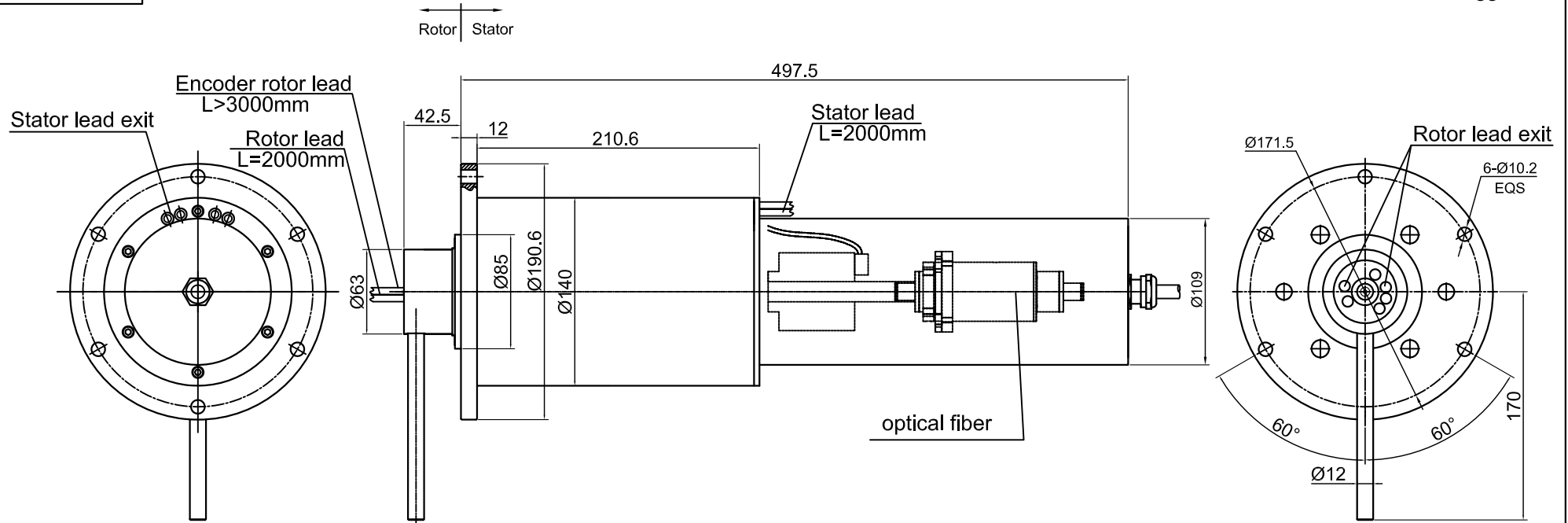
Description
Optical power meter and source

All test equipment shall conform to industrial standard requirements with appropriate documentation and/or certifications.

**Arrangement prior to test:**

- Umbilical is spooled onto winch, and connected to slip ring and junction boxes.
- Required connectors are installed at umbilical and junction box in order to connect power meter and light source

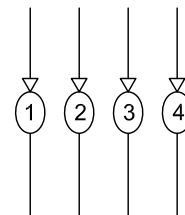
No.	Description	Performed.
1.1.1	Perform the following: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Measure fibre optic attenuation at 1310 nm &amp; 1550 nm, between junction box on winch and end of umbilical</li> <li>- Record measured values in Table 1.</li> <li>- Verify values are within acceptance criteria</li> </ul>	



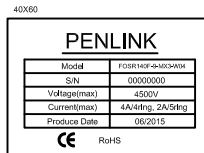
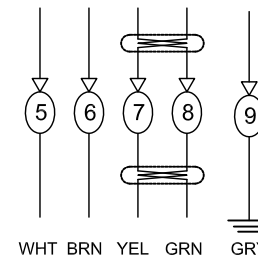
Number of circuits: 9 circuits  
 Insulation resistance: The 1-4circuits ≥1000MΩ/3000VDC  
 others 200MΩ/250VDC  
 Dielectric strength: The 1-4circuits 13000VAC@50Hz,60s  
 others 200VAC@50Hz,60s  
 Dynamic contact resistance: ≤0.01Ω  
 Contact material: Silver alloy  
 Housing material: SS304  
 Operating temperature: -20°C ~ +80°C  
 Operating Speed: 0 ~ 100rpm  
 Protection degree: IP65  
 the cable number tube should be on the location of cable 500mm, 1000mm and 1500mm

4500V, 4A/circuit, 4circuits

diameter of shell ≤ 6 ± 0.50mm



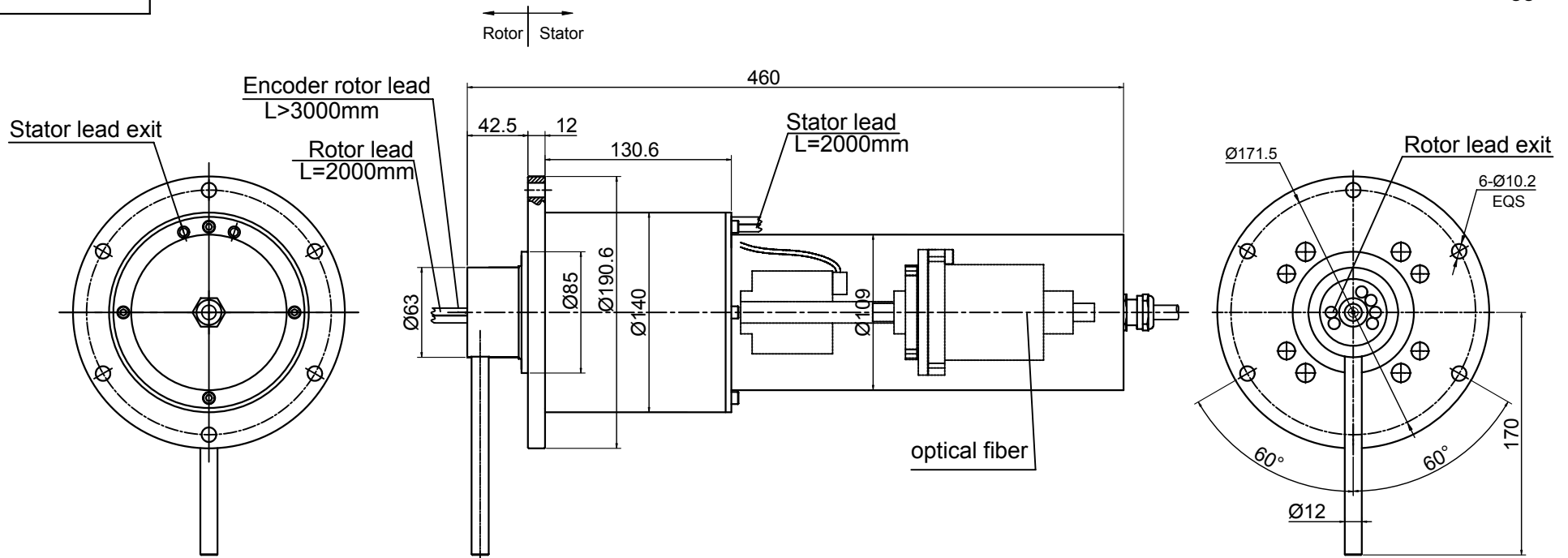
30V, 2A/circuit, 5circuits



Optical fiber Model: MX3-155-28-030-ST  
 Encoder Model: Kubler 8.F5888.662M.2113.0050-C

Rev	Description	Name	Date	Appellation	Slip ring outline drawing			
05	Improve the solution	DQ	15.08.07	Customer	FA010	Model	FOSR140F-9-MX3-W04	
04	Improve the solution	DQ	15.07.23	Designer	STEVEN-J	2015/05/04	Auditor	
03	Improve the solution	Steven-J	15.06.10	View				
02	Improve the solution	Steven-J	15.06.01					

Rev 05



Number of circuits: 7 circuits

Insulation resistance: The 1-2circuits  $\geq 1000\text{M}\Omega/2000\text{VDC}$   
others  $200\text{M}\Omega/200\text{VDC}$

Dielectric strength: The 1-2circuits  $3000\text{VAC}@50\text{Hz}, 60\text{s}$   
others  $200\text{VAC}@50\text{Hz}, 60\text{s}$

Dynamic contact resistance:  $\leq 0.01\Omega$

Contact material: Silver alloy

Housing material: SS304

Operating temperature:  $-20^\circ\text{C} \sim +80^\circ\text{C}$

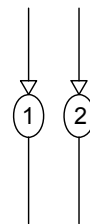
Operating Speed:  $0 \sim 100\text{rpm}$

Protection degree: IP65

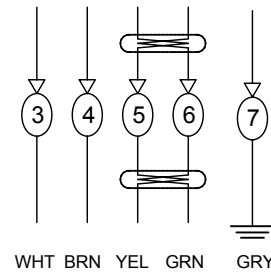
the cable number tube should be on the location of cable 500mm, 1000mm and 1500mm

1100V, 4A/circuit, 2circuits

diameter of shell  $\leq 5.5 \pm 0.50\text{mm}$



30V, 2A/circuit, 5circuits

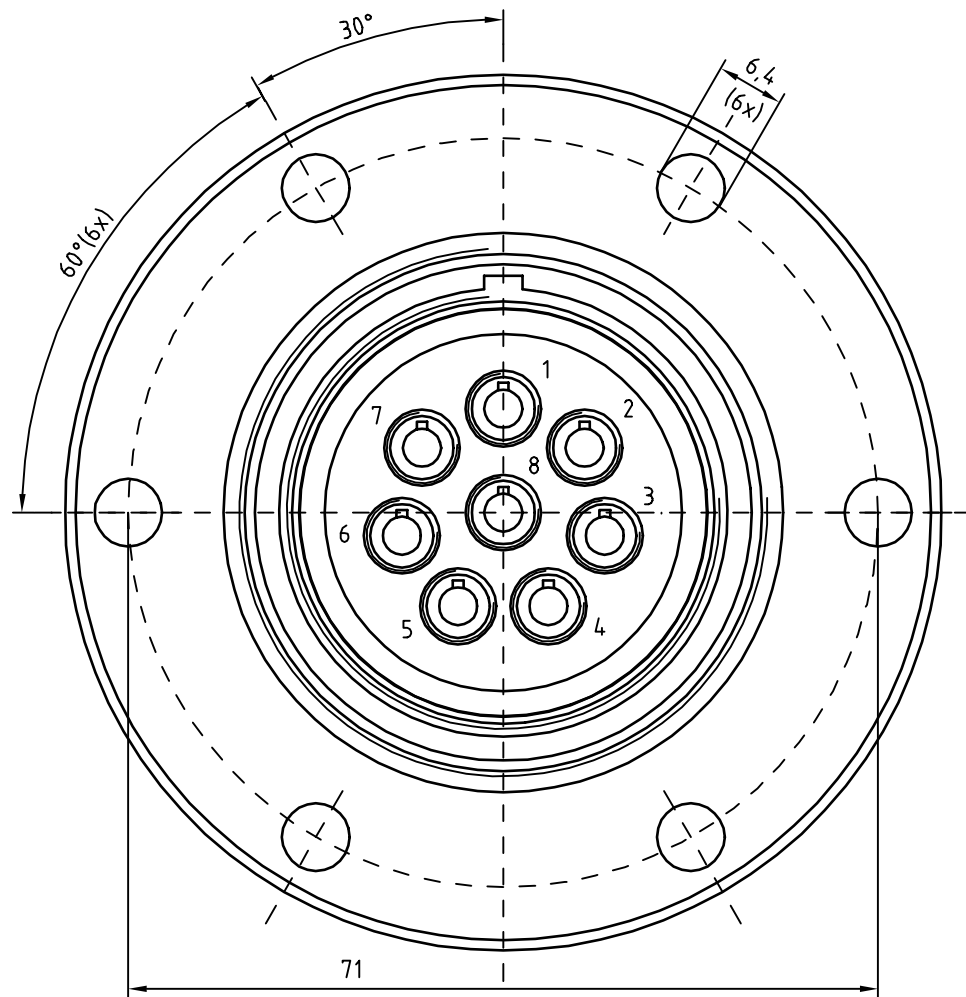
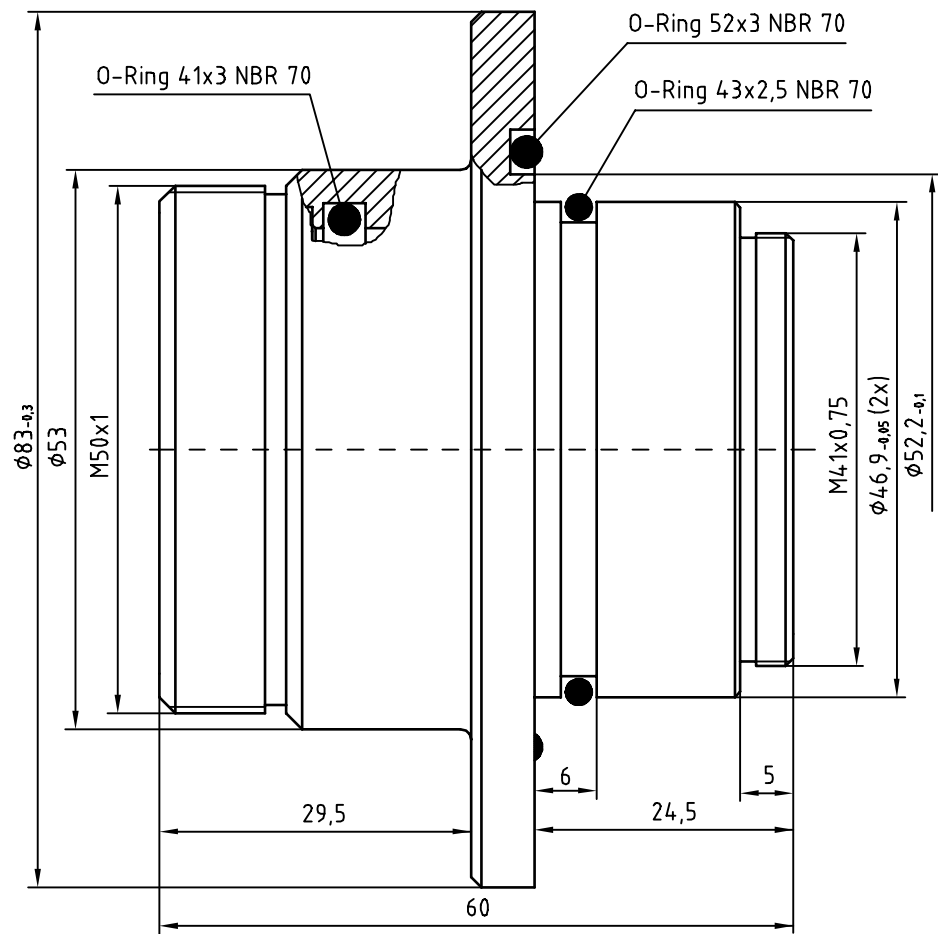


