

Minnisblað – Þriggja fasa jarðstrengslögn með fjórða varafasa

25.4.2025 / mpp

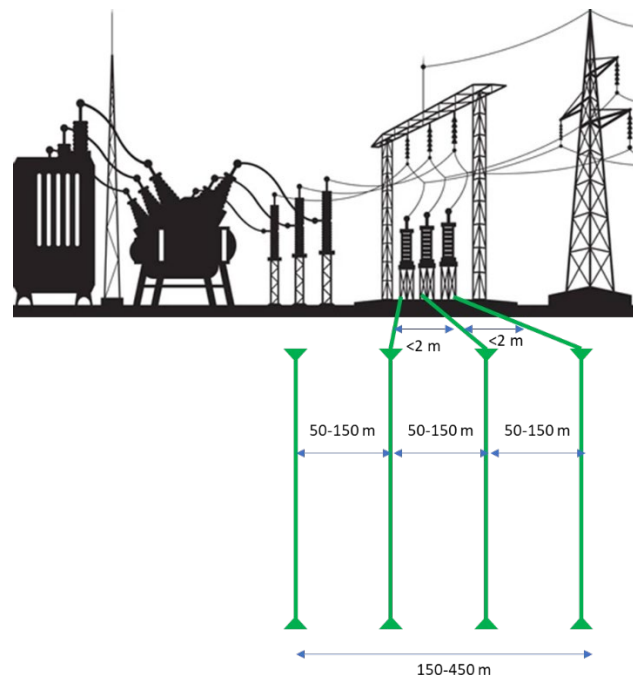
Leiðari, sem flytur straum, spanar upp spennu í leiðandi hlutum sem liggja samsíða honum. Þetta er áskorun, m.a. í þriggja fasa strengkerfi þar sem fjórði fasinn er lagður samhliða til að grípa til við bilun á einum fasa. Tryggja þarf að viðgerðaraðilum sé ekki hættu búin meðan á viðgerð stendur. Sérstaklega ef verður bilun á strengnum meðan á viðgerð stendur. Þá getur bilunarstraumurinn valdið lífshættulegu spennurisi í fasanum sem unnið er við [1].

Til þess að tryggt sé að varafasinn sé í lagi þegar á honum þarf að halda þarf að fylgjast með ástandi hans (t.d. gera á honum reglulegar prófanir eða hafa hann undir spennu, svo eitthvað sé nefnt).

Hér eru skoðaðar tvær útfærslur af þriggja fasa strengslögn með „varafasa“ (fjórði leiðarinn). Annars vegar útfærsla ef strengurinn þarf að vera í rekstri meðan á viðgerð stendur og hins vegar ef strengurinn er önnur af tveimur flutningsrásum (hin t.d. loftlína) og hann má taka úr rekstri meðan á viðgerð stendur en hægt að setja í rekstur með skömmum fyrirvara bili loftlínuna meðan á viðgerð á streng stendur.

Strengur í rekstri meðan á viðgerð stendur

Til þess að afla upplýsinga um mögulegar útfærslur á þessu var leitað til danska flutningsfyrirtækisins, Energinet [2]. Energinet rekur tengingu yfir Øresund, sem er 400 kV riðstraumstenging. Fjórir strengir (þ.e. fjórir fasaleiðarar) liggja yfir sundið og tengjast loftlínu beggja megin. Fjarlægðin milli leiðara (fasa) strengjanna er 50-150 m til þess að draga sem mest úr spönuðu spennunni. Samt sem áður er ekki hægt að tryggja að ekki spanist upp spenna/straumur í fasanum sem unnið er við, því fjarlægðin milli leiðara verður óhjákvæmilega stutt þar sem þeir koma upp í loftlínuna. Það er reynt að sýna þetta á mynd 1.



Mynd 1 Útfærsla á strengslögn með varafasa ef strengur þarf að vera í rekstri meðan viðgerð fer fram

