

Systemjordinger ”driftsjordinger” af strømforsyningssystemer

Af; Ernst Boye Nielsen, ERNEL.dk

© ERNEL.dk

1

Normative definitioner!

Systemjording er ikke definitions­mæssigt anvendt konsekvent i standarderne. Betegnelsen; strømkildens jording og forsyningsnettets jording, jordingssystem, i samskrivning til systemets jording gennem en eller flere jordelektroder samt strømkildens jordforbindelse og også anvendt.

Inden for den sammen installation eller et afgrænset område, kan der være mange strømforsyningssystemer og dermed mange systemjordinger. Vigtigt er det, at disse er forbundet sammen til et fælles jordings- og udligningssystem af hensyn til berøringsfare, EMC og den generelle driftssikkerhed!

Systemjorden eller en jordforbindelse af en strømkilde vil altid være en del af beskyttelses kredsen, og kan tillige være beskyttelsesjord for mange forskellige strømforsyningssystemer og spændingsniveauer, når betingelserne for fællesjord er overholdt.

Men det primære er, at det betegner, hvordan strømforsyningssystemet er forbundet til jord!

© ERNEL.dk

2

1

ERNEL

312.2 Typen af systemjordning

Denne standard tager følgende typer systemjordning i betragtning.

NOTE 1 – Figur 31A1 til 31G1 og figur A.1 til A.3 viser eksempler på almindeligt anvendte trefasede systemer. Figur 31H til 31M og figur A.4 til A.6 viser eksempler på almindeligt anvendte d.c.-systemer.

NOTE 2 – De stiplede linjer angiver de dele af systemet, der ikke er dækket af denne standards anvendelsesområde, hvorimod de fuldt optrukne linjer angiver dele, der er dækket af standarden.

NOTE 3 – For private systemer kan strømkilden og/eller forsyningsystemet betragtes som en del af installationen inden for denne standard. I sådanne tilfælde kan figurerne være vist med fuldt optrukne linjer.

NOTE 4 – De anvendte koder har følgende betydning:

Første bogstav angiver forsyningssystemets driftsmæssige jordforbindelse:

T = direkte forbindelse af et punkt i forsyningssystemet til jord
 I = alle spændingsførende dele isoleret fra jord, eller et enkelt punkt forbundet til jord gennem en høj impedans.

Andet bogstav angiver, hvordan de udsatte ledende dele i installationen er jordforbundet:

T = direkte elektrisk forbindelse af udsatte ledende dele til jord, uafhængigt af forsyningsystemets eventuelle jordforbindelse
 N = direkte elektrisk forbindelse af de udsatte ledende dele til forsyningsystemets jordforbundne punkt (i a.c.-systemer er det jordforbundne punkt normalt nulpunktet eller, hvis der ikke findes et nulpunkt, en faseleder).

Eventuelle efterfølgende bogstaver angiver arrangementet af nulleder og beskyttelsesleder:

S = beskyttelsesfunktionen udført ved hjælp af en leder, som er adskilt fra nullederen eller fra den jordforbundne spændingsførende leder (eller i a.c.-systemer, en jordforbundet faseleder).
 C = nul- og beskyttelsesfunktionerne kombineret i en enkelt leder (PEN-leder).

Forklaring af symbolerne for figur 31A1 til 31M i henhold til IEC 60617-11	
	Nulleder (N) midtpunktsleder (M)
	Beskyttelsesleder (PE)
	Kombineret beskyttelsesleder og nulleder (PEN)

Hvad med PEL eller PEM leder, delta koblet transformere med en fase forbundet til jord, eller tofaset med midtpunkt jordforbundet? Og hvorfor er det ikke en nulleder?

© ERNEL.dk

3

ERNEL

Forsyningsystemer, Strømsystemer:

Som strømforsyningssystem kan defineres alle generatorer, transformere med adskilte viklinger, UPS- anlæg, konvertere, invertere (vekselrettere) ensrettere med galvanisk adskillelse og batterier, uanset spændingsniveauer.

Eks.

© ERNEL.dk

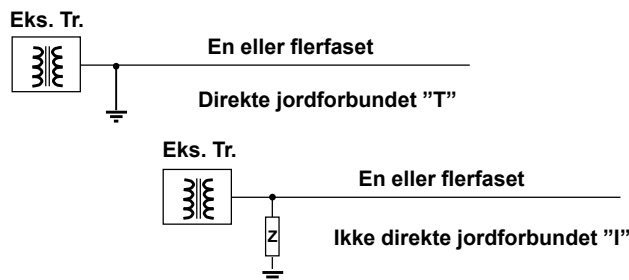
4

2

Normative definitioner!

ERNEL

Systemjordinger udtrykker, hvordan strømforsyningssystemer er forbundet til jord. jf. 312.2 Første bogstav; T- forbundet direkte til jord eller I- ikke forbundet direkte til jord. Det andet bogstav hvordan udsatte ledende dele i den forsynede installation er jordforbundet, T-direkte til jord, uafhængigt af systemets jord, eller N- forbundet direkte til systemjorden med elektrisk leder; PE eller PEN, (PE kan/bør mange steder være forbundet til jord). (PEN vil/skal være forbundet til jord mange steder, og der kan under visse betingelser opstå problemer med vagabonderende nulstrømme)



Normalt udføres systemjorden "jordforbindelsen" så "tæt" på forsyningen som muligt, men det er ikke et krav.

© ERNEL.dk

5

Installationsbekendtgørelsen 1082

ERNEL

I udgaven af standardserien DS/HD 64364 Bind 1 – 5. udgave 2020, blev de danske afvigelser fra BEK nr. 1082 medtaget i indledningen med angivelse af § og det relevante punkt i standardserien.

For Netsystemer, eller Forsyninger, og Systemjordinger 312.2.1, er der i den danske afvigelse fra BEK 1082 § 27 præciseret:

§ 27. En elektrisk installation, der forsynes fra et lavspændingsdistributionsnet, må udføres som TN-system i følgende tilfælde, såfremt det elektriske anlæg, der forsyner installationen, er udført som TN-system.

1. Hvor den elektriske installation forsynes fra egen transformator.
2. Hvor stikledningen udgår direkte fra transformatorstationen og er udført med kabel.
3. Hvor TN-system allerede anvendes i den elektriske installation.
4. Hvor ejeren af det elektriske anlæg har givet en særlig tilladelse.

Stk. 2. Ejeren af det elektriske anlæg kan kun nægte tilladelse til anvendelse af TN-system i de i stk. 1, nr. 1 og 2, nævnte tilfælde, hvis der er større tekniske vanskeligheder forbundet med at udføre TN-system i lavspændingsdistributionsnettet.

Stk. 3. TN-system må anvendes uden tilladelse fra ejeren af det elektriske anlæg i det i stk. 1, nr. 3, nævnte tilfælde.