40X60	
<b>PENLINK</b>	
Model	FOSR140F-7-JX4-W08
S/N	00000000
Voltage(max)	1100V
Current(max)	4A/2ring, 2A/5ring
Produce Date	06/2015
CE RoHS	

Optical Fiber Model: JX4-155-28-030-ST

Encoder Model: Kubler 8.F5888.662M.2113.0050-C

				Appellation	Slip ring outline drawing			<b>PENLINK</b>
04	Improve the solution	DQ	15.07.23	Customer	FA010	Model	FOSR140F-7-JX4-W08	
03	Improve the solution	Steven-J	15.06.10	Designer	STEVEN-J	2015/05/04	Auditor	
02	Improve the solution	Steven-J	15.06.01					
Rev	Description	Name	Date	View				



technical features:

mating conditions: only dry mateable  
 contact arrangement: equippable with 8 f/o resp. electrical contacts  
 f/o-contacts: multimode 50 µm / 62,5 µm or singlemode 9 µm  
 max. attenuation: singlemode -1,0 dB / multimode -1,6 dB

electrical contacts	φ 2 mm / AWG 16	electrical contacts	φ 1 mm / AWG 20
max. working voltage	630 V DC	max. working voltage	1000 V DC
test voltage	2500 V DC	test voltage:	3000 V DC
current	max. 25 A	current:	max. 8 A
insulation resistance	≥ 1 GOhm	insulation resistance	> 1 GOhm

pressure resistant: up to 500 bars  
 shell material: marine bronze (CW307G)

In the standard f/o-contact configuration the termination technic must guaranty that the connector rearside will not be pressurized.

For special applications it is possible to fixed the f/o-contact for rearside pressure. For this application each contact must be pressure tested!

Attention: it is not possible to used fixed f/o-contacts at both sides (plug und receptacle)

DIN ISO 1302		Maße ohne Toleranzangaben +/- 0,1		BR40		Maßstab 2 : 1		Gewicht	
						Werkstoff Marinebronze (CW307G)			
		2004		Datum		Name		Benennung Einbaudose Gr.4 mit Flanschbefestigung bestückbar mit 8 Kontakten	
		Bearb.		14.09.		Schmidt			
		Gedr.		14.09.		Frerck			
		Norm							
								Zg.Nr. MB 40.00.4.08.2.10	
A		Grundausgabe		14.09.04		CIG		Blatt BI	
Zust		Änderungen		Datum		Name		Ers f.	
								Ers d.	

**Fra:** [Rune Kvamme](#)  
**Til:** [Bremnes, Jan](#)  
**Emne:** Gisma Serie 40  
**Dato:** mandag 11. februar 2019 14:06:20

---

Hei Jan!

Svar fra Gisma!

Hi Rune,

Here are the required information for the electrical contacts:

Ø1mm-Kontakt: 1000 V DC / 707 V AC

Ø2mm-Kontakt: 630 V DC / 445 V AC

Vennlig hilsen/Best regards,

**Rune Kvamme**  
Senior Sales Engineer

**Transmark Subsea** 

**Transmark Subsea AS**

Nedre Nøttveit 16  
5238 Rådal, Norway

Mobil: +47 952 88 228  
Internett : [www.transmark-subsea.com](http://www.transmark-subsea.com)



- Direct connection 12 to 48VDC systems, up to 1600VDC with RH adapter (up to 5000VDC on request)
- Precision reading unaffected of system voltage
- All inputs and outputs fully isolated
- Triple-zone insulation monitoring and Supervision relay
- “Pathfinder” Indicates polarity of dominant earth fault
- Response time: 125-165mS
- Analogue output proportional to meter reading (F/L-version)

## Specifications

### KPM169x for 9-60VDC systems

Scale range:	0-100kΩ - ∞ (open >100kΩ)	
Network line voltage:	Nom: 12 - 48VDC (>9 - <60VDC)	
Adjustments	Trip level	Delay
WARNING:	0-100kΩ	0-30secs
ALARM:	0-100kΩ	0,1-3secs

### KPM169x for 60-1600VDC systems

Scale range:	<10kΩ - 5MΩ	
Network line voltage:		
Adapter RH2	Min. 60VDC - max. 200VDC	
Adapter RH4	Min. 200VDC - max. 400VDC	
Adapter RH8	Min. 400VDC - max. 800VDC	
Adapter RH12	Min. 800VDC - max. 1200VDC	
Adapter RH16	Min. 1200VDC - max. 1600VDC (Higher voltages up to 5000VDC on request)	

Adjustments	Trip level	Delay
WARNING:	10kΩ - 5MΩ	0-30secs
ALARM:	10kΩ - 5MΩ	0,1-3secs

### General

Auxiliary Supply:	Nom: 12-48VDC as standard (>9 - <60VDC, Fuse 2A)
Optional Voltage:	100-120, 200-240, 380-415 or 440-460VAC, 40-70Hz (Fuse 0,5A)
Contact rating:	AC: 100VA - 250V/2A max. DC: 50W - 100V/1A max.
Analogue Output: (other on request)	Up to 20mA, max 500R Up to 10V, min 100kohm
Temperature:	-20 to +70°C
Weight:	0.62kgs
Front protection:	IP52 (IP65 optional)

The unit meets IEC60092-504 and the relevant environmental and EMC tests specified in IEC60068/60092 and IEC61000/60533 respectively, to comply with the requirements of the major Classification Societies.

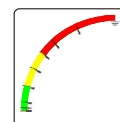
## Application

The digitally controlled KPM169x monitors insulation level between a live non-grounded (IT) battery or live DC network and its protective earth.

Only **ONE** KPM169x can be connected to the same DC-system. An AC or DC (standard) auxiliary voltage is required for the unit. A green LED indicates AUX POWER on. Start of monitoring function is delayed when auxiliary power is switched on (default 2 secs delay). In this way false tripping during power up, caused by initial charging of network spread capacitance, is avoided.

The DIN96 front-of-panel mounted instrument reads the insulation level directly in kΩ. The meter has reflection free glass. The ohmmeter and the triple-zone status LEDs at a glance gives the clear safety message:

- **ALARM** (red zone)
- **WARNING** (yellow zone)
- **HEALTHY** (green zone)



## General

### SEV MEASURING PRINCIPLE

Insulation is measured between the complete galvanically interconnected DC network and its protective earth. The signal flows to ground via the path of the insulation fault, the level of flow expresses the insulation resistance, the direction of flow expresses the fault polarity. The measuring accuracy is not influenced by any normal kind of load attached to the network. The detection time for an insulation fault is 125-165mS.

### PATHFINDER / POLARITY FUNCTION

During a Warning or Alarm condition the Polarity LED indicates the polarity causing the trip:

- POSITIVE EARTH FAULT: LED not lit**
- NEGATIVE EARTH FAULT: blue LED lit**

### RELAY OUTPUTS

The unit has non-latching C/O relay outputs for Warning (R1), Alarm (R2) and System Error (R3). The Alarm and error relays are fail to safety configured. A trip LED flashes when the trip level is passed, the relay trips after elapsed delay. The timer resets if the fault is removed during countdown. Trip levels and delays are settable on unit rear. Recommended trip level settings will depend on application and priority of safety hazards.

### ANALOGUE OUTPUT

All F and L versions have an isolated analogue output proportional to meter reading.

### SYSTEM SUPERVISION

If voltage of the monitored DC system not connected to the unit input or is too low, the NEG POLARITY LED will flash red, and relay 3 (System Error) will trip. If polarity of the input connection reversed, the NEG POLARITY LED will flash red and blue, and relay 3 will trip. Trip of relay 3 will inhibit operation of the warning and alarm relay and their respective trip LEDs.

### SAFETY

When the Voltage Adapter is connected to the instrument, max output from RHx adapters is 60VDC.

**Relay and LED Operation**

	<p><b>POWER OFF</b> All LED's are off. Relays shown de-energised.</p>		
	<p><b>POWER ON</b> The <b>GREEN</b> LED (POWER) will lit when unit is powered in normal condition (Positive Polarity). Fail Safe relays R2 and R3 are activated. *) <b>NB!</b> The <b>BLUE</b> LED (NEG POLARITY) will also lit if the unit detect a minor earth fault.</p>		
	<p><b>WARNING POSITIVE</b> The <b>YELLOW</b> LED (WARNING) flashes when the trip level is passed, the warning relay R1 trips after elapsed delay. Steady light after countdown.</p>		
	<p><b>WARNING NEGATIVE</b> The <b>BLUE</b> LED (NEG POLARITY) will lit and the <b>YELLOW</b> LED (WARNING) flashes when the trip level is passed, the warning relay R1 trips after elapsed delay. Steady light after countdown.</p>		
	<p><b>ALARM POSITIVE</b> The <b>RED</b> LED (WARNING) flashes when the trip level is passed, the warning relay R2 trips after elapsed delay. Steady light after countdown.</p>		
	<p><b>ALARM NEGATIVE</b> The <b>BLUE</b> LED (NEG POLARITY) will lit and the <b>RED</b> LED (WARNING) flashes when the trip level is passed, the warning relay R2 trips after elapsed delay. Steady light after countdown.</p>		
	<p><b>FAULT STATUS / SYSTEM ERROR</b> The <b>NEG POLARITY</b> LED (<b>RED</b>) flashes, this indicates missing measuring voltage (positive or negative) and status relay R3 will activate. In this mode the unit will <b>not</b> indicate any earth fault.</p>		
	<p><b>FAULT STATUS / SYSTEM ERROR</b> The <b>NEG POLARITY</b> LED flashes and changes colour between <b>BLUE</b> and <b>RED</b>. This will indicate reserved polarity and status relay R3 will activate. In this mode the unit may indicate earth fault but alarm and warning relays will not be activated.</p>		

The MEGACON policy is one of continuous improvement, consequently equipment supplied may vary in detail from this publication.





# BIPOLAR INSULATION GUARD FOR LIVE NON-GROUNDED DC NETWORKS

# KPM169x

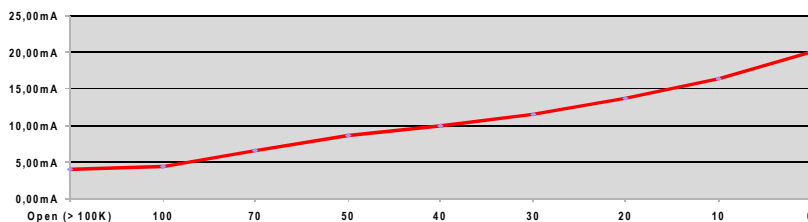
## Description

### KPM169x models for 9- 60VDC

These units are used for industrial, marine and offshore installations. Start of monitoring function is delayed when auxiliary power is switched on (default 2 secs delay).

Direct connection for 12, 24 or 48VDC systems.

## Output diagram



## Relay Operation

Scale range: 0-100kΩ - ∞ (>100kΩ)

	Warning	Alarm	System Error	Fail Safe	Latch
R1	✓				
R2		✓		✓	✓
R3			✓	✓	

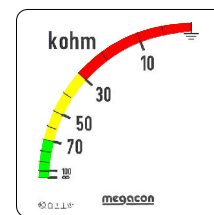
Model	Latch	Output	Fail-safe	Adjustments	Trip level	Delay
KPM169E	-	-	X	WARNING:	0-100kΩ	0-30secs
KPM169F	-	X	X	ALARM:	0-100kΩ	0,1-3secs
KPM169G	X	-	X			
KPM169GF	X	X	X			
KPM169EH	-	-	-			
KPM169FH	-	X	-			
KPM169GH	X	-	-			
KPM169GFH	X	X	-			

Coloured sectors show recommended areas of settings:  
■ - Indicates alarm trip zone  
■ - Indicates warning trip zone  
■ - Indicates healthy zone

## Output table (example for 4-20mA)

Value (scale)	mA output
0kΩ	20.00mA
10kΩ	16.41mA
20kΩ	13.66mA
30kΩ	11.56mA
40kΩ	9.91mA
50kΩ	8.56mA
70kΩ	6.51mA
100kΩ	4.42mA
open (>100kΩ)	4.00mA

## Range



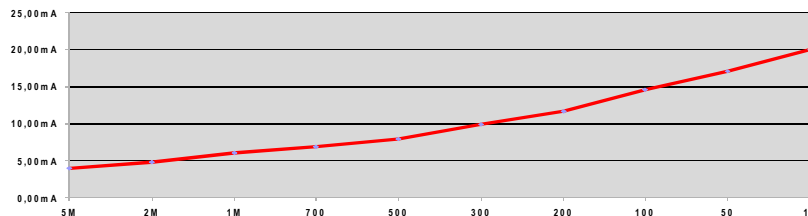
## Description

### KPM169x models for 60-200VDC

These units are used for industrial, marine and offshore installations. Start of monitoring function is delayed when auxiliary power is switched on (default 2 secs delay).

This unit use the voltage adapter RH2 for voltage from 60V to max.200VDC.

