

# Kabeldimensionering

Vägledning för dimensionering av  
ledningsnät för lågspänning

**SEK**  
**Handbok 421**  
Utgåva 5





# Kabeldimensionering

Vägledning för dimensionering av  
ledningsnät för lågspänning

SEK Svensk Elstandard svarar för standardiseringen på elområdet i Sverige och samordnar svensk medverkan i internationell och europeisk standardisering som medlem i IEC och CENELEC. SEK är en ideell organisation med frivilligt deltagande från svenska myndigheter, företag och organisationer som har ett intresse att medverka i och påverka arbetet med tekniska regler inom elektrotekniken. Se vidare [elstandard.se](http://elstandard.se).

## **SEK Handbok 421**

### **Kabeldimensionering – Vägledning för dimensionering av ledningsnät för lågspänning**

Utgåva 5, 2023. Digital.

ISBN: 978-91-89151-06-2

Omslagsbild: Turning Torso, Malmö, Nordens högsta skyskrapa vid invigningen 2005

# Innehåll

<b>Förord</b>	<b>5</b>
<b>1 Orientering</b>	<b>6</b>
<b>2 Överström som begrepp</b>	<b>7</b>
2.1 Överlastström	7
2.2 Kortslutningsström	7
<b>3 Projektering</b>	<b>8</b>
3.1 Allmänt	8
3.2 Grundläggande säkerhetsvillkor för val av ledarearea och val av skydd	8
3.3 Konstruktionsström, $I_B$	9
3.4 Behovet av och valet av skydd mot överlastström (433)	9
3.5 Belastningsförmåga och val av area (523)	9
3.6 Skydd vid kortslutning (434)	9
3.7 Spänningsfall (525)	10
3.8 Skydd mot elchock (411)	10
3.9 Selektivitet och sektionering	10
3.10 Flödesschema över arbetsgången	11
<b>4 Konstruktionsströmmen, <math>I_B</math></b>	<b>13</b>
<b>5 Behovet av och val av överlastskydd</b>	<b>14</b>
5.1 Skydd mot överström	14
5.2 Behovet av skydd mot överlastström	14
5.3 Samordning mellan ledare och överlastskydd (433)	15
5.4 Dvärgbrytare som överlastskydd	16
5.5 Effektbrytare som överlastskydd	17
5.6 Smältsäkringar som överlastskydd	17
5.7 Placering av överlastskydd	19
5.8 Undantag från reglerna om placering av överlastskydd (422.3.10)	19
5.9 Utelämnande av överlastskydd (433.3)	20
<b>6 Belastningsförmåga hos en ledare i normal drift</b>	<b>22</b>
6.1 Grundläggande principer	22
6.1.1 Beräkningsmetoder	23
6.2 Antalet belastade ledare i en krets	24
6.3 Olika förläggningssätt	24
6.4 Minimiarea	24
6.5 Särskilt om neutral- och PEN-ledare	25
6.6 Belastningsförmåga för kanalskenfördelningar	25
6.7 Beräkningsexempel belastningsförmåga och skydd mot överlastström	25
<b>7 Ledarens förmåga att föra en kortslutningsström</b>	<b>26</b>
7.1 Elektriska ledares korttidsströmtålighet	26
7.2 Korttidsströmtålighet – adiabatisk uppvärmning	27