© ERNEL.dk

6

3

Installationsbekendtgørelsen 1082



Installations standarderne DS/HD 60364 serien, er udvidet betydeligt i forhold til tidligere bestemmelser SB afsnit 6, se 60364-1 31 og alle figurerne fra 31.A til 31.M.2

- TN-S-system
- TN-C-S-system
- TN-C-system i hele systemet (med forbehold i DK)
- TN-C-S-system med flere strømkilder
- TT-system med en eller flere strømkilder
- IT-system med fælles jord til udsatte dele
- TN-S-d.c.-system
- TN-C-d.c.-system
- TN-C-S-d.c.-system
- TT-d.c.-system
- IT-d.c.-system

© ERNEL.dk

9

Installationsbekendtgørelsen 1082



Anneks A (informativt);

- TN-S-system med separat jordforbundet faseleder og PE i hele systemet (Delta koblet transformer)
- TN-S-system med jordforbundet PE uden nulleder i hele systemet (stjerne)
- TN-C-S-system med 3 faser, 4 ledere, hvor PEN er adskilt i PE og N (stjerne)
- TN-C-S-system med en enkelt fase, 2 ledere, hvor PE og N er adskilt
- TN-system med flere strømkilder, med PE og uden N i hele systemet
- TT-system med jordforbundet PE og uden N i hele installationen
- IT-system med udsatte ledende dele jordforbundet i grupper eller enkeltvis
- IT-system med kunstigt nulpunkt og alle udsatte ledende dele forbundet samlet
- IT-system med kunstigt nulpunkt og udsatte ledende forbundet i grupper eller enkeltvis
- TN-S-d.c.-system med adskilt M og PE ledere
- TN-S-d.c.-system med fælles PEM leder
- TN-C-S-d.c.-system med PE og M adskilt i installationen
- TT-d.c.-system med jordforbundet M og udsatte dele separat jordforbundet
- IT-d.c.-system

© ERNEL.dk

10

5

**Eksempler på systemjordinger "driftsjordinger" og
fejlbeskyttelse af UPS- anlæg i forskellige
forsyningssystemer TT- og TN - systemer**

© ERNEL.dk

11

**For nødforsynings - systemer (ikke
omkøbelbare), hvor der ikke er galvanisk
adskilt til forsyningsnettet, kan der være
særlige hensyn at tage, ved tilslutning af
systemjorden, primært for at undgå, at Nul og
Jord lægges sammen efter adskillelse!**

**I TT- net er Nullederen defineret som en
driftsisoleret spændingsførende leder. I TN-
S- net er Nul og Jord adskilt i hele
forsyningsnettet!**

© ERNEL.dk

12

ERNEL

Hvornår skal der anvendes skilletransformer ?
og hvordan ”driftsjordes” eller systemjordes
skilletransformeren?

Kun ved installation af trefasede UPS -anlæg i
TT - net, skal der anvendes skilletransformer,
som skal systemjordes, men gerne til og under
alle omstændigheder udlignet til installationens
PE - jord!

Små enfasede UPS med stiktilslutning
systemjordes egentlig som IT, uden overvågning,
men med beskyttelsesudligning. Mulighed også
for større trefasede UPS?

© ERNEL.dk

13

ERNEL

1 – fasede UPS klasse I med stiktilslutning
og beskyttelsesudligning, i henhold til
apparatstandarder