## Output diagram



## Relay Operation

Scale range: <10kΩ-5MΩ

	Warning	Alarm	System Error	Fail Safe	Latch
R1	✓				
R2		✓		✓	✓
R3			✓	✓	

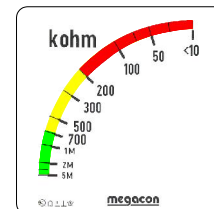
Model	Latch	Output	Fail-safe	Adjustments	Trip level	Delay
KPM169K2	-	-	X	WARNING:	10kΩ - 5MΩ	0-30secs
KPM169L2	-	X	X	ALARM:	10kΩ - 5MΩ	0,1-3secs
KPM169GK2	X	-	X			
KPM169GL2	X	X	X			
KPM169K2N	-	-	-			
KPM169L2N	-	X	-			
KPM169GK2N	X	-	-			
KPM169GL2N	X	X	-			

Coloured sectors show recommended areas of settings:  
■ - Indicates alarm trip zone  
■ - Indicates warning trip zone  
■ - Indicates healthy zone

## Output table (example for 4-20mA)

Value (scale)	mA output
<10kΩ	20.00mA
50kΩ	17.05mA
100kΩ	14.60mA
200kΩ	11.62mA
300kΩ	9.89mA
500kΩ	7.95mA
700kΩ	6.91mA
1MΩ	5.91mA
2MΩ	4.78mA
5MΩ	4.00mA

## Range



The MEGACON policy is one of continuous improvement, consequently equipment supplied may vary in detail from this publication.



## BIPOLAR INSULATION GUARD FOR LIVE NON-GROUNDED DC NETWORKS

## KPM169x

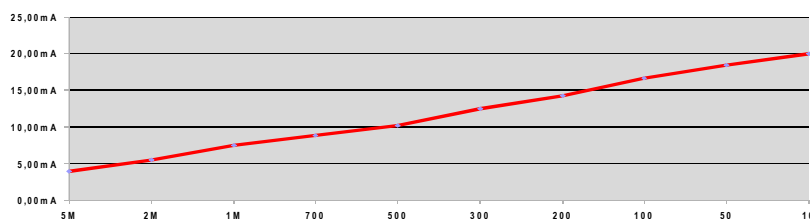
## Description

## KPM169x models for 200-400VDC

These units are used for industrial, marine and offshore installations. Start of monitoring function is delayed when auxiliary power is switched on (default 2 secs delay).

This unit use the voltage adapter RH4 for voltage systems from 200V to max. 400VDC.

## Output diagram



## Relay Operation

Scale range: <10kΩ-5MΩ

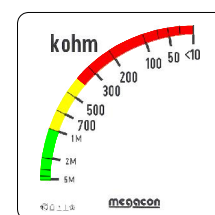
	Warning	Alarm	System Error	Fail Safe	Latch
R1	✓				
R2		✓		✓	✓
R3			✓	✓	

Model	Latch	Output	Fail-safe	Adjustments	Trip level	Delay
KPM169K4	-	-	X	WARNING:	10kΩ - 5MΩ	0-30secs
KPM169L4	-	X	X	ALARM:	10kΩ - 5MΩ	0,1-3secs
KPM169GK4	X	-	X			
KPM169GL4	X	X	X			
KPM169K4N	-	-	-			
KPM169L4N	-	X	-			
KPM169GK4N	X	-	-			
KPM169GL4N	X	X	-			

Coloured sectors show recommended areas of settings:  
■ - Indicates alarm trip zone  
■ - Indicates warning trip zone  
■ - Indicates healthy zone

## Output table (example for 4-20mA)

Value (scale)	mA output
<10kΩ	20.00mA
50kΩ	18.40mA
100kΩ	16.69mA
200kΩ	14.24mA
300kΩ	12.51mA
500kΩ	10.24mA
700kΩ	8.83mA
1MΩ	7.50mA
2MΩ	5.50mA
5MΩ	4.00mA



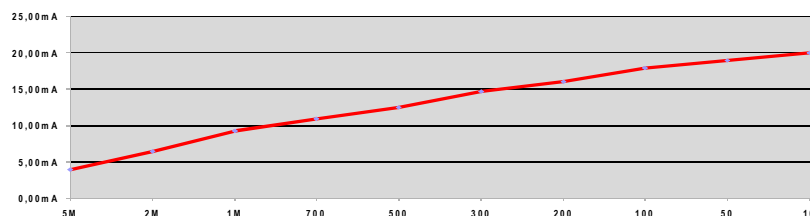
## Description

## KPM169x models for 400-800VDC

These units are used for industrial, marine and offshore installations. Start of monitoring function is delayed when auxiliary power is switched on (default 2 secs delay).

This unit use the voltage adapter RH8 for voltage systems from 400V to max. 800VDC.

## Output diagram



## Relay Operation

Scale range: <10kΩ-5MΩ

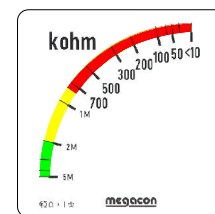
	Warning	Alarm	System Error	Fail Safe	Latch
R1	✓				
R2		✓		✓	✓
R3			✓	✓	

Model	Latch	Output	Fail-safe	Adjustments	Trip level	Delay
KPM169K8	-	-	X	WARNING:	10kΩ - 5MΩ	0-30secs
KPM169L8	-	X	X	ALARM:	10kΩ - 5MΩ	0,1-3secs
KPM169GK8	X	-	X			
KPM169GL8	X	X	X			
KPM169K8N	-	-	-			
KPM169L8N	-	X	-			
KPM169GK8N	X	-	-			
KPM169GL8N	X	X	-			

Coloured sectors show recommended areas of settings:  
■ - Indicates alarm trip zone  
■ - Indicates warning trip zone  
■ - Indicates healthy zone

## Output table (example for 4-20mA)

Value (scale)	mA output
<10kΩ	20.00mA
50kΩ	18.98mA
100kΩ	17.89mA
200kΩ	16.07mA
300kΩ	14.64mA
500kΩ	12.49mA
700kΩ	10.95mA
1MΩ	9.31mA
2MΩ	6.47mA
5MΩ	4.00mA



The MEGACON policy is one of continuous improvement, consequently equipment supplied may vary in detail from this publication.

**IS**  
Range

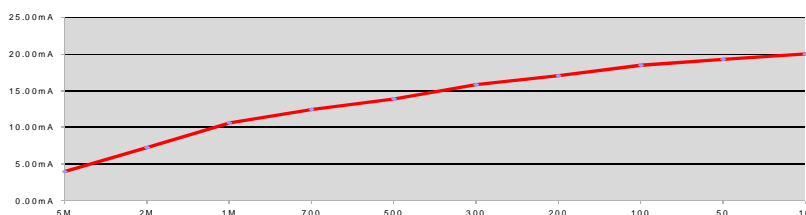
**Description**

**KPM169x models for 800-1200VDC**

These units are used for industrial, marine and offshore installations. Start of monitoring function is delayed when auxiliary power is switched on (default 2 secs delay).

This unit use the voltage adapter RH12 for Voltage systems from 800V to max. 1200VDC.

**Output diagram**



**Relay Operation**

Scale range: <10kΩ-5MΩ

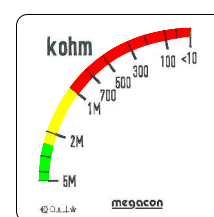
	Warning	Alarm	System Error	Fail Safe	Latch
R1	✓				
R2		✓		✓	✓
R3			✓	✓	

Model	Latch	Output	Fail-safe	Adjustments	Trip level	Delay
KPM169K12	-	-	X	WARNING:	10kΩ - 5MΩ	0-30secs
KPM169L12	-	X	X	ALARM:	10kΩ - 5MΩ	0,1-3secs
KPM169GK12	X	-	X			
KPM169GL12	X	X	X			
KPM169K12N	-	-	-			
KPM169L12N	-	X	-			
KPM169GK12N	X	-	-			
KPM169GL12N	X	X	-			

Coloured sectors show recommended areas of settings:  
■ - Indicates alarm trip zone  
■ - Indicates warning trip zone  
■ - Indicates healthy zone

**Output table (example for 4-20mA)**

Value (scale)	mA output
<10kΩ	20.00mA
50kΩ	19.30mA
100kΩ	18.50mA
200kΩ	17.07mA
300kΩ	15.85mA
500kΩ	13.90mA
700kΩ	12.40mA
1MΩ	10.65mA
2MΩ	7.23mA
5MΩ	4.00mA



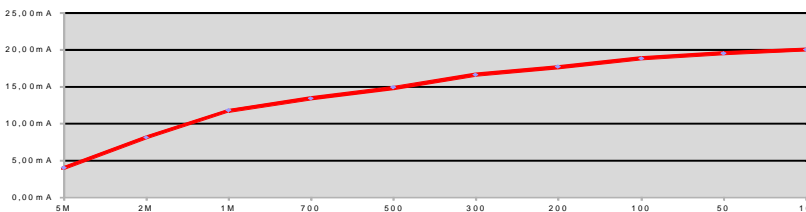
**Description**

**KPM169x models for 1200-1600VDC**

These units are used for industrial, marine and offshore installations. Start of monitoring function is delayed when auxiliary power is switched on (default 2 secs delay).

This unit use the voltage adapter RH16 for voltage from 1200V to max. 1600VDC.

**Output diagram**



**Relay Operation**

Scale range: <10kΩ-5MΩ

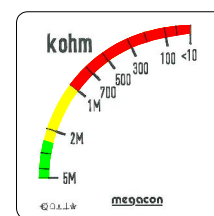
	Warning	Alarm	System Error	Fail Safe	Latch
R1	✓				
R2		✓		✓	✓
R3			✓	✓	

Model	Latch	Output	Fail-safe	Adjustments	Trip level	Delay
KPM169K16	-	-	X	WARNING:	10kΩ - 5MΩ	0-30secs
KPM169L16	-	X	X	ALARM:	10kΩ - 5MΩ	0,1-3secs
KPM169GK16	X	-	X			
KPM169GL16	X	X	X			
KPM169K16N	-	-	-			
KPM169L16N	-	X	-			
KPM169GK16N	X	-	-			
KPM169GL16N	X	X	-			

Coloured sectors show recommended areas of settings:  
■ - Indicates alarm trip zone  
■ - Indicates warning trip zone  
■ - Indicates healthy zone

**Output table (example for 4-20mA)**

Value (scale)	mA output
<10kΩ	20.00mA
50kΩ	19.52mA
100kΩ	18.84mA
200kΩ	17.69mA
300kΩ	16.62mA
500kΩ	14.88mA
700kΩ	13.46mA
1MΩ	11.77mA
2MΩ	8.14mA
5MΩ	4.00mA



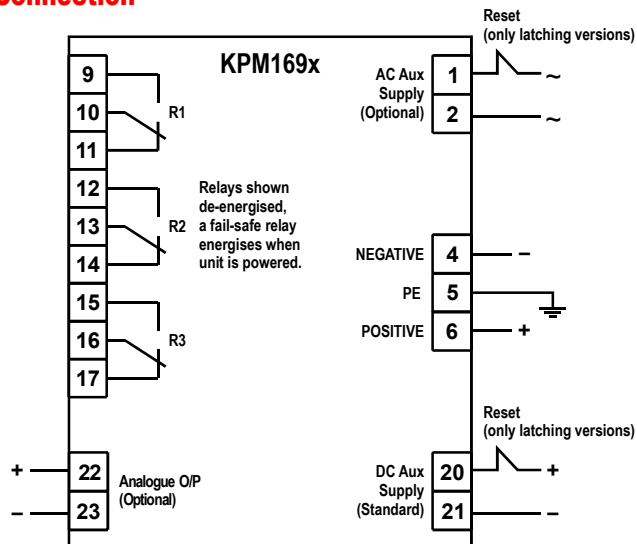
The MEGACON policy is one of continuous improvement, consequently equipment supplied may vary in detail from this publication.



**BIPOLAR INSULATION GUARD FOR LIVE NON-GROUNDED DC NETWORKS**

**KPM169x**

**Connection**



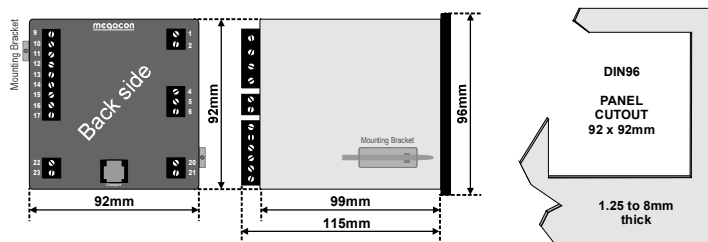
**Analogue Output**

KPM169F, KPM169GF, KPM169L2, KPM169GL2, KPM169L4, KPM169GL4, KPM169L8, KPM169GL8, KPM169L12, KPM169GL12, KPM169L16 and KPM169GL16 have an analogue output proportional to meter reading. (Special outputs are available on request)

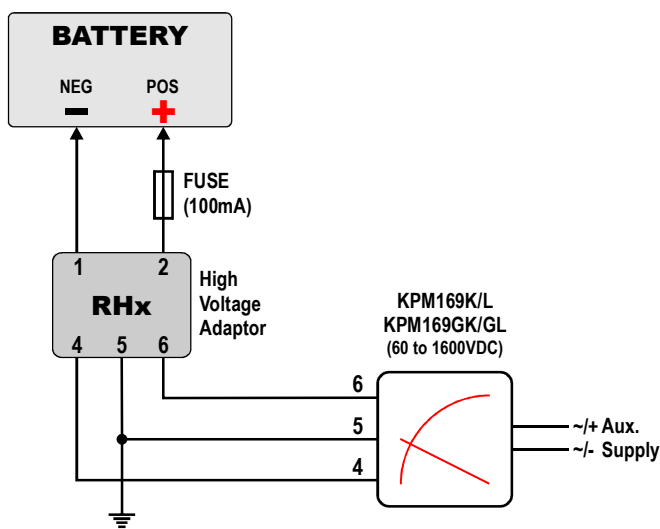
Add suffix from table below to type designation to specify output required:

O/P1	0 - 10mA	O/P6	N/A
O/P2	0 - 20mA	O/P7	N/A
O/P3	4 - 20mA	O/P8	0 - 10VDC
O/P4	N/A	O/P9	N/A
O/P5	N/A	O/P10	N/A

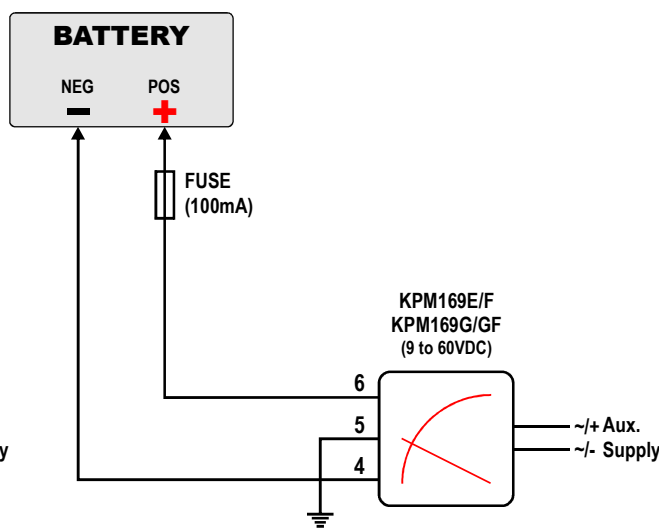
**Dimensions**



**INPUT VIA RH ADAPTOR**



**DIRECT INPUT <60VDC**

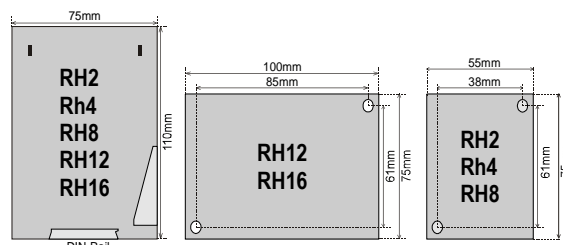


**High Voltage Adaptors (RHx) for KPM169Kx/Lx series**

DC Voltage Adapter for use in conjunction with KPM169x series when the monitored DC voltage is higher than 60VDC. The adapter is a passive resistive/capacity unit and is potted in polyurethane for electrical safety. When the adapters is connected to the instrument the maximum voltage output is app. 60VDC.



**Dimensions for RHx series**



The MEGAcon policy is one of continuous improvement, consequently equipment supplied may vary in detail from this publication.

**ORDERING INFORMATION**

Type	: KPM169F
Aux. Supply	: 230VAC
Network Voltage	: 24VDC
Analogue O/P	: 4-20mA
Range	: -



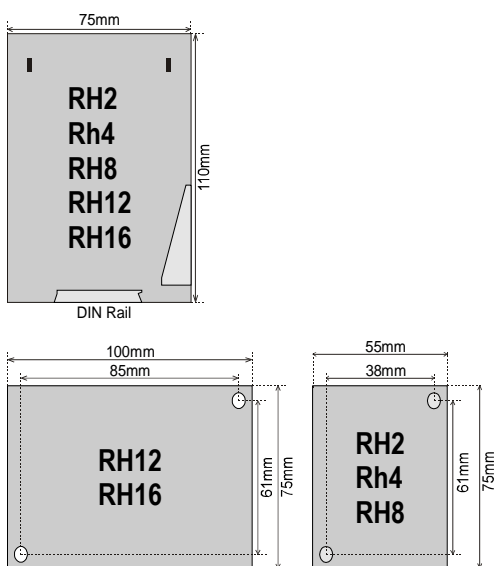


- High Voltage Adaptors for KPM169x DC Insulation Guards
- Up to 1600VDC (up to 5000VDC on request)
- Limits the measuring output signal to KPM169x series
- Epoxy filled for electrical insulation

## Specifications

Voltage range:	Up to 1600V (higher voltages on request)
Burden:	<0,5mA
Temperature range:	-10 to +54°C
Dimensions:	
RH2, RH4 & RH8	55 x 110 x 75mm
RH12 & RH16	100 x 110 x 75mm
Ingress Protection:	IP21
Weight:	
RH2, RH4 & RH8	app. 0,5kg
RH12 & RH16	app. 0,9kg

## Dimension



## Description

DC Voltage Adapter for use in conjunction with KPM169x series when the monitored DC voltage is higher than 60VDC

The adapter is a passive resistive/capacity unit and is potted in polyurethane for electrical safety.

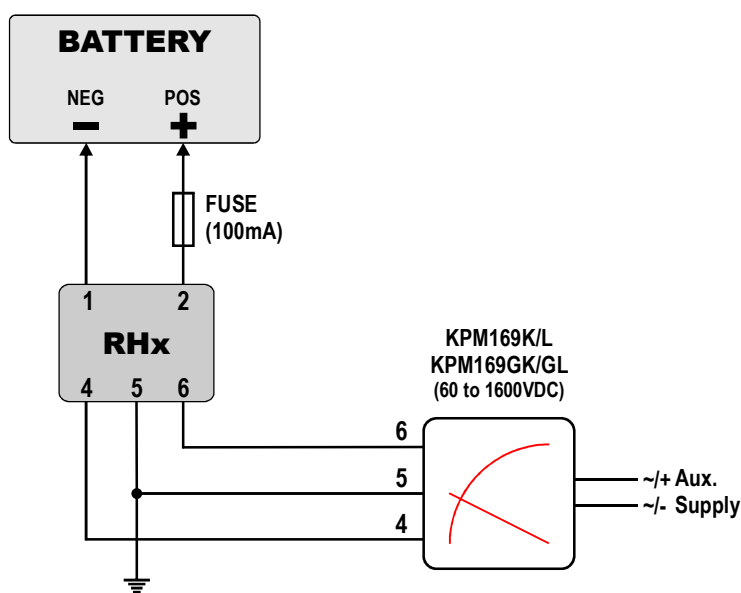
When the adapters is connected to the instrument the maximum voltage output is app. 60VDC.

## Models

Type	Voltage range	
RH2:	min. 60VDC	max. 200VDC
RH4:	min. 200VDC	max. 400VDC
RH8:	min. 400VDC	max. 800VDC
RH12:	min. 800VDC	max. 1200VDC
RH16:	min. 1200VDC	max. 1600VDC

## Principle connection

### INPUT VIA RH ADAPTOR



## Test rapport

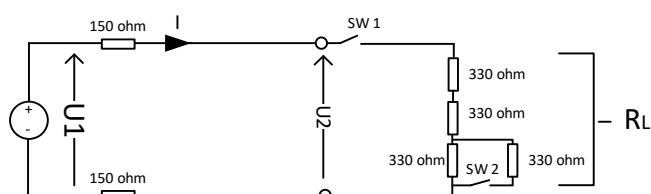
Test av Magna power supply på verksted

**Dato:** 28.04-2019

**Utført av:** Jan Bremnes

### Hensikt med testen

Hensikten med testen er å verifisere at Magna-power XR1250 kan kompensere for spenningsfall som oppstår over et kabelstreck. Tanken er å teste poweret mot en last som varierer, samt stressteste poweret ved å ta bort lasten og legge til lasten.



Figur 1 testkrets

Testkretsen i figur 1 ble brukt i testen. For å simulere resistans i umbilicalen ble det brukt 3 stk.  $50 \Omega$  effektmotstandere som hver tåler  $100 \text{ W}$  i serie. Lasten består av totalt 4 stk.  $330 \Omega$  effektmotstander, som hver kan tåle  $300 \text{ W}$ . En effektmotstand er koplet i parallelle over en av de 3 motstandene som står i serie (figur 1) ved hjelp av en bryter. Jeg har lagt inn to brytere, en som bryter strømmen til lasten (SW 1) og en som legger inn og ut motstanden som er parallellkoblet. SW 1 simulerer hva som skjer dersom lasten skulle falle bort eller bli lagt inn momentant. SW 2 simulerer en last endring mellom  $825 \Omega$  og  $990 \Omega$ .

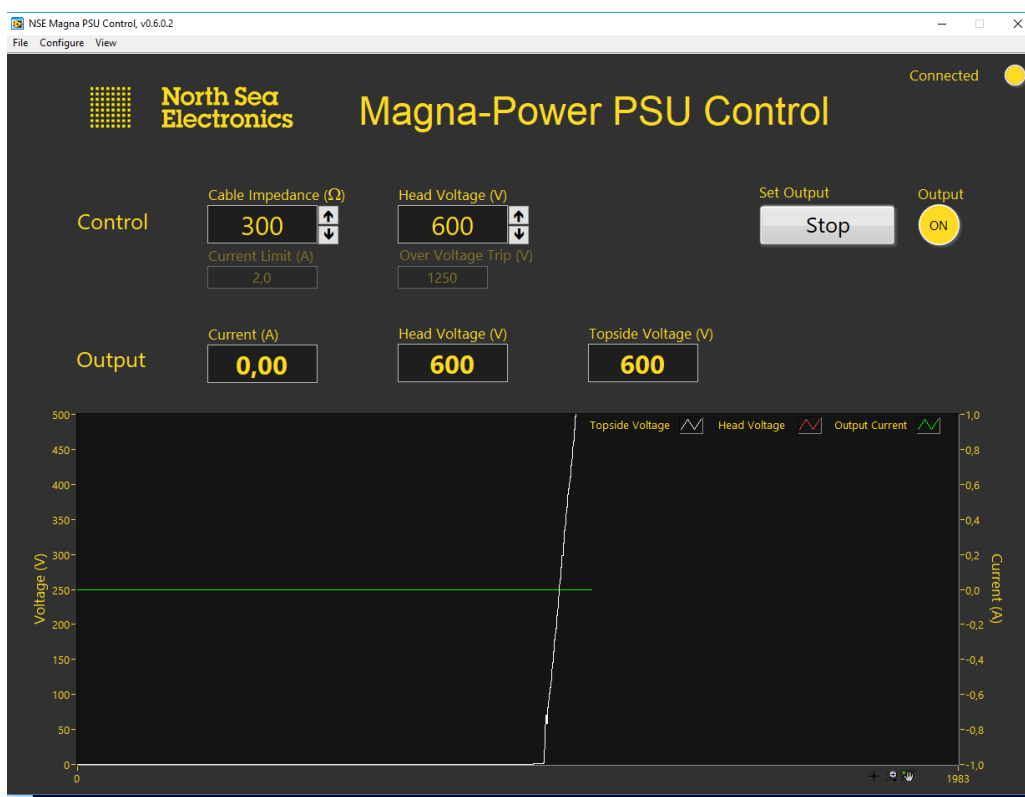
### Utstyrs liste:

Enhet	Fabrikant	Model	Kommentar
Power supply	Magna-Power	XR1250	
Oscilloscope	Fluke	123	
Multimeter	Fluke	115 True RMS multimeter	Brukt for å måle strømmen I

Multimeter	AMPROBE	HD11C	Brukt for å måle U2
Effektmostander	ARCOL	HS 330	Brukt for å simulere last
Bryter	ELCO	1pol RS16/1 PH Elko	Brukt som SW 1 og SW 2

## Test

I programvaren til Magna-poweret la jeg inn «head voltage» (U2) lik 600 V og kabelimpedans lik 300Ω.



Figur 2: Magna-Power PSU control

Fluke 123 scopmeter ble brukt for å se på hvordan spenningen U2 variet over tid ved de forskjellige endringene.

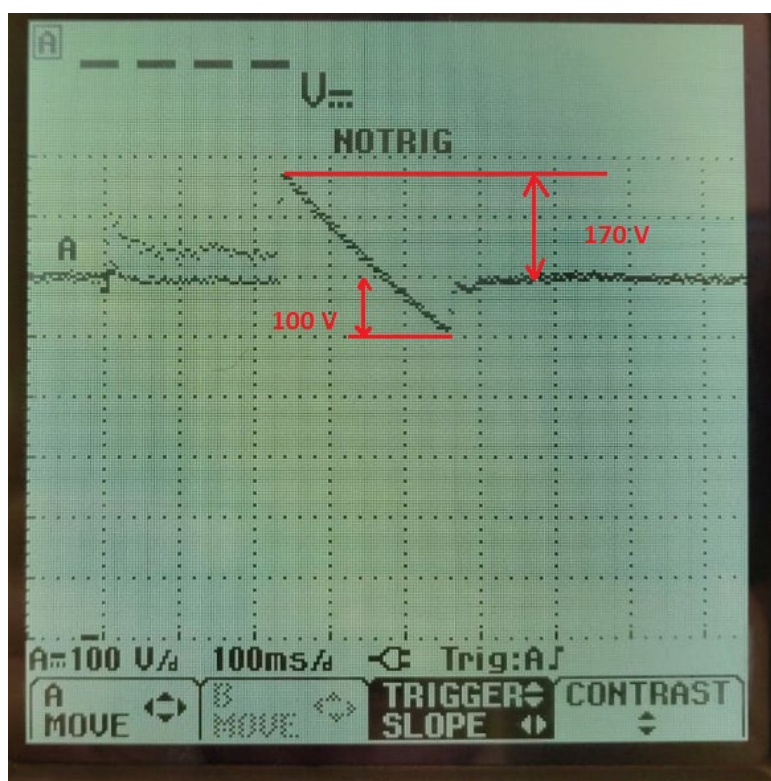
Som første forsøk hadde jeg SW 2 åpen, noe som gir en last på 990 Ω. Jeg ønsket å se hvordan U2 ble regulert når jeg luket SW 1 slik at power supplet «fikk» lasten. Jeg registeret ingen endring på oscilloskopet når SW 1 ble lukket.

Målte følgende:

RL	990 $\Omega$
U1	781 V
U2	600 V
I	0.604 A
P	$P = U \cdot I = 600 \text{ V} \cdot 0.604 \text{ A} = 362.4 \text{ W}$

Poweret ble belastet med effekt på 362.4 W uten at man kunne registrere noe spenningsfall på U2.