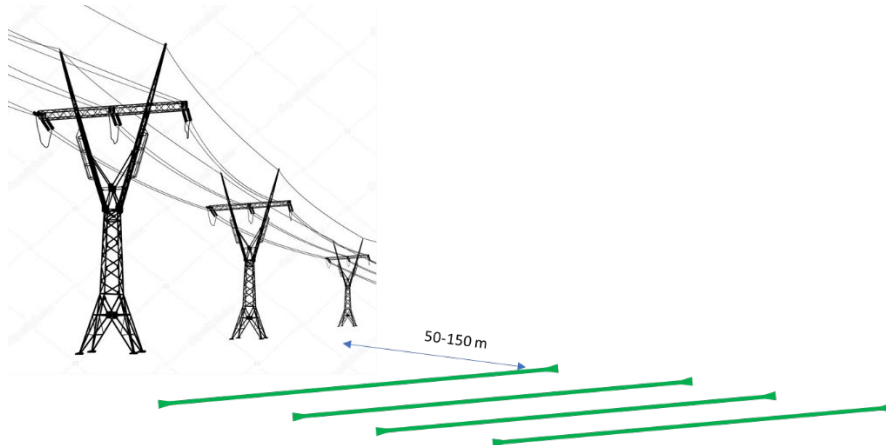
Þessi leið kallar á að fyrir hendi sé a.m.k. 150-450 m breitt belti til að leggja strenginn. Jafnvel þó svo sé tryggir þessi útfærsla ekki persónuöryggi [2].

Strengur er önnur af tveimur flutningsrásum

Ef strengurinn er önnur af tveimur flutningsrásum (hin rásin t.d. loftlína, sem strengurinn liggur samhliða) og flutningsgeta hinnar rásarinnar er næg, má taka strenginn úr rekstri meðan viðgerð fer fram. Komi hins vegar upp bilun í þeirri flutningsrás, meðan á viðgerð á streng stendur, er hægt að stöðva viðgerðarvinnuna og setja strenginn í rekstur meðan unnið er að viðgerð á loftlínunni. Þegar hún er síðan komin í rekstur er hægt að taka strenginn úr rekstri og halda viðgerð áfram. Með þessari leið ætti að vera hægt að tryggja lágmarksrof á afhendingu (innan við eina klst).

Strenglöggin þarf að vera 50-150 m frá loftlínunni til að tryggja persónuöryggi við viðgerð með loftlínuna í rekstri [1]. Nauðsynlega fjarlægð er hægt (og þarf) að reikna. Fjarlægð milli fasa í strenglögginni getur hins vegar verið „hefðbundin“.

Fyrirkomulag er sýnt á mynd 2.



Mynd 2 Útfærsla á strenglöggin með varafasa, samhliða loftlínu, ef hægt á að vera að setja streng inn með stuttum fyrirvara við bilun á loftlínunni

Í þessari útfærslu er varafasinn tengdur innan skilgreinds viðbragðstíma (eftir að bilun verður í einum fasa strengsins). Myndi varafasinn því tryggja að tvær línur væru í rekstri þangað til hægt væri að fara í viðgerð á jarðstrengnum. Jarðstrengurinn yrði tekinn úr rekstri á meðan viðgerð stæði yfir en það væri hægt að spennusetja strenginn á innan við klukkustund ef loftlínan bilar á meðan viðgerð er í gangi.

Heimildir:

- [1] „Kabelhåndbogen AC-kabelanlæg på 132-400 kV“, Energinet des. 2013
- [2] Tölvupóstsamskipti milli Landsnets (mþp) og Energinet (Sabine Seeger), sjá viðauka.

Viðauki – Tölvupóstsamskipti Landsnets og Energinet

(samskiptin byrja neðst)

From: Sabine Seeger <sse@energinet.dk>
Sent: Monday, November 6, 2023 7:30 AM
To: Magni Þ. Pálsson
Subject: SV: Spare phase

Hello Magni

Here is the answer from my colleague:

The distance between the individual phases of the 4 Øresund cables is between 50-150 meters so the induced voltages/current will be negligible, however on both the Danish and Swedish side the submarine are connected to the 400 kV grid by overhead lines. During the latest repair on the Øresund we actually struggled a lot with these induced currents/voltages due to the short distance between the phases on the overhead and how to manage them in order to ensure the safety of the jointing personnel.

As far as I know the spare cable is not energized, and I am not sure what sort of test are done to ensure that is ready for operation, but I can look into it if you're interested?

His contact is:

Anders Geisler Eriksen
Ingeniør
Links og Offshore
+4521655498
agk@energinet.dk

It might be more convenient for you to contact him directly :).

Kind regards

Sabine Seeger
Senioringeniør
Elnetanalyse
+4561243384
sse@energinet.dk

Fra: Magni Þ. Pálsson <magnip@landsnet.is>
Sendt: 4. október 2023 11:41
Til: Sabine Seeger <sse@energinet.dk>
Emne: RE: Spare phase

Hi,

Thank you

Magni

Magni Pálsson
Verkefnastjóri rannsókna / Program Manager for R&D
Viðskipta- og kerfisþróun / Market and System Development
Tel / Sími: 563 9300 / E-mail: magnip@landsnet.is

From: Sabine Seeger <sse@energinet.dk>
Sent: Wednesday, October 4, 2023 7:34 AM
To: Magni Þ. Pálsson <magnip@landsnet.is>
Subject: SV: Spare phase

Hello Magni,

I forwarded your e-mail yesterday to a colleague. I will send an answer, once he has answered me.
Have a nice day!