GXT3, 500VA -3000VA Models



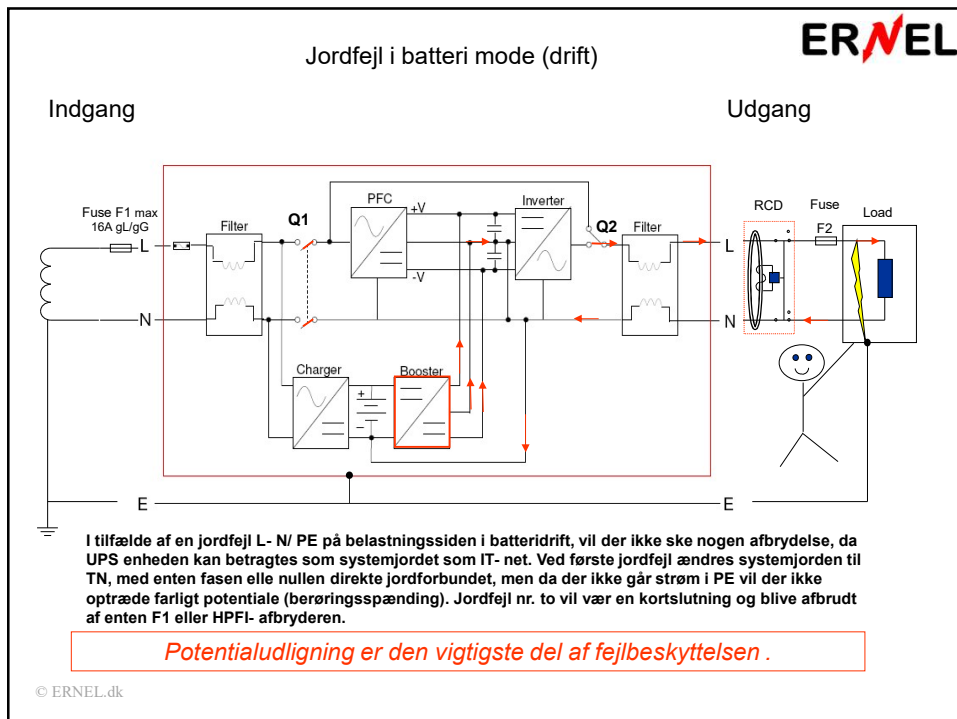
© ERNEL.dk

14

7



15



16

ERNEL

5kVA & 6kVA



30 to 60 kW

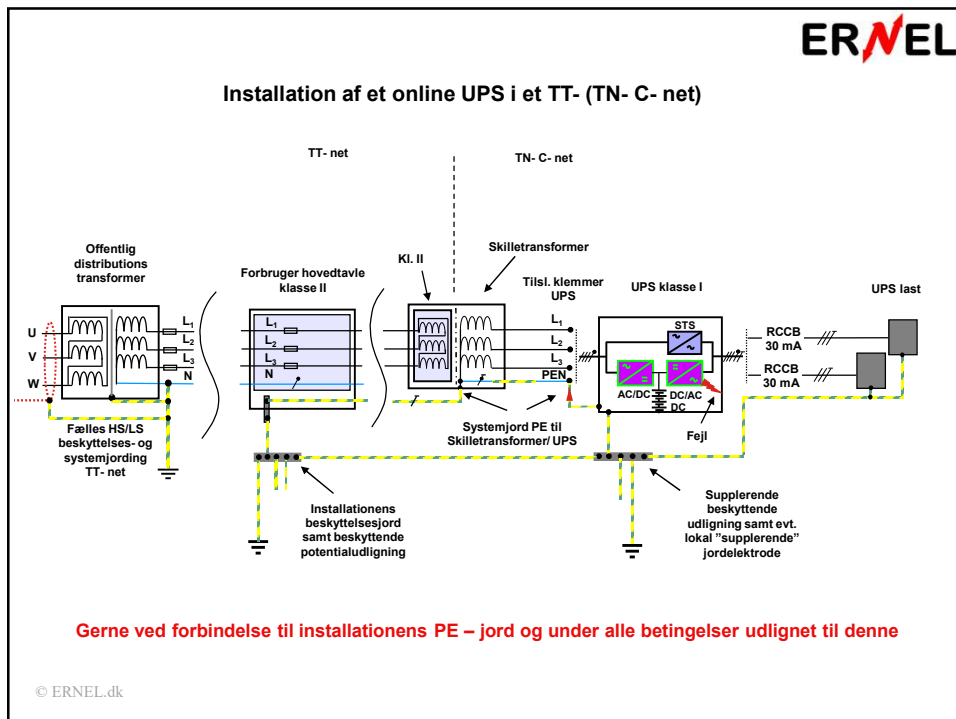


Større UPS > 3 kVA, med terminaltilslutning skal tilsluttes i henhold til installationsstandarderne!

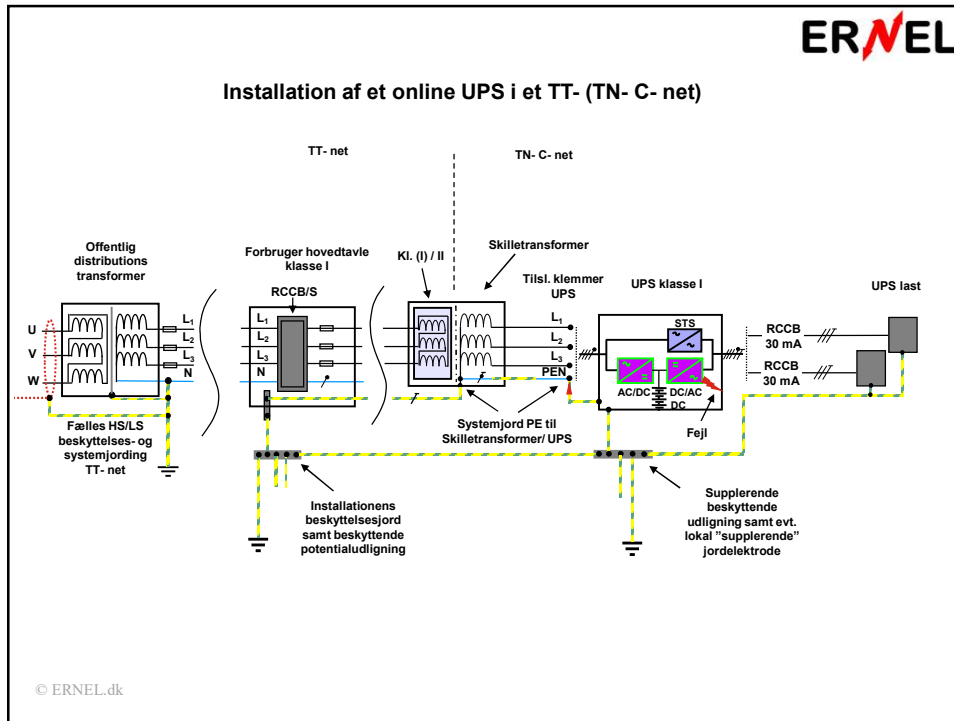
Systemjording og beskyttelse mod indirekte berøring (fejlbeskyttelse) i henhold til installationsstandarderne!

© ERNEL.dk

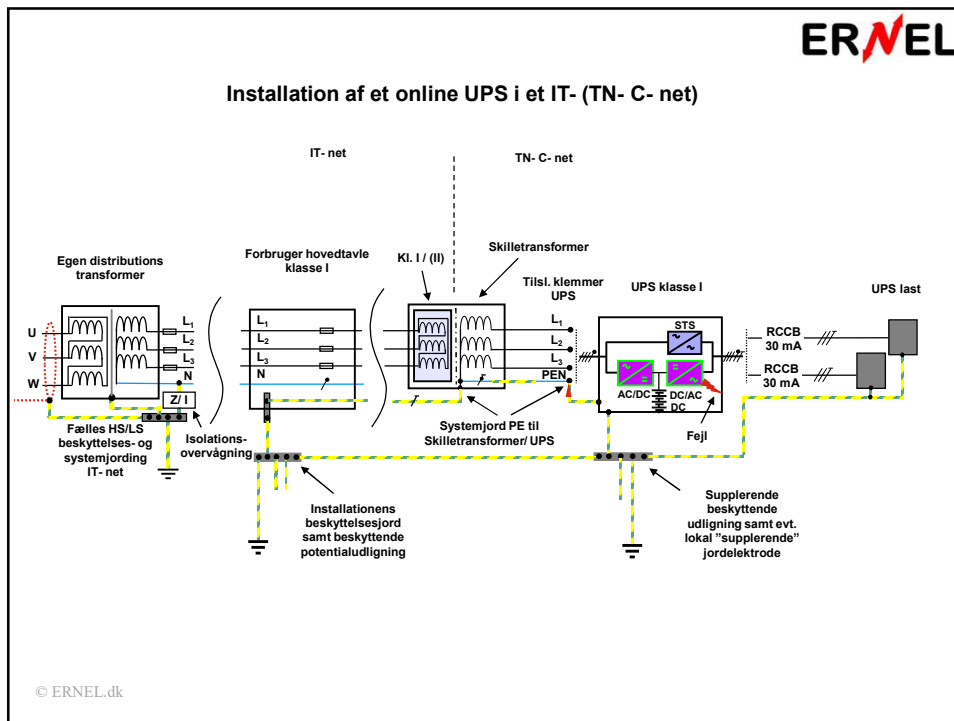
17



18



19



20

I TN - net bør anvendelse af skilletransformer undgås af følgende årsager:

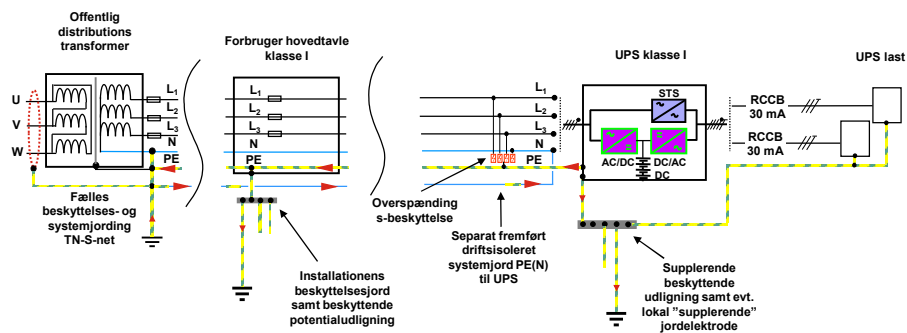
- Den belaster miljøet med unødvendigt energitab!
- Den øger fejlrisiko!
- Den har ingen betydning for personsikkerheden!
- Den giver ingen sikkerhed mod elektrisk "støj"!