Ved å åpne SW 1 fjerner jeg lasten fra poweret. Det ble da registrert en endring i U2, som gikk bratt opp til ca. 770 V før den justerte seg ned til 500 V for så å stabilisere seg på 600 V. Poweret bruker rundt. 200 ms på å regulere seg inn til 600 V (se figur 4).

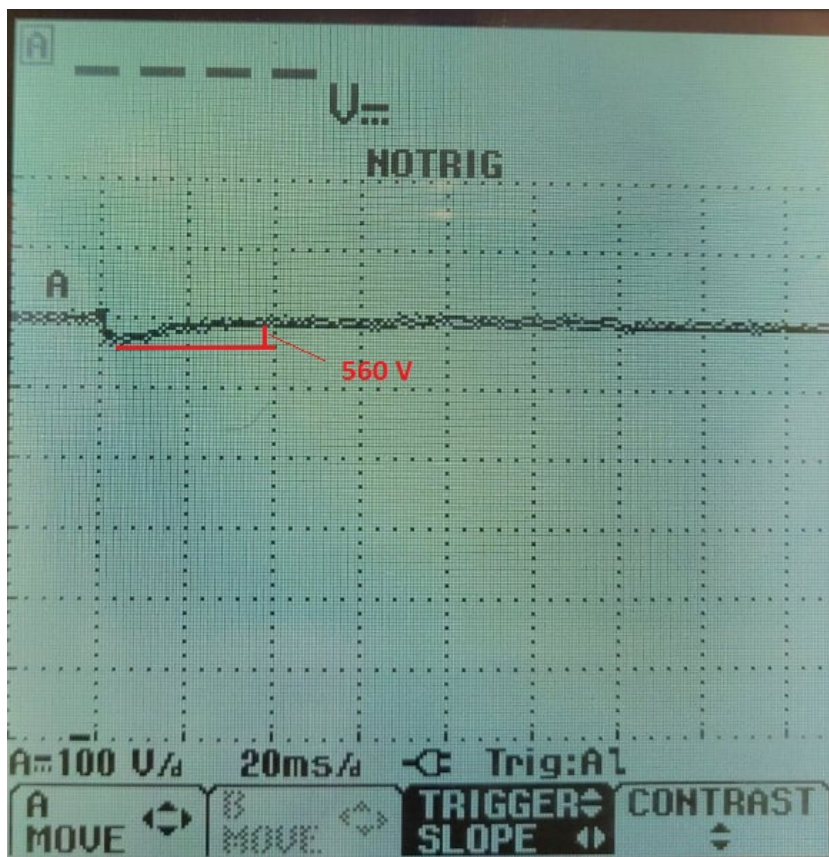


Figur 3: Scop bilde når lasten blir tatt bort

Ifølge databladet skal poweret bruke 4 ms på spenningsendringer fra 0 til 63%. I denne testen brukte den ca. 200 ms på å regulere spenningen tilbake til ønsket nivå. Dette kan forklares med at ved åpen krets, har ikke strømmen noen vei å gå, og det tar følgelig litt tid før all energi er drenert. Dette sammenfaller også med test rapport fra NSE datert 26.11.2014.



For å teste hvordan poweret reagerer på last endringer lukket jeg SW 2. Når SW 2 lukkes endrer lasten seg fra  $990\Omega$  til  $825\Omega$ . Dette medfører at belastningen øker fra  $362.4\text{ W}$  til  $431.4\text{ W}$ . Det ble da registrert en endring i  $U_2$  som falt ned til  $560\text{ V}$ . Poweret brukte  $20\text{ ms}$  for å regulere seg inn til  $600\text{ V}$  (Figur 5).



Figur 4: Scop bilde ved lastendring fra  $990\Omega$  til  $825\Omega$

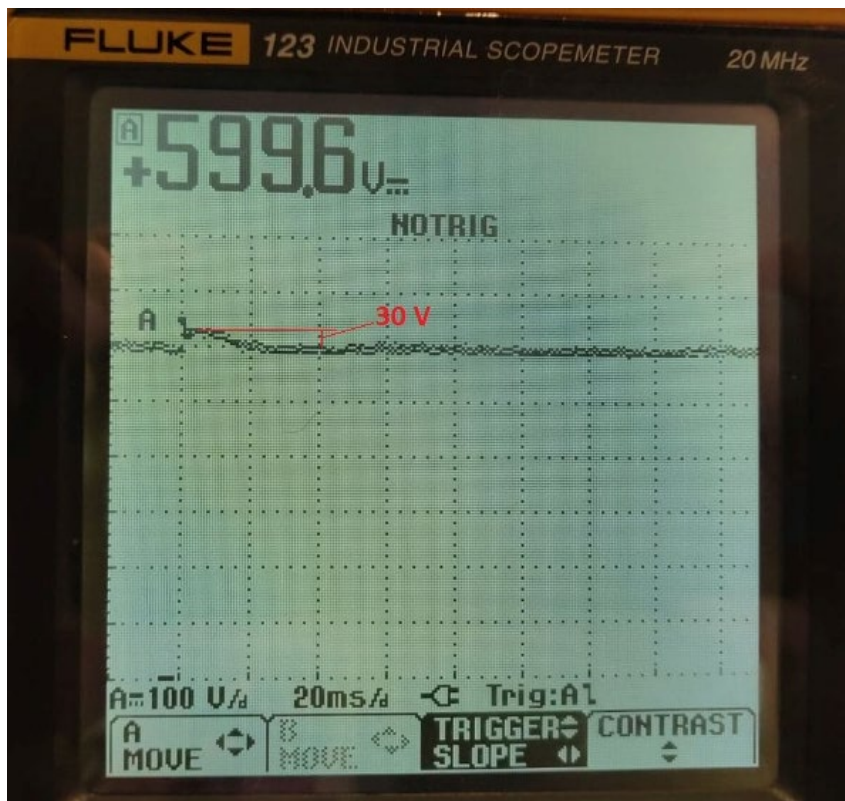
Jeg målte følgende:

RL	$825\ \Omega$
U1	$816\text{ V}$
U2	$600\text{ V}$
I	$0.719\text{ A}$
P	$P = U \cdot I = 600\text{ V} \cdot 0.719\text{ A} = 431.4\text{ W}$

Tabell 1

Vi ser at poweret regulerer seg inn til ønsket spenning relativt raskt (ca.  $20\text{ ms}$ ) ved denne endringen.

Resultatet i figur 6 viser U2 som funksjon av tid når vi endrer RL fra 825  $\Omega$  til 990  $\Omega$ .

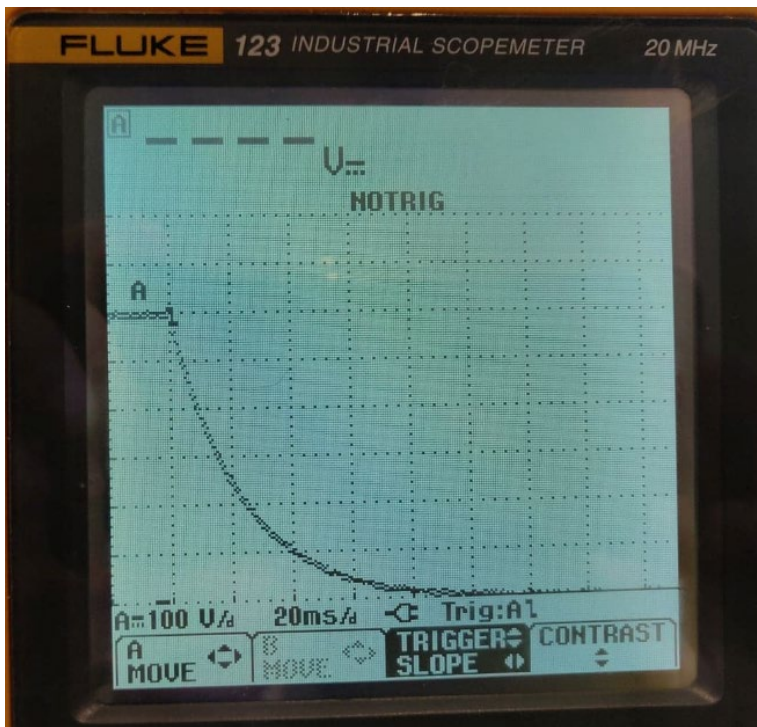


Figur 5: Scop bilde ved lastendring fra 825 $\Omega$  til 925 $\Omega$

Poweret regulerer spenningen U2 inn i løpet av 20 ms i løpet av denne tiden har spenningen U2 630 V.

Denne testen konkluderer med at poweret regulerer spenningen U2 slik som ønsket. Man registrerer at det bruker noe lenger tid for å regulere seg inn dersom lasten momentant forsvinner.

For å se hvordan poweret reagerer når det blir slått av så jeg på U2 som funksjon av tid når spenningen ble slått av.



Figur 6: Scop bilde viser spenning som funksjon av tid ved power off

Figur 26 viser at «poweret ramper» ned spenningen til 0 volt før det slår seg av.

## Test rapport

Test av Magna power supply og DC-DC konvertere ombord på G. O. Sars

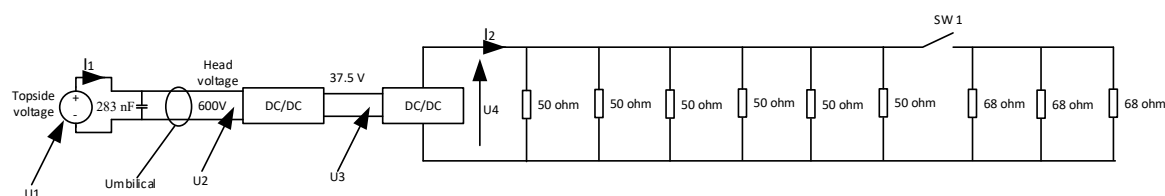
**Dato:** 25.04-2019

**Utført av:** Jan Bremnes

## Hensikt med testen

Hensikten med testen er å verifisere at Magna-power XR1250 kan kompensere for spenningsfall som oppstår over et kabelstrek, samt se at DC/DC konverteren som er valgt i prosjektet fungerer hensiktsmessig. Tanken er å teste poweret og DC/DC konverteren mot en last som varierer, samt stressteste poweret ved å ta bort lasten og legge til lasten. Testen blir utført på en umbilical som har en kapasitans og vil også verifisere at løsningen er egnet når den henger på en kabel som er kapazitiv.

## Test oppsett



Figur 1: Testkrets

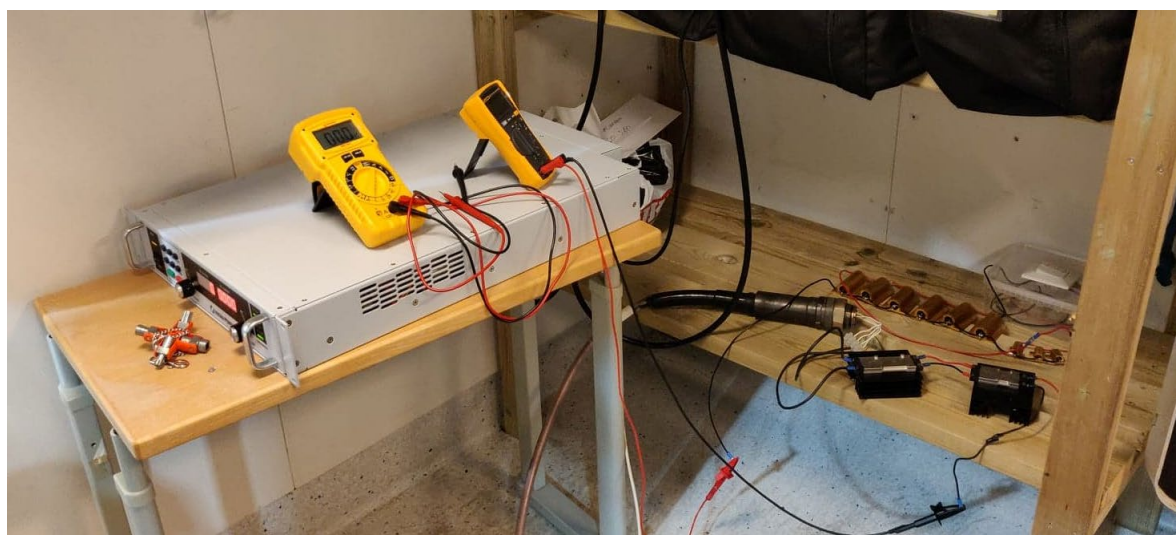
Testkretsen i figur 1 ble brukt under testen. For å simulere last ble det laget et motstandsnettverk bestående av 6 stk.  $50\Omega$  kopleet i parallell jeg la inn en svitsj SW1 hvor det var 3 stk  $68\Omega$  motstander i parallell. Jeg brukte BCM4414VG0F4440C02 for å konvertere ned spenningen fra 600 V til 37.5. DCM3414V50M26C2C01 ble brukt for å konvertere spenningen til 2 V. Umbilicalen på G. O. Sars er 4130 m lang og ble målt til  $157\Omega$  og 283 nF.

