

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.

SEK Handbok 421

Kabeldimensionering – Vägledning för dimensionering av ledningsnät för lågspänning

Utgåva 5, 2023

ISBN: 978-91-89151-05-5

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

Innehåll

Förord	5
1 Orientering	6
2 Överström som begrepp	7
2.1 Överlastström	7
2.2 Kortslutningsström	7
3 Projektering	8
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
4 Konstruktionsströmmen, I_B	13
5 Behovet av och val av överlastskydd	14
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
6 Belastningsförmåga hos en ledare i normal drift	22
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
7 Ledarens förmåga att föra en kortslutningsström	26
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
8	Skydd mot kortslutningsström	34
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
9	Beräkning av kortslutningsströmmar	43
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
10	Ledningsimpedanser	55
10.1	Resistans	55
10.1.1	Resistivitet ρ	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
11	Skydd mot elchock genom automatisk fränkoppling av matningen	69
12	Spänningsfall.....	70
12.1	Det relativa spänningsfallet i kabelsystem	70
12.2	Det relativa spänningsfallet i kanalskensystem.....	70
13	Skydd mot avbrott i matningen.....	72
13.1	Sektionering av installationen	72
13.2	Selektiv fränkoppling av fel (selektivitet)	72
13.2.1	Allmänt om selektivitet.....	72
14	Intermittenta ljusbågar	75
14.1	Parallella ljusbågsfel	75
14.2	Seriella ljusbågsfel.....	76
14.3	Ljusbågsdetektor (AFDD).....	76
15	Parallella kablar	77
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
16	Ordförklaringar, storhetsbeteckningar och index.....	84
16.1	Ordförklaringar.....	84
16.2	Storhetsbeteckningar och index.....	84
16.3	Index	86
Bilaga A	87
Kompletterande uppgifter om överströmsskydd.....	87	
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
Bilaga B	98
Belastningsförmåga – fördjupning och räkneexempel.....		98
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
Bilaga C	121
En ledares korttidsströmtålighet – fördjupningsavsnitt.....		121
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
Bilaga D	Förenklad metod för att kontrollera skydd mot lägsta kortslutningsström samt skydd mot elchock genom automatisk frånkoppling.....	130
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
Bibliografi	140

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.