I princippet skal systemjorden eller "driftsjorden" blot tilsluttes nærmeste PEN, og der må ved nødforsyningsanlægget ikke være forbindelse mellem N og stel (PE)

© ERNEL.dk

21

Installation af et online UPS i et TN-S-net



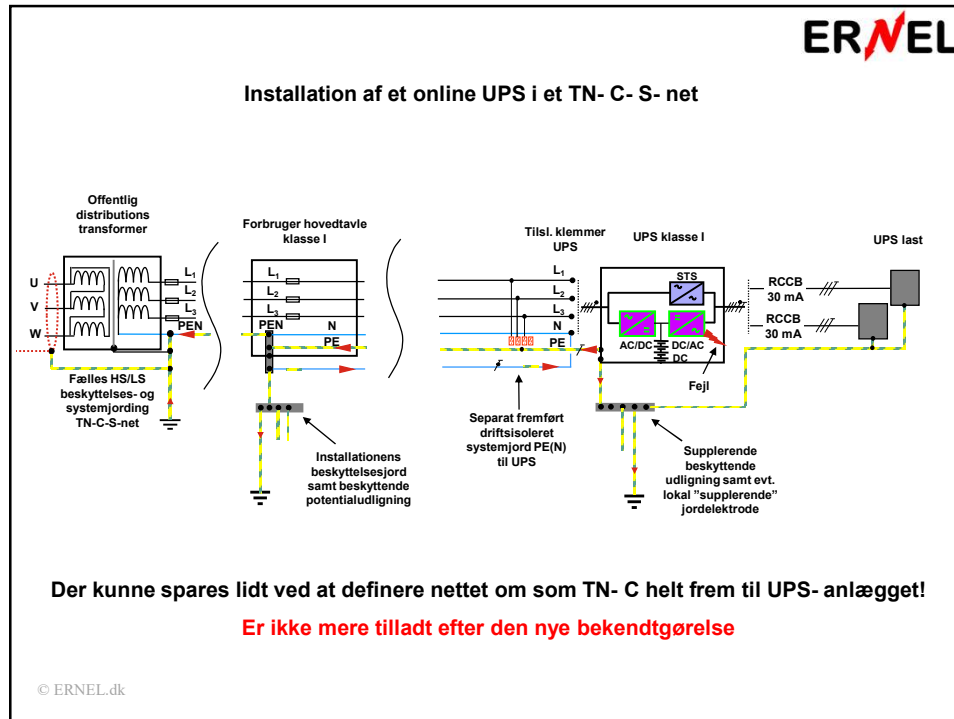
Nb. Det skal bemærkes at fejl på belastningssiden af UPS, skal gennem beskyttelsesleder kredsen tilbage til tilslutningen til PEN, hvis spændingsfaldet i PE kan overstige 50 V skal der udføres supplerende beskyttende udligning ved UPS anlægget.

Ved nyere UPS – anlæg er indbyggede filtre udlagt for yderspændingen, så der ikke sker skade ved første fejl, uden systemjord, og hvis der er beskyttende potentialudlignet vil anden fejl udkobles uden risiko for personer!

© ERNEL.dk

22

11



23

ERNEL

Normerne forholder sig ikke til hvilke systemjordinger der er den bedste for en given applikation, her må man søge hjælp andet sted, f.eks. i tekniske rapporter eller rekommandationer.

Eks:

System grounding of wind farm medium voltage cable grids

Peter Hansen¹⁾, Jacob Østergaard²⁾, Jan S. Christiansen³⁾

¹⁾ Danish Energy Association R&D (DEFU), Rosenørns Allé 9, DK-1970 Frederiksberg, Denmark

²⁾ Centre of Electric Technology (CET), Ørsted•DTU, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark

³⁾ DELPRO A/S, Dam Holme 1, DK-3660 Stenløse, Denmark

© ERNEL.dk

24

1. BACKGROUND

In Denmark wind farms has according to the traditional practice used in distribution systems often been established with isolated system grounding medium voltage cable grids. Abroad wind farms instead according to the traditional practice often have been established with (low) resistance grounding.

Within the last couple of years the first generation of “wind power plants” has been exposed to different kinds of faults. In the *Middelgrunden* wind farm several step-up transformers have faulted caused by switching voltage transients. Following several step-up transformers at the *Horn Rev* wind farm also have faulted, which lead to a replacement of all 80 wind turbine step-up transformers. At the same time the system grounding was changed from an isolated system to a kind of reactance grounding (via the wind farm auxiliary-supply transformer, designed with appropriate zero-sequence impedance).

The establishment of the first generation of wind farms (larger than 40 MW) in Denmark has in other words been exposed to different faults cases, which to a certain extent is believed to be influenced by the choice of the wind farm system grounding method.

© ERNEL.dk

25

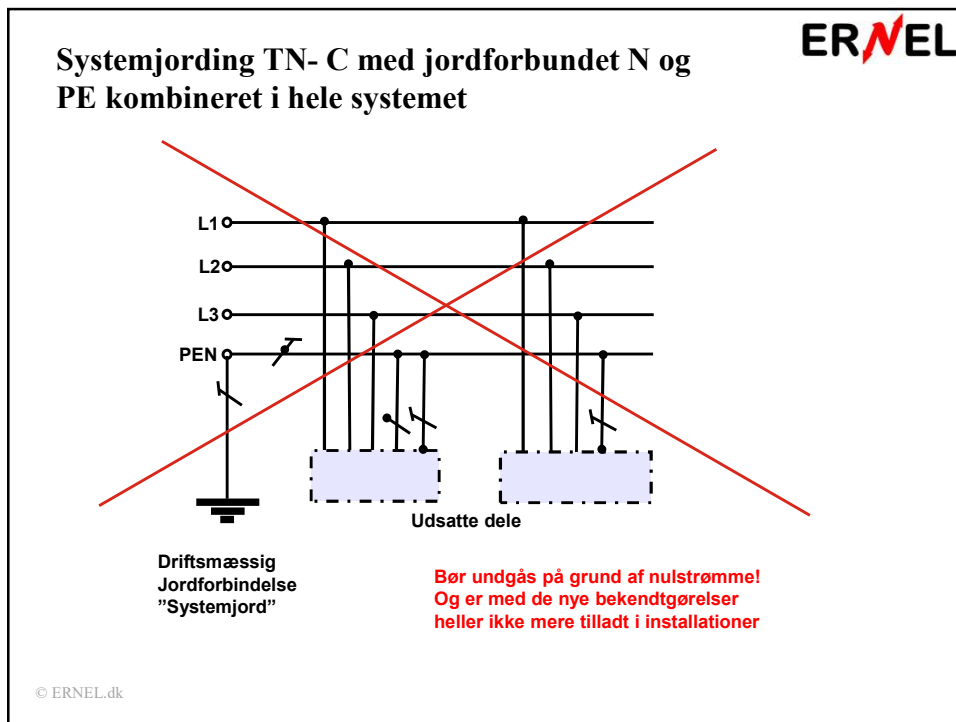
Abstract — Wind farms are often connected to the interconnected power system through a medium voltage cable grid and a central park transformer. Different methods of system grounding can be applied for the medium voltage cable grid. This paper outlines and analyses different system grounding methods. The different grounding methods have been evaluated for two representative wind farms with different size. Special emphasis is put on analysis of isolated system grounding, which has been used in some real wind farm medium voltage cable grids. Dynamic simulations of earth faults have been carried out. The paper demonstrates for grids with isolated system grounding how the phase voltage can build up to a level of several times the system voltage due to re-ignition of the arc at the fault location. Based on the analysis it is recommended to use low-resistance grounding as the best compromise to avoid destructive transient over voltages and at the same time limit the earth fault currents in the wind farm grid to an acceptable level.