7.3	Omräkning till andra kortslutningstider .....	27
7.4	Korttidsströmtålighet uttryckt som ett $I^2t$ -värde .....	28
7.5	Korttidsströmtålighet för koncentriska ledare .....	30
7.5.1	Icke-adiabatisk uppvärmning av koncentrisk ledare .....	31
7.6	Begynnelsestemperatur .....	31
7.7	Högsta tillåtna stötström för kablar med tre linjeledare .....	32
7.8	Metod för beräkning av elektrodynamiska krafter emellan enledarkablar .....	32
<b>8</b>	<b>Skydd mot kortslutningsström .....</b>	<b>34</b>
8.1	Allmänt .....	34
8.2	Stötström .....	35
8.3	Skydd av ledare mot kortslutningsström .....	36
8.3.1	Funktionsström för kortslutningsskydd .....	38
8.4	Skydd mot kortslutningsström med momentant fränkopplande skydd .....	38
8.5	Smältsäkring som skydd mot kortslutningsström .....	38
8.5.1	Största smältsäkring som kortslutningsskydd .....	40
8.6	Brytförmåga .....	41
8.7	Korttidsströmsstålighet för kanalskenfördelning .....	42
<b>9</b>	<b>Beräkning av kortslutningsströmmar .....</b>	<b>43</b>
9.1	Matande elnät .....	44
9.1.1	Begreppet förimpedans .....	44
9.1.2	De ingående delarna i det matande nätet .....	44
9.1.3	Spänningen .....	45
9.1.4	Spänningsfaktorn $c$ .....	45
9.1.5	Överliggande näts påverkan .....	46
9.1.6	Transformatorn .....	46
9.1.7	Impedans i ledningarna i felkretsen .....	47
9.1.8	Matning från generatorer .....	47
9.1.9	Anläggningar med stor andel asynkronmotorer .....	48
9.2	Högsta kortslutningsström, $I_{kmax}$ .....	49
9.2.1	Högsta kortslutningsström vid fel mellan tre linjeledare, $I_{k3max}$ .....	49
9.2.2	Högsta kortslutningsström vid fel mellan två linjeledare, $I_{k2max}$ .....	50
9.2.3	Högsta kortslutningsström vid fel mellan linje- och neutralledare, $I_{k1max}$ .....	50
9.3	Lägsta kortslutningsström, $I_{kmin}$ .....	50
9.3.1	Lägsta kortslutningsström vid fel mellan två linjeledare, $I_{k2min}$ .....	50
9.3.2	Lägsta kortslutningsström vid fel mellan linje- och neutralledare, $I_{k1min}$ .....	51
9.4	Jordfelsström, $I_{ef}$ .....	52
9.4.1	TN-system .....	52
9.4.2	TT-system .....	53
9.4.3	IT-system .....	53
<b>10</b>	<b>Ledningsimpedanser .....</b>	<b>55</b>
10.1	Resistans .....	55
10.1.1	Resistivitet $\rho$ .....	55
10.1.2	Resistansökningsfaktorn $q$ .....	56

10.2	Reaktans hos ledare .....	57
10.3	Impedans hos matande ledningar (uppströms placerade ledningar) .....	57
10.3.1	Impedans vid bestämmande av högsta kortslutningsström .....	58
10.3.2	Matande ledares impedans för bestämmande av lägsta kortslutningsström .....	58
10.3.3	Matande ledares impedans för bestämmande av jordfelsström .....	59
10.4	Impedans i ledarna efter kortslutningsskyddet.....	59
10.4.1	Impedans för bestämning av lägsta kortslutningsström.....	60
10.4.2	Impedans i ledarna efter felskyddet för bestämmande av jordfelsström .....	61
10.5	Resistansökningsfaktorn $q_2$ beräknad med hänsyn till $I^2t$ .....	62
10.6	Kanalskenfördelning.....	63
10.7	Tabeller med uppgift om resistans och reaktans .....	63
<b>11</b>	<b>Skydd mot elchock genom automatisk fränkoppling av matningen .....</b>	<b>69</b>
<b>12</b>	<b>Spänningsfall.....</b>	<b>70</b>
12.1	Det relativa spänningsfallet i kabelsystem .....	70
12.2	Det relativa spänningsfallet i kanalskensystem.....	70
<b>13</b>	<b>Skydd mot avbrott i matningen.....</b>	<b>72</b>
13.1	Sektionering av installationen .....	72
13.2	Selektiv fränkoppling av fel (selektivitet) .....	72
13.2.1	Allmänt om selektivitet.....	72
<b>14</b>	<b>Intermittenta ljusbågar .....</b>	<b>75</b>
14.1	Parallella ljusbågsfel .....	75
14.2	Seriella ljusbågsfel.....	76
14.3	Ljusbågsdetektor (AFDD).....	76
<b>15</b>	<b>Parallella kablar .....</b>	<b>77</b>
15.1	Strömfördelning .....	77
15.2	Placering av överströmsskydd – allmänt.....	77
15.3	Skydd mot överlastström .....	79
15.3.1	Gemensamt överlastskydd för parallella ledare .....	79
15.3.2	Individuella överlastskydd för parallella ledare .....	79
15.4	Skydd mot kortslutningsström .....	80
15.5	Ett gemensamt kortslutningsskydd för alla ledarna.....	80
15.5.1	Impedans i ledarna efter felskyddet för bestämmande av jordfelsström .....	80
15.6	Individuella kortslutningsskydd endast i början av varje ledare .....	81
15.7	Individuella kortslutningsskydd i varje ledares båda ändar .....	82
<b>16</b>	<b>Ordförklaringar, storhetsbeteckningar och index.....</b>	<b>84</b>
16.1	Ordförklaringar.....	84
16.2	Storhetsbeteckningar och index.....	84
16.3	Index .....	86
<b>Bilaga A</b>	<b>.....</b>	<b>87</b>
<b>Kompletterande uppgifter om överströmsskydd.....</b>	<b>87</b>	
A.1	Dvärgbrytare .....	87
A.1.1	Dvärgbrytare som överlastskydd .....	87
A.1.2	Dvärgbrytare som kortslutningsskydd .....	87