Best regards

Sabine Seeger
Senioringeniør
Elnetanalyse
+4561243384
sse@energinet.dk

Fra: Magni Þ. Pálsson <magnip@landsnet.is>
Sendt: 2. oktober 2023 17:16
Til: Sabine Seeger <sse@energinet.dk>
Emne: RE: Spare phase

Hi Sabine,

I have a couple of more questions regarding „spare-phase“ applications. At present the questions are of a technical character.
The project in question is a 220 kV cable connection of an aluminium smelter. The length of the cable section will be approx 3 km (in your case you have the subsea cables crossing Øresund, so 3 km won't be a problem I assume). But, what about the distance between phases? We will have to be able to work on the faulted phase with the other three in operation. Some safety precautions with respect to induced currents/voltages in the faulted phase?

Also, when the spare-phase is “idle” (i.e. not in use) how do you secure it is operative? Is it under voltage constantly or measured regularly?

I would be very happy if you could help me with this ??

Regards,

Magni

From: Sabine Seeger <sse@energinet.dk>
Sent: Friday, September 15, 2023 11:15 AM
To: Magni Þ. Pálsson <magnip@landsnet.is>
Subject: SV: Spare phase

Hi Magni,

You're welcome!

I just remembered an issue, we experienced and I want to share lesson's learned with you :).

The 4th phase in our case has a different impedances / capacitance than the other phases. This led to a false drip caused by the differential protection as the charging current was different. In case that you buy the same cable, it should not be a problem.

Best regards

Sabine Seeger
Senioringeniør
Elnetanalyse
+4561243384
sse@energinet.dk

Fra: Magni Þ. Pálsson <magnip@landsnet.is>
Sendt: 15. september 2023 13:07
Til: Sabine Seeger <sse@energinet.dk>
Emne: RE: Spare phase

Hi Sabine,

Thanks for a quick response, I really appreciate it.
Your answer is enough for me, at least for now.

Have a nice weekend,

Magni

Magni Pálsson
Verkefnastjóri rannsókna / Program Manager for R&D
Viðskipta- og kerfisþróun / Market and System Development
Tel / Sími: 563 9300 / E-mail: magnip@landsnet.is

From: Sabine Seeger <sse@energinet.dk>
Sent: Friday, September 15, 2023 11:02 AM
To: Magni Þ. Pálsson <magnip@landsnet.is>
Subject: SV: Spare phase

Hello Magni,

It is nice to hear from you. You are always free to ask.

I can confirm, that we are using this approach at Energinet. We have installed 4 phases for 400 kV connections from Denmark to Sweden, which consist of both overhead lines and cables /subsea-cables. The subseacables are crossing the Øresund between Denmark and Sweden. In case of maintenance / outage of 1 phase we are able to run the connection with minimized outage. As this 400 kV connection with 2 parallel systems is very crucial for the active power exchange between Sweden and Denmark, this has been a great advantage for us, to be able to run the system with 1 cable phase out-of-service. Actually, we are planning to refurbish the connection and exchange the cables in the next years. Here we will be able to use the spare phase to keep the system running with reduced outages.

Do you require more details? Are our questions more of economic or technical concern? Questions regarding maintenance? I can try to find the "correct" Energinet colleague to send your questions when you can send me more detailed questions.

Have a nice weekend!

Best regards

Sabine Seeger
Senioringeniør
Elnetanalyse
+4561243384
sse@energinet.dk

Fra: Magni Þ. Pálsson <magnip@landsnet.is>
Sendt: 15. september 2023 11:26
Til: Sabine Seeger <sse@energinet.dk>
Emne: Spare phase

Hi Sabine,

I hope it's OK that I send you a question regarding possible use of a „spare phase“ in an underground cable circuit?

We are assessing different ways to connect one of our customers (aluminium smelter) on 220 kV to our grid. The stretch is just 2-3 km. One of the options is an underground cable. Since the customer is an aluminium smelter, he is vulnerable with respect to outages. Thus, to increase the reliability the idea has come up to install a „spare phase“ conductor (i.e. a fourth phase conductor), leaving it unconnected in normal operation but

when a fault occurs on one of the other three phases, the spare phase will be ready.

So, my question really is if you at Energinet have any experience with such a solution? Do you have any idea about possible pros and cons?

I would be quite glad if you (or some of your colleagues) could answer ??

Best regards,

Magni