Index Terms — System grounding, wind farms, voltage rise, single-phase earth faults.

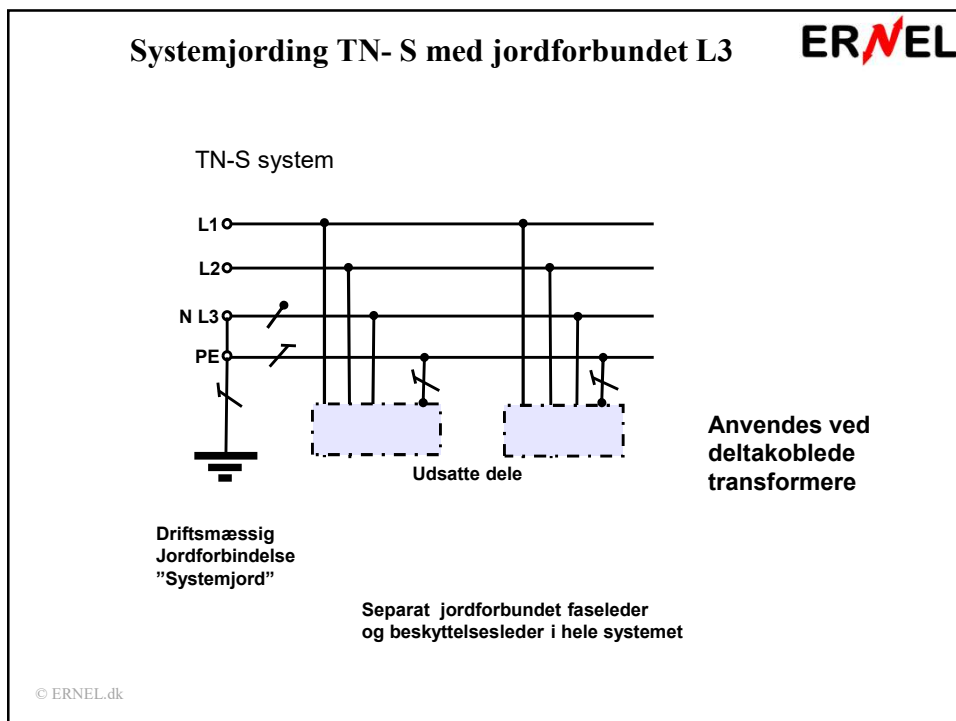
© ERNEL.dk

26

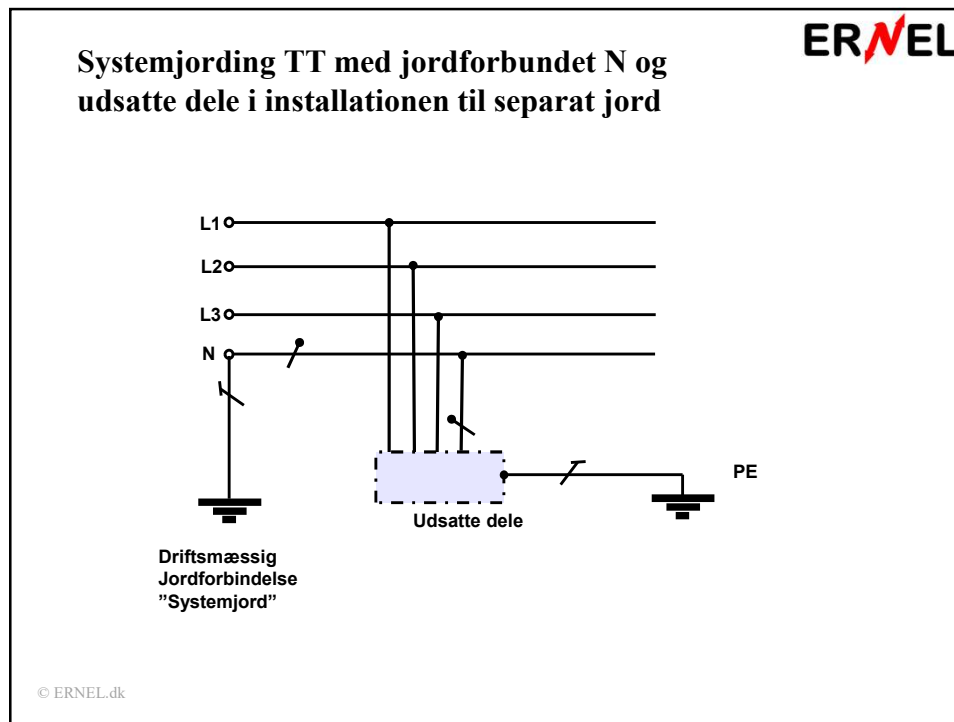
13



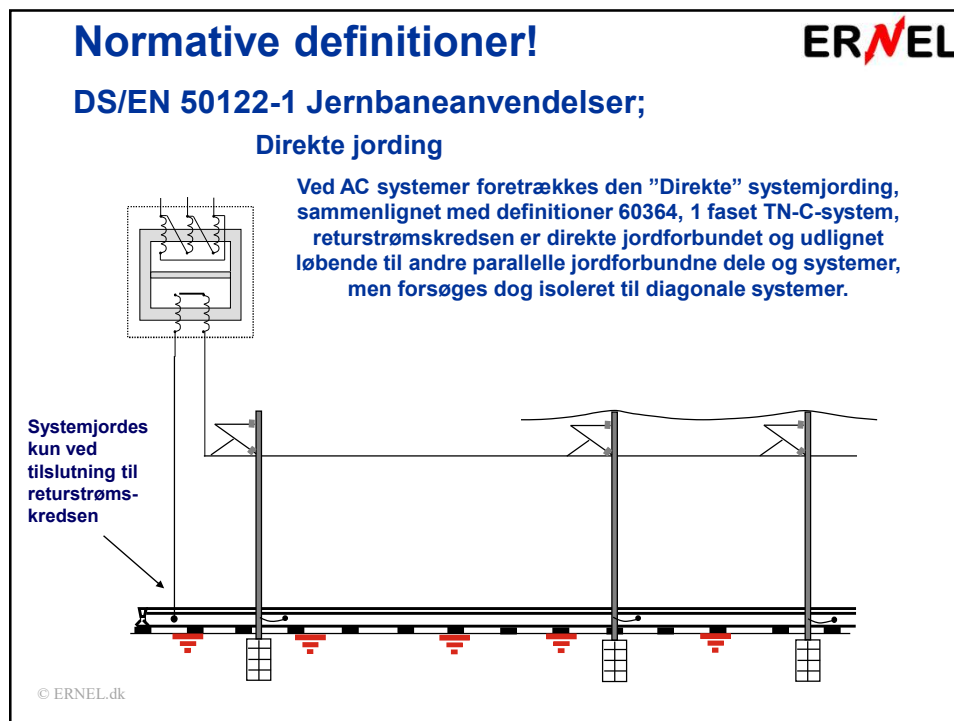
27



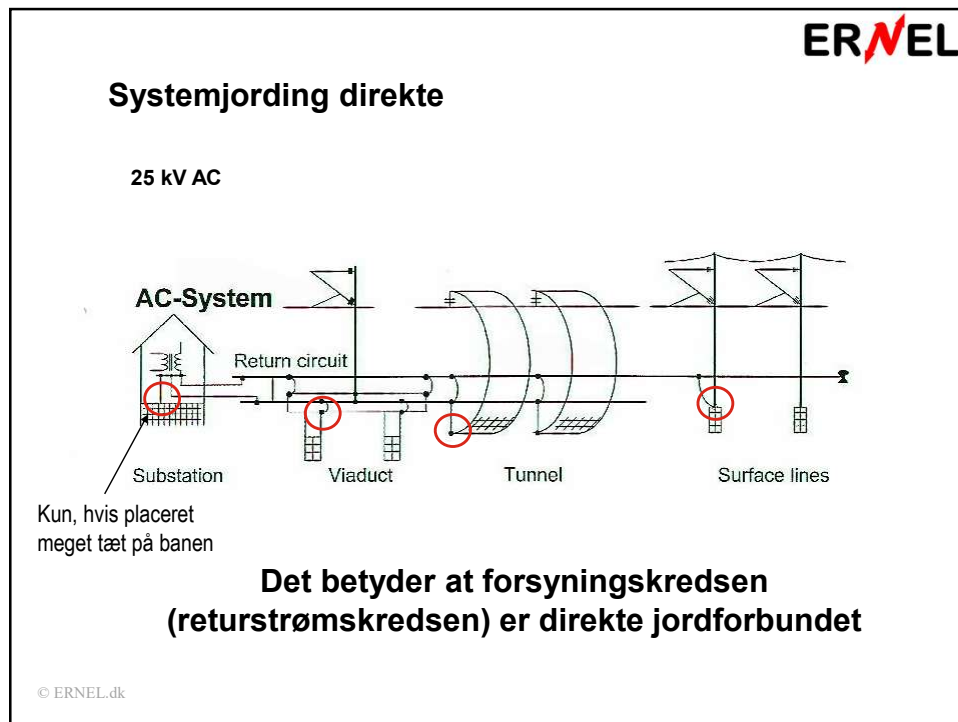
28



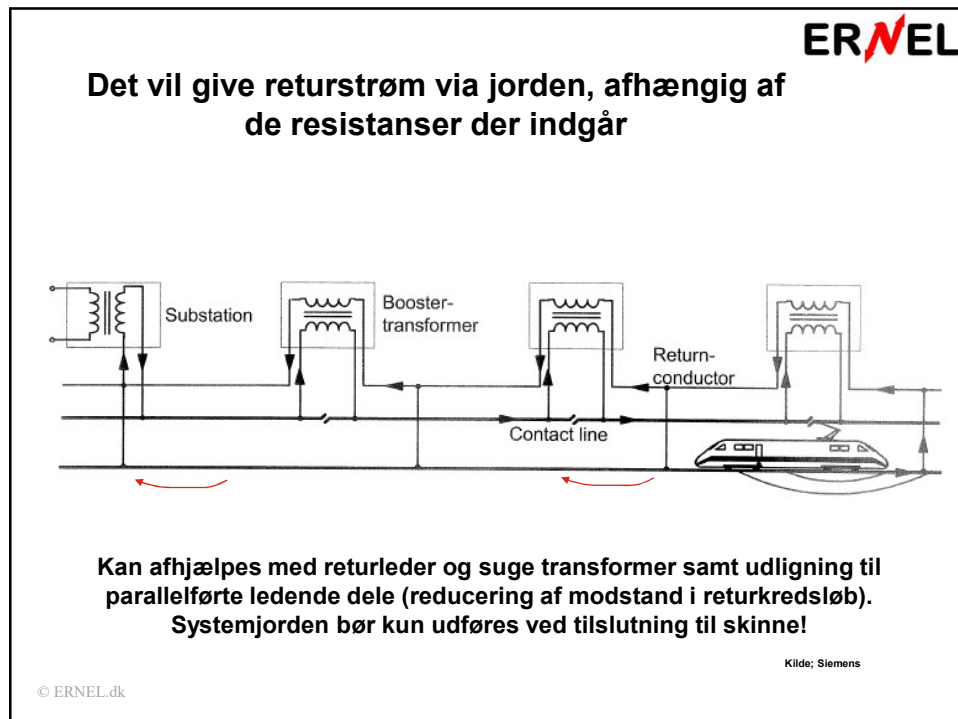
29



30

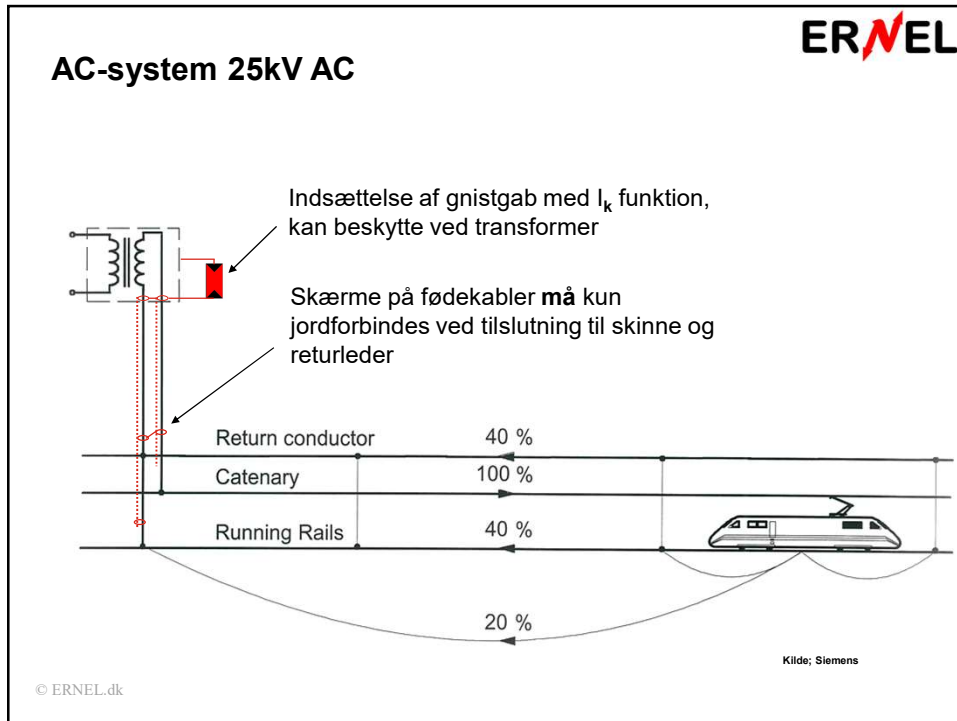


31

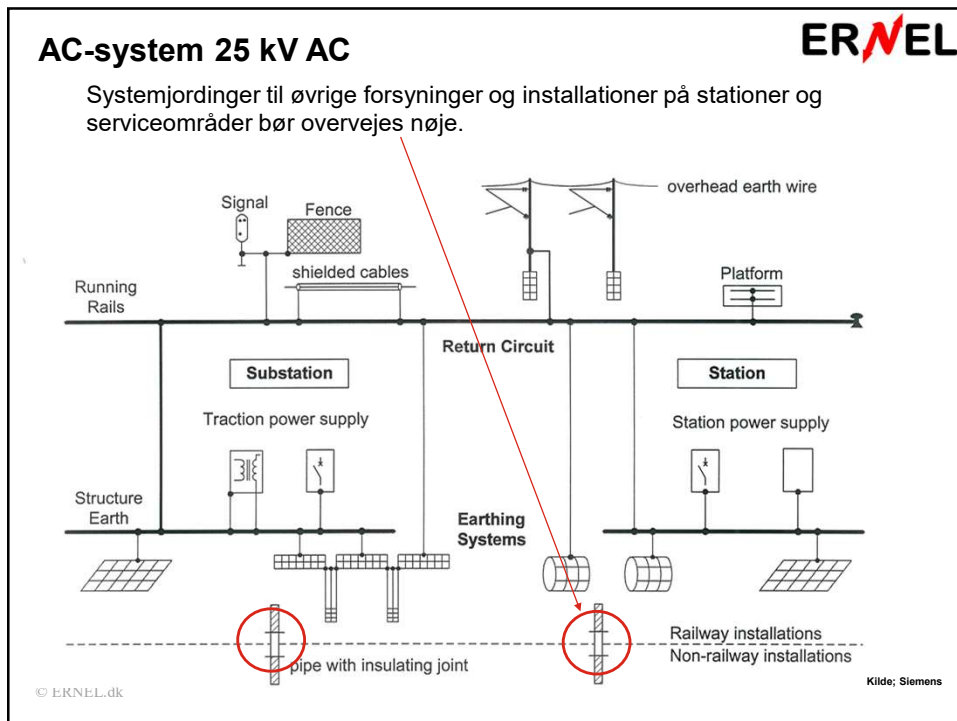


32