## Utstyrs liste:

Enhet	Fabrikant	Model	Kommentar
Power supply	Magna-Power	XR1250	

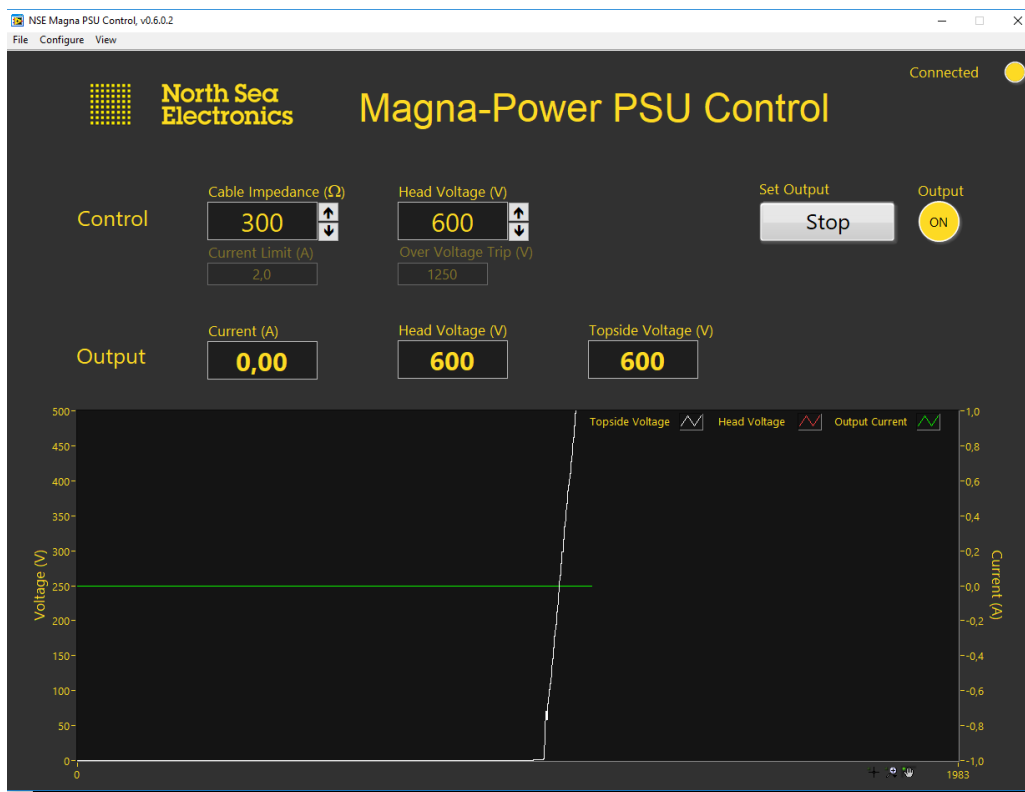
Oscilloscope	Fluke	123	
Multimeter	Fluke	115 True RMS multimeter	Brukt for å måle strømmen I
Multimeter	AMPROBE	HD11C	Brukt for å måle U2
Effektmostander	ARCOL	HS 100	Brukt for å simulere last
Effektmostander	ARCOL	HS 25	Brukt for å simulere last
Bryter	ELCO	1pol RS16/1 PH Elko	Brukt som SW 1
Umbilical	Nexans	ARAMID ARMoured UMBILICAL	

## Test



Figur 2: Oppkopling av testkrets

I programvaren til Magna-poweret la jeg inn en «head voltage» (U2) lik 600 V og kabelimpedans lik 300Ω.



Figur 3: Magna-Power PSU control

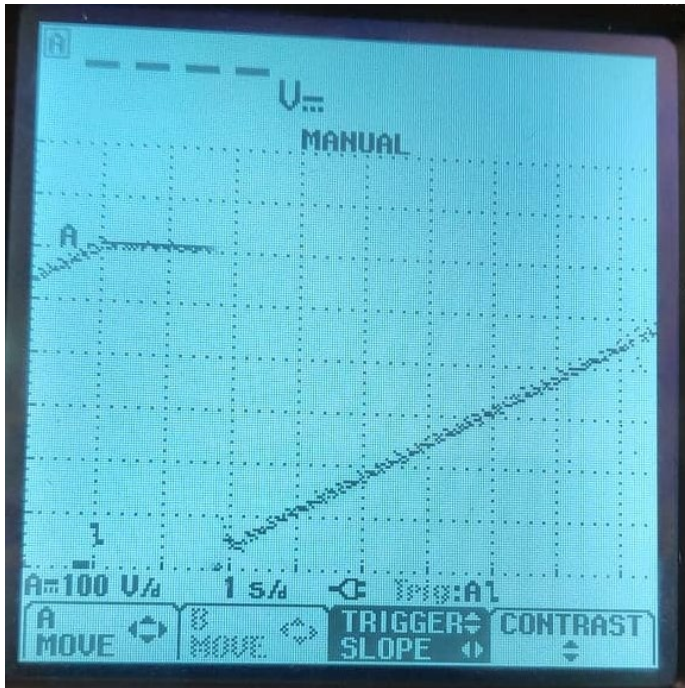
Jeg målte motstand i de 6 parallell koplede 50 Ω effektmotstandene til 8.5Ω. Teoretisk verdi skal være:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{50\Omega}} = 8.33\Omega$$

Jeg målte motstanden når SW 1 var lukket til 6.2 Ω, slik at de 3 68 Ω effektmotstandene i parallell kom med i kretsen. Teoretisk verdi skal være:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{68\Omega} + \frac{1}{68\Omega} + \frac{1}{68\Omega}} = 6.1\Omega$$

Jeg startet power supplyet da SW 1 var åpen og fikk følgende startkurve:



Figur 4: Scop bilde viser spenning som funksjon av tid ved power on

Vi ser at power suppliet bruker ca. 7 sekunder for å komme opp i en spenning på 600 V. Måler følgende verdier:

RL	8.5 $\Omega$
U1	624 V
U2	600 V
U3	37.6 V
U4	24
I1	0.15 A
I2	2.84 A
PU1	$PU1=U1 \cdot I1=624V \cdot 0.15A=93.5W$
PU2	$PU1=U2 \cdot I1=600V \cdot 0.15A=90W$

PU3	PU1=U3*I1=24V * 2.84A=68.2W
-----	-----------------------------

Lukket SW 1 og målte følgende verdier:

RL	6.2 $\Omega$
U1	631 V
U2	600 V
U3	37.6 V
U4	24
I1	0.20 A
I2	3.88 A
PU1	PU1=U1*I1=631V * 0.15A=126.2W
PU2	PU1=U2*I1=600V * 0.20A=120W
PU3	PU1=U3*I1=24V * 3.88A=93.1W

Det ble ikke registret noe spenningsfall i U3 når jeg endret lasten fra 8.5 $\Omega$  til 6.2  $\Omega$ .

Effekt tap:

Effekt tapet i kabelen er på 3.5 W når lasten er 8.5 og 6.2 W når lasten er 6.2  $\Omega$ . Effekttapet i kabelen kan utledes:

$$P = \frac{\Delta U^2}{R} = \frac{(624V-600V)^2}{157 \Omega} = 3.67W \text{ når lasten er } 8.5 \Omega$$

Og

$$P = \frac{\Delta U^2}{R} = \frac{(631V-600V)^2}{157 \Omega} = 6,12W \text{ når lasten er } 6.2 \Omega$$

Vi har to tap til i denne kretsen og det er tapet over de to DC/DC-konverterne. Vi kan regne ut det reelle effekttapet ved å bruke de verdiene som vi målte i testen vår, når vi belastet systemet med henholdsvis 8.5  $\Omega$  og 6.2  $\Omega$ . Vicor har på hjemmesidene sine et verktøy kalt» VICOR powerBench»



<http://spicewebprd.vicorpower.com/PowerBench-Whiteboard/MultiOutputSolutionProcessor.do> man kan bruke for å regne ut effekttapet. Det er dette som er vist i figur 5 og 6.

### Ved $R_L=8.5 \Omega$

Fra VICOR powerBench:



Figur 5 Utregning av effekt ved  $8.5\Omega$  last

Beregnet effekttap er 22.73 W, virkningsgrad 75 %

Målt effekttap er 21.8 W, virkningsgrad =  $\frac{68.2W}{90W} \cdot 100\% = 75.8\%$

### Ved $R_L=6.2 \Omega$

Fra VICOR powerBench:

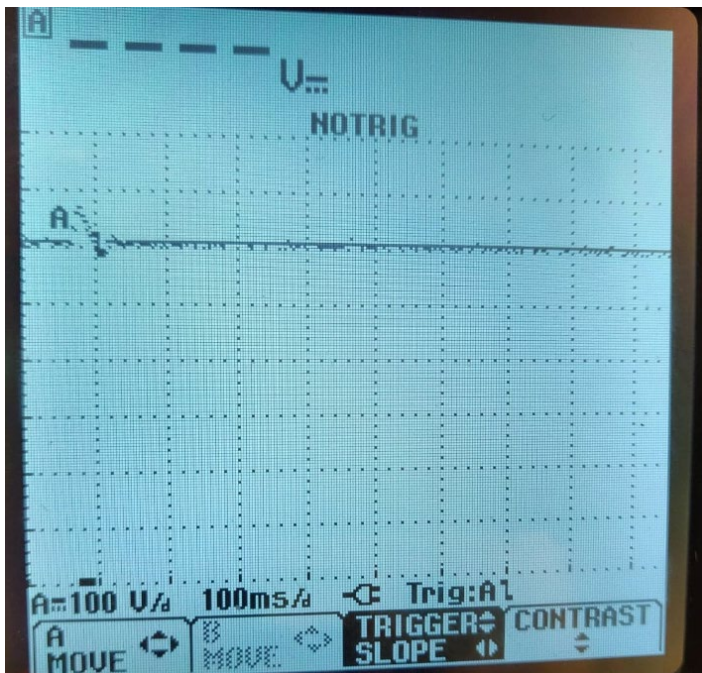


Figur 6: Utregning av effekt ved  $8.5\Omega$  last

Beregnet effekttap er 24.37 W, virkningsgrad 75,2 %

Målt effekttap er 26.88 W, virkningsgrad =  $\frac{93.1W}{120W} \cdot 100\% = 77.6\%$

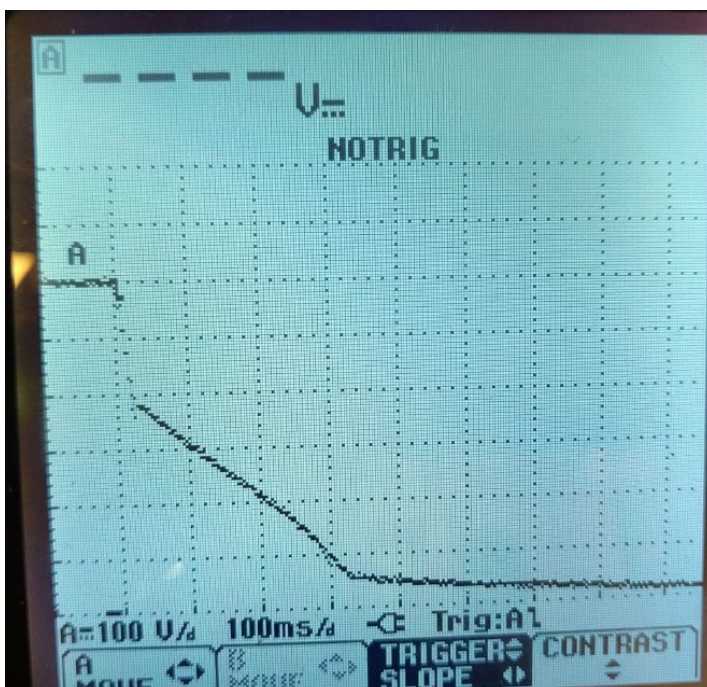
Jeg fjernet last ved å trekke ut kabelen til DC/DC-konverteren som gir ut 24 V. Ser på spenningen U2 som funksjon av tiden, for å se hvordan power supplet regulerer seg inn etter at lasten har falt ut med et oscilloskop.



Figur 7: Scop bilde viser spenningen som funksjon av tid etter at lasten er borte

Fra figur 7 ser vi at  $U_2$  går opp til 670 V før power supplet starter å regulere. Det tar 50 ms før power supplet klarer å regulere spenningen til 600 V.

Figur 8 viser hvordan spenningen reguleres ned når man slår av poweret.



Figur 8: Scop bilde viser spenning som funksjon av tid ved power off

Vi ser at poweret «ramper» ned spenningen til 0 volt før det slår seg av.



North Sea  
Electronics

# Test Report Cable Compensation

## Product:

Magna Power Supplies

NSE-550100

### REVISION HISTORY

REV	DATE	DESCRIPTION	PREP	CHECK	APPR	COMPANY
A	26.11.2014	Initial revision	RFY	GLK	GLK	NSE
B						
C						
D						
E						

PAGES DOCUMENT: **11**

PAGES APPENDICES: **0**

NSE DOCUMENT NUMBER: **NSE-550100-015**

Product: **Magna PSU**  
 Title: **Test Report – Cable Compensation**  
 Document No: **NSE-550100-015**

Page: **2 of 11**  
 Date: **26.11.2014**  
 Revision **A**

---

## Table of Contents

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
1.1	PURPOSE OF TESTING.....	3
<b>2</b>	<b>TEST SETUP AND EQUIPMENT:.....</b>	<b>3</b>
2.1	ADMINISTRATIVE .....	3
2.2	EQUIPMENT LIST .....	3
2.3	TEST SETUP DRAWING .....	3
2.4	OVERSHOOT AND SETTLING TIME AT VARIOUS LOADS AND CABLE RESISTANCES.....	4
2.4.1	<i>Test case #1 – 47ohm / Open circuit – 47ohm cable resistance .....</i>	<i>5</i>
2.4.2	<i>Test case #2 – 23.5ohm / 47ohm – 47ohm cable resistance.....</i>	<i>6</i>
2.4.3	<i>Test case #3 – 94ohm / open circuit – 47ohm cable resistance .....</i>	<i>7</i>
2.4.4	<i>Test case #4 – 47ohm / 94ohm – 47ohm cable resistance.....</i>	<i>8</i>
2.4.5	<i>Test case #5 – 23.5ohm / Open circuit – 47ohm cable resistance .....</i>	<i>9</i>
2.4.6	<i>Test case #6 – 47ohm / Open circuit – Camesa wireline 1N32WTZ – 47ohm.....</i>	<i>10</i>
<b>3</b>	<b>CONCLUSION AND OBSERVATIONS:.....</b>	<b>11</b>

Product: **Magna PSU**  
 Title: **Test Report – Cable Compensation**  
 Document No: **NSE-550100-015**

Page: **3 of 11**  
 Date: **26.11.2014**  
 Revision **A**

## 1 Introduction

### 1.1 Purpose of testing

The purpose of this test is to verify the performance of the Magna Power supply internal cable compensation. The idea is to stress it to worst-case scenarios and measure the time it needs to regulate voltage in different variable load scenarios.