A.2	Effektbrytare .....	88
A.2.1	Inställning av överlastskydd .....	89
A.2.2	Inställning av kortslutningsskydd .....	89
A.3	Smältsäkringar .....	90
A.3.1	Smältsäkring som överlastskydd .....	90
A.3.2	Smältsäkring som kortslutningsskydd .....	91
<b>Bilaga B</b>	.....	<b>98</b>
<b>Belastningsförmåga – fördjupning och räkneexempel.....</b>		<b>98</b>
B.1	Värmeavledning och temperaturförhållanden .....	98
B.1.1	Kablar i luft .....	98
B.1.2	Kabel genom vägg .....	98
B.1.3	Kablar i kanaler och kabelkulvertar.....	99
B.1.4	Kablar i mark .....	101
B.2	Kabeldimensionering vid varierande belastning .....	104
B.2.1	Kabelförläggning i luft .....	104
B.3	Tabeller med belastningsförmåga, komplement till bilaga 52B.....	111
B.4	Beräkningsexempel belastningsförmåga .....	114
<b>Bilaga C</b>	.....	<b>121</b>
<b>En ledares korttidsströmtålighet – fördjupningsavsnitt.....</b>		<b>121</b>
C.1	Begynnelsestemperatur.....	121
C.2	Korttidsströmtålighet – icke-adiabatisk uppvärmning .....	121
C.3	Omräkning till andra kortslutningstider .....	123
C.4	Icke-adiabatisk uppvärmning .....	124
C.5	Korttidsströmtålighet uttryckt som ett $I^2t$ -värde med icke-adiabatisk uppvärmning .....	127
<b>Bilaga D</b>	<b>Förenklad metod för att kontrollera skydd mot lägsta kortslutningsström samt skydd mot elchock genom automatisk fränkoppling.....</b>	<b>130</b>
D.1	Bakgrund .....	130
D.2	Arbetsgång .....	130
D.3	Matande nätets jordslutningsimpedans, $Z_{efM}$ , förenklad metod .....	131
D.3.1	Transformators kortslutningsimpedans, $Z_T$ .....	132
D.3.2	Matande ledningars jordslutningsimpedans, $Z_{ML}$ .....	133
D.4	Den kontrollerade kretsens jordslutningsimpedans, $Z_{XphPE}$ , .....	134
D.5	Jordfelskretsens impedans, $Z_{ef}$ , förenklad metod .....	135
D.6	Jordfelsströmmen, $I_{ef}$ .....	135
D.7	Tabeller med funktionsström, $I_a$ .....	135
<b>Bibliografi</b>	.....	<b>140</b>



## Förord

Enligt Elsäkerhetsverkets föreskrifter ska en elinstallation vara utförd enligt god elsäkerhetsteknisk praxis samt uppfylla föreskriftens allmänna säkerhetskrav så att den ger betryggande säkerhet för personer, husdjur och egendom mot skada till följd av el. Detta innebär att kablar ska vara dimensionerade så att de vid normal drift inte antar skadlig temperatur och att de motstår de termiska och mekaniska påkänningar som de kan utsättas för vid förväntade överströmmar vid överlast, jordslutning och kortslutning.