16

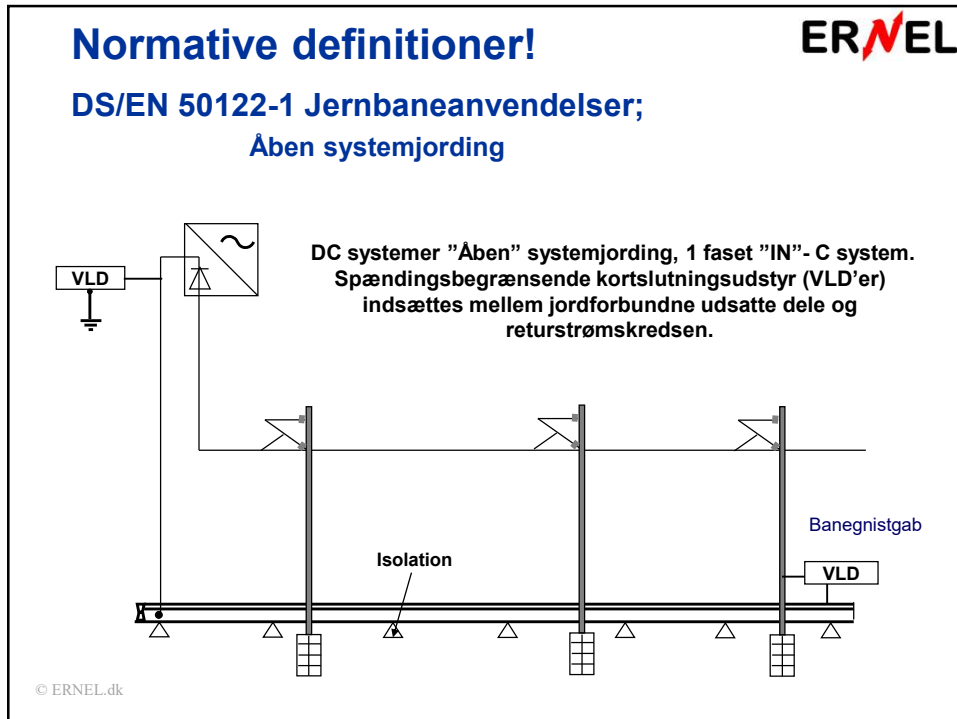


33

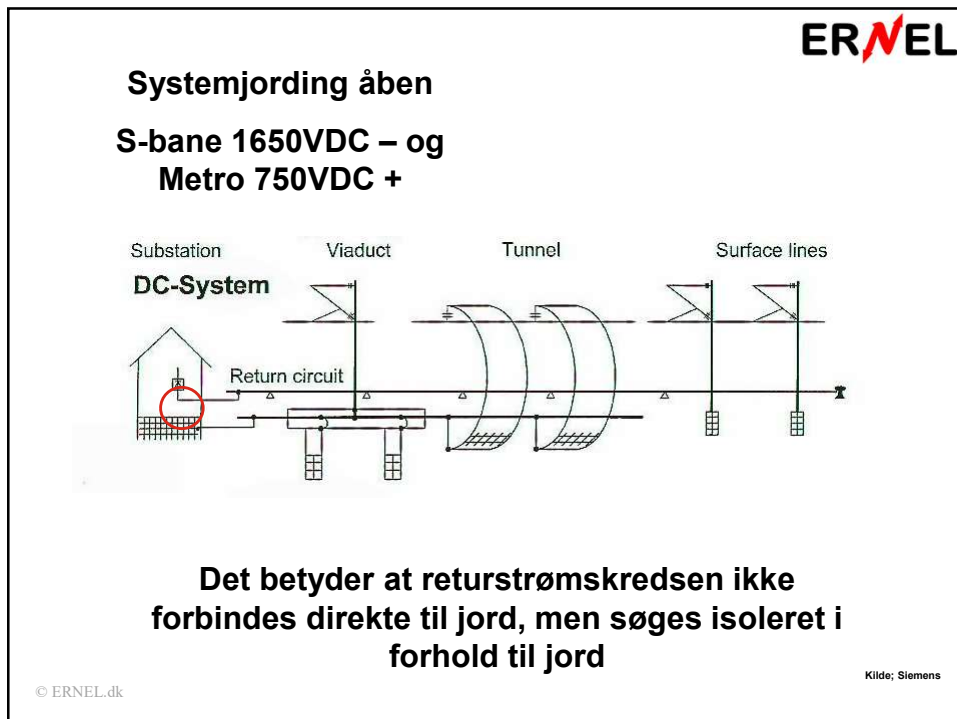


34

17



35



36

18

Risiko for øget andel af vagabonderende DC-returstrømme ved anvendelse af jordnet under banen, uanset om der anvendes retur-dioder eller ej. Men alle parallelle fremmede ledende dele og installationer, herunder bygnings konstruktioner og armering, skal være kontinuert forbundet i banens udstrækning, og forbindes til beskyttelsesjorden.