## 2 Test setup and equipment:

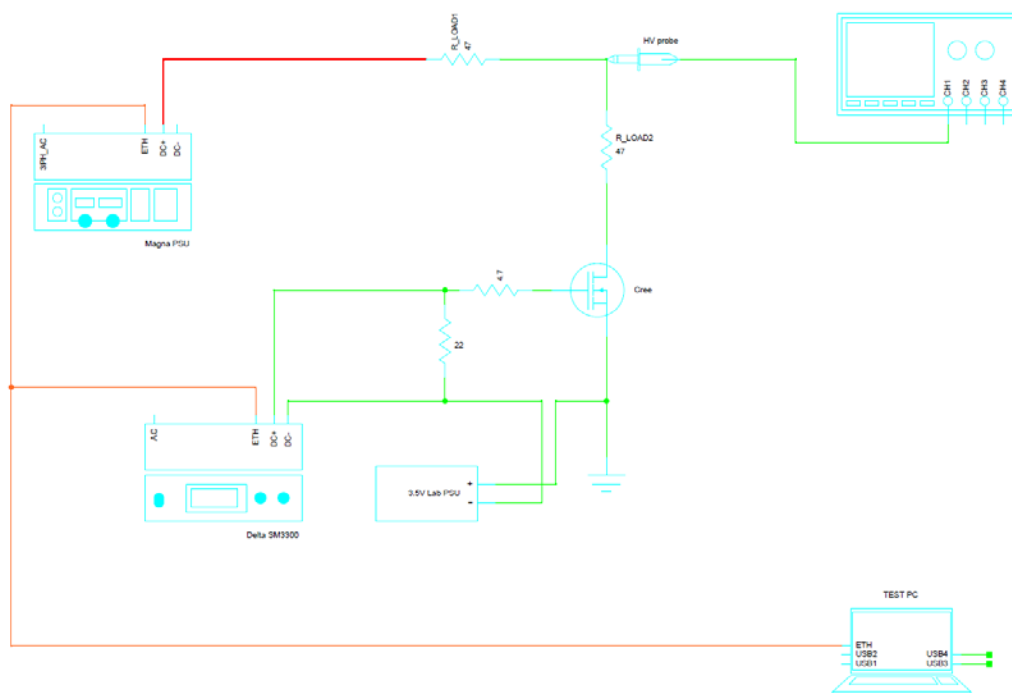
### 2.1 Administrative

Test date: 29.07.2014  
 Tested by: MPA/RFY

### 2.2 Equipment list

Device	Manufacturer	Model	Comment
Power supply	Magna PSU	TDS1250-8.3	
NSE load cabinet	NSE	6 X 47ohm, 2000W	
Power supply	Delta 660V	SM3300	Used to turn on and off the load switch
Power supply	Low volt		Used to turn on and off the load switch
Load switch transistor	Cree		
Oscilloscope	Agilent		Connected with HV probe

### 2.3 Test setup drawing



---

## 2.4 Overshoot and settling time at various loads and cable resistances

The purpose of this test is to measure how much overshoot the PSU has and how long it takes to settle during worst case load removal.

With reference to the test setup drawing the R\_load1 is the cable resistance and R\_load2 is the load resistance that is being switched in and out.

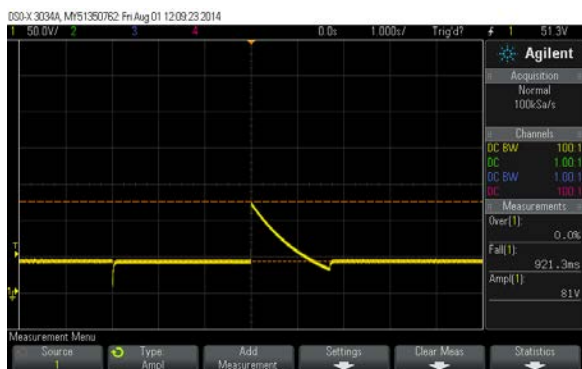
In some of the tests, there is also a resistance in parallel with the load resistance and switch transistor in order to create constant bias current even when the load resistance is disconnected.

In the final test, the cable simulating resistance is replaced by actual Camesa wireline cable.

**2.4.1 Test case #1 – 47ohm / Open circuit – 47ohm cable resistance**

Cable resistance: 47ohm – resistive load  
 Load resistance: 47ohm – resistive load  
 Off resistance: Open circuit

Test-current	Load Voltage	PSU Voltage	Load Power (Watt)	PSU Power (Watt)	Voltage Overshoot (Volt)	Fall Time (ms)	Voltage Drop	Rise Time (ms)
1	47	94	47	94	81	921	38	51
3	141	282	423	846	235	973	103	44
6.5	306	611	1986	3972	500	926	210	87



Voltage drop and overshoot with 1A test current



Voltage drop and overshoot with 3A test current



Voltage drop and overshoot with 6.5A test current

**2.4.2 Test case #2 – 23.5ohm / 47ohm – 47ohm cable resistance**

Cable resistance: 47ohm – resistive load  
 Load resistance: 23.5ohm – resistive load  
 Off resistance: 47ohm – resistive load

Test-current	Load Voltage	PSU Voltage	Load Power (Watt)	PSU Power (Watt)	Voltage Overshoot (Volt)	Fall Time (ms)	Voltage Drop	Rise Time (ms)
1	24	71	24	71	15.9	26	11.7	48
3	71	212	212	635	44	34	33	46
6.5	153	458	993	2979	94	49	68	59



Voltage overshoot with 1A test current



Voltage drop and overshoot with 3A test current



Voltage drop and overshoot with 6.5A test current



**2.4.3 Test case #3 – 94ohm / open circuit – 47ohm cable resistance**

Cable resistance: 47ohm – resistive load  
 Load resistance: 94ohm – resistive load  
 Off resistance: open circuit

Test-current	Load Voltage	PSU Voltage	Load Power (Watt)	PSU Power (Watt)	Voltage Overshoot (Volt)	Fall Time (ms)	Voltage Drop	Rise Time (ms)
1	94	141	94	141	83	585	55	23
3	282	423	846	1269	243	618	151	43
6.5	611	917	3972	5957	530	614	310	90



*Voltage drop and overshoot with 1A test current*



*Voltage drop and overshoot with 3A test current*

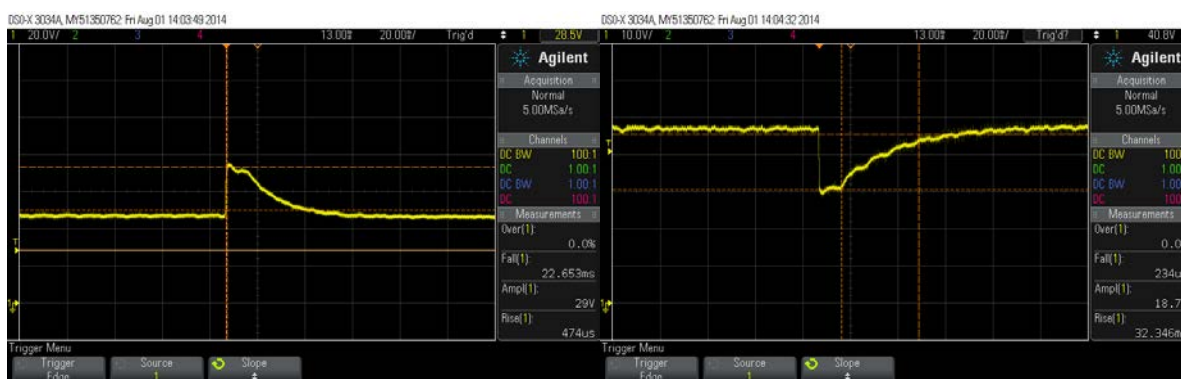


*Voltage drop and overshoot with 6.5A test current*

**2.4.4 Test case #4 – 47ohm / 94ohm – 47ohm cable resistance**

Cable resistance: 47ohm – resistive load  
 Load resistance: 47ohm – resistive load  
 Off resistance: 94ohm – resistive load

Test-current	Load Voltage	PSU Voltage	Load Power (Watt)	PSU Power (Watt)	Voltage Overshoot (Volt)	Fall Time (ms)	Voltage Drop	Rise Time (ms)
1	47	141	47	141	29	23	18.7	32
3	141	423	423	1269	83	38	60	48



Voltage drop and overshoot with 1A test current



Voltage drop and overshoot with 3A test current

**2.4.5 Test case #5 – 23.5ohm / Open circuit – 47ohm cable resistance**

Cable resistance: 47ohm – resistive load  
 Load resistance: 23.5ohm – resistive load  
 Off resistance: Open circuit

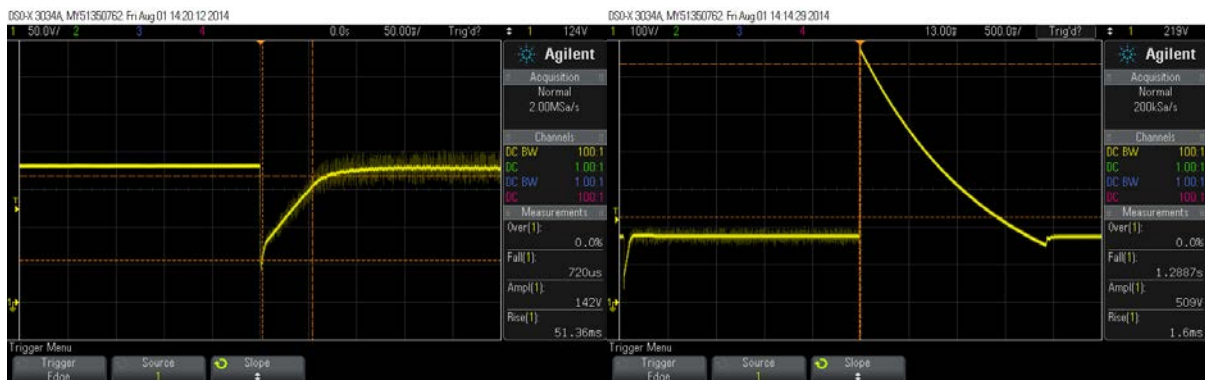
Test-current	Load Voltage	PSU Voltage	Load Power (Watt)	PSU Power (Watt)	Voltage Overshoot (Volt)	Fall Time (ms)	Voltage Drop	Rise Time (ms)
1	24	47	24	47	57	1134	24	28
4	94	188	376	752	212	1200	75	31
8	188	376	1504	3008	509	1287	142	51



*Voltage drop and overshoot with 1A test current*



*Voltage drop and overshoot with 4A test current*



*Voltage drop and overshoot with 8A test current*

**2.4.6 Test case #6 – 47ohm / Open circuit – Camesa wireline 1N32WTZ – 47ohm**

Cable resistance: Camesa Cable, 4.7km, 1N32WTZ-S77, 47ohm  
 Load resistance: 47ohm – resistive load  
 Off resistance: Open circuit

Test-current	Load Voltage	PSU Voltage	Load Power (Watt)	PSU Power (Watt)	Voltage Overshoot (Volt)	Fall Time (ms)	Voltage Drop	Rise Time (ms)
1	47	96	47	96	240	781	41	343
3	141	288	423	864	730	721	126	220



Voltage drop and overshoot with 1A test current



Voltage drop and overshoot with 3A test current

Do note how the inductance of the cable adds to a more “sharp” overshoot profile. This underlines the importance of having an overvoltage clamp on the downhole side, if the equipment cannot take such high voltage pulses.

It should however be noted that the test is done with total disconnection of load, so there is nowhere for the current to float in this test, and this adds to the high voltage here.

Product: **Magna PSU**  
Title: **Test Report – Cable Compensation**  
Document No: **NSE-550100-015**

Page: **11 of 11**  
Date: **26.11.2014**  
Revision **A**

---

### 3 Conclusion and observations:

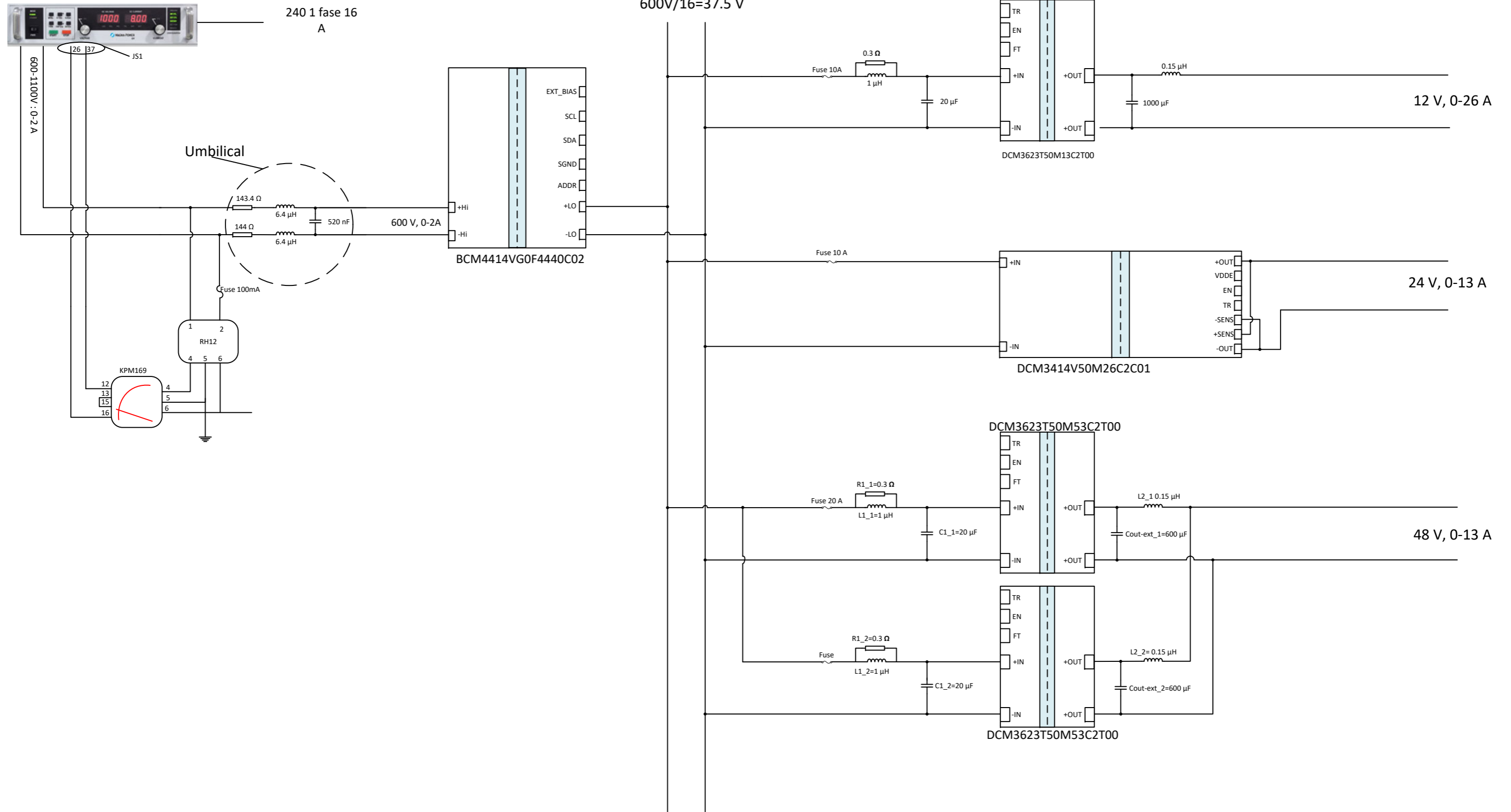
The regulation of the voltage at the end of the cable seems to be stable and no oscillation of the voltage has been observed during testing.