Utförande enligt SS 436 40 00, Elinstallationer för lågspänning – Utförande av elinstallationer för lågspänning, även kallad Elinstallationsreglerna, anses uppfylla föreskriftens allmänna säkerhetskrav samt kraven på god elsäkerhetsteknisk praxis.

Elinstallationsreglerna anger grundläggande fordringar för dimensioneringen. För att underlätta för de som projekterar och installerar kablar har SEK Svensk Elstandard utarbetat denna SEK Handbok 421 som ger mer detaljer än vad Elinstallationsreglerna gör samt innehåller ett antal dimensioneringsexempel.

Handboken är baserad på de numera upphävda svenska standarderna:

SS 424 14 02 – Ledningsnät för max 1000 V – Dimensionering med hänsyn till utlösningsvillkoret – Direkt jordade nät skyddade av effektbrytare

SS 424 14 04 – Ledningsnät för max 1000 V – Dimensionering med hänsyn till utlösningsvillkoret – Enkel kabel i direkt jordat nät, skyddad av dvärgbrytare (förenklad metod)

SS 424 14 05 – Ledningsnät för max 1000 V – Dimensionering med hänsyn till utlösningsvillkoret – Direkt jordade nät och icke direkt jordade nät skyddade av säkringar

SS 424 14 06 – Ledningsnät för max 1000 V – Dimensionering med hänsyn till utlösningsvillkoret – Enkel kabel i direkt jordat nät, skyddad av säkring (förenklad metod)

SS 424 14 07 – Kraftkablar – Egenskaper vid kortslutning

SS 424 14 24 – Kraftkablar – Dimensionering av kablar med märkspänning högst 0,6/1 kV med hänsyn till belastningsförmåga, skydd mot överlast och skydd vid kortslutning

I innehållet finns även delar av rekommendationer från den tekniska rapporten SEK TR 50480 – Bestämning av tvärsnittsarea hos ledare och val av skyddsanordningar

## 1 Orientering

Denna SEK Handbok 421 har en lång historik och detta är utgåva 5. Tidigare utgåvor har innehållit standarder, det vill säga normerande texter. I denna utgåva är innehållet helt omarbetat och texten är utformad som en vägledning, främst hur man genom val av ledararea och val av skydd kan uppfylla fordringarna svensk standard, i första hand SS 436 40 00 – Elinstallationer för lågspänning – Utförande av elinstallationer för lågspänning, de så kallade Elinstallationsreglerna.

I dagligt tal används ord som ledningsdimensionering och kanske avser man främst bestämning av ledararea med hänsyn till belastningsförmåga. Valet av ledararea kommer dock att påverkas av flera villkor kopplade till säkerhet men även till ekonomisk drift. Såväl den enskilda elektriska ledaren som elinstallationen i sig behöver i många fall skydd och valet av skydd kan påverka behovet av ledararea. Därmed är det bättre att tala om val av ledararea och val av skydd än enbart om ledningsdimensionering.

All löpande numrering i texten gäller hänvisningar till Elinstallationsreglerna såvida inget annat anges. Dessa ges ofta inom parentes. Läsaren av denna handbok bör ha tillgång till Elinstallationsreglerna då denna handbok endast förklarar standardens innehåll utan att återge texten i sin helhet.

Historiskt har belastningsförmåga och korttidsströmtålighet för ledare angivits i förhållande till benämningen på isoleringen, till exempel PVC-isolering och PEX-isolering. Numer används sällan eller aldrig PVC och i stället har andra typer av isolermaterial tillkommit. Tillåtna drifttemperaturer vid normal drift och sluttemperaturer vid kortslutning kombineras på flera sätt och därför är det ofta olämpligt att i samband med dimensionering av ledare använda namnet på isoleringen. I denna handbok används i stället temperaturgränserna för bestämning av belastningsförmåga och korttidsströmtålighet.

Avsnitt 9 och 10 ska ge grundläggande förståelse för beräkning av kortslutningsströmmar och de faktorer som påverkar resultatet. Men i första hand är det tänkt att formler och faktorer ska användas för digitala stöd och ”appar” för fastställande av kortslutnings- och jordfelsströmmar.