ERNEL

Running Rails
Stray Current Collecting Network
Structure Earth

Kun skinneisolationen og mindre spændingsfald i returstrømskredsen kan mindske "lækstrømmen"

© ERNEL.dk Kilde; Siemens

37

DC-system

Hvis spændingsgrænserne under drift eller ved fejl ikke kan overholdes skal der anvendes foranstaltninger, eks øget tværsnit i returkreds samt kortsluttere (VLD'er) for potentialudligning og eller potentialstyring

ERNEL

Substation Station

Return circuit

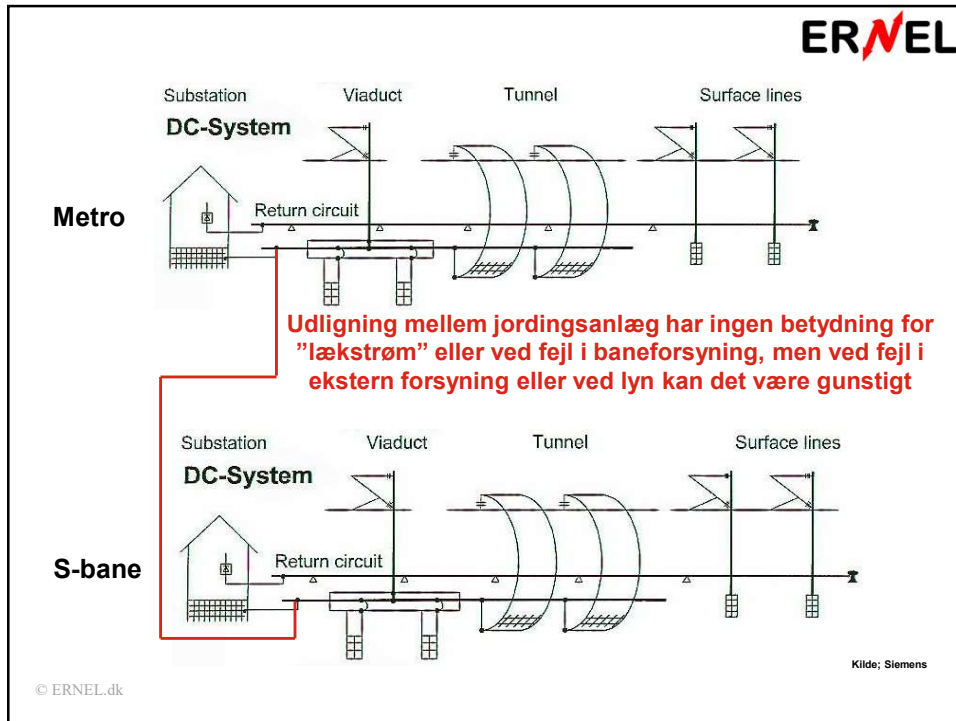
AC switch gear Traction power supply signalling fence shielded cables Station power supply Platform

feeding cable Structure earth Earthing systems

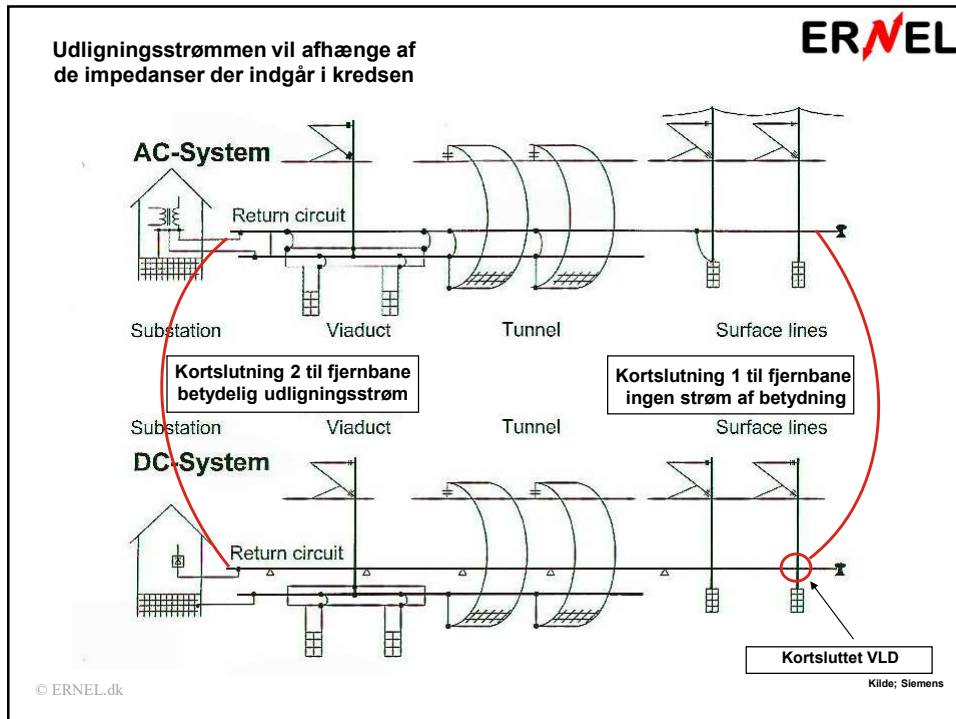
pipe with insulating joint Railway installations non-railway installations

© ERNEL.dk Kilde; Siemens

38



39



40

20



41