As can be expected, there is significant voltage drop and overshoot when adding and removing load at the end of the cable.

The voltage drop should be compensated by the internal cable compensation of the power supply and should last as short as possible, and the PSU perform well here. For example in *3.2.3- Test case #3 – 94ohm / open circuit – 47ohm cable resistance* We see that when 6.5A load is directly applied, the voltage drop last in 90ms with a maximum amplitude of 300V.

The voltage overshoot is stems from the fact that the PSU need some time to regulate down and that the internal capacitor bank of the PSU needs to be discharge. The effect of the PSU output capacitor bank is clearly visible in the situations where the load is removed completely to an open circuit. Here, the magnitude and time of the overshoot is largely determined by the capacitor bank and not so much the regulation itself.

Magna XR1250-1.6



A	14.05.2019	Første utgave	JBR	Titel Kraftforsyning av instrumentering over en umbilical
Rev	Dato	Beskrivelse	Tegnet av	
				Tegnings type Skjema

<b>Kostnadsoverslag kraftforsyning instrumentering</b>				
Produkt nummer	Beskrivelse	antall	stykk pris	totalt
DCM3623T50M13C2T00	DC DC CONVERTER 12V 320W	1	1731,38	1731,38
BCM4414VG0F4440C02	DC/DC CONVERTER 400-700V DIGITAL	2	4710,54	9421,08
DCM3623T50M53C2T00	DC DC CONVERTER 48V 320W	2	1731,38	3462,76
DCM3414V50M26C2C01	DC/DC CONVERTER 24V 320W	1	3398,2	3398,2
XR1250-1.6	Maga-power power supply med/ Ethernet interface USB converter High Slew Rate	1	37200	37200
KPM169K12	Isolasjonsvakt, 10kohm - 5Mohm	1	5 510,00	5510
RH 12	DC VOLTAGE ADAPTOR 800-1200VDC	1	4 805,00	4805
Totalt				65528,42

## Test rapport

Test av jordfeildeteksjon/vern på verksted

**Dato:** 15.05-2019

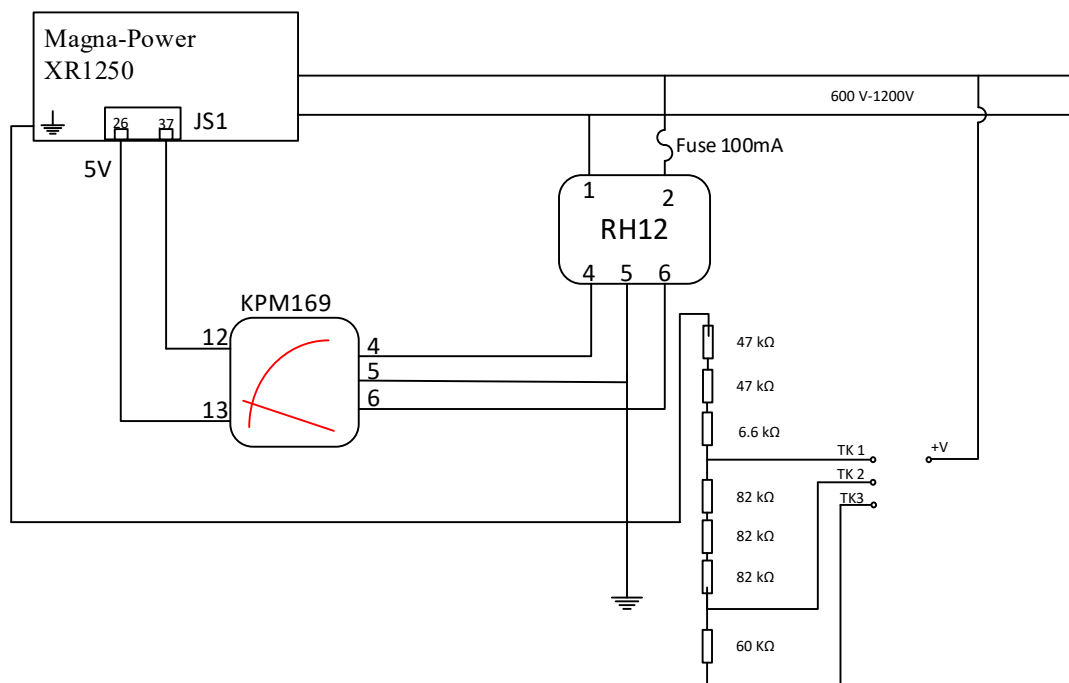
**Utført av:** Jan Bremnes

### Hensikt med testen

Hensikten med testen er å verifiser at løsningen for jordfeilvern virker i henhold til design.

### Virkemåte for kretsen

Den passive isolasjons måler KPM169 ble stilt inn slik at den skal gi en varsling når resistansen mellom jord og pluss spenningen kom under ca. 346.6 k $\Omega$ . Når resistansen mellom pluss spenningen og jord blir under 100.6 k $\Omega$  skal måleren gi alarm. Tidsforsinkelsen for varsling ble satt til 3 s og tidsforsinkelsen for alarm var satt til det laveste verdien 100 ms. Ved alarm skal forbindelsen mellom pinne 12 og pinne 13 brytes. Magna-power har en digital I/O port JS1 (37-pinns konnektor) som kan gi ut 5 V på pinne 26. Pinne 37 er en interlock inngang som må ha 5 V for at power supplyet skal gi ut spenning. Dersom dette 5 V signalet forsvinner slår power supplyet seg av. For å kople isolasjonsmåleren mot Magna-poweret brukes et «high-voltage» adapter (RH12). Dette adapteret sørger for at det aldri vil være mer enn 60 V på inngangen til KPM169.



Figur 1: Testkrets

### Utstyrs liste:



Enhet	Fabrikant	Model	Kommentar
Power supply	Magna-Power	XR1250	
Isolasjons måler	Megacon	KPM169	
Adapter	Megacon	RH 12	
Resistans	COMP-CARD	CCR-122	Diverse resistanser brukt for å simulere resistans til jord

## Test

Figur 1 viser 3 tilkoplings punkter (TK1, TK2 og TK3) samt +V. Ved å laske et av tilkoblingspunktene til +V introduserer en jordfeil. Dersom det ikke er jordfeil, måler isolasjonsmåleren resistans over 5 M $\Omega$ .

- Lask mellom TK 1 og +V fører til en resistans mellom leder og jord på 100.6 k $\Omega$  skal gi alarm.
- Lask mellom TK 2 og +V fører til en resistans mellom leder og jord på 346.6 k $\Omega$  skal gi varsel.
- Lask mellom TK 3 og +V fører til en resistans mellom leder og jord på 406.6 k $\Omega$  grønt lys ingen alarm eller varsel.

Startet opp Magna-poweret og KPM169 viste resistans over 5 M $\Omega$  med grønt lys. Økte spenningen til 1200 V og registrerte det samme.



Figur 2: ingen tilkopling mellom jord og +V

Koplet mellom tilkoplings punkt 3 til +V og KPM169 viste resistans på ca 400 k $\Omega$  ingen alarm eller varslings. Økte spenningen til 1200 V og registrerte det samme.



Figur 3: Tilkoplings punkt 3 tilkoplest +V

Koplest tilkoplings punkt 2 til +V og KPM169 viste resistans på ca. 320 k $\Omega$  den gule varsellampen ble tent. Økte spenningen til 1200 V og registrerte det samme.



Figur 4: Tilkoplings punkt 2 tilkoplest +V

Koplest tilkoplings punkt 1 til +V og KPM169 viste resistans på ca. 90 k $\Omega$  den røde alarmlampen ble tent relet R2 åpnet og forbindelsen mellom pine 26 og 37 ble brutt. Økte spenningen til 1200 V og registrerte det samme. Utgangen til Magna-poweret slo seg av i begge tilfellende når varsellampen ble tent.



Figur 5: Tilkoplings punkt 1 tilkoplest +V

**Fra:** [Sigurd Tangerud HAGA](#)  
**Til:** [Bremnes, Jan](#)  
**Kopi:** [Lars-Oyvind MOEN](#)  
**Emne:** RE: Effekt i umbilical  
**Dato:** onsdag 20. mars 2019 09:07:24

---

Hei Jan,

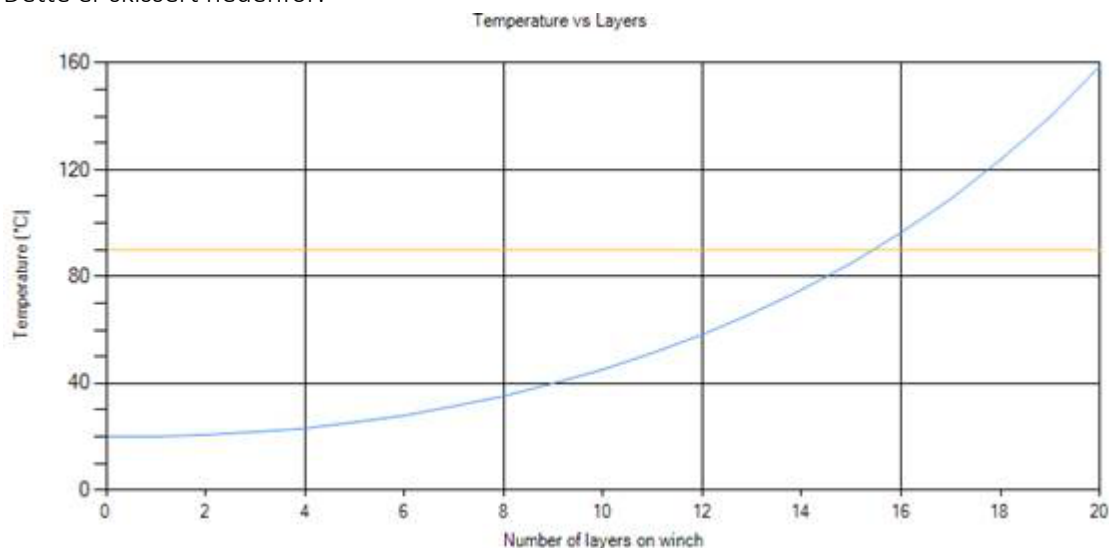
Jeg har antatt en RA427 kabel med 8490m kontinuerlig lengde.

Mine beregninger viser at spenningsfallet vil være relativt høyt (ca. 35% med fulle vinsjlag), men spenningen vil ikke overgå ledernes spenningsrating (4.5kV).

Videre så anbefales det maks 14-15 lag på vinsj under kontinuerlig full operasjon for å unngå for høy kabeltemperatur.

Da har jeg antatt 20 grader omgivelsestemperatur, og vinsj lokalisert ute på dekk.

Dette er skissert nedenfor:



Med vennlig hilsen / Best regards,  
Sigurd T. Haga  
Lead Engineer

---

Nexans Norway AS - [www.nexans.no](http://www.nexans.no)  
Division Submarine Telecom- and Special Cables System (STSC)  
Tlf: +47 22 88 61 53 - Mob: +47 99 57 29 00

---



---

**From:** Bremnes, Jan <jan.bremnes@hi.no>  
**Sent:** 19. mars 2019 15:47  
**To:** Sigurd Tangerud HAGA <sigurd\_tangerud.haga@nexans.com>  
**Subject:** Effekt i umbilical

Hei

Jeg holder på å lage en strømforsyning for instrumentering som skal monteres på vedlagt umbilical fra dere. Power supplyet som skal levere power til utstyret har maks 2 kW. Det jeg lurer på er hvor mye effekt kabelen tåler. Ved normal drift kan det bli maks 909 W i kabelen. Da påtrykkes det 1150 V med 1.8 amper. Ved feil kan man få all effekten 2000 W i kabelen. Det jeg lurer på er om kabelen vil ta skade dersom den blir utsatt for 2000 W. Kan du si noe om det?

Best regards

**Jan Bremnes**

*Senior Engineer*

*Institute of Marine Research*

*Research Vessel Department-Vessel Instrument Division*

*P.O. Box 1870 Nordnes, N-5817 Bergen, Norway*

*Mobil/Mobile: +47 90019001*

*e-mail: [jan.bremnes@hi.no](mailto:jan.bremnes@hi.no)*

*Internett: [www.imr.no](http://www.imr.